التمثيل الغذائي للمواد الحاملة للطاقة
Energy Metabolism

أ.د. أسامة محمد الحسينى يوسف
أستاذ تغذية الدواجن والأسماك
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

أ.د. عبد الوهاب إسماعيل عيسي
أستاذ الكيمياء الحيوية
كلية الزراعة – جامعة المنوفية

د. إسلام إبراهيم عماره
أستاذ مُساعد تغذية الدواجن
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

د. مدحت مصطفي أبوزيد
أستاذ مُساعد الكيمياء الحيوية
كلية الزراعة – جامعة المنوفية

إلى

رسول الله سيدنا ومولانا وحبيبنا سيدنا محمد

صلّ الله عليه وسلم جزاك الله عز وجل عنا خير

الجزاء

بلغت الرسالة وأديت الأمانة ونصحت الأمة

وجاهدت في سبيل الله حق جهاده حتى أتاك

اليقين وكشف الله سبحانه وتعالى بك الغُمة

وتركتها على المحجة البيضاء ليلها كنهارها لا يزيغ

عنها إلاّ هالك

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم "أَوَلَمْ يَرَ الإِنْسَانُ أَنَّا خَلَقْنَاهُ مِنْ نُطْفَةٍ فَإِذَا هُوَ خَصِيمٌ مُبِينٌ (٧٧) وَضَرَبَ لَنَا مَثَلا وَنَسِيَ خَلْقَهُ قَالَ مَنْ يُحْيِي الْعِظَامَ وَهِيَ رَمِيمٌ (٧٨) قُلْ يُحْيِيهَا الَّذِي أَنْشَأَهَا أَوَّلَ مَرَّةٍ وَهُوَ بِكُلِّ خَلْقٍ عَلِيمٌ (٧٩) الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ مِنَ الشَّجَرِ الأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِنْهُ تُوقِدُونَ(٨٠) أَو لَيْسَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ بِقَادِرٍ عَلَى أَنْ يَخْلُقَ مِثْلَهُمْ بَلَى وَهُوَ الْخَلاقُ الْعَلِيمُ (٨١) إِنَّمَا أَمْرُهُ إِذَا أَرَادَ شَيْئًا أَنْ يَقُولَ لَهُ كُنْ فَيَكُونُ (٨٢) فَسُبْحَانَ الَّذِي بِيَدِهِ مَلَكُوتُ كُلِّ شَيْءٍ وَإِلَيْهِ تُرْجَعُونَ (٨٣)"**(من الآية ٧٧ الى ٨٣ سورة يس)**.

يُبين الله عز وجل فى آياته الكريمة خلق الانسان واحياء العظام يوم النشور وخلق الشجر الأخضر وخلق الطاقة من هذا الشجر الأخضر التي يستخدمها الانسان وقود له ويمارس بها حياته، ومن هذا البيان العظيم استخلصت فكرة ومنهاجية الكتاب من خلال أربعة مجالات اساسية:

المجال الأول: المواد الحاملة للطاقة – الكربوهيدرات – الدهون – البروتينات.

وتعتبر الكربوهيدرات والدهون المصدران الاساسيان للطاقة بينما البروتينات رغم احتواءها على الطاقة إلاَّ أنها تعتبر مصدر ثانوي محدود للطاقة مقارنة بالمصدرين الآخرين، ويلجأ الى البروتينات واستخدامها مصدراً للطاقة فى حالات محددة.

المجال الثاني: التمثيل الغذائي لمصادر الطاقة فى حالتي الانسان والحيوانات وحيدة المعدة وايضاً فى حالة الحيوانات المجترة وخاصة الكرش.

المجال الثالث: البناء الحيوي لمصادر الطاقة.

المجال الرابع: نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها (التمثيل الغذائي للطاقة Bioenergetics).

ولقد تم الإستعانة بالعديد من المجلات والكتب والمراجع المحلية والعالمية الحديثة وأيضاً المواقع الالكترونية التى تخدم هذه المجالات. وحيث ان قدرة الانسان

مهما عظمت إلاَّ إنها محدودة وفى هذا المجال نتذكر قول الله سبحانه وتعالي: "نَرْفَعُ دَرَجَاتٍ مّن نّشَآءُ وَفَوْقَ كُلّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ " **(الآية ٧٦ سورة يوسف)**، وقوله تعالي: "وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُم مِّن الْعِلْمِ إِلاَّ قَلِيلاً" **(الآية ٨٥ سورة الاسراء)**، وقوله تعالي: "فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَى إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا" **(الآية ١١٤ سورة طه)**.

وعَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رضي الله عنه قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ:"مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ بَهُ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ"(رواه مسلم). ولنا امل ان نكون قد ساهمنا من خلال هذا الكتاب/المرجع فى الكشف عن قدرات ونعم الله عز وجل على الانسان ولتكن عبادة لجلالته وشكره على تلك النعم. ويقول الله عز وجل:"وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَةَ اللَّهِ لاَ تُحْصُوهَا"(الآية ٣٤ سورة إبراهيم).

هذا عمل متواضع نأمل به وجة الله عز وجل وندعوا الله عز وجل القبول والاستجابة والرجاء.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.....

المؤلفون

رثـــــــاء

خلال طباعة هذا الكتاب صعدت روح الـمرحوم بإذن الله تعالى أ.د. عبد الوهاب عيسي (أحد مؤلفي الكتاب) الى بارئها، نرثي فيه العالم والإنسان والعابد لله عز وجل.

جزاه الله خير الجزاء ....،،،،،

قائمة المحتويات

أولاً: المواد الحاملة للطاقة (الوحدات البنائية)	١
السكرات الأحادية:	٤
التسمية:	٦
إثبات التركيب الكيميائي للسكرات الأحادية:	٨
طرق كتابة رموز السكرات الأحادية:	١٤
خواص السكرات الأحادية في المحاليل:	١٧
طرق دراسة التركيب الكيميائي للسكرات:	٢٣
أمثلة لأهم أنواع السكرات الأحادية:	٣٥
أولًا: البنتوزات:	٣٥
ثانيًا: الهكسوزات:	٣٧
سكرات الأوليجو:	٣٩
السكرات العديدة:	٤٨
التسمية:	٥٠
1-السكرات العديدة المتجانسة:	٥١
أ- السكرات التخزينية:	٥١
١- النشا:	٥١
٢- الجليكوجين:	٥٤
ب- السكرات التركيبية:	٥٥
١- السليولوز:	٥٥
تنظيم تخليق السليلوز في النباتات الراقية:	٧٩
المخلفات الزراعية:	١٢٨
تقسيم الليبيدات:	١٣٩
الأحماض الدهنية:	١٤١
الأحماض الدهنية المشبعة:	١٤٦
الأحماض الدهنية المشبعة	١٤٧
١- الأحماض الدهنية غير المشبعة:	١٤٨

تكوين الأحماض الدهنية غير المشبعة:	١٤٩
تحلل الدهون:	١٥٠
الخواص الطبيعية للأحماض الدهنية:	١٥٠
طرق تسمية الأحماض الدهنية:	١٥٢
أقسام الأحماض الدهنية:	١٥٤
١- أحماض دهنية مشبعة مستقيمة السلسلة:	١٥٤
٢- أحماض دهنية مستقيمة السلسلة أحادية عدم التشبع	١٥٥
-3أحماض دهنية مستقيمة السلسلة عديدة عدم التشبع:	١٥٧
أ- عائلة الأوميجا ٦:	١٥٨
ب- عائلة الأوميجا ٣:	١٦٠
دور الأوميجا ٣ في تخفيض دهنيات الدم:	١٦١
ج- عائلة الأوميجا :٩	١٦٤
٥- أحماض دهنية متفرعة:	١٦٥
٦- أحماض دهنية ذات تركيب حلقي:	١٦٦
٧- أحماض دهني هيدروكسيلية:	١٦٧
٨- أحماض دهنية إيبوكسية وفيورانيدية:	١٦٨
٩- أحماض دهنية ميثوكسية وكيتونية:	١٦٩
١٠- الأحماض الدهنية من النوع النيترو:	١٧٠
الايكوزانويدات:	١٧١
الجلسريدات:	١٧٣
مشابهات الجليسريدات الثلاثية:	١٧٧
الكوليسترول:	١٧٨
الأهمية الحيوية للكوليسترول:	١٨٠
الأحماض الدهنية الضرورية:	١٨٦
حمض اللينوليك::Linoleic acid (C18:2)	١٨٦
حمض اللينولنك:Linolenic acid (C18:3)	١٨٧
حمض الاراشيدونيك:Arachidonic acid (C20:4)	١٨٧

الأحماض الأمينية:	١٩١
التركيب الكيميائي للأحماض الأمينية:	١٩١
تقسيم الأحماض الأمنية:	١٩٣
الخواص الطبيعية للأحماض الأمينية:	١٩٥
التفاعلات الكيميائية للأحماض الأمينية:	١٩٦
الأحماض الأمينية الضرورية وغير الضرورية	١٩٧
الببتيدات:	١٩٩
ببتيدات حقيقية:	٢٠٠
ببتيدات غير حقيقية:	٢٠٠
مصادر البروتينات:	٢٠٤
الأهمية الحيوية للبروتينات:	٢٠٥
اهم الوظائف الحيوية للبروتينات داخل الجسم:	٢٠٥
الأهمية الاقتصادية للبروتينات:	٢٠٦
تقسيم البروتينات:	٢٠٦
أولًا: تقسيم البروتينات تبعاً للتركيب الكيميائي للبروتين:	٢٠٧
مراحل التحليل المائي للبروتينات:	٢١٠
البناء الكيميائي للبروتينات:	٢١٢
الأحماض النووية:	٢١٣
أنواع الأحماض النووية:	٢١٣
تركيب الأحماض النووية:	٢١٣
تركيب النيكلوسيدات:	٢١٤
أولًا: القواعد النيتروجينية	٢١٤
أنواع النيكلوسيدات:	٢١٧
تركيب النيكلوتيدات:	٢١٧
البروتينات النووية:	٢٢١
الإنزيمات	٢٢٤
ثانيًا: المواد الحاملة للطاقة – التمثيل الغذائي:	٢٣١

١- التمثل الغذائي للكربوهيدرات لإنتاج الطاقة في الحيوانات وحيدة المعدة:	٢٤٢
التمثيل الغذائي للجليكوجين كمصدر للطاقة:	٢٦٠
ثالثا: حامض البيوتيرك كمصدر للطاقة في الحيوانات المجترة:	٢٧١
التمثيل الغذائي للبروتينات لإنتاج الطاقة في الحيوانات وحيدة المعدة والمجترات:	٣٤٢
التغذية والتمثيل الغذائي لبروتين العليقة:	٣٥٦
الإحتياجات الغذائية لماشية اللبن:	٣٧١
إحتياجات الماشية الحلابة البلدية:	٣٧٢
الاحتياجات الغذائية لماشية اللحم:	٣٧٣
الاحتياجات الغذائية للأغنام:	٣٧٩
الاحتياجات الغذائية للماعز:	٣٨٠
موسوعة الهضم الميكروبي في المجترات:	٣٨١
مقدمة"	٤٣٠
تسمية الإنزيمات:	٤٣٠
تخصص الإنزيمات:	٤٣٣
العوامل التي تؤثر على التفاعلات الإنزيمية:	٤٣٥
أنواع ومكونات قرائن الإنزيمات:	٤٤٢
تقسيم الإنزيمات:	٤٥٥
المجموعة الأولي: إنزيمات الأكسدة والإختزال:	٤٥٧
المجموعة الثانية: الإنزيمات الناقلة:	٤٧١
المجموعة الثالثة: إنزيمات التحلل المائي:	٤٨٢
المجموعة الخامسة: إنزيمات التشابه:	٤٩٧
المجموعة السادسة: إنزيمات التخليق أو التكوين	٤٩٩
ثالثًا: المواد الحاملة للطاقة - التخليق الحيوي:	٥٠١
رابعاً: المواد الحاملة للطاقة- "التمثيل الغذائي للطاقة"- تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية	٥٤١
التقدير غير المباشر لطاقة المواد وتحويلاتها:	٥٦٨
مقاييس الأغذية:	٥٨٧
تحسين القيمة الغذائية لمواد العلف:	٥٩٩

الطاقة:	٦٠٧
البروتين والأحماض الأمينية:	٦٣٣
الطرق المختلفة لتقييم البروتين:	٦٣٩
أولًا: طرق تعتمد على تقدير وحساب كمية النتروجين المحتجز داخل الجسم:	٦٣٩
ثانيًا: طرق تعتمد على تقدير المحتوى الكلي للجسم من النتروجين:	٦٤٣
ثالثاُ: طرق تعتمد على النمو:	٦٤٤
الاحتياجات من المركبات الغذائية	٦٤٩
حساب الاحتياجات من المركبات الغذائية:	٦٥٠
الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة:	٦٥٠
أولاً: الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة:	٦٥٠
ثانيًا: الاحتياجات اللازمة للنمو:	٦٥٥
الطاقة الحيوية:	٧٣٠
الاكسدة البيولوجيه:	٧٤٤
رؤية في تمثيل المركبات الوسطية:	٧٦٣
بعض المعادلات المستخدمة في تغذية الدواجن والاسماك:	٧٧٤
١- الدواجن:	٧٧٤
٢- الأرانب:	٧٩٨
الاجترار الكاذب في الارانب:	٨٠٦
٣- الأسماك:	٨٢٧
٤- النعام:	٨٤٠
٥- قياس الحرارة والرطوبة في الحيوان:	٨٤٣
مقاييـــــــــــــس:	٩٢٣
المراجـع الأجنبية:	٩٢٥
المراجـع العربيـة:	٩٢٧
المواقـع الإلكترونيـة:	٩٢٨

أولاً: المواد الحاملة للطاقة (الوحدات البنائية)

(١) الكربوهيدرات Carbohydrates

يمثل تحليل الجزيئات الحيوية الكبيرة والمعروفة Macromolecules جزءًا هامًا في علم الكيمياء الحيوية وتعتبر هذه الجزيئات الحيوية الأكثر انتشارًا من حيث النسبة المئوية على وجه الأرض، حيث تستطيع كل الكائنات الحية تخليقها. ويتكون معظمها عن طريق عملية البناء الضوئي التي يقوم بها النبات لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية والتي تستخدم بعد ذلك في تخليق الكربوهبدرات من ثاني أكسيد الكربون (عملية تثبيت الكربون).

تعرف الكربوهيدرات بإنها الدهيدات أو كيتونات عديدة الهيدروكسيل Poly hydroxyl aldehyde or ketones، ويبين التحليل العنصري للكربوهيدرات أنها تحتوي على ثلاث عناصر هي الكربون والأيدروجين والأكسجين والرمز الأولي لها $(CH_2O)n$ ويوجد الأيدروجين والأكسجين منها بنسبة وجودهما في الماء (٢:١) ولذلك عرفت الكربوهيدرات باسم هيدرات الكربون ثم تحولت إلى الكربوهيدرات.

وتلعب الكربوهيدرات العديد من الأدوار البيولوجية الهامة في الكائنات الحية المختلفة، حيث تعمل الجزيئات الكبيرة منها مثل النشا والجليكوجين كمخازن للطاقة تستخدم عند الحاجة إليها.

وتتناول الحيوانات الكربوهيدرات من الغذاء ثم تقوم بأكسدتها لإنتاج الطاقة اللازمة للقيام بعملياتها الحيوية المختلفة. كما تنتشر مشتقات الكربوهيدرات في العديد من الجزيئات الحيوية مثل قرائن الإنزيمات والأحماض النووية.

ويمكن تصنيف الكربوهيدرات على أساس عدد وحدات السكرات البسيطة المكونة لها إلى:

١- السكرات الأحادية Monosaccharides:

وتعتبر أصغر وحدة بنائية للكربوهيدرات ويعود مصطلح كربوهيدرات إلي

الصيغة البنائية التركيبية لهذه السكرات $(CH_2O)n$ أي تحتوي على كربون ونسبة تواجد الهيدروجين والأكسجين كنسبتهما في الماء. وقيمة n = من ٣ إلى ٩ (أي تحتوي من ٣ إلى ٩ ذرات كربون) وإن كان معظم الكربوهيدرات تتواجد في صورة خماسية أو سداسية (أي تحتوي ٥ أو ٦ ذرات كربون).

وتسمي السكرات الأحادية البسيطة لأنها لا يمكن تحليلها مائيًا إلى مركبات ابسط منها.

٢- السكرات الأوليجو Oligosaccharides:

عبارة عن بوليمرات تتكون من العديد من السكرات الأحادية (من ٢ إلى ٢٠ وحدة من السكر الأحادي) ومعظم السكرات الأوليجو المعروفة والمنتشرة في الطبيعة هي سكرات ثنائية (تتكون من وحدتين من السكر الأحادي). ويطلق عليها سكرات الاوليجو متجانسة إذا كانت من نوع واحد أو غير متجانسة إذا كانت من أكثر من نوع من السكر.

٣- السكرات العديدة Polysaccharides:

عبارة عن بوليمرات تحتوي على أكثر من ٢٠ وحدة من وحدات السكر الأحادي.

وسواء السكرات الأوليجو أو العديدة لا تتبع الصيغة التركيبية العامة للكربوهيدرات $(CH_2O)n$ حيث يزال منها جزيئات ماء أثناء ارتباط وحدات السكر الأحادي مع بعضها مما يخل بهذه الصيغة التركيبية.

٤- مشتقات الكربوهيدرات Carbohydrate derivatives:

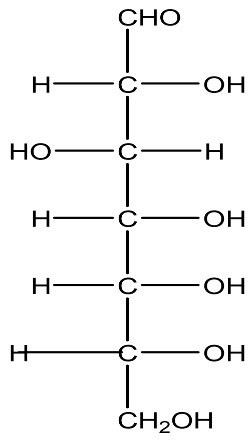
وهي مركبات حيوية تتكون من ارتباط الكربوهيدرات بجزيئات حيوية أخرى مثل البروتين لتكون جليكوبروتين أو الببتيدات لتكون الجليكوببتيد أو الليبيدات لتكون الجليكوليبيد.

السكرات الأحادية Monosaccharides:

مركبات ذائبة في الماء تتميز بطعمها الحلو (مثل الجلوكوز والفركتوز) ولونها الأبيض وتوجد على شكل بلورات صلبة، ومن الناحية الكيميائية فهي عبارة عن ألدهيدات عديدة الهيدروكسيل تسمي ألدوزات Aldoses أو كيتونات عديدة الكربوكسيل تسمي كيتوزات Ketoses ويضاف عادة مقطع (ose) في نهاية اسم السكر، كما إنها تختلف باختلاف نوعية مجموعة الكربونيل (ألدهيد أم كيتون) وكذلك حسب عدد ذرات الكربون المكونة لها.

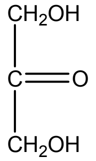
وأقل أفراد مجموعة السكرات الأحادية يحتوي على ٣ ذرات كربون أحد هذه الذرات يمثل مجموعة الكربونيل والذرتان الأخريتان تحمل كل منهما مجموعة كربوكسيل.

وأول أفراد هذه العائلة من السكرات الثلاثية Trioses هو سكر الجلسر ألدهيد glyceraldehyde وهو سكر ألدهيدي يحتوي على ثلاث ذرات كربون وتعتبر الألدوزات المحتوية على أكثر من ثلاث ذرات كربون امتدادات لهذا السكر حيث يضاف إليه كربون محمل بهيدروكسيل H-C-OH بين مجموعة الكربونيل ومجموعة الكحول الأولى.

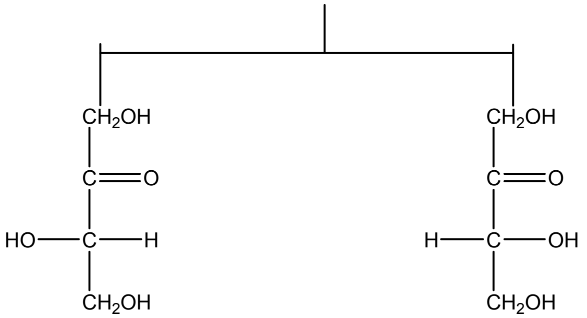


(D glycro D gluco Heptose)

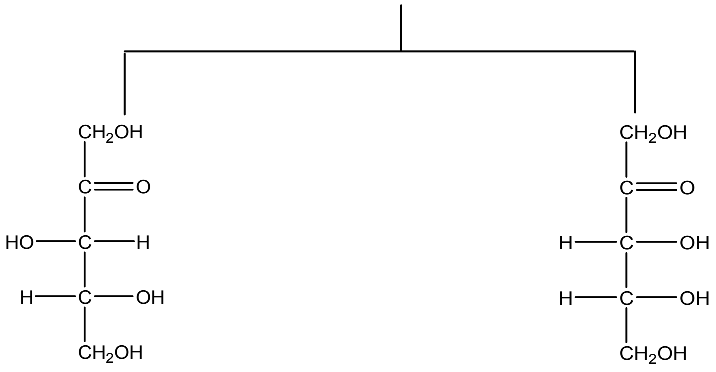
وأول أفراد العائلة (Trioses) من السكرات الكيتونية Ketoses هو سكر الدايهيدروكسي أسيتون Dihydroxyacetone وهو سكر كيتوني يحتوي على ثلاث ذرات كربون وتعتبر الكيتوزات المحتوية على أكثر من ثلاث ذرات كربون امتدادات لهذا السكر حيث يضاف إليه كربون محمل بهيدروكسيل H-C-OH بين مجموعة الكربونيل ومجموعة الكحول الأولى.



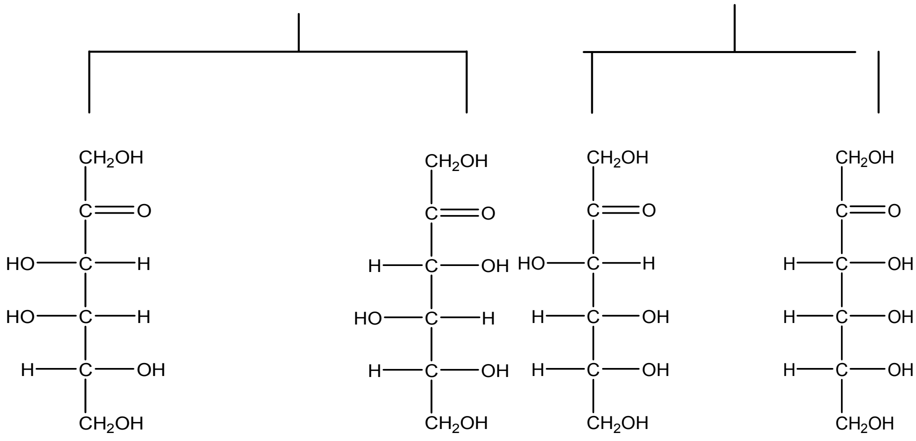
Dihydroxy acetone



L-Erythrose **D-Erythrose**



DXylulose D-Ribulose



D-Tagalose D-Sorbose D-Fructose D-Allolose

التسمية **Nomenclature:**

١- تسمية السكرات التي تحتوي على أقل من ٦ ذرات كربون في السلسلة الكربونية:

تتميز السكرات عمومًا في تسميتها باحتوائها على المقطع النهائي ose وذلك كما يتضح من الجدول التالي والذي يبين عدد ذرات الكربون والاسم العام والرمز الجزيئي لبعض السكريات الأحادية.

عدد ذرات الكربون		الاسم العام	الرمز الجزيئي
3	Tri	Triose	$C_3 H_6 O_3$
4	Tetra	Tetraose	$C_4 H_8 O_4$
5	Penta	Pentaose	$C_5 H_{10} O_5$
6	Hexa	Hexose	$C_6 H_{12} O_6$

وتشترك السكريات التابعة لكل قسم في رمز جزيء واحد ولكنها تختلف في نوع مجموعة الكربونيل فالتي تحتوي ألدهيد تسمى Aldose والتي تحتوي كيتون تسمى

Ketose ويلاحظ الاسم العام يبدأ بالمقطع الذي يدل على نوع مجموعة الكربونيل فمثلًا السكريات التي مجموعتها الفعالة ألدهيد وتحتوي ستة ذرات كربون تسمى Aldohexose والتي تحتوي على مجموعة كيتون تسمى Ketohexose.

٢- تسمية السكرات التي تحتوي على أكثر من ٦ ذرات كربون في السلسلة الكربونية:

السكرات الأحادية ومشتقاتها الكحولية والتي يزيد فيها عدد ذرات الكربون عن ٦ ذرات الكربون يتبع في تسميتها قواعد خاصة.

الاسم العام للسكرات يشتق من عدد ذرات الكربون المكونة للسلسلة وهذا الاسم يأخذ في الاعتبار طبيعة السكر.

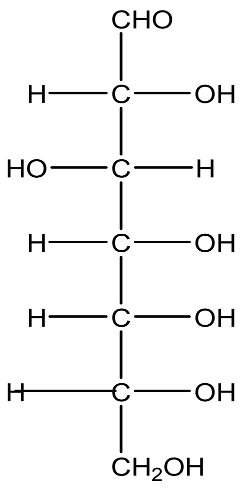
Ketose	Aldose	N. of carbon atoms
heptulose	heptose	7
pctulose	octose	8
nonulose	nonose	9
decitulose	decitose	10

يعبر عن التوزيع الفراغي والتركيب الكيماوي للسكر بلفظ يتكون من مقطعين أو أكثر.

التوزيع الفراغي حول ذرات الكربون الغير متناسقة في سكرات التتروز إلى الهكسوز تعتبر الأساس في اختيار مقاطع اللفظ الدال على أسم السكر.

تقسيم السلسلة الكربونية المراد تسميتها لأقسام اعتبارية بحيث يشمل القسم الأول ذرات الكربون الغير متناسقة القريبة من المجموعة الفعالة للسكر سواء كان ألدهيدى أو كيتونى ويعبر عن التوزيع الفراغي على ما يماثله في الهكسوز، ويعبر المقطع الثاني عن التوزيع حول باقي ذرات الكربون الغير متناسقة بحيث لا تزيد عن ٤ ذرات كربون وعند

زيادة العدد عن ٤ يستعمل مقطع ثالث للتعبير عن التوزيع حول ذرات الكربون الغير متناسقة وهكذا بحيث كل مقطع يعبر عن التوزيع حول ذرات الكربون للسكرات من التريوز إلى هكسوز تبعًا لعدد ذرات الكربون الغير متناسقة.



(D glycro D gluco Heptose)

إثبات التركيب الكيميائي للسكرات الأحادية:

لا تختلف الخطوات الأساسية في تعيين التركيب الكيميائي للسكرات المختلفة، فهي تشمل:

تعيين الرمز الجزيئي – معرفة نوع وعدد وموضع المجموعات الفعالة – معرفة نوع السلسلة الكربونية عل هي متشعبة أو غير متشعبة – معرفة هل التركيب مفتوح أو حلقي.

١– إثبات التركيب الكيميائي للألدوهكسوزات:

سوف نأخذ الجلوكوز كمثال أثناء الشرح للتعرف بالتفصيل على تلك الخطوات وبالتالي يمكن تطبيق نفس الخطوات على باقي السكرات الأحادية.

أولًا: تعيين الرمز الجزيئي:

أولًا يجري تحليل وصفي وكمي لمعرفة نوع العناصر الداخلة في تركيبه وكميتها

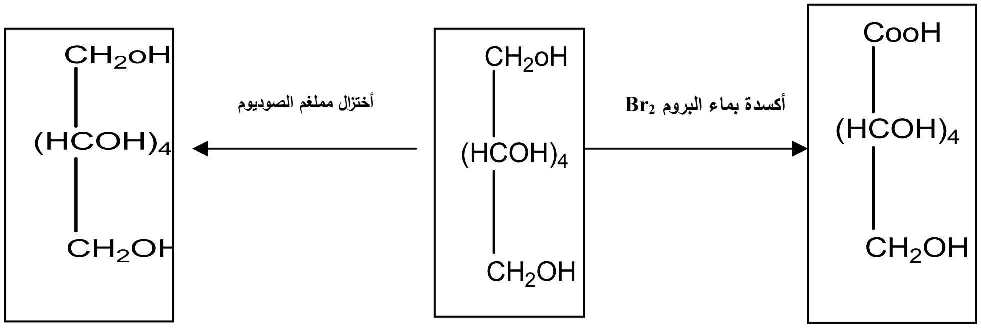
ومن ذلك يمكن تعيين الرمز الجزيئي حيث ثبت أن الجلوكوز يحتوي على C، H، O وأن الرمز الجزيئي له $C_6 H_{12} O_6$.

ثانيًا: إثبات وجود المجموعات الفعالة:

أ- إثبات وجود مجموعة الألدهيد:

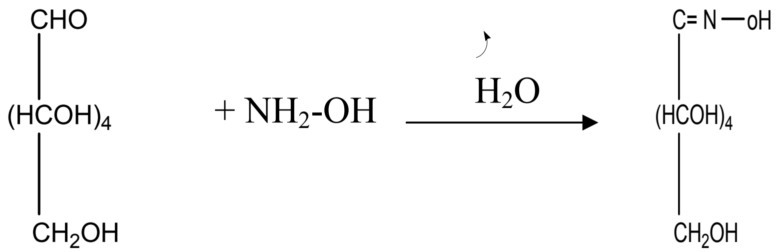
يمكن إثبات ذلك باختبار نجاح تفاعل السكر (الجلوكوز) مع التفاعلات المختلفة المميزة لمجموعة الألدهيد من أكسدة واختزال أو تفاعل مع بعض المركبات.

فبأكسدة الجلوكوز بعوامل مؤكسدة ضعيفة مثل ماء البروم يتكون حامض ألدوني به مجموعة كربوكسيل واحدة على ذرة الكربون الأولي وهو حامض الجلوكونيك Gluconic acid ، وباختزاله بواسطة مملغم الصوديوم يتكون سكر كحولي نتج من اختزال مجموعة الألدهيد بالسكر إلي مجموعة كحول أول دون تغيير في باقي الجزيء ليعطي سكر كحولي يعرف باسم السوربيتول Sorbitol.



Glucitol (Sorbitol) Glucose Gluconic acid

كم أنه بالتفاعل مع الهيدروكسيل أمين NH_2OH يعطى أوكسيم وهذا التفاعل أيضا مميز للمجموعة الألدهيدية حيث لا ينجح إلا مع المركبات التي تحتوي ألدهيد.

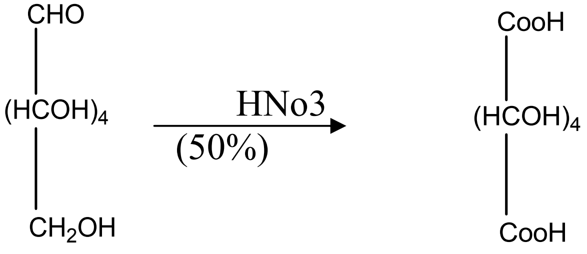


Glucose Glucoxime

وكل ما سبق يثبت أن الجلوكوز يحتوى على مجموعة ألدهيدية.

ب- إثبات وجود مجموعة هيدروكسيل الكحول الأول:

يتم ذلك بإجراء الأكسدة بواسطة المؤكسدات القوية مثل حمض النيتريك ٥٠٪.



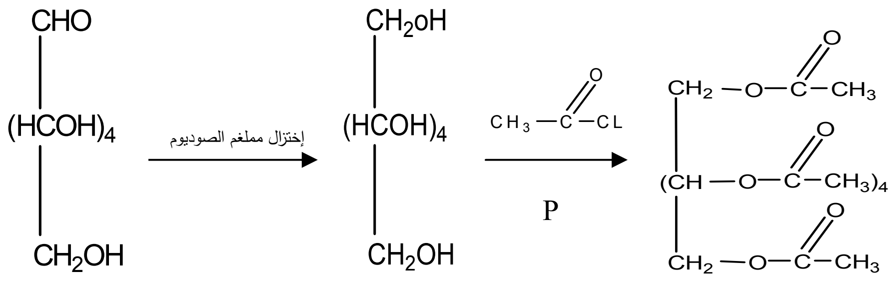
Glucose Glucaric(سكاريك)

حيث يعطى الجلوكوز حامض سكاريك به مجموعتي كربوكسيل على كل من ذرتي الكربون رقم ١، ٦ في طرفي الجزيء، وفي هذه الحالة نجد أن مجموعة الكربوكسيل الأولي ناتجة من أكسدة مجموعة الألدهيد، في حين أن مجموعة الكربوكسيل على ذرة الكربون السادسة فناتجة من أكسدة الكحول الأول، ويرجع ذلك إلى أن هذه المجموعة تقاوم الأكسدة بالمؤكسدات الضعيفة مثل ماء البروم، ولكنها تتأكسد بالمؤكسدات القوية مثل حمض النيتريك ٥٠%.

جـ- إثبات المجموعات الكحولية وعددها:

تتفاعل الكحولات مع اندريدات الأحماض أو كلوريداتها (مثل اندريد حمض الخليك أو كلوريد الخليك) وتكون استر، فتكون مجموعة الاستر يدل على وجود

مجموعة الكحول الأول في المركب وعدد مجموعات الاستر يدل على عدد مجموعات الكحول الموجودة بالجزيء، فعند تفاعل الجلوكوز مع كلوريد الخليك يتكون مركب به خمسة مجموعات استر مما يدل على وجود خمس مجموعات كحولية في جزيء الجلوكوز، وعلى هذا الأساس لو أن السكر الكحولي الناتج من اختزال الجلوكوز (السوربيتول) تفاعل مع كلوريد الخليك ينتج مركب به ستة مجموعات استر.



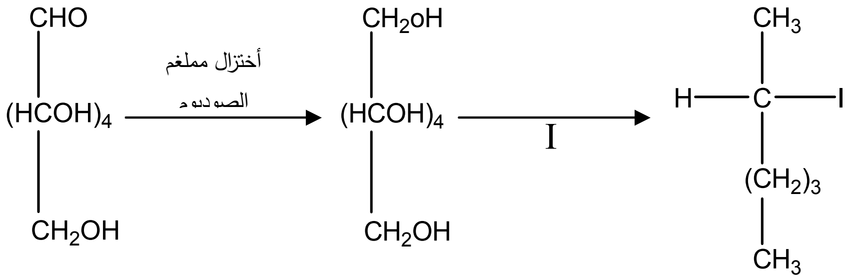
Glucose Sorbitol **سداسي خلات الجلوكوز**

ومجموعات الهيدروكسيل موزعة على ذرات الكربون من الثانية إلى السادسة بحيث توجد مجموعة هيدروكسيل واحدة على كل ذرة، وذرات الكربون من الثانية حتى الخامسة في جزيء السكر عليها مجموعات كحول ثاني، ولكن ذرة الكربون السادسة كما سبق عليها مجموعة كحول أول.

ثالثًا: إثبات عدم تشعب السلسلة الكربونية:

معظم السكرات الأحادية المعروفة ذات سلسلة غير متشعبة ويمكن إثبات ذلك بمعاملة السكر الكحولي الناتج من اختزال الجلوكوز (السوربيتول) بواسطة حمض الهيدرويوديك HI في وجود الفوسفور فيحدث اختزال لمجاميع OH وتستبدل بذرات أيدروجين ويعطى مركب سلسلته الكربونية غير متشعبة وبه ذرة يود متصلة بذرة الكربون الثانية وهو مركب ٢- أيودوهكسان (2-Ido hexane) مما يدل على أن

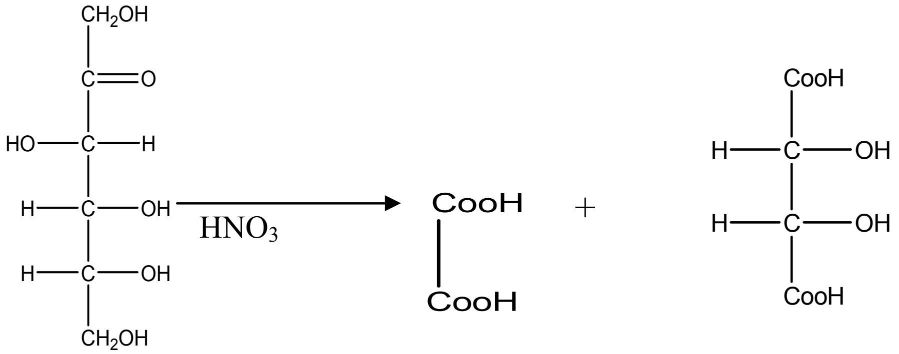
السكر الذي تكون منه يحتوي على سلسلة غير متشعبة.



Glucose Sorbitol 2-Iodo hexane

٢- إثبات التركيب الكيميائي للكيتوزات:

تعطي الكيتوزات تفاعلات الكحولات كما هو الحال في حالة الألدوزات ويمكن اختزالها إلى سكرات كحولية وتعطي تفاعلات مجموعة الكربونيل، ولإمكانية إثبات تركيبها الكيميائي يتطلب ذلك معرفة موضع المجموعة الكيتونية ولمعرفة موضع المجموعة الكيتونية فبأكسدة الفركتوز بحامض النيتريك ٥٠٪ يعطى حمض أكساليك وحمض طرطريك.

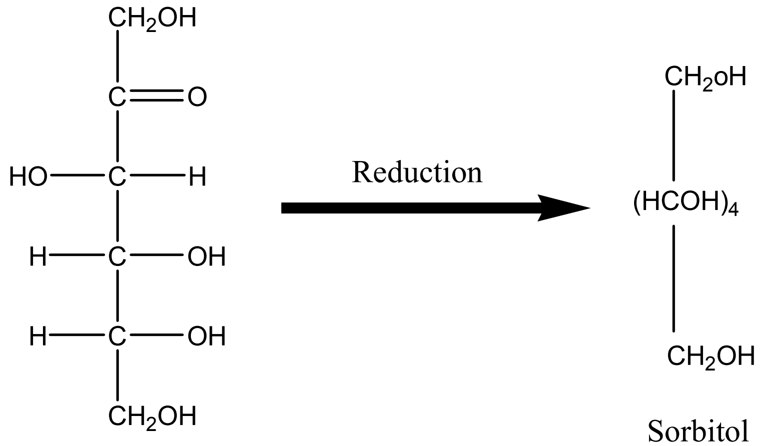


Fructose **حمض أوكساليك** **حمض طرطريك**

وهذه النتيجة تعطي احتمال وجود مجموعة الكيتون على ذرة الكربون الثانية أو الثالثة، ففي كلتا الحالتين يمكن أن تتكون نفس المركبات بالأكسدة تحت هذه

الظروف حيث أن أكسدة الكيتون يتسبب عنها كسر الجزيء بين مجموعة الكربونيل وبين ذرة الكربون المجاورة على أحد جانبيها.

ولكن باختزال الفركتوز يتكون السكر الكحولي سوربيتول وهو الذي ينتج أيضًا من اختزال الجلوكوز، وهذه النتيجة توضح أن مجموعة الكربونيل موجودة على ذرة الكربون الثانية، حيث أن الفركتوز يحتوي على مجموعة كيتونية وليست مجموعة ألدهيدية.



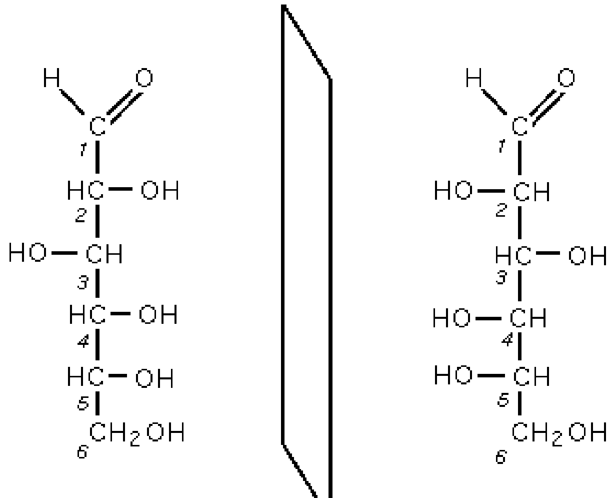
Sorbitol

Fructose

التشابه الضوئي في السكريات الأحادية:

نظرًا لاحتواء السكريات الأحادية على ذرات كربون غير متناسقة فهي تؤثر في الضوء المستقطب وتعطى مشابهات ضوئية وتتوقف عدد المشابهات الضوئية لمركب على عدد ذرات الكربون الغير متناسقة في الجزيء فمثلًا المركب الذي يحتوي على ذرة كربون واحدة غير متناسقة يوجد له متشابهين ضوئيين يرمز لأحدهما بالرمز (م) (D) والآخر (ى) (L) وليس للرمز (م) أو (ى) علاقة بتحويل المركبات للضوء المستقطب فبعض المشابهات (م) تحول الضوء المستقطب إلى اليسار وبعض المشابهات (ى) تحول الضوء المستقطب إلى اليمين.

ولكن يرمز لتحويل الضوء بالعلامة (+) في حالة تحويلة لليمين وبالعلامة (-) في حالة تحويلة لليسار.



طرق كتابة رموز السكرات الأحادية:

١- التركيب المفتوح (طريقة فيشر Fischer method):

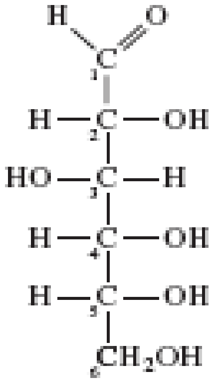
اقترح العالم فيشر Fischer طريقة بسيطة لكتابة رموز السكرات المختلفة حيث افترض أن السكر يتكون من سلسلة كربونية ترتبط مع بعضها بروابط مستقيمة ويتعامد عليها مجموعات الهيدروكسيل المرتبطة بها.

وحسب هذه الطريقة فإن السكرات الألدهيدية تمثل مجموعة الألدهيد ذرة الكربون الأولي في الجزيء وتأخذ رقم (١) في حين تمثل أخر ذرة كربون في السلسلة الكربونية مجموع كحول أول، وتقع باقي ذرات الكربون بينهما.

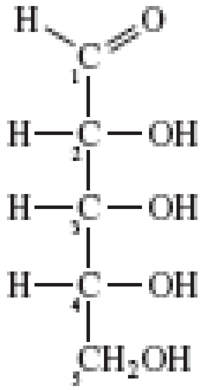
أما في السكرات الكيتونية فتمثل أول وأخر ذرة كربون مجموعتي كحول أول، في حين تكون مجموعة الكيتون على الذرة رقم (٢).

كما اقترح فيشر Fischer أن يرمز للكحول الأول برمز دائرة في حين يرمز لمجموعة الألدهيد برمز مثلث، أما مجاميع الهيدروكسيل فيرمز لتوزيعها الفراغي

على صورة خطوط قصيرة عمودية على الخط الرئيسي الذي يمثل السلسلة الكربونية حيث يمثل اتجاه هذه الخطوط القصيرة مكان وجود مجموعة الهيدروكسيل وفيما يلي رموز بعض السكرات بطريقة فيشر:



D-Glucose
(Fischer projection)



D-Ribose
(Fischer projection)

٢- التركيب الحلقي (طريقة هاورث Haworth method):

بعد أن عبر فيشر عن السكرات بالرمز المفتوح ظهر أنه هناك بعض الخواص الطبيعية والكيميائية للسكرات لا يمكن تفسيرها إذا اعتبرنا أن السكرات توجد على الشكل الذي حدده العالم فيشر Fischer ومن هذه الخواص ما يلي:

- لا تعطي الألدوزات (السكرات الألدهيدية) اختبار شف مع أنه اختبار عام لجميع الألدهيدات ومن هنا يمكن أن نستنتج أن مجموعة الألدهيد في الجلوكوز أو أي سكر ألدهيدى غير حرة أي لا تكون مرتبطة بشكل آخر مخالف للصورة الألدهيدية ذات السلسلة المفتوحة.
- يتفاعل جزيء واحد من السكرات الأحادية مع جزيء واحد من الكحولات مع أن جزيء الألدهيد يتفاعل مع جزيئين كحول ليعطي أسيتال.
- عند إذابة السكرات في الماء يتغير التحويل الضوئي لمحاليلها حتى يصل

إلى درجة معينة فمثلًا عند إذابة (م)- جلوكوز في الماء مباشرة يحول الضوء المستقطب بدرجة (+ ١١١ ْ) وتتغير هذه الدرجة بالنقص حتى تصل إلى (+ ٥٢,٥) وتسمى هذه التغيرات ظاهرة "تغير التحويل الضوئي".

ومن هنا قام العالم هاورث Haworth (الحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٣٧) في التفكير في الشكل الحلقي للسكرات حيث يفسر هذه الخواص التركيب الحلقى للسكرات الأحادية الذى ينتج من اتحاد مجموعة الكربونيل سواء كانت ألدهيد أو كيتون مع مجموعة أيدروكسيل في نفس الجزيء ليكون هيمى أسيتال داخلي أو هيمي كيتال داخلي وتصبح مجموعة الألدهيد مرتبطة وليست حرة كما في الألدهيد العضوي وهذا يفسر أوجه الاختلاف السابقة.

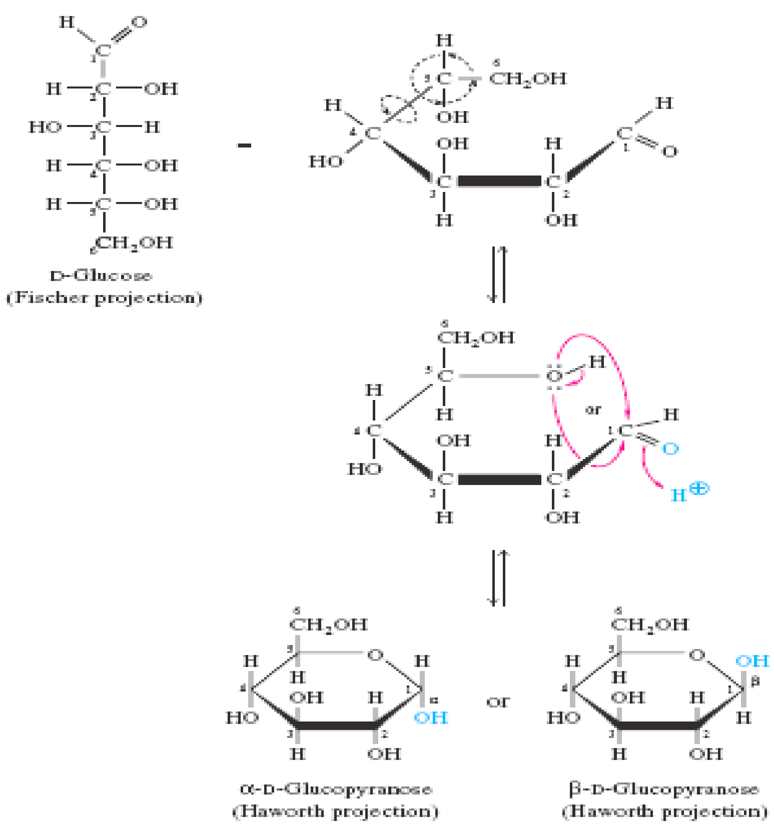
والاتحاد يتم على ذرة الكربون رقم ٤ أو ٥ حيث يعطى في الحالة الأولى حلقة خماسية تسمى فيرانوز Furanose وذلك بالنسبة للمركب العضوي Furan (المحتوي على أربعة ذرات كربون) وفي الحالة الثانية يعطى حلقة سداسية Pyranose نسبة إلى المركب العضوي Pyran (المحتوى على خمس ذرات كربون).

Pyran

Furan

وتوضح المعادلات التالية طريقة تحويل رمز فيشر إلى رمز هاورث متخذا

الجلوكوز كمثال:



خواص السكرات الأحادية في المحاليل:

١- السكرات الأحادية مواد صبة عديمة اللون ومتبلورة وتذوب بسهولة في الماء في حين لا تذوب في المذيبات غير القطبية مثل البنزين والإيثير، ويمكن أيضا إذابتها فب محلول كحولي ٨٠%.

وتمتاز محاليلها بأنها حلوة المذاق وتختلف درجة حلاوتها باختلاف نوع السكر، وبصفة عامة فإن أكثرها حلاوة هو سكر الفركتوز.

٢- نتيجة لاحتواء السكرات الأحادية على ذرات كربون غير متناسقة Asymmetric carbon مما يجعل هذه السكرات نشطة ضوئيا (أي لها القدرة على

تحويل الضوء المستقطب سواء إلى اليمين أو اليسار) وبصفة عامة يمكن قياس درجة التحويل الضوئي بواسطة جهاز البولاريميتر.

ويميز التحويل الضوئي اتجاه اليمين بالإشارة (+) أم الاتجاه لليسار (−).

وتتميز السكرات الأحادية بظاهرة تسمي التغير في التحويل الضوئي Mutarotation حيث تتغير درجة التحويل الضوئي (بالزيادة أو النقصان) في محليل السكرات الأحادية وبعض السكرات الأخرى مثل المالتوز واللاكتوز (أي تحدث للسكرات المختزلة التي تحتوي على مجموعة هيمي أسيتال اوهيمي كيتال حرة) وتحدث هذه الظاهرة بعد إذابة السكرات مباشرة في المحلول.

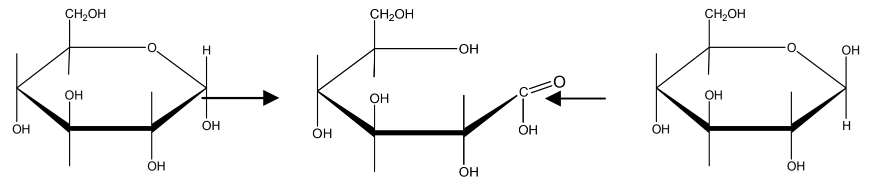
فمثلا نجد أن درجة التحويل الضوئي لسكر α - D – glucopyranose عند إذابته مباشرة في الماء تساوي (+ ١١١.٥) ثم تتناقص تدريجيا حتي تصل إلي (+ ٥٢.٥) وتثبت عند هذه الدرجة الجديدة، في حين أن المشابه β – D – glucopyranose عند إذابته في الماء تكون درجة تحويله الضوئي (+ ١٩) ثم تزداد تدريجيا حتي تصل إلي (+ ٥٢.٥).

وسبب حدوث هذه الظاهرة حدوث بعض التغيرات في البناء الكيميائي للسكر نتيجة لتغير تركيبه الحلقي.

α D glucopyranose ⟶ نقطة الثبات ⟵ β D glucopyranose

+ 111.5 ⟶ 52.5 ° ⟵ + 19

فنجد أن ألفا جلوكوز تقل درجة تحويله باستمرار حتى تصل لنقطة الاتزان بينما يحدث العكس في البيتا جلوكوز وتفسير ذلك يتحول أحد المتشابهين (ألفا وبيتا) إلى الآخر بانفتاح الحلقة ثم تكوينها ثانية ويصحب ذلك تغير في وضع مجموعة OH على ذرة الكربون الهيمى أسيتال وبذلك يتكون المتشابه الآخر وتحدث هذه الظاهرة أيضًا نتيجة تغير نوع الحلقة من Pyranose إلى Furanose أو العكس حيث تنفتح الحلقة ثم تقفل مكونة التركيب الحلقي الآخر.



α D glucopyranose فتح الحلقة β D glucopyranose

٣- تأثير الأحماض المعدنية على السكريات الأحادية:

يتوقف التأثير على عدة عوامل هي: -

تركيز الحامض.

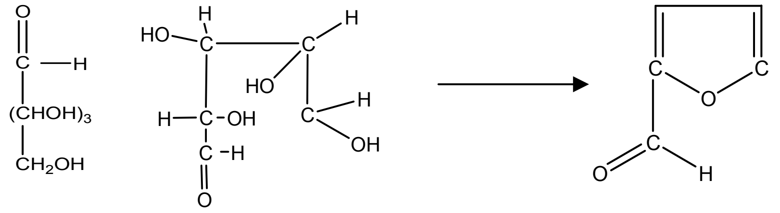
درجة الحرارة.

نوع السكر.

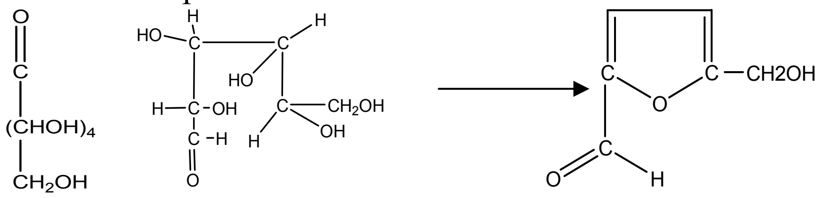
فالأحماض المعدنية المخففة على البارد ليس لها تأثير على السكريات الأحادية أو العديدة أما الأحماض الأكثر تركيزًا في وجود نسبة كبيرة من السكر الأحادي تحدث ما يسمى بعملية Reversion (اتحاد سكرين) وتحدث على البارد أو بالتسخين الخفيف مع تكوين سكر ثنائي ثم عديد.

يحدث تفحم للسكريات الأحادية عند غليها مع الأحماض المعدنية بتركيز ١,٥ عياري لحامض HCl، H_2So_4 بينما السكريات العديدة تتحلل مائيًا إلى مكوناتها الأساسية من السكر الأحادي.

تقوم الأحماض المعدنية متوسطة التركيز (١٢%) مثل HCl, H_2So_4 على البارد بنزع ثلاث جزيئات ماء من السكر الأحادي وتعطى نوعين من المركبات الحلقية حسب نوع السكر فيتكون من السكر الخماسي فورفورال Furfural ومن السكر السداسي ميثيل هيدروكسى فورفورال Methyl Hydroxy Furfural سواء كان السكر ألدهيدى أو كيتونى.



Aldo pentose　　　　　　Furfural



Aldo hexose　　　　　　Methyl hydroxyl Furfural

٤- تأثير القلويات على السكريات الأحادية:

السكريات الأحادية حساسة جدًا للقلويات ويعتمد التأثير على تركيز القلوي ومدة التعرض له ووجود الحرارة وأيضًا نوع السكر ألدهيدى أو كيتونى.

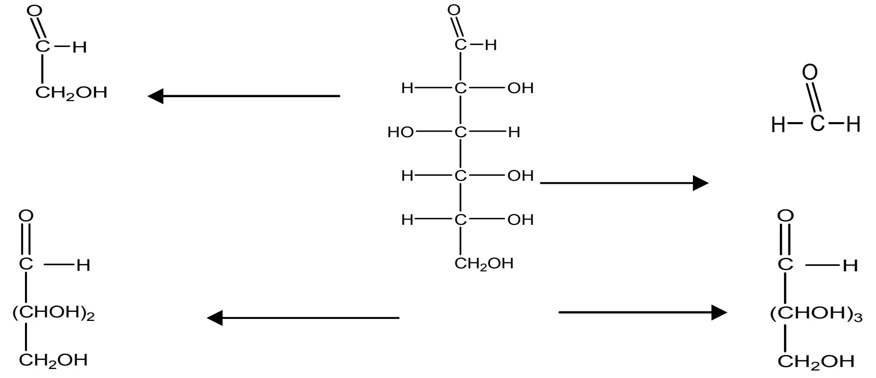
ويتلخص تأثير القلويات في النقاط الأتية:

١- عند إضافة كميات قليلة من القلوي يحدث:

أ- تتأكسد المجموعة الألدهيدية في وجود أكسجين الهواء الجوي وينتج أحماض سكرية.

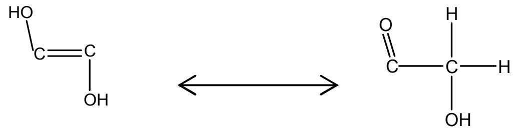
ب- تغير في التركيب البنائي للسكر نتيجة انتقال بعض الذرات من موضعها إلى موضع آخر في الجزيء وتتكون أنواع أخرى من السكرات لها نفس العدد من ذرات الكربون وتكوين مشابهات في المحلول

٢- عند زيادة تركيز القلوي يحدث كسر في الجزيء وتكوين مركبات ذات وزن جزيئي صغير



Aldo tetrose   Aldo hexose   Aldo pentose

ومن أهم التغيرات السابق ذكرها هي التغيرات التي تحدث نتيجة لانتقال بعض ذرات الهيدروجين من موضع لموضع آخر في الجزيء ويحدث هذا الانتقال في المركبات التي تحتوي على مجموعة ألدهيد أو كيتون مجاورة لذرة كربون تحمل ذرة أيدروجين ويسمى هذا التغير Lobry de Bruyn rearrangement أو التغير الإينولى.



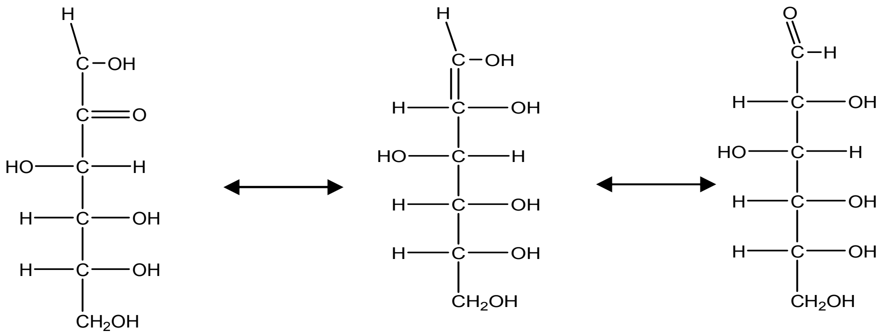
تركيب إينولى   تركيب ألدهيدى أو كيتونى

وهذه الظاهرة مهمة جدًا حيث أفادت في تخليق سكريات جديدة كما أنها أظهرت وجود علاقة بين السكريات الألدهيدية والكيتونية التي تختلف في ذرات الكربون رقم ١، ٢ ومتشابه في باقي الجزيء حيث تتحول هذه السكرات إلى بعضها البعض في الوسط القلوي المخفف.

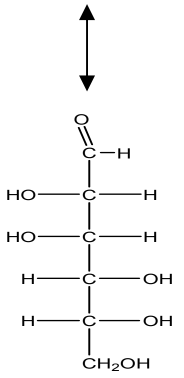
جلوكوز → مركب إينولى ← فركتوز

↓

مانوز



D Fructose   Enol form   D-glucose



D-Mannose

أي أن هذه السكرات تشترك بأن لها مركب إينولى واحد فعند معاملة محلول أحد هذه السكرات بقلوي مخفف (٥٪) وبعد فترة من الزمن وبمعادلة القلوي نجد أن المحلول يحتوي على خليط من السكرات الثلاثة.

طرق دراسة التركيب الكيميائي للسكرات:

يوجد العديد من الطرق المستخدمة في دراسة التركيب الكيميائي للسكرات فهناك طرق إنزيمية وأخري مناعية كما توجد طرق تعتمد على التحليل المائي الكامل أو الجزئي أو بالأستلة ومن اهم الطرق المستخدمة في دراسة التركيب الكيميائي للسكرات طريقتين:

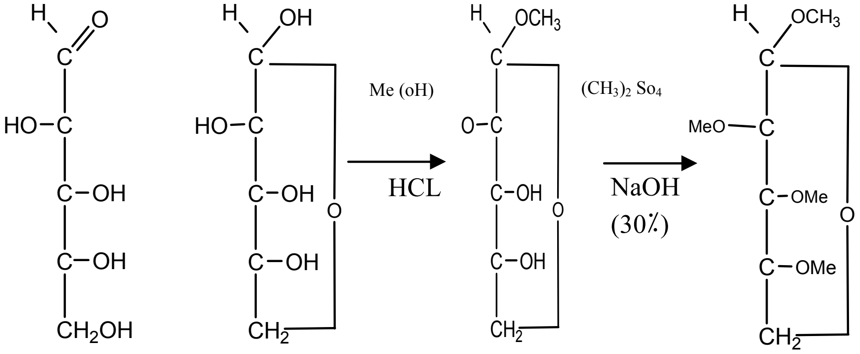
١. الدراسة بالميثلة.

٢. الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة مثل البيرأيوديت Periodate، ورابع خلات الرصاص Lead acetate.

أولا: دراسة السكرات بطريقة الميثلة:

وتتم عملية الميثلة باستخدام كيريتات ثنائي الميثيل – هيدروكسيد الصوديوم ٣٠%.

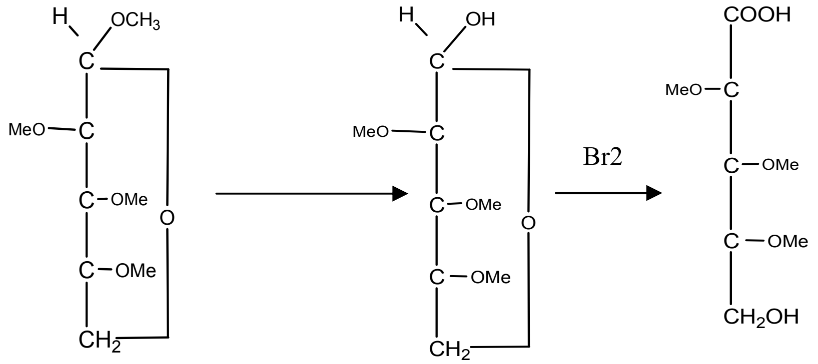
١- دراسة السكرات الخماسية في الوضع بيرانوز (Pyranose form):



α D. Arabo pyranose

Methyl α D. Arabo pyranosid

2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranosid

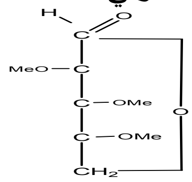


2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranosid

2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranose

2.3.4. Tri o methyl α D. Arabononic

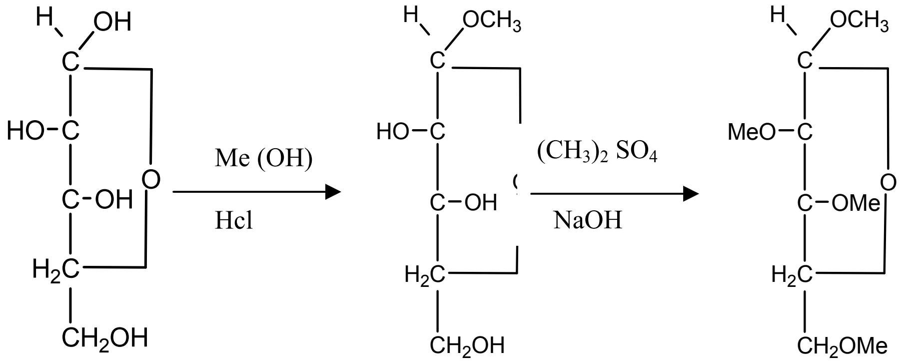
من خواص الأحماض الألدونية بالتسخين تعطي لاكتون (دلتا لاكتون) غير ثابت ويعرف من التغير في التحويل الضوئي.



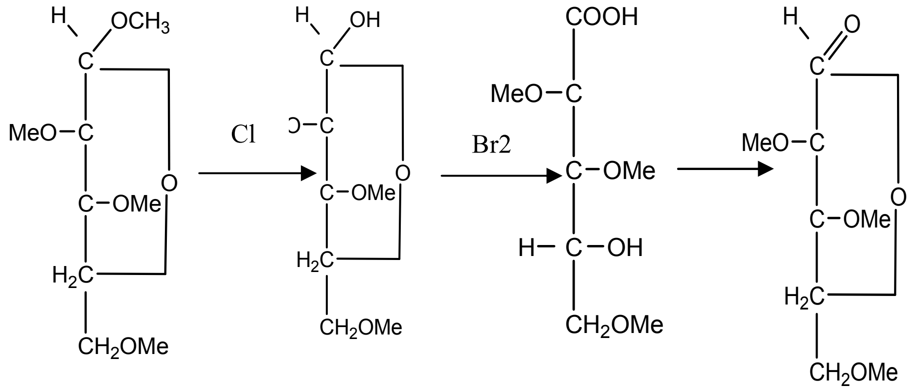
(دلتا لاكتون)

إذن أذا كانت مجاميع (OH) حرة على ذرة كربون ٥ كونت ما يسمى دلتا لاكتون. وإذا كانت مجاميع (OH) حرة على ذرة كربون ٤ كونت ما يسمى جاما لاكتون وهو مركب ثابت ويعرف ذلك في التحويل الضوئي.

٢- دراسة السكرات الخماسية في الوضع فيرانوز (Furanose form):



α D. Arabo Furanose — Methyl α D. Arabo Furanosid — 2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanosid



2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanosid

2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanose

2.3.5. Tri o methyl α D. Arabononic

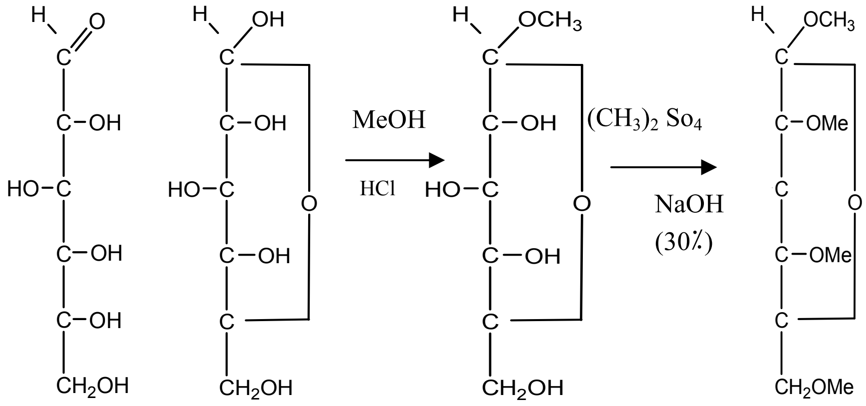
Gama Lacton
جاما لاكتون
أكثر ثباتًا

ملحوظة:

السكرات الكيتونية في التركيب الخماسي فيرانوز أكثر ثباتًا من التركيب السداسي بيرانوز

السكرات الألدهيدية (٥ ذرات كربون) في التركيب الخماسي فيرانوز أكثر ثباتًا من التركيب السداسي بيرانوز.

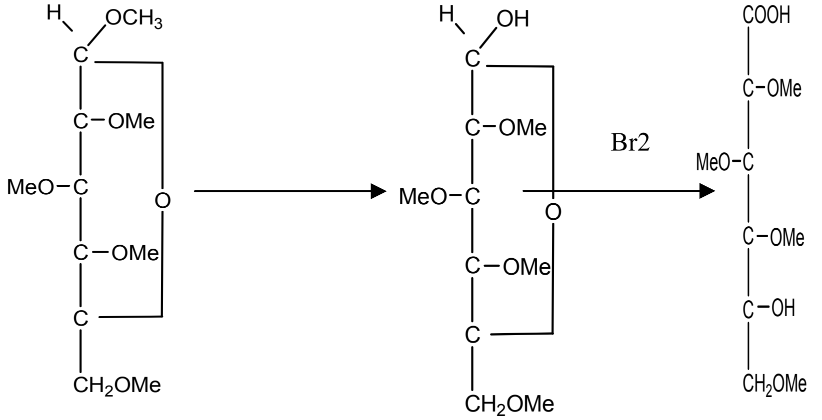
دراسة السكرات السداسية في الوضع بيرانوز (Pyranose form):



α D. Gluco pyranose

Methyl α D. Gluco pyranosid

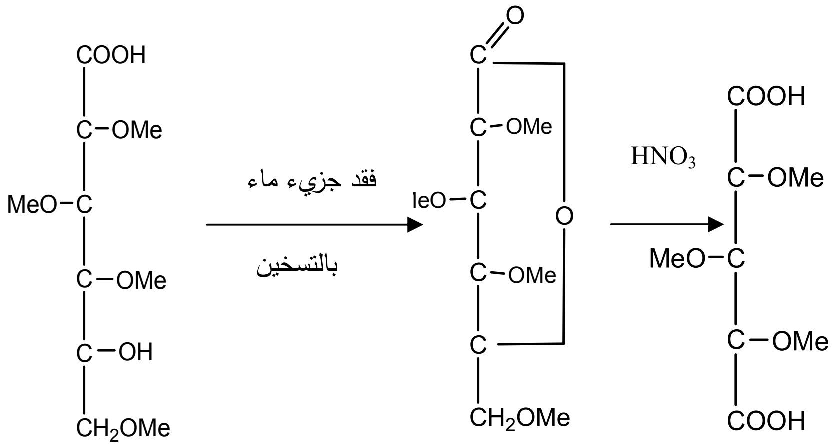
2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranosid



2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranosid

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranose

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

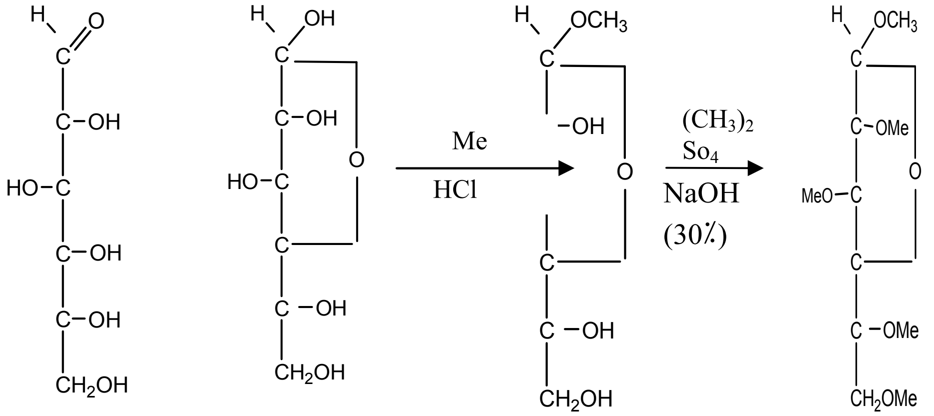


2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

Delta Lacton

Arabinonic

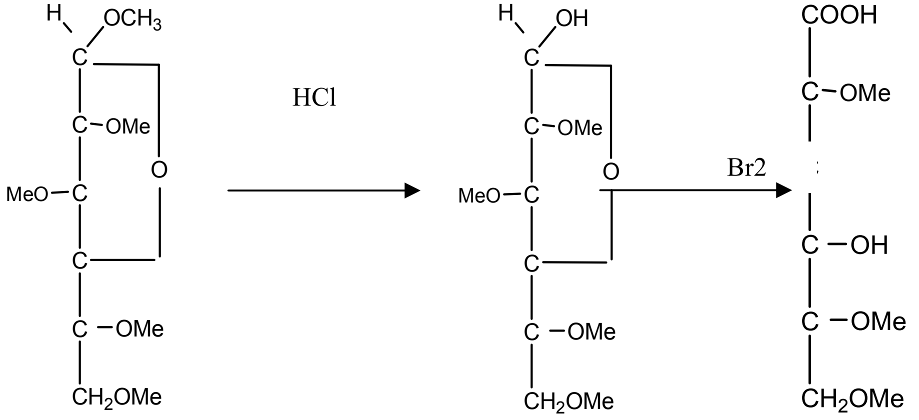
٤- دراسة السكرات السداسية في الوضع فيرانوز (Furanose form):



α D. Gluco Furanose

Methyl α D. Gluco Furanosid

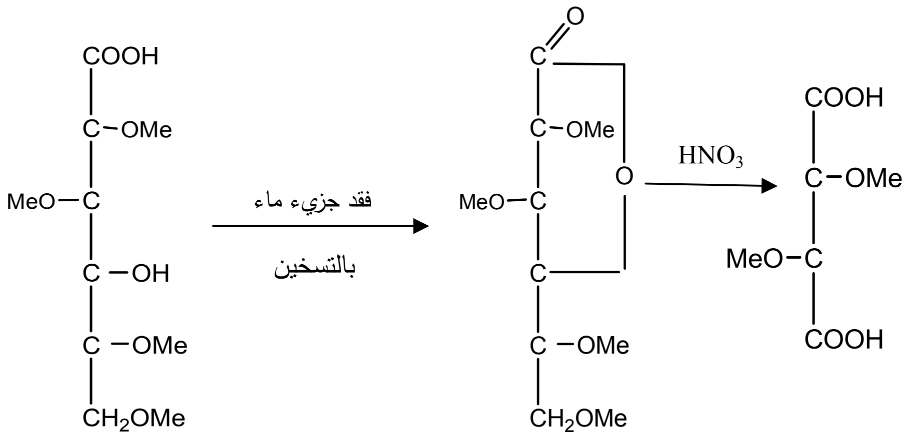
2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanosid



2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanosid

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanose

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluconic



2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluconic — Gama Lacton — Tartaric acid

ثانيًا: دراسة السكرات عن طريق الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة:

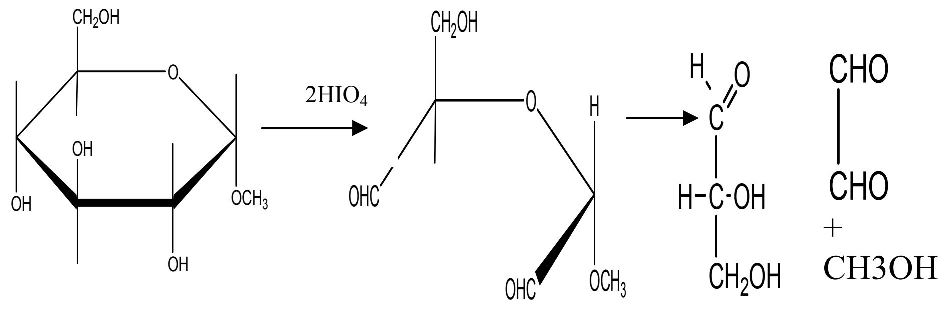
يستعمل حامض فوق الأيوديك Periodate أو خلات الرصاص Lead acetate

تعتمد هذه الطريقة على كسر الحلقة في المواقع المتجاورة والتي بها مجموعات أيدروكسيل منفردة وبدراسة تركيب نواتج الأكسدة يمكن معرفة موضع ارتباط تكوين الحلقة.

وتوضح هذه الطريقة سلسلة التفاعلات التي أُجريت على أحد جليكوسيدات سكرات الألدوهكسوزات methyl m.glucosid فمعاملته بحامض فوق الأيوديك يحدث أكسدة وانفصال الرابطة بين ذرتي الكربون C_3-C_2 وكذلك ما بين C_4-C_3 ونتيجة لذلك تنفصل C_3 وما عليها من مجموعة كحول تحت تأثير العامل المؤكسد وتنفرد على صورة حامض فورميك أما باقي الجزيء فهو يشمل على C_2-C_1، C_6- C_5-C_4 وكلاهما ما زال مرتبط على حالة أسيتال مع كحول الميثيل.

وهذا المركب يحتوي على مجموعة ألدهيد نتيجة الأكسدة المتخصصة إحداهما على C_2 والثانية على C_4 ويتحلل المركب ثنائي الألدهيد مائيًا وينفصل منه الجزيء

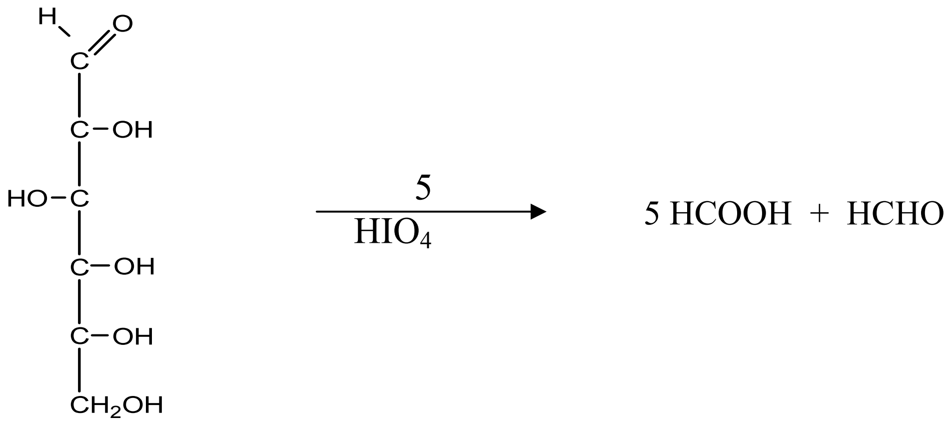
C_2-C_1، على حالة جليكوأكسال وينفصل منه جزيء C_4-C_5 -C_6 على حالة م. ألدهيد الجلسرول.



Methyl α m glucosid

جليكواكسال جلسرالدهيد

نلاحظ إنه لو كان المركب في التركيب المفتوح

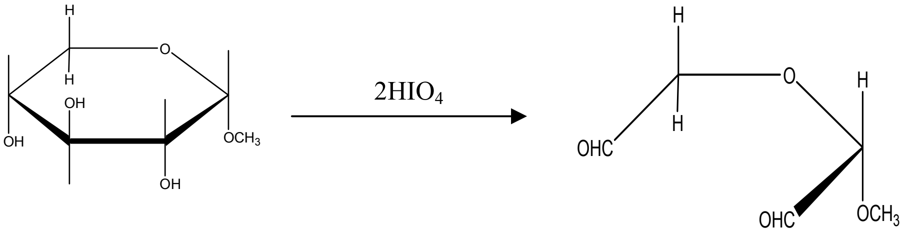


Glucose

يلاحظ أن جميع سكرات الألدوهكسوزات (D) في الحلقة بيرانوز تعطى نفس المركبات بأكسدتها بالمؤكسدات المنخفضة مثل حامض فوق أيوديك Periodic acid (HIO_4) وهذا يثبت العلاقة البنائية بينهما.

وكذلك جميع السكرات في الصورة L تعطى نفس المركبات.

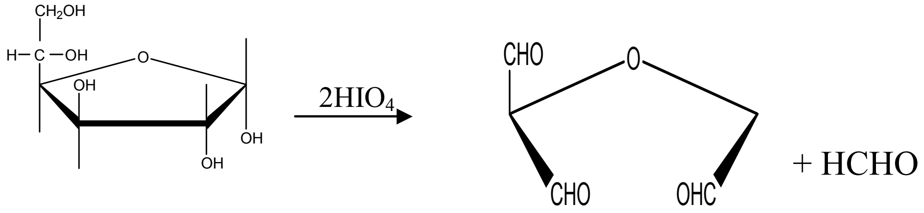
وفي حالة السكرات الخماسية الحلقة فيرانوز بالتفاعل مع حامض فوق أيوديك



وبالتالي لا يوجد فرق بين سكرات بنتو بيرانوز والهكسو بيرانوز من حيث استهلاك السكرات الخماسية والسداسية من حامض فوق أيوديك Periodic acid (HIO_4) وانتاج حامض الفورميك.

في حالة الألدوهكسوزات في التركيب الحلقي الخماسي

يلاحظ أنه يحدث كسر ما بين C_6- C_5 وينتج جزيء فورمالدهيد من الكحول الأول الموجود على ذرة الكربون رقم ٦ ولا ينتج حامض فورميك وبالتالي يمكن التفرقة ما بين الهكسوبيرانوز والهكسوفيرانوز.



Methyl α m glucosid مركب ثلاثى الألدهيد فورمالدهيد

سكرات خماسية في الوضع فيرانوز:

يلاحظ أن جميع السكرات الخماسية في الحلقة الخماسية فيرانوز تعطى نفس النتائج كما يلاحظ أن ميثيل جليكوسيدات سكرات م بنتوز وفي الحلقة فيرانوز تعطى نفس المركب الناتج من ميثيل جليكوسيد هذه الألدوهكسوزات.

في الحلقة بيرانوز في الصورة م أو الصورة ى

إلا إنه لا تنتج وحدة حامض فورميك من أكسدة أنواع م بنتوزات في الحلقة

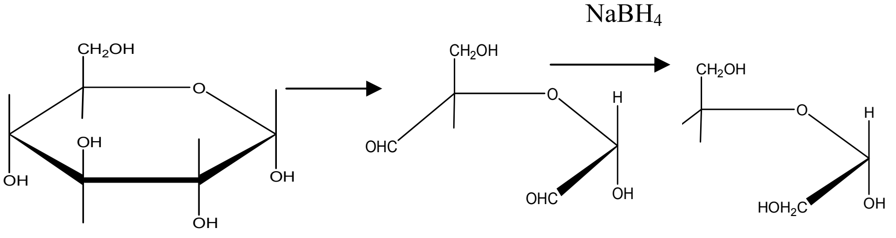
الخماسية لعدم وجود مجاميع هيدروكسيل متجاورة ومنفردة.

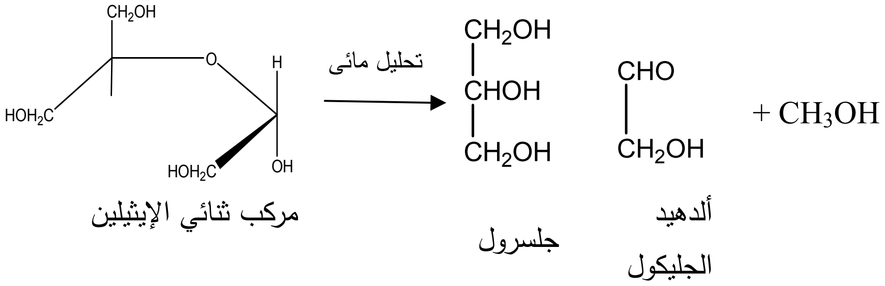
وفي كل الحالات السابقة ينتج من جليكوسيدات المتشابهات الضوئية م بعد الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة والتحليل المائي م جلسروز ومن جليكوسيدات المتشابهات الضوئية ينتج ى جلسروز وهذا اثبت مؤكد للعلاقة البنائية بين السكريات الأحادية.

دراسة الجزيء الناتج:

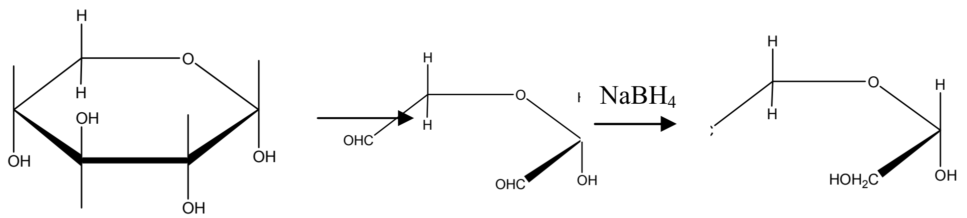
من الناحية العملية يصعب تواجد ثنائي الألدهيد الناتج من أكسدة جليكوسيدات السكرات بالمؤكسدات المتخصصة ولهذا فيجرى تحوير لمجموعات الألدهيد قبل إجراء التحليل المائي وذلك بأكسدتها بماء البروم وتحويلها إلى مجموعات كربوكسيل أو يجرى التحوير باختزال مجموعات الألدهيد إلى مجموعات كحول عن طريق صوديوم بوروهيدريت ($NaBH_4$).

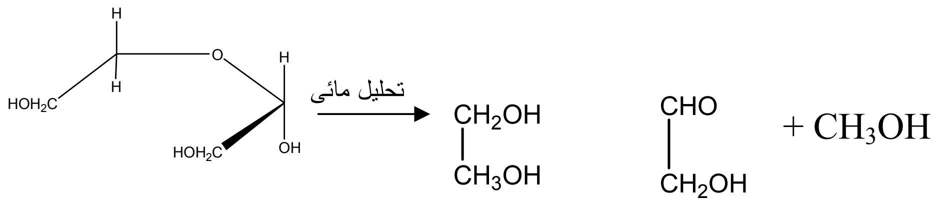
سكر سداسي (هكسوز) في التركيب الحلقي السداسي (بيرانوز).





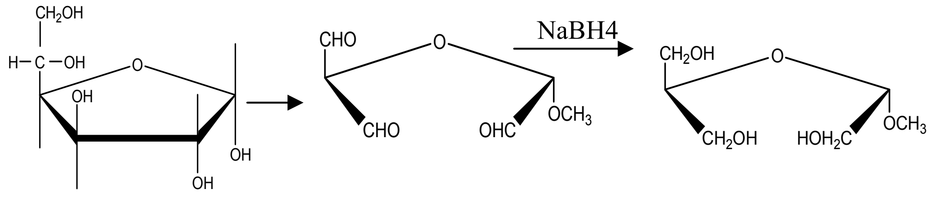
سكر خماسي (بنتوز) في التركيب الحلقي السداسي (بيرانوز).

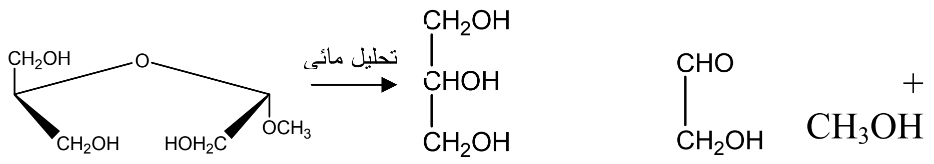




كحول ميثيل   ألدهيد الجليكول   إيثيلين الجليكول   مركب ثنائي الإيثيلين

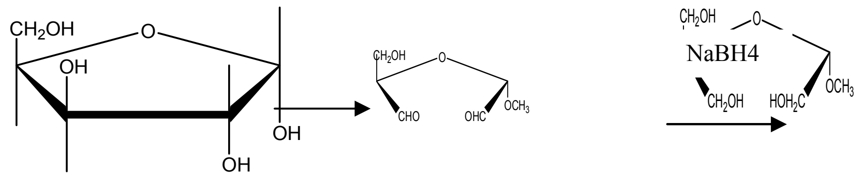
سكر سداسي (هكسوز) في التركيب الحلقي الخماسي (فيرانوز).



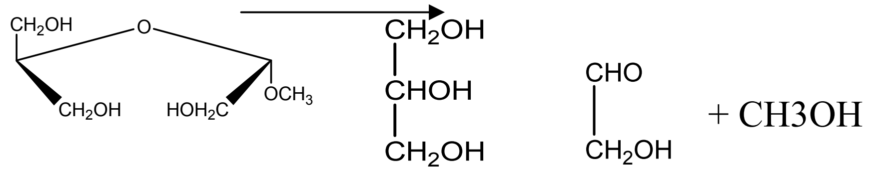


ألدهيد الجليكول   جلسرول   مركب ثنائى الإيثيلين

سكر خماسي (بنتوز) في التركيب الحلقي الخماسي (فيرانوز).



تحليل مائى



مركب ثنائي الإيثيلين جلسرول ألدهيد الجليكول

ملاحظات هامة لأكسدة السكرات بـ periodate:

١. لا تستطيع التفرقة بين سكر سداسي بيرانوز وسكر خماسي بيرانوز حيث أن كل منهما يعطى جزيء حامض فورميك.

٢. يمكن التفرقة بين سكر سداسي بيرانوز وسكر وسكر سداسي بيرانوز حيث أن السكر السداسي بيرانوز يعطى فورميك HCOOH والفيرانوز يعطى فورمالدهيد HCHO.

٣. يمكن التفرقة بين سكر سداسي فيرانوز وخماسي بيرانوز حيث أن السداسي يعطى فورمالدهيد HCHO بينما السكر الخماسي لا يعطى فورمالدهيد.

٤. يمكن التفرقة بين السكر الخماسي بيرانوز والفيرانوز حيث أن البيرانوز ينتج HCHO بينما السكر الخماسي فيرانوز لا ينتج فورمالدهيد أو حتى CHO.

ومن دراسة الجزيء الناتج من الأكسدة يمكن:

١. التفرقة بين سكر سداسي بيرانوز وسكر خماسي بيرانوز ينتج كحول ميثايل حيث أن السكر السداسي بيرانوز ينتج كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وجلسرول في حين السكر الخماسي بيرانوز ينتج كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وايثيلين الجليكول.

٢. لا يمكن التفرقة بين سكر سداسي بيرانوز وسكر سداسي فيرانوز حيث أن نواتج ك منهما واحدة

٣. لا يمكن التفرقة بين سكر سداسي وسكر خماسي خماسي فيرانوز وسكر

سداسي بيرانوز حيث أن نواتج كل منهما واحدة.

٤. يمكن التفرقة بين سكر خماسي بيرانوز وسكر خماسي فيرانوز حيث أن نواتج السكر الخماسي بيرانوز كحول ميثيل وألدهيد الجليكول و... بينما السكر الخماسي فيرانوز كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وجلسرول.

أمثلة لأهم أنواع السكرات الأحادية:

أولًا: البنتوزات Pentoses:

وهي السكرات الأحادية التي تتكون من سلسلة كربونية بها ٥ ذرات كربون وهي تضم نوعين من السكرات:

الألدوبنتوزات Aldopentoses: وهي البنتوزات التي تحتوي على مجموعة ألدهيد على ذرة الكربون رقم (١) وتشمل سكرات الأرابينوز Arabinose والليكسوز Lyxose والريبوز Ribose والزيلوز Xylose.

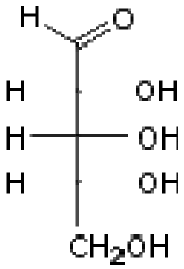
الكيتوبنتوزات Ketopentoses: وهي البنتوزات التي تحتوي على مجموعة كيتون على ذرة الكربون رقم (٢) وتشمل سكرات الريبيولوز Ribulose الزيلولوز Xylulose.

ومن اهم البنتوزات:

١- الريبوز Ribose:

سكر خماسي ألدهيدي والصورة الشائعة الموجودة منه هو الصورة D- Ribose أما الصور L- Ribose فهي غير منتشرة في الطبيعة ويعتبر الصمغ العربي من المصادر النباتية لسكر الريبوز.

ومن الناحية البيولوجية فإن لهذا السكر أهمية كبيرة حيث يعتبر من المركبات الوسطية في عمليات التمثيل الغذائي للكربوهيدرات وتعود أهميته في أنه يدخل في تركيب الأحماض النووية كما انه يدخل في بناء العديد من الجزيئات الحيوية الهامة مثل ATP , NAD, NADP.



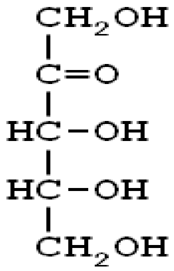
D- Ribose

وداخل الأنظمة البيولوجية لابد أن يحدث فسفرة لسكر الريبوز لكي ينشط ويتم ذلك بمساعدة إنزيمات Ribokinase حيث تحوله لمركب ريبوز٥- فوسفات Ribose-5-phosophate الذي يدخل في بناء الأحماض الأمينية التربتوفان والهيستدين، كما يدخل في أحد مسارات تمثيل الكربوهيدرات يعرف بـ Pentose phosphate pathway.

٢- الريبويلوز Ribulose:

سكر خماسي كيتوني والصورة الشائعة منه هي الصورة D-Ribulose ويتكون هذا لسكر كمركب وسطي خلال دورة Pentose phosphate pathway، وبصفة عامة يعتبر هذا السكر شديد الأهمية في تكوين العديد من المركبات الحيوية الهامة حيث يعتبر مركب وسيط في عملية إنتاج الأرابيتول Arabitol production في الفطريات المنتجة للأرابيتول.

والصورة الصناعية منه تسمي Sucroribulose وهي توجد في المحليات الصناعية.

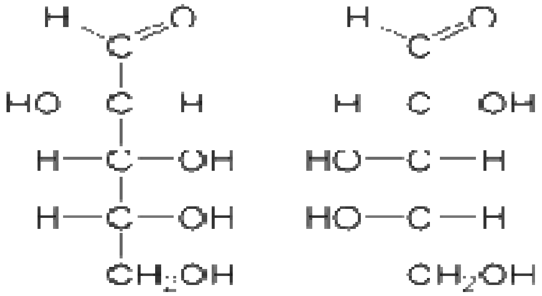


D- Ribulose

٣- الأرابينوز Arabinose:

سكر خماسي ألدهيدي ويتواجد في الصورتين D , L وعلي غير المتوقع فإن الصورة L- Arabinose هي الأكثر انتشارًا في الطبيعة حيث تعتبر أحد المكونات الهامة في مركبات الهيمي سليولوز والبكتين، وهو يوجد في الصمغ العربي Gum Arabic حيث يسهل فصله من الصمغ العربي.

ويدخل في تركيب البيئات التي تنمي عليها البكتريا لذا فله استخدامات هامة في مجال البيوتكنولوجي والميكروبيولوجي.



D-(-)-Arabinose　　L-(+)-Arabinose

ثانيًا: الهكسوزات Hexoses:

وهي السكرات الأحادية التي تتكون من سلسلة كربونية بها ٦ ذرات كربون وهي تضم نوعين من السكرات:

الألدوهكسوزات Aldohexoses: وهي الهكسوزات التي تحتوي على مجموعة ألدهيد على ذرة الكربون رقم (١) وتشمل سكرات الألوز Allose، الألتروز Altrose، الجلوكوز Glucose، المانوز Mannose، الجيولوز Gulose، اللأيدوز Idose، الجلاكتوز Galactose، التالوز Talose.

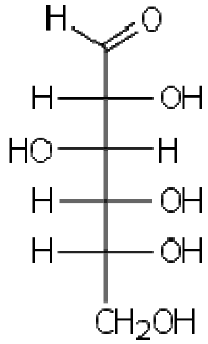
الكيتوهكسوزات Ketohexoses: وهي الهكسوزات التي تحتوي على مجموعة كيتون على ذرة الكربون رقم (٢) وتشمل سكرات البسكوز Psicose، الفركتوز Fructose، السوربوز Sorbose، التاجاتوز Tagatose.

ومن اهم الهكسوزات:

١- الجلوكوز Glucose:

سكر سداسي ألدهيدي ويتواجد عادة في صورة D – Glucose حيث تمثل الصورة الأكثر انتشارًا في الطبيعة، ويعتبر أهم السكرات على الإطلاق حيث يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة للخلايا الحيوانية بصفة عامة كما أنه يمثل أهم نواتج البناء الضوئي في النبات.

وهو عبارة عن بلورات صلبة سريعة الذوبان في الماء وينتشر بكثرة في المملكة النباتية والحيوانية على حد سواء، وعلى المستوى التجاري يسهل الحصول عليه من تحليل النشا بواسطة الإنزيمات.



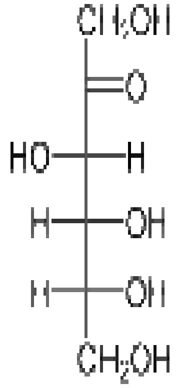
D- Glucose

ويتم التخليق الحيوي للجلوكوز في النبات حيث يعتبر ناتج عملية البناء الضوئي التي تعتبر أساس الحياة على كوكب الأرض، أما في الحيوان فيتم تخليق الجلوكوز من البيروفيك والجلسرول في خلايا الكبد والكلية فيما يعرف بعملية Gluconeogenesis كما أنه ينتج من تكسير الجليكوجين في الكبد أيضا.

وهناك أهمية طبية خاصة لسكر الجلوكوز حيث يعتبر مستواه في الدم من الدلائل الهامة لوجود مرض السكر Diabetes حيث يعاني الشخص المصاب بمرض السكر من خلل في التمثيل الغذائي لسكر الجلوكوز.

٢- الفركتوز Fructose:

سكر سداسي كيتوني ويسمي أيضًا سكر الفاكهة حيث ينتشر بكثرة في العديد من الفواكه ويتميز بأنه شديد الحلاوة كما يتواجد في بعض الخضروات وعسل النحل.



D- Fructose

ويحضر هذا السكر تجاريا من التحليل المائي للسكر العديد الأنيولين حيث يعتبر الفركتوز هو المكون الأساسي لهذا السكر العديد، كما انه يدخل أيضا في تركيب سكر القصب.

وداخل جسم الإنسان يتحول الفركتوز إلى جلوكوز في خلايا الكبد والأمعاء، ويحتاج الجهاز التناسلي الذكري كميات كبيرة من سكر الفركتوز حيث يخلق في الحويصلات المنوية ثم يندمج في الحيوانات المنوية حيث يستخدم فيها كمصدر للطاقة.

سكرات الأوليجو Oligosaccharides:

السكرات الاوليجو عبارة عن كربوهيدرات تقبل التحليل المائي وتنتج عددًا معروفًا بالضبط من وحدات السكر الأحادي المكون لها وهذا العدد يتراوح ما بين ٢- ١٠ وحدات. ويطلق عليها سكرات اوليجو متجانسة أن كانت من نوع واحد أو غير متجانسة أن كانت من أكثر من نوع من السكر.

وتشمل السكرات التي تتكون من ارتباط عدد معلوم بالضبط من وحدات السكر

الأحادي وغالبا لا يزيد عدد وحدات السكر الأحادي المكونة للسكرات الوليجو عن ١٠ وحدات، وهي تتميز بقابليتها للتحليل المائي حيث تنفرد منها السكرات الأحادية المكونة لها.

وتوجد أنواع كثيرة من السكرات الأوليجو لكل منها تركيبه الكيميائي المميز له وتتباين أنواع السكرات الأوليجة تبعًا للاعتبارات التالية:

١. نوع وحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو وهل هو نوع واحد من السكرات أم أكثر من نوع من السكرات الأحادية
٢. عدد وحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو فمنها السكرات الثنائية والثلاثية وغيرها
٣. الشكل البنائي للسكرات الأحادية المكونة للسكر الأوليجو هل هي حلقات خماسية (فيرانوز) أم حلقات خماسية (بيرانوز)
٤. التشابه الضوئي هل وحدات السكر الأحادي من المشابهات (م) أم (ى).

موضع الرابطة الجليكوسيدية بين وحدات السكرات الأحادية المكونة لها ويوضح موضع الرابطة بالأرقام تدل على موضع ذرات الكربون التي اتصلت بعضها بالرابطة الجليكوسيدية

٥. نوع الرابطة الجليكوسيدية هل هي من النوع ألفا أم من النوع بيتا.

خواص السكرات الأوليجو:

هي عبارة عن مواد صلبة تذوب في الماء وتتميز بأن بعضها حلو المذاق كما أنها تذوب في المذيبات القطبية مثل الماء والكحول في حين لا تذوب في المذيبات غير القطبية مثل الإيثير والبنزين والكلوروفورم.

ومن الناحية الكيميائية تتفاعل سكرات الاوليجو مع اندريدات الأحماض العضوية وتكون الإيثيرات بطريقة مماثلة للسكرات الأحادية ويمكن بشكل عام تقسيم

السكرات الأوليجو على حسب قدرتها الاختزالية إلى قسمين:

سكرات مختزلة: وهي التي تختزل محلول فهلنج حيث تتميز بأن لها طرف ألدهيدي أو كيتوني على حالة هيمي أسيتال حرة (غير مرتبطة) قابلة للتفاعل ولذلك فتكون أوسازون بتفاعلها مع الفينايل هيدرازين كما يمكن أن يحضر منها جليكوسيدات، ولكن هذه السكرات لاتختزل محلول بارفويد ومن هنا يمكن التفرقة بينها وبين السكرات الأحادية، وتحدث لهذه السكرات ظاهرة تغير التحويل الضوئي.

ومن أمثلة هذه السكرات: المالتوز واللاكتوز والسلوبيوز والمليبيوز والجنتيوبيوز.

سكرات غير مختزلة: وهي السكرات التي ترتبط فيها مجموعات الهيمي أسيتال لذا فهي لا تختزل محلول فهلنج، كما أنها أيضا لا تتفاعل مع الفينايل هيدرازين لتكون اوسازون ولا يمكن تحضير جليكوسيدات منها، كما أنها لا يحدث لها تغير في التحويل الضوئي.

ومن أمثلة هذه السكرات: السكروز والتريهالوز.

لا تتحلل سكرات الأوليجو مائيا بالقلويات ولكنها تتحلل مائيا بإنزيمات خاصة أو في وجود أحماض معدنية إلى مكوناتها من وحدات السكرات الأحادية المكونة لها.

وتتوقف سرعة تحليلها مائيا بالأحماض على التركيب الكيميائي لهذه السكرات وبصفة خاصة من ناحية موضع الرابطة ونوع الحلقة، فالسكرات التي تحتوي على حلقات فورانوز يمكن تحليلها مائيا بسهولة بواسطة الأحماض الضعيفة بتركيزات مخففة، فلذلك نجد أن السكروز يتحلل بسهولة بمحلول حمض أكساليك ٠,٢% بالتسخين في حمام مائي حيث يتكون السكروز من جلوكوز موجود في حلقة سداسية (بيرانوز) متحدا مع فركتوز موجود في حلقة خماسية (فورانوز).

وتتأثر السكرات الأوليجو عموما بالحرارة المرتفعة خصوصا في وجود الرطوبة

ويتغير لونها وتفقد بعض جزيئات الماء ومثال على ذلك تسخين السكروز على حرارة مرتفعة (١٧٠ – ١٨٠) درجة مئوية يتحول لونه إلي اللون البني الفاتح ويتكون مادة تسمي الكرملة Caramel وهي تدخل في صناعة الحلويات، وبالتسخين الشديد يحدث تحلل للسكر ويتصاعد منه بعض الغازات (CO , CO_2) ويتفحم.

التسمية Nomenclature:

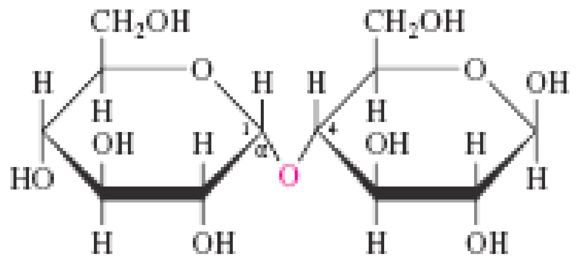
يدل الاسم العلمي للسكرات الأوليجو علي:

التركيب الكيميائي لوحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو.

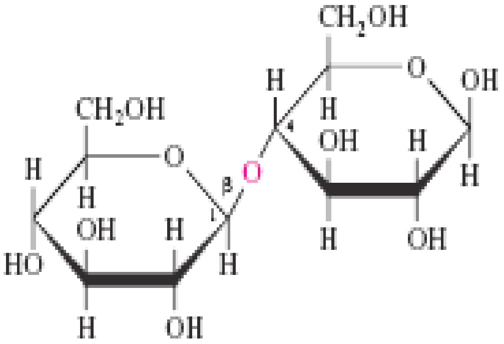
تتابع وحدات السكر الأحادي.

نوع الرابطة أو الروابط الجليكوسيدية المكونة للسكر الأوليجو.

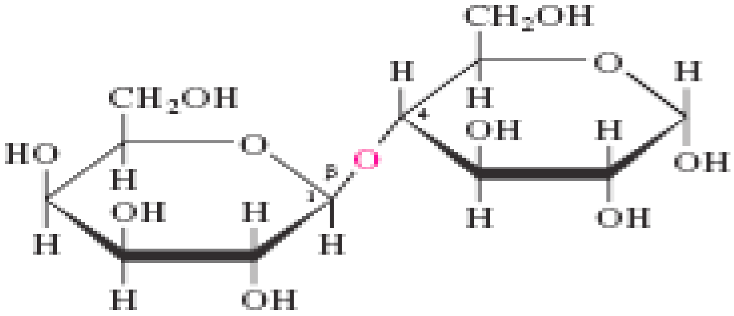
وفيما يلي أمثلة لبعض أنواع السكرات الأوليجو وأسمائها الشائعة والعلمية:



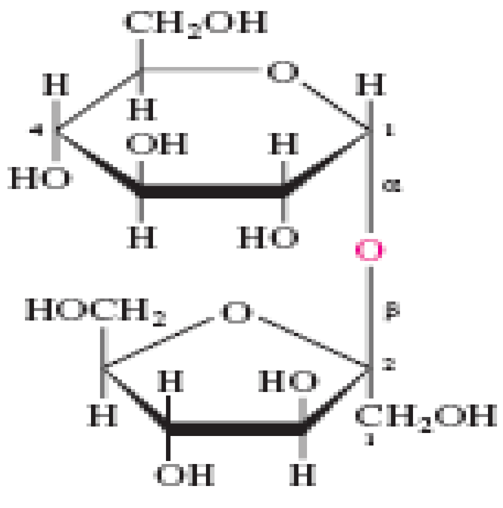
β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)



β anomer of cellobiose
(β-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)



α anomer of lactose
(β-D-Galactopyranosyl-(1→4)-α-D-glucopyranose)



Sucrose

تقسيم سكرات الاوليجو إلى عدة أقسام على أساس عدد الوحدات الداخلة في تركيبها:

أ- السكرات الثنائية: Disaccharides:

السكرات الثنائية هي السكرات الاوليجو التي تعطي بالتحليل المائي وحدتين من السكر الأحادي وقد تكون الوحدتين الناتجتين من التحليل المائي من نوع واحد مثل المالتوز والتريهالوز وفي هذه الحالة يطلق عليها سكرات ثنائية متجانسة، أو قد تكون الوحدتين الناتجتين من التحليل المائي من نوعين مختلفين مثل اللاكتوز والسكروز وفي هذه الحالة يطلق عليها سكرات ثنائية غير متجانسة.

١- سكرات ثنائية متجانسة:

تحليل مائى

مالتوز (سكر ثنائي) ⟵ جلوكوز (سكر أحادي) + جلوكوز (سكر أحادي)

تحليل مائى

تريهالوز (سكر ثنائي) ⟵ جلوكوز (سكر أحادي) + جلوكوز (سكر أحادي)

٢- سكرات ثنائية غير متجانسة:

تحليل مائى

لاكتوز (سكر ثنائي) ←—— جلوكوز (سكر أحادي) + جلاكتوز (سكر أحادي)

تحليل مائى

سكروز (سكر ثنائي) ←——جلوكوز (سكر أحادي) + فركتوز (سكر أحادي)

ب- السكرات الثلاثية Trisaccharides:

السكرات الثلاثية هي السكرات الاوليجو التي تعطي بالتحليل المائي ثلاث وحدات سكر أحادي من نوع واحد (متجانسة) أو من عدة أنواع (غير متجانسة) مثل الرافينوز $C_{18}H_{32}O_{16}$ والذي بتحليله منها يعطي ثلاث جزيئات سكرات أحادية مختلفة وهي: جزئ جلوكوز وجزء فركتوز وجزء جلاكتوز.

رافينوز (سكر ثلاثي) + ماء ←—— جلوكوز + فركتوز + جلاكتوز

ج- السكرات الرباعية Tetrasaccrides:

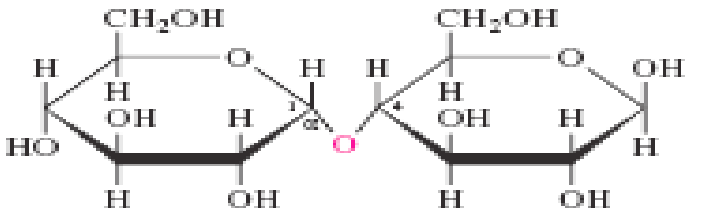
السكرات الرباعية هي السكرات الاوليجو التي تعطي بالتحليل المائي أربع وحدات سكر أحادي من نوع واحد (متجانسة) أو عدة أنواع مختلفة مثل الاستاكيوز الذي بتحليله مائيًا يعطي جزئ جلوكوز وجزئ فركتوز وجزيئين جلاكتوز (غير متجانسة).

ستاكيوز (سكر رباعي) + ماء ←—— جلوكوز + فركتوز + جلاكتور + جلاكتوز

أمثلة لأهم أنواع السكرات الأوليجو:

١- المالتوز Maltose:

سكر ثنائي يتكون من اتحاد جزيئين من الجلوكوبيرانوز أحدهما في الوضع ألفا والأخر في الوضع بيتا، وتتصل ذرة الكربون الأولى من أحدهما مع ذرة الكربون الرابعة من الوحدة الثانية برابطة جليكوسيدية ووضع الرابطة ألفا (١- ٤).



β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)

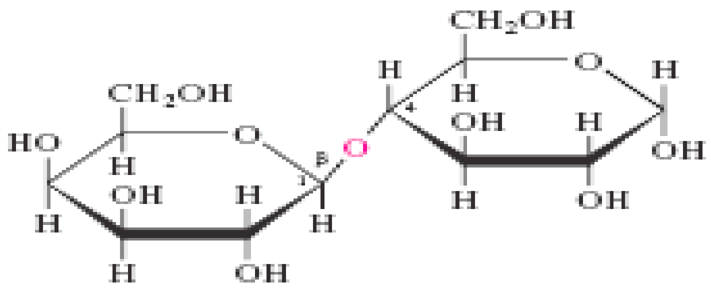
ويطلق على المالتوز سكر الشعير وهو سكر يميني الدورة ودرجة تحويله الضوئي (+ ١٣٠,٥)، ويتكون من تحليل النشا مائيا بتأثير بعض أنواع الإنزيمات، كما يوجد في بعض أنواع البذور أثناء إنباتها.

وهو سكر مختزل حيث يحتوي على مجموعة هيمي أسيتال حرة ولذا تحدث له ظاهرة تغير التحويل الضوئي، ويتحلل مائيا بالأحماض المعدنية إلى مكوناته الأساسية (جزيئين من الجلوكوز).

ويتفاعل مع مركب الفينايل هيدرازين ويكون أوسازون مميز له عن باقي السكرات.

٢- اللاكتوز Lactose:

سكر ثنائي يتكون اتحاد سكر الجلوكوز مع سكر الجلاكتوز حيث تتصل ذرة الكربون الأولى من الجلاكتوز مع ذرة الكربون الرابعة من الجلوكوز برابطة جليكوسيدية وذرة الكربون الأولي للجلاكتوز تحمل (OH) هيمي أسيتال في الوضع بيتا لذا فالرابطة من نوع بيتا (١ – ٤).



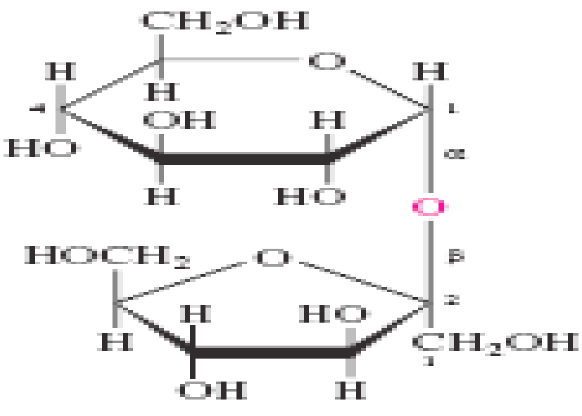
α anomer of lactose
(β-D-Galactopyranosyl-(1 → 4)-α-D-glucopyranose)

ويسمي سكر اللبن حيث يوجد فقط في ألبان الثدييات بنسبة تتراوح بين ١,٨ – ٦,٥% وتختلف كميته في ألبان الحيوانات المختلفة، ويحتوي اللاكتوز على طرف ألدهيدي على حالة هيمي أسيتال حرة (غير مرتبطة) ولذلك فهو من السكرات المختزلة ويحدث له ظاهرة تغير التحول الضوئي، كما أنه يتحلل مائيا تحت تأثير إنزيم اللاكتيز Lactase أو في وجود الأحماض المعدنية حيث تنفرد مكوناته من سكرات الجلوكوز والجلاكتوز.

ويتفاعل مع مركب الفينايل هيدرازين ويكون أوسازون مميز له عن باقي السكرات.

٣- السكروز Sucrose:

سكر ثنائي يتكون من اتحاد جزيء ألفا – م- جلوكوبيرانوز وجزيء بيتا – م- فركتوفورانوز حيث تتصل ذرة الكربون الأولي من الجلوكوز مع ذرة الكربون الثانية من الفركتوز وذرة الكربون الأولي لسكر الجلوكوز تحمل (OH) هيمي أسيتال في الوضع ألفا في حين أن ذرة الكربون الثانية لوحدة سكر الفركتوز في الوضع بيتا لذا فالرابطة هنا من نوع ألفا – بيتا (١ – ٢)



Sucrose

ويحول السكروز الضوء المستقطب ناحية اليمين، ويمكن تحليله مائيا بواسطة إنزيم السكريز وأيضا بالأحماض المعدنية لتنفرد مكوناته من الجلوكوز والفركتوز، ويطلق على ناتج التحليل المائي للسكروز اسم السكر المحول Inverted sugar.

ومن الأسماء الشائعة لسكر السكروز سكر القصب Cane sugar وسكر البنجر Beet sugar حيث يستخرج السكروز من القصب والبنجر.

السكرات العديدة Polysaccharides:

هي عبارة عن كربوهيدرات معقدة، ذات وزن جزئي مرتفع، وتتكون من اتحاد عدد كبير غير محدود من السكرات الخماسية أو السداسية، لذلك فهي تعتبر اندريدات Anhyd-rides لعدد كبير من السكرات الأحادية.. وهي سكرات عديمة النشاط من الناحية الكيميائية. ورغم ذلك فهي أهم مركب غذائي في الأغذية النباتية، وتوجد أنواع كثيرة جدًا من السكرات العديدة التي تحتوي على عدد غير محدد من السكرات الأحادية البنائية، والاعتبارات التي يجب أخذها عند دراسة التركيب الكيمائي للسكرات العديدة:

١- **عدد وحدات السكر الاحادي:** ١٠ فأكثر.

٢- **نوع السكر:** إذا كان نوعًا واحدًا ويسمي سكرًا عديدًا متجانسًا Homoglycans

واذا كانت أنواعا مختلفة يسمي سكرًا عديدًا غير متجانس Heteroglycans.

٣- **نوع الرابطة الجليكوسيدية وموضعها:** الفا أو بيتا، ١-٢ أو ١-٣ أو ١-٤ أو ١-٦.

٤- **درجة التجمع:** تختلف من سكر عديد لأخر، وأيضًا بالنسبة للنوع الواحد تبعًا للمصدر النباتي.

٥- **نوع السلسلة المكونة للجزيء:** سلسلة متفرعة أو غير متفرعة.

الصفة الاختزالية: لا تختزل محلول فهلنج أو بندكت أو نترات الفضة النشادرية نظرًا لوجود مجموعة الدهيدية حرة واحدة في طرف الجزيء، فنفس حالة السلسلة الطويلة غير المتفرعة يوجد للجزيء طرفان: طرف الدهيدي مختزل والآخر غير مختزل، وفي حالة السلسلة المتفرعة، يوجد للجزيء طرف واحد مختزل وعدة أطراف غير مختزلة.

التحليل المائي: تتحلل مائيًا إلى مكوناتها من السكرات الأحادية بواسطة الأحماض المعدنية أو بإنزيمات خاصة.

وتقسم السكرات العديدة إلى:

١-سكرات عديدة متجانسة: وتقسم لمجموعتين:

أ- سكرات تتكون من الجلوكوز فقط أي وحدتها البنائية الجلوكوز، مثال النشا والسليلوز والجليكوجين والدكسترين والدكستران.

ب- سكرات عديدة متجانسة تتكون من سكر واحد فقط غير الجلوكوز مثال المانان (مانوز) أو الزيلان (زيلوز) أو الانيولين (فركتوز).

- سكرات غير متجانسة: وهي التي تتكون من سكرات أحادية متحدة مع بعضها مثال الجلاكتواربان (جلاكتوز وارابينوز)، والجلاكومانان (جلاكتوز ومانوز).

- سكرات عديدة يدخل في تكوينها الأحماض اليورونية مثال البكتين وحمض الالجنيك والهيمي سليلوز وبعض أنوع الصموغ والمواد الهلامية (الميوسيلاج).
- سكرات عديدة تحوي النتروجين في الجزيء مثال الكيتين وهو الغطاء الواقي لبعض الحشرات.
- سكرات عديدة تحوي الكبريت في الجزيء مثال الآجار أو تحوي على الكبريت والنتروجين معًا مثال الهيبارين.

التسمية:

يطلق على السكر العديد أحيانا اسم الجليكان Glycan فالسكر العديد الذي يتكون من نوع واحد يطلق عليه سكر عديد متجانس Homoglycan والذي يتكون من اكثر من نوع يطلق عليه سكر عديد غير متجانس Heteroglycan ويشتق الاسم من السكر الأحادي باستبدال المقطع ose بالمقطع an (جلوكوز = جلوكان، مانوز = مانان، دكستروز = دكستران، زيلوز = زيلان، أو جلاكتومانان (اتحاد جلاكتوز + مانوز السكر العديد)... وهكذا.

هي عبارة عن بوليمرات تتكون من عدد كبير من وحدات السكر الأحادي، وعادة ينتج عن تحللها مائيا عدد غير معروف بالضبط من وحدات السكر الأحادي.

وبصفة عامة يمكن تقسيم السكرات العديدة إلى قسمين:

سكرات عديدة متجانسة Homoglycans or Homopolysaccharides:
وهي عبارة عن بوليمرات تتكون من نوع واحد من السكرات الأحادية أو أحد مشتقاته أي أنه عند تحليلها مائيًا تحليلًا كاملًا تنتج نوع واحد فقط من السكرات الأحادية أو أحد مشتقاته.

ويمكن تقسيم هذا النوع بدوره إلى قسمين على أساس أدوارها البيولوجية:

سكرات تخزينية Storage homoglycans مثل النشا والجليكوجين.

سكرات تركيبية Structural homoglycans مثل السليولوز والكيتين.

سكرات عديدة غير متجانسة Heteroglycans or Heteropolysaccharides:

وهي عبارة عن بوليمرات تتكون أكثر من وحدة بنائية أي أنه عند تحليلها مائيا تحليلا كاملا ينتج اكثر من نوع من السكرات الأحادية أو مشتقاتها ومن أمثلتها حمض الهاليورنيك Hyaluronic acid والهيبارين Heparin.

١- السكرات العديدة المتجانسة Homoglycans:

أ- السكرات التخزينية Storage homoglycans:

١- النشا Starch:

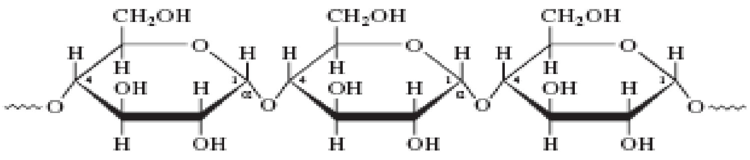
من السكرات العديدة المتجانسه من نوع الـ Hexosans، أو على وجه الخصوص الـ Glucan، أي يتكون من سلاسل مستقيمة. ترتبط بأخري متفرعة، وكلها عبارة عن وحدات من سكر الجلوكوز، ينتشر بكثرة في البذور، والتي تحتوي على نشا يصل الي ٧٠% وكذلك في الفواكه والجذور والدرنات بمستوي يصل إلي ٣٠% ويتكون النشا من نوعية من السكرات العديدة Polysaccharides هي الأميلوز Amylose والاميلوبكتين amylopectin .

وتختلف نسبة كل منهما تبعًا للمصدر وإن كان في معظم الحبوب وأنواع البطاطا يوجد الأميلوز بنسبة ٢٠- ٢٨%، أميلوبكتين بنسبة ٧٢ – ٨٠%. ولا يذوب النشا في الماء البارد بل يتكون معلق Suspension وعند تسخينه تنتفخ حبيبات النشا، وفي النهاية تنفجر الحبيبات وتتكون محاليل جيلاتينية أو غروية. ويتحلل النشا حامضيًا أو بالإنزيمات إلى دكسترين، ثم إلي السكر الثنائي مالتوز، وفي النهاية الي السكر الأحادي جلوكوز. ينتشر النشا بكثرة في الطبيعة ويعتبر كمخزن للكربوهيدرات في الدرنات مثل البطاطس وتبلغ نسبته حوالي ٣٠ %، والجذور مثل البطاطا وتبلغ نسبته حوالي ٥٠ % وفي البذور والحبوب والكثير من الريزومات والفواكه.

يلعب النشا دورًا هامًا في غذاء الإنسان والحيوان على حد سواء، ويتكون النشا في النباتات الخضراء كنتيجة لعملية البناء الضوئي، ويخزن في النهاية في شكل حبيبات تتباين في أشكالها وأحجامها بتباين المصدر النباتي وتتراوح أقطارها من ٣ – ١٠٠ ميكرومتر، كما تختلف في الكثير من خواصها الطبيعية مثل الذوبان في الماء على درجات الحرارة المختلفة لتكوين محلول جيلاتيني وكذلك سرعة انتفاخها في المذيبات المختلفة، ولذلك بفضل أن يقرن اسم النشا باسم المصدر المتحصل منه عليه مثل نشا الذرة – نشا البطاطس – نشا الأرز وهكذا. ويتكون النشا من وحدات من السكر الأحادي جلوكوبيرانوز مرتبطة مع بعضها بروابط جليكوسيدية من نوع ألفا ١– ٤.

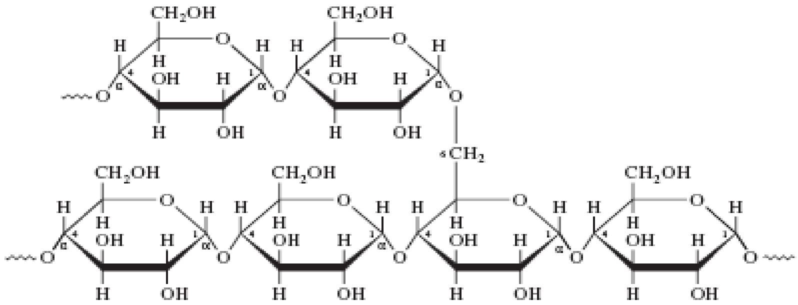
والنشا عبارة عن خليط من الأميلوز والأميلوبكتين

الأميلوز Amylose: يتكون من سلسلة مستقيمة (غير متفرعة) من وحدات سكر D- glucose يتراوح طولها من ١٠٠ – ١٠٠٠ وحدة مرتبطة مع بعضها بروابط جليكوسيدية من نوع ألفا ١ – ٤ ويمكن اعتبار أن سكر المالتوز يمثل وحدة بنائية له ويحتوي على طرف ألدهيدي مختزل أي انه يحتوي مجموعة هيمي أسيتال طرفية حرة ومع ذلك فإنه لا يظهر خواص اختزالية في الظروف العادية ويرجع ذلك لطول السلسلة الكربونية وكبر الوزن الجزيئي له مما يلغي تأثير هذه المجموعة الإختزالية، ويوجد أيضًا الوحدات الطرفية تحتوي أربع مجموعات ايدروكسيل بينما الوحدات الوسطية تحتوي ثلاث فقط حرة. والوزن الجزئ له يتراوح بين ٣٥٠٠٠–٥٠٠٠٠ لسلسلة من ٢٠٠–٣٠٠ وحدة جلوكوز، وقد يتواجد تحت بعض الظروف في صورة حلزون ملتف، ولا يمكن اعتباره ذائبا كليًا في الماء ولكنه يمكن أن يذوب في الماء عندما يكون حديث التحضير ويرسب من محاليله خاصة بالتبريد، وهو يعطي لون أزرق مع اليود.



الأميلوبكتين Amylopectin: وهو يشبه الأميلوز في أنه يتكون من وحدات من سكر D-glucose إلا أنه يختلف عنه في أنه يتكون من سلاسل متفرعة وليست مستقيمة كما في الأميلوز ونقاط التفرع تتم بارتباط ذرة الكربون رقم (١) في أحد السلاسل المستقيمة مع ذرة الكربون رقم (٦) في السلسلة الأخري عن طريق رابطة جليكوسيدية من نوع ألفا ١ – ٦، كما يتميز بأنه عديد التفرع حيث قد يصل معدل التفرع إلي فرع لكل ٢٤ – ٣٠ وحدة جلوكوز، وبدراسة الأميلوبكتين وجد انه يتكون من ٣٠٠ – ٦٠٠٠ وحدة من الجلوكوز. في جزئ الاميلوبكتين لكل سلسلة قصيرة طرف غير الدهيدي فقط لاشتراكة في تكوين رابطة التفرع ١–٦ ومعنى ذلك أن الاطراف غير الالدهيدات تساوي عدد السلاسل القصيرة في الجزئي بينما يحتوي الجزئ على طرف ألدهيدي واحد هو طرف السلسلة الاخيرة.

ويتميز الأميلوبكتين بأن له نهاية مختزلة واحدة والعديد من النهايات غير المختزلة في تركيبه البنائي. ويتميز الأميلوبكتين بأنه قليل الذوبان في الماء ويكون مع الماء محلول سميك القوام يسمى بعجينة النشا، كما أنه يعطي لون بنفسجي مع اليود.



الخواص الكيميائية للنشا:

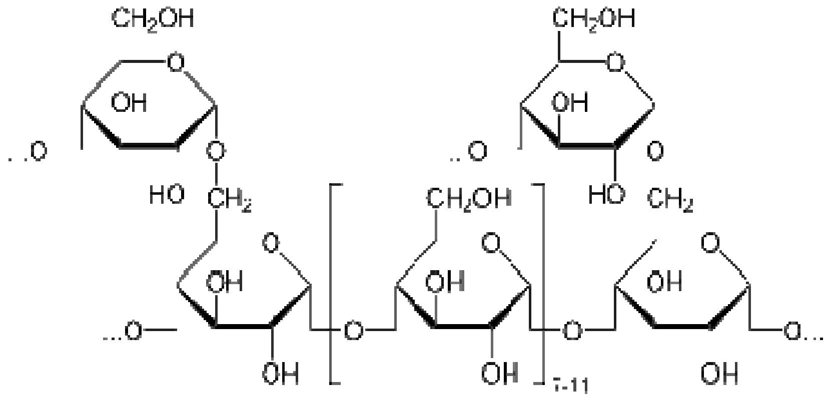
يتحلل النشا مائيًا بالأحماض المعدنية (أو بالانزيمات) في عدة خطوات ولون كل مكون من اليود (بين قوسين):

نشا (أزرق) ← أرثودكسترين (أحمر) ← أكرودكسترين (بني) ← مالتوز (عديم اللون) ← جلوكوز (عديم اللون)

تتدرج نواتج التحليل المائي في تلونها مع اليود من اللون الزرق الي البني الي أن تصل درجة التحليل المائي للنهاية فلا تعطي لون مع اليود، كما تؤثر انزيمات الالفا – اميليز والبيتا – أميليز على النشا فهي تقوم بتحليلة مائيًا، حيث يعمل الفا – اميليز على الروابط الموجودة في وسط جزئ الاميلوز مكونة مخلوط من الدكسترين ونسبة قليلة من سكر المالتوز، بينما يعمل البيتاداميليز من ناحية الطرف غير المختزل معطيًا وحدات سكر المالتوز.

٢- الجليكوجين Glycogen:

يطلق على الجليكوجين احيانًا بالنشا الحيواني ويعتبر مخزن الكربوهيدرات في الحيوان والجليكوجين منتشر بكثرة في الأنسجة الحيوانية خاصة في الكبد والعضلات حيث يمثل الجليكوجين حوالي ١٠ % من وزن الكبد وحوالي ٢ % من وزن العضلات ويوجد أيضًا في بعض الأنسجة الحيوانية، وبعض الخمائر والفطريات. ويعطي لون أحمر أو بني مع اليود، ويتميز جزيء الجليكوجين عن النشا بأنه أكبر منه في الوزن الجزيئي حيث يحتوي الجليكوجين على حوالي ٥٠٠٠٠ وحدة سكر جلوكوز (م–جلوكوبيرانوز)، ويعتبر الجليكوجين بوليمر يتكون من سلاسل متفرعة متشابها بذلك مع الأميلوبكتين، وإن كان يختلف مع الأميلوبكتين في كونه تفرعاته أصغر من الأميلوبكتين وأكثر تكرارا حيث يصل معدل التفرع إلي فرع لكل ٨ – ١٢ وحدة جلوكوز. ويتميز الجليكوجين بأن له طرف مختزل واحد والعديد من النهايات غير المختزلة في تركيبه البنائي.



ويتم تحليل الجليكوجين في الكبد إلي مكوناته الأساسية وهي وحدات سكر الجلوكوز الذي يمر بدوره في الدورة الدموية حيث ينقله الدم إلي أنسجة و خلايا الجسم المختلفة، كما يعتبر الجليكوجين المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة لانقباض العضلات.

الخواص الكيميائية للجليكوجين:

يتحلل الجليكوجين مائيًا بالأحماض المعدنية (أو بالانزيمات) في عدة خطوات كما يلي:

جليكوجين ⟵ دكسترين ⟵ مالتوز ⟵ جلوكوز

خواصه:

يذوب بسهولة في الماء، ويمكن استخلاصة من الانسجة الحيوانية بالمعالجة الكيميائية بقلوي مخفف ساخن مثل البوتاسا الكاوية ١٥-٣٠% ويرسب بالكحولات.

ب- السكرات التركيبية Structural homoglycans:

١- السليولوز Cellulose:

سكر عديد تركيبي وهو المكون الرئيسي للأجزاء الليفية حيث يوجد على هيئة الياف مرتبطة مع بعضها بمواد لاصقة بعضها كربوهيدراتي (الهيمسليلوز والمواد الكتينية) وبعضها غير كربوهيدراتي (لجنين – الراتنجات – الشموع) في الخلايا

النباتية ولا يتواجد في الحيوانات الراقية، لسلسلته طول معين يختلف باختلاف مصدره، وهو عديم الذوبان في الماء أو الأحماض أو القلويات المخففة على درجات الحرارة العادية، يتكون من سلاسل مستقيمة من الجلوكوز، ويقاوم المعاملات الكيميائية وتؤثر به قليلًا كل من الأحماض والقلويات، رغم أن الحامض والقلوي المستخدمين لفصل الألياف تزيل نحو ٤٠% من سليلوز تبن القمح. ويعتبر السليلوز المكون الأساسي لجدر الخلايا النباتية وإن كان قد ثبت حديثًا وجود مكونات أخرى في جدر الخلايا. مثل الهيمي سليلوز واللجنين. يوجد السليلوز نقيًا تقريبا في شعر القطن. أما في المصادر الأخري مثل الأنسجة الدعامية. وجدر الخلايا النباتية وأغلفة البذور. يكون السليلوز متحدًا مع عديد من المركبات العطرية، وبصفة أساسية مع اللجنين legnin.

والسليلوز رغم مقاومته للكيماويات إلا أنه يمكن أن يتحلل إلي جلوكوز باستخدام الأحماض المركزة على البارد، كما يمكن لبعض الانزيمات تحليل السليلوز لينتج السلوبيوز، والذي يتحلل انزيميا أيضا الي جلوكوز بواسطة إنزيم Cellulase الذي يوجد في البذور المنبتة والفطريات، وبعض أنواع البكتريا، ولكنه لا يفرز بواسطة الحيوان. ويحدث التخمر الميكروبي للسليلوز إلي حد ما في الجهاز الهضمي لمعظم الحيوانات، وخاصة المجترات، وينتج في النهائية خليط من الأحماض الطيارة مثل الخليك، البروبيونيك والبيوتيريك، وبعض الغازات مثل الميثان CH_4 وثاني أكسيد الكربون CO_2 وتحت ظروف معينة ينتج غاز الأيدروجين H_2.

ويحتوي السليولوز الطبيعي على ثلاثة مكونات أساسية Cellulose fractions:

ألفا سليولوز Alpha cellulose: وهو الجزء من السليولوز الذي لا يذوب في محلول الصودا الكاوية (١٧,٥%) على البارد.

بيتا سليولوز Beta cellulose: وهو الجزء من السليولوز الذي يذوب في

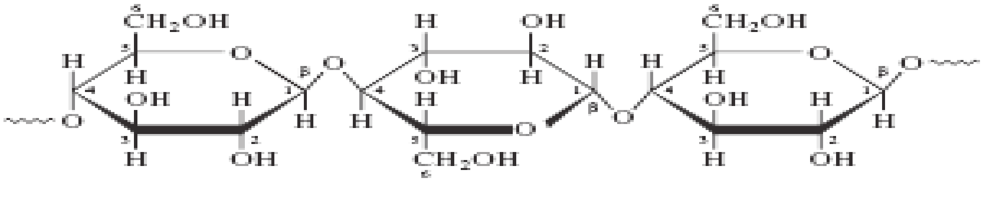
محلول الصودا الكاوية (١٧,٥%) ولكنه يرسب عند تحميض المحلول.

جاما سليولوز Gamma cellulose: فهو الجزء من السليولوز الذي يذوب في محلول الصودا الكاوية (١٧,٥%) ولا يرسب بالتحميض.

وفي الحقيقة فإن الألفا سليولوز Alpha cellulose هو الذي يطلق عليه السليولوز الحقيقي True cellulose وهو الناتج من تجمع أو تبلمر جزيئات الجلوكوز، أما البيتا والجاما سليولوز فتختلف الأراء في تفسير تكوينها فهي قد تحتوي على نواتج تجميع لسكرات أخرى مثل الزيلان أو نواتج أكسدة مثل الأوكسي سليولوز أو هي عبارة عن سليولوز حقيقي (ألفا سليولوز) ولكنه قصير السلسلة وصغير في وزنه الجزيئي.

ويعتبر السليولوز أكثر المركبات العضوية انتشارًا في الطبيعة حيث تصل نسبته في شعرة القطن ٩٩ % والأخشاب ٤٠ – ٥٣ % وفي مخلفات المزرعة مثل حطب القطن وحطب الذرة وقش الأرز فتصل نسبته حوالي ٣٠ – ٤٠ %.

ومن الناحية الكيميائية فهو يشبه في تركيبه الكيميائي الأميلوز في كونه جزيء مستقيم غير متفرع ويتكون من وحدات سكر الجلوكوز (بيتا–م–جلوكوبيرنوز)، ولكن يختلف عنه في نوع الرابطة حيث ترتبط وحدات الجلوكوز مع بعضها برابطة من نوع بيتا ١ – ٤، وللجزيء طرفان طرف الدهيدي مختزل يحوي وحدة جلوكوز بها مجموعة هيمي أسيتال حرة، وطرف أخر غير الدهيدي غير مختزل، ويتميز السليولوز بأنه جزيء كبير الحجم يتكون من عدد وحدات جلوكوز يتراوح من ٣٠٠ إلي ١٥٠٠٠ وحدة على حسب المصدر النباتي.



ولا تستطيع الثدييات بصفة عامة أن تقوم بالتمثيل الغذائي للسليولوز ويرجع ذلك إلي عدم وجود الإنزيم القادر على تحليل الرابطة الجليكوسيدية في الوضع بيتا والتي تمثل الرابطة بين وحدات سكر الجلوكوز المكونة للسليولوز، بينما تمتاز المجترات بأنها قادرة على تحليل السليولوز وذلك نتيجة لوجود الكائنات الدقيقة في كرش هذه الحيوانات والتي تفرز بدورها إنزيم السليوليز القادر على تحليل الرابطة الجليكوسيدية في الوضع بيتا.

تُقسم الألياف إلى:

أولًا: ألياف طبيعية:

ألياف نباتية سليلوزية: شعر البذور –ساق النبات. ورقية –ثمرية – خشبية.

ألياف حيوانية (بروتينية): صوف – موهير – كشمير – شعر اللاوما – شعر الماعز – وبر الجمل.

ألياف معدنية: اسبستوس (سلكيات كالسيوم ومغنسيوم).

ثانيًا: ألياف صناعية:

ألياف تعتمد صناعتها على الألياف النباتية المحورة.

ألياف تكوينية Synthetic.

ألياف ذات أصل نباتي سليلوزي:

سليلوز مسترجع – خلات سليلوز – نترات سليلوز – نحاس امونيوم سليلوز فسيكوز (رايون).

ألياف ذات أصل بروتيني:

لايتال – ارالاك من الكازين – فبرولان من الكازين – ادريل من فول الصويا والفول السوداني – فبكارا من زيين الذرة.

ألياف غير عضوية (معدينة):

صوف زجاجي- خيوط معدنية – صوف صلب.

ألياف تكوينية Synthetic man made fibbers:

نايلون – داكرون – أورلون – ساران – تريلين.

السليلوز – وجوده – ومصادره:

يعتبر السليلوز من أكثر المواد العضوية انتشارًا على وجة الأرض – فهو المكون الأساسي لجدار الخلية النباتية، ويقوم من النبات مقام الهيكل العظمي في الحيوان، وهو من أقدم المواد التي استعملها الانسان في كثير من مرافق حياته – كما يعتبر في الوقت الحالي من اوسع المواد العضوية استعمالًا في العالم فبالنسبة لأنه المكون الأساسي للمادة النباتية تكون منه بلايين الاطنان سنويًا خلال عمليات البناء الضوئي Photosynthesis.

ويستهلك منه الانسان ملايين الاطنان سنويًا كمنتجات سليلوزية على صورة خشب نجارة وورق ومنسوجات والياف صناعية وافلام وبلاستيك ومغلفات ومئات الاستعمالات الاخري بما فيها الوقود، وبمقارنة هذه الطاقة الاستهلاكية بالاستهلاك السنوي من المواد الاخري كالصلب والفحم والبترول والحبوب نجد السليلوز يحتل مركزاً ممتازاً.

وأهم مصادر السليلوز من الناحية التجارية الخشب والقطن وبجانب ذلك توجد مصادر أخرى يمكن الحصول منها على السليلوز إلا أن اعتبارها ضمن مصادره التجارية يتوقف إلى حد كبير على قيمتها الاقتصادية وعلى تكليفتها من حيث الثمن والنقل وطرق الاستخلاص وصفات السليلوز الناتج... إلخ.

ويستعمل سليلوز الخشب في الصناعات الخشبية كالنجارة وتستعمل الياف

القطن في الغزل والنسيج بحالتها الطبيعية، اما في صناعة الورق والااليفا الصناعية فيلزم تغيير الصورة الطبيعية لسليلوز وتحويلة إلى لب لتخليصة من بعض المواد المصاحبة له في الطبيعية كاللجنين والهميسليلوز، وتعتد كل هذه الصناعات على قوة الألياف الطبيعية ومرونتها فالخشب الطبيعي تكون اليافة متمايكة بفعل المواد اللاصقة التي توجد بينها مثل اللجنين والهيمسليلوز فهي تعطية القوة والصلابة المطلوبة في الصناعية، وترجع متانة النسيج إلى قوة شد الألياف وعمليات البرم والغزل، اما الورق فيعتمد في قوته على أن اليافة تكون مندمجة ومكبوسة على بعضها بعد عملية التصنيع.

يمتاز السليلوز بعدم ذوبان اليافة في المذيبات العادية إلا أن كثيرًا من الصناعات القائمة على السليلوز تتطلب تحويلة إلى صورة ذائبة ثم استرجاعة في صورة جديدة كما هو الحال في الرايون والسلوفان، ومن الصناعات التي تقوم على السليلوز الذائب كما هو أو بعد تحويلة إلى صورة تتغير فيها كثير من خواصة الطبيعية صناعة الخلات ونترات السليلوز كما في البلاستيك والأقلام وغيرها.

وتتوقف العمليات الكيميائية المختلفة المطلوبة في تصنيع هذه المشتقات إلى حد كبير على خواص السليلوز الطبيعية حيث تعتبر كل ليفة وحدة مستقلة بذاتها وما خواص السليلوز الطبيعية الا متوسط هذه الخواص، وتتوقف الخواص الميكانيكية للسليلوز ومشتقاته على درجة التجمع Degree of polymerization، أما اللون ودرجة الثبات والفعلية الكيميائية للمشتقات وصفاء لون المحاليل وقابليتها لتكون الياف جديدة في المحلول فكلها تتوقف على المواد غير السليلوزية الموجودة في مصدر السليلوز الطبيعي والمدى الذي تصل إليه عملية التخلص من هذه المواد.

جدول رقم (١) الصناعات المختلفة القائمة على السليلوز من كل من مصدرية الكبيرين، الخشب والقطن

الخشب		القطن	
وقود تجارة وصناعات خشبية تحضير اللب وصناعة الورق		زغب ونفايات (تتجيد) الياف نسيج غزل ومنسوجات	
تنقية وتبييض اللب		تنقية وتبييض الزغب	
سليلوز مجهز كيمائي			
سليلوز قوي	نيترة	استلة	سليلوز قوي
Etheificatio	Nitration	Acetylation	Xuthation
ايثرات	نترو سليلوز	استرات	
ايثرات ذائبة في الماء	بويات	الياف خلات	محلول فيسكوز
بويات – أقلام	مفرقعات	افلام	سلوفان
بلاستيك	بلاستيك	بلاستيك	فيسكور

وجود السليلوز في الطبيعية:

يعتبر السليلوز أكثر المواد العضوية انتشارًا في الطبيعة فهو يكون ما يقرب من ثلث المادة النباتية، وهو المكون الأساسي لجدار الخلايا في النباتات الراقية ومن هنا اشتق اسمه، وكان وجوده في النباتات الدنيئة من المملكة النباتية مشكوك فيه إلا أنه توجد بعض الشواهد على وجودة في بعض أجناس مختلفة.

فمثلًا تخلو معظم أنواع البكتريا من السليلوز ولكن الفحص الميكروسكوبي لبكتريا *Acetobacter xylimum* اثبتت وجود السليلوز فيها، وبالمثل لا يوجد السليلوز أو قد يوجد بكميات ضئيلة جدًا في الطجالب Algae والفطر Fungi والاشينات Iichens ولو أن تركيب الطحالب البحرية marine algae يشبه تركيب السليلوز لدرجة تشجع استعمالة كمصدر لصناعة الورق، وثبت وجود السليلوز في الخميرة أيضًا ويستدل على وجود السليلوز في هذه الأحياء بإجراء عمليات الفحص بأشعة X-rays أو بعدم ذوبانها في القلويات، أو باجراء عمليات acetolysis

وتكوين سلوبيوز ثماني الخلات أو بإجراء التحليل المائي إلى جلوكوز أو تفاعلات الصياغة المميزة Staining reactions.

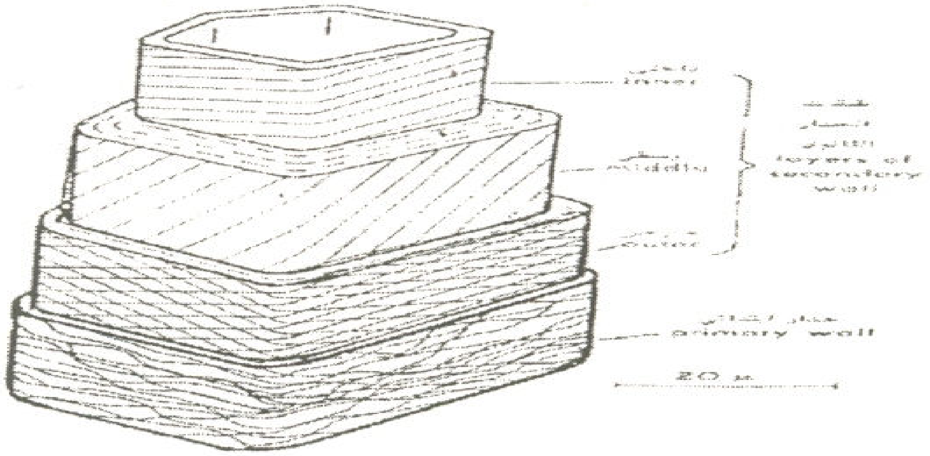
ومن المؤكد وجود السليلوز في الجزازيات mosses والسرخسيات ferns اما في النباتات الراقية spematocyts فيوجد السليلوز في جميع انسجتها سواء في الجذر أو الساق أو الورقة أو الزهرة أو الثمرة، وقد دلت الاختبارات المختلفة على وجود السليلوز في البراعم buds واللحاء والخشب والقشرة والشعر والبشرة epidermis وجدر الخلايا والكأس catyxes وحبوب اللقاح pollen والاسدية anthers وشوشوة الذرة corn silk وعروق الورقة وعنق الورقة petiol وغمد الريشة coleoptiles وغلاف الثمرة husks والحبوب seeds.... إلخ.

مكان وجود السليلوز في الخلية النباتية:

يتكون النسيج النباتي اينما كان موقعة من النبات من خلايا تختلف في شكلها ووظيفتها تبعًا لموقعها وتحاط كل خلية في النسيج المميز بجدار يختلف في سمكة حيث يتراوح ما بين جزء من الميكرون إلى بضعة ميكرونات (الميكرون = واحد على مليون من المليمتر)، وتفضل بين الخلايا وبعضها طبقة تسمى الصفيحة الوسطي middle lamella وهي طبقة تتكون من اللجنين والهميسليلوز ولا يوجد بها سليلوز على الاطلاق، ووظيفتها العمل على تماسك الألياف في النسيج الخشبي خاصة كما تعمل طبقة مونة الاسمنت في البناء.

أما جدار الخلية فيتكون مورفولوجيا من طبقتين الاولي تكون ملاصقة للصفيحة الوسطي وتسمي بالجدار الأولى أو الابتدائي primary cell wall والثانية تتكون من داخل الجدار الاولي وتسميى بالجدار الثانوي secondary ceel wall والرسم التوضيحى الآتي يبين هذه المناطق في جدار الخلية حسب ما توصل اليه Emerton في ١٩٥٧. ويتكون الجدار الابتدائي أو الأولي من شرائط سليلوزية

Cellulose fibrils ذات تركيب شبكي دقيق ولكنه مندمج ومختلط مع كميات كبيرة من مواد عضوية غير سليلوزية مثل اللجنين والهميسليلوز والبكتين، وسمك هذا الجدار غير ثابت قابل للازدياد بنمو الخلية، ويحتوي على كثير من الثقوب والفجاوت يجرى خلالها خيوط بروتوبلازمية protoplasmic ويتميز الجدار الثانوي بأنه سميك ويترسب اثناء نمو الخلية من داخل الجدار الأولي ويحتوي على كمية زائدة من اللجنين بجانب السليلوز والمواد غير السليلوزية، ويتكون هذا الجدار من ثلاثة طبقات الخارجية والوسطة والداخلية. الطبقة الخارجية outer secondary wall وهي طبقة رقيقة قليلة السمك وتتكون من حزم طويلة من الشرائط السليلوزية المترتبة في صورة حلزونية متقاطعة في اتجاهات متعاكسة حول محور الليفة، والطبقة الوسطي من الجدار الثانوي inner mediate secondary wall طبقة عريضة تشبه في تركيبها الطبقة التي تسبقها، أما الطبقة الداخلية من الجدار الثانوي inner secondary wall فهي ضيقة وهناك اعتقاد بأن الشرائط السليلوزية تكون فيها ذات تركيب عمودي على محور الليفة.



شكل رقم (١)

ليس هنالك نظرية محددة لتكون السليلوز في النبات غير أن نظرية Lundike, (1931) تقول بأن السليلوز يتكون على جدار الخلية حيث يحدث التغيير الأولي جلوكوز في السيتوبلازم مويترسب على صورة اميلويد amyloid على جدار الخلية ثم يتحول إلى ما يسمي intertcellose وبالتالي إلى سليلوز.

ثم جاءت نظرية Farr, (1940) بتكوين السليلوز في البلاستيدات التي توجد في سيتوبلازم الخلية الحية، وعند درجة خاصة من النمو تنفجر هذه البلاستيدات وينتشر السليلوز في السيتوبلازم على صورة أجسام بيضاوية ellipsoidal particles حجمها ١,٥ × ١,١ ميكرون ثم تتجمع هذه الأجسام لتكون شرائط سليلوزية Fibrils والتي بدورها تدخل في بناء الطبقات الثانوية secondary layers لجدار الخلية cell wall.

وباستخدام الميكروسكوب الإلكتروني درس Muhlethala, (1950) كيفية تكوين السليلوز في الخلية البكتيرية acetobacter xylinum فوجد أن غلافًا لرجا لا تركيبي ليس له شكل محدد stucturless يتكون حول الخلية البكتيرية ثم تظهر فيه الشروط السليلوز fibrils غالبًا نتيجة التجمع العديد لاحد مكونات الغلاف.

وفي الباديات نجد تكوين الشرائط السليلوزية يتم اولاص في الجدار الابتدائي ثم تتكون بعد ذلك شرائط الجدار الثانوي، أما عملية التكوين الكيميائي للسليلوز synthesis في الخليفة النباتية فتتخلص في خطوتين:

الأولى: تخليق المواد الكربوهيدراتية في النبات عن طريق البناء الضوئي photo synthesis وتكوين سكرات الهسكوز الأحادية.

والثانية: التكوين الكيميائي للسليلوز وشواهد هذا التكوين فيما يلي:

الخطوة الأولى: عملية البناء الضوئي:

تتوقف الحياة على سطح الأرض على عملية البناء الضوئي التي تتم في

النباتات الخضراء وتحتاج إلى ثاني أكسيد الكربون والماء وأشعة الشمس، وذلك بتحويل ثاني أكسيد الكربون الممتص من الجو في نهاية المطاف إلى مواد كربوهيدراتية ومنها يقوم النبات بتخليق جميع ما تحتويه الخلية النباتية من مركبات عضوية مثل الليبيدات والبروتينات وغيرها والتي يتغذى عليها الإنسان والحيوان وهكذا تمضي الحياة.

وتتم عملية البناء الضوئي في البلاستيدات الخضراء الموجودة في الخلية النباتية حيث يقوم الكلورفيل (اليخضور) بتحويل أشعة الشمس وهي طاقة حرارية إلى طاقة كيميائية عن طريق اتحاده مع وحدة الضوء الكمية (الفوتون Photon) والتي يتسبب عنها خصم جزئ الماء وتكوين الأيدروجين النشط الذي يدخل في اختزال ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وينفرد جزئ الأكسجين وهو من اهم مخلفات عملية البناء الضوئي كما يتكون في هذه العلمية مركبات الطاقة الفوسفورية وهي ATP، NADP وهي من مركبات الطاقة المهمة في اختزال وتثبيت ثاني أكسيد الكربون وتحويلة في النهاية إلى جزئ سكر جلوكوز كما تعبر عنه المعادلة الإجمالية الآتية:

$$H_2O + NADP + Pi + ADP \xrightarrow{\text{ضوء الشمس}} O_2 + NADPH + H^+ + ATP$$

$$CO_2 + NADPH + H^+ + ATP \rightarrow \text{glucose} + NADP + ADP + Pi$$

$$6CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

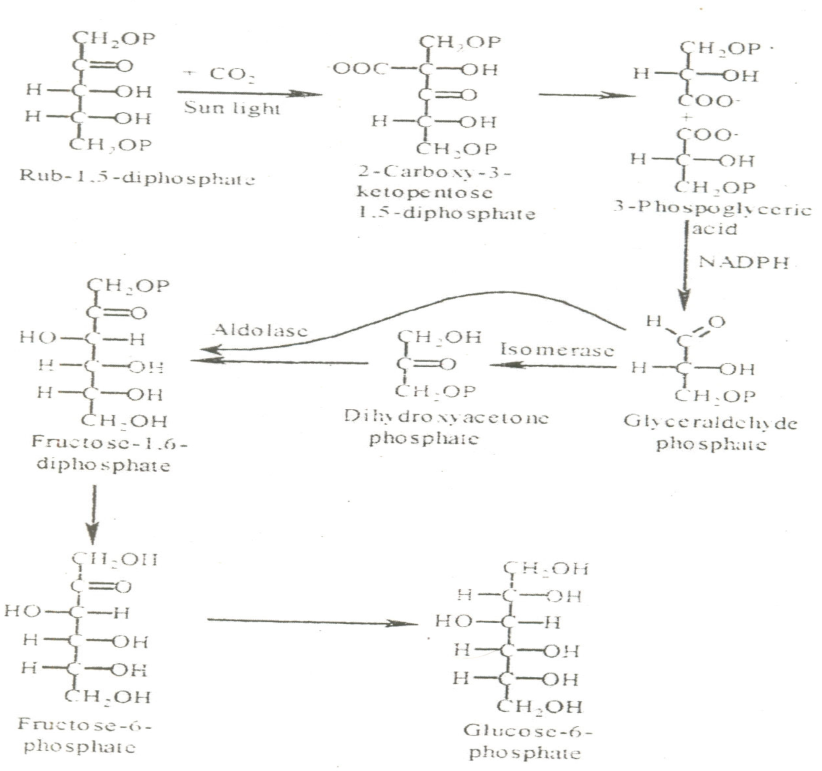
تحتاج هذه العلمية في الاتجاه الأيمن أي تكوين الجلوكوز إلى ٦٨٦,٠٠٠ كيلو كالوري AG وهي نفس كمية الطاقة التي تنفرد عند الاتجاه إلى اليسار أي عند احتراق جزئ الجلوكوز.

[ATP − ADP = ادينوزين ثلاثى وثنائي الفوسفات .NADP. NADPH = نيكوتين اميد ادنين ثنائي نكليوتيد فوسفات وصورته المختزلة].

وقد اثبت أبحاث كالفن وأخرين (Calvin 1960) أن تثبيت ثاني أكسيد

الكربون يحتاج بجانب ما سبق إلى وجود المركب ريبولوز ١ و ٥ ثنائي فوسفات (يوجد في الخلية) حيث يمر في خطوات وسطية يتحول بعدها إلى مشتقات فوسفورية لحامض الجلسريك وهذه يعاد بناؤها بواسطة التفاعلات الأنزيمية تكون الفركتوز ٦ فوسفات (أول سكر ينتج عن عملية البناء الضوئي) ومنه تتكون بقية السكريات الأحادية وبالتالي السكريات الثنائية ثم العديد خلال تفاعلات أنزيمية متعددة (يرجع في ذلك في كتب الكيمياء الحيوية)، وفيما يلى خوات تثبيت ثاني أكسيد الكربون.

يدخل الفركتوز في دورة تكوين سكرات النتروز وبالتالي سكرات البنتوزان، كما يدخل الجلوكوز في تكوين سكرات الجلاكتوز والمانوز وسكراتها الثنائية كالاميلوز والسيبيوز وسكراتها العديدة كالمانان والجلكتان والجلوكان والنشا والسليلوز وغيرها.

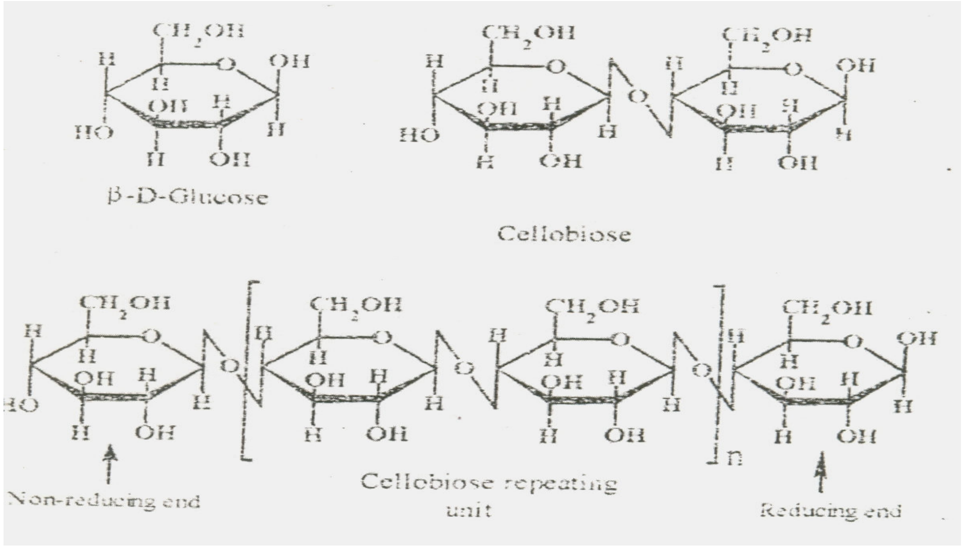


الخطوة الثانية: التكوين الكيميائي للسليلوز وشواهد هذا التكوين:

بعد تكوين الجلوكوز-٦- فوسفات يتكون منه جلوكوز-١- فوسفات حيث يحدث له تنشيط باتحاده مع مركب الطاقة يوريدين ثلاثي الفوسفات (UTP) لتكوين مركب وسطي غني في الطاقة هو اليوريدين ثنائي الفوسفات مع سكر UDP-glucose وفي هذه الخطوة يكون هذا المركب هو المسئول عن تكوين مركبات الطاقة مع السكرات الأخرى مثل:UDP-glucouronate، UDP-Mannose، UDP xylose، UDP galactose، UDP-L-arabinose، UDP-galactouronate وذلك عن طريق التأثير المباشر أو غير المباشر للانزيمت المختلفة [UPT، UDP، UMP عبارة عن مركبات الطاقة المسماة يوريدين،

أحادي، ثنائي، ثلاثى- فوسفات].

وفي الخطوة الأخيرة تتكون الرابطة الجليكوسيدة سواء من سكر الطاقة -UDP glucose أو من خلال جلوكوز-١- فوسفات أو من اتحاد الاثنين معًا بواسطة التفاعلات الأنزيمية الناقلة للرابطة الجليكوزيدية glucosytrans ferase يتكون سكرات ثنائية وثلاثية واليجو وعديدة كما في النشا والسليلوز والهيمسليلوز وغيرها. وفي النهاية يتكون السليلوز على صورة جزيئات كبيرة غير متفرعة مكونة من وحدات م-جلوكوز مرتبطة مع بعضها برابطة بيتا-١و٤-جليكوزيدية في سلاسل طويلة كما في الرمز التالي:



ومن أبرز خواصه ارتباط هذه السلاسل فيما بين بعضها لتكوين الشرائط السليلوزية fibriller micells ثم الألياف السليلوزية غير الذائبة في الماء، وقد دلت وسائل الفحص بأشعة اكس على أن هذه الألياف ذات تركيب بلوري في معظمها.

ومن شواهد هذه التكوين انه باستعمال م.جلوكوز يحتوي على كربون مشع وجد أنه يدخل في تكوين السليلوز سواء في النباتات الراقية أو الاسيتوباكتر زيلينم وهذا الاستعمال لا بد انه قد حدث دون المرور على أي خطوات وسطية سوى مشتقات

الجلوكوز المشع وجدت في السليلوز الناتج في نفس مواقعها التي كانت عليها في الجلوكوز المستعمل وقد تمكن جلاسر Glaser 1959 من استخلاص إنزيم من نوع ترانسيفيز من بكتريا استيوباكتر زيلينم في استطاعته تخليق السليلوز من UDP-glucose في وجود دكسترينات ذائبة كمواد بادئة.

مكونات السليلوز Cellulose fractions:

السليلوز من وجهة النظر الكيميائية عبارة عن سكر عديد polysaccharide لسلسلته طول معين يختلف باختلاف مصدره، عديم الذوبان في الماء أو الأحماض أو القلويات المخففة على درجات الحرارة العادية ويتكون الجزيء كما سبق القول من وحدات الجلوكوز مرتبطة مع بعضها خلال ذرات الكربون (١، ٤) بواسطة رابطة جليكوزيدية من النوع بيتا β-glucosydic linkage ويجب الأخذ في الاعتبار أن التعريف السابق لا يدل على أن السليلوز يتكون من جزيئات محددة متساوية الوزن، ولكن الحقيقة أن كل جزئ يختلف عن الآخر في عدد وحدات الجلوكوز المكونة له في أوسع حدود الاختلاف لأنه العينة الواحدة من السليلوز تحتوي على عديد من الجزيئات المختلفة في طولها وعلى ذلك فدرجة التجمع أو البلمرة D.P) Degree of polymerization) التي تدل على هذا التركيبي إنما تدل على متوسط عدد وحدات الجلوكوز في الجزء ويحتوي السليلوز الطبيعي (بعد الحصول عليه بطرق التحضير المختلفة وطرق التنقية) على ثلاثة مكونات fractions هل الفا وبيتا وجاما سليلوز كما يلي:

الفا سليلوز alpha cellulose هو ذلك الجزء من السليلوز الذى لا يذوب في محلول مركز من الصودا الكاوية على البارد وتركيزه ١٧,٥%. السيليلوز هو ذلك الجزء الذي يطلق علية سليلوز حقيقي true cellulose وهو الناتج من تجمع أو تبلمر جزيئات الجلوكوز.

بيتا سليوز beta cellulose: فهو ذلك الجزء من السليلوز الذي يذوب في محلول الصودا الكاوية السابق ولكنه يرسب عند تحميض المحلول.

جاما سليلوز: فهو الجزء الذي يذوب في ١٧,٥% صودا كاوية ولا يرسب بالتحميض، بيتا وجاما سليلوز تختلف في تكوينها الآراء فهي قد تحتوي على نواتج تجميع لسكرات أخرى مثل الزيلان أو نواتج أكسدة مثل اوكسي سليلوز أو هو عبارة عن سليلوز حقيقي ولكنه قصير السلسلة وصغير في وزنة الجزئي، كما يعتقد البعض أن بيتا سليلوز في لب الخشب ما هو إلا نواتج التكسير الكيميائي للألفا سليوز أثناء عملية تحضير اللب، أما جاما سليلوز فهو عبارة عن هيمسليلوز، وعلى العموم تتعدد الآراء في هذا الموضوع:

فمن رأي Ratlife (1957), Wise (1946) أن الالفا سليلوز هو السليلوز الحقيقي المتكون من بلمرة الجلوكوز إلا أنه قد يحتوي رغم ذلك على قليل من الهيمسليلوز على صورة الزيلان أو مانان تبعًا لمصدره النباتي وذلك على صورة متحدة مع الجلوكوز يصعب التخلص منها في عمليات تحضير اللب وان بيتا سليلوز ما هو إلا الفا سليلوز غير أنه قصير السلسلة ومن المحتمل أن يكون مصحوبًا ببعض السكرات العديدة الأخرى، بينما جاما سليلوز يحتوي على سكرات عديدة تختلف في تركيبها اختلافًا كبيرًا يشبه إلى حد ذلك الاختلاف الموجود في الهيمسليلوز اليورونيه – ويؤيد هذا الرأي Steman and Work بوجود علاقة وثيقة بين المواد الكربوهيدراتية غير السليلوزية (الهيمسليلوز) والجاما سليلوز في اللب، كما يعتقد أيضًا أن الفاسليلوز يمكن تحويله جميعه إلى بيتا سليلوز بعمليات التكسير الكيميائي ولكن بيتا سليلوز لا يمكن تحويلة أي تكسيره كيميائيًا إلى جاما سليلوز، وقبل ذلك دل الفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني مع التصوير بأشعة اكس الذي قام به Ranbey (1952) على لب محضر من خشب رخو soft wood بطريقتي السلفيت والسلفات، دل على أن الفا سليلوز وجاما سليلوز يختلفان عن بعضها اختلافًا كليًا، فالأول من شرائط سليلوزية بينما الثاني يتكون من صنف

الرقائق المنتشرة dispersed غير محددة التركيب أما بيتا سليلوزية فقد وجد على أنه نوع من الفا سليلوز ولكنه قصير السلاسل، ويؤيد ذلك أن بيتا سليلوز يزداد في كميته كلما حدث تكسير كيميائي للسليلوز أثناء العمليات التكنولوجية المختلفة.

المصادر الطبيعية للسليلوز:

يتكون السليولوز في الطبيعة على صورة ألياف توجد في المصادر النباتية المختلفة، وتوجد موزعة على جميع أجزاء النبات، والجدول التالي يوضح المصادر النباتية المختلفة لهذا السكر العديد:

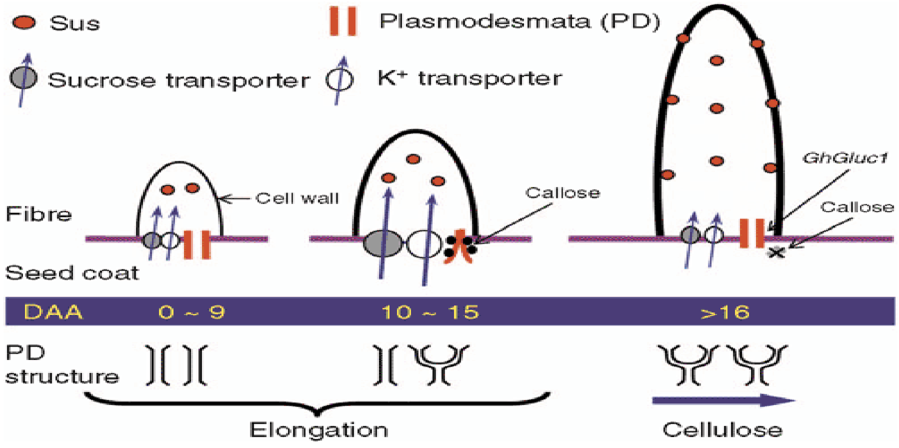
جدول رقم (٢)

نوع الألياف	النباتات التي يتواجد بها السليولوز
ألياف شعر البذور Hair fibers	بذور القطن Cotton seed
ألياف من ساق النبات Stem fibers	ألياف لحائية: Best fibers الكتان Flax – التيل Hemp – الجوت Jute الرامي Ramie ألياف سوقية: البامبو Bamboo – قصب السكر (مصاصة القصب Bagasse) sugar cane – الاسبارتو Esparto – مخلفات المزرعة مثل حطب الذرة وقش الأرز والتبن وحطب القطن
ألياف ورقية Leaf fibers	تيل نيوزلاند N.Z. Hemp – تيل مانيلا Manila Hemp – السيسال Sissal – ألياف الصبار Aloe – النخيل Palm
ألياف ثمرية Fruit fibers	جوز الهند Coconut
ألياف خشبية Wood fibers	الأشجار المخروطية Coniferous woods – الأشجار متساقطة الأوراق Deciduous woods

شعر القطن Cotton hair:

يعتبر شعر القطن من أنقي مصادر السليولوز الموجودة في الطبيعة، وهو يتكون بصفة عامة من ٨٨ – ٩٦% سليولوز، ١,١ – ١,٩% بروتين، ٠,٧ – ١,٠٦% رماد ٠,٤ – ١% شمع، ٠,٥ – ١% أحماض عضوية (أكساليك وستريك

وغيرها)، ٣% سكرات كلية ن ويرجع الاختلاف في مكونات شعر القطن إلي اختلاف المعاملات الزراعية ونوع التربة والظروف الجوية والأصناف، ويختلف التركيب الكيميائي لشعر القطن المصري اختلافا بسيطا تبعا لصنف القطن ومكان زراعته ويتميز السليولوز الموجود بالقطن المصري انه يتكون من ٩٨ – ٩٩% ألفا سليولوز، ١– ٢% بيتا سليولوز في حين لا يحتوي على جاما سليولوز نهائيا. ويوجد في سطح بذرة القطن نوعان من الشعر هما التيلة Lint وهي الشعر الطويل، والزغب Linters وهو الشعر القصير.



شكل رقم (٢)

النموذج المتكامل لليفة القطن* وزيادة نموها واستطالتها وثانويًا تكوين الخلية السليلوزية.

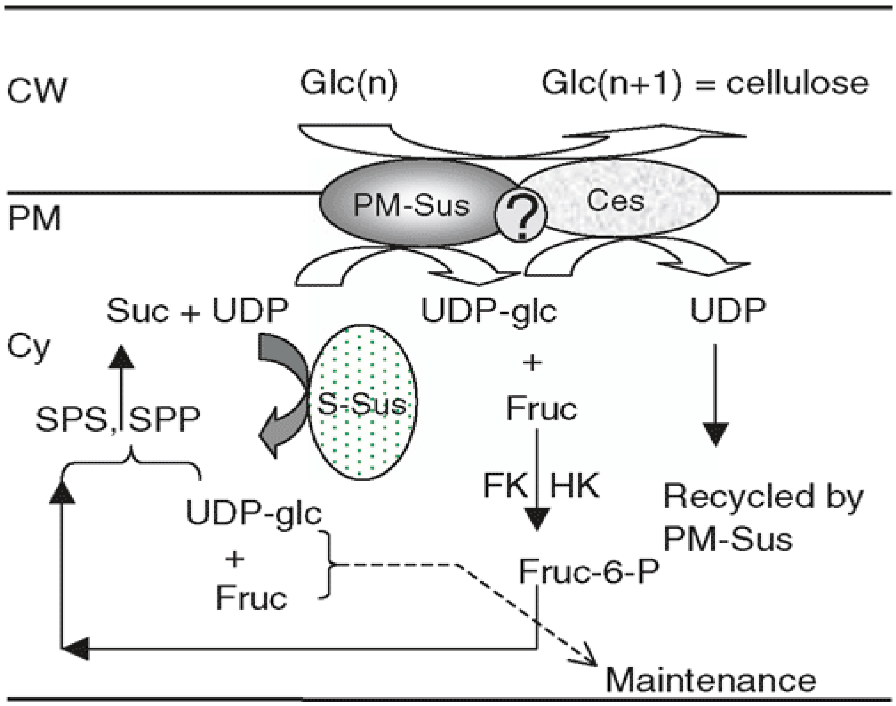
an intergrated model on cooton fibre elongation and secondary cell cellulose synthesis mediated by PD and Sus.

الاستطالة المبكرة من ٠–٩ DAA,PD تفتح solute import في هذه المرحلة استخدام Sus-mediated sucrose وفقد التمدد المنظم لجدر الخلية يعتبر تأثير حرج لعملية الاستطالة.

وفي وسط عملية الاستطالة تتوقف PD وتتوافق coincided مع أقصي نقل

* المصدر : BCH PLS PPA 609 Lecture Eleven B Web Notes.htm\

للمأكول من السكروز والبوتاسيوم K+ ومعهما يمكن توالد وحفظ انتفاخات عالية في الألياف a high turgor in the fibres لاستدامة التمدد والاستطالة، وفي النهاية عند ١٦- DAA يعاد فتح PD لتبادل المذاب Solute exchange والتي قد يطلق انتفاخات عالية the turgor من الألياف. وهذا مع زيادة صلابة جدار الخلية (توضح بأبعاد التمدد indicated by the diminished expression of expansin) وإعادة تنظيم الهيكل cytoskeletons وتنتهي لتصل لمرحلة نهاية عملية الاستطالة. في هذه المرحلة يبدأ جزء من بروتينات Sus للارتباط مع اغشيه البلازما the plasma membrane تنتقل إلى منطقة جدار الخلية لتدعيم التكوين الثانوي المكثف لسليلوز جدار الخلية الثانوي. وتفرع PD إلى عملية زيادة سمك جدار الخلية الثانوي لتعمل كجزيء مثقب (منخل – مثقب) molecule sieve لربط محكم الجزيئات الكبرى للنقل بين الألياف وخلايا البشرة العادية قد تسمح بدخول منشطات لتكوين السليلوز بينما المنظمات السالبة مثل استبعاد المواد المسئولة عن قمع تكوين السليلوز.



شكل رقم (٣)

نموذج مرور الكربون من السكروز إلى التكوين الثانوي للجدار الخلوي السليلوزي بوساطة الغشاء البلازمي المرتبط مع Sus في ليفة القطن في هذه المرحلة من تطور الأألياف يرتبط من بروتين Sus مع غشاء البلازما (PM-Sus).

والتي قد تكون معقد سواء مباشرة أو غير مباشرة مع إنزيم سليلوز سينثيز (Ces) بالى الكربون من السكروز إلى السليلوز. وقد يتحلق الفركتوز إلى سكروز خلال the sequential action للفركتوكينيز (FK) أو الهكسوكينز (HK) وسكروز – فوسفات سنثيز (SPS)، سكروز – ٦ – فوسفات فوسفاتيز (SPP). Sus الذائب (S-Sus) يكسر degrades السكروز لحفظ الحياة وميتابوليزم البقاء خلال الجليكولسيس.

الكتان Flax:

نبات الكتان هو مصدر الألياف المستعملة في صناعة النسيج ويبلغ طول الليفة من ٢٥ – ٣١ ميلليمتر، وتكون الألياف متجمعة في حزم ليفية يتراوح طولها من ٦ – ٤٠ بوصة وبمتوسط قدره ١٥ – ٢٥ بوصة، والحزم الليفية عبارة عن تجمعات كبيرة من الخلايا الليفية ملتصقة ببعضها بمادة صمغية تحتوي على نسبة عالية من البكتينن ويزال جزء كبير منها أثناء عملية التعطين بحيث تنفصل عن ساق النبات ثم تنفصل بعدها إلي حزم صغيرة، والليفة أسطوانية الشكل مدببة الأطراف ملساء السطح إلا في بعض مواضع يظهر عليها عقد تأخذ شكل حرف X، ولها قناة وسطية تنتهي قرب الأطراف ولها مقطع متعدد الأضلاع.

والتركيب الكيميائي لألياف الكتان يشابه تركيب ألياف القطن فهي تحتوي على سليولوز ٧١ – ٨٢,٥%، رطوبة ٨,٥ – ١٠,٥%، دهون وشموع ٢,٥%، مواد بينية (بكتين ولجنين) ٢,٧–٩,٤%، رماد ٠,٧ – ١,٣%، مواد ذائبة في الماء ٦,٦٥%.

ومن الفضل قطع نبات الكتان قبل تكوينه للبذور للحصول على ألياف جيدة أما النبات التي تزرع إنتاج البذور فإنها تعطي ألياف قصيرة تستعمل في صناعة الورق، وليفة الكتان أمتن وأقوي من ليفة القطن ولها لمعة جيدة ما عدا أصناف الكتان المطفي فلمعانها مطفي، وللألياف قوة شد تصل ضعف أو ثلاثة أضعاف قوة شد القطن ولها قوة امتصاص عالية.

التيل Hemp:

يطلق لفظ Hemp على كثير من الألياف اللحائية من نوع التيل، والنبات العادي يعطي أليافا تحتوي على سليولوز يقرب في نسبته ألياف الكتان وطول الليفة من ٥٠ – ٥٥ ملليمتر وعرضها ٠,٠٢٢ ميلليمتر، وتستخلص الألياف أيضا

بالتعطين وتستعمل غالبا في إنتاج الدوبارة والحبال والعبوات ولو أن كثيرا من الألياف الأخرى تحل محله في إنتاج هذه المصنوعات.

والليفة أسطوانية الشكل ولكنها غير منتظمة ومقطعها العرضي متعدد الأضلاع دائري الحواف وجدارها سميك وقناتها الوسطي عريضة ومبططة وتنتهي قرب الأطراف وطرف الليفة مقطوش غير منتظم الشكل وقد يظهر متفرعا والتركيب الكيميائي للألياف الخام: ٧٧,٨% سليولوز، ٩,٣١% مواد بينية (يكتين ولجنين)، رطوبة ٨,٨٨%، مستخلص مائي ٣,٥%، دهون وشموع ٠,٦٥%، رماد ٠,٨٢%.

الجوت Jute:

ونحصل عليه من جنس Corchorus وهو مصدر غير مهم في صناعة الورق ولكنه يدخل في صناعة الزكائب والأكياس وهو أرخص أنواع ألياف النسيج وتستخلص الألياف بطريقة التعطين كما في الكتان، تتميز هذه الألياف باحتوائها على نسبة عالية من الزيلان تصل إلى ١١ – ١٢% وطول الليفة في الجوت ٢ ميلليمتر وعرضها ٠,٢٢ ميلليمتر.

والتركيب الكيميائي لليفة كالتالي: سليولوز ٦٤,٢%، مواد بينية (لجنين وبكتين) ٢٤,٤%، رطوبة ٩,٩%، دهون وشموع ٠,٣٩% مستخلص مائي ١,٠٣% ورماد ٠,٦٨%.

الرامي Rumie:

يعرف أيضًا بحشيشة الصين China grass وهو من النباتات التي استعملت في الشرق لإنتاج ألياف النسيج منذ ألاف السنين، وتتميز أليافه بشدة لمعانها وأن لها قوة شد عالية، وقليلة التأثر بالرطوبة وتحتوي على نسبة عالية من الألفا سليولوز (٩٦ – ٩٨%)، ويبلغ طول الليفة من ٠,٥ – ٢٠ بوصة بمتوسط قدره ٥ – ٦ بوصة وعرضها من ٣٥ – ٧٥ ميكرون والليفة أسطوانية تظهر عليها عقد والقناة

الوسطي ظاهرة ومميزة ومقطع الليفة متعدد الأضلاع.

وألياف الرامي يصعب الحصول عليها بالتعطين كما هو الحال مع الكتان والجوت، ولكن يلزم فصلها باليد وهو ما يتبع في الصين.

والتركيب الكيميائي لألياف الرامي الخام هو: سليولوز ٨٣.٣%، مواد بينية (لجنين وبكتين) ٧.٥١%، دهن وشموع ٢٢% مستخلص مائي ٦.٩%، رماد ٢.١%.

الألياف الورقية Leaf fibers:

يستعمل الكثير من الألياف الورقية في الصناعة وخصوصا صناعة الحبال والدوبارة ومن أهم النباتات التي تستخدم أليافها الورقية نبات الأباكا Abaca hemp وتفصل أليافه ميكانيكيًا ثم تنقي وتجفف في الشمس، ومنها أيضا نبات السيسال Sissal والذي تفصل أليافه من الأوراق بطرق ميكانيكية أيضًا، ويبلغ طول الليفة ٥٠ – ١٥٠ سم ويصل وزنها حوالي ٤ – ٥% من وزن الأوراق الخضراء.

الألياف الخشبية Wood fibers:

تنتشر الأشجار الخشبية في جميع أنحاء العالم وتعتبر من أهم المصادر في الحصول على السليولوز للأغراض الصناعية ويوجد من الخشب نوعين أساسين:

١- الخشب الرخو Soft wood:

وهو خشب الأشجار المخروطية معراة البذور ومنها أشجار الصنوبرPins والتنوب Spruce والتنوب الكندي Hemlock والتنوب الرومي الأبيض والفضي Fir ن وتتميز هذه الأشجار بأنها مستديمة الخضرة Evergreen وأوراقها إبرية الشكل وأليافها الخشبية طويلة ذات جدر رفيعة يبلغ متوسط طولها ٣ ميلليمتر.

٢- الخشب الصلد (الصلب) Hard wood:

ويحصل عليه من الأشجار ذات الفلقتين أو مغطاة البذور ومنها أشجار الحور Polar والحور الرجواج Aspen والزان Beech والخرنوب ومنها السنط (الخرنوب

المصري) Gun وشجر التامول Brich والصفصاف Willow والبلوط Oak، وهذه الأشجار منها ما هو متساقط الأوراق أو مستديم الخضرة وتتميز بأن أوراقها عريضة وأليافها الخشبية مندمجة ذات جدر سميكة يبلغ متوسط طولها ١ ميلليمتر.

والجدول رقم (٣) يبين التركيب الكيميائي لهذين النوعين من الأخشاب:

النوع	رماد	دهون	شموع	بروتين	بنتوزان	ميثايل بنتوزان	سليولوز به بنتوزان	سليلوز خالي من البنتوزان	لجنين
خشب رخو									
التنوب	٠,٧٧	٠,٧٨	١,٥٢	٠,٦٩	١١,٣	٣	٦٣,٩٥	٥٧,٨٤	٢٨,٢٩
الصنوبر	٠,٣٩	١,٩٢	١,٥٣	٠,٨	١١,٠٢	٢,٢٣	٦٠,٥٤	٥٤,٢٥	٢٦,٣٥
خشب صلب									
الزان	١,١٧	٠,٣١	١,٤٧	١,٠٥	٢٤,٨٦	١,٠٢	٦٧,٠٩	٥٣,٤٦	٢٢,٤٦
التامول	٠,٤٩	٠,٧١	١,٠٩	٠,٧٤	٢٧,٠٧	٠,٨٤	٦٤,١٦	٤٥,٣	١٩,٠٦
الحور	٠,٣٢	١,٠٨	٢,٠٨	٠,٦٣	٢٣,٧٥	٠,٧٢	٦٢,٨٩	٤٧,١	١٨,٢٤

يستعمل كلا النوعين من الخشب في صناعة اللب Pulp، إلا أن الخشب الرخو هو الأكثر والأفضل في الاستعمال، وتتلخص عملية تحضير اللب في استخلاص السليلوز بثلاثة طرق كيميائية مشهورة تستعمل في الصناعة هي طريقة السلفيت وطريقة السلفات وتستخدمان في الخشب الرخو وطريقة الصودا الكاوية وتستعمل للخشب الصلب، ولب الخشب الذي يدخل في الصناعات الكيماوية بصورة ذائبة والذي يسمي اللبل الذائب dissolved pulp يحضر عادة بطريقة السلفيت ومن الأشجار الخشبية التي تزرع في مصر، السنط البلدي والفتية والسرو والجميز والزنزلخت والتوت والحور واللكازورينا والكافور والبندق والصفصات والعبل أو الاتل واللبخ والسرسوع وغيرها، وفيما يلي التركيب الكيميائي لبعض الأشجار المحلية واسعة الانتشار في الريف المصري.

جدول رقم (٤):

الشجرة	المكونات الكيمائية %			
	رماد	لجنين	هيمسليلوز	سليلوز
السنط acasia avabica	١,٩٦	٢٠,٢	٢١,٥٠	٥٧,٠
كازوارنيا Casurina equisifolia	١,٢٠	٢٤,٩٠	٢٠,٣٤	٥٢,٥٠
كافور Encalyplus rostrata	٠,٧٠	٢١,٢٠	١٩,٥٨	٥٠,١٦
جميز Ficurs sycomorus	٣,٩٩	٢٩,٢٨	١٤,٤٦	٥٠,٢٩
توت Motus alba	١,٦٣	٢٨,٧٣	٢٠,٠٣	٥١,٠٤
صفصاف Salix babylonica	٠,٨٥	٢٤,١٨	١٧,٤٣	٥٨,٨٤
عبل أو اتل Tammarix articulata	٢,١٣	٢٢,٦١	١٨,٠٠	٥٦,٤٨

تنظيم تخليق السليلوز في النباتات الراقية Regulation of cellulose synthase in higher plants:

شكل رقم (٤)

Model of a higher plant cellulose synthase subunit

السليوليز Cellulase:

يشير السليوليز إلى قسم Class من الإنزيمات تنتج أساسا من الفطريات والبكتيريا والبروتوزوا والتي تقوم بهدمه وتحليله. Cellulolysis (تحليل السليلوز)، ومع ذلك ينتج السليوليز بأنواع أخري من الكائنات مثل النباتات والحيوانات، ومعروف حاليًا عدة أنواع مختلفة من السليوليز والتي تختلف في تركيبها وميكانيكية عملها. وهذه المجموعة من الإنزيمات

The EC number for this group of enzymes is EC 3.2.1.4.
(http://expasy.org/enzyme/3.2.1.4).
Reaction: Endohydrolysis of 1.4-beta-D-glycosidic linkages in cellulose, lichenin and cereal beta-D-glucans.
Other names: Endoglucanase. Endo-1.4-beta-glucanase. Carboxymethyl cellulase. Endo-1,4-beta-D-glucanase. Beta-1,4-glucanase. Beta-1,4-endoglucan hydrolase. Celludextrainase. Avicelase.

الأنواع والفعل Types and action:

خمسة نماذج أو أنواع عامة من السليوليز على أساس نوع / نموذج التفاعل الذى يقوم به:

Endo-cellulase يعطل الروابط الداخلية disrupt التركيب البللوري للسليلوز ويعرض expose فرديًا السليلوز ذات سلاسل السكرات العديدة.

Exo-cellulase يكسر وحدات ٢-٤ من نهايات السلاسل المعرضة بواسطة Endo-cellulase يوجد نموذجين من exo-cellulase (او سلوبيوهيدروليز CBH) – احد النموذجين يعمل سلسلة تفاعلات من النهاية المختزلة، والنموذج الآخر يعمل سلسة تفاعلات من النهاية غير المختزلة للسليلوز.

Cellobiase أو بيتا-جلوكوسيديز تحلل نواتج exo-cellulase إلى سكرات احادية مونو سكريدز فرديًا.

Oxidative cellulases يزيل بلمرة السليلوز depolymerize cellulose بتفاعلات أصلية وأساسية radical reactions مثل سلوبيوز ديهيدروجينيز.

Cellulose phosphorlases تزيل بلمرة السليلوز باستخدام الفوسفات بدلًا من الماء.

Cellulase لا تذيب كيماويات معينة موجودة في بعض الفواكة مثل الموز والجريب فروت والتفاح.

في معظم الحالات المألوفة لنشاط السليوليز، يحلل معقد الإنزيم السليلوز إلى بيتا جلوكوز. هذا النموذج من السليوليز ينتج أساسا بواسطة البكتريا التكافلية symbiotic bacteria في المجترات آكلة العشب herbivores. بجانب المجترات، معظم الحيوانات (تشمل الانسان) تنتج سليوليز في جسمها وبالتالي لاتقدر على استخدام معظم محتوي الطاقة في المادة النباتية. الانزيمات التي تحلل الهيمي سليلوز عادة يشار اليها هيمي سليوليز hemi cellulase وعادة يتم تصنيفها تحت السليوليز عامة، تصنف الانزيمات التي تكسر اللجنين بالمناسبة كسليوليز ولكن ذلك يعتبر عادة خطأ.

خلال النماذج المذكورة عالية يوجد أيضًا نماذج تصاعدية وغير تصاعدية.

Progressive (known as processive) and non-progressive types.

– progressive cellulose يستمر في التفاعل مع سكر عديد فردي single polysaccharide strand.

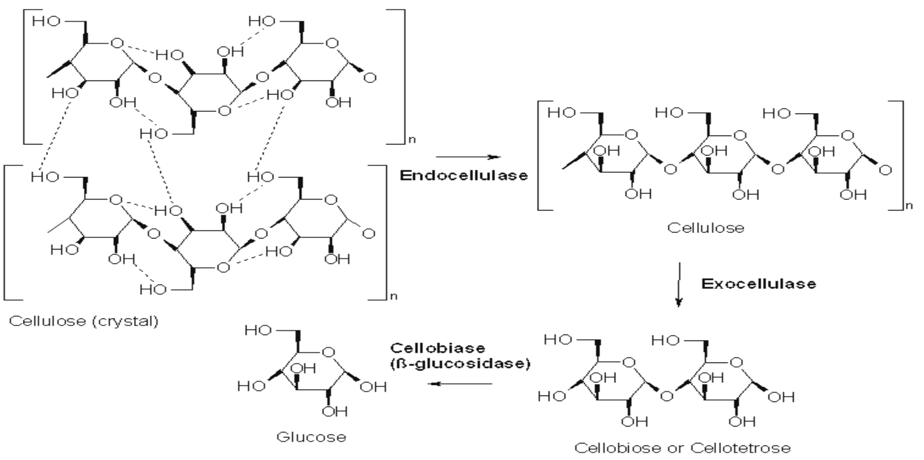
– non-progressive cellulose يتفاعل مرة ثم يفك disengage ويرتبط engage مع سكر عديد آخر another polysaccharide strand.

معظم انزيمات السليوليز الفطرية لها تركيبتين أساسيتين مع واحد حافز one catalytic domain وواحد سليلوز مرتبط one celullose binding domain

وترتبط برابطة مرنة a flexible linker.

هذا التركيب مهيأ للعمل على مواد غير ذائبة وهي تسمح للإنزيم للإنتشار في اتجاهين diffuse two-dimensionally على السطح في طريق دودي caterpillar way. ومع ذلك يوجد أيضًا سليوليز (غالبًا اندو جلوكاينيز) الذي يعوز السليلوز المرتبط وهذه الانزيمات قد يكون لها فعل الانتفاخ أو التضخم swelling function.

ميكانيكية السليوليز Mechanism of cellulolysis:

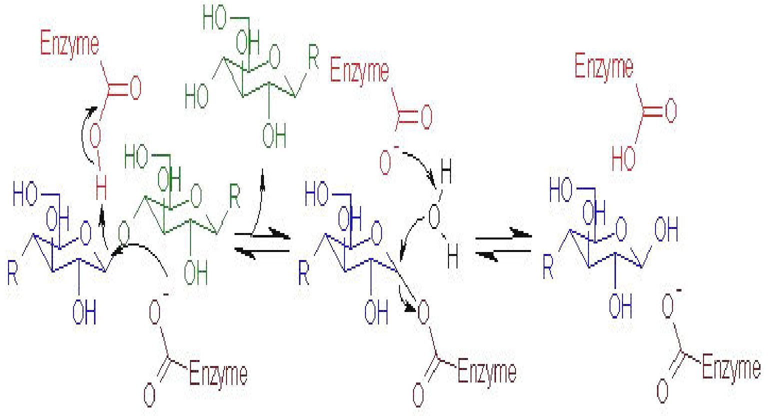


النماذج الثلاثة من التفاعل يتم تحفيزة بانزيم السليوليز:

كسر التفاعلات غير التساهمية non-covalent interactions الموجودة في التركيب البللوري للسليلوز (اندو–سليوليز).

تحليل الياف السليلوز الفردية لكسرها إلى سكرات أصغر (اكسو–سليوليز).

تحليل السكرات الثنائية والسكرات الرباعية إلى الجلوكوز (بيتا جلوكوز سيديز).



Mechanistic details of beta-glucosidase activity of cellulase.

الاستعمالات Uses:

يستخدم السليوليز للتجهيز التجاري للأغذية، ويقوم بتحليل السليلوز خلال تجفيف الفول اكثر من ذلك، يستعمل السليوليز بتوسع في صناعات النسيج textile وفي منظفات الغسيل. وأيضًا في صناعات اللب والورق لمختلف الأغراض، وفي التطبيقات الصيدلنية يستخدم السليوليز في تخمير الكتلة الحيوية إلى الوقود الحيوي، رغم أن هذه العملية في طور التجربة حاليًا. يستخدم السليوليز كمعامل للـ phytobezoars صورة ترياق السليلوز cellulose bezoar موجودة في معدة الانسان.

الانتاج والتطبيق التجاري Commercial production and application:

شركات انتاج الإنزيم تستخدم الفطر لتطور وتصنيع السليوليز في ١٥٠ ألف لتر مخمر صناعي مع استخدام الهندسة الوراثية وشركات genetic engineering and genomics companies التي تستخدم اساليب بيولوجية حديثة Dyadic`s patented Host Technology لتطور وتصنيع احجام كبيرة لمخاليط الانزيمات

المنتج الافضل لإنتاج cellulosic ethanol اكثر اقتصادًا، والتطور التجاري للسليلوز مازال بطيئًا.

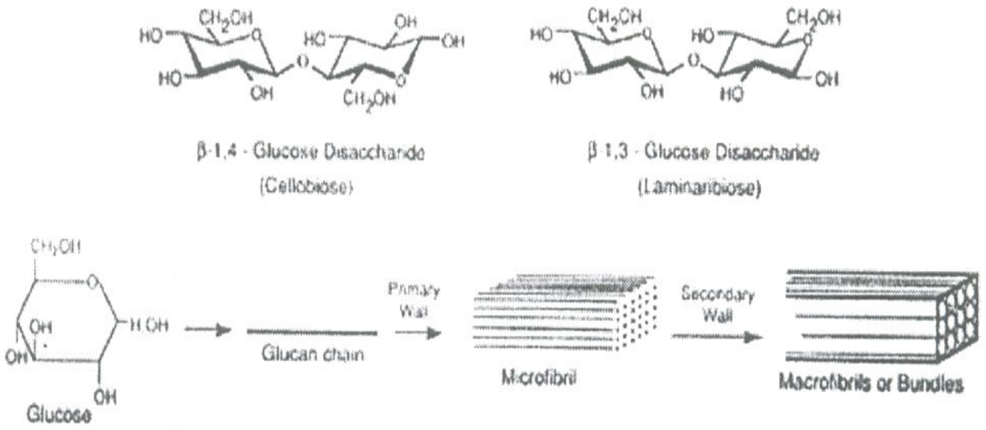
السكرات العديدة في جدار الخلية Cell wall poly saccharides:

السليلوز عبارة بولمر (مركب كيمائي يشكل بالتبلمر) بيولوجي اكثر وفرة وغزارة، وهو أكبر مكون تركيبي للنبات cell wall or extracellular matrix. مثل الاميلوز، السليلوز هو بولمر متجانس خطي.

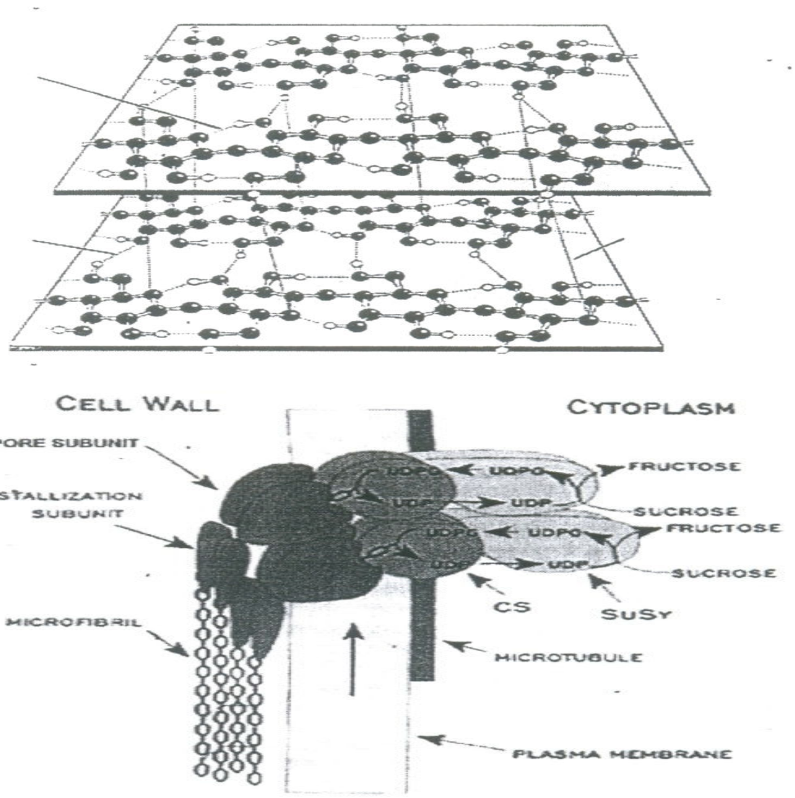
linear homopolymer of D-glucose units لوحدات جلوكوز (D) مع ذرة كربون (١) في النهاية غير المختزلة مرتبطة بذرة كربون (٤) للجلوكوز على النهاية المختزلة. ومع ذلك، للسليلوز رابطة جلوكوسيدية بيتا ١، ٤ أكثر من الفا ١، ٤ في حالة الاميلوز، هذا اختلاف بسيط له تأثيرات عديدة على التركيبات لهذين الجزيئين. وحدات الجلوكوز برابطة الفا ١، ٤ مرتبطة ارتباط قليل وهذه البلمرات تميل الي تهيئة تكوينات حلزونية لولبية helical or corkscrew conformations بينما السليلوز به رابطة جلوكوسيدية بيتا ١، ٤ تهئ تكوينات ممتدة جدًا مع بدائل اكثر ثباتًا. وقد ثبت أن الانزيمات التي تحلل روابط جلوكوسيدية الفا ١.٤ ليس لها نشاط وفعاليه مع روابط جلوكوسيدية بيتا ١، ٤ وأيضًا انزيمات تحليل روابط بيتا جلوكوسيديزز B-glucosidases ليس لها نشاط مع روابط الفا.

يعتبر السليلوز واحد من المكونات الأساسية لكل من جدر الخلية النباتية الأولى والثانوي ويصل إلى ٤٠% من جدر الخلية الثانوي. درجة البلمرة للسليلوز في الجدر الاولية ٢,٠٠٠-٦,٠٠٠ وحدات جلوكوز، ١٠,٠٠٠ متبقيات في الجدر الثانوية. وتعبأ بلمرات السليلوز متوازية مع بعضها في تراكيب تعرف microfibrils تتكون من ٣٦ سلاسل سليلوز. وفي الجدر الثانوية هذه الليفات الصغري microfibrils تكون غالبًا اكثر مصاحبة في الليفات الكبري macrofibrils أو في حزم

.bundles



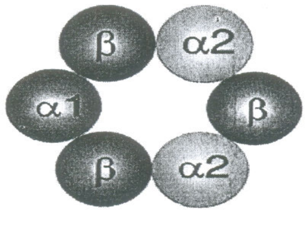
هذه تسمح روابط هيدروجينية intra-chain, inter-chain and inter-sheet في ليفه السليلوز وتؤدي إلى قوي كبيرة في التركيب. يتكون السليلوز من معقد تحت وحدات متضاعف a multi-subunit complex في غشاء البلازما لكل وحدة في المعقد المسؤل عن البلمرة والافراز، والمص alignment والبلورة المحتملة لكل سلسلة سليلوز للـ microfibrils. إنزيم سكروز سينثيز Sucrose synthase يعطي/يمد بالجلوكوز اللازم لتكوين السليلوز في صورة UDP-glucose، وانزيم cellulose synthase يحفز تكوين رابطة جلوكوسيدية بيتا ١، ٤ لبلمرات السليلوز. هذا المعقد مع ٣٦ وحدة لكل بلمرة سليلوز of a microbril يفترض تحركة في اغشية البلازما ويكون نموذج الحركة محكوم بأنبوبة مجهرية microtubules التي تضبط أو ترتبط مع إنزيم synthase complex.



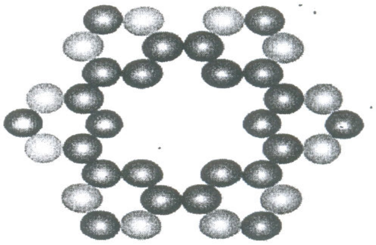
شكل رقم (٥)

Delmer and Amor (1995) The Plant Cell 7,987-1000

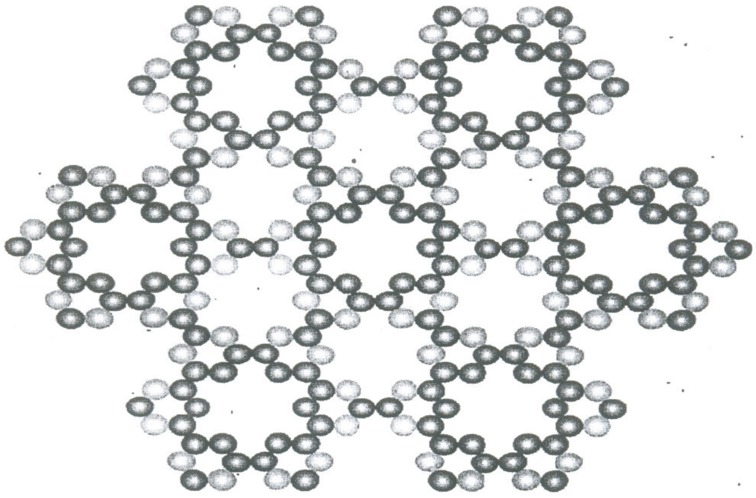
على أساس التصور/الرؤية المباشرة direct visculaization لجدر الخلايا البرانشيمية للب سيقان الذرة maize stem pith parenchyma cell walls باستخدام ميكروسكوب يعمل بالقوة الذرية عالي التصميم high-resolution oatomic force microscopy، تاكد بأن إنزيم السليلوز سينثيز يكون قرص عسل مكسو على شكل وردة لتكوين مباشر لليفات صغري وكبرى.



A. Cellulose synthase (CesA) isoforms



B. Rosettes

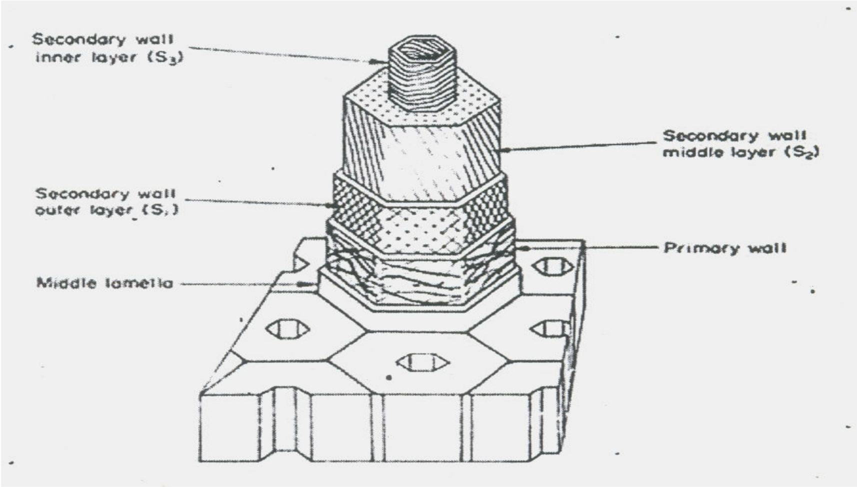


C. Rosettes array in the plasma membrane

شكل رقم (٦)

بنمو الخلايا تنفصل االيفات الصغري عن الكبرى macrofibril عن microfibrills وتصبح مغطاه بالهيمي سليلوز مكونة شبكة ليفات صغرى صلبة a stiffness to the microfibril net work في جدر الخلية. معظم الخلايا النباتية لها جدر خلايا أولية/ابتدائية. الانسجة النباتية مع جدر الخلية الاولية فقط يكون اكثر نعومة وتحافظ على قوتها/متانتها بضغط الانتفاخ turgor pressure. ممكن أن يحدث ذبول Wilting لهذه الانسجة النباتية عندما لاتحتوي مياه كافية لحفظ ضغط turgor pressure. بعض خلايا نباتات متنوعة الطرفية لها امتداد

وتوسعات خلايا اضافية تترسب داخل الجدر الأولية. معروفة بالجدر الثانوية والتى يمكن أن تكون كثافتها عدة مرات مثل الجدر الاولية. الجدر الثانوية غالبًا ترقد في طبقات cellulose microfibrils لها اتجاهات مختلفة ومحددة.



شكل رقم (٧)

المواد المصاحبة للسليلوزNon-cellulosic compounds associated with cellulose:

تتكون الألياف السليلوزية في الجدار الابتدائي والثانوي للخلية النباتية في نظام اقرب ما يكون إلى الشكل الشبكي أو الاسفنجي، ويترسب في الفراغات الطويلة التي توجد في هذا النظام باقي مكونات جدار الخلية من المواد غير منتظمة الشكل amorphous مثل اللجنين وسكريدات عديدة يطلق عليها لفظ هيمسليلوز hemicelluloses هذه المكونات غير السليلوزية تكون نظامًا بينيًا غير منتظم الشكل يتخلل الألياف السليلوزية ويكون له اثر فعال في تدعيم جدار الخلية.

من ذلك يمكن القول بإن جدار الخلية النباتية (الناضج أو المكتمل النوم) يتكون من ثلاث مواد رئيسية هي السليلوز والهيمسليلوز واللجنين، وأن هذه المكونات الثلاثة ترتبط مع بعضها لدرجة يصعب في بعض الأحيان فصلها عن بعضها ولقد كان

schulze (1891) أول من حاول التمييز بين السليلوز والهيمسليلوز على أساس ذوبان الأخير في القلويات.

الهيمسليلوز Hemicelluloses:

مجموعة من المركبات تصحب السليلوز في التركيبات الورقية والخشبية لبعض النباتات وبعض البذور. وتشمل هذه المركبات كلا من البنتوزان وأنواعا معينة من الهكسوزان، التي تقل في مقاومتها للأحماض والقلويات عن السليلوز، وهذه المجموعة من السكرات العديدة لا تذوب في الماء الذي يغلي، ولكنها تذوب في القلويات المخففة. ويمكن أن تتحلل بالأحماض المخففة إلي سكرات بسيطة وغالبا ما تتحلل مكونه أحماض يورونيه، مثل Galacto-Uronic, Gluco-Uronic وقد ثبت أن هذه الأحماض اليورنية لها أهمية فسيولوجية في الجسم حيث تعمل كوسيط ضد السمية في الجسم Detoxicating agent خاصة مع المواد الفينولية Phenols لتكون منها مركبات غير ضارة، يمكن التخلص منها بسهولة بالطرق العادية للإخراج. وهذه السكرات العديدة (الهيمي سليلوز) تنتشر في الأعلاف الخضراء. وبعض الأغذية الأخري مثل البذور. الهيمي سليلوز عبارة عن مصطلح أو اسم شائع ولكن قديم archaic للمواد المستخلصة من جدر الخلايا النباتية مع التركيزات الجزيئية للقلوي والتي ممكن الاشارة إلى cross-linking glycans هذه عبارة عن مجموعة متعددة الأشكال لبلمرات الكربوهيدرات التي تختلف بين مجموعات نباتية مختلفة وبين الجدر الأولية والثانوية. ومثل السليلوز، فإن cross-linking glycans عبارة عن سلاسل من السكرات الاحادية sugar monomers في الغالب ترتبط برابطة جلوكوسيدية بيتا -١، ٤. وعلي خلاف السليلوز، طول السلسلة يكون أقصر (عدة مئات متبقيات) فهي تتركب من وحدات مونمر monomer مختلفة، عمود أساسي مرتبط بيتا – ١، ٤ تحتوي على عديد من سلاسل جانبية قصيرة قد

ترتبط مع روابط الفا – ١، ٢ . الفا ١، ٣ أو الفا ١، ٦.

أيضاً some primary cell mall cross – linking glycans backbones تحتوي رابطة بيتا ١، ٣ بالاضافة إلى بيتا ١، ٤. السكرات The sugar mononmers في جدر الخلية النباتية متضمنًا الجلوكوز، المانوز، الزيلوز، الارابينوز، جالاكتوز، ٤-أ- مثيل جلوكورونيك اسيد 4-0- methyl glucuronic acid.

الهيمسليلوز هي جميع السكرات العديدية التي تصاحب السليلوز في النبات وتسمي polyes ويعتبرها البعض الآخر انها السكرات العديدة التي توجد في جدار الخلية النباتية ولا تذوب في الماء فيما عدا السليلوز والبكتين، ويستبعد هذا التعريف الشامل النشا والسكرات العديدة التي توجد في عصارة النبات، إذ أنها ليست من مكونات جدر الخلايا، واخيرًا يميل البعض إلى تعريفها بأنها عبارة عن السكرات العديدة التي توجد في جدار الخلية والتي لا يمكن استخلاصها بالماء أو باكسالات الامونيوم ولكنها تذوب في القلويات الباردة أو الساخنة وعند تحليلها مائياً بغليانها مع الأحماض المخففة تعطي مكونات من السكرات الاحادية، ويوجد في نواتج هذا التحليل اكثر من نوع واحد من السكر كما يوجد أيضًا بعض الأحماض اليوروئية.

يتكون الهيميسليلوز من مخلوط من الجليكانات glycans التي يوجد منها مجموعتين:

مجموعة السليلوزان:

Cellulosans وهي عبارة عن جليكانات غير محورة unmodified glycans قريبة الشبة بالسليلوز تتكون من مخلوط من سكريدات عديدية من النوع المتجانس أما من البنتوز وتسمي البنتوزان pentosans مثل الاربان araban والزيلان xylanK، ووحدة تركيبها الارابيتوز والزيلوز على التوالي، أو من الهكسوز

وتسمي هكسوزان hexosans مثل الجلوكان glucans والمانان mannans والجلكتان galactans ووحدة تركيبها الكيميائي الجوكوز والنموز والجلكتوز على الترتيب.

مجموعة اليورنيدات العديدة Polyuronide Hemicelluloses:

وهي عبارة عن السكريدات العديدة السابقة الا أنها تحتوي على وحدة أو اكثر من حامض الجليكورونيك glycutonic acid ويطلق عليها مجموعة الجليكانات المحورة modified glycans وتختلف هذه المكونات اختلافًا كبيرًا في شكلها وحجمها الجزيئى، ويرجع إلى هذه الاختلاف في خواصها الحامضية، أن تختلف مجموعة الهيمسليلوز فيما بينها في خاصية الذوبان، مما يؤدي إلى صعوبة تقديرها كميًا التقدير الصحيح، كما يصبح من الصعب أيضًا فصل احد هذه المكونات على صورة الجزئ النقي.

من المحتمل أن تتعدد أنواع السكرات العديدة في النبات أو النسيج النباتي وفي الحقيقة لا نتوقع وجود أكثر من ثلاثة أو أربعة من السكرات العديدة أهمها الزيلان الذي يكون أكبر نسبة في مخلوط الهميسليلوز، والمانان والارابان والجلكتان ويتوقف وجود هذه السكرات من عدمة على نوع أو جنس النبات.

فهيمسليلوز النباتات مغطاة البذور angiosperms (الخشب الصلب) يتميز بوجود نسبة كبيرة من الزيلان ونسبة صغيرة من الجلوكان مع عدم وجود مانان، اما في النباتات معراة البذور gymnosperms (الخشب الرخو soft wood) فيحتوي الهيمسليلوز على كمية قليلة من الزيلان كما يحتوي بجانب الجلوكان على المانان ويوجد الارابان والجلكتان في هيمسليلوز كلا النوعين، وقد دل التحليل الكيميائي الكروماتوجرافي على وجود سكرات الجلوكوز والجلكتوز والمانوز والزيلوز والارابيلوز في نواتج التحليل المائي للخشب.

ومن المعروف أن هذه السكرات توجد متبلمرة في جدار الخلية والجدول الآتي يوضح النسبة المئوية لبعض هذه المكونات.

جدول رقم (٥)

النوع	جلوكان % (١)	مانان	زيلان (٢)	اندريد يورونيك %
تنوب فضي Duglas fir	٤٨,٣	٥,٤	٦,٢	٢,٨
تنوب غربي Western hemlock	٤٤,٥	٤,١	٧,٣	٥,٠
صنوبر Lobloty pine	٤٦,٦	٤,٧	١٠,١	٣,٨
تنوب اسود Black spruce	٤٥,٦	٨,٠	١٠,٥	٤,٠
الأرز الأحمر Wesrern red cedar	٤٧,٥	٥,٠	٨,١	٤,٢
بلوط الجنوب Southern red oak	٤٣,٥	-	٢٠,٠	٤,٥

يمثل الجلوكان – الالفا سليلوز مصححًا لكل من المانانو الزيلان واندريد اليورونيك أي يخلو منها.

الزيلان ويمثل النيتوزان مصححًا لاندريد اليورونيك.

أما الجدول الآتي فيمثل النسب المئوية للكربوهيدرات المكونة لأنواع مختلفة من الخشب مقدرة على أساس نسب مئوية للسكر الكلي.

جدول رقم (٦)

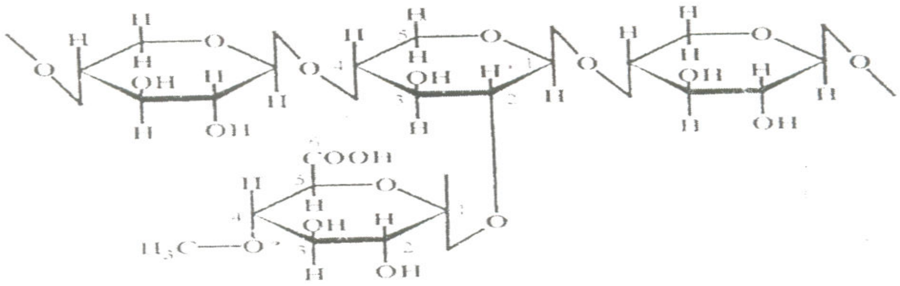
النوع	جلوكان %	مانان %	زيلان	جلكتان %	ارابان %
تنوب Spruce	٦٥,٥	١٦,٠	٩,٠	٦,٠	٣,٥ (خ.ر)
صنوبر Pine	٦٥,٠	١٢,٠	١٣,٠	٦,٠	٣,٥
ارز Cedar	٣١,٠	١٤,٠	١١,٠	١٣,٥	٠,٥
تامول Birch	٥٨,٥	٠,٠٥	٣٩,٠	١,٥	٠,٥ (ح.ص)
بلوط Oak	٦٨,٥	٢,٠	٢٦,٠	٢,٥	١,٠ (خ.ص)
لسان عصفور ash	٦٠,٠	٢,٥	٣٢,٠	٣,٠	٢,٥ (خ.ص)

ويلاحظ من هذا الجدول أن الأنواع التي تدخل ضمن الخشب الرخو تحتوي على نسبة عالية من المانان في مقابل نسبة منخفضة من الزيلان بينما الأنواع التي تدخل ضمن الخشب الصلب فهي على العكس تحتوي على نسبة عالية مرتفعة من الزيلان في مقابل نسبة منخفضة من المانان.

الزيلان:

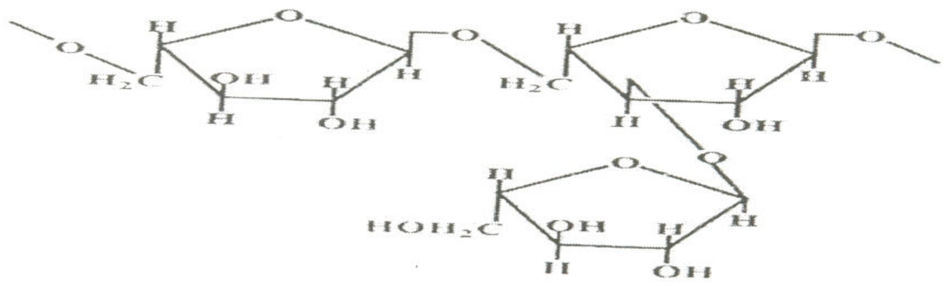
درس التركيب الكيميائي للزيلان المتحصل عليه من مصادر نباتية مختلفة دراسة مستفيضة بواسطة كثير من العلماء وتوصلهاورث وبرسيفال Howarth and Percival (J. Chgm. Soc., 2850, 1931) إلى أن الزيلوز يوجد على صورة حلقة البيرانوز وان درجة بلمرة الزيلان تختلف تبعًا لمصدرة النباتي، كما يختلف هذه السكر العديدي في تفرعة من عدمة وقد دلت كثر من المعلومات على احتواء

الزيلان على حامض يوروني، فقد وجد Gustafson et al(Acta Chem Scand., 8.825,1954) أن الزيلان المستخلص من خشب التامول birch يحتوي الجزئ منه على ٢٠ وحدة زيلوز ويتصل به في موضع ما جزئ واحد من ٤ ميثايل حامض جلوكوريورنيك وتتصل وحدات الزيلوز مع بعضها برابطة جلوكزيدية من النوع بيتا (٤، ١) ويتفرع الجزء للاتصال بالحامض اليوروني بواسطة رابطة من نوع (٢، الف -١-) كما في الرمز التالي:



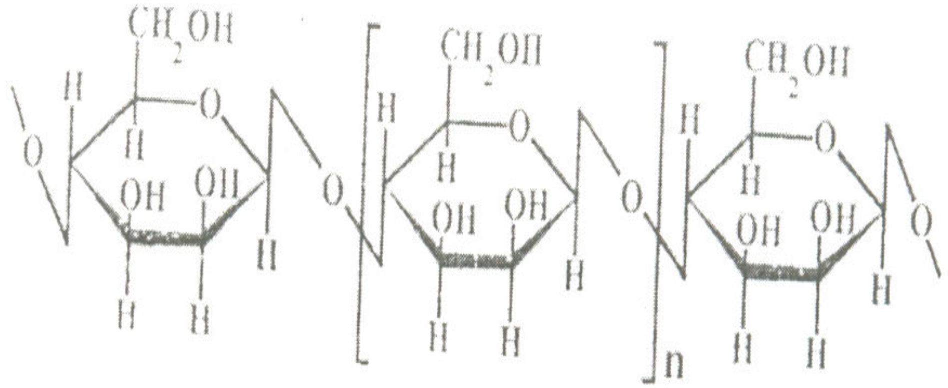
الآربان Araban:

أما الآربان فيوجد في النباتات حيثما يوجد البكتين، وتركيب الجزئ ودرجة بلمرته يختلف باختلاف مصدرة النباتي، الا أن الثابت هو وجود جزيئات الاراييبنوز الاندريدي على صورة الحلقة الفيرانوزية ولقد وجد Hist and Jones أن الآربان المستخلص من بكتين التفاح يتكون من جزيئات ارابوفيرانوز مرتبطة مع بعضها برابطة جليكوزيدية من النوع (الفا-١,٥) مع حدوث تفرع في الجزئ برابطة من النوع (١، ٣) وقد يتكرر هذا التفرع على طول الجزئ كما في الرمز التالي:

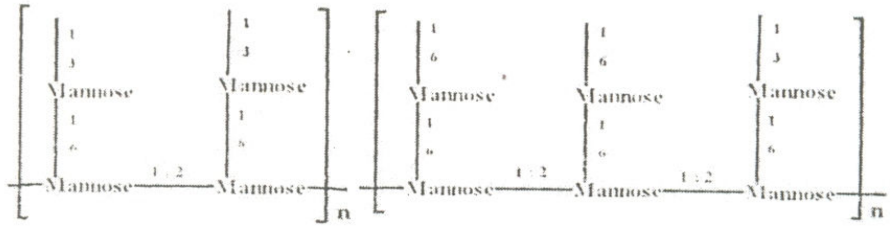


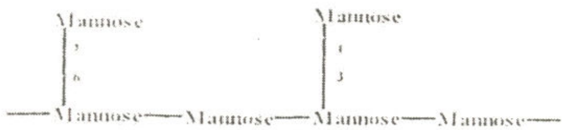
المانان:

يتكون هذه السكر من وحدات مانوز اندريدية تتحد مع بعضها برابطة جليكوزيدية من النوع بيتا (٤، ١) وتختلف في درجة بلمرتها باختلاف مصدرها النباتي فهي ٧٠-٨٠ وحدة في مصدر مثل الدوم ivory nut ١٥٠-١٠ في التنوب spruce ٥٠٠ في مصدر آخر مثل yeast manna باجراء عملية مثيلة ثم التحليل المائي الحامض نتحصل على الوحدات التي يوضحها الرمز التالي:



وقد يحدث تفرع في الجزئ في مانان الخميرة على طول السلسلة كل ١٠-١٣ وحدة مانوز اندريدي وتكون الرابطة في هذا التفرع مختلفة فهي من النوع ٢-١ أو ٣-١ أو ٦-١، وقد تكون وحدات السكر في هذا التفرع مختلطة بحسب المصدر الاصلي فقد تكون جلوكوز أوجلكتوز.





فصل الهيمسليلوز وتفريده:

يتبع في فصل الهيمسليلوز من المصادر النباتية عادة احدي طريقتين:

الطريقة الأولي:

ويجري فيها معاملة المادة النباتية بمخلوط من البنزين والكحول بنسبة (٢:١) لمدة بضع ساعات للتخلص من المواد الدهنية والصموغ والراتنجات، ثم تستخلص المادة المتبقية بواسطة محلول من ايدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم بتركيزات مختلفة تتوقف على نوع المادة النباتية، فقد تصل مثلًا في رأي البعض إلى ١٧% ويفضل أن يكون الاستخلاص على درجة حرارة الغرفة خوفًا من حدوث تكسير كيميائيى للمركبات الناتجة وضمانًا لعدم حدوث اكسدة للمواد الكربوهيدراتية بواسطة القلوي ويحسُن إجراء الاستخلص في غياب الاكسجين للتقليل من تأثير القلويات على السليلوز.

المعروف أن الهيمسليلوز يوجد في المناطق غير البللورية amorphous من الليفة السليلوزية والمذيب الذي يتسطيع أن يصل إلى هذه المناطق يؤدي إلى استخلاص جيد للهيمسليلوز ويستدل على ذلك بإنتفاخ السليلوز في هذه المناطق،

ولايحدث ذلك الا اذا كان تركيز القلوي المستعمل في الاستخلاص على درجة الحرارة العالية هو ١٠% أو أكثر.

يرسب الهيمسليلوز من محلول القلوي عند تحميضة بالأحماض المخففة واضافة كحول الايثايل ويحتوي الهيمسليلوز المحضر بهذه الطريقة على اللجنين (يذوب اللجنين في الصودا الكاوية على صورة لجنات صوديوم) وللتخلص منه يعامل راسب الهيمسليلوز بواسطة كلوريت الصوديوم sodium chlorite في وسط حامضي أو يعامل بالبروم.

الطريقة الثانية:

تعامل العينة النباتية عدة معاملات اولية الغرض منها ازالة الدهنيات والبكتين واللجنين والمادة المتبقية التي يطلق عليها السليلوز الخام holocellulose تستخلص بالقلوي كما سبق لفصل الهيمسليلوز ومعنى ذلك أن السليلوز الخام لفظ يطلق على المادة النباتية بعد تخليصها من اللجنين ويتكون من السليلوز والهيمسليلوز بنوعة السليلوزان واليورونيدات.

تستخلص المادة النباتية بواسطة مخلوط من البنزين والكحول (١:٢) للتخلص من الدهنيات والصموغ والراتنجات.

تستخلص المادة المتبقية بغليانها مع الماء للتخلص من الكربوهيدرات الذائبة صغيرة الوزن الجزيئى وبعض المكونات غير الكربوهيدراتية.

تعامل المادة المتبقية بمحلول مخفف من اكسالات الامونيوم (٠,٥%) على درجة حرارة ٩٠-١٠٠°م للتخلص من المواد البكتينية غير الذائبة في الماء، ويلزم اجراء هذه المعاملة اذا كانت الانسجة النباتية صغيرة السن أو من نوع مخلفات المزرعة، ويصبح الاستغناء عنها في الانسجة الخشبية التي تحتوي على آثار من البكتين.

تستخلص المادة المتبقية بعد ذلك بغليانها مع كحول الايثايل (٥٠%) المحتوي على

١% ص أ يد للتخلص من اللجنين، والاستخلاص على هذه الدرجة يؤدي إلى استخلاص على هذه الدرجة يؤدي إلى استخلاص جزء من اليورنيدات العديدة، كما وأن استخلاص على درجة حرارة منخفضة لا يؤدي إلى التخلص من اللجنين بالكامل ويفضل البعض التخلص من اللجنين بمعاملة المادة النباتية بالكلور، إلا أن هذه الطريقة أيضًا تؤدي إلى حدوث تكسير كيميائي في السكريدات العديدة، وعمومًا تتعدد الطرق المتبعة للتخلص من اللجنين ولكل منها مزاياها ومضارها.

المادة المتبقية من المعاملات السابقة تسمي سليلوز خام (هولوسليلوز holocellulose) وبالنسبة لتعدد تلك المعاملات وما تتطلبة من وقت طويل يفضل البعض الحصول على السليلوز الخام بمعاملات كيميائية مباشرة حيث تعامل المادة النباتية بواسطة ثاني اكسيد الكلور في البريدين والماء للتخلص الكامل من الجنين والحصول على السليلوز الخام كميًا في صورة متبقي عديم اللون.

إلا أن Wise (1946) استعمل طريقة تتلخص في معاملة مجروش المادة النباتية (٥ جم) الخالية من الصموغ بواسطة محلول مخفف من كلوريت الصوديوم (١.٥ جم/١٦٠ سم ماء) في وجود حامض الخليك (١٠ نقط حامض ثلجي) مع الاضافة المتتابعة بنفس الكميات من الكلوريت والحامض كل ساعة وذلك لمدة ٤ ساعات، وفي النهاية يتبقي السليلوز الخام على صورة متبقي ابيض يرشح ويغسل ويجفف.

يعامل السليلوز الخام Homocellulose بمحلول من ايدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم (٤%) على درجة حرارة الغرفة لاستخلاص الهيمسليلوز، ثم ترسب المادة الاخيرة من محلولها بالتميض بواسطة الأحماض المعدنية والكحول للحصول على راسب الهيمسليلوز الذي يفصل بالترشيح ويغسل ويجفف.

والتقدير الكمي للمواد الهيمسليلوزية الموجودة في النبات يكون مصحوبًا دائمًا

بمعرفة وزن المادة النباتية وكذلك وزن راسب الهيمسليلوز المستخلص بالطرق السابقة، وللتأكد من صحة هذه التقدير يحس الاسترشاد بنتائج التقديرات الكمية التي تجري على مكونات هذه المادة مثل تقدير البنتوز في العينة النباتية وفي السليلوز الخام وتقدير الأحماض اليورونية، إذ بهذه التقديرات الثلاثة يمكن معرفة الصورة التي توجد عليها الهيمسليلوز في النبات.

المحلول القلوي المحتوي على الهيمسليلوز الذائب يمكن استعماله في تفريد الهيمسليوز إلى نوعين من المكونات، فتحميض المحلول يؤدي إلى ترسب الجليكانات ذات الوزن الجزيئي المرتفع والتي يطلق عليها البعض هيمسليلوز (أ) hemicelluloses A، ويتبقى في المحلول الجليكانات ذات الوزن الجزيئى الصغير مع المكونات الاخري كاليورونيدات uronides ويمكن ترسيبها بواسطة ضعف حجم محلولها من الكحول ويسمي الراسب المتكون هيمسليلوز (ب) hemicelluloses B.

خواص الهيمسليلوز وتركيبة:

تتباين الهيمسليلوز في خواصها وتفاعلاتها تبعًا لمصدرها النباتي وطريقة استخلاصها فهي تحتوي على سكريدات عديدة تختلف في حجمها ووزنها الجزيئي وفي درجة بلمرتها وفي مكوناتها من السكرات الاحادية، إلا أنها تتميز بالخواص والتفاعلات الآتية:

تذوب في القلويات وتحلل مائيًا بالأحماض بسهولة اكثر من سليلوز – ويقاوم الهيمسليلوز التحليل المائي عن الهيمسليلوز (ب).

ينتج عن التحليل المائي للهيمسليلوز سكرات من نوع الهكسوز مثل م–جلوكوز، م–جلكتوز، م–جلكتوز، م–مانوز، م–فركتوز وسكرات من نوع البنتوز مثل م–زيلوز، ى–ارابينوز، وأحماض جليكورونية مثل حامض جلوكورونيك ومانورونيك.

تحتوي جميع أنواع الهيمسليلوز على البنتوز فهي تعطي فورفورال غند تقطيرها مع حامض الكلورودريك ١٢%.

تعطي اختبارات البنتوز اللونية عند تسخينها مع الفلورجلوسينول أو الريزورسنول في وجود حامض الكلوردريك المركز مكونة مع الاول لونًا أحمر ومع ثاني لون قرمزى.

تحتوي على نوع واحد من الأحماض اليورونية فقط ويتصاعد عند غليانها مع يد كل ١٢% ثانى اكسيد الكربون الذي يمكن تقديره كميًا.

بالنسبة لوجود الأحماض الورونية (مجموعات حامضية) تتلون الهيمسليلوز بشدة مع الصبغات مثل الايوسين وأحمر الكونجو وأحمر الروثينيم ruthenium red – وتعطي المركبات المحتوية على أحماض يورونية تفاعلات ايجابية مع نفثوريزورسينول كما ينتج عن تحليلها المائي لسكرات بسيطة وأحماض من نوع الدوبيويورونيك aldobiouronic acid.

ليس لها غالبًا تأثير حامض رغم وجود مجموعات الأحماض اليورونية وذلك لوجود بعضها على صورة استر مع الميثانول.

جميع تحضيرات الهيمسليلوز نشطة ضوئيًا فهي يسارية الدورة عند قياسها في محلول ١–٢% صودا كاوية. تختلف الهيمسليلوز في تركيبها اختلافًا كبيرًا، فهي تتكون من سكريدات عديدة مختلفة في وزنها الجزيئي وفي شكلها الجزيئي فمنها المتفرع ومنها غير المتفرع، وتختلف وحداتها في طريق ارتباطها مع بعضها فنجد بها روابط من نوع (١،٢–)، (١،٣–)، (١،٤–)، (١،٦–)، علاوة على اختلاف المكونات من السكرات الاحادية وكل ذلك يرجع إلى اختلاف مصادرها النباتية.

استعمالات الهيمسليلوز:

لوجود الهيمسليلوز في اللب المخصص لصناعة الورق اهمية كبيرة في صفاتة

حيث تكسبة القوة وخاصية التشرب.

من الملاحظ أن التخلص كلية من الهيمسليلوز عند استخلاص الألياف اللحائية يضعف من قوة هذه الألياف كما يحدث عن استخلاص الياف الجود بواسطة الصودا الكاوية.

تستعمل الهيمسليلوز لإنتاج الفورفورال (تقطير مجروش كوالح الذرة مع محلول حامض الكلودريك ١٢% في تيار من بخار الماء يعطي كميات ضخمة من الفورفورال الذي ينتج عن عمليتي decarboxylation and dehydration للبنتوزان والأحماض اليورونية).

تستعمل الهيمسليلوز في تحضير سكر الزيلوز وذلك بعملية التحليل المائي.

تحضر منها مشتقات الخلات وقد تستعمل بمفردها أو بعد خلطها مع خلاب السليلوز في صناعة الافلام.

البنتوزان Pentosans:

تتحلل البنتوزان بالأحماض إلي سكرات خماسية، مثل الأرابينوز والزيلوز، ويعتبر هذا النوع من السكرات العديدة أقل من السليلوز في مقاومته للأحماض والقلويات، ويكون نحو ١٣% من السكرات العديدة في الدريس وأقل من ذلك في مواد العلف المركزة وبعد أنواع الكسب، وعند غليانها مع حامض HCl يتركيز ١٢% ينتج المركب الكيماوي فورفورال Furfural وهو مركب الدهيدي، له أهمية صناعية. ويستخدم هذا التفاعل الكيماوي كأساس للتقدير الكمي للبنتوزان، كما يستخدم صناعيا في تحضير الألدهيد من قوالح الأذرة وقشور الشوفان Oats.

البكتين Pectines:

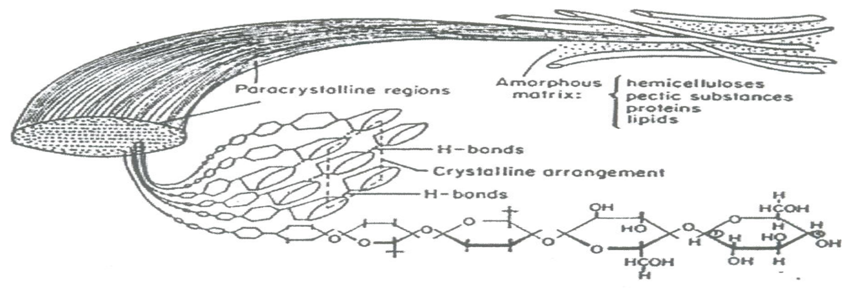
البكتينات هي معقد اخر لمجموعة بولي سكريدز another complex group of polysaccharides متوفرة في جدر الخلية الأولية وفي منتصف in the

middle lamella بين جميع خلايا النبات. مثل الهيمى سليلوز، بولمرات البكتين هي جزيئات متعددة ومختلفة كيمائيًا. البكتينات حامضية وتحتوى جزء كبير من D- galacturonic acid residues مرتبطه بواسطة رابطة جلوكوسيدية الفا -١،٤.

بعض الأحماض الكربوكسيلية الجلاكتويورونات تكون استرات مع الميثانول L- rhamnose (a 6-deoxyhexose) residues توضع أو ترصع عادة interspersed خلال السلسلة. رابطة D-glacturonic acid إلى L-rhamnose تكون الفا -١،٢، والرابطة من D-galacturonic acid إلى حمض الجلاكتورونيك التالي في السلسلة تكون الفا-١،٤. تلتصق/ترتبط السلال الجانبية غالبًا إلى هذه متبقيات الرهامنوز rhamnose residues. تظهر السلاسل الجانبية إنها من بلمرة سكرات متعادلة تحتوي monomers مثل L-arabinose or D-galactose وهذه النماذج الأنواع من البكتينات معروفة بـ rhamnoglact uronans. تعرف البكتينات المتعادلة التي تظهر انها فروع كبيرة من البكتينات الحامضية.

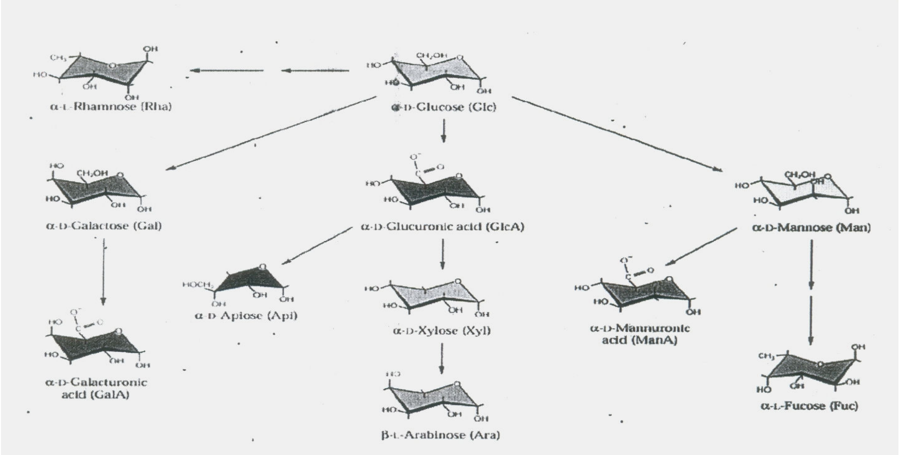
الارابينات عالية كبيرة التفرع تتركب من قلب جوهر core متبقيات α -1.5 α- arabinosyl a pentose in the furanose ring form) residues containing α - 1.3 – and α - 1.2 – linked arabinosyl side chains تحتوي رابطة الفا-١، ٣، الفا -١، ٢ ارابينوسيل (سلاسل جانبية).

تحتوي الارابينو جالاكتانات رابطة بيتا -١، ٤ مع سلاسل جالاكتوز تحمل متبقيات ارابينوز عند مواضع ٣، ٦ التي تكون أكثر احلالًا واستبدالًا. الجلاكتانات تكون غالبًا خطية رابطة بيتا -١، ٤ مع بلمرات D-galactose polymers مع تفريعات منفردة من الاريبنوز بين حين وآخر. With occasional single L- arabinose branches على الأقل، بعض الزيلوجلوكانات لجدر الخلايا الاولية تكون مرتبطة مع السليلوز، بالمثل فهي ممكن تقيد مرن لليفات السليلوز tether cellulose microfibrils معاً.



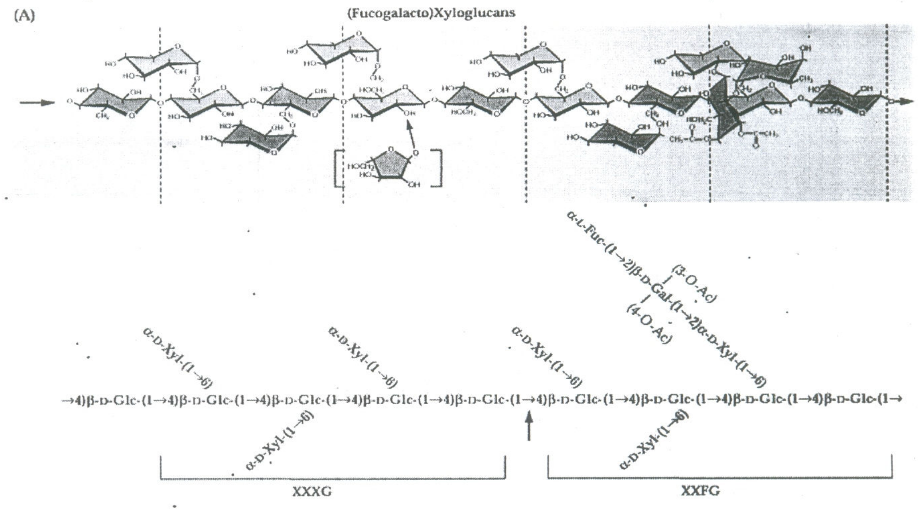
شكل رقم (٨)

صدر أول نموذج فعل the first functional model لجدار الخلايا الاولية للخلايا النباتية (albersheim at al وهذا النموذج عبارة عن اطار عمل frame work of cellulose microfibrils مرتبطة مع xyloglucan-pectein-protein matrix في هذا الموديل يرتبط الزيلوجلوكان هبدروجينيًا مع السليلوز in the model the xyloglucan hydrogen-bonded to cellulose وأيضًا يرتبط هيدروجينيًا مع ارابينان وجالاكتان سلاسل جانبية من بلمرات البكتين، ارابينوجالاكتان سلاسل جانبية من البكتين ترتبط مع سيرين جدار الجليكوبروتين غني بالهيدروكسى برولين.



موديل آخر مبني على أساس افتراض أن هناك شبكه بلمرات مستقلة

independent polymer networks خلال جدر الخلايا الاولية، شبكة سليلوز – زيلوجلوكان، شبكة بكتين وشبكة بروتين. معظم البلمرات البكتينية غريبة المنشأ/متغايرة الخواص heterogeneous ولكن rhamnogalacturonan II (RG II) أكثر حفظًا وبقاءًا highly conserved بين أنواع/أصناف النباتات، وهي لا تهضم بسرعة حتى في المنتجات المتخمرة، ويمكن تراكم كميات كبيرة في هذه المنتجات مثل الخمور، ويكون RG II monomers مزدوج dimers خلال بورون ثنائي الاسترات boron diesters مع apiose residues والتي تكون ضروري لنمو النبات الطبيعي.



٤- اللجنين Lignin:

سبق القول بأن السليلوز يوجد على حالة شبة نقية في شعر البذور مثل شعر القطن ولكنه في الخشب والألياف والمواد الملجننة عموماً lignified يكون مصحوبًا بمواد غير سليلوزية مثل الهيمسليلوز ومواد غير كبوهيدراتية معظمها لجنين مع كميات صغيرة من التنينات والراتنجات والدهون وغيرها.

واللجنين بعكس السليلوز لا يوجد منفرداً في الطبيعة، بل لابد أن يكون مصحوبًا بالكربوهيدرات، ففي الخشب يوجد معظمه في الصفحية الوسطي middle lamella وبكميات قليلة في الجدران الابتدائي والثانوي، اما القش والنباتات الحولية فيبدوا أن اللجنين موجود على سطح الليفة بحالة قليلة التكثف لكي يسهل فصلة عما في حالة الخشب.

لا يتحلل اللجنين تحليلاً مائياً بالأحماض المعدنية بعكس السكريدات العديدة التي تصاحبه مثل السليلوز والهيمسليلوز وغيرها، لذلك تستعمل هذه الخاصية في فصله من السكريدات العديدة.

وعلى الأساس يمكن تعريف اللجنين انه الجزء من الخشب أو القش الذي يتبقي كناتج غير ذائب عند معاملتها بالأحماض المعدنية بعد تخليصها من الصموغ والراتنجات والتنينات والمواد الأخرى التي يمكن استخلاصها بالمذيبات.

وتختلف اللجنين عن السليلوز أيضاً في احتوائة على مجوعات ميثوكسيل مرتبطة مع حلقات عطرية في الجزئ، والرأي القائل بأن اللجنين هو المصدر الوحيد لمجموعات الميثوكسيل في الخشب غير صحيح، اذا اثبت أن بعض هذه المجموعات يوجد متحدًا مع الأحماض اليورونية.

ويختلف لجنين النباتات المخروطية coniferous في تركيبة عن لجنين النباتات متساقطة الاوراق deciduous كما أن العلاقة بين تركيب لجنين الخشب ولجنين النباتات الحولية مازالت غير واضحة، علاوة على أن الاصل في منشأ اللجنين غير معروف، ولو أن هناك آراء تحبذ تكونة من الكربوهيدات ومنها رأى لينجر (١٩٧٨).

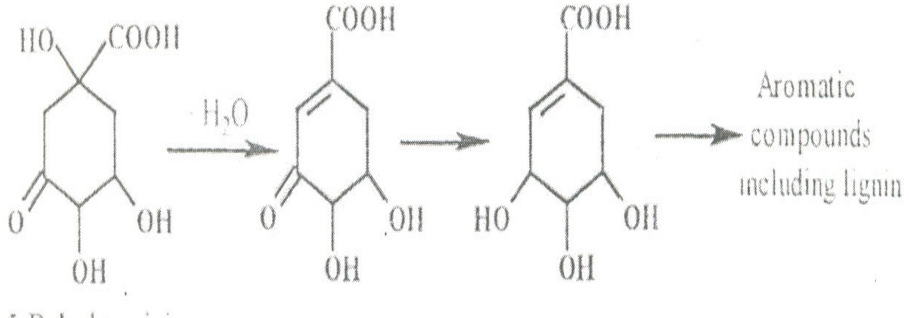
خطوات تكوين اللجنين في النبات:

ينتج عن عملية البناء الضوئي أو سكر من نوع الهسكوز وهو الفراكتوز ١-٦-

ثنائي فوسفات الذي يتكون عنه بالتفاعلات الانزيمية كل المواد الكربوهيدراتية في النبات.

في خطوات اخري يتحول هذا السكر فركتوز-٦- فوسفات لكي يتحد مع جزئ من الجلسرالدهيد-٣-فوسفات مكونًا سكرين احدهما من نوع البنتوز وهو زيلوز-٥- فوسفات وآخر من نوع النتروز وهو اريثروز-٤- فوسفات.

يتحد سكر التتروز مع الفوسفواينول حامض بيروفيك ليكون مركب وسطي (سباعي ذرات الكربون) ليتحول بعدها إلى مركب حلقي اليفاتي هو حامض -٥- ديهيدروكوينيك الذى يفقد جزئ ماء ويتحول إلى ٣-حامض ديهيدروشكيميك ثم الي حامض شكيميك الذى تتكون منه المركبات الاروماتية (العطرية) في النبات ومنها اللجنين.



الصورة التي يوجد عليها اللجنين في الطبيعية:

لا يوجد اللجنين على صورة منفردة في الطبيعة كما يوجد السليلوز في شعرة القطن مثلاً ولكنه يوجد في جدار الخلية بمصاحبة السليلوز والهيمسليلوز والصورة التي يوجد عليها اللجنين في هذه الحالة تعددت فيها الآراء فالبعض يقول بوجود على حالة منفردة مستقلة في جدار الخلية، والبعض يقول بوجود اتحاد كيميائي وبين المواد

الكربوهيدراتية ولكل من الرابين ما يؤيدة.

من ذلك يتضح أن نسبة مئوية صغيرة من اللجنين توجد منفردة في الخشب ويمكن استخلاصها بالمذيبات مثل dioxane أو الكحول ويسمي هذا النوع لجنين طبيعي native lignin لعدم حدوث تغيير في تركيبة الكيميائي فهو من نوع اللجنين الأولي protolignin أي كما تكون في النبات.

ويمكن أيضاً الحصول على نسبة صغيرة اخري من اللجنين الطبيعي عند تعريض الخشب بعد استخلاصة بالكحول لنمو فطر من نوع العفن البني brown rot (وهو الفطر يتغذى على السليلوز تاركًا اللجنين) والمعتقد أن اللجنين الناتج عن هذه المعاملة كان موجودًا على صورة منفردة أيضًا، خصوصًا بعد أن ثبت أن انزيمات هذا الفطر لا يمكنها أن تؤثر على أي نوع من الروابط يمكن أن توجد بين اللجنين والكربوهيدرات، ومع ذلك يجب الا يغيب عن البال أنه لا يمكن فصل الكميات الكبيرة إلا بمعاملات عنيفة تؤذي بلا شك إلى حدوث تغيير أو تحوير في طبيعته modified its bature.

وفضل هذه النسبة الصغيرة غير المحددة من اللجنين الطبيعي سواء بالمذيبات أو بالفطر لا يعني ضرورة وجود اتحاد كيميائى بين النسبة الباقية من اللجنين وبين المكونات الخشبية الاخري، ومن الجائز وجود اللجنين على حالة جزيئات كبيرة الوزن الجزيئى جدًا مما يجعلها صعبة الذوبان في المذيبات غير المتخصصة، وأنه موجود على صورة ممتصة absorbed على المكونات الخشبية المختلفة، فقد وجد أن استخلاص خشب الحور aspen بكحول البيوتايل المخفف على ١٦٠°م يؤدي إلى ذوبان اللجنين كميًا مما يجعل على الاعتقاد بأن اللجنين يوجد على صورة منفردة من خشب الحور، ولكن في حالة خشب الصنوبر pine وجد أن نفس المعاملة ادت إلى ذوبان ٨٠% فقط من اللجنين المنفردة وبقاء ٢٠% من اللجنين لم تستخلص مما أدى

إلى الاعتقاد بأنها موجودة على صورة اتحاد كيميائي، خاصة وان استخلاصها يتطلب المعاملة بالصودا الكاوية، ومما يؤيد هذا الاتجاه أن كبريتيت الصوديوم Sodium sulphite لايمكنها ازالة الهيمسليلوز مالم يتم التخلص من اللجنين باذابته اولًا في الكلور chlorination مما جعل نورمان Norman يعتقد بوجود رابطة كيميائية بين هذه المكونات وبعضها.

والاعتقاد بوجود رابطة كيميائية بين اللجنين والسليلوز أدت إلى التساؤل عن طبيعة مثل هذه الرابطة وكيفية تكوينها؟ ولكن لم يتم للأن فصل مركب توجد به رابطة من أي نوع، ويمكن منه الحصول على الكربوهيدرات واللجنين كل على حدة، الا أنه بمعرفة المجموعات الفعالة في كل من المادتين، ويمكن القول بمساهمتها في تكوين مثل هذه الروابط، ففي جزئ اللجنين توجد مجموعات ايدروكسيل فينولية واليفاتية ومجموعات كربونيل اينولية، وفي الكربوهيدرات توجد مجموعات ايدروكسيل اولية وثانوية بجانب مجموعات الدهيدية ومجموعات كربوكسيلية في الأحماض اليورونية، وحيث أن الرابطة الاثيرية Ether Linkage من الروابط القوية التي يصعب كسرها بعمليات استخلاص اللجنين لذلك يعتقد بأن الرابطة الموجودة قد تكون من نوع روابط الاستبدال أو الهيمي أستيل بين مجموعات كربونيل اللجنين ومجموعات ايدروكسيل السكرات العديدة، ويستبعد اشتراك المجموعات الفينولية في تكوين الروابط بين اللجنين والكربوهيدرات لضعف وجودها منفردة في الخشب، كما أن رابطة الاستر بين الأحماض اليورونية واللجنين اضعف من قدرتها على البقاء.

تفاعلات اللجنين اللونية:

تفاعل Weisner وفية يعامل الجنين أو المادة النباتية الملجننة بمحلول فلوروجلوسينول في حامض الكلورجريك المركز فيتكون لون قرمزي.

تفاعل Maule وفيه تعامل المادة النباتية الملجننة بمحلول مخفف من

برمنجنات البوتاسيوم ثم حامض الكلوردريك المخفف واخيرًا ايدروكسيد أمونيوم فيتكون لون قرمزي مع الخشب من نوع deciduous بينما في حالة الاخضاب المخروطية coniferous يتكون لون بني.

تقدير اللجنين كميًا:

يدقر اللجنين كميًا بطرق مختلفة اهمها طريقة كلاسون Klason وفيها يستعمل حامض كبريتيك ٧٢% وهذا التركيز من الحامض مناسب للخشب الرخو اما عند تقدير اللجنين في الخشب الصلب فيحسن اختيار تركيزات تناسب كل نوع من الخشب لكي تعطي اعلى قيمة من اللجنين المحتوي على أعلى نسبة من المثوكسيل.

ولاجراء التقدير يجب استعمال مسحوق ناعم من المادة الخشبية واستخلاصة اولًا بمخلوط من البنزين والكحول وعند توقع وجود التنين في العينة يجب استخلاصها بالغليان مع الماء أو مع محلول مخفف جدًا من الصودا الكاوية، ثم تهضم العينة بعد ذلك هضمًا جيدًا مع حامض كبريتيك مركز ٧٢% ويوزن اللجنين النقى غير ذائب.

خواص اللجنين الطبيعية:

اللجنين الطبيعي مسحوق ذو لون سمني فاتح، يذوب بلون بنى محمر في dioxane ويظل اللجنين المستخلص باذابة الكربوهيدات كما في التقدير السابق محتفظًا بالتركيب الموروفولوجي للخلية النباتية ولونة نبى فاتح أو غامق وعديم الذوبان في جميع المذيبات، واللجنين عند النشاط الضوئي له تركيب عطري ويدل منحني امتصاص الاشعة تحت الحمراء infrared absorption curve على وجود حلقات عطرية، ومجموعات اليفاتية مشبعة، مجموعات ايدروكسيل، ومجموعة كربونيل، وروابط زوجية اليفاتية، ويختلف الوزن الجزيئي بحسب طريقة الاستخلاص، ويبلغ الوزن الجزيئي للجنين الطبيعي (من خشب الحور).

طرق فصل اللجنين:

في المعمل:

تنقسم طرق فصل اللجنين في المعمل لغرض البحث العلمي إلى طريقتين، وتعتمد الاولي على استعمال الأحماض لتحليل الكربوهيدرات تحليلًا مائيًا دون تأثير على اللجنين أو بإستعمال مواد مؤكسدة للكربوهيدرات فتحدث لها تكسير كيميائي دون التأثير على الجنين وتعتمد الطرقة الثانية على استعمال مذيبات عضوية وغالبًا في وجود عامل ملامسة فتذيب اللجنين تاركًا المواد الكربوهيدراتية.

يستعمل في الطريقة الاولي حامض كبريتيك ٦٤-٧٢% أو حامض كلوردريك ٤٢% أو حامض ايدرفلوريك أو مخلوط من هذه الأحماض أو تذاب الكربوهيدرات في محلول هيدروكسيد النحاس النشادري أو تؤكسد المواد الكربوهيدراتية بواسطة حامض فوق الايوديك أو املاحة ثم يجرى التحليل المائي للسكر عديد الالدهيد بالماء الساخن.

وفي جميع هذه الحالات يتبقي اللجنين على صورة غير ذائبة في المحلول، يتم في الطريقة الثنائية استخلاص اللجنين بالمذيبات العضوية في وجود عامل مساعد وفي جميع هذه الحالات يتكثف المذيبات مع اللجنين مكوننًا مشتق لجنين Lignin derivatives يطلق علية اسم المذيب فيستعمل كحول الايثايل في وجود HCl 50% (يد كل) للحصول على مشتق اثانول اللجنين الذي يحتوي على مجموعة ايثوكسيل ethoxyle group نتجت من تفاعلات التكثيف الذى تم بين الكحول واللجنين وقد أمكن استعمال عدة مذيبات مختلفة منها المثانول والبيوتانول وايزوبيوتانول وكحول الامايل، الهكسانول الحلقي، والكلور هيدرين، وكحول البنزازيل، الايثانول امين، الفينول وغيرها، ويمكن التخلص من المجموعات التي نتجت بالتكثيف إذا عومل المشتق اللجنينى بحامض معدني حيث ينفرد اللجنين مع تغير

بسيط في طبيعتع، وتؤدي هذه المذيبات جميعًا إلى ذوبان اللجنين وبقاء المادة الكربوهيدراتية غير ذائبة مع ما قد يحدث لها من تكسير كيميائي.

في الصناعة:

يستعمل في صناعة تحضير اللب ثلاث طرق رئيسية هي السلفيت، والسلفات، والصودا (الطريقة القلوية) وفي هذه الطرق الثلاث يتفاعل اللجنين مع المواد المستعملة ويتحول إلى مشتق لجنين ذائب في المحلول المائي أو القلوي.

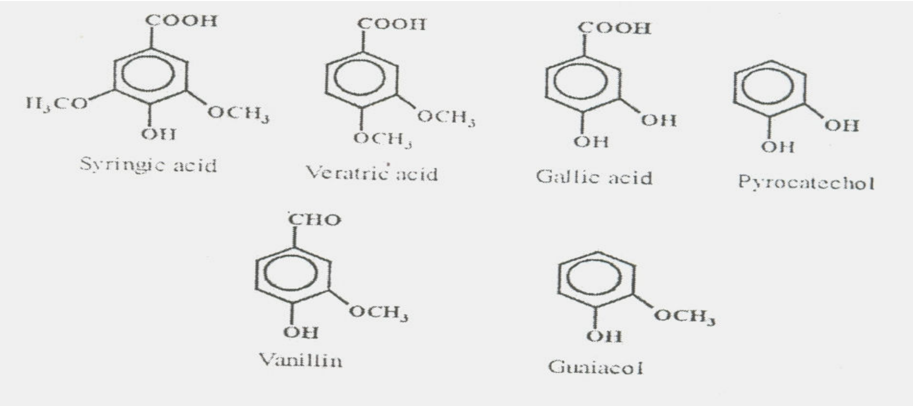
ففي طريقة السلفيت sulphite process يستعمل محلول من بيكبريتيت الصوديوم أو الكالسيوم أو المغنسيوم أو الالمونيوم في وجود كمية زائدة من ثانى اكسيد الكبريت لهضم المادة الخشبية وخلال عملية الهضم يتحول اللجنين إلى محلول ملح ذائب من املاح حامض اللجينوسيلفونيك Lignosulphonic acid يذوب في المحلول الهضمي ومنه يفصل اللجنين بترسيبة على صورة ملح لجنوسلفونات lignosulphonale بعملية تمليح بواسطة كلوريد الصوديوم أو بالترسيب على صورة لجنوسلفونات كالسيوم بواسطة ماء الجير أو بالترسيب بواسطة قواعد عضوية مثل الكينولين والنفثالين امين وخلافة.

وفي طريقة السلفات أو الكرافت sulphate process (kraft) يستعمل محلول ٥% من مخلوط كبريتيد الصوديوم والصودا الكاوية لهضم المادة الخشبية وخلال عملية الهضم يتحول اللجنين إلى مخلوط ذائب من اللجنين القلوي alkali lignin والميثولجنين، ويفصل اللجنين من مخلوط الهضم الاسود black liquor بالتحميض بحامض معدني.

اما في طريقة الصودا الكاوية فيستعمل محلول قلوي لهضم المادة الخشبية ويتحول اللجنين إلى ملح لجنات صوديوم sodium lignite ذائب في المحلول ويفصل منه بالتخحميض كما سبق في طريقة الكرفت.

التركيب الكيميائي:

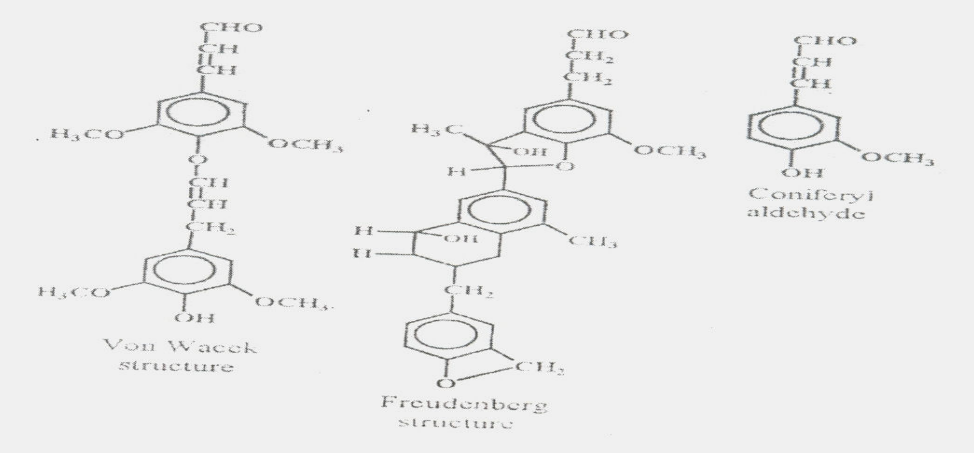
التركيب الكيميائي للجنين لم يثبت بعد بحيث يمكن من وضع رمز كيميائي ثابت له، ووجود عدة رموز كيميائية مقترحة بواسطة فون فاسيك von wacek وفرويد نبريج freudennberg وكلاسون klason وغيرهم يؤكد هذه الحقيقة، والتركيب الاولي الذي تدل علية نتائج التحليل الكمي لعناصر الكربون والايدروجين يختلف تبعًا لمصدر اللجنين وطريقة فصلة، ووجود نسبة عالية من الكربون إلى نسبة منخفضة من الايدروجين في تكوين اللجنين تدل إما على أنه مركيب غير مشبع بدرجة كبيرة أو أن له تركيب عطري وبالرغم من أن وجود الروابط الاليفاتية غير مشبعة قد تم تأكيده فإن وجود المجموعات العطرية أصبح لا يحتاج إلى دليل. وبتطبيق العمليات الكيميائية المختلفة مثل صهر اللجنين مع القلويات أو التحليل المائي القلوي أو بعمليات الاكسدة أو التقطير الجاف أمكن الحصول على مركبات حلقية عطرية مثل بيروكاتيكول، وحامض جاليك والرافانيلين الجواباكول وغيرها كثير.



وأمكن بعمليات تقدير الميثوكسيل من التعرف على هذه المجموعات في اللجنين وعددها وبطرق كيميائية مماثلة يمكن التعرف على كثير من المجموعات الفعالة في الجزئي ووحداته البنائية.

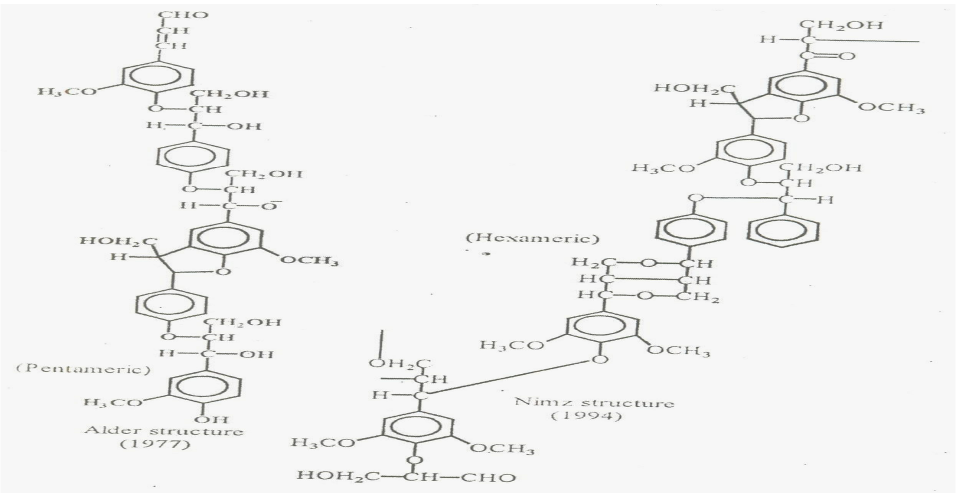
ولقد اصبح من الواضح الآن أن اللجنين يتكون من وحدات بنائية من بروبان

الفنايل المحتوي على مجموعات ايدروكسيل فينولية حرة أو متحدة في الوضع بارًا، ومجموعة ميثوكسيل في الوضع ميتا – بالنسبة للسلسلة الجانبية، ويقترح فرويد نبرج وغيره Freudenberg أن جزئ اللجنين عبارة عن سلسلة طويلة ناتجة عن تكثيف أو بلمرة Condensation or Polymerization الوحدات البنائية السابقة كما في الرموز الآتية:



وتجمعه النظريات والفروض المقترحة لجزء اللجنين على أنه ينبنى على أساس وحدات من بروبان الفينايل التي تحتوي على مجموعة ميثوكسيل واحدة من الجواياسيل guaicyl كما في لجنين معراة البذور coniferous ومجموعتين ميثوكسيل في السرنجيل Syringyl كما في لجنين مغطاة البذور deciduous وهذه الوحادت تصنع مع بعضها السلسلة الطويلة للجزئ عن طريق عمليات التكثيف condensation أو بلمرة polymerization ونظرًا لوجود العديد من المجموعات الفعالة على هذه الوحدات سواء كانت وحدات اليفاتية غير مشبعة أو مجموعات ايدروكسيل محولية اولية وثانوية أو مجموعات كربونيل الدهيدي فإن ذلك يسمح بتكوين التركيب المتفرع والمعقد لجزئ اللجنين نتيجة ارتباط هذه المجموعات عن طريق الروابط الثانوية مثل روابط الأيدروجين والإسيتال والهيمي اسيتال وفان

درفالس.. إلخ يؤكد ذلك أن التكسير الكيميائي لهذه السلاسل المتفرعة والمعقدة يعطى وحدات مجمعة من نوع المونوميرات mononers ثنائية dimmers إلخ واليجو oligomer (alder 1977)، (Nimz 1994) كما يتضح ذلك من رمزى الدروينمز (Nimz 1974).



استعمالات اللجنين:

ادخل اللجنين حديثات في صناعة البلاستيك حيث الحصول على راتنجات صناعية بتكثيف اللجنين مع الفورفورال أو الانيلين أو الفينول.

يستعمل في صناعة المطاط (الصناعي والطبيعي) حيث يكسبة القدرة والمتانة فقد وجد أنه من الممكن أن يصبح بديلًا من الكربون الاسود في هذه الصناعة علاوة على أنه مثبت فعال.

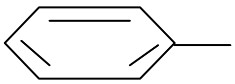
يدخل في صناعة البطاريات وفي تسميد التربة حيث يعزى إليه تكوين مادة الدبال في التربة humus أيضًا في صناعة الراتنجات المستعملة في التبادل الأيوني وكمرسب للانزيمات والبروتينات في محاليلها المائية فيستعمل لترسيب البروتين من عصير القصب والمحاليل المختمرة وشرش اللبن.

للحامض لجنوسلفونيك واللجنين القوي تأثير ضعيف في الدباغة كما يستعملان في صناعة حبر الطباعة.

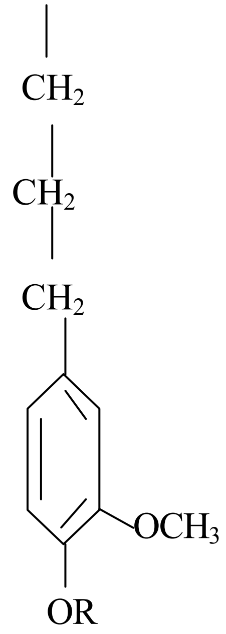
اللجنين في الطبيعة Lignin:

يوجد اللجنين في الأنسجة الخشبية كالقوالح، وقشور البذور، والجذور، والسيقان، والأوراق وهو مركب معقد في تركيبه الكيميائي، وعديم الهضم تقريبًا وعن تركيبه الكيميائي فلا يزال غامضًا، ورغم الاختلاف في التركيب الكيميائي للجنين. إلا أن الأنواع المختلفة منه كلها تحتوي على التركيب الأساسي.

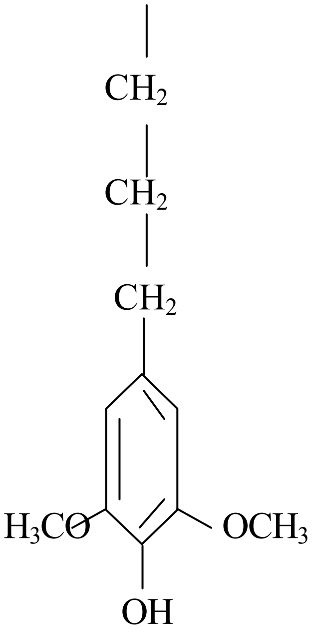
Phenyl Propane

 $CH_2 - CH_2 - CH_3$

أما عن النواة العطرية فقد تحتوي أو لا تحتوي على مجموعة أو أكثر من مجموعات الـ CH_3O Methoxy لهذا التركيب الكيميائي للجنين، والذي يحتوي على مجموعة ميثوكسيل واحدة يسمى أحادي اللجنين Lignin Monmer أو"جوايا كابل"ويوجد في لجنين النباتات معراه البذور، أما التركيب الآخر الذي يحتوي على مجموعتين ميثوكسيل.. يسمي"سيرانجايل"ويوجد مع التركيب الآخر"جواياكايل"في لجنين النباتات المغطاة البذور.



جواياكايل



سيرانجايل

واللجنين عامة مقاوم شديد للتكسير بالكيماويات أو الانزيمات، وكلما زاد عمر النبات أصبحت الجدر النباتية ملجننة Lignified وبالتالي يصعب جدا هضم هذه الأنسجة.

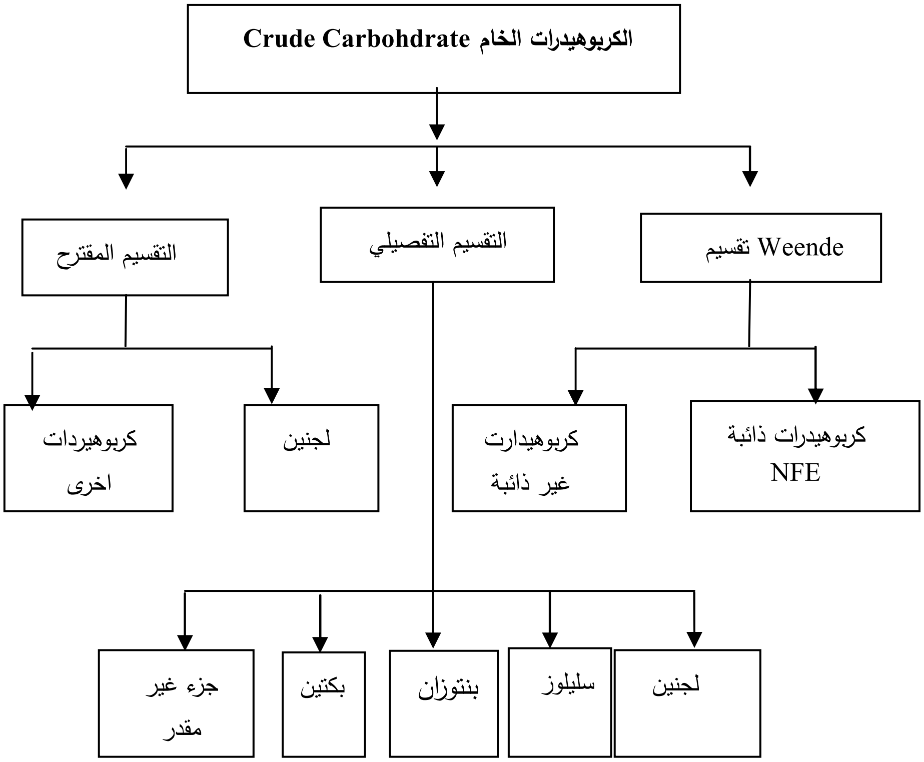
ويحتوي الدريس وأنواع القش على نسبة عالية من اللجنين لذلك فهي قليلة الهضم ويعطي كل جرام من اللجنين ٦,٢٧٧ كيلو كالوري عند حرقه، أي يعطي حرارة أقل من الدهن وأعلى من البروتين، وبعد تحضير عينات نقية من اللجنين من مواد العلف المختلفة ثبت أن هذه العينات تتقارب في محتواها من نسبة الميثوكسيل، وتحتوي في المتوسط على ١٨% من الميثوكسيل (OCH_3) وقد استخدمت هذه الخاصية في التقدير باستخدام الحامض المركز H_2SO_4 ٧٢% وضرب الكمية الناتجة في عامل ثابت أو Factor هو ١٠٠/١٨ =٥,٥.

وعند تحضير اللجنين نجد أن جزء منه لا يذوب في H_2SO_4 (٧٢%) ويسمي "غير الذائب"ويذوب جزء آخر في هذا الحامض المركز، ويسمي اللجنين الذائب وبإجراء مقارنة بين المصادر المختلفة. وجد أن أغلب لجنين الخشب لا يذوب في الحامض، أما في مواد العلف فأنها تختلف في النسبة بين اللجنين الذائب واللجنين غير الذائب. وقد ثبت من تجارب الهضم أن اللجنين غير الذائب لا يهضم بالمرة، بينما يهضم جزء قليل من اللجنين الذائب، كذلك ثبت أن لجنين البقوليات يقاوم الإذابة بالقلوي، لذلك نجد أن أغلب لجنين تبن الفول يتركز في الألياف الخام. أما المواد النجيلية فإن أغلب اللجنين بها يذوب في القلوي. وبذلك يتركز أغلب اللجنين بها في المستخلص الخالي من الأزوت. يتضح أن اللجنين يتوزع جزء منه في الألياف الخام، وجزء آخر يوجد مع الكربوهيدرات الذائبة، وحيث أن اللجنين مادة عطرية Aromatic ولا تتبع الكربوهيدرات، ولا يهضم منه إلا جزء قليل جدًا لذلك فإن الاتجاهات الحديثة في التحليل الغذائي تتجه إلى فصل اللجنين وحده كما اقترح أبوريه (١٩٥١)، وعزره ريد (١٩٥٣)، مما يؤدي إلي تقسيم الكربوهيدرات من وجهة النظر الغذائية، خاصة بعد معرفة مكانة وأهمية اللجنين وأهميته كمركب كيميائي يوجد في بعض مواد العلف.

تشتمل المادة الغذائية على (٦) مركبات غذائية هي الرطوبة، الرماد الخام، البروتين الخام، الدهن الخام، الألياف الخام، والمستخلص الخالي من الأزوت ومن الوجهة الغذائية فقد قسمت الكربوهيدرات الخام الي كربوهيدرات ذائبه، وأخري غير ذائبه وذلك في محاليل حامض H_2SO_4 (١,٢٥%) والغليان نصف ساعة، ثم في محاليل NaOH (١,٢٥%) والغليان نصف ساعة أخري، وسمي هذا التقسيم تقسيم Weende وفيه عرف الجزء غير الذائب في المحاليل السابقة بأنه الألياف الخام Crude Fiber (CF) وعرف الجزء الذائب في المحاليل نفسها بـ المستخلص الخالي من الآزوت Nitrogen Free Extract (NFE)، بعد ذلك أمكن تحليل

الكربوهيدرات الخام الي مكاناتها التفصيلية من: لجنين، سيليلوز، بنتوزان، بكتين، جزأ آخر غير مقدر، على أن يكون مجموع هذه المكونات مساويا لمجموع NFE + CF.

ونظرًا لاختلاف البناء الكيميائي للجنين عن البناء الكيميائي لبقية الكربوهيدرات بسبب تركيبه العطري، ونظرًا لاختلاف قيمته الحرارية عن القيمة الحرارية للكربوهيدرات.. فقد رؤي تقسيم الكربوهيدرات الخام إلي:لجنين وكربوهيدرات أخري، وسمي هذا بـ"التقسيم المقترح"عن أبوريه (١٩٥١) وعززه ريد(١٩٥٣) والتلتي (١٩٧٣)، وأبوريه والتلتي(١٩٧٦)، ويمكن تلخيص هذه المقترحات المختلقة في الرسم التالي:



أمكن فصل اللجنين إلي جزء ذائب، وآخر غير ذائب في H_2SO_4 (٧٢%) وفي عام ١٩٧١ استحدث العالم Van Soest نظاما آخر لتحليل الكربوهيدرات الخام يعتمد على فصل مكونات الخلايا عن جدرانها، وذلك باستخدام محاليل تختلف في درجة الحموضة:حيث سمي الجزء من الكربوهيدرات الذي يتبقي أو ينفصل بمحلول متعادل باسم Neutral Detergent, Fiber, NDF كذلك سمي الجزء الذي ينفصل، أو يتبقي بعد الغليان لمدة ساعة في محلول حامضي باسم Acid Detergent Fiber , ADF وبمعاملة الجزء الأخير ADF بمحلول حامض كبريتيك ٧٢% فتبقي جزء من اللجنين سمي Acid Detergent Lignin (ADL)، هذه الأجزاء الثلاثة التي انفصلت بمحاليل مختلفة الحموضة هي:

جدول رقم (٧)

NDF	لجنين + سليلوز + هيمي سليلوز + جزء من الرماد
ADF	لجنين + سليلوز + جزء من الرماد
ADL	لجنين + جزء من الرماد

يمكن تقدير المكونات الثلاثة اللجنين، السليلوز، الهيمي سليلوز كما يلي:

الهيميسليلوز = ADF – ADF

السليلوز = ADL – ADF

وكل من هذه الأجزاء التي تتخلف منها ADL, NDF, ADF ذات تركيب غير ثابت، ويختلف من نبات لأخر، ويختلف أكثر مع المكونات المأخوذة من الروث ويجب أن تقتصر طريقة فإن سوست للتوصيف النباتي على المواد الخضراء فقط. دون التجاوز الذي أطلقه بعض الباحثين على هذه المركبات من روث الحيوان

ودون استكمال الدراسات الخاصة بالتركيب التفصيلي لكل مركب في النباتات المختلفة الخضراء، ومقارنة النتائج بين الروث والنبات المأخوذ منه.

ونظرًا لاستخدام مواد كيميائية تستخدم في عمل المنظفات الصناعية في التحليل السابق فقد سمي هذا النظام بالـ Detergent System وأحيانا يسمي بإسم العالم الذي استخدمه Van Soest System ويتناوله الأمريكيون بإسم Crude Fiber System وكلها معان تؤدي إلى معنى واحد.

من المعروف أن الألياف الخام هي مركبات غذائية تحتاج إلى مجهود كبير في قضمها وهضمها مما ينقص من الاستفادة من الغذاء، خاصة في المجترات حيث وجد أن هناك ارتباطًا سالبًا بين الألياف الخام وهضم المادة العضوية في الغذاء، مما دعا إلي خصم جزء من القيمة الظاهرية للغذاء أو لمادة العلف، وهذا الجزء يتناسب طرديا مع نسبة الألياف في الغذاء والألياف الخام عديمة الفائدة من حيث قيمتها الغذائية للدواجن، حيث أن الدواجن لا تهضمها، ولكن بعض البكتريا التي توجد في القناة الهضمية للحيوانات المجترة والخيل تؤثر على الألياف الخام وتحللها، وبذلك يمكن أن تستفيد هذه الحيوانات من التغذية على مواد العلف الخشنة، أي التي تحتوي على كثير من الألياف الخام.

ويبين الجدول معامل هضم الألياف الخام بالنسبة لمختلف حيوانات المزرعة نقلًا عن Mangold الذي وجد أن الإنسان لا يهضم سليلوز الدريس، ولكنه يمكن أن يهضم سليلوز بعض الخضر الورقية وعمومًا تنحصر أهمية الألياف فيما يلي:

تعتبر كغذاء ماليء للمعدة لتشعر الحيوان بالشبع الفسيولوجي.

تعطي قواما للعليقة، خاصة إذا كانت العليقة مركزة، حتى تمتلئ بها القناة. الهضمية فيسهل إفراز العصارات الهاضمة نتيجة احتكاك الكتلة الغذائية بجدرانها.

ج- الألياف كمادة عضوية غير مهضومة يمكن أن تتشبع بالماء، وتحتفظ به

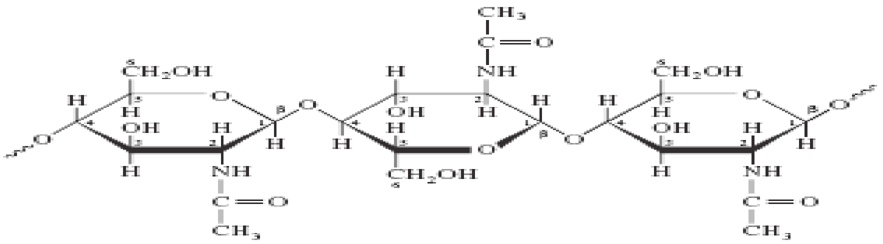
وبالتالي تجعل الفضلات الناتجة في حالة رطوبة، يسهل انزلاقها خارج القناة الهضمية، وبذلك يكون للألياف تاثير فسيولوجي منظم لعملية الإخراج، خاصة في الحيوانات الوحيدة المعدة Mono gastric.

جدول رقم (٨):هضم الألياف في الإنسان والحيوانات المختلفة

النوع	مكان هضم الألياف	معامل هضم الألياف
الإنسان	الأمعاء الدقيقة والغليظة	٢٥ – ٦٢
الحيوان المجتر	الكرش	٥٠ – ٩٠
الحصان	الأعور	١٣- ٤٠
الخنزير	الأعور	٣ – ٢٥
الأرنب	الأعور	٦٥ – ٧٨
الفأر	الأعور	٣٨ – ٤٦
الكلب	الأعور	١٠ – ٣٠
الدجاج	الأعور	٢٠ – ٣٠

٥- الكيتين Chitin:

يعتبر ثاني المركبات العضوية من حيث الإنتشار على سطح الأرض، حيث يمثل جزء رئيسي من تركيب الحشرات والقشريات وكذلك في الجدر الخلوية للطحالب والفطريات. ومن الناحية التركيبية فهو يشبه السليولوز في التركيب البنائي حيث أن الروابط بين وحداته هي روابط جليكوسيدية من نوع بيتا ١ – ٤ تربط بين وحدات أسيتيل جلوكوز أمين N-Acetyl glucosamine.



ويتواجد الكيتين عامة مرتبطا مع مركبات أخري غير كربوهيدراتية مثل البروتينات أو مركبات أخرى غير عضوية.

أكثر مكون تركيبي في البيولوجيا الكيتين chitin وهو مشابه جدًا للسليلوز في التركيب الأولى/الابتدائي والثانوي والثلاثي tertiary. الاختلاف الوحيد بين الكيتين والسليلوز هو أن C-2 hydroxy group لل glucose monomers تحل محلها $NH\text{-}CO\text{-}CH_3$ وبالتالي تكون الوحدات المتكررة N-acetyl-D-glucosamines الكيتين هو المكون الاولى لجدر خلايا الفطريات والهيكل العظمي الخارجي للمفصليات arthropod exoskeletons بالرغم أن النباتات الراقية لا تحتوي عامة على كيتين فإن chitinase هو بروتين الدفاع النباتي الشائع a common plant defese protens.

٦- الانيولين Inulin:

الانيولين عبارة عن سكر عديد يتكون من وحدات م- فراكتوز إلا أنه يوجد به آثار من الجلوكوز يوجد كمخزن للكربوهيدرات في درنات الطرطوفة ونبات الداليا والخرشوف (العائلة المركبة) حيث أنه يحل محل النشا في هذه النباتات، وتكون وحدات الفركتوز في حلقة فيرانوز.

٧- الكالوز Callose:

الكالوز هو بيتا -١،٣ جلوكان β-1.3 glucan مشابة للسليلوز وهو مكون بلمري مهم في الصفائح المثقبة لانابيب اللحاء sieve plants of phloem tubes والكالوز ينتج خلال شفاء جرح الانسجة النباتية الممزقة wound healing of damaged plant tissues.

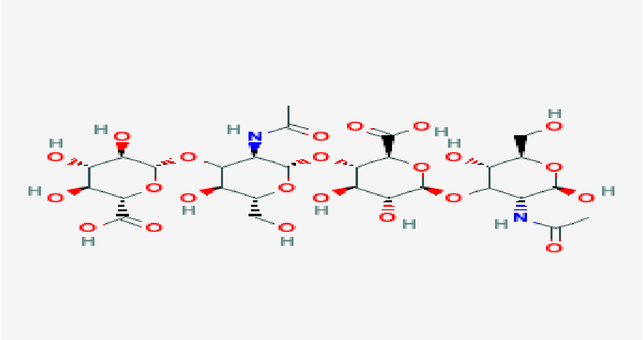
سكرات عديدة غير متجانسة Heteroglycans or Heteropolysaccharides

١- حمض الهاليورنيك Hyaluronic acid:

سكر عديد غير متجانس يتواجد بكثرة في الحيوانات حيث يعتبر من اهم المكونات بين الخلوية في الخلايا الحيوانية بشكل عام، فالشخص البالغ الذي يزن

حوالي ٧٠ جرام يحتوي جسمه على حوالي ١٥ جرام من حمض الهاليورنيك.

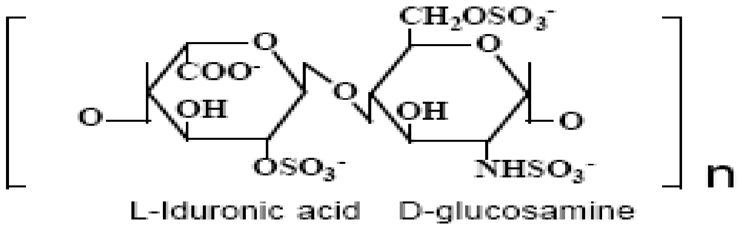
ويتكون هذا السكر العديد غير المتجانس من وحدات سكر الأسيتيل جلوكوز أمين β-N- Acetyl glucosamine مرتبطة بروابط بيتا ١ – ٣ وبيتا ١ – ٤ بالتبادل مع وحدات حمض الجلوكويورنيك Glucouronic acid ونسبة تواجدهما ١:١.



ومن وظائفه الحيوية الهامة أنه يتواجد بكميات كبيرة في الغشاء الزجاجي للعين وفي السائل المزلق بين المفاصل، وتتمثل وظائفه الحيوية في إنه يعتبر مادة بنائية، كما انه يعتبر مكون هام في الجلد Skin، كما وجد أنه يوجد بكمية كبيرة في مخ الفئران الصغيرة غير البالغة وتقل كميته بعد البلوغ مما يشير إلي دوره في عملية تطور المخ.

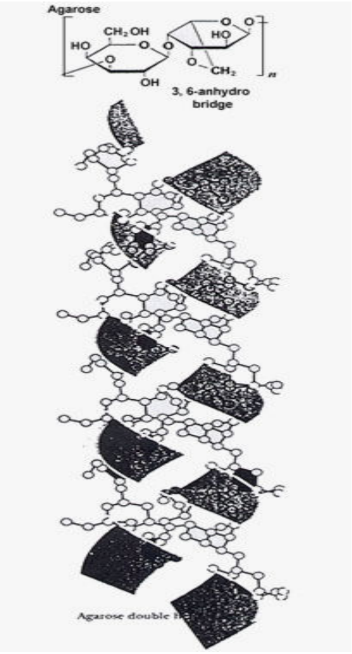
٢ – الهيبارين Heparin:

يتكون الهيبارين من وحدة كبريتات حمض الجلوكويورونيك Glucouronic acid 2 – sulfate ووحدة جلوكوز أمين ثنائي الكبريتات مرتبطين مع بعضهما برابطة جليكوسيدية من نوع ألفا ١– ٤، ويتراوح وزنه الجزيئي من ٣ إلي ٣٠ كيلودالتون.



وهو سكر عديد ينتشر في الخلايا الحيوانية حيث يوجد في خلايا الكبد والطحال والدم، ومن الناحية البيولوجية فهو يلعب دورا هاما في منع تجلط الدم لما له من نشاط مضاد لتجلط الدم في الإنسان والحيوان.

٣- Alginates:



مجموعة اخرى من تركيبات الكربوهيدرات التي تنتج شرائط مرتبطة هيدروجينيًا ممتدة extended hydrogen-bonded ribbons هي الالجينات the alginates of الطحالب البحرية البنية اللون marine brown algae وهي تشمل:

.Poly (B-D-mannuronate)

.Poly (α-L-guluronate)

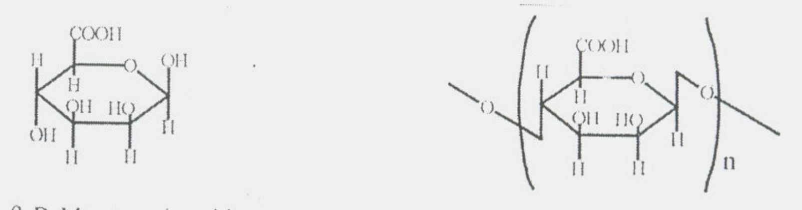
وهي عبارة عن رابطة بيتا ١، ٤ مع سلاسل B-D-mannuronic acid and α-L- guluronic acid، الطحالب الحمراء البحرية Marine red algae تحتوي تركيب البولي سكريد آجار The structural polysaccharide agar والتي تتكون من مكونين: أجاروس Agaros وأجاروبكتين Agaropectin.

يتركب الاجاروس من بدائل D-galactose and 3.6-anhydro-L-galactose مع سلاسل جانبية من متبقيات 6-methyl-D-galactose residues

والآجاروبكتين مثل الاجاروس ولكن يحتوى اضافة سلاسل جانبية استر سلفات، D-glucuronic acid. التركيب الثلاثي للأجاروس هو لولب أو حلزون مزدوج double helix مع ما يسمي محور لولبي ثلاثي الأضعاف threefold screw التجويف المركزي the central cavity لهذا الحلزونية المزدوج double helix ممكن يلائم جزيئات الماء accommodate H_2O molecules، كل من الاجاروس والاجاروبكتين تكون بسرعة جل gels تحتوي كميات كبيرة من الماء (حتى ٩٩.٥%).

٤- حمض الالجنيك Algenic acid:

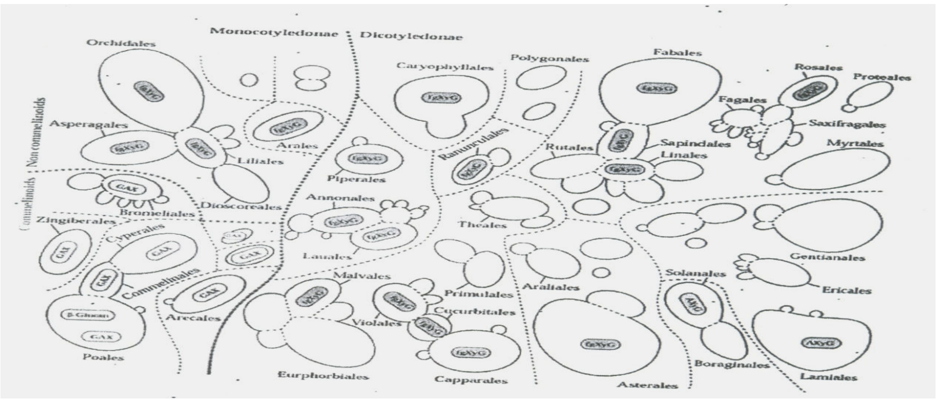
حمض الالجنيك هو عبارة عن سكر عديد يوروني يتكون من وحدات من حمض مانويورونيك في صورة سلاسل غير متفرعة ترتبط مع بعضها بروابط بيتا ١-٤، ويوجد في الطحالب البحرية وخاصة الطحالب البنية.



β-D-Mannuronic acid   Algenic acid

خواصه:

لا يذوب في الماء ولكن املاحه تذوب وتسمى الجينات الصوديوم، وتكون محاليل سميكة لذلك يستعمل في الصناعة كمواد استحلاب كما يستعمل في الصناعات الغذائية.



شكل رقم (٩) Agarose double helix

٥- الصموغ Gums:

معظم الصموغ المستعملة في الغذاء ومنتجات الصناعة عبارة عن مشتقات كربوهيدرات، منذ الآف السنين chewed قبائل المايانز والازوتيك Mayans and Aztecs تمضغ الصمغ من the dried sap of the Sapodilla tree المعروفة بـ chicti. ويطلق عليها chicle في الولايات المتحدة ومنذ ١٨٨٠ يباع كـ Yucatan gum بعد خلطه وتوليفته مع شراب الذرة والنعناع corn syrup and pepper mint. والصموغ هي بولي سكاريذر تحتوي سكرات حامضية احادية sugar acid monomers مشابة إلى بلمرات جدار الخلية هيمى سليلوز وبكتينات وتتكون في جروح عديد من النباتات الخشبية ويبدو انها متضمنة في أحكام اغلاق الجروح sealing wounds.

الصموغ والهلاميات:

هناك العديد من النباتات لها القدرة على تكوين الصموغ على القلف وذلك عند جرحها أو اصابتها بالحشرات، وهو افراز نباتي معين يحتوي على سكر عديدي وعليه يمكن جمع هذه الافرازات وتجفيفها حيث يكون لها القدرة على امتصاص الماء وتتحول إلى كتلة لزجة كذلك يباع بشكل تجاري كمواد لاصقة ومنها الصمغ العربي.

الصمغ العربي:

ينتج الصمغ العربي على قلف اشجار السنط التي تنمو في الأماكن الحارة ويستعمل كعامل استحلاب أو عامل لزوجة، وقد أُجريت عليه مجموعة كبيرة من الدراسات لأهميته الصناعية وهو ناتج بلمرة حمض الارابيك arabi acid على درجة عالية من النقاوة، بالتحليل المائي يعطي سكرات جلاكتوز، ارابينوز، حمض جلوكويورنيك ورامنوز. التحليل المائي الجزئي له يعطي حمض الالدوبيونيك Aldobionic acid الذى يتكون من جلاكتوز وحمض جلوكويورونيك.

تطبيقات على الأغذية Food applications:

احد أهم شئون الصحة والتغذية حاليًا الياف الغذاء غير المهضومة non-digestable dietary fiber تسمي المواد المعدلة للرطوبة/المياة water modifying substances هبدروجيل hydrogels في علوم الأغذية.

وتعرف البروتينات بجيلاتين gelatin ويتحصل عليها من الغليان، تحليل الجلد، والاربطة ligaments، الاوتار tendons، العظام – إلخ ولها نفس الخواص. ويمكن تلبية هذه الاحتياجات من نشا النباتات والبكتينات والصموغ ومشتقات الاجار، وكاراجينات carrageenan (من الطحالب الحمراء، مستنقع مكسو بالطحالب Chondrus crispus or Irish moss) وجميع الكربوهيدرات. وتستخدم المكثفات والمثبتات thickeners and stabilizers في العديد من الأغذية، تشمل الآيس كريم، جيللي، بودنج، كثير من منتجات الأغذية المجهزة حديثًا. تستخدم الصموغ كغطاء العديد من المخاليط الفورية المباشرة أو العاجلة instant mixes لتقليل امتصاص المياه من الجو المحيط ولهذا يقل تكتل المخاليط clumping of the mixes الكربوهيدرات غير المهضومة Non-digestable carbohydrates خاصة الذائب في الماء لها أهمية كبيرة في الغذاء الآدمي والتغذية، وتشمل معظم

الكربوهيدرات التي درست وذكرت في هذا الجزء من الكتاب عدا النشا وكثير من السكرات البسيطة، ويعمل مصنعي الأغذية على تعديل النشا للتقليل من هضمة.

المخلفات الزراعية: **Agricultural disposals**

تشمل المخلفات الزراعية في مصر حطب الذرة واتبان القمح والشعير وعروش بنجر السكر ومخلفات الخضروات.. إلخ وتبلغ جملة المخلفات الزراعية في مصر ٣٣.٥ مليون طن سنويًا منها ١٥.٦ مليون طن يتم الاستفادة منها ويتبقى ١٨ مليون طن لايستفاد منها وتحرق، ويوجد فقد في المحاصيل الزراعية المخزونة حوالى ٤٠% من مهاجمة الفئران وهي تتلف أكثر مما تاكل، ويوجد فقد أخر في الخضر والفاكهة في مراحل الجمع والنقل والتخزين توازى محصول أربعة مليون فدان من أجود الأراضى تمثل ٢٠-٣٠% من الإنتاج.

تدرس وزارة الزراعة حاليًا اعداد محطات لمعاملات ما بعد الحصاد من غسيل وتدريج وتعبئة والتخزين في المبردات ومن الممكن انشاء هذه المحطات في صورة اتحادات تعاونية نوعية يمتلكها المنتجون ويقوم عليها شباب الخريجين بعد التدريب الكافي مشيرًا إلى أن هذه المحطات ستوفر نحو ٩٠% من الفاقد الذى يتراوح ما بين ٢٠ إلى ٣٠% سنويًا ويمكن أن ترقى بجودة الخضر والفاكهة الطازجة سواء وجهت للسوق المحلى أو للتصدير بحيث تغطى تكلفتها في فترة زمنية قصيرة بالاضافة إلى ما توفره من فرص عمل كبيرة على مستوى الجمهورية.

٢٥% من حجم المخلفات التي لا يتم الاستفادة منها هي قش الأرز وحطب الذرة وبقايا مخلفات القمح والطماطم وقصب السكر وبقايا المحاصيل والخضر والفاكهة وهي ثروة من المخزون الغذائي يمكن الاستفادة منها كأسمدة لرفع خصوبة التربة وزيادة المحتوى النيتروجينى والعضوي لها، وتمثل تدوير مخلفات المحاصيل الزراعية الحقلية ثروة قومية لمصر يجب استثمارها ونجد أن المتوسط السنوي لكميات قش الارز تصل إلى ٣,٥ مليون طن، وتبن القمح ٦.٩ مليون طن، حطب الذرة

٣,٤ مليون طن، وحطب القطن ١.٦ مليون طن. وهذه المخلفات الزراعية تعادل بالحساب الاقتصادي اكثر من ثلاثة مليارات جنيه، ٥٠% من المخلفات الزراعية بها مكونات عضوية تحتوي على ٣٦٠ الف طن أزوت تساوى ٦٧٥ مليون جنيه، ٥٨ الف طن فوسفور قيمتها ٧٧ مليون جنيه، ٣٧ الف طن بوتاسيوم قيمتها ٣٧٩ مليون جنيه واجمإلى قيمة المخلفات الزراعية ٣,٤ مليار جنيه وممكن أن يستفاد منها في انتاج الوقود الحيوي خاصة السليلوزى.

تعتبر نواتج النباتات وبقاياها مثل سوقها اوراقها وكذلك نواتج الحيوانات من أهم المصادر الطبيعية للمواد التي يستغلها الانسان للحصول على احتياجاته سواء لغذائة أو كسائة أو لاستعمالها في الوسائل العديدية لرفاهيته، وفي الحقيقة تمدنا النباتات والحيوانات بغالبية هذه المواد منذ وجودها، ولكن استغلال هذه المواد وكيفية الاستفادة منها قد تطور وارتقى بتقدم العلم الذي كشف عن تركيبها وساعد على الاستفادة منها، فأمكن الحصول على المواد التي تستخدم في الأغراض الطبية وعلى المنتجات التي تستخدم في الاغراض الصناعية من عصارات النباتات ومن اجزائها المختلفة ومن الحيوانات ومخلفاتها التي كانت تعبر في وقت من الأوقات مواد معملة لا قيمة لها، وعلى أنه يوجد الكثير من بقايات النباتات مازال قليل القيمة الاقتصادية مثل بقايا الحاصلات الزراعية التي تنتجها المزرعة سنويًا كحطب القطن والذرة وقش الارز وتبن القمح الشعير وقوالح الذرة وكثير غيرها، وتسمى هذه البقايا عادة مخلفات المزارع farm byprodcuts ويدخل ضمن هذه المخلفات الحشائش والنباتات البرية، ولم يكن لمعظم مخلفات المزرعة قيمة تذكر إلى وقت قريب، ذلك لعدم دراسة تركيبها وعدم الخبرة في الاستفادة منها، اما الآن فقد اصبحت هذه المخلفات من مصادر الخامات المهمية لكثير من الصناعات الكيميائية فأدخلت في صناعات الألياف (صناعة الورق والخشب الحبيبي والحرير الصناعي) وفي صناعة البلاستيك وصناعة الورنيشات

والمذيبات العضوية وكثير غيرها من الصناعات الهامة التي تعمل على رفع مستوي الشعوب والنهوض بحياتها، وفي الحقيقة بدأ البحث في استغلال هذه المخلفات يتخذ صورة منظمة منذ سنة ١٩٣٥ عندما اقترح جماعة من علماء الكيمياء والزراعة والصناعة تحسين حالة المزارع بالعمل على الاستفادة من مخلفات المزرعة في الصناعات الكيميائية للحصول على منتجات غير غذائية واطلق على هذا النوع من الدراسة لفظ كيمورجي Chemourgy ويشمل هذا العلم الآن على الدراسات التي تبحث في تصنيع المواد الخام الزراعية بوجه عام وذلك ببحث تركيبها ومدي صلاحيتها للاستغلال الصناعي، وقد اهتمت كثير من الدول بهذا النوع من الدراسة والبحث وانفقت عليها بسخاء، فأنشأت الولايات المتحدة الامريكية اربعة محطات للبحث والتجريب لهذا الغرض واهتمت كليات الزراعة في اكثر الجامعات بتخصيص فرع من أقسام الكيمياء للمساهمة في هذه الدراسة، وقد كان لقسم الكيمياء بكلية الزراعة – جامعة القاهرة فضل السبق ففى دراسة مكونات كثير من مخلفات المزرعة المصرية مثل حطب القطن والذرة وقوالح الذرة وقش الارز وتبن القمح والشعير ومصاصة القصب وجريد النخل ومخلفات مصانع غزل القطن بجانب بعض المحاصيل الثانوية الكهار التي توجد زراعته في الأرض المحلية وحديثة الاصلاح وكذلك بعض الحشائش البرية كالتيفا (التى يطلق عليها مجازاً اسم البردي).

وقد اتجهت الجهود في جمهورية مصر العربية في وقتنا الحالي إلى دراسة مخلفات المزرعة من ناجية صلاحيتها للاستغلال الصناعي بعد أن اصبحت الحاجة ماسة إلى الاستفادة من جميع الموارد الطبيعية اشد إحتياجات النهضة الصناعية وما يتطلبة ارتفاع مستوى المعيشة من مستلزمات وساعد هذه الاهتمام أيضًا السياسة الاقتصادية التي تهدف إلى رفع مستوى المزارعين والعمل على زيادة دخل المزرعة والعمل بالتالي على زيادة الانتاج القومي والاكتفاء الذاتي وتوفير جانب من العملة

الصعبة وغير ذلك من المزايا، وكان من نتيجة ذلك أن قامت فعلًا عدة صناعات ناجحة على مخلفات المزرعة المصرية فانشئ مصنع الورق.

التابع لشركة راكتا بالاسكندية على مخلفات قش الأرز والبوص ومصنع لب الورق من مصاصة قصب السكر في ادفو ومصانع الخشب الحبيبي من ساس الكتان بطنطا وفارسكور ومن مصاصة القصب في كوم امبو.

استغلال المخلفات وتصنيعها:

تنتج المزرعة المصرية كميات وافرة من بقايا النباتات تزيد عن ٣٥ مليون طن سنويًا كلها مخلفات سليلوزية يمكن الاستفادة منها على مدى واسع في كثير من الصناعات على ما سبق ذكره. وفيما يلي جدول يبين تحليل بعض هذه البقايا.

جدول رقم (٩)

المصدر	الرطوبة %	الرماد %	البنتوزان %	السليلوز الخام %	مكونات السليلوز			لجنين ومواد اخري
					الفا	بيتا	جاما	
سمار	٩,٧	٥,٩	٢٤,٧	٥١,٩٨	٦٤,١	٢٥,٩	٩,٠	٨,٠
تيفا	١٠,٤	٦,٦	١٩,٣	٢٦,٥٢٥	٨٠,٠	٧,٠	١٣,٠	٢٥,٠
تبن القمح	٧,٤	٩,٤	٢٧,٨	٤٢,٣٢١	٤٨,٧	٣٣,٨	١٧,٥	١٢,٠
تبن الشعير	٨,٣	١٠,١	٢٣,٣	٤٢,١١٦	٤٨,٠	٢٥,٦	٢٦,٤	١٦,٠
جريد النخل	١٧	٣,٩	١١,٣	٤٧,٠٢٠	٦٩,٩	٢٧,٤	٢,٧	٢٠,٠
مصاصة القصب	٩,٣	٢,٧	٢٨,٣	٣٥,٨٢١	٥٣,٢	١٣,٢	٢٣,٦	٢١,٠
حطب القطن	١٠,٦	٤,٣	١٣,١	٣١,٩٢٥	٢٨,٤	١٦,٦	٢٥,٠	٢٥,٠
قش الأرز	٧,٩	٢٤,٣	١٩,٣	٣٨,٢١٠	٦٩,٨	٦,٨	٢٣,٤	١٠,٠
حطب ذرة	٩,٨	٩,٥	١٣,١	٣٢,٠٢	٥٨,١	٢١,١	٢٠,٨	٢٠,٠
قوالح ذرة	١٠,١	٢,٥	٢٦,٨	٣,٠٠٣	٥٧,٠	١٧,٧	٢٥,٣	٣٠,٠

ويمكن استخدام هذه المخلفات أيضًا كمادة أساسية في صناعة البلاستيك أو كمواد مالئة في هذه الصناعة، كما يمكن الاستفادة من قوالح الذرة لإنتاج أنواع من

البلاستيك يمكن تشكيله لأغراض مختلفة وذلك استعمال قشرة الفول السوداني مع بعض البروتينات في انتاج نوع من البلاستيك امكن تشكيلة على صورة فلين صناعي وقد استخدم هذا الانتاج فعلًا لسد النقص من الفلين في الولايات المتحدة الامريكية اثناء الحرب العالمية الثانية كما تستخدم مخلفات مصانع الغزل في انتاج رايون الفسيكوز (الحرير الصناعي) وخلات السليلوز وغيرها أو تستخدم هذه المخلفات لإنتاج علف للحيوان غني بالمواد البروتينية باستعمال أنواع خاصة من الخمائر تنمو على السكرات الموجودة في هذه المخلفات وتزيد من نسبة المواد البروتينية بها، كما تعتمد كثير من صناعات التخمر على السكرات العديدية التي توجد في بقايا النباتات كمصدر لنمو الكائنات الدقيقة ولانتاج كثير من المركبات الكيميائية مثل الكحولات والأحماض والكيتونات، وعادة تستعمل هذه المخلفات بعد اجراء التحليل المائي لها لجعل السكرات الاحادية تنفرد وتصبح صالحة للاستعمال بواسطة الكائنات الدقيقة بقدر انتاج الطن من قوالح الذرة بعد تحليلة مائيًا بحامض الكبريتيك بحوالي ١٣٥ رطل من الزيلوز المتبلور، ٢١٤ رطلًا من الفوروزال وهو من المذيبات العضوية المهمة، ٤٤ جالون من كحول الايثانول، ويقدر انتاج الطن من مصاصة القصب تحت نفس الظروف والمعاملات بحوالي ٩٨% رطلًا من الزيلوز، ١٥٥ رطلًا من الفورفورال، ٤٠ جوالنًا من كحول الايثانول، وهنا يجدر الاشارة إلى الدراسات والابحاث التي اجيت على المخلفات الزراعية وبعض الصناعية والتي يمكن استعمالها صناعيًا بصورة قد تسهم في اقتصاديات البلاد.

أُجريت دراسة على شعر لوز القطن المستبقى في الحقل بعد جني الحصول بسبب عدم التفتح وامكانية استعماله في صناعة الرايون أو الفيسكوز أو الورق كقطن طبي، كما امكن الحصول على زيت من بذرة القطن المختلفة بعد حلج الشعر واستعمالة في الصابون استعمال الكسب المتخلف في علف الحيوان، وبذلك يتم

التخلص من ديدان اللوز بطريقة عملية نظيفة وليس عن طريق الحريق والذي أدى ويؤدي دائمًا إلى تلوث البيئة.

وعلي نسق هذه الأمر أُجريت دراسة على مخلفات محالج القطن فيما يسمي بالكرتة والتمشيطية والسكرتو) وبجانب استخدامها في التنجيد والحشو امكن تحويلها إلى فيسكوز (حرير صناعي) وإلى قطن طبي (وإلى الواح الفا سليلوز بدلًا من استيرادها) من الخارج، كما أمكن تحويلة إلى مشتق كربوكسي ميثايل سليلوز اللازم لحفارات البترول.

أُجريت دراسة في المركز القومي للبحوث على امكانية تعطين حطب القطن بدلًا من حرقة والحصول منه على الياف جيدة تدخل في الدوبارة والحبال والاكياس والزكائب.

تستخدم مخلفات مصانع النشا والبيرة في صناعة علف حيواني وعلف دواجن.

استخدمت المخلفات الزراعية مثل حطب القطن وحطب الذرة ومصاص القصب في ناتج خشب حبيبي أو في صناعة لب الورق ولدينا نموذج في الوحدات الملحقة بمصانع السكر في ادفوا وابو قرقاص والمنصورة (من ساس الكتان) فلم لا تقام هذه الصناعات على صورة وحدات صناعية صغيرة تلحق بالمثائع الكبيرة لسكر القصب كما يمكن اضافة وحدة استخلاص شمع القصب من الطينة التي تنتج عن الترشيح الاولي للعصير علمًا بأن صفات هذه الشمع تماثل صفات شمع الكارنوبا الذي نستورد منه كميات كبيرة.

أُجريت بحوث على استخدام جريد النخيل في انتاج نوع من الخشب يماثل خشب الكونتر المستورد بدلًا من استعماله في صناعة الأقفاص التي عفا عليها الزمن واستبدلت بأقفاص بلاستيك، وكذلك استخدامه في لب الورق واستخدم الكارينة في الألواح العازلة للصوت والحرارة.

أُجريت دراسة على تنقية زيت رجيع الكون بعد ضرب الأرز لخفض حموضته

وتحويلة إلى زيت صالح للإستهلاك الآدمي لمواجهة سد النقص في الزيت الذي تعاني البلاد وهذه الصناعة قائمة في اليابان منذ زمن بعيد وليست جديدة.

أُجريت الدراسة على احطاب الذرة وقش الارز ومعاملتها بالامونيل لرفع نسبة النتروجين بها وتحويلها إلى علف حيواني أو بالاتجاه إلى تنمية الاحياء الدقيقة عليها لإنتاج ما يسمي بروتين وحيدات الخلية لرفع قيمة هذه المخلفات لتغذية الحيوان single cell protein.

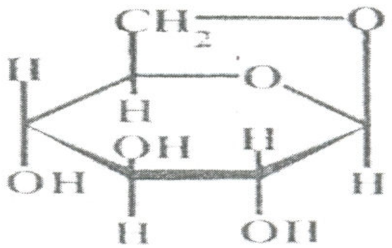
أُجريت دراسات على انتاج البيوجاز من المخلفات الزراعية ومخلفات الحيوان وامكانية استخدام هذا البيوجاز كمصدر للطاقة في القري مع انتاج مخلفات سمادية تستخدم في تحسين التربة الزراعية، وقد أُجريت هذه التجربة في بعض قري القليوبية فلم تعمم منعًا للتلوث.

تحتوي بعض المخلفات الزراعية (مثل قوالح الذرة مثلًا) على نسبة عالية من سكر البنتوزان والذي يستخدم في كثير من الدول بتحضير سكر الزيللوز منه وتحضير الفورفورال وهو من المذيبات العضوية المهمة صناعيًا والذي يستورد منه كميات كبيرة سنويًا.

وأخيرًا هل آن الآوان إلى أن يتحقق ما يدعو اليه السيد رئيس الجمهورية من الاعتماد على البحث العلمي والتكنولوجيات الحديثة في تنمية موارد هذا البلد الذي حباه الله بالخير والبركة.

ويمكن تحضير كوك السليلوز بخواص تقريب من خواص الانتراسيت اذا سخن السليلوز على ١٥٠°م تحت ضغط مرتفع في وجود بخار الماء ينتج عن التقطير الاتلافي للسليلوز في الفراغ مركبات من نوع اندريد الجلوكوز المسماه بيتا جلوكوزان اليساري، وتركيبه عبارة عن ٦، ١ – اندريد–بيتا–م–جلوكوبيراتوز والمعلوم أن هذا الاندريد يتكون أيضًا من معاملة الجلوكوز تحت نفس الظروف ولذلك يعتقد أن السليلوز يتعرض اولًا إلى عملية تكسير كيميائي متحولًا إلى وحدات جلوكوز ثم يفقد الاخير ماء dehydration

ويتحول إلى صورة الاندريدية.



الضوء:

يؤدي الضوء وظيفة العامل اللمسي في بعض تفاعلات السليلوز الكيميائية ففي عمليات تبيض القطن بواسطة فوق الاكاسيد وجد أن الاشعة فوق البنفسجية التي موجاتها اطول من ٤٠٠٠ انجستروم لها تأثر بسيط بينما لو قصر طول الموجة عن ذلك إلى ٣٠٠٠ انجستروم فإنها تؤدي إلى حدوث تكسير في السليلوز يظهر اثره بانخفاض اللزوجة بقيمة تماثل الانخفاض الذي ينتج عن المعاملة بالأحماض المخففة.

ويتوقف التلف الناشئ عن الضوء على عدة عوامل منها وجود الاكسجين والصبغات والرطوبة وبالنسبة لآن هذا التلف يتوقف الي حد كبير على وجود اشاعات ذات طول معين لا يسهل توفرها في الاستعمالات اليومية فان اهمية هذا الموضوع قليلة.

تأثير الاحياء الدقيقة والانزيمات على السليلوز يهم كل المشتغلين بعلوم التربة والتغذية وصناعة الورق والنسيج والاخشاب.

تجري في الطبيعة عمليات مستمرة للتخلص من فضلات السليلوز بواسطة الاحياء الدقيقة مثل البكتريا الهوائية واللاهوائية mesophilic & thermophilic وكذلك الفطر actinomyces وميكانيكية عملية التكسير التي تحدث للسليلوز بفعل هذه الاحياء غير معروفة غير أن المعتقد انها تتم على خطوتين:

الأولى: تحليل مائي انزيمى enzymatic hydrolysis يؤدي إلى انتاج الجلوكوز كناتج وسطي.

الثانية: عملية تخمر fermentation للجلوكوز تحولة إلى أحماض عضوية وغازات وإذا تركت عملية التخمر دون تحكم في سيرها ينتج عنها حامض خليك وبيوتريك وكحولات وغازات مثل الميثان والايدروجين وثاني اكسيد الكربون وكل ذلك يتوقف على ظروف عملية التخمر نفسها ونوع الاحياء الدقيقة المشتركة في العملية، ولقد اتجهت الانظار حديثًا إلى أهمية ذلك في تصنيع المخلفات السليلوزية واستغلالها اقتصاديًا لإنتاج مواد مختلفة.

الأحياء الدقيقة Microorganism:

يعرف من هذه الاحياء اكثرة من سبعين نوعًا لها قدرة التأثير على السليلوز فتقلل من درجة بلمرته Depolymerize وتحوله إلى نواتج مختلفة تتمى الاحياء الدقيقة التي تستهلك السليلوز في عمليات فصلها isolation على سليلوز طبيعي نقي purified natural cellulose أو على سليلوز مسترجع regenerated أو على سلكودكسترين، وتختلف هذه الأنواع في ظروق نموها وتأثيرها على السليلوز.

البكترياBactria:

البكتريا الهوائية وغير الهوائية تحلل السليلوز النق الخالي من اللجنين ويتوقف عملها عند وجود الاخير ومعني ذلك أن هذه الاحياء تؤثر فقط على السليلوز بعد استخلاصة من مصادرة ولا تأثير لها على الخشب الطبيعي، وقد دلت التجارب الكثيرة التي أُجريت بهذا الخصوص على أن انزيمات البكتريا لا تؤثر على السليلوز، طالما يوجد به لجنين وبمجرد التخلص منه تبدأ هذه الانزيمات نشاطها هذه النتائج حملت الكثيرين على الاعتقاد بأن اللجنين يوجد في الطبيعة متحدًا مع السليلوز اتحادًا كيميائيًا إلا أن Virtanen et al. (1937) يعارضون هذا الرأي ويعتقدون بأن البكتريا لا تستطيع التأثير على سليلوز الخشب الطبيعي لان ميكانيكية تركيبة لا

تسمح لانزيمات هذه البكتريا بالوصول اليه ولكن عند طحن الخسب يتعرض السليلوز للتحليل البكتيري ويزداد هذا التحليل كلما صغر حجم الحبيبات المطحونة كما وجدوا أيضًا أن السليلوز المحضر من الخشب بطبخة مع كبريتيت الكالسيوم يتحلل بفعل البكتريا رغم احتوائة على اللجنين بنسبة ١٨.٥% وقد تصل درجة التحليل إلى ٨٠%.

الفطر Fungi:

يستطيع الفطر أن ينمو على السليلوز النقي أو الموجود في بقايا النباتات، والفطر اشد من البكتريا في تأثيرة على السليلوز ويمكن ملاحظة ذلك في حالات عفن الخشب والذي يعرف منه نوعين العفن البني brown rot والعفن الابيض white rot ففي البني يهاجم الفطر السليلوز تاركًا اللجنين الذي يعطي الخشب لونًا بنيًا، بينما في العفن الابيض يقوم الفطر بمهاجمة اللجنين تاركًا السليلوز بلونة الأبيض إلا أن هذا النوع أيضًا يؤثر على السليلوز ويقلل من درجة بلمرتة ويحوله إلى مكونات أخرى.

عند مهاجمة الفطر لشعر القطن تفرز البثرات النامية انزيمات تذيب طبقة الكيوتيكل فتسمح لهيفات الفطر hyphae أن تخترق سليلوز الجدار الثانوي حتى تصل إلى القناة الوسطى ثم تبدأ عملية التحليل من الداخل إلى الخارج inside out وذلك عكس ما يحدث بواسطة البكتريا فهي تلتصق بالجدار الخارجي وتبدأ عملية تحللها من الخارج إلى الداخل outside in.

الانزيماتEnzymes:

كان seilliere (1907) أو من وجد أن السليلوز النقي المسترجع من محلول ايدروكسيد النحاس النشادري يمكن تحليلة جزئيًا إلى جلوكوز بواسطة العصارة المعدية المأخوذة من ثعبان Helix pomatia وقد امكن تحضير إنزيم السليوليز

Cellulase بعد ذلك من أنواع مختلفة من الفطر والبكتريا، ويقوم الإنزيم بتحليل السليلوز إلى اجزاء صغيرة Fragments ذائبة، وتسير عملية التحليل بسرعة نسبية في أول الامر ثم ببطء حتى نهاية التحليل، وميكانيكية التحليل المائي الانزيمى غير معروفة حيث يوجد جلوكوز وسلوبيوز ضمن النواتج ولكن ليس هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بعدم وجود لوليجوسكريدات في هذه النواتج لأن من المحتمل انتاج هذه الأنواع خلال عملية التحليل الانزيمى ولكنها تستهلك بواسطة الاحياء الدقيقة اولًا بأول.

(٢) الليبيدات Lipids

مر العلماء بالعديد من المراحل في مسألة وضع تعريف محدد لليبيدات، فمعظم الكتب التقليدية تعرف الليبيدات بإنها: مجموعة من المركبات العضوية التي تذوب في المذيبات العضوية (مثل الهيدروكربونات – الكلورفورم – البنزين – الإيثير – الكحولات) ويضم هذا التعريف مدى واسع من المركبات العضوية تشمل الأحماض الدهنية ومشتقاتها والكارتوينات والتربينات والاستيرولات وأملاح الصفراء.

ولكن هذا التعريف يعتبر غير دقيق، حيث أن بعض هذه المركبات التي تقع تحت تعريف الليبيدات تذوب في الماء كما تذوب أيضًا في المذيبات العضوية.

ولذلك كان من الضروري البحث عن تعريف لليبيدات يأخذ في الاعتبار قواعد أخري غير عملية الذوبان، لذا فقد وجد الكيميائين المشتغلين بهذا العلم تعريفا أكثر دقة لليبيدات وكذلك أكثر تحديدا وهذا التعريف هو:"الليبيدات هي عبارة عن الأحماض الدهنية ومشتقاتها والمركبات المرتبطة بها من الناحية التخليقية الحيوية أو من الناحية الوظيفية".

ومن خلال هذا التعريف يتسع مفهوم الليبيدات ليشمل الكولسترول وأملاح الصفراء والتوكوفيرولات والمركبات الأخري المرتبطة بها، وكذلك يشمل

الجانجلوسيدات Gangliosides بالرغم من أنها مركبات درجة ذوبانها في الماء اعلي من درجة ذوبانها في المذيبات العضوية.

ولما كان هذا التعريف معبرا عن الليبيدات كان لزاما علينا أن نضع تعريفا لمفهوم الأحماض الدهنية التي تعتبر أساس التعريف وأساس وصف الليبيدات، وتم تعريف الأحماض الدهنية على أنها:"مركبات يتم تخليقها في الطبيعة من خلال عملية تكثيف لوحدات مركب المالونيل قرين إنزيم (أ) Malonyl Co enzyme A بواسطة معقد إنزيمات تخليق الأحماض الدهنية"وهي تحتوي عادة على عدد زوجي من ذرات الكربون في سلسلة مستقيمة (ومعظمها يحتوي على عدد ذرات كربون يتراوح بين ١٤:٢٤ ذرة كربون) وهي إما تكون أحماض مشبعة أو غير مشبعة، كما انها قد تحتوي على مجموعات استبدالية.

ومن الممكن تعريف الليبيدات بأنها مجموعة من المركبات البيولوجية التي يمكن استخلاصها من الخلايا والانسجة الحية بالمذيبات العضوية مثل البنزين والاثير والكلورفورم وهي غير ذائبة في الماء.

وهناك أربع وظائف بيولوجية أساسية تقوم بها الليبيدات:

تمثل أحد العناصر البنائية الأساسية في الأغشية الخلوية

تستخدم كمخزن احتياطي للطاقة

بعض الفيتامينات والهرمونات عبارة عن ليبيدات أو مشتقاتها الحيوية

الأحماض المرارية عبارة عن ليبيدات وتلعب هذه الأحماض وأملاحها دورا حيويا هاما في عمليات هضم الدهون

تقسيم الليبيدات Lipids classification

تقسم الليبيدات على عدة اسس منها:

١-على أساس قابليتها للتحليل المائى سواء بالقلوى أو بالحمض المعدنى أو

بالانزيمات المحللة للدهون إلى قمسين رئيسين هما:

ليبيدات قابلة للتحليل المائى Hydrolyzable lipids وهي عبارة عن مجموعة الليبيدات التي تحتوي في تركيبها على مجموعة استر واحدة على الاقل واحيانًا تحتوي على مجموعة اميد أو فوسفات أو مجموعة اسيتال وهذه تتحول إلى مركبات ابسط منها عند تحليلها مائيًا.

ليبيدات غير قابلة للتحليل المائى Non-hydrolyzable وهي عبارة عن مجموعة الليبيدات التي لا تحتوي على أي من المجموعات السابقة ولا تقبل التحليل المائى والليبيدات التي تتبع كل مجموعة تظهر في الشكل التالى:

ليبيدات قابلة للتحليل المائى

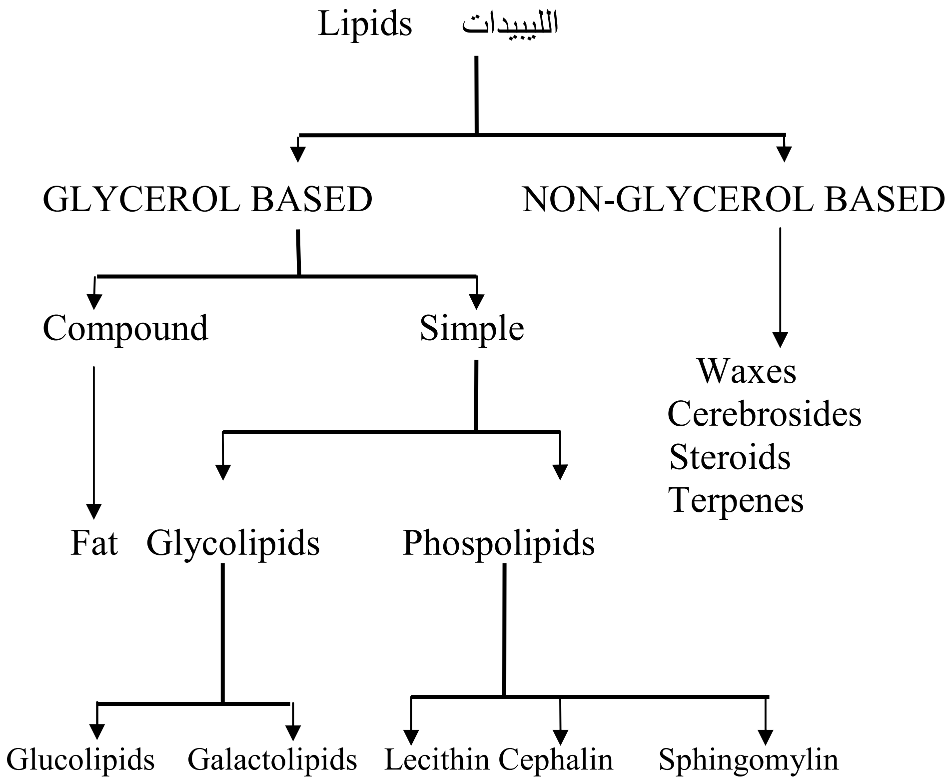
- جلسريدات ثلاثية
  - زيوت
  - دهون
- جليسروفوسفوليبيدات
- سفنجوليبيدات
  - سفنجوجليكوليبيدات
  - سفنجوفوسفوليبيدات
- شموع

ليبيدات غير قابلة للتحليل المائى

- فيتامينات ذائبة في الدهون مثل مجموعة فيتامينات (A, K, E, D)
- الايكوزانويدات
- الاستيرويدات

٢- على أساس محتواها من الجليسرول كقاعدة: تحتوي الجليسريدات الثلاثية على حوالي ٩٥% من وزنها أحماض دهنية موجودة في صورة استرات جليسرول، ونظرًا لأن الأحماض الدهنية هي الجزء النشط بالاضافة إلى انها تمثل معظم وزن

الجليسريد فإنها تؤثر على الخواص الطبيعية والكيماوية للجليسريدات ولذلك يمكن الاستدلال على خواص الزيوت والدهون من دراسة الأحماض الدهنية التي تدخل في تركيبها.



الأحماض الدهنية:

تحتوى الجليسريدات الثلاثية على حوالى 95 % من وزنها أحماض دهنية موجودة في صورة استرات جليسرول، ونظراً لأن الأحماض الدهنية هي الجزء النشط بالاضافة إلى إنها تمثل معظم وزن الجلسريد فإنها تؤثر على الخواص الطبيعية والكيميائية للجليسريدات ولذلك يمكن الاستدلال على خواص الزيوت والدهون من

دراسة الأحماض الدهنية التي تدخل في تركيبها.

ملحوظة:

يمكن أيضًا تقسيم الليبيدات على أساس أن عملية التحليل المائى تتم بالقلوى فقط إلى قمسين هما ليبيدات قابلة للتصبن Saponifiable lipids وليبيدات غير قابلة للتصبن Nonsaponifiable lipids.

وتقسم الليبيدات من حيث وجود شحنات عليها إلي قسمين:

١- ليبيدات متعادلة Neutral lipids:

وهي الليبيدات التي لا تحمل شحنات مثل: الجلسريدات – الكولسترول – استرات الكولسترول

٢- ليبيدات قطبية Polar lipids:

وهي الليبيدات المحملة بشحنات مثل: الفوسفوليبيدات

وأيضًا يوجد تقسيم اخر لليبيدات على أساس تركيبها الكيميائي إلى ثلاثة اقسام:

ليبيدات بسيطة Simple lipids:

وهي الليبيدات التي تعطي عند تحليلها مائيا وحدتين فقط من الوحدات الأساسية لكل مول، وهي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية والكحولات المختلفة وعند تحليلها مائيًا تعطى الكحول والحمض فقط وتشمل:

الزيوت والدهون Oils and fats:

الزيوت وهي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية وكحول الجلسرول وتنقسم إلي قسمين:

الزيوت Oils: عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية غير المشبعة والجليسرول ويكون قوامها سائل على درجة الحرارة العادية

الدهون Fats: عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية المشبعة والجليسرول ويكون قوامها شبه صلب على درجة الحرارة العادية.

الشموع Waxes:

هي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية طويلة السلسلة وكحولات ذات وزن جزيئى عالى وتتواجد في النبات والحيوانات والميكروبات، ولها وظائف متنوعة مثل الوقاية من الماء Waterproofing وكمخزن للطاقة.

في بعض الأنسجة مثل الجلد يعمل كطبقة تغطي الغدد وكذلك توجد الشموع كغطاء لسطح الأوراق النباتية، والشموع قد توجد في تراكيب معقدة فقد تحتوي على هيدروكربونات مثل السكوالين أو ألدهيدات أو كيتونات أو كحولات حرة.

وتنقسم إلى:

شموع بسيطة Simple waxes:

هي عبارة عن استرات ما بين أحماض دهنية متوسطة السلسة وكحولات احادية الهيدروكسيل طويلة السلسلة.

شموع معقدة Complex waxes:

هي عبارة عن استرات ما بين أحماض دهنية طويلة السلسلة وكحولات ثنائية الهيدروكسيل طويلة السلسلة أيضًا.

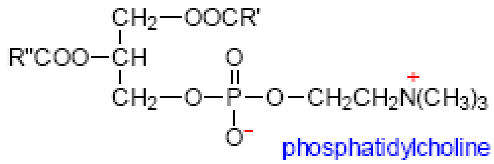
ليبيدات مركبة Compound lipids

هي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية والكحولات ومركبات اخرى وهذا القسم عند تحليلة مائيًا يعطى ثلاثة مركبات أو اكثر وتشمل:

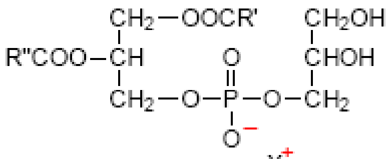
الفوسفوليبيدات Phospholipids:

هي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية والجلسرول وحمض الفوسفوريك وأحد القواعد الأزوتية مثل مركب الفوسفاتيديل كولين، والفوسفاتيديل

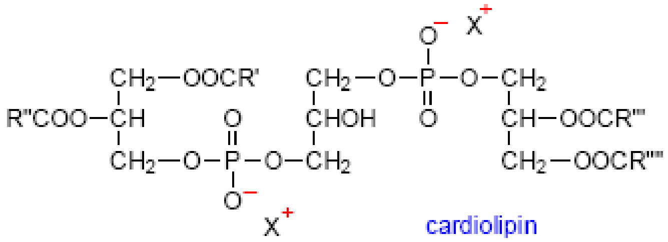
جليسرول والكردولين، وهي مركبات موجودة في ميتوكوندريا عضلة القلب وجدر الخلايا البكتيرية.



phosphatidylcholine



phosphatidylglycerol



cardiolipin

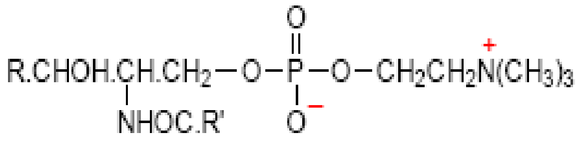
جليكوليبيدات Glycolipids:

هي تحتوي في تركيبها على شق كربوهيدراتى عادة سكر احادى أو ثنائى مثل سكر الجالاكتوز وهو السكر الشائع في تركيب الجليكوليبيدات النباتية بالإضافة إلى أحد الكحولات الأمينية المرتبطة برابطة اميدية مع الحمض الدهني مثل السيربروسيدات Cerebosides ولا يدخل حمض الفوسفوريك في تركيبها الكيميائى.

ج- الاسفنجوليبيدات Sphingolipids:

هي عبارة عن اميدات ما بين الأحماض الدهنية واحد الكحولات الأمينية طويلة السلسلة مثل السفنجوزين بدلًا من الجليسرول وتحتوي في تركيبها على حمض الفوسفوريك واحد القواعد الازوتية مثل السفنجوميلين والسيراميدات وهذه المركبات لها

اهمية كبيرة في جدر الخلايا حيث إنها تعمل كأماكن antigenic على اسطحها.



Sphingomyelin

Ceramide

ليبيدات مشتقة derived lipids:

وهذه تشمل المركبات الناتجة من التحليل المائي لكل من الليبيدات البسيطة والمركبة وتشمل الأحماض الدهنية المختلفة والكحولات المختلفة بجانب حمض الفوسفوريك والقواعد الازوتية المختلفة بالاضافة إلى بعض الاستيرولات.

ملحوظة: تقسيم الليبيدات على أساس تركيبها الكيميائي يفضل في الدراسة الكيميائية عن تقسيمها على أساس قابليتها للتحليل المائى.

الأحماض الدهنية Fatty acids:

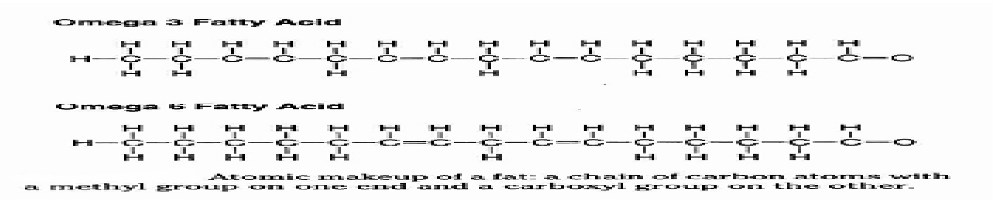
الأحماض الدهنية تعتبر المكون الأساسى للجليسريدات المنتشرة بكثرة في الطبيعة وغالبًا ما توجد في صورة مرتبطة وقليل منها ما يوجد في صورة حرة وهي عبارة عن أحماض اليفاتية احادية الكربوكسيل موجودة في سلسلة مستقيمة مشبعة أو غير مشبعة والأحماض المنتشرة في الزيوت والدهون تحتوي على عدد زوجى من ذرات الكربون يتراوح من (١٤-٢٠ ذرة) ولكن وجد بعض الأحماض تحتوي على عدد فردى من ذرات الكربون وله تركيب متفرع مثل حمض الايزوفاليريك (isovaleric acid) الذى يحتوى على خمس ذرات كربون وموجود في دهن كبد الحوت واكثر الأحماض المشبعة انتشارًا هو حمض البالمتيك والاستياريك والاوليك

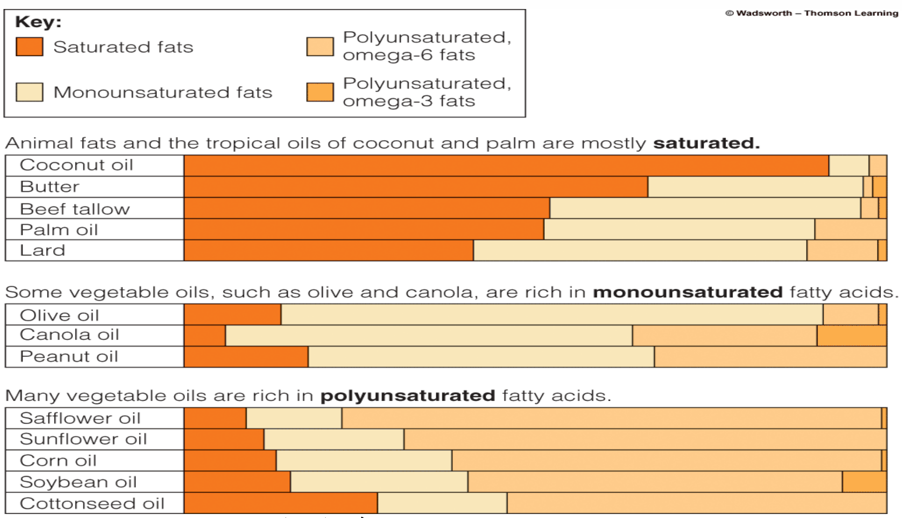
أكثر الأحماض الدهنية الغير مشبعة انتشارًا.

وتنتج الأحماض الدهنية من التحلل المائي للزيوت والدهون ذات سلاسل هيروكربونية طويلة Long-Chain Hydrocarbons غير ذائبة في الماء وتحتوى على مجموعة واحدة كربوكسيلية في نهاية السلسلة، وذات عدد زوجى من ذرات الكربون Even Number واذا كانت الأحماض الدهنية لا تحتوي على روابط زوجية Double Bonds بين ذرات الكربون تسمى الأحماض الدهنية المشبعة Saturated Fatty Acids بينما اذا كانت تحتوي على رابطة أو اكثر من الروابط الزوجية تسمى الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated Fatty Acids.

Fat – what is it?

Natural fats and oils are comprised of glycerol esters of the higher even-numbered fatty acids =triglycerides





شكل رقم (١٢):

الأحماض الدهنية المشبعة Saturated Fatty Acids:

جدول رقم (١٣): الرمز البنائى لبعض الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة

الحامض الدهنى	الرمز البنائى	عدد ذرات الكربون
بيوترك	CH3-(CH2)-COOH	C4
كابرويك	CH2-(CH2)4-COOH	C6
كابريليك	CH3-(CH2)6-COOH	C8
كابريك	CH3-(CH2)8-COOH	C10
لوريك	CH3-(CH2)10-COOH	C12
ميرستيك	CH3-(CH2)12-COOH	C14
بالمتيك	CH3-(CH2)14-COOH	C16
استياريك	CH3-(CH2)16-COOH	C18
أراشيديك	CH3-(CH2)18-COOH	C20

أحماض اليفاتية احادية الكربوكسيل ذات عدد زوجى من ذرات الكربون ولا تحتوي على روابط زوجية في السلسلة. والاسم العلمى لها يوضح عدد ذرات الكربون مع اضافة المقطع noic والرمز العام لها يكون:

CH3-(CH2)n-COOH

حيث n عدد مجموعات المثيلين الموجودة بين مجموعة المثيل ومجموعة الكربوكسيل وتستخدم حاليًا طريقة حديثة بالارقام في التعبير عن الاسم المختصر للحامض الدهنى حيث توضح عدد ذرات الكربون وعدد الروابط المزدوجة وموضعها، فمثلًا حامض البالمتيك Palmiatic acid الاسم العلمى له Hexadecanoic يكون

الاسم المختصر له 16:0 وهذا يعنى انه يحتوى على ١٦ ذرة كربون ولا يوجد روابط زوجية.

١-الأحماض الدهنية غير المشبعة **Unsaturated Fatty Acids:**

وهي أحماض تتميز باحتوائها على رابطة أو اكثر من الروابط الزوجية مثل حمض اللينولينك.

CH3-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH

والرمز المختصر له $C18:2\Delta 9,12$ أي انه يحتوى على ١٨ ذرة كربون وتوجد ٣ روابط زوجية بين ذرات الكربون ٩، ١٢ من الطرف الكربوكسيلى.

جدول رقم (١٤)

الحامض الدهنى	الرمز البنائى	عدد ذرات الكربون
بالميتوليك	CH3-(CH2)5-CH=CH-(CH2)7-COOH	C16:1
أوليك	CH3-(CH2)7-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:1
لينوليك	CH3-(CH2)4-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:2
لينولينك	CH3-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:3
أراشيدونك	CH3-(CH2)4-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)3-COOH	C20:4

تكوين الأحماض الدهنية غير المشبعة:

12:0 → 14:0 → 16:0 → 18:0

Δ 9 desaturase

↓

18: n-9

Δ 12 desaturase ↓ Δ 15 desaturase

18:2n-6 → 18:3n-3

↓ ↓

Δ 6 desaturase Δ 6 desaturase

18:3n-6 18:4n-3

↓ ↓

20:3n- 6 20:4n-3

↓ ↓

Δ 5 desaturase Δ 5 desaturase

20:4n-6 20:5n-3

Arachidonic acid eicosapentaenoic (EPA)

↓

22:6n-3

(DHA) decosahexenoic acid

n-618:2 Linoleic acid n-3 18:3 Linolenic

Cyalo-oxygenase*

↓ ↓

Archidonic acid EPA 20:5, DHA 22:6

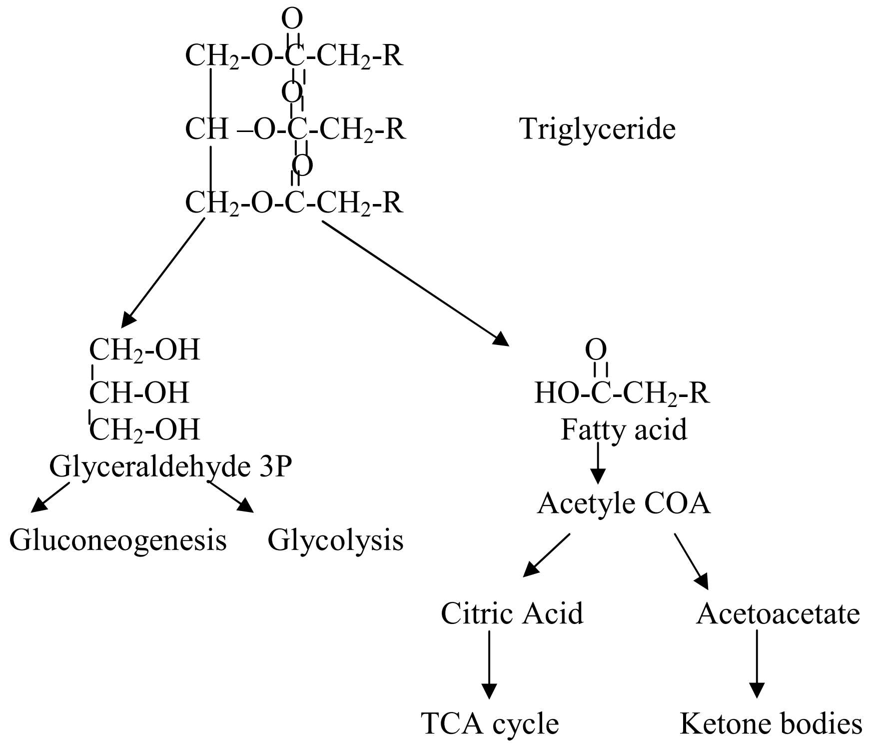
↓ ↓

Eicosanoids II
TXA2 (aggregtory)
LB4 (inflammation)
PGI2 (Vasoconstrict)
More clots

Eicosanoids III
TXA3 (anti- aggregtory)
LB5 (anti-inflammation)
PGI3 (Vasoconstrict)
Less clots

تحلل الدهون Fat breakdown:

يوجد الدهن في الخلايا الدهنية في الانسجة الضامة adipose tissue، ويتم تحلل الدهون وتتحرر الأحماض الدهنية بانزيمات الليبيز Lipases وتشمل ثلاث انزيمات ليبيز في تحليل Triacylglyceride وينفرد أحماض دهنية وجليسرول تمر إلى تيار الدم، ويتحول الجليسرول إلى جلسريدالدهيد – ٣ – فوسفات ثم يدخل في تفاعلات متتالية.

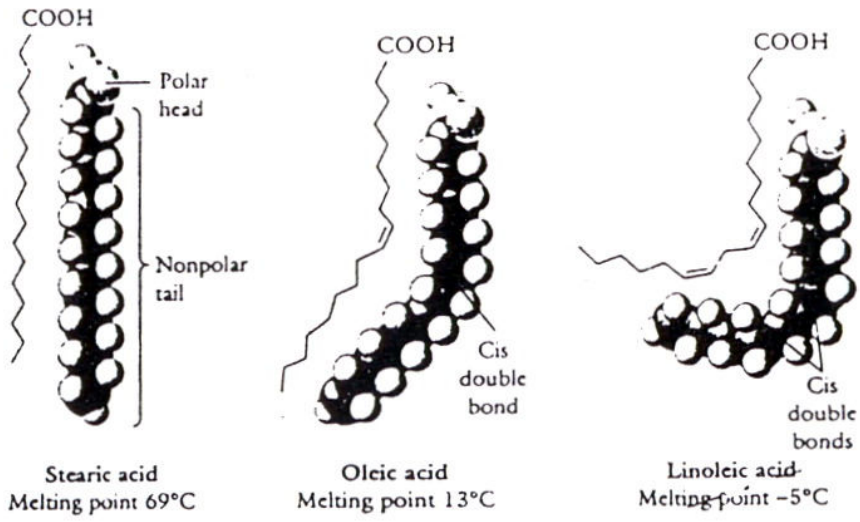


الخواص الطبيعية للأحماض الدهنية:

القابلية للذوبان في الماء: الأحماض الدهنية لها قابلية صغيرة جدًا للذوبان في الماء وتقل هذه القابلية بزيادة عداد ذرات الكربون في الجزئ (الطرف الغير قطبي) بالرغم من امكانية حدوث رابطة هيدروجينية بين مجموعة كربوكسيل الحمض الدهنى

والماء ويلاحظ هذا في الأحماض الدهنية ذات السلسلة القصيرة مثل حمض البيوتريك سهل الذوبان في الماء بعكس الأحماض التي تحتوي على عشر ذرات كربون فأكثر مثل حمض الكابرويك فتكون عيدمة الذوبان في الماء.

درجة الانصهار: للأحماض الدهنية والليبيدات المحتوية عليها تزيد بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزئ وتقل بزيادة عدد الروابط الزوجية مثال حمض الاستياريك له درجة إنصهار ٧٠°م وتقل هذه الدرجة وتصل إلى ١٣، -٥، -١١°م عند احتواء الجزئ على رابطة زوجية واحدة أو اثنين أو ثلاثة وهذا الانخفاض يرجع إلى احتواء الجزئ على روابط زوجية من النوع المضاهي Cis التي تقلل من تجاذب الجزيئات مع بعضها بعكس الأحماض الدهنية الغير مشبعة من النوع المخالف Trans وهذه لها درجات إنصهار اعلى من Cis واقل من الأحماض المشبعة ويرجع هذا إلى أن الرابطة Trans لا تؤثر على استطالة سلسلة جزئ الهيدروكربون للحمض الدهني كما يظهر في الشكل التالي:



شكل رقم (١٠): يوضح اختلاف الأشكال الفراغية لكل من حمض الاستياريك والاوليك واللينوليك يؤدى إلى اختلاف درجات الانصهار لكل منهم

التشابة الهندسى: في الأحماض الدهنية المشبعة ذرات الكربون ترتبط مع بعضها ومع ذرات الهيدروجين في السلسلة الهيدروكربونية بروابط احادية والزوايا بينهم قيمتها ١١٠°م تقريبًا مما يجعل جزئ الحمض المشبع يأخذ شكل فراغى متعرج (Zigzaag) وهي الصورة الطبيعية الموجودة عليها الأحماض الدهنية المشبعة أما الأحماض الدهنية الغير مشبعة والمحتوية على رابطة زوجية يحدث بها تشابه هندسى ويعطى صورتين للحمض على حسب وضع المجاميع أو الذرات حول الرابطة الزوجية فعند وجودهم في اتجاه واحد يعطى الصورة Cis والعكس يعطي الصورة Trans. والصورة Trans توجد في شكل زجزاج كما في الأحماض الدهنية المشبعة لكن الأحماض الدهنية من النوع Cis فيوجد بها انثناءات ناشئة عن اماكن عدم التشبع داخل السلسلة الهيدروكربونية، وهذه الانثناءات تجعلها تشغل حيزًا صغيرًا ويكسبها اهمية حيوية كبرى عند دخولها كمكون من مكونات الاغشية الخلوية في الانسجة المختلفة وعمومًا الأحماض الدهنية احادية وعديدة عدم التشبع توجد في الوضع Cis.

طرق تسمية الأحماض الدهنية:

اولًا: طريقة التسمية الشائعة Typical nomenclature:

وهذه الطريقة بينت على أساس المصدر الذى وجد به الحمض الدهنى مثل حمض الميرسيتيك وجد في زيت بذور عائلة Myristicaceae وحمض المارجرليك Margaric وهو حمض مشبع يحتوي على ١٧ ذرة كربون.

والتسمية الشائعة يحدث بها الاخطاء لحدوث تداخل بين الأحماض الدهنية المختلفة والمشابهات المختلفة لها.

ثانيًا: طريقة التسمية العلمية Systematic nomenclature:

وفيها يسمى الحمض الدهنى تبعًا للألكان المقابل له مع حذف نهاية الاسم e

ويوضع بدلًا منها Oic لذلك جميع الأحماض الدهنية المشبعة تنتهي بمقطع anoic.

مثال:

Octane ⟶ Octanoic acid

Alkane ⟶ Saturated fatty acid

اما الأحماض الدهنية الغير مشبعة فنظرًا لاحتوائها على رابطة زوجية أو اكثر بالجزئ فتنتهي التسمية الخاصة بها المقطع enoic.

مثال

Hexadecene	Hexadecenoic acid
الكين يحتوى على ١٦ ذرة كربون	حمض دهنى يحتوى على ١٦ ذرة كربون ورابطة زوجية واحدة

ثالثًا: طرق التسمية المختصرة Abbreviation nomenclature:

وفي هذه الطريقة الأحماض الدهنية المشبعة تعرف برقمين الأول يدل على ذرات الكربون الموجودة في الحمض الدهني ككل والثاني صفر يدل على أن الحمض الدهني مشبع مثل حمض الاستياريك الرمز المختصر له 18:0.

اما الأحماض الدهنية الغير مشبعة فيتم تحديدها برقمين أيضًا الأول يدل على عدد ذرات الكربون في الحمض الدهنى ككل والثانى يدل على عدد الروابط الزوجية ومكانها.

ولتحديد مكان الرابطة الزوجية بالجزئ يوجد نظامين للترقيم:

نظام الترقيم دلتا Δ-Numbering:

وفيها يبدأ الترقيم من الطرف الكربوكسيلى ويعطى الحمض الدهني رقمين يفصل بينهما بنقتطتين والرقم الأول يدل على عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني والثاني يدل على عدد الروابط الزوجية بالجزئ ثم توضع أرقام بين قوسين تدل على مكان الرابطة الزوجية ووضعها الفراغي.

مثال حمض البالميتوليك 16:1 (9c) or 16:1Δ9

وهذا يعنى أن الحمض الدهنى به ١٦ ذرة كربون وبه رابطة زويجة واحدة بين ذرة الكربون ٩ و ١٠ والوضع الفراغي لذرتى ايدروجين الرابطة الزوجية من النوع المضاهي Cis.

نظام الترقيم اوميجا ω – Numbering

وهذا الترقيم يبدأ من الطرف المثيلى عكس النظام دلتا ويعطى الحمض الدهنى رقمين الاول يدل أيضًا على عدد ذرات الكربون بجزئ الحمض الدهنى والرقم الثاني يدل على عدد الروابط الزوجية وبين الرقمين توجد نقطتين ثم يوضع الرمز اوميجا ω علية مكان الروابط الزوجية بالجزئ.

مثال حمض البالميتوليك يسمى بالطريقة اوميجا 16:1 ω7 وبالطريقة دلتا 16:1 Δ9 حمض اللينولينك بالطريقة دلتا 18:3Δ9.12.15 وبالطريقة اوميجا 18:3 ω6.9.12

أقسام الأحماض الدهنية:

يوجد عدد كبير جدًا من الأحماض الدهنية يدخل في تركيب الأنواع المختلفة من الليبيدات ولسهولة دراستها تم تقسيمها إلى مجموعات على حسب التركيب الكيميائي للحمض الدهني والمجموعات الفعالة الموجودة به إلى:

١ـ أحماض دهنية مشبعة مستقيمة السلسلة Saturated straight chain:

وهي تمثل نسبة تتراوح من ١٠ – ٤٠% من الأحماض الدهنية الموجودة في الطبيعة، وتتواجد في الخلايا النباتية والحيوانية والأحماض الأكثر انتشارًا هي الأحماض التي تحتوي ١٤، ١٦، ١٨ ذرة كربون، وهي تتواجد في الطبيعة بكثرة ويتراوح عدد ذرات الكربون بها بين ٢ – ٣٦ ذرة كربون وتوجد في صورة استرات أحماض دهنية.

والأحماض الدهنية المشبعة التي تحتوي على ١٢ ذرة كربون فأكثر تتميز بأن لها درجة إنصهار مرتفعة نسبيا. وتتميز الدهون الحيوانية التي تحتوي على

الأحماض الدهنية المشبعة وكذلك بعض الزيوت النباتية مثل زيت النخيل الذي يتميز باحتوائه على أحماض دهنية مشبعة بأنها صلبة على درجة حرارة الغرفة.

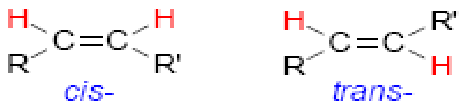
جدول (١٥) الأحماض الدهنية المشبعة

الاسم الشائع **Common name**	الاسم العلمى **Systematic name**	التركيب الكيميائى **Chemical structure**	الرمز المختصر **Abbreviation**	مصادر وجوده **Sources**
Butyric	Butanoic	CH_3 - $(CH)_2$ - COOH	4:0	دهون اللبن – معدة المجترات
Caproic	Hexanoic	CH_3-$(CH_2)_4$ -COOH	6:0	لبن الابقار
Caprylic	Octanoic	CH_3 – $(CH_2)_6$ – COOH	8:0	الدهون النباتية مثل ذبدة الكاكاو
Caproic	Decanoic	CH_3-(CH_2)8 - COOH	10:0	الدهون النباتية مثل زيت جوز الهند
Lauric	Dodccaanoic	CH_3-$(CH_2)_{10}$- COOH	12:0	زيت الفول السودانى – زيت لب النخيل
Myristic	Tetradccanoic	CH_3-$(CH_2)_{12}$- COOH	14:0	دهن الخنزير – زيت جوز الهند
Palmitic	Hexadecanoic	CH_3- $(CH_2)_{14}$- COOH	16:0	زيت بذرة القطن – زيت فول الصويا
Stearic	Octadecanoic	CH_3- $(CH_2)_{16}$-COOH	18:0	دهون الحيوانات المجترة – وزيت الزيتون والصويا وزيت الذرة
Arachidic	Eicosanoic	CH_3–$(CH_2)_{18}$– COOH	20:0	زيت الفول السودانى
Behenic	Docosanoic	CH_3 – $(CH_2)_{20}$ – COOH	22:0	شمع الـ Jojoba
Lignoceric	Tetracosanoic	CH_3 – $(CH_2)_{22}$ - COOH	24:0	الشموع النباتية

٢- أحماض دهنية مستقيمة السلسلة أحادية عدم التشبع – Straight chain Monoenoic:

ويتواجد هذا النوع من الأحماض الدهنية في الطبيعة بكثرة، ويتميز باحتوائه

على رابطة زوجية واحدة وغالبا تكون هذه الرابطة من النوع Cis وإن كان ذلك لا يمنع وجود بعض الأحماض الدهنية تحتوي رابطة واحدة من نوع Trans.



ويتراوح عدد ذرت الكربون في هذا النوع من الأحماض الدهنية من ١٠ – ٣٦ ذرة كربون وتوجد منشرة في الطبيعة في صورة استرات، ولكن الأحماض الأكثر تواجدًا في الخلايا النباتية والحيوانية هي الأحماض التي تحتوي ١٦ و ١٨ ذرة كربون.

جدول (١٦) الأحماض الدهنية أحادية عدم التشبع

الاسم الشائع **Common name**	الاسم العلمى **Systematic name**	التركيب الكيميائى **Chemical structure**	الرمز المختصر **Abbreviation**	مصادر وجودة **Sources**
Myristoleic	cis-9-tetradecenoic	$CH_3 - (CH_2)_3 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$	14:1(n-5)	يوجد كآثار في لبن ودهون الأبقار
Palmitoleic	cis-9-hexadecenoic	$CH_3 - (CH_2)_5 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$	16:1(n-7)	يوجد كآثار في دهون الحيوانات، كما أنه قد يتواجد في زيوت الأسماك مثل زيت كبد الحوت
Petroselinic	cis-6-octadecenoic	$CH_3 - (CH_2)_{10} - CH = CH - (CH_2)4 - COOH$	18:1(n-12)	يمثل حوالي ٥٠% من زيت بذور نباتات الجزر والبقدونس والكزبرة
Oleic	cis-9-octadecenoic	$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$	18:1(n-9)	يمثل حوالي ٣٠ – ٤٠% من اجمال الأحماض الدهنية في الأنسجة الدهنية الحيوانية، كما يمثل من ٢٠ – ٨٠% من الزيوت النباتية المختلفة مثل زيت الزيتون وعباد الشمس واللوز والذرة
Cis-vaccenic	cis-11-octadecenoic	$CH_3 - (CH_2)_5 - CH = CH - (CH_2)_9 - COOH$	18:1(n-7)	يعتبر من الأحماض المنتشرة بكثرة في الدهون البكتيرية ويتواجد بصورة نادرة في النباتات والحيوانات
Erucic	cis-13-docosenoic	$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH -$	22:1(n-9)	يتواجد بصورة أساسية في زيوت الأسماك، وبنسب بسيطة جدا

		$(CH_2)_{11}$ – COOH		في الدهون الحيوانية، في حين يمثل حوالي ٦٦% من الأحماض الدهنية في زيت الخردل
Elaidic	trans-9-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_7 –$ CH = CH – $(CH_2)_7$ – COOH	9t-18:1	يوجد في دهون البقر والخراف والماعز، كما ينتج من هدرجة الزيوت النباتية
Vaccenic	trans-11-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_5 –$ CH = CH – $(CH_2)_9$ – COOH	11t-18:1	يوجد في الدهون الحيوانية، كما ينتج بنسبة كبيرة من هدرجة الزيوت النباتية

ملحوظة:

الأحماض الدهنية من النوع Trans تزيد من تركيزات LDL كوليسترول الضار وتقلل من تركيزات HDL كولسترول غير الضار وذلك في سيرم الدم مما يؤدى إلى ترسيب الكوليسترول على جدر الاوعية الدموية مؤديًا إلى حدوث مرض تصلب الشرايين.

٣-أحماض دهنية مستقيمة السلسلة عديدة عدم التشبع – traight chain Methylene interrupted double bonds:

تحتوي معظم الليبيدات في الكائنات الراقية على هذه الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (تحتوي رابطتين زوجيتين أو أكثر) والتي تكون الروابط الزوجية فيها غير متبادلة ويفصل بينها مجموعة ميثلين واحدة والروابط الزوجية في الوضع Cis لذا فلها التركيب العام التالي:

وفي النباتات الراقية نادرا ما يتعدي عدد الروابط الزوجية في هذه الأحماض الدهنية عدد ثلاث روابط، بينما في الطحالب والحيوانات الراقية يصل عدد الروابط الزوجية في هذا النوع من الأحماض الدهنية إلي ست روابط زوجية.

وتقسم الأحماض الدهنية التابعة لهذا القسم على أساس موضع أول رابطة زوجية من ناحية الطرف الميثيلي في الحمض الدهني إلى:

أ- عائلة الأوميجا ٦ Omega 6 (n-6) family:

١- **حمض اللينوليك Linoleic acid:** يعتبر المكون الأساسي للدهون النباتية يشكل عام ومعظم الزيوت النباتية المستخدمة غذائيا تحتوي كميات كبيرة من هذا الحمض الدهني، حيث يمثل أكثر من ٥٠% من اجمالي الأحماض الدهنية لزيوت الذرة وعباد الشمس والصويا، كما أنه ينتشر بكثرة في الدهون الحيوانية حيث يمثل من ١٥ – ٢٥% من إجمالي الأحماض الدهنية الكلية للدهون في الأنسجة الحيوانية. ويعتبر هذا الحمض الدهني البادىء الأساسي لتخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٦ في النباتات والحيوانات خلال عمليات التخليق الحيوي بمساعدة إنزيمات Elongase and Desaturase ، ولهذا يعتبر حمض دهني أساسي Essential fatty acid بالنسبة للإنسان حيث لا يستطيع الإنسان تخليقه ولا بد من الحصول عليه من الغذاء.

$CH3 – (CH_2)_4 – CH = CH –CH_2 – CH = CH - (CH_2)_7 – COOH$

Cis, Cis-9- Octaddecenoic acid 18:2 (n-6) (Linoleic acid)

٢- **حمض الجاما لينولينك γ-Linolenic acid:** وهذا الحمض نادر الوجود في الأنسجة الحيوانية حيث لا تتعدي نسبة وجوده بها ١%، حيث يتحول سريعا من خلال عمليات التمثيل الغذائي إلي الأحماض الدهنية الأعلي منه من عائلة الأوميجا ٦ مثل حمض الأراشيدونك، ويتواجد في بذور القليل من البذور النباتية مثل نبات زهرة الربيع Evening primrose والبوراج Borage، حيث يمثل الجامالينولينك حوالي ١٠% من اجمال الأحماض الدهنية لزيت بذور زهرة الربيع.

$CH_3 – (CH_2)_4 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – (CH_2)_4 – COOH$

6-Cis,9-cis,12-cis-octadecatrienoic 18:3 (n-6)
(γ-Linolenic acid)

ويستخدم هذا الحمض في بعض المجالات الطبية والبيطرية.

٣- **حمض الداي هوموجامالينولينك Dihomo-γ-linolenic acid**: ويعتبر هذا الحمض وسيط خلال عمليات التمثيل الغذائي حيث يعتبر من بواديء تكوين حمض الأراشيدونك حيث يتحول سريعا داخل الأنسجة الحيوانية إلي حمض الأراشيدونك وهو لا يتواجد بصورة كبيرة في الدهون الحيوانية حيث لا تتعدي نسبته حوالي ١ – ٢% من الأحماض الدهنية في الفوسفولبيبيدات.

$CH_3 -(CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_6 - COOH$

8-Cis,11-cis,14-cis-Eicosatrienoic 20:3 (n-6)

(Dihomo-γ-linolenic acid)

٤- **حمض الأراشيدونك Arachidonic acid**: يعتبر الحمض الأهم من نواتج التمثيل الغذائي لحمض اللينوليك في عائلة الأوميجا ٦ في الأنسجة الحيوانية سواء من الناحية الوظيفية أو الكمية على حد سواء. حيث يمثل الحمض الدهني عديد عدم التشبع الأعلي من حيث نسبة التواجد في الفوسفوليبيدات في الدهون الحيوانية، فهو يمثل وحده حوالي ٤٠% من الأحماض الدهنية في الفوسفاتيديل انوسيتول Phosphatidylinositol، كما يلعب دورا حيويا في الخصائص الطبيعية والتنظيمية للأغشية الخلوية.

$CH_3 -(CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH$

5-Cis,8-cis,11-cis,14-cis-eicosatetraenoic 20:4 (n-6)

(Arachidonic acid)

ومعظم عائلات الإيكوزانويدات Eicosanoides يعتبر هذا الحمض هو البادىء الأساسي لتكوينها، ويتواجد في زيوت الأسماك، ويعتبر طحلب Mortierella alpina هو المصدر التجاري للحصول على هذا الحمض من خلال عمليات التخمر.

ب- عائلة الأوميجا ٣ Omega 3 (n-3) family:

١- **حمض الألفا لينولينك α-Linolenic acid**: ينتشر في المملكة النباتية وكذلك في بعض الطحالب، حيث يمثل أكثر من ٦٥% من إجماي الأحماض الدهنية لزيت الكتان، كما يمثل حوال ٧% من الأحماض الدهنية لزيوت الخردل والصويا، ويتواجد بنسب بسيطة في الأنسجة الحيوانية.

$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$

9-Cis, 12-cis, 15-cis-octadecatrienoic 18:3(n-3) (α-Linolenic acid)

ويعتبر هذا الحمض الدهني البادىء الأساسي لتخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٣ في النباتات والحيوانات خلال عمليات التخليق الحيوي بمساعدة إنزيمات Elongase and Desaturase، ولهذا يعتبر حمض دهني أساسي Essential fatty acid بالنسبة للإنسان حيث لا يستطيع الإنسان تخليقه ولا بد من الحصول عليه من الغذاء.

٢- **حمض الأستياريدونيك Stearidonic acid**:حمض دهني عديد عدم التشبع يحتوي على أربع روابط زوجية، ويتواجد في زيوت الأسماك كما يتواجد في الطحالب البحرية، في حين يتواجد بنسب ضئيلة في الزيوت النباتية.

$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH$

6-Cis, 9-cis, 12-cis, 15-cis-octadecatetraenoic 18:4(n-3) (Stearidonic acid)

٣- ال**أيكوزابنتانويك Eicosapentaenoic acid (EPA)**: يعتبر أحد أهم أفراد عائلة الأوميجا ٣، وهو ينتشر بكثرة في الطحالب وزيوت الأسماك، ولا يتواجد في الزيوت النباتية.

ويعتبر من أهم مكونات الفوسفوليبيدات في الأنسجة الحيوانية وخاصة خلايا

المخ، كما أنه البادىء الرئيسي لتكوين البروستجلاندينات من عائلة PG3، بالإضافة لذلك فهو يلعب دورا هاما في مقاومة مرض الشيزوفرينيا Schizophrenia.

$CH_3 – CH2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 - CH = CH – CH_2 – CH = CH \ (CH_2)_3 – COOH$

5-Cis,8-cis,11-cis,14-cis, 20:5(n-3) 17-cis-eicosapentaenoic acid (EPA)

٤- **الدوكاساهيكسانويك Docosahexaenoic acid (DHA)**: يعتبر الناتج النهائي من عمليات التمثيل الغذائي التي تتم لحمض الألفالينولينك في الأنسجة الحيوانية، ويعتبر المكون الأساسي لزيوت الأسماك وخاصة أسماك التونة، كما يتواجد بكثرة في الفوسفوليبيدات في الأنسجة الحيوانية المختلفة، ويتواجد هذا الحمض بكثرة في الكائنات البحرية، في حين لا يتواجد في الزيوت النباتية من الأساس.

$CH_3 – CH_2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 - CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH – CH = CH – (CH_2)_2 – COOH$

4-Cis,7-cis,10-cis,13-cis,16-cis,22:6(n-3)

19-cis-docosahexaenoic acid (DHA)

وتظهر العديد من الدراسات الأهمية البالغة لهذا الحمض الدهني في الوقاية من أمراض السرطان وأمراض المخ، كما له أدورا هامة في الوقاية من أمراض القلب وتصلب الشرايين.

دور الأوميجا ٣ في تخفيض دهنيات الدم:

في الوجبات المرتفعة الدهون يزيد تركيز الأحماض الدهنية الحرة في البلازما مما يؤدي إلي زيادة تخليق الفوسفوليبيدات واسترات الكولسترول.

ويظهر هنا دور الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣، وقد أثبتت العديد من

الأبحاث العلمية كيفية عمل الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣ وخاصة الحمض الرئيسي في هذه العائلة وهو حمض اللينولينك وفيما يلي اهم النقاط التي توضح كيفية عمل الأوميجا ٣ في خفض دهون الدم نتيجة لتناول وجبات مرتفعة الدهون:

١- يزيد ALA من إفراز الكولسترول في الصفراء ويزيد من تحطيم الكولسترول.

٢- يعمل ALA على تثبيط تراكم الدهون في الكبد عن طريق تنظيم عملية beta-oxidation وتثبيط تخليق الأحماض الدهنية.

٣- زيت الكتان يثبط انزيمات الليبوجينك كما يخفض الأحماض الدهنية الحرة والفوسفوليبيدات.

٤- يعمل ALA على اختزال تخليق الكبد للأحماض الدهنية مما يخفض من تركيز الجلسريدات الثلاثية في الكبد.

٥- يخفض ALA من مستوي الجلسريدات الثلاثية في الفئران المغذاة على دهون عالية عن طريق زيادة نشاط إنزيم ليبوبروتين ليبيز.

جدول رقم (١٧)

Sources of Omega Fatty Acids

Omega-6	
Linoleic acid	Vegetable oils (corn, sunflower, safflower, soybean, cottonseed), poultry fat, nuts, seeds
Arachidonic acid	Meats, poultry, eggs (or can be made from linoleic acid)
Omega-3	
Linolenic acid	Oils (flaxseed, canola, walnut, wheat germ, soybean) Nuts and seeds (butternuts, flaxseeds, walnuts, soybean kernels) Vegetables (soybeans)
EPA and DHA	Human milk Pacific oysters and fish[a] (mackerel, salmon, bluefish, mullet, sablefish, menhaden, anchovy, herring, lake trout, sardines, tuna) (or can be made from linolenic acid)

[a] All fish contain some EPA and DHA; the amounts vary among species and within a species depending on such factors as diet, season, and environment. The fish listed here except tuna provide at least 1 gram of omega-3 fatty acids in 100 grams of fish (3.5 ounces). Tuna provides fewer omega-3 fatty acids, but because it is commonly consumed, its contribution can be significant.

© Wadsworth – Thomson Learning

أهمية التغذية على البيض من نوعية اوميجا-٣:

وجد أن كل بيضة من هذا النوع تمد الجسم بحوالى ٤٠% من احتياجات الجسم من اوميجا-٣.

اوميجا-٣ مفيد للأطفال والاجنة والحوامل وقد وجد أن تناول الحوامل لهذا البيض يزيد من نسبة اوميجا في اللبن الذى له فوائد صحية، كما انه مفيد في نمو خلايا المخ للأجنة خاصة في الشهور الستة الأولى.

تحتوى البيضة الواحدة على ضعف محتوى البيضة العادية من مادة اوميجا-٣.

هذا البيض مفيد لمرضى الكوليسترول وتصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم والنقرس والربو كما انه يقلل من فرصة التعرض لبعض سرطانات الجلد.

وقد وجد انه من المفيد تناول متوسط ٢ بيضة يوميًا من هذا النوع عكس البيض العادى الذى لاينصح بتناول اكثر من ٤ بيضات اسبوعيًا وقد وجد أن هذا البيض يزيد نسبة الكوليسترول المفيد.

ج- عائلة الأوميجا ٩ Omega 9 (n-9) family:

حمض ميدز Mead's acid: يعتبر ناتج من عمليات الإطالة elongation وإضافة روابط زوجية desaturation لحمض الأوليك داخل الأنسجة الحيوانية، ويحدث تراكم لهذا الحمض عند الأشخاص الذين لديهم نقص في الأحماض الدهنية الأساسية، ويعتبر قياس مستوي هذا الحمض من المؤشرات الهامة التي تدل على نقص الأحماض الدهنية الأساسية من عائلتي الأوميجا ٦ والأوميجا ٣.

$CH_3 – (CH_2)_7 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – CH_2 – CH = CH – (CH_2)_3 – COOH$

5-Cis,8-cis,11-cis-eicosatrienoic acid 20:3(n-9) (Mead's acid)

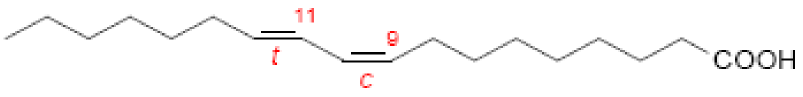
٤- أحماض دهنية مستقيمة السلسلة عديدة عدم التشبع متبادلة Straight chain – conjugated double bonds :

أثبتت العديد من الدراسات الحديثة الأهمية الحيوية للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع المتبادلة (الروابط الزوجية في وضع متبادلة) في مقاومة أمراض مختلفة مثل السرطان وأمراض القلب وتصلب الشرايين بالإضافة لفائدتها في علاج السمنة.

وتتواجد الأحماض الدهنية من هذا النوع في الحيوانات المجترة وبالتالي يتواجد في لحومها وألبانها، وهي تتكون كمركب وسطي أو كمنتج ثانوي من عمليات الهدرجة الحيوية التي تحدث لحمض اللينوليك بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في كرش المجترات.

ويعتبر حمض الينوليك المتبادل Conjugated linoleic acid (CLA) هو الفرد الأهم في هذه العائلة ويتواجد له العديد من المشابهات الهندسية التي تختلف عن بعضها في وضع الروابط الزوجية هل هي من النوع cis أم من النوع trans.

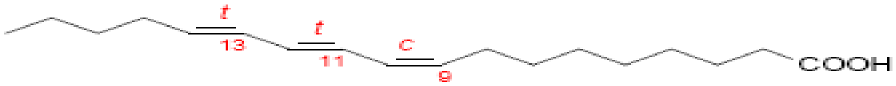
١- 9-Cis,11-trans-octadecadienoic acid: يتواجد هذا المشابه في دهن

١ 

للبن حيث يمثل ١% من إجمالي الأحماض الدهنية الموجودة في دهن اللبن، وبالتالي يتواجد هذا الحمض الدهني في اللبن ومنتجات الألبان المختلفة.

9-Cis,11-trans-octadecadienoic acid

٢- حمض الألفاأليوستياريك α-eleostearic acid: ويحتوي هذا الحمض الدهني على ثلاثة روابط زوجية و١٨ ذرة كربون ويتواجد في المصادر النباتية حيث يعتبر زيت التانج Tung oil هو المصدر التجاري لهذا الحمض الدهني.

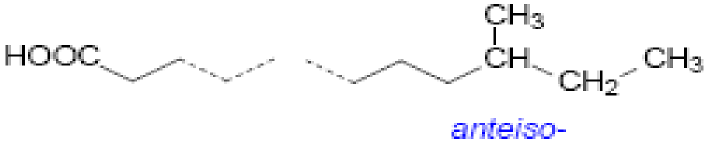


9-Cis,11-trans,13-trans-octadecatrienoic (α-eleostearic acid)

٥- أحماض دهنية متفرعة Branched fatty acids:

وهي عبارة عن أحماض دهنية ذات تركيب متفرع ومنها نوعان Iso series وهي تحتوي على مجوعة ميثايل على ذرة الكربون المجاورة لمجموعة الميثايل الطرفية و Ante-Iso series

وهذه تحتوي على مجموعة ميثايل على مجموعة الايثايل الطرفية.



وتتنوع الأحماض الدهنية التي تقع تحت هذا القسم حيث يتراوح عدد ذرات

الكربون لهذه الأحماض من ١٠ – ٣٠ ذرة كربون، ومعظمها يحتوي على ١٤ – ١٨ ذرة كربون فقط.

ويعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية من المكونات الهامة في البكتريا، ونادرا ما يتواجد في باقي الكائنات الدقيقة، ويتواجد أيضا في الأنسجة الحيوانية وخاصة المجترات والكائنات البحرية، كما أنه من الممكن تخليقه في الأنسجة الحيوانية.

وفي البكتريا تمثل أهمية بالغة لأنها تستخدم كأحد الصفات التقسيمية، فمثلا في جنس *Bacilli* نجد أن هناك بعض الأنواع تحتوي فقط على الأحماض الدهنية المتفرعة من النوع Iso في حين تحتوي أنواع أخري فقط على النوع Ante-Iso.

ومن أمثلة هذا القسم Tuberculostearic acid والاسم العلمي لهذا الحمض هو 10- Methyl-octadecanoic acid، وهو حمض دهني متفرع يحتوي على ١٨ ذرة كربون وهو يمثل النسبة الأعظم من مجموع الأحماض الدهنية الموجودة في دهون بكتريا *Tubercle bacillus* والأنواع البكتيرية الأخرى المشابهة لها. ويمكن عزل هذه البكتريا في مزارع من مرضى السل الذي يتسبب هذا الميكروب فيه. كما يتواجد هذا الحمض الدهني في بعض أنواع البكتريا من جنس Corynebacterium.

tuberculostearic acid

٦- أحماض دهنية ذات تركيب حلقي Cyclic fatty acids:

تتواجد الأحماض الدهنية الحلقية في المملكة النباتية وخاصة في البذور الزيتية، في حين أنها نادرة الوجود في المملكة الحيوانية، والأحماض التي تحتوي على حلقة بروبان تتواجد في الكائنات البحرية حيث يمكن للحيوان تخليق بعضها في حين تقوم بعض البكتريا بتخليق بعض أنواعها الأخرى. كما يمكن أن تتكون بعض الأحماض الحلقية أثناء عمليات القلي والتحمير التي تجري للزيوت النباتية.

حمض اللاكتوباسيلك *Lactobacillic acid* وهو أول حمض دهني حلقي تم فصله من فوسفوليبيدات بكتريا *Lactobacillus arabinosus* ويعتبر الحمض الدهني الرئيسي في هذا النوع من البكتريا.

Cis-11,12-Methylene-octadecanoic (Lactobacillic acid)

حمض 11-Cyclohexylundecanoic وهو أول حمض دهني حلقي أمكن فصله من الزبد الحيواني، ولكنه فعليا ينتج بواسطة البكتريا التي توجد في كرش الحيوانات المجترة وينتقل بدوره بعد ذلك للحيوان المجتر مما يفسر وجوده في منتجات ألبان هذه الحيوانات المجترة.

11-Cyclohexylundecanoic

٧- أحماض دهني هيدروكسيلية Hydroxy fatty acids:

تمثل الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية مكونا هاما من مكونات السفنجوليبيدات Sphingolipids في الحيوانات. ويتراوح طول السلسلة الكربونية في هذا القسم من الأحماض الدهنية من ١٦ – ٢٦ ذرة كربون وهي في الغالب تكون أحماض مشبعة، كما يوجد منها أحماض أحادية عدم التشبع (تحتوي رابطة زوجية واحدة). ويحتوي السفنجوميليين Sphingomyelin على أحماض دهنية هيدروكسيلية تحتوي مجموعة هيدروكسيل على ذرة الكربون رقم ٢، وهي أحماض طويلة السلسلة وعديدة عدم التشبع (تحتوي على أكثر من رابطة زوجية) وينتشر هذا النوع من الأحماض في خلايا الخصية في الثدييات.

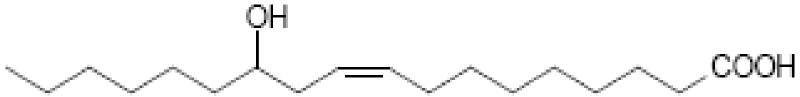
ومجموعة الهيدروكسيل تعمل على زيادة القدرة على تكوين روابط هيدروجينية في السفنجوليبيدات Sphingolipids، مما يساعد على ثبات تركيب الأغشية ويزيد

من قوة التفاعل مع البروتين بالأغشية الخلوية.

أما بالنسبة للملكة النباتية فتنتشر فيها الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية أيضا في السفنجوليبيدات النباتية Sphingolipids، وتتواجد الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية التي تحتوي على هيدروكسيل على ذرة الكربون رقم ٢ في زيت البذور النباتية حيث يحتوي زيت الزعتر على بعض هذه الأحماض الهيدروكسيلية.

حمض الريسينوليك Ricinoleic acid: وهو حمض دهني هام يمثل حوالي ٩٠% من إجمالي الأحماض الدهنية لزيت الخروع كما يعتبر مكون هاما أيضا لبعض أنواع الفطريات، وهو يتواجد في صورة مرتبطة برابطة استر حيث يوجد في صورة جلسريدات ثلاثية.

ويم التخليق الحيوي لهذا الحمض داخل النبات عن طريق نشاط إنزيم Oleate 12- hydroxylase الذي يعمل على إضافة مجموعة هيدروكسيل على ذرة الكربون رقم ١٢ لحمض الأوليك.



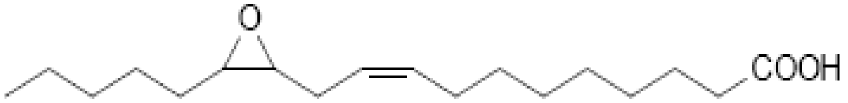
12-Hydroxy-octadec-cis-9- enoic acid (Ricinoleic acid)

٨- أحماض دهنية إيبوكسية وفيورانيدية Epoxy and Furanoid fatty acids:

توجد أحماض دهنية تحتوي على حلقة ابيوكسي (Epoxy ring) مثل حمض الفيرنوليك Vernolic acid وهذا يتكون عند تخزين بعض البذور الزيتية لفترات طويلة تحت ظروف غير مناسبة.

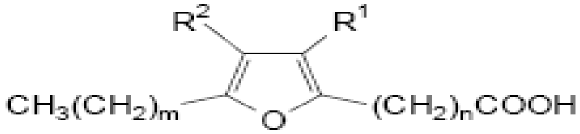
ويعتبر هذا الحمض ناتج من التمثيل الحيوي لحمض اللينوليك، كما يعتبر حمض الفيرنوليك هو مصدر الأحماض الدهنية الأقل في عدد ذرات الكربون في

البكتريا والخلايا الحيوانية المختلفة.



Cis-12, 13-epoxy-octadec-cis- 9-enoic (Vernolic acid)

أما الأحماض الفيورانيدية فهي توجد بنسب قليلة جدًا ولكنها منتشرة في كل المملكة النباتية، ولقد تم اكتشاف بعض أنواع هذه المجموعة بنسب بسيطة في الأسماك، كما تتواجد في المنتجات الحيوانية بالإضافة لوجودها في بلازما دم الإنسان، والشكل التالي يوضح الرمز البنائي الأساسي لهذه العائلة:



Furanoid fatty acids

٩- أحماض دهنية ميثوكسية وكيتونية Methoxy and Keto fatty acids:

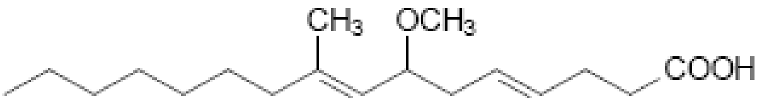
أ- الأحماض الميثوكسية Methoxy fatty acids:

يعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية قليل الانتشار في الطبيعة، ولقد أمكن فصل بعض الأحماض من هذه العائلة من الإسفنجيات Sponges وخاصة إسفنجيات البحر الكاريبي.

ومعظم أفراد هذه العائلة توجد بها مجموعة الميثوكسي على ذرة الكربون رقم ٢، كما يوجد من هذه العائلة أحماض مشبعة وأحادية وعديدة عدم التشبع ومعظمها طويل السلسة الكربونية، كما أمكن فصل بعض الأحماض متوسطة السلسة والتي تحتوي مجموعة ميثوكسي من بعض الطحالب البحرية، كما تتواجد هذه الأحماض في الطحالب والفطريات والبكتريا.

وتتميز هذه الأحماض بأن لها خصائص دوائية مما يجعلها تلعب دورًا هامًا كمضادات للبكتريا وكمضادات للفطريات وكمضادات للفيروسات كما أن لها نشاط

مضاد للسرطان.

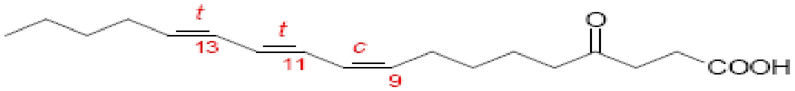


7-Methoxy, 9-methyl-hexadeca-4t, 8t-dienoic acid

ب- الأحماض الكيتونية Keto fatty acids:

يعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية من النواتج الهامة لأكسدة الأحماض الدهنية، ولكن وجوده في الطبيعة يعتبر نادر نسبيا.

وتوجد بعض هذه الأحماض الدهنية في بعض الزيوت النباتية ومن أمثلة هذه العائلة من الأحماض الدهنية حمض 4- Keto-α-eleostearic الذي يمثل حوالي ٦٠% من إجمالي الأحماض الدهنية من نبات Licania rigida.

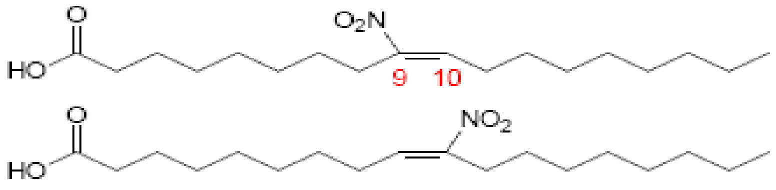


4-keto-9-cis,11-trans,13-trans-octadecatrienoic acid (α-licanic acid)

١٠- الأحماض الدهنية من النوع النيترو Nitro fatty acids:

تم الكشف عن وجود هذا النوع من الأحماض الدهنية لأول مرة في عام ١٩٩٩ حيث تم نشر أول بحث يكشف عن وجود هذا النوع من الأحماض الدهنية في الفوسفوليبيدات الموجودة في الأغشية الخلوية في الإنسان، كما تم التعرف عليها معمليًا حيث وجد إنها تتكون كناتج لأكسدة الليبيدات بسبب تلوث الهواء.

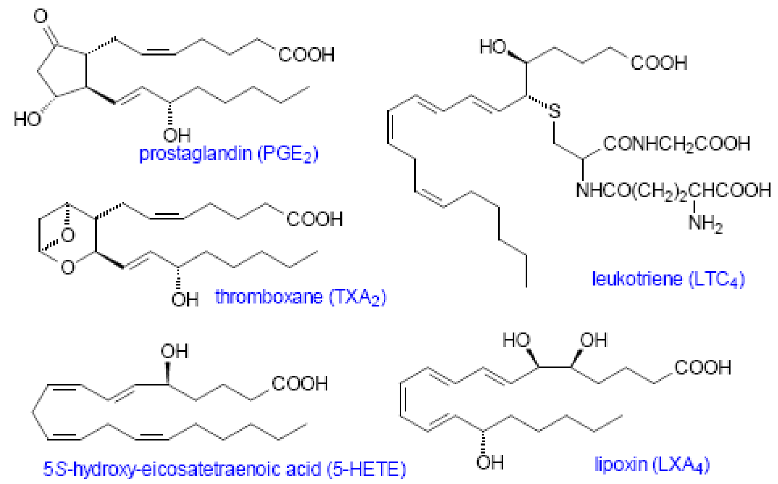
وعن طريق التحليل الكيميائي بالطرق الكروماتوجرافية المتقدمة تم الكشف عن مشتقات نيترو لأحماض البالميتو أوليك Palmitooleic والأوليك Oleic واللينوليك Linoleic واللينولينك Linolenic والأراشيدونك Arachidonic والإيكوزابنتانويك Eicosapentaenoic في بلازما وبول الإنسان.



9- and 10-nitro-9-cis-octadecenoic acids

الايكوزانويدات Eicosanoides:

وهي عبارة عن مشتقات للأحماض الدهنية عالية عدم التشبع مثل حمض الارشيدونيك ولها وظائف فسيولوجية هامة وتنتج بواسطة معظم خلايا الثدييات ومن أنواعها مركبات البروستاجلاندينات Prostaglandins ومشتقاتها مثل مركبات البروستاسيكلينات Prostacyclins والثرومبوكسانات Thromboxanes والليكوترايينيات Leucotrienes وكل المركبات السابقة تعرف باسم الايكوزايوندات لاحتوائها على ٢٠ ذرة كربون. والبروستاجلاندينات عزلت من انسجة غدة البروستاتا ومن هذا أشتق اسمها ووجدت أيضًا في بلازما الحيوانات المنوية ولها وظائف هرمونية وتعتبر جميع البروتاجلاندينات مشابهة لحمض البروستانويك Prostanoic acid، ويرمز لمركبات البروستاجلاندينات بالرمز PG مع تميزها بحرف كبير يدل على نوع الحلقة.



الوظائف الفسيولوجية للايكوزانويدات:

تقوم البروستاجلاندينات بتأثيرات فسيولوجية من اهمها المشاركة في:

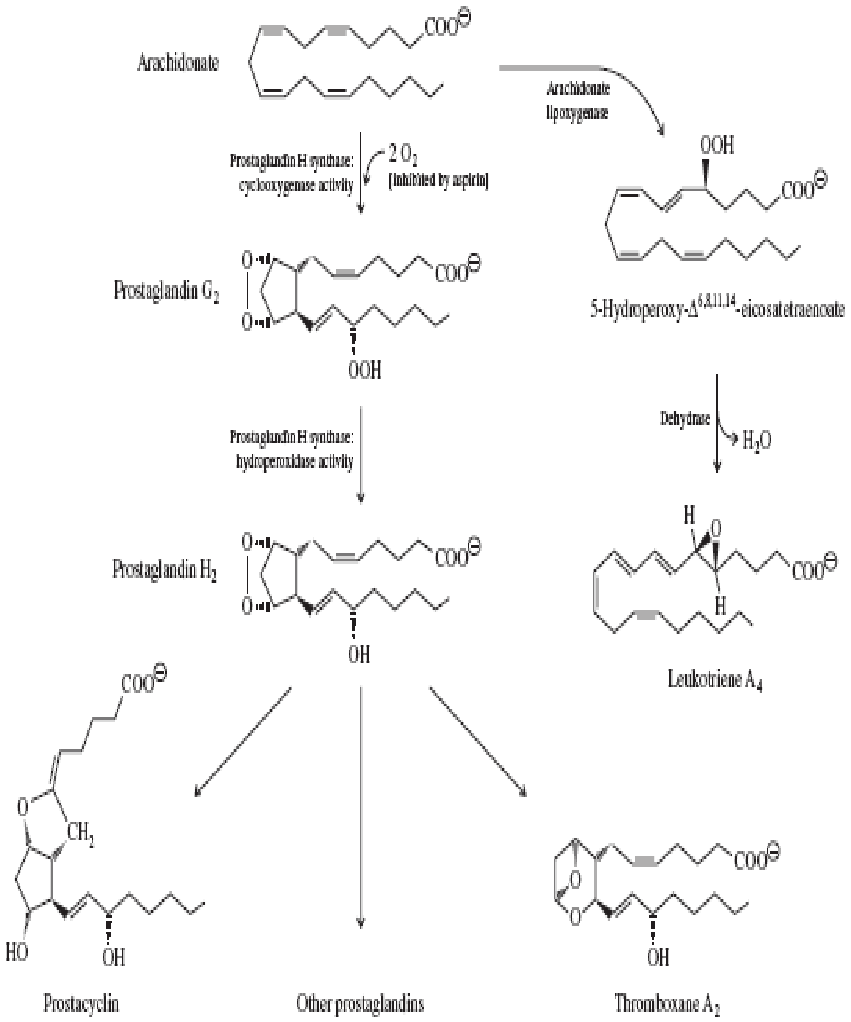
تحفيز عملية الطلق اثناء الولادة.

خفض ضغط الدم.

انقباض العضلات وانبساطها.

ولكن مركبات الثرمبوكسانات لها تأثيرات معاكسة للدورة الدموية فهي تسبب الجلطة الدموية، بينما تقوم البروستاسيكلينات بتوسيع الاوعية الدموية وأيضًا تعمل الليكوترابتنات كمركبات كيميائية منشطة لنظم الدفاع ضد الميكروبات داخل الجسم.

وتوضح المعادلات التالية التخليق الحيوي لأهم مركبات الإيكوزانويدات

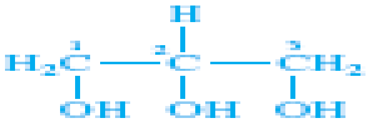


Synthesis of Eicosanoids

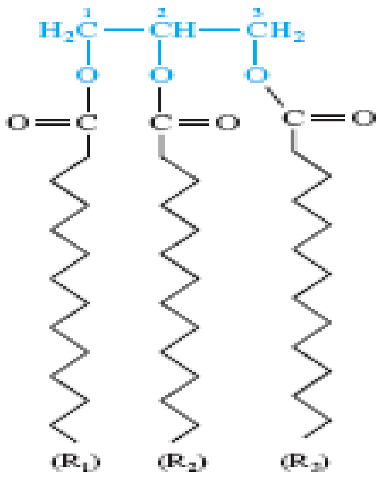
الجلسريدات**Glycerides:**

هي عبارة عن استرات ما بين الأحماض الدهنية وكحول الجليسرول ويمكن أن تحدث الاسترة لمجموعة هيدروكسيل واحدة لجزيء الجليسرول فيكون جليسريد أحادي Monoglyceride أو مجموعتين هيدروكسيل فيعطى جليسريد ثنائي Diglyceride

وتواجد الجليسريدات الأحادية والثنائية في الأنسجة الحية قليل جدًا لأنها عادة ما تتواجد كمركبات وسيطة أثناء تخليق الجليسريدات الثلاثية.



Glycerol



Triglycerides

وتعتبر الجليسريدات الثلاثية المكون الأساسي لدهون وزيوت الكائنات الحية وتشكل حوالي ٩٠% من الليبيدات الموجودة في الدهون الحيوانية مثل الزبد ودهون الأبقار والخنازير والدواجن والزيوت النباتية بأنواعها المختلفة.

طريقة تسمية الجليسريدات الثلاثية:

توجد طريقتين لتسمية الجليسريدات الثلاثية وهما:

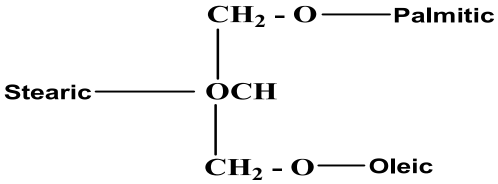
الطريقة القديمة وتسمى طريقة α , β - nomenclature

وفيها يشار إلى الأماكن ١، ٢، ٣ على جزئ الجليسرول بالأحرف α ` , β

α , مع حذف نهاية اسم الحمض الدهني (ic) ويستبدل بـ (O) في الأوضاع α ,

β ويستبدل ب in للحمض الدهني الذي يشغل الموضع α`

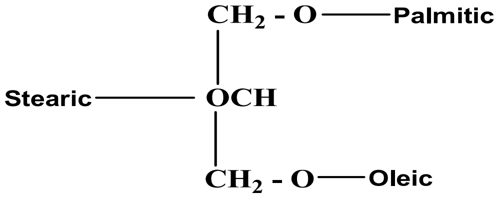
مثال:



α-Palmito, β-Stearo, ά-Olein

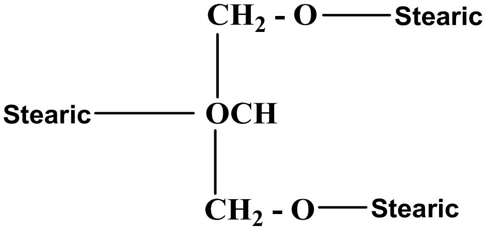
الطريقة الحديثة تسمى بطريقةStereochemical numbering nomenclature:

وفيها تستخدم الأرقام ١، ٢، ٣ للدلالة على مواضع مجاميع الاسيل على جزئ الجليسرول ويستبدل نهاية اسم الحمض الدهني في الثلاثة أماكن بحذف المقطع (IC) ويستبدل بالمقطع (oyl) مع وضع (Sn) في نهاية الاسم بالإضافة إلى كلمة جليسرول. مثال:



1 – Palmitoyl – 2 Oleoyl – 3 – Stearoyl – Sn – glycerol

أم الجليسريد الثلاثي البسيط يسمى بطريقة سريعة كالآتي:

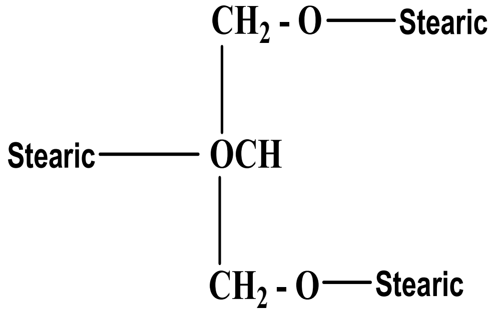


Tristearin أو ثلاثى الاستيارين

وتقسم الجليسريدات الثلاثية من حيث محتواها من الأحماض الدهنية إلى ثلاث أقسام:

جليسريدات بسيطة Simple glycerides:

وهي عبارة عن جلسريدات ثلاثية يدخل في تركيبها نوع واحد فقط من الأحماض الدهنية مثل ثلاثي الاستيارين أو ثلاثي البالمتين كما في المثال التالي:

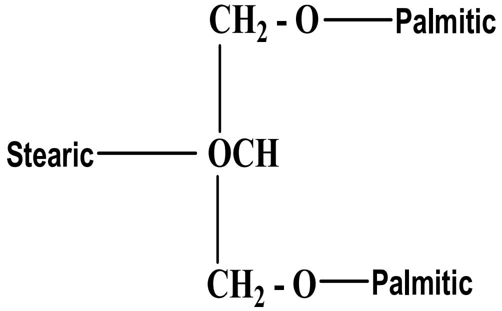


الرمز الكيميائي لجلسريد ثلاثة بسيط (ثلاثى استيارين)

جلسريدات ثلاثية تحتوي على نوعين مختلفين من الأحماض الدهنية:

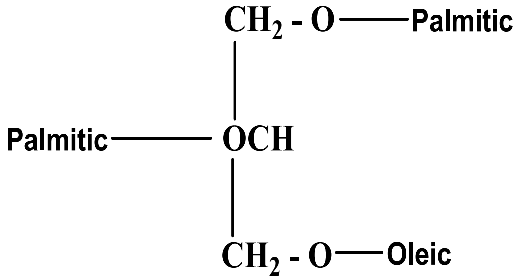
وتنقسم إلى جليسريدات متناسقة حيث الحمض الدهني في الأماكن ١، ٣ متشابهين بعكس الجليسريدات الغير متناسقة فإنها تحتوي على أحماض دهنية مختلفة في الأماكن ١، ٣.

أ- جليسريد ثلاثى متناسق



1,3 dipalmitoyl – 2 – Stearoyl – Sn – glycerol

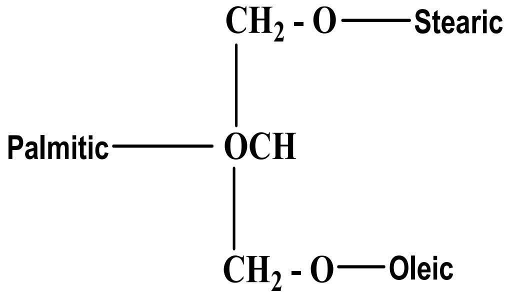
ب- جليسريد ثلاثى غير متناسق



1,2 dipalmitoyl – 3 – Oleoyl – Sn – glycerol

جليسريدات مختلطة Mixed glycerides:

وهي عبارة عن جليسريدات ثلاثية تحتوي على ثلاثة أنواع مختلفة من الأحماض الدهنية مثل:



1-Stearoyl -2-Palmitoyl -3-Oleoyl –Sn- glycerol

مشابهات الجليسريدات الثلاثية**Triglyceides Isomers:**

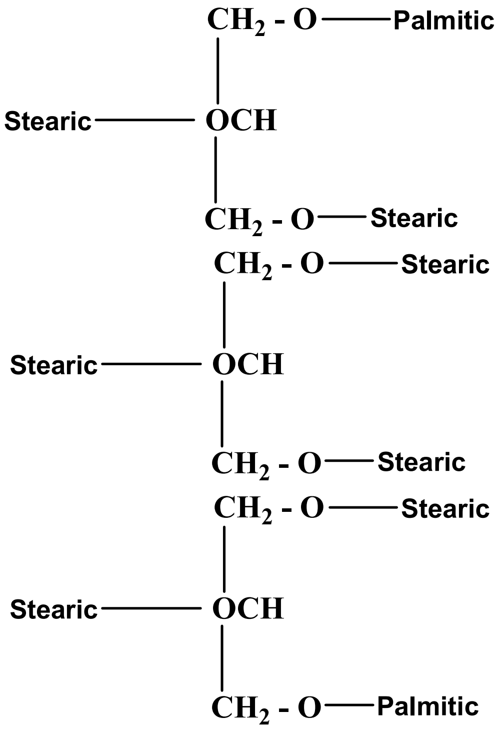
يمكن حساب عدد المشابهات الوضعية التي تتكون من اتحاد أنواع مختلفة من الأحماض الدهنية مع الجليسرول من القانون التالي:

No. of position isomers $=0.5\ (n^3 + n^2)$

حيث أن n هي أنواع الأحماض الدهنية الداخلة في تركيب الجليسريد وليس عددها فمثلًا في حالة الجليسريد الثلاثي المحتوي على نوعين مختلفين من الأحماض الدهنية يكون عدد مشابهاته الوضعية كالآتي:

= ١ / ٢ (٣٢ + ٢٢) = ٦ مشابهات

وهم ناتجين من تبادل أماكن الأحماض الدهنية على جزئ الجليسرول ويمكن توضحها كالآتي في حالة الجليسريد الثلاثي المحتوى على حمض البالميتك والاستياريك فقط.



الكوليسترول Cholesterol:

عبارة عن مادة عضوية شمعية بيضاء اللون تتبع الاستيرولات الحيوانية في تركيبها وتنتمي إلى شبيهات الدهون، وبالتالي فهي لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية المختلفة مثل (الإيثير – الكلورفورم – البنزين).

ينتشر الكولسترول في لحوم الحيوانات ولحوم الطيور الداجنة والأسماك والألبان ومنتجاتها وفي جلد الطيور وصفار البيض، حيث يحتوي صفار البيض والكبد على نسب عالية جدًا من الكولسترول، وبالرغم من ذلك فإن الكولسترول غير متوفر في

الأغذية النباتية. وزيادة مستوي الكولسترول تؤدي للإصابة بأمراض القلب وتصلب الشرايين، لذا ينصح بألا تزيد معدلات الكولسترول اليومية عن ٣٠٠ ملجم في اليوم الواحد للشخص البالغ.

ومعظم الكولسترول الموجود في دم الإنسان مصدره الكبد حيث يقوم الكبد بتخليق وإفراز ٧٠٠ ملجم كولسترول يوميا بينما يمثل الكولسترول المتناول من الغذاء حوالي ٢٢٥ ملجم تقريبا، ولذلك يقوم الكبد بتنظيم مستوي الكولسترول في الدم فعند نقص كولسترول الغذاء يقوم الكبد بزيادة إنتاجه من الكولسترول ويحدث العكس عند زيادة مستويات الكولسترول في الغذاء، ولكن عن زيادة الكولسترول عن مستويات محددة لا يمكن للكبد التحكم فيه مما يؤدي لزيادة مستوي الكولسترول في الدم ويمر في تيار الدم إلي الشرايين.

ويمر الكولسترول في تيار الدم محمولا على بروتين مرتبط به حيث يكون معقد البروتين مع الليبيدات وتعتبر الليبوبروتينات العالية الكثافة High density lipoproteins (HDL) هي الناقل الرئيسي للكولسترول الزائد من الكبد وإخراجه عن طريق أملاح الصفراء، وبالتالي يمثل هذا النوع من الليبوبروتينات حميد حيث له أثر جيد في التخلص من الكولسترول الزائد، في حين يوجد ليبوبروتين أخر هام وهو الليبوبروتين المنخفض الكثافة Low density lipoproteins (LDL) ويقوم هذا الناقل بنقل الكولسترول من الكبد إلى خلايا الجسم المختلفة. ولقد أثبتت البحوث العلمية أن النسبة بين HDL/LDL هي المحددة لنسبة المخاطر المحتملة من زيادة مستوى الكولسترول في الدم وحدوث أمراض القلب وتصلب الشرايين، حيث أن زيادة هذه النسبة تقلل من مخاطر الإصابة بتصلب الشرايين والعكس صحيح. الكمية المأكولة من الكوليسترول (موصى) اقل من ٣٠٠ مليجرام/اليوم.

الأهمية الحيوية للكوليسترول:

يمثل وسيلة نقل الأحماض الدهنية خلال تيار الدم ويشترك مع الليسيثين، ولذا ترتفع كمية الكولسترول أو تنخفض في الدم تبعا لكمية الأحماض الدهنية الموجودة في الغذاء.

يساعد في حفظ توازن الماء في الخلايا وتحدد النسبة بين الكولسترول والأحماض الدهنية كمية الماء الموجودة داخل الخلايا.

يساعد على أكسدة الفوسفوليبيدات Phospholipids ولذا فعضلة القلب (التي تقوم بأقوى مجهود بين عضلات الجسم) تحتوي كميات أكبر من الليسيثين والكولسترول مقارنة بباقي عضلات الجسم.

يحمي الدم من بعض السموم مثل مركبات الصابونين Saponins والتي تعمل على تحلل كرات الدم الحمراء Haemolysis حيث يعمل الكولسترول على وقف تحلل كرات الدم الحمراء.

يمنع أملاح الصفراء من إذابة كرات الدم الحمراء، كما يوقف تأثير إنزيم الليبيز المحلل للدهون.

يدخل في تكوين أغشية الخلايا ويتواجد في جميع الأنسجة الحيوانية وخاصة الأعصاب حيث يقوم بتنظيم نقل الأحماض الدهنية في الأنسجة.

يتأكسد الكولسترول في كل من الكبد والأمعاء ليكون مركب 7-Dihydroxycholesterol الذي يتحول بدوره إلى فيتامين D3 تحت الجلد عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية.

يشارك في تخليق الهرمونات الأستيرولية مثل الأستروجين والبروجسترون والتستيسترون والتي يتم إفرازها من الغدد الجنسية، كما يشارك في تخليق هرمونات الألدستيرون والكورتيكوسترون والكورتيزون والتي تفرز من الغدة الكظرية.

يلعب دورًا هامًا في الحفاظ على نمو الأجنة وتطورها في الطيور حيث أن

انخفاض مستوي الكولسترول يؤدي إلى انخفاض نسبة الفقس في البيض.

ويوضح الجدول (١٨): نسبة تواجد الكولسترول في بعض الأطعمة المختلفة:

الغذاء	نسبة الكولسترول بالملجم
كبد البقر المطبوخ	٣٣١ ملجم/٩٣ جرام
صفار البيض	٢١٣ ملجم/بيضة
لحم البقر أو الدجاج المطهي	٧٥ ملجم/٩٣ جرام
لبن كامل الدسم	٣٣ ملجم/كوب
لبن منزوع الدسم	٤ ملجم/كوب

نوع الغذاء	الكمية	كوليسترول (ملجم)
بيض	١ اوقيه	٢٢٠
كبد – كلية – مخ	١ اوقيه	١٢٠
جمبري	١ اوقيه	٤٥
لحم بقر – خنزير	١ اوقيه	٢٥
دواجن	١ اوقيه	٢٣
سمك	١ اوقيه	٢١

نوع الغذاء	الكمية	كوليسترول (ملجم)
أيس كريم	١ كوب	٨٥
اللبن الكامل	١ كوب	٢٧
اللبن ٢%	١ كوب	١٥
لبن فرز	١ كوب	٧
جبن كامل الدسم	ا ملعقة كبيره	١٨
زبدة	ا ملعقة كبيره	١٢

جدول رقم (١٩): محتوي الأحماض الدهنية في الزيوت والدهون المختلفة

الزيت أو الدهون	I. Value	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
زيت جوز الهند	٨ – ١٠	٤٧,٤	١٨,٠	٨,٠	–	٢,٨	٥,٦	١,٦	-
زيت الذرة	١١٥–١٢٧	–	–	١٢,٠	–	٢,٧	٣٠,١	٥٤,٧	١,٤
زيت فول الصويا	١٣٠–١٣٨	–	–	١١,٥	–	٤,٣	٢٧,٣	٤٩,٧	٦,٩
دهن البقر	٣٥–٤٥	–	٣,٣	٢٦,٢	–	٢٢,٤	٤٥,٣	١,٦	٠,٥
الشحم الحيواني	٥٠–٦٥	–	١,٥	٢٥,٧	–	١٢,١	٤٩,٢	٩,٦	١,١
دهن الدواجن	٨٠	٠,٢	١,٤	٢١,٤	٦,٨	٥,٩	٣٩,٥	٢٣,٥	١,٠

ملاحظات:

ارتفاع I.Value في كل من زيت الذرة وفول الصويا نتيجة احتوائهما على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة بالمقارنة بالمصادر الأخرى.

ارتفاع نسبة الحمض الدهني C18:2 Lenoleic في الزيت وانخفاضه في الدهون.

ارتفاع نسبة الأحماض المشعبة في الدهون واختفائها تقريبًا في الزيوت، ومن أهم الأحماض المشبعة انتشارًا البالمتيك Palmitic.

الأحماض الدهنية الضرورية Essential Fatty Acids:

وهي الأحماض التي ثبت أن الجسم لا يمكنه تكوينها، وبالتالي تأكد احتياجه إليها فسميت بالضرورية Essential، ويجب أن يكون الغذاء محتويًا عليها، أو تضاف إلى غذاء الحيوان. وقد أكدت الأبحاث قدرة الحيوانات – المجترة وغير

المجترة – على تخليق الأحماض الدهنية في الأنسجة عدا الأحماض الدهنية التي تحتوي على اكثر من رابطة زوجية، ويشترط أن تكون هذه الروابط الزوجية على ذرات الكربون رقم ٦، ٩ من طرق مجموعة الميثايل CH_3- وهذا ينطبق على أحماض Arachidonic, Lenolenic, Lenoleic بالنسبة للدواجن، أما بالنسبة للحيوان، فأهمها Arachidonic, Lenoleic، وما يؤكد قدرة الحيوانات على تخليق الأحماض الدهنية ما يحدث عند ترسيب الدهن في الجسم عند تغذية هذه الحيوانات على مستويات مرتفعة من الكربوهيدرات والبروتين. ومما لا شك فيه أن تركيب الغذاء من الأحماض الدهنية له علاقة وثيقة بتركيب دهن الجسم من الأحماض الدهنية، خاصة في الحيوانات غير المجترة والحيوانات المجترة الصغيرة والتي لم يكتمل نمو وتطور الكرش فيها، كما في العجول الرضيعة، بينما تختلف الصورة في الحيوانات المجترة ذوات المعدة المركبة والبيئة الميكروبية النشطة والتي تعمل على تخليق عديد من الأحماض الدهنية القصيرة السلسلة (من ٤ إلى ١٠ ذرة كربون) والتي تظهر بكميات كبيرة من دهن اللبن. ولم يكن لها وجود أصلًا في دهن الغذاء.

وعمومًا.. يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن محتوى الزيوت النباتية أو الدهون الحيوانية من الأحماض الدهنية غير ثابت حيث يختلف بإختلاف الزيت، أو الدهن، ومكان تواجده، كما يختلف بإختلاف تركيب دهن الغذاء إلى حد ما.

أهمية الليبيدات في التغذية:

تعتبر الليبيدات من المركبات الغذائية المهمة نظرًا لارتفاع قيمتها الحرارية إذا ما قورنت بالمواد الكربوهيدراتية والبروتينات فهي تعطي عند الحرق حرارة تعادل ما تعطيه المركبات الغذائية الأخرى (٢,٢٥) مرة تقريبًا لذلك فهي احد مصادر الطاقة المهمة للحيوانات، خاصة تلك التي تحتاج في تغذيتها إلى كميات كبيرة من الطاقة، مثل الدواجن، وعلى وجه الخصوص عند إنتاج البداري أو التسمين، وقد ثبت في

عديد من الدراسات الحديثة أن اضافة الدهن إلى العلائق أدي إلى زيادة معاملات هضم الدهون نفسها، بينما أدى إلى انخفاض معاملات هضم المركبات الغذائية الأخرى، خاصة الألياف الخام، ويرجع ذلك إلى أن ارتفاع محتوى الدهون بالعلائق يزيد من سرعة مرور الغذاء في القناة الهضمية، مما يقلل من تأثير الإنزيمات الهاضمة عليها، كما يؤدى إلى عمليات التخمر التي تحدث بالكرش أو يقلل منها، مما ينتج عنه حدوث بعض الاضطرابات الهضمية.

وتختلف حيوانات المزرعة في قدرتها على تحمل دهن الغذاء fat tolerance، فالعجول الرضيعة يمكن تغذيتها على لبن يحتوى على دهن يصل إلى (٣٠%) من المادة الجافة، أما في المجترات سواء كانت ماشية لحم، أم ماشية لبن، فإن محتوي أغذيتها يجب ألا يتعدى (٥%)، وهو المعدل الذي يتوفر تقريبًا من مواد العلف المكونة لأغذيتها، ونجحت بعض المحاولات لرفع الدهن إلى (١٢%) في أغذية المجترات، أما غير المجترات فيمكنها تحمل نسبة أكبر من الدهن في الغذاء عن المجترات، فالخنازير مثلًا يمكن تغذيتها على علائق تحتوي على (١٠%) دهنًا، ولكن يجب ملاحظة أن زيادة الدهن في علائق الدواجن عن المستوى المناسب يؤثر تأثيرًا عكسيًا على صحة الطيور، وذلك راجع إلى صعوبة هضم الدهون، كما أن المواد الغذائية الغنية بالدهون تكون عرضة للتزنخ Rancidity عند تخزينها في الجور الحار، والمعرض للرطوبة والهواء والضوء، وقد تصبح ضارة بالدواجن، خصوصًا وإن زيادة التزنخ قد تتلف بعض الفيتامينات المهمة الذائبة في الدهن مثل: A, D, E, K فضلًا عن الارتفاع النسبي لأسعار الدهون.

لهذا السبب كانت الكربوهيدرات هي المصدر الشائع للطاقة في أغذية الدواجن، لانتشارها الكبير وعدم صعوبة هضمها ورخص أسعارها نسبيًا، ويمكن إضافة الدهون بالقدر الذي يغطي حاجة الحيوان من الفيتامينات الذائبة فيها، والنسبة المناسبة من

الدهن في علائق الدواجن هي (٣-٥%). ويمكن زيادة هذه النسبة إلى الضعف دون ضرر خاصة في حالة رخص ثمن الدهن، أو المتخلفات الدهنية غير الصالحة لغذاء الأنسان، وفي هذه الحالة يتطلب الأمر تلافي حدوث التزنخ بتخزين المواد الغذائية الغنية بالدهن بعيدًا عن الضوء، وفي أماكن باردة مهواه مع خلطها ببعض المواد المضادة للأكسدة Antioxidant، والتي لا تسبب أي ضرر للإنسان، وحبذا لو كانت هذه المواد من مصادر طبيعية مثل زيت الزعتر Tyhme Oil وذلك لأنه ثبت حديثًا أن مضادات الأكسدة المخلقة كيميائيًا مثل BHT, BHA ذات التركيب الفينولي العطري، لها تأثيرًا ضارًا بصحة الإنسان، أو Carcinogenic Materials، وينصح بعض الباحثين بأن تكون نسبة الدهن في علف البداري من (٢-١١%)، على أن يكون المجهود الفسيولوجي النافع لكل كيلو جرام من العلف ما بين ٢٦٠٠ إلى ٣٢٠٠ كيلو كالوري، أما بالنسبة للدجاج البياض، فليس هناك دليل على احتياج هذا الدجاج إلى مقادير كبيرة من الدهون إلا بالقدر الذي يغطي احتياجاتها من الأحماض الدهنية الضرورية. وقد يحصل الحيوان أو الطائر على الدهن من ثلاثة مصادر، هي: الدهن، والبروتين والكربوهيدرات في الغذاء، وبمعني آخر فإن كلًا من الكربوهيدرات والبروتين بعد الهضم والامتصاص قد تتحول جزئيًا إلى دهون.

وبالنسبة للدواجن فإن الأحماض الدهنية الضرورية متوفرة في مواد العلف المستخدمة في علائق الدواجن حيث تكون الذرة الصفراء مكونًا أساسيًا لعلائق الدواجن، وتحدث حالات نقص الأحماض الدهنية الضرورية عند استبدال الذرة بالشعير، ومن أعراض نقص تلك الأحماض الدهنية الضرورية بطء النمو، وحدوث خلل في ترسيب الدهون، وظهور حالة الكبد الدهني Fatty liver، وصغر حجم البيض، وانخفاض نسبة الإخصاب والفقس، وتحدث حالات تصلب الشرايين وبعض

الأعراض المرضية الجلدية.

الأحماض الدهنية الضرورية:

حمض اللينوليك Linoleic acid (C18:2):

$CH_3 - (CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH$

حمض اللينوليك مهم للنمو الطبيعي، وقد وجد أن نقص الغذاء عن المستوي الطبيعي يؤدي إلى نقص محتوى الأنسجة من الأحماض الدهنية غير المشبعة الثنائية الرابطة، وهذا دليل على أهمية هذا الحمض في تخليق هذه الأحماض الدهنية، ومرورها إلى الأنسجة حيث وجد أن حمض اللينوليك يكون حمض اللينولنك (C18:3) وحمض الاراشيدونيك (C20:4) كما يكون أيضًا الأحماض الدهنية التي تحتوي على اكثر من ذرة كربون وذلك بتطويل سلسلة هذا الحمض، كما وجد أن حمض اللينوليك يعمل على تحسين امتصاص هذه الأحماض الدهنية من الجهاز الهضمي وتسهيل عملية تخزينها داخل الأعضاء الدهنية في الجسم.

وقد وجد زيادة في وزن البيض عندما يتغذى الدجاج على علف به نسبة الدهن ٥.٥% وأن مجموع الدهون القابلة للهضم في العليقة ربما كانت هي العامل الذي يتحكم في وزن البيض، وقد وجد أن نسبة حمض اللينوليك تؤثر على وزن البيض.

جدول رقم (٢٠) تأثير مستوي حمض اللينوليك على وزن البيض

حمض اللينوليك %	وزن البيض بالجرام
٠,٥٥	٩٥,٦
٠,٧٨	٩٥,٨
١,٠٠	٦٠,١
١,٢٠	٦٠,٠
١,٤٥	٦٠,١
١,٦٨	٦٠,٣

وإذا كان معدل الاستهلاك اليومي للعلف يتراوح من ١٢٢ – ١٢٥ جرامًا فإن

نسبة ١% حمض لينوليك تعني استهلاك ما بين ١,٢٢-١,٢٥ جرامًا في اليوم. وقد ثبت أن نسبة ٠,٧٨% هي النسبة المثالية لحمض اللينوليك في عليقة الدجاج البياض، وأن تقديم عليقة لا تحتوي على حمض اللينوليك أدت إلى انخفاض وزن البيض بنحو ١٣ جرامًا في المتوسط عن الحد الأقصى، كما ثبت أن الأغذية التي تحتوي على فول صويا بها حمض لينوليك بقدر كاف.

ويوجد في الطبيعة نوعان من حمض اللينوليك، حيث وجد أن الروابط الزوجية في سلسلة الحمض الدهني الضروري تحدد تأثيره الحيوي في عمليات التمثيل الداخلي:

Cis-Cis-Lenolic acid وهذا النوع ذات نشاط حيوي فعال.

Trans – Trans Lenolic acid وهذا النوع لا يعطي خواص الحمض الضروري أو وظائفه الحيوية والفسيولوجية في الجسم.

كما وجد أن موضع الحمض من ذرات الجلسرين في جزي الجلسيريدات الثلاثية يحدد مدي نشاطه الحيوي، فقد تبين أن الوضع (بيتا) هو الوضع ذو النشاط الحيوي، بينما الموضع (الفا) أو (جاما) ليس له نشاط حيوي.

حمض اللينولنك (Linolenic acid (C18:3:

$CH_3 – CH_2\ CH{=}CHCH_2\ CH = CHCH_2\ CH{=}CH(CH_2)_7\ COOH$

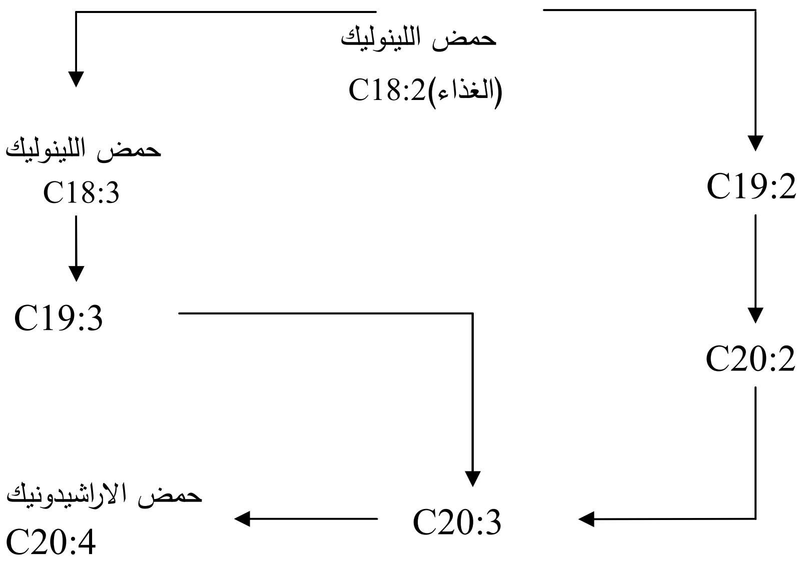
حمض اللينولنك يمكن تخليقه من حمض اللينوليك (C18:2) وبذلك لا يضاف إلى العلائق إلا في حالات خاصة يكون من المفضل أضافته.

حمض الاراشيدونيك (Arachidonic acid (C20:4:

$$CH_3 – (CH_2)_4 – (CH{=}CH\ CH_2)_4 – (CH_2)_2 – COOH$$

يمكن تخليق هذا الحمض من حمض اللينولك واللينولينك، ويعتبر هذا الحمض أحد مكونات البروستاجلاندين، ومن ذلك تتضح أهمية وجود هذا الحمض في الأعضاء الشديدة النشاط الحيوي (القلب – الكلية – الطحال – الرئة – المخ) كذلك فهو أسرع الأحماض الدهنية في نقلة من الكبد فور تكوينه.

التخليق الحيوي للأحماض الدهنية



جدول رقم (٢١) متوسط تركيب أحماض اللينوليك واللينولينك والاراشيدونيك في بعض الزيوت والدهون

الزيت/الدهن	حمض اللينوليك %	حمض اللينولينك %	حمض الاراشيدونيك %
زيت الذرة	٤٢	–	–
زيت الفول السوداني	٢٢	–	–
زيت الزيتون	٧	–	–
زيت بذرة الكتان	١٧	٥١	–
زيت بذرة القطن	٤٥	٢	–
زيت بذرة اللفت	٢٢	٣	–
زيت بذرة السمسم	٤٢	–	–
زيت بذرة القرطم	٧٠	٣	–
زيت فول الصويا	٥٤	٢	–
الشحوم	٢	٠,٥	٠,١
دهن الرنجة	آثار	آثار	٢٨

والجدول التالي يوضح تركيب الأحماض الدهنية في بعض مواد العلف شائعة

الاستخدام في تغذية الدواجن.

جدول (٢٢) متوسط تركيب الأحماض الدهنية في بعض مواد العلف الشائعة الاستخدام في أعلاف الدواجن

مادة العلف	المادة الجافة %	مستخلص الأثير	الأحماض الدهنية % من الغذاء							
			C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
مسحوق الفا الفا المجفف (بروتين ١٧%)	٩٢ ٨٩	٢,٠ ١,٨	٠,٠١ ٠,٠١	٠,٠١ –	٠,٥٧ ٠,٤٩	٠,٠٥ ٠,٠٢	٠,٠٨ ٠,٠٣	٠,١٣ ٠,٣٧	٠,٣٧ ٠,٧٨	٠,٧٨ ٠,٠٨
حبوب الشعير	٩٢	٩,٠	–	–	١,٨٠	٠,٠٧	٠,٠٩	٢,٢٥	٤,٧٧	٠,٠٢
الذرة الصفراء (حبوب)	٨٩ ٩٠	٣,٨ ٦,٩	– –	– –	٠,٦٢ ٠,٩٧	– –	٠,١٠ ٠,١٤	١,١٧ ١,٩٤	١,٨٢ ٣,٧٥	٠,٠٩ ٠,١٠
جلوتين الذرة الصفراء	٩٠	٢,٥	–	–	٠,٥٠	–	٠,٠٦	٠,٦١	١,١٦	–
كسب بذرة القطن (بروتين ٤١%)	٩٣	٣,٩	–	٠,٠٢	١,٢٢	–	٠,٠٢	٠,٥٣	٢,٤٦	٠,٠٣
مسحوق سمك منهادن	٩٢	٩,٤	٠,٠١	١,١٥	٣,٦١	١,٥٨	٠,٥٧	١,٩٦	٠,١٤	٠,٠٨
مسحوق لحم وعظم	٩٣	٨,٦	–	٠,٢٢	٢,٣٦	٠,٤٤	١,٤٢	٣,٧٤	٠,٣١	–
حبوب الشوفان	٨٩	٤,٢	–	٠,٠٥	٠,٩٣	٠,٠٤	٠,٠٥	١,٦٠	١,٤٧	٠,٠٩
كسب فول سوداني	٩٠	٧,٣	–	–	١,٥٢	٠,٠٨	٠,٢٣	٣,٣٢	١,٤٣	–
مسحوق ريش الطيور	٩٣	٣,٣	٠,٠١	٠,٠٦	٠,٩٩	٠,١٩	٠,٤٨	٠,٩٨	٠,٤٣	–
حبوب السورجم (الميلو)	٨٩	٢,٨	–	–	٠,٥٦	٠,١٥	٠,٠٣	٠,٨٩	١,١٣	٠,٠٦
كسب فول الصويا	٩٠	١,٠	–	–	٠,٢٤	٠,٠١	٠,٠٥	٠,١٦	٠,٤٧	٠,٠٧
حبوب القمح	٨٧	١,٩	–	–	٠,٤٦	٠,٠٨	٠,٠٣	٠,٤٤	٠,٨١	٠,١١
جريش القمح مع الردة	٨٨	٣,٠	–	–	٠,٦١	–	–	٠,٥٨	١,٧٠	٠,١٢

المصدر: المجلس القومي للبحوث الأمريكي (١٩٨٤).

القيمة الحرارية للدهون: تختلف القيمة الحرارية للدهون وفقًا لمصادرها المختلفة كما يتضح من البيانات التالية:

جدول رقم (٢٣) القيمة الحرارية لكل جرام من الزيوت والدهون المختلفة

أ – ٩,٥٠	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الجسم
ب– ٩,٣٣	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الزبدة
ج– ٩,٣٠ – ٩,٥٠	كيلو كالوري لكل جرام من دهن البذور الزيتيه
د– ٨,٨	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الحبوب
هـ– ٨,٣	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الأعلاف الخشنة كالتبن

وجد Kellner أن مستخلص الاثير الناتج من الدريس حرارته ٩,١٩٤ كيلو كالوري لكل جرام منه، وان حرارة الروث الناتج من استخدام هذا الدريس ٩,٨٢٤ كيلو كالوري لكل جرام والسبب أن مستخلص الاثير في هذا الروث يحتوي على مركبات كيميائية مثل الشموع، والكلورفيل ومواد أخرى غير مهضومة حرارتها أعلي من حرارة الدهون الحقيقية.

(٣) البروتينات Proteins

تعتبر الكربوهيدرات والليبيدات من المصادر الرئيسية للطاقة في الكائنات الحية، حيث يتم ذلك من خلال عمليات التمثيل الغذائي لهذه المركبات، أما البروتينات Proteins والتي نحن بصددها الآن فهي تعتبر المادة الأساسية اللازمة لبناء الكائن الحى وجسم الحيوان والإنسان، حيث أن البروتينات هي المكون الفعال الأساسي لمادة البروتوبلازم (مادة الحياة) الموجودة في جميع خلايا الكائنات الحية والبروتينات عبارة عن مركبات عضوية نيتروجينية معقدة ذات وزن جزيئي مرتفع وتتكون أساسًا من عناصر الكربون، والهيدروجين، والأكسجين، والكبريت بالإضافة للنتروجين (تصل نسبته ١٦%) كما يدخل في تركيب بعض البروتينات عناصر مثل الفوسفور

أو الفلزات مثل الحديد والنحاس...... الخ كما سيأتي ذكرها فيما بعد.

والبروتينات تتكون من وحدات صغيرة تسمى الأحماض الأمينية Amino acids حيث ترتبط هذه الأحماض مع بعضها من خلال الروابط الببتيدية Peptide bonds لتعطى أنواع مختلفة ذات أوزان جزيئية مختلفة، حيث أن كل بروتين له أنواع معينة من هذه الأحماض موجودة في ترتيب وتتابع محدد وقد ترتبط البروتينات بمركبات أخرى مثل الكربوهيدرات لتعطى ما يسمى بالجليكوبروتينات Glycoproteins أو مع الليبيدات لتعطى الليبوبروتينات Lipoproteins....الخ.

الأحماض الأمينية:

كما سبق ذكره الأحماض الأمينية تمثل الوحدة الأساسية في بناء وتكوين البروتينات على الرغم من وجود أنواع كثيرة من الأحماض الأمينية في الطبيعة (أكثر من ٢٠٠ نوع) إلا أنه يوجد فقط حوالي ٢٠ نوع منها هي الداخلة في تكوين وبناء البروتينات وهي المصدر الأساسي لأي أحماض أمينية أخرى موجودة في الكائنات الحية.

الأحماض الأمينية الحرة والتي تشكل نسبة بسيطة، تلعب دوراً حيوياً هاماً في كثير من العمليات داخل الأنسجة الحية، ويعتبر الاسباراجين Asparagine أول حمض امينى تم اكتشافه (سنة ١٨٠٦م) بينما يعتبر الثريونين Thereonine هو آخر الأحماض الأمينية التي تم اكتشافها (سنة ١٩٣٨م).

أحيانًا يشتق اسم الحامض الأميني من المصدر الأساسي له فمثلًا حمض الجلوتاميك Glutamic acid يكون موجود في جلوتين القمح.

التركيب الكيميائي للأحماض الأمينية:

الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتينات هي في حقيقة الأمر عبارة عن أحماض أمينية تحتوي على مجموعة كربوكسيل (COOH -) ومجموعة امين (NH2-) في الوضع الفا (α) حيث تحتوي جزيئاتها على ذرة كربون مركزية في

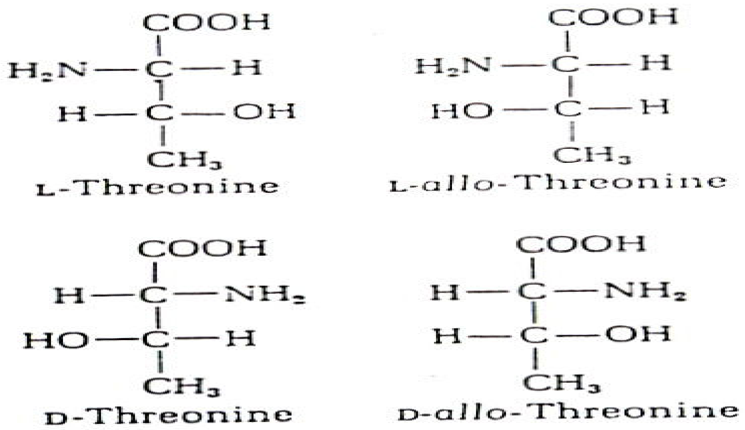
الوضع الفا وتتصل بها مجموعة الكربوكسيل ومجموعة الامين وذرة هيدروجين (H) ومجموعة جانبية (R-) عدا الحمض الأميني الجليسين حيث تستبدل هذه المجموعة بذرة هيدروجين ثانية، هذا والشكل التالي يوضح الرمز العام للأحماض الأمينية والجليسين.

وكما هو واضح من الرمز العام للأحماض الأمينية، فان ذرة الكربون الفا المركزية عبارة عن ذرة كربون غير متناظرة Asymmetric carbon atom حيث يعطي الحمض الأميني في هذه الحالة متشابهين هما المتشابه اليميني (D) والمشابه اليساري (L) كما في الشكل التالي:

الرمز العام للأحماض الأمينية ورمز الجليسين

المتشابهان اليميني (D) واليساري (L) للأحماض الأمينية

الأحماض الأمينية الداخلة في تكوين البروتينات هي من النوع اليساري (L) وعند وجود ذرتين كربون غير متناظرتين في الجزيء فان الحمض الأميني يعطى في هذه الحالة أربعة متشابهات كما هو واضح في الحمض الأميني الثريونين كما في الشكل التالي:



متشابهات للحمض الأميني ثريونين

تقسيم الأحماض الأمنية:

كما هو واضح من الرمز العام للأحماض الأمينية، فان اختلاف المجموعة الجانبية (R-) تؤدي إلى اختلاف الأحماض الأمينية من حيث القطبية، وبذلك يمكن تقسيم الأحماض الأمينية طبقًا لقطبيتها (على درجة pH = ٧) إلى الأقسام التالية:

أحماض أمينية ذات مجاميع جانبية غير قطبية:Nonpolar aliphatic R groups

وتشمل أحماض الجليسين والألانين والفالين والليوسين والايزوليوسين والبرولين.

أحماض أمينية قطبية:Polar, uncharged R groups

وتشمل أحماض السيرين والثريونين والسستين والميثونين والاسبراجين والجلوتامين.

أحماض أمينية عطرية:Aromatic R groups

وتشمل أحماض الفينايل الانين والتيروزين والتربتوفان.

أحماض أمينية بها مجاميع جانبية موجبة الشحنة:

Positively charged R groups

وتشمل أحماض الليسين الارجنين والهستيدين:

أحماض أمينية بها مجاميع جانبية سالبة الشحنة:

Negatively charged R groups

وتشمل أحماض الاسبارتيك والجلوتاميك. هذا والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي للأحماض الأمينية تبعًا لهذا التقسيم.

ومما هو جدير بالذكر يمكن تقسيم الأحماض الأمينية بطريقة أخرى كما يلي:

أحماض أمينية متعادلة:

ويقصد بالأحماض الأمينية المتعادلة هنا هو إنها تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة امين واحدة.

وجدير بالذكر أن الأحماض الأمينية المتعادل عند ذوبانها في الماء لا تعطى pH=7 بالضبط ولكن تكون حمضية التأثير لحد ما وتنقسم الأحماض الأمينية المتعادلة بدروها إلى الأقسام التالية:

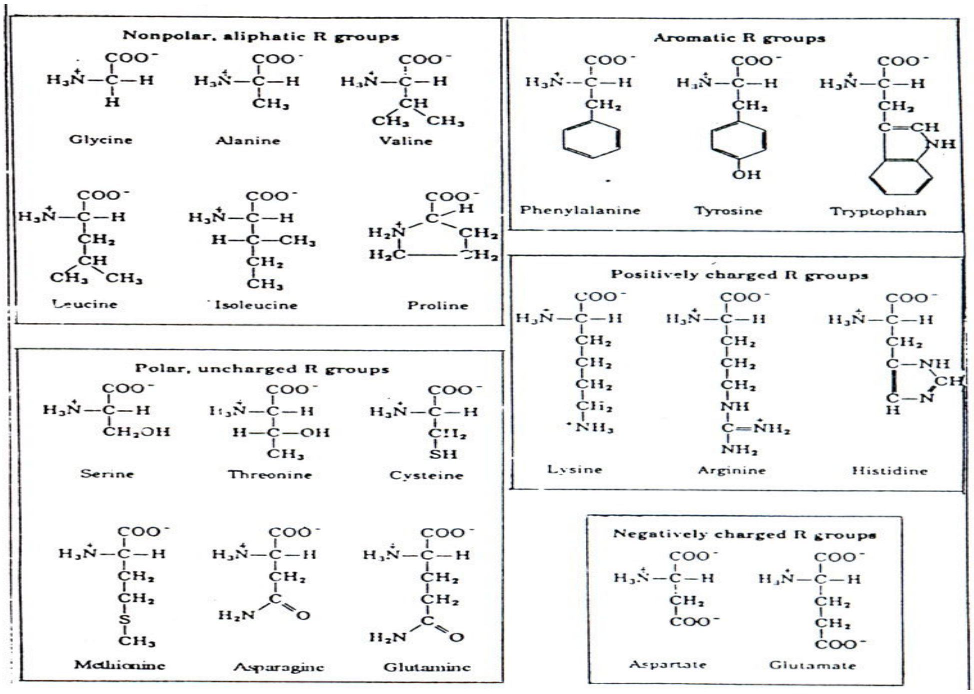
أحماض أمينية متعادلة عادية: وتشمل الجليسين الألانين والفالين والليسوين والايزوليوسين.

أحماض أمينية متعادلة ذات حلقة خماسية: أي تحتوي على حلقة خماسية مثل الحمض الأميني البرولين.

أحماض أمينية متعادلة هيدروكسيلية: أي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل (-OH) مثل السيرين والثريونين.

أحماض أمينية كبريتية: أي تحتوي على كبريت مثل السيستين والستاين والميثونين.

أحماض أمينية متعادلة عطرية: أي تحتوي على حلقة بنزين عطرية مثل الفينايل الانين والتيروزين والتربتوفات (حلقة اندول).



التركيب الكيميائي للأحماض الأمينية وتقسيمها

أحماض أمينية حمضية:

وهي تحتوي على مجموعة كربوكسيل إضافية في السلسلة الجانبية وبالتالي تكون محتوية على مجموعتين كربوكسيل ومجموعة امين واحدة مثل الجلوماتيك والاسبارتيك.

أحماض أمينية قاعدية:

وهي عكس المجموعة السابقة حيث تحتوي على مجموعة امين إضافية في السلسلة الجانبية وبالتالي تكون محتوية على مجموعتين امين ومجموعة كربوكسيل واحدة مثل الليسين والارجنين والهستدين (حلقة اميدازوال).

الخواص الطبيعية للأحماض الأمينية:

سوف نستعرض في الجزء التالي بعض الخواص الطبيعية الهامة للأحماض الأمينية كما يلي:

الصورة النقية: الصورة النقية للأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة تكون على الحالة الصلبة ومتبلورة ولها درجة إنصهار عالية ومعظم الأحماض الأمينية حلوة المذاق.

النشاط الضوئي Optical activity:

جميع الأحماض الأمينية لها نشاط ضوئي ما عدا الجليسين الذي يحتوي على ذرة كربون متناظرة (متناسقة) كما سبق ذكره.

الذوبان Solubility:

معظم الأحماض الأمينية تذوب في الماء ولكن بدرجات مختلفة، ويقل الذوبان عند نقطة التعادل الكهربي Isoelectric point (IEP.PL:Pi) وزيادة الحموضة تسبب زيادة الذوبان خاصة الأحماض الأمينية القاعدية، بينما زيادة القاعدية تزيد من ذوبان الأحماض الأمينية الحمضية، عمومًا تذوب الأحماض الأمينية في كحول ايثايل ٥٠%.

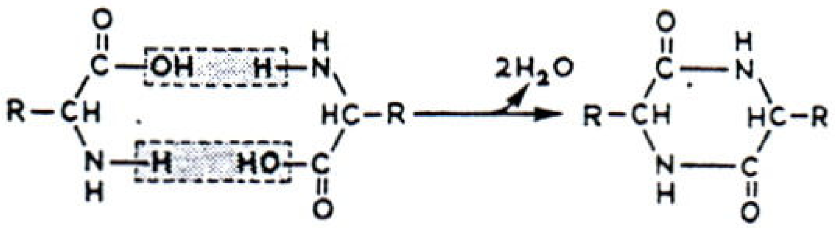
التفاعلات الكيميائية للأحماض الأمينية Chemical reactions:

تأثير الحرارة:

عند تعرض الأحماض الأمينية الفا للتسخين في وجود بعض العوامل المساعدة فإنها تكون مركبات حلقية (اندريد الحمض الأميني) بفقد جزيئات من الماء.

الخواص الامفوتيرية:

بما أن الأحماض الأمينية تحتوي على مجموعة كربوكسيل (COOH−) ومجموعة امين (NH_2−) لذا فإنها تميل لتكوين أملاح داخلية تسمى الزوتر آيون Zwiter ion وذلك عند ذوبانها في الماء، والزويتر أيون عبارة عن ملح متأين يحمل شحنات كهربية موجبة وأخرى سالبة تعادل بعضها البعض، وتتوقف هذه الخاصية على درجة حموضة المحلول (درجة الـ pH).



Two amino acids A diketopiperazine

تأثير الحرارة على الأحماض الأمينية

ونتيجة وجود الأحماض الأمينية على صورة الزويتر أيون، تظهر لها خواص امفوتيرية (حمضية وقاعدية)، حيث تتفاعل مع الأحماض كأنها قاعدة، ومع القواعد كأنها أحماض.

على هذا يشحن الحمض الأميني الموجودة في صورة الزويتر أيون بالشحنة الموجبة في الوسط الحمضي وبشحنة سالبة في الوسط القاعدي، وهذه الخاصية الهامة للأحماض الأمينية أضفت عليها وعلى البروتينات المتكونة منها صفة الامفوتيرية حيث يكون لها فعل تنظيمي Buffering action يمكن من خلاله مقاومة التغير في درجات الحموضة والمحافظة على درجة الـ pH حوالي ٧، وذلك مما يؤدى في النهاية إلى استمرار عمل الإنزيمات والنظم الحيوية بكفاءة عالية.

نقطة التعادل الكهربي:

تعرف نقطة التعادل الكهربي Isoelectric point (IEP.PL:Pi) بأنها درجة الـ pH التي عندها لا يتحرك الحمض الأميني في المجال الكهربي، حيث يكون متعادل.

الأحماض الأمينية الضرورية Essential وغير الضرورية Nonessential:

الحمض الأميني غير الضروري هو عبارة عن الحمض الذي يستطيع جسم

الإنسان أو الحيوان تخليقه إذ توفر له مصدر نتروجيني مناسب ولا يشترط وجوده في الغذاء، ومن أمثلة هذه الأحماض بالنسبة للإنسان، الجليسين والالانين والاسبارتيك والجلوتاميك والبرولين والهيدروكسي والسيرين والسستيئين.

أما الحمض الأميني الضروري فهو ذلك الحمض الذي لا يستطيع جسم الإنسان أو الحيوان تخليقه ولابد من توافره في الغذاء مثل الفالين والليسين والليوسين والايزوليوسين والثريونين والمثيونين والفينايل الانين والتربتوفان.

وهناك أيضًا الأحماض شبة الضرورية Semi-essential وهي التي تستطيع أن تحل محل الحمض الضروري في حالة غيابه وذلك نظرًا لتقارب الهيكل الكربوني في كليهما، فمثلًا التيروزين يعتبر حمض امينى شبة ضروري في حالة غياب الفنايل الانين فقط، من ناحية أخرى يمكن اعتبار الحمض الأميني ضروري أيضا إذ تكون في الجسم بكميات قليلة لا تفي بالاحتياجات المطلوبة منه.

هذا ويزداد معدل الإحتياج للأحماض الأمينية في مرحلة البناء (الأطفال) وحالات النقاهة والمرض.

النباتات بصفة عامة لا تستطيع تخليق الأحماض الأمينية من مصادرها الأولية وأكثر من هذا فان النباتات تستطيع استخدام الأمونيا أو النترات الموجودة بها كمواد بادئة لمجاميعها الأمينية، أما الكائنات الحية الدقيقة فتختلف بشدة في سعتها لتخليق الأحماض الأمينية، فمثلًا *E.coli* تستطيع تخليق الأحماض الأمينية المطلوبة من النباتات البسيطة، بينما بكتريا حمض اللاكتيك لا تستطيع ذلك وتحصل على ما يلزمها من الأحماض الأمينية من بيئتها.

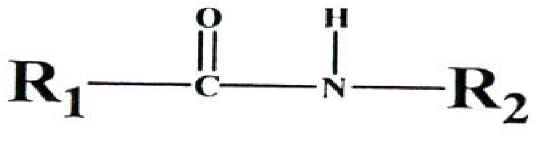
البتيدات Peptides

البتيدات Peptides عبارة عن اتحاد (ارتباط) عدد محدود من الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية (روابط اميدية)، وتختلف البتيدات باختلاف عدد الأحماض الأمينية المكونة لها فهناك الببتيد الثنائي Dipeptide ويعتبر أصغر ببتيد متكون حيث يتكون من عدد اثنين حمض امينى، أما الببتيد الثلاثي Tripeptide فيتكون من ثلاثة أحماض أمينية، وبصورة عامة إذا زاد عدد الأحماض الأمينية عن عشرة أحماض في الببتيد فيسمى في هذه الحالة ببتيد عديد Polypeptide.

لا يوجد حد فاصل بين البروتين (المحتوى على عدد كبير جدًا من الأحماض الأمينية) والببتيدات العديدة، ولو أن الببتيدات العديدة عادة ما يقل وزنها الجزيئي عن ١٠٠٠٠ وتستطيع النفاذية خلال الأغشية الشبة منفذة مثل السولفان ولا تترسب بواسطة ثلاثى كلوروحمض الخليك Trichloroacetic acid (TCA) أو كبريتات الأمونيوم بعكس البروتينات.

البتيدات الحقيقية وغير الحقيقية:

يجب أولًا ملاحظة أن الروابط الببتيدية ما هي إلا روابط اميدية Amide bonds بين مجموعة كربوكسيل في حمض امينى ومجموعة امين في حمض امينى آخر وبصورة عامة تنتشر الببتيدات في الطبيعية انتشارًا كبيرًا وتلعب دورًا هامًا في النظم البيولوجية والحيوية.



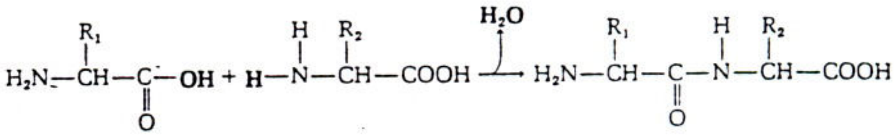
الرابطة الاميدية Amide bond

تقسيم الببتيدات:

يمكن تقسيم الببتيدات إلى نوعين:

ببتيدات حقيقية:

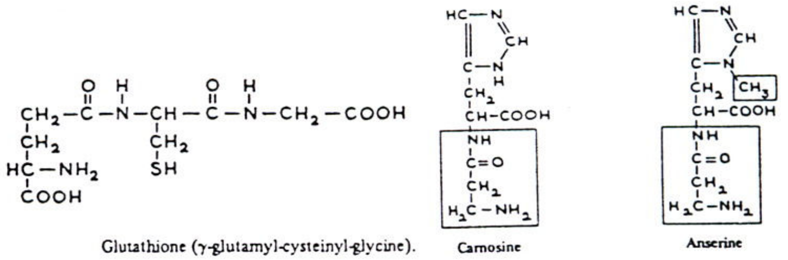
وهي تلك التي تنتج من اتحاد مجموعة الكربوكسيل الفا للحمض الأميني مع مجموعة الامين الفا أيضًا لحمض امينى أخر مع نزع جزئ ماء.



شكل (١١) تكوبن الرابطة الببتيدية في اللييبدات الحقيقية

ببتيدات غير حقيقية:

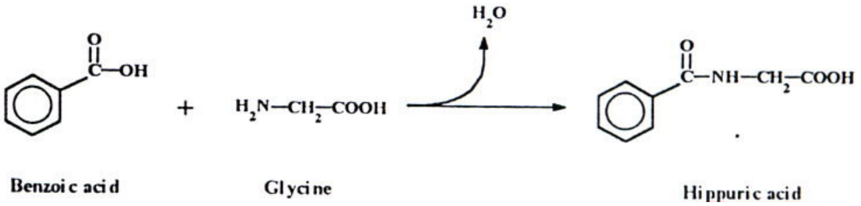
وهي تلك التي تنتج من اتحاد أي مجموعة كربوكسيل (الفا أو غير الفا) لحمض امينى مع مجموعة امين (الفا أو غير الفا) لحمض امينى آخر مع نزع جزئ ماء مع مراعاة عدم ارتباط مجموعة الكربوكسيل الفا مع مجموعة الامين الفا والا كان ببتيد حقيقي، ومن أمثله تلك الببتيدات مركب الجلوتاثيون ومركب الانسرين ومركب كارنوزين.



التركيب الكيميائي لبعض الببتيدات غير الحقيقية

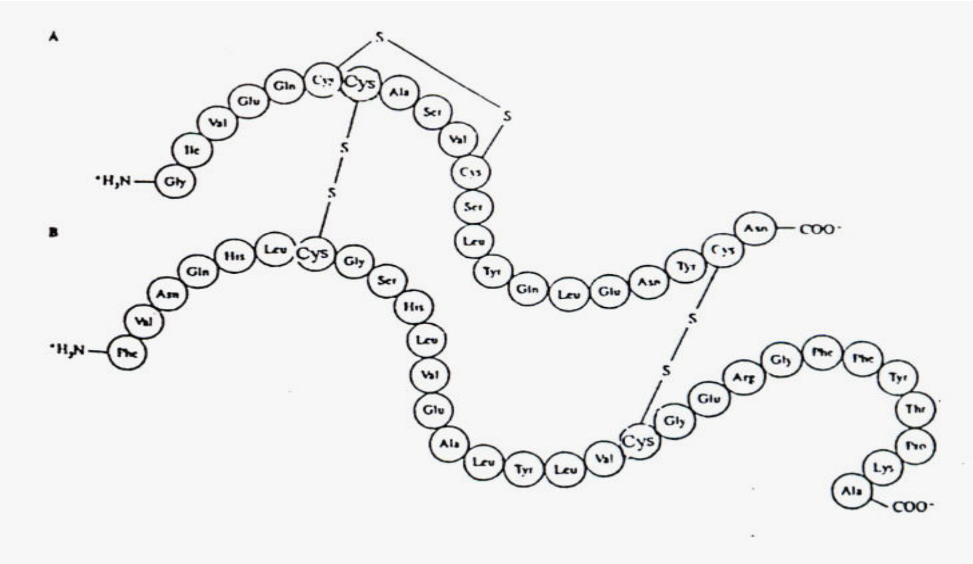
أحيانًا يطلق على بعض المركبات ببتيدات غير حقيقية إذا كان أحد شقي

الرابطة الببتيدية ليس حمض امينى مثل حمض الفوليك Folic acid وحمض الهيبوريك.



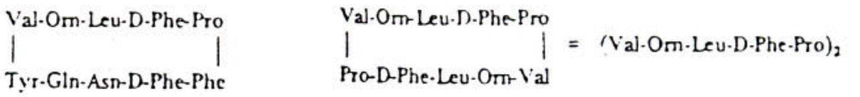
تكوين حمض الهيبوريك

من ناحية أخرى تلعب الببتيدات الحقيقية دورًا هامًا في الأنسجة الحيوية، فكثير من الهرمونات عبارة عن ببتيدات ومن أمثلة ذلك هرمون الأنسولين وهرمون الجلوكاجون وهرمون الباراثيرويد وهرمون الكالسيتونين وهرمونات الغدة النخامية.



التركيب الكيميائي لهرمون الأنسولين

تلعب الببتيدات غير الحقيقية أيضًا دورًا كبيرًا في الكائنات الحية مثل الجلوتاثيون وحمض الفوليك، وكثيرًا من المضادات الحيوية عبارة عن ببتيدات غير حقيقية مثل الجراميسيدين والتيروسيدين.



Tyrocidin   Gramicidin S

التركيب الكيميائي للجراميسيدين Gramicidin S والتيروسيدين Tyrocidin

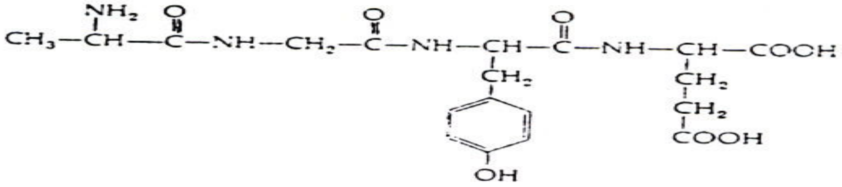
تسمية الببتيدات:

من التركيب الكيميائي للبروتين (سلسلة ببتيدية طويلة جدًا) أو الببتيد نفسه نجد إنهما يشتركان في احتوائهما على نهايتين إحداهما نهاية أمينية (مجموعة أمينية) N-terminal residue والأخرى نهاية كربوكسيلية (مجموعة كربوكسيلية) C-terminal residue.

ولتسمية الببتيدات نتبع ما يلي:

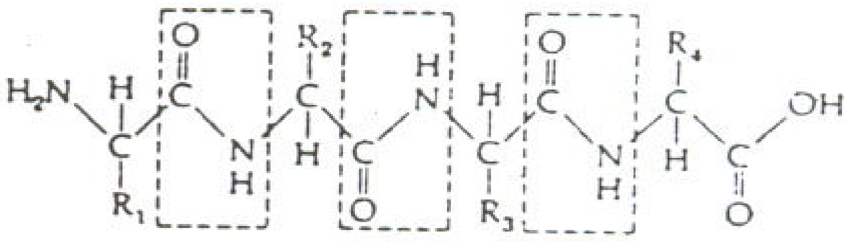
نبدء أولًا بالحمض الأميني الموجود بالطرف الأميني فيستبدل المقطع الأخير منه (ين ine) بالمقطع (يل yl) ثم يتبعه بنفس الطريق الحمض الأميني الثاني والثالث......... إلخ حتى آخر حمض امينى والموجود بالطرف الكربوكسيلى فيوضع اسمه بالكامل كما في الشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي والاسم العلمي لأحد الببتيدات الرباعية.

ويمكن كتابة رمز الببتيد في صورة الزجزاج كما في شكل التالي:



Alanylglycyltyrosylglutamic acid

التركيب الكيميائي والاسم العلمي لأحد الببتيدات الرباعية



تركيب الببتيد في صورة الزجزاج

البروتينات

البروتينات عبارة عن وحدات مختلفة من الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها بروابط ببتيدية وتكرار هذه الروابط يكون الهيكل العام للسلسلة الببتيدية، ويوجد العديد من البروتينات في الطبيعة ويرجع ذلك إما إلى اختلاف عدد الأحماض الأمينية أو اختلاف أنواع الأحماض الأمينية وتتابعها في السلسلة الببتيدية، لذا كان من الضروري إيجاد تقسيم مناسب لهذا العدد الهائل من البروتينات خصوصًا أن بعض هذه البروتينات تحتوي على مركبات أخرى مثل الكربوهيدرات والليبيدات وبعض الصبغات والفوسفور والأحماض النووية، ومن هنا يظهر التركيب المعقد للبروتينات، بالرغم من الانتشار الكبير للبروتينات في الأنسجة الحيوانية والنباتية على السواء، إلا أن كل بروتين له وظيفة حيوية محددة ولا يستطيع أي بروتين آخر أن يحل محله.

وتختلف البروتينات أيضًا في درجة ذوبانها في المذيبات المختلفة، فبعضها يذوب في الماء والآخر يذوب في محاليل الأملاح والثالث في المحاليل الكحولية أو المحاليل الحمضية أو القاعدية.

مصادر البروتينات:

بصفة عامة جميع المواد الغذائية تكون محتوية على البروتينات وان اختلفت نسبة وجودها فمثلًا المصادر النباتية وهي البقوليات (مثل الفول البلدي والفاصوليا والعدس وفول الصويا) تكون نسبة البروتين بها مرتفعة (حوالى ٢٥ %) بينما الحبوب (مثل القمح والشعير والذرة) تعتبر فقيرة في البروتين (تحتوي على حوالى ١٠%، عمومًا تعتبر هذه المصادر النباتية فقيرة في القيمة الغذائية والحيوية، حيث لا تحتوي بروتيناتها على كل الأحماض الأمينية الأساسية أو الضرورية ومن ناحية أخرى تعتبر المصادر الحيوانية (مثل اللحوم واللبن والبيض والأسماك) من اهم المصادر الغنية جدًا بالبروتينات، هذا بالإضافة إلى ارتفاع القيمة الغذائية والحيوية

لها لاحتوائها على كل الأحماض الأمينية الأساسية.

الأهمية الحيوية للبروتينات:

تأتى في مقدمة الأهمية الحيوية للبروتينات استخدامها في التغذية لكل من الإنسان والحيوان، حيث تدخل في تركيب وبناء الجسم بصورة رئيسية، مثال ذلك نمو الجنين ونمو الأطفال وتعويض العضلات والأنسجة المتهالكة في الحالات المرضية، ولا يعتبر البروتين من مصادر الطاقة إلا في حالات خاصة مثل المجاعات أو النقص في مصادر الطاقة الرئيسية (الكربوهيدرات والدهون).

وحتى يستفيد الجسم من بروتينات الغذاء، تتحلل داخل الجسم أولًا إلى أحماض أمينية حرة ثم يعاد استخدامها مرة أخرى في بناء البروتينات اللازمة للجسم.

اهم الوظائف الحيوية للبروتينات داخل الجسم:

تدخل الأحماض الأمينية الناتجة من بروتينات الغذاء في بناء بروتينات الجسم مثل الكولاجين والكرياتين في الجلد والشعر والأظافر والأنسجة الضامة، كذلك بروتينات العضلات مثل الميوسين Myosin والأكتين Actin.

تدخل في تكوين بروتينات الكروموسومات وهي المركبات المسئولة عن انقسام الخلايا، كما تدخل في تكوين بروتينات الأجسام المناعية Antibodies التي تواجه الأجسام الغريبة Antigens الداخلة للجسم.

تستخدم الأحماض الأمينية الناتجة من تحلل بروتينات الغذاء في تخليق جميع الإنزيمات اللازمة للعمليات الحيوية في الكائن الحي كذلك تدخل في تكوين الهرمونات البروتينية في الإنسان والحيوان مثل هرمون الأنسولين وهرمون الجلوكاجون، أو تتحول مشتقات هذه الأحماض إلى هرمونات مثل هرمون الثيروكسين وهرمون الأدرينالين.

تدخل في تكوين بعض البروتينات مثل الهيموجلوبينات وهي الخاصة بعمليات نقل الأكسجين من الرئة إلى الخلايا، كما تدخل في بعض بروتينات النقل في الدم

والمسئولة عن انتقال الليبيدات في الدم عن طريق الليبوبروتينات.

تدخل في تكوين بروتين الفريتين Ferritine الذي يخزن في الكبد، أيضًا تدخل في تكوين بعض البروتينات الخاصة جدًا مثل بروتينات الأرجوان البصري في العين.

تقوم بتنظيم درجة الـ pH للدم والمحافظة على الضغط الأسموزي للدم وعمليات النفاذية خلال الأغشية، كما تستخدم كمصدر للطاقة حيث أن حوالي ٢٥% من هذه الأحماض الأمينية تهدم وينتج منها طاقة.

بالإضافة لكل ما سبق فان الأحماض الأمينية الناتجة من تحلل البروتينات لها وظائف حيوية كثيرة داخل الجسم، وسوف نستعرض هذه الوظائف فيما بعد، من ناحية أخرى، كما يجب ملاحظة أن معظم هذه الوظائف السابقة تتم أيضًا في النبات بالإضافة لوظائف أخرى خاصة تقوم بها البروتينات التي يخلقها النبات نفسه (بشرط توافر عناصر التخليق البروتين وهي النتروجين والفوسفور) حيث أن النباتات لها القدرة على تخليق جميع الأحماض الأمينية اللازمة لتكوين البروتينات.

الأهمية الاقتصادية للبروتينات:

بالإضافة لما سبق ذكره عن الأهمية الحيوية للبروتينات فان الأهمية الاقتصادية للبروتينات تأتي لتضيف دورًا أخر في حياتنا العملية حيث أن الصوف والحرير والجلود ما هي إلا مواد بروتينية، والخيوط الجراحية تصنع أيضًا من مواد بروتينية، هذا بجانب استخدامها كمادة لاصقة (الغراء) عن طريق تسخين بروتينات الكولاجين.

تقسيم البروتينات:

هناك نظم كثيرة لتقسيم البروتينات، وسوف نختار أكثرها شيوعًا يعتمد التقسيم التالي على تركيب البروتين أولًا، ثم على درجة ذوبان البروتينات في المذيبات المختلفة ثانيًا.

أولًا: تقسيم البروتينات تبعاً للتركيب الكيميائي للبروتين:

البروتينات البسيطة Simple proteins:

وهي عبارة عن البروتينات المكونة أساسا من الأحماض الأمينية فقط مرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية، ولا ينتج من تحليلها المائي غير الأحماض الأمينية.

البروتينات المرتبطة Conjugated proteins:

وهي عبارة عن البروتينات المكونة أساسا من الأحماض الأمينية المرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية بجانب مركبات أخرى غير بروتينية مرتبطة معها مثل الكربوهيدرات والليبيدات..... الخ، وبتحليلها مائيًا تنتج الأحماض الأمينية والشقوق غير البروتينية المرتبطة معها، ومن اهم أنواعها ما يلي:

الجليكوبروتينات Glycoproteins:

وهي البروتينات التي تحتوي على شق كربوهيدراتى، والسكرات المرتبطة عادة هي الجلوكوز والفركتوز والمانوز والسكرات الأمينية ومشتقات حمض اليورونيك، ومكان ارتباط السكر بالبروتين يكون من خلال رابطة جليكوسيدية مع مجاميع الهيدروكسيل الخاصة بالحمضين الأمينين السيرين والثريونين أو مع مجاميع الامين الخاصة بالحمض الأميني اسباراجين، وإزالة الشق الكربوهيدراتي من هذه البروتينات تفقدها خواصها الحيوية ونشاطها.

ومن أمثلة هذه البروتينات هرمونات الغدة النخامية(FSH and LH hormones)، والميوسين Mucin الموجودة في اللعاب، وكذلك الهيبارين Heparine المانع لتجلط الدم.

الليبوبروتينات Lipoproteins:

وهي البروتينات التي تحتوي على شق ليبيدى (دهني) مثل الأحماض الدهنية أو الجلسريدات أو الكولسترول أو الفوسفوليبيدات، وهناك ليبوبروتينات ذائبة في الماء مثل LDL و HDL و VLD وأخرى غير ذائبة مثل ليبوبروتينات الجهاز العصبي.

النيكلوبروتينات (البروتينات النووية) Nucleoproteins:

وهي البروتينات التي تحتوي على أحماض نووية كشق مرتبط ومن أمثلتها البروتينات الداخلة في تركيب الكروماتين والريبوسوم، كذلك الهستون والبروتامين.

الفوسفوبروتينات (البروتينات الفوسفاتية) phosphoproteins:

وهي البروتينات المرتبطة بمجاميع الفوسفات وعادة ما يكون الارتباط من خلال مجاميع الهيدروكسيل الخاصة بالحمضين الأمينين السيرين والثريونين، ومن أمثلتها كازين اللبن وهذا الفوسفوبروتين يكون حمضي التأثير ويذوب في القلويات ويرسب بالأحماض.

البروتينات الفلزية Metaloproteins:

وهي البروتينات المرتبطة مع بعض الفلزات، ومن أمثلتها الفريتين Ferritine وهو بروتين مرتبط مع الحديد، كذلك السيروبلازمين Ceruloplasmin وهو بروتين مرتبط مع النحاس وهرمون الأنسولين وهو بروتين يحتوي على الزنك، وكازين اللبن الذي يحتوي على الكالسيوم والإنزيمات مثل ديهيدروجينيز الكحول المحتوى على الزنك، وإنزيمات السيتوكروم المحتوية على الحديد.

البروتينات الملونة Chrromoproteins:

وهي بروتينات تحتوي على مجموعة اضافية ذات لون مميز، ولكنها تختلف في تركيبها الكيميائي من بروتين لآخر، ومن أمثلتها الفلافوبروتين ذو اللون الأصفر (يحتوى على مجموعة الريبوفلافين) وهيموجلوبين الدم (يحتوى على مجموعة الهيم Heme) ذات اللون الأحمر، كما ترتبط الكلوروفيلات (ذات اللون الأخضر) بأنواع خاصة من البروتينات ويرتبط الكاروتينات ببعض البروتينات لتكسبها اللون البرتقالي، وهناك أنزيمات ملونة مثل الكتاليز والسيتوكروم حيث ترتبط بمجموعة الهيم، أيضًا صبغة الميلاتونين السوداء المسئولة عن لون البشرة والشعر ترتبط عادة بنوع معين

من البروتينات يسمى Melanoproteins.

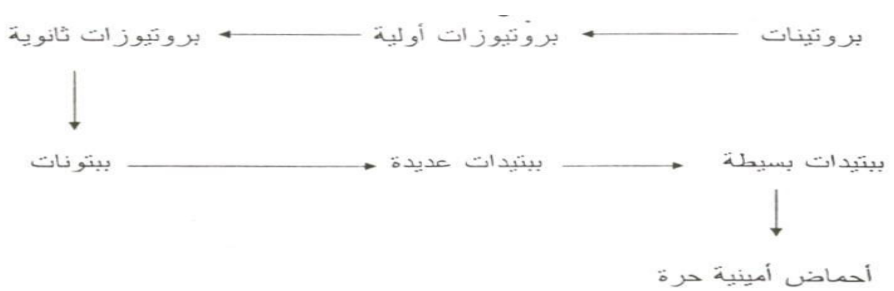
ج- البروتينات المشتقة Dreived proteins:

التغيرات التي تطرأ على البروتينات السابقة (البسيطة أو المرتبطة) وتؤدى لحدوث تغيير في التركيب الكيميائي أو الطبيعي لهذه البروتينات تنتج ما يعرف باسم البروتينات المشتقة، وتتكون هذه البروتينات نتيجة تعرض البروتينات البسيطة أو المرتبطة للعوامل التالية:

- الحرارة العالية
- الإشعاع
- معادن الأملاح الثقيلة
- الأحماض والقلويات المركزة
- بعض المذيبات العضوية مثل الكحول واليوريا
- الإنزيمات

كذلك فان إزالة المجاميع الإضافية في البروتينات المرتبطة تؤدى لظهور البروتينات المشتقة، وعلى هذا يمكن اعتبار كل من الهستون والبروتامين من البروتينات المشتقة نتيجة إزالة المجموعة المرتبطة وهي الأحماض النووية وإزالة مجموعة الهيم من الهيموجلوبين يسبب ظهور بروتين مشتق.

يقع تحت هذا القسم أيضًا نواتج التحليل الجزئي للبروتينات والتي تضم البورتيوزات المختلفة والبيتونات والببتيدات العديدة والبسيطة، والشكل التالي يوضح خطوات التحليل المائي للبروتينات.



مراحل التحليل المائي للبروتينات

وتعتبر جميع النواتج السابقة عدا الأحماض الأمينية الحرة ضمن البروتينات المشتقة، وترسب البروتيوزات الأولية بمحلول نصف مشبع من كبريتات الأمونيوم، بينما البروتيوزات الثانوية فترسب بمحلول كامل التشبع من كبريتات الأمونيوم.

ثانيًا: تقسيم البروتينات تبعًا لدرجة ذوبانها في المذيبات المختلفة:

يختص هذا التقسيم بالبروتينات البسيطة بصفة خاصة دون البروتينات الأخرى وتنقسم البروتينات البسيطة تبعًا لدرجة الذوبان في المذيبات المختلفة للأقسام التالية:

الالبيومينات Albumins:

تذوب الالبيومينات في كل من الماء ومحاليل الأملاح المتعادلة المخففة ومحاليل الأحماض والقلويات المخففة، تتخثر الالبيومينات بالحرارة وترسب من محاليلها بمحلول مشبع من كبريتات الأمونيوم، وتوجد الالبيومينات في كل من المملكة الحيوانية والنباتية ومن أمثلتها البيومين الدم والبيومين البيض والبيومين اللبن.

الجلوبيولينات Globulins:

لا تذوب الجلوبيولينات في الماء لكن تذوب في كل من محاليل الأملاح المتعادلة المخففة ومحاليل القواعد والأحماض المخففة، وتتخثر الجلوبيولينات بالحرارة وترسب بمحلول نصف مشبع من كبريتات الأمونيوم، وتوجد الجلوبيونات في كل من المملكة الحيوانية والنباتية، ومن أمثلتها جلوبيولين السيرم (تتكون من جلوبيولين Y، β و α٢ و α١) وجلوبيولين العضلات (الاكتين واليومسين) والثيروجلوبين (يتكون

من هرمون الثيروكسين) أيضًا كثير من الإنزيمات تدخل ضمن هذه البروتينات مثل إنزيم الفوسفاتيز وإنزيم التربسين كذلك الأجسام المضادة وتوجد الجلوبيولينات مثل الادستين Edestine في الحبوب والاماندين Amandine في اللوز، والليجيومينات Legumins في البقوليات مثل البسلة.

الجلوتيلينات Glutclins:

لا تذوب الجلوتيلينات في الماء أو محاليل الأملاح المتعادلة المخففة ولكن تذوب في محاليل القواعد والأحماض المخففة، لا تتخثر بالحرارة توجد الجلوتيلينات في النباتات فقط ومن أمثلتها جلوتين القمح Glutenine

البرولامينات Prolamins:

لا تذوب البرولامينات في الماء أو محاليل الأملاح المتعادلة المخففة أو محاليل القواعد والأحماض المخففة، لكن تذوب في كحول ٨٠% ولا تتخثر بالحرارة، توجد البرولامينات في النبات فقط وهي تحتوي على نسبة عالية من الحمض الأميني برولين ومنه اشتق اسم البرولامينات، ومن أمثلتها زاين Zein الذرة، وجليادين القمح.

البروتينات القرنية سكليروبروتينات Scleroproteins:

تذوب هذه البروتينات في محاليل الأحماض والقواعد المركزة فقط، حيث تحدث بها تحليل جزئي، وتوجد هذه البروتينات في المملكة الحيوانية فقط في قرون وأظافر الحيوانات وهي مقاومة لإنزيمات الهاضمة في الأنسان والحيوان، ومن أمثلتها الكولاجين في الأنسجة الضامة والذي بغليانه يعطى جيلاتين سهل الهضم، والكولاجين غنى بأحماض خاصة وهي الهيدروكسي برولين والهيدروكسي ليسين، كذلك الكرياتين (بروتين الشعر والصوف) الغنى بحمض السستاين حيث يذوب في كبريتيد الباريوم الذي يستخدم ضمن مستحضرات إزالة الشعر.

البناء الكيميائي للبروتينات:

كما ذكر سابقًا البروتينات تتكون أساسا من أحماض أمينية الفا مرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية لتكون السلاسل الببتيدية، أمكن معرفة التركيب الكيميائي للبروتينات من نتائج التحليل المائي بالأحماض أو القلويات أو الإنزيمات، فالتحليل المائي الكامل للبروتينات يعطى أحماض أمينية فقط بينما التحليل المائي الجزئي يعطى ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية حرة، وتزداد المجاميع أو النهايات الأمينية والكربوكسيلية نتيجة لهذا التحليل حيث كانت هذه المجاميع مرتبطة في جزئ البروتين.

اختلاف الذرات الداخلة في تركيب السلسلة الببتيدية يؤدى إلى اختلاف مقدار الزوايا وطول الرابطة بين الذرات (شكل١١).

وتختلف البروتينات في التركيب البنائي الكيميائي لها تبعًا لما يلي:

نوع الأحماض الأمينية المكونة للسلاسل الببتيدية.

عدد الأحماض الأمينية المكونة للسلاسل الببتيدية.

ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية المكونة للسلاسل الببتيدية.

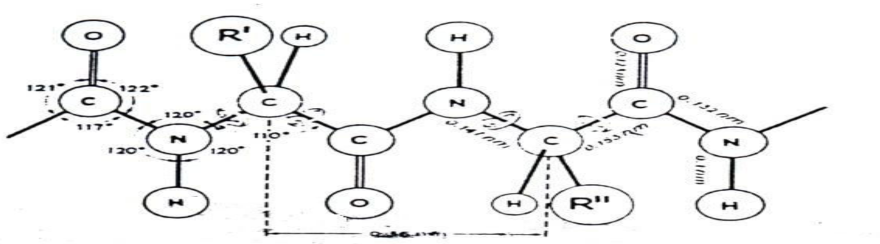
التوزيع الفراغي للذرات والمجموعات بالنسبة لبعضها في السلاسل الببتيدية، حيث يتوقف ذلك على درجة التواء السلسلة والذي يؤدى بدورة إلى تكوين الشكل الحلزوني للبروتين.

الشكل المجسم ثلاثى الأبعاد للبروتين، وهو يعتمد على التفاف السلاسل الببتيدية على بعضها أو انفراطها.

ارتباط جزيئات البروتينات مع بعضها مكونة تجمعات ذات أوزان جزيئية مرتفعة.

ارتباط البروتينات مع مركبات غير بروتينية مكونة أنواع من البروتينات المرتبطة.

ومما سبق يتضح وجود عدد كبير جدًا من البروتينات.



شكل (١١): مقدار الزوايا وطول الرابطة بين الذرات في السلسلة الببتيدية

الروابط المثبتة لجزيء البروتين:

تأخذ السلسلة الببتيدية الشكل المجسم الثلاثي الأبعاد بالتفافها الحلزوني على طول السلسلة أو التفاف عدة سلاسل مع بعضها، وتقوم مجموعة من الروابط غير الببتيدية معظمها ذات قوى ضعيفة بتثبيت هذا الشكل.

الأحماض النووية Nucleic acids

تعرف الأحماض النووية Nucleic acids بانها جزيئات كبيرة الوزن الجزيئي تتكون أساسا من وحدات عديدة من النيكلوتيدات الأحادية المرتبطة مع بعضها، وتحمل الصفات الوراثية وهي المسئولة عن نقل المعلومات لتخليق البروتينات.

أنواع الأحماض النووية:

هناك نوعان من الأحماض النووية هما:

حمض الريبونيوكليك Ribonucleic: وهو يحتوي على السكر الخماسي اليميني ريبوز D-Ribose واختصاره RNA.

حمض الدى اوكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid: وهو يحتوي على السكر الخماسي اليميني دى اوكسى ريبوز D-Deoxyribose واختصاره DNA.

تركيب الأحماض النووية:

النوعان السابقان من الأحماض النووية (DNA , RNA) يعتبر بوليمرات polymers خيطية تتكون من وحدات تسمى نيكلوتيدات Nucleotides التي ترتبط

مع بعضها عن طريق روابط الفوسفات ثنائية الاستر Phosphodiesters وتتكون النيكلوتيدات من جزئين هما النيكلوسيدات ومجموعات الفوسفات.

تركيب النيكلوسيدات Nucleosides:

يتركب أي نيكلوسيد من وحدتين بنائيتين هما:

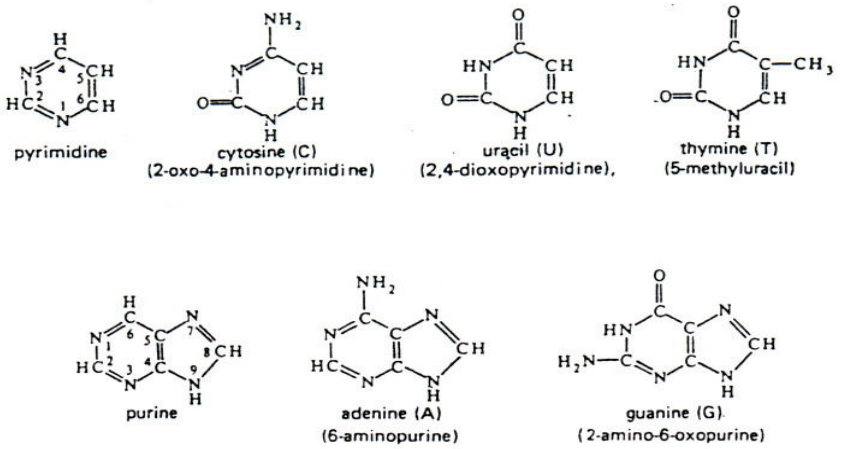
قاعدة نيتروجينية (بيورين Purine أو بيريميدين Pyrimidine).

جزئ سكر خماسي يميني (ريبوز أو دى اوكسى ريبوز).

وترتبط القواعد النيتروجينية مباشرة بجزيء السكر الخماسي برابطة جليكوسيدية (بيتا) مكونة هذه النيكلوسيدات Nucleosides وتلك بدورها ترتبط مع بعضها البعض عن طريق مجموعات الفوسفات والتي تتصل بجزيء السكر الخماسي مكونة ما يعرف باسم النيكلوتيدات.

أولًا: القواعد النيتروجينية Nitrogen Bases:

هناك نوعان من القواعد النيتروجينية يشتركا في تركيب الأحماض النووية المختلفة RNA و DNA وهي كما يلي:



التركيب الكيميائي لقواعد البيورين والبيريميدين

البيريميدينات Pyrimidines:

وهي مشتقات المركب الحلقي غير المتجانس المسمى بريميدين، وهناك ثلاث مركبات أساسية من البريميدينات هي:

- قاعدة اليوراسيل Uracil (U).
- قاعدة السيتوزين Cytosine.
- قاعدة الثيمين Thymine (T).

ويدخل كل من اليوراسيل والسيتوزين في تركيب الحمض النووي RNA بينما يدخل الثيمين في تركيب الحمض النووي DNA.

البيورينات Purines:

يرجع مصدر هذه القواعد إلى مركب البيورين الذي يتكون من اتحاد حلقة البيريميدن السداسية بحلقة أخرى (مكونة من ذرتي نتروجين وذرة كربون).

واهم مشتقات هذه القواعد هي:

الادينين Adenine (A)　　　٢- الجوانين Guanine

وتوجد هذه المشتقات في كلا النوعين من الأحماض النووية RNA, DNA.

بالإضافة لما سبق فهناك مشتقات أخرى لكل من قواعد البيورين والبيريميدين مثل القواعد التالية:

الهيموزانثين Hymoxanthine.

الزانثين Xanthine.

البيريميدينات المميثلة Methylated pyrimidines.

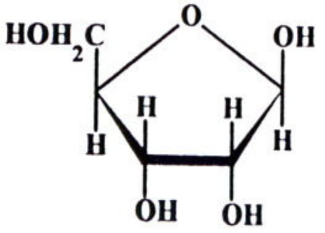
ثانيًا: السكريات Sugars:

هناك نوعان من السكريات الخماسية اليمينية، يشترك إحداهما في تركيب حمض نووي خاص به، ويشترك السكر الآخر في تركيب الحمض النووي الثاني كما يلي:

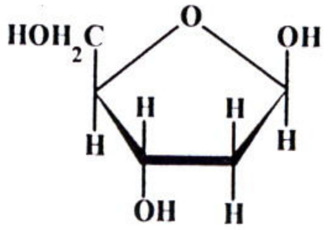
السكر الخماسي اليميني ريبوزD-Ribose يدخل في تركيب الأحماض النووية RNA.

السكر الخماسي اليميني ٢- دى اوكسى ريبوز D-2-Deoxyribose يدخل في تركيب الأحماض النووية DNA.

والرمزان التاليان يوضحا تركيب كل من السكر الخماسي اليميني ريبوز والسكر الخماسي اليميني ٢-دى اوكسى ريبوز



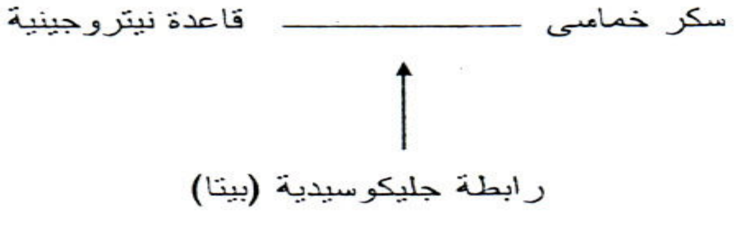
D-Ribose



D-2-Deoxyribose

التركيب الكيميائي للسكر الخماسي اليميني ريبوز (بيتا)
والسكر الخماسي اليميني ٢-دى اوكسى ريبوز (بيتا)

ومما سبق فإن النيكلوسيد هو عبارة عن المركب الناتج من اتحاد القواعد (البيورين أو البيريميدين) مع السكر الخماسي (ريبوز أو دى اوكسى ريبوز) خلال الرابطة الجليكوسيدية بيتا كما في الشكل التالي:



رسم تخطيطي يوضح تركيب النيكلوسيدات

والرابطة الجليكوسيدية تتم بين ذرة الكربون رقم (١) للسكر الخماسي مع ذرة

النتروجين رقم (٩) للبيورين أو رقم (١) للبيريميدين.

أنواع النيكلوسيدات:

هناك ثمانية أنواع مختلفة من النيكلوسيدات محتمل تكوينها على حسب نوع الحمض النووي وهي كما يلي:

النيكلورسيدات الداخلة في تركيب الحمض النووي RNA وتشمل:

- ادينوسين Adenosine (ادنين + ريبوز).
- جوانوسين Guanosine (جوانين + ريبوز).
- سيتيدين Cytidine (سيتوزين + ريبوز).
- يوريدين Uridine (يوراسيل + ريبوز).

النيكلوسيدات الداخلة في تركيب الحمض النووي DNA وتشمل:

- دى اوكسى ادينوسين Deoxyadenosine (ادنين + دى اوكسى ريبوز).
- دى اوكسى جوانوسين Deoxyguanosine (جوانين + دى اوكسى ريبوز).
- دى اوكسى سيتيدين Deoxycytdine (سيتوزين + دى اوكسى ريبوز).
- ثيميدين Thymidine (ثيمين + دى اوكسى ريبوز).

تركيب النيكلوتيدات Nucleotides:

يتركب أي نيكلوتيد من ثلاث وحدات بنائية هي:

- قاعدة نيتروجينية (بيورين Purine أو بيريميدين Pyrimidine).
- جزئ سكر خماسي يميني (ريبوز أو دى اوكسى ريبوز).
- مجموعة فوسفات.

على ذلك النيكلوتيدات هي عبارة عن الاسترات الناتجة من اتحاد النيكلوسيدات مع حمض الفوسفوريك عن طريق روابط الفوسفات ثنائية الاستر Phosphodiesters كما في الشكل التالي:

حمض فوسفوريك ـــــــ سكر خماسي ـــــــ قاعدة نيتروجينية

↑ ↑

رابطة إستر رابطة جليكوسيدية (بيتا)

رسم تخطيطي يوضح تركيب النيكلوتيدات

وأحدى رابطتي استر الفوسفات تتم بين ذرة الكربون رقم (٣) للسكر (وتسمى ٣) في أحدى النيكلوسيدات مع ذرة الكربون رقم (٥) للسكر (وتسمى ٥) في جزئ النيكلوسيد الآخر.

وهناك ثمانية أنواع مختلفة من النيكلوتيدات محتمل تكوينها على حسب نوع الحمض النووي وهي كما يلي:

النيكلوتيدات الداخلة في تركيب الحمض النووي RNA:

- حمض ادنيليك Adenylic acid (ادنين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض جوانيليك Guanulic acid (جوانين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض سيتيدنتيك Cytidylic acid (ستيوزين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض يوريديليك Uridylic acid (يوارسيل + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- النيكلوتيدات الداخلة في تركيب الحمض النووي DNA:
- حمض دى اوكسى ادنيليك Deoxyadenylic (ادنين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض دى اوكسى جوانيليك Deoxyguanylic acid (جوانين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض دى اوكسى سيتيديليك Deoxycytidylic (سيتوزين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
- حمض ثيميديليك Thymidylic acid (ثيمين + دى اوكسى ريبوز + حمض

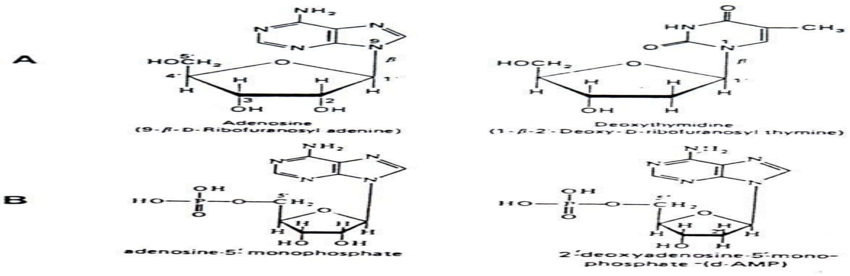
الفوسفوريك).

هذا، وشكل (٣١) يوضح التركيب الكيميائي لبعض النيكلوسيدات (A) والنيكلوتيدات (B).

وتوجد بعض أنواع النيكلوتيدات على حالة منفردة في الأنسجة الحية حيث أن لها أهمية في عمليات التغيرات الحيوية للحصول على الطاقة في عمليات التمثيل الغذائي للكربوهيدرات بواسطة الإنزيمات، وقد يحتوي النيكلوتيد الحر على أكثر من مجموعة من فوسفات (P) مثل مركب ادينوسين ثنائي الفوسفات ADP أو ثلاثى الفوسفات ATP.

والأحماض النووية كما سبق الإشارة إليها تتكون من وحدات عديدة من النيكلوتيدات الأحادية لذلك يظهر مخلوط مكونات النيكلوتيدات في ناتج التحليل المائي الكامل للأحماض النووية عند إجرائه بواسطة حمض HCl أو الإنزيمات.

وكما سبق ذكره اتصال النيكلوتيدات الأحادية يكون بين ذرة النتروجين رقم (٩) في البيورين أو ذرة النتروجين رقم (١) في البريميدين مع ذرة الكربون رقم (١) في السكر الخماسي، كما تتصل هذه النيكلوتيدات مع بعضها عن طريق رابطة فوسفات ثنائية الاستر حيث يتم الاتصال بين ذرة كربون رقم (٣) لجزيء السكر الخماسي في أحد النيكلوتيدات وذرة كربون رقم (٥) للسكر الذي يليه.



شكل (٣١) التركيب الكيميائي لبعض النيكلوسيدات (A) والنيكلوتيدات (B)

Adenine - Ribose - P - P (ADP)

Adenine - Ribose - P - P - P (ATP)

التركيب العام لكل من ATP , ADP

وفي حقيقة الأمر، الحمض النووي DNA له التركيب المقترح بواسطة العالمان واتسون وكريك Watson & Crick وهو أن هذا الحمض عبارة عن شريط مزدوج يتكون من سلسلتين DNA ملتفتين حلزونيًا مع بعضها، وتحتوي كل لفة على ١٠ نيكلوتيدات ولمسافة قدرها ٣,٤ نانومتر nm (٣٤ انجستروم)، ويوجد بين السلسلتين روابط هيدروجينية تتبادل بين قواعد البيورين من سلسلة وقواعد البيريميدين من السلسلة الأخرى (شكل ٣٤).

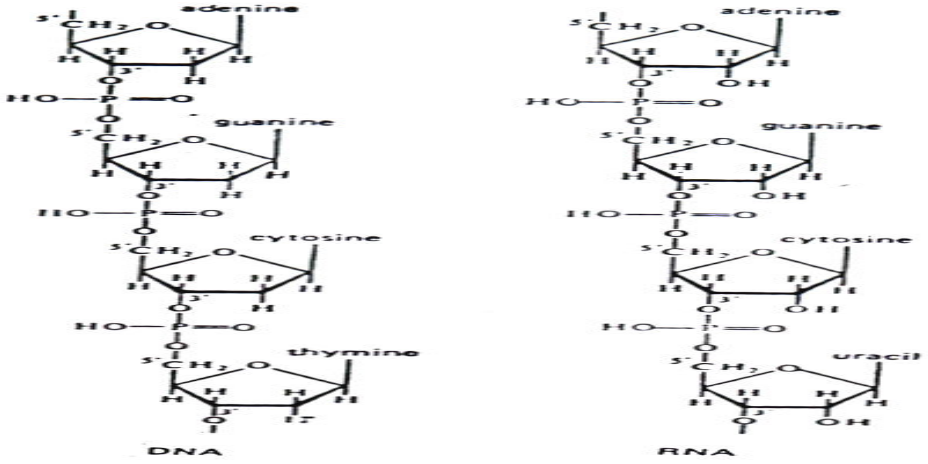
المصادر الغنية بالأحماض النووية:

جدول رقم (٢٤) يوضح: المصادر الغنية بالأحماض النووية (DNA, RNA)

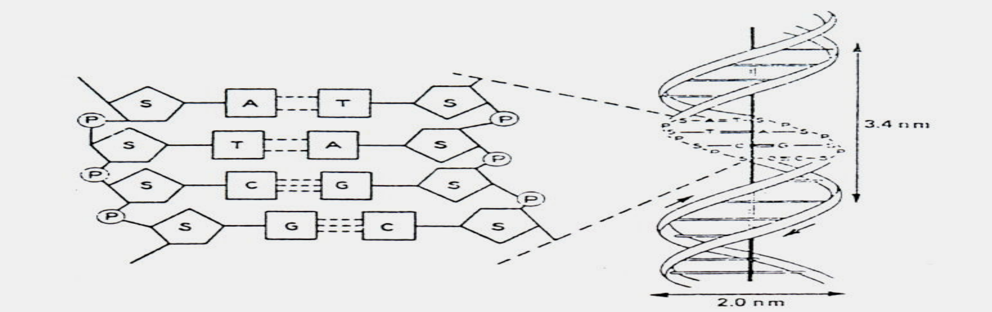
RNA	DNA
الخميرة	جنين القمح
البنكرياس	الطحال
الكبد	البكتريوفاج

البروتينات النووية

تمثل البروتينات النووية قسمًا هامًا من أقسام البروتينات المرتبطة وهي تتميز بوجود مجموعة مرتبطة غير بروتينية عبارة عن حمض نووي متصل بالبروتين البسيط، والبروتين البسيط يكون عادة بروتين قاعدي من البروتامين Protamine أو الهستون Histone وهي توجد في جميع الأنسجة الحيوانية والنباتية، كما أن تسميتها بالبروتينات النووية راجعة لتواجدها بكميات كبيرة في نواة الخلية، هذه البروتينات توجد أيضًا في سيتوبلازم الخلايا مرتبطة بدرجة كبيرة بالميتوكوندريا.



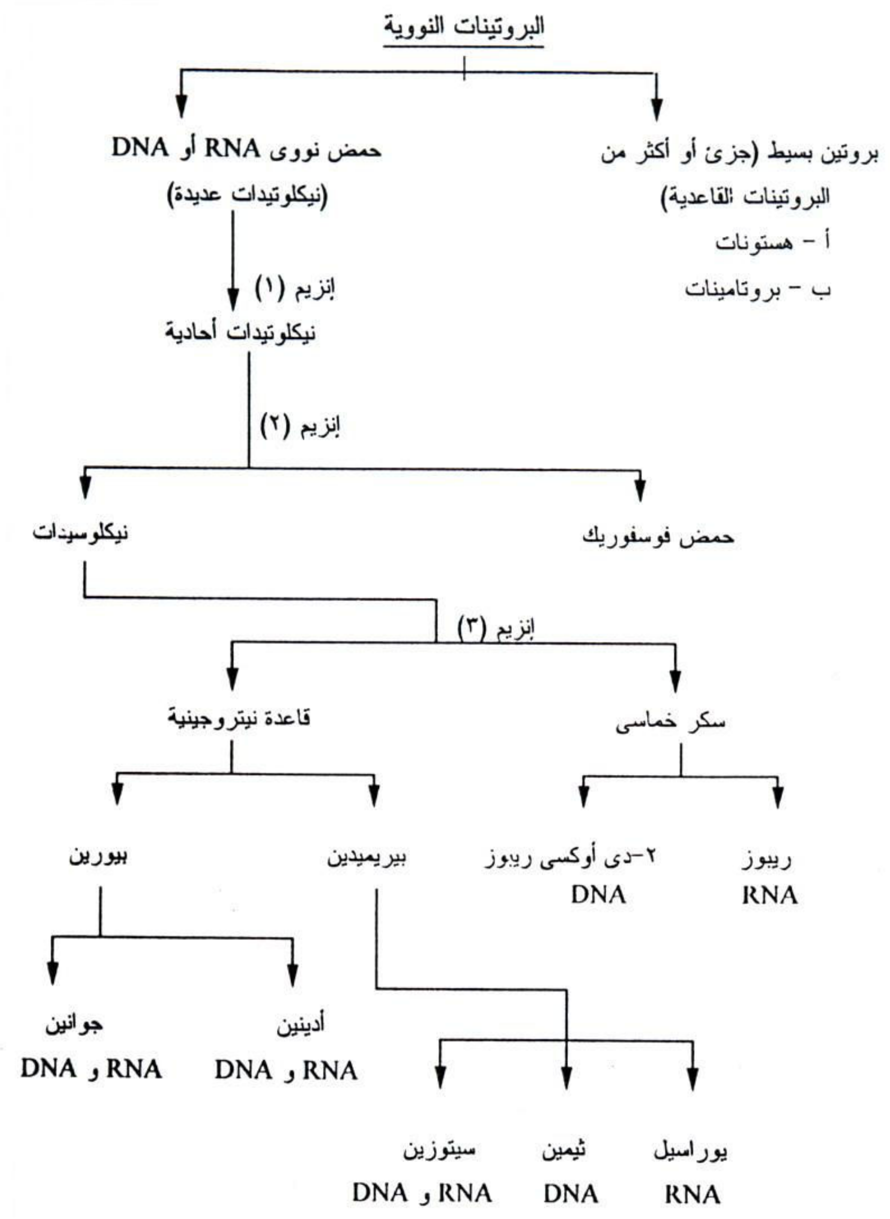
التركيب الكيميائي للحمضين النوويين DNA،RNA



The Watson and Crick model of the double helical structure of DNA (modified). A = adenine, C = cytosine, G = guanine, T = thymine, P = phosphate, S = sugar (deoxyribose).

شكل (١٢) التركيب الحلزوني المزدوج للحمض النووي DNA المقترح بوساطة واتسون

وكريك Watson & Crick



نواتج التحليل المائي للبروتينات النووية

إنزيم (١): RNase , DNaseانزيم (٢): Phosphatase إنزيم (٣): Nucleosidase

العوامل المؤثرة على القيمة الحيوية للبروتين ما يلي:

الهضم الإنزيمي للبروتين في القناة الهضمية: ذلك لأن سرعة وكمية المهضوم من الأحماض الأمينية تختلف باختلاف أنواعها.

نوعية البروتين: القيمة الحيوية للبروتينات البسيطة أكبر من القيمة الحيوية للبروتينات المعقدة التركيب بينما تقل القيمة الحيوية للأحماض الأمينية، نتيجة الفقد الذي يحدث أثناء الهضم كنواتج آزوتية في البول لذلك تزيد القيمة الحيوية للبروتين كلما زاد محتواه من الأحماض الأمينية الضرورية، وانخفضت أيضًا نسبة الأحماض الأمينية غير الضرورية.

القيمة الحرارية للبروتين:

تختلف القيمة الحرارية للبروتين حسب مصدر هذا البروتين ونوعه، ولكن في حدود متقاربة، وتبلغ هذه القيمة الحرارية لكل جرام من البروتينات المختلفة كما يلي:

جدول رقم (٢٥)

فيبرين النبات Fibrin	٥,٨٨٧ كيلو كالوري
كازين اللبن Casein	٥,٧٤٧ كيلو كالوري
البيومين البيض Albumine	٥,٧١١ كيلو كالوري
البيوتين Biotin	٥,٢٩٩ كيلو كالوري

أي بمتوسط ٥,٧١١ كيلو كالوري لكل جرام بروتين.

ولصعوبة فصل البروتين من الروث خاصة في الحيوانات العشبية فقد يضطر الأمر إلى اعتبارًا أن بروتين الروث كذلك ٥,٧١١ كيلو كالوري لكل جرام من الروث في المتوسط.

الإنزيمات

تقسيم الإنزيمات Enzyme classification :

تقسم الإنزيمات في ستة مجاميع رئيسية يتكون اسم الإنزيم من اسم مادة التفاعل ثم ينتهي الاسم بـ ase بالإضافة لهذه الأسماء تستخدم أسماء عامة والأقسام الرئيسية للإنزيمات هي:

إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductases:

إنزيمات فعلها الأكسدة والاختزال كما في الـ dehydrogenase، وديهيدروجينيز تتعامل مع الأيدروجين بالنزع والإضافة، oxidase تتعامل مع الأكسجين أو الإلكترونات، Oxzygenase تضيف ذرة أكسجين جزئيًا إلى المادة المتفاعلة، peroxidase تتعامل مع فوق أكسيد الأيدروجين كمستقبل للإلكترونات. ومن الأسماء العامة لبعض إنزيمات هذه المجموعة ديهيدرجينيز الماليك واسمه ترتيبيًا malate-(NADP+)-oxidoreductase.

الإنزيمات الناقلة Trans ferases:

تقوم بنقل المجموعات من مركب لآخر مثل إنزيمات نقل الامين transaminase وإنزيمات phospho kinase وإنزيمات transacetylase ومن الأسماء العامة aceto kinase الذي يسمي ترتيبيًا ATP-acetate phospho transferase.

إنزيمات التحليل المائي hydrolase:

هي الإنزيمات التي تعمل على تفاعلات التحليل المائي مثل peptidase, phosphatase, amidase ومن الأسماء العامة إنزيم الليبيز يسمي ترتيبيًا Glycerol ester hydrdase.

الإنزيمات النازعة Lyases:

تفكك المركبات دون تدخل لجزيئات الماء أي بدون تحلل مائي قبل الـ

fumarase حيث يقوم بنزع عناصر الماء من المالات عكسيًا واسمه الترتيبي -L mlate dehydrase وإنزيمات نزع ثاني أكسيد الكربون وديكربوكسيليز Decarboxylase.

إنزيمات التشابه الضوئي Isomerase:

تقوم بتحول متشابه إلى متشابه آخر لمركب عضوي وتقسم إلى:

تحول متشابه لأخر: Epimerase

D-5-phospho-xylolse ⟷ D-5-phospho - ribolose

تحول من D إلى L:Racemase

D-alanine ⟷ L-alanine

ج- Cis/Trans

Trans Retinene ⟷ CisRetinene

د- Intramolacular ketol

3- phosphor glyceraldehyde ⟷ phosph dihydroxy acetone

هـ- Intramolecular transferase

methyl – malonyl COAS ⟷ Succinyl COAS

إنزيمات الربط Ligases:

تقوم بربط جزيئيين معًا باستخدام الطاقة من الروابط الفوسفاتية الغنية بالطاقة والتي تأخذها من ATP.

R + R\` + ATP ⟷ R - R\` + AMP + P - P

$$ATP + COASH + CH_3\text{-}COOH \longleftrightarrow AMP + P\text{-}P + H_3C - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - SCOA$$

يقوم بهذا التفاعل إنزيم acetate thiokinase واسمه ترتيبيًا acetate COASH – Ligase (AMP).

وفي التقسيم الحديث للإنزيمات يعبر عن الإنزيم بأربع أرقام: يدل الرقم الأول على القسم الرئيسي للإنزيم والرقم الثاني يدل على تحت القسم والثالث يدل على الفرع والرابع يدل على ترتيب الإنزيم.

التقسيم الحديث للإنزيمات Numering classification:

تأخذ الإنزيمات شفرة مكونة من أربعة أرقام تدل على ما يلي:

الرقم الأول يدل على المجموعة الرئيسية main group for enzyme.

الرقم الثاني يدل على تحت المجموعة ويعطي فكرة عن ميكانيكية وعمل الإنزيم.

الرقم الثالث يدل على تحت المجموعة بين المجموعة الفعالة ونواتج التفاعل.

الرقم الرابع يدل على ترتيب الإنزيم في تحت المجموعة.

المجموعة الأولي: (١) إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoredutases (1)

الرقم الثاني: (١):معناه أن الـ donor للأيدروجين عبارة عن الـ alcohol:(1)

(٢):معناه أن الـ donor للأيدروجين (2) al dehyde or keton:

(٣):معناه أن الـ donor للإيدروجين (3):CH – CH group

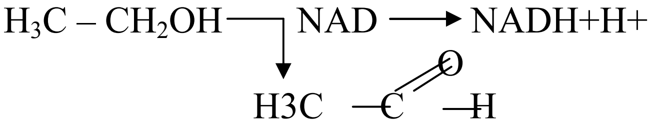
الرقم الثالث: (١):معناه أن المستقبل acceptor للإيدروجين هو NAD:(1) or NADP

(٢):معناه أن المستقبل acceptor للإيدروجين هو cyt. Fe +++ :(2)

(٣):معناه أن المستقبل acceptor للأيدروجين هو الأكسجين O_2 :(3)

الرقم الرابع:

NAD: E.C. 1.1.1.1 alcohol dehydrogenase or alcohol oxidoreductase



المجموعة الثانية (٢) الإنزيمات الناقلة Transferases (2)

الرقم الثاني: (١): المجموعة المنقولة عبارة عن ذرة كربون واحدة -C- :(1

(٢): المجموعة المنقولة عبارة عن الدهيد أو كيتون

$$(2):\ \begin{matrix} R \diagdown \\ \quad C = O \\ R \diagup \end{matrix}$$

(٣): المجموعة المنقولة عبارة عن أستيل

$$(3):\ H_3C - \overset{O}{\overset{||}{C}} - C -$$

الرقم الثالث: (١): ذرة الكربون المنقولة عبارة عن مجموعة ميثايل

(1): ميثايل – CH_3

(٢): ذرة الكربون المنقولة عبارة عن CH_2OH – كحول أول

CH_2OH كحول أول (2):

(٣): ذرة الكربون المنقولة عبارة عن COOH – كربوكسيل

COOH كربوكسيل (3):

الرقم الرابع:

ينقل مجموعة ميثايل إلى الكاتيكول E.C. 2.1.1.6 (catechol methyl transferase)

المجموعة الثالثة (٣) إنزيمات التحليل المائي 3) Hydrolases)

(١):المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن استر الرقم الثاني (1):ester

(٢): المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن جلوكسيد

(2):Glycoside

(٣):المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن ايثر (3):ether

(٤):المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن ببتيد

(4):Peptide

رقم الثالث: (١):الاستر المفصول عبارة عن استر عادي

(1): $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$

(٢):الاستر المفصول عبارة عن استر كبريتي

(2): $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-$

(٣):الاستر المفصول عبارة عن استر فوسفاتي

(3): $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-P$

E.C.3.1.2.1 (Acetyl COA hydrolase) acetyl COA+$H_2O \rightarrow$ COASH+acetic

---

المجموعة الرابعة: انزيمات الإزاحة والإضافة Lyases

الرقم الثاني (١): الكسر بين ذرتين كربون (1):- C- C)

(٢): الكسر بين ذرة كربون وذرة أكسجين (2):- C- O)

(٣): الكسر بين ذرتين كربون وذرة نتروجين (3):- C- N)

الرقم الثالث (١): نوع المجموعة المفصولة ثاني أكسيد الكربون (1):- CO_2

(٢): نوع المجموعة المفصولة الدهيد (2):- CHO

(٣): نوع المجموعة المفصولة حامض كيتوني

(3):- $\underset{\underset{O}{\|}}{C}-COOH$

E.C. 4.1.1.1 (pyruvate decarboxylase) Pyruvic $\xrightarrow{CO_2}$ acetaldhyd

المجموعة الخامسة: إنزيمات التشابه الضوئي Isomerases

الرقم الثاني (١): نوع التشابه (1):Racemases D ↔ L

(٢): نوع التشابه (2): Cis ↔ Trans

(٣): نوع التشابه (3):Interconversion (oxid. Reduc.)

الرقم الثالث (١):المركب المتأثر أحماض أمينية (1):D ↔ L amino acid

(٢):المركب المتأثر أحماض دهنية (2):D ↔ L fatty acid)

(٣):المركب المتأثر سكرات أحادية (3):D ↔ L Sugars)

E.C. 5.1.1.3 (glutamate racemase) D-glutamate ⟶ L-glutamate

المجموعة السادسة:انزيمات التخليق Ligases (Synthetases)

وهذه المجموعة مهمة حيث إنها أضيفت كمجموعة مستقلة.

الرقم الثاني (١):نوع الرابطة المتكونة بين كربون وأكسجين (1):-C - O

(٢):نوع الرابطة المتكونة بين كربون وكبريت (2):-C – S

(٣): نوع الرابطة المتكونة بين كربون ونتروجين (3): -C – N

الرقم الثالث:(١): الرابطة المتكونة اميدية amide (1):- C(=O)(NH$_2$) – O –

(٢):الرابطة المتكونة ببتدية peptide (2):- C(=O) – N –

E.C. 6.3.2.4 alanyl - alanyl sysnthetase

$$2\ \text{alanine} \xrightarrow[\text{ADP + Pi}]{\text{ATP}} \text{alanyl – alanine}$$

ومما سبق نجد أن التقسيم الحديث يعطي فكرة عن الإنزيم – substrate،

طبيعة عمل الإنزيم، نوع النواتج – قد يعطي فكرة عن المعاون الإنزيمي.

رقم ٩٩ في الرقم الثالث يعني أن الإنزيم قد اكتشف بعد الترتيب السابق.

مثال إنزيم يحلل الريبوفلافين E.C. 3.5. 99.1 Riboflavine hydrolase يتبع إنزيمات التحليل المائي – يحلل رابطة C – N غير ببتيديه – ٩٩ مركبات أخري.

مثال إنزيم يحلل الثيامين E.C. 3.5.99.2 Thiamine hydrolase يتبع إنزيمات التحليل المائي – يحلل رابطة C – N غير ببتيدية – ٩٩ مركبات أخري.

ثانيًا: المواد الحاملة للطاقة – التمثيـل الغذائي

Metabolism

يقصد بالتمثيل الغذائي هو عبارة عن مجموعة من العمليات الحيوية (البيوكيميائية) المتتالية التي تتم داخل جسم الكائن الحي على المواد الغذائية المختلفة بواسطة العوامل الإنزيمية بغرض الحصول على الطاقة أو بناء الأنسجة وتشمل هذه العمليات نوعين من التفاعلات هما:

تفاعل الهدم (Catabolism or Exergonic): حيث يتم تكسير المواد الغذائية الرئيسية سواء كانت كربوهيدرات أو بروتينات أو دهون خلال طرق مختلفة من التفاعلات الحيوية إلى جزيئات بسيطة ويتم من خلال ذلك الحصول على الطاقة.

$$A \xrightarrow{\text{Exergonic}} B + \text{طاقة (Energy)}$$

$$\text{Glucose} \xrightarrow{\text{Exergonic}} \text{Pyruvic acid} + CO_2 + H_2O + \text{Energy}$$

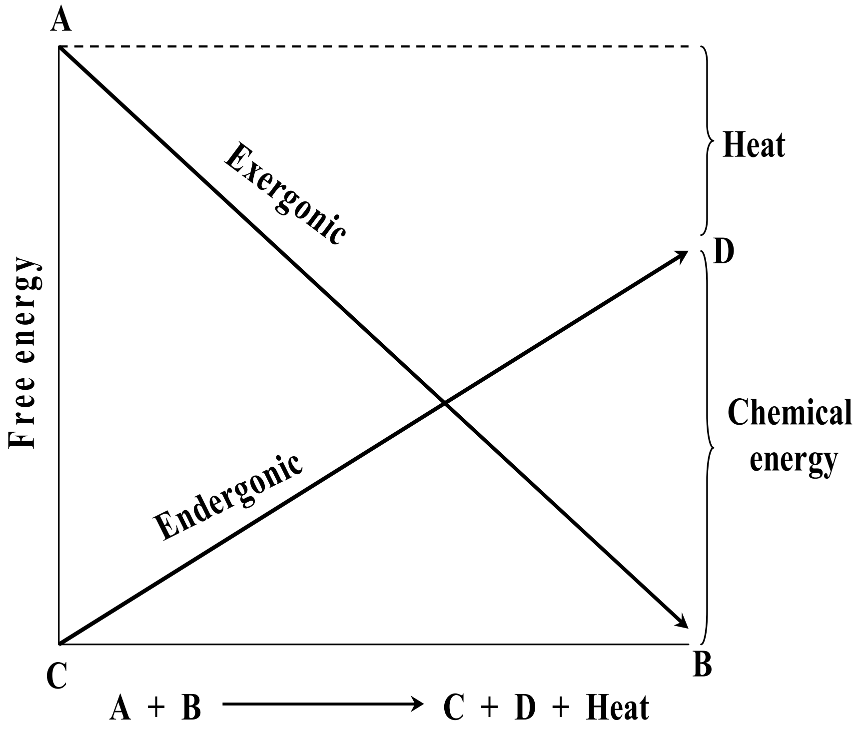
تفاعل بناء (Anabolism or Endergonic): الجزيئات البسيطة الناتجة من عمليات الهدم يمكن استخدامها لبناء مواد أكثر تعقيدا خلال سلسلة من التفاعلات الحيوية وذلك لبناء الأنسجة أي أن هذه العملية تحتاج إلى طاقة (استهلاك طاقة).

$$C + \text{طاقة (Energy)} \xrightarrow{\text{Endergonicc}} D$$

$$\text{Pyruvic acid} + \text{طاقة (Energy)} \xrightarrow{\text{Endergonicc}} \text{Glucose}$$

وهذين التفاعلين (الهدم والبناء) لا يحدثا منفردين ولكن يحدث بينهم اتحاد حيث أن الحرارة الناتجة من تفاعل الهدم (الطارد للحرارة) يستفاد بجزء منها لإتمام تفاعل البناء (الماص للحرارة) ويتبقى جزء من الطاقة هذه الطاقة أو الحرارة Heat هي

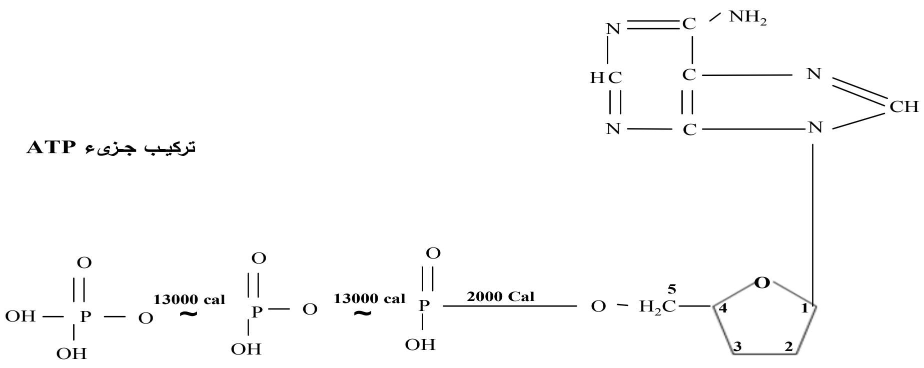
عبارة عن الحرارة الناتجة والمتبقية بعد استخدام جزء من الحرارة الناتجة من تفاعل Exergonicلإتمام تفاعل Endergonic. ويتم توضيح ذلك في الشكل التالي:



شكل رقم (١٣)

معظم التفاعلات التي تتم في الجسم تفاعلات بناء (Anabolism) أي تحتاج إلى طاقة. هذه الطاقة يتم الحصول عليها من أماكن تفاعلات الهدم (Catabolism) وبالتالي يستلزم وجود وسيط لنقل هذه الطاقة من أماكن إنتاجها إلى أماكن الإحتياج إليها وهذه المواد أو المركبات الوسيطية تسمى بنواقل الطاقة Mediating compounds ومن أشهر هذه المركبات مركب Adenosine Tri-Phosphate (ATP)

تركيب Adenosine Tri-Phosphate, ATP:



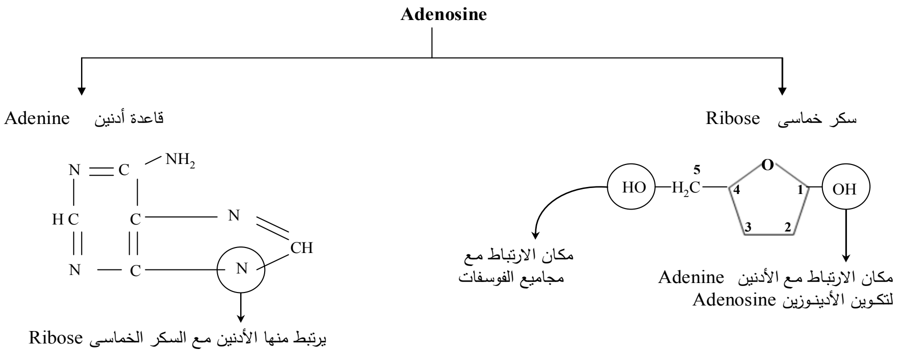
هذا المركب ATP يجب الحفاظ على مستواه ثابت في الجسم وبالتالي هناك مصدرين لإنتاج ATP هما:

مصـدر مباشـر - Direct source

مصـدر غير مباشـر - Indirect source

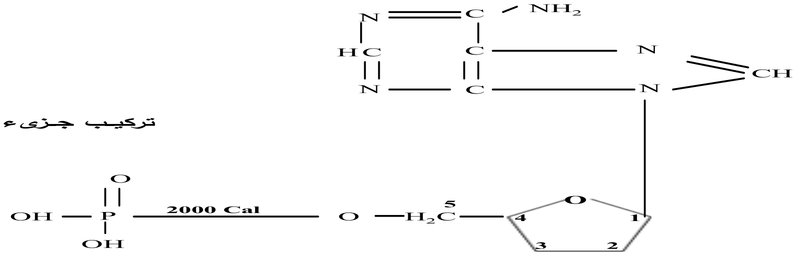
أولًا: المصدر المباشر The direct source:

وذلك عن طريق ارتباط Adenosine mono-Phosphate (AMP) و Adenosine Di-Phosphate (ADP) بمركبات عالية في الطاقة ومن هذه المركبات العالية في الطاقة كرياتين فوسفات Creatine Phosphate أو فوسفو اينول بيروفات Phospo-enol pyruvate.



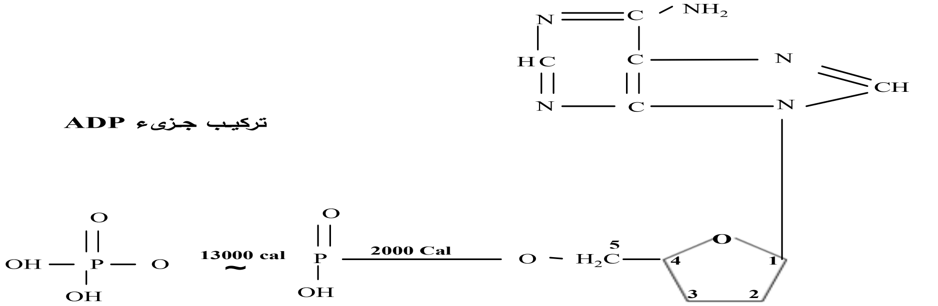
– عند ارتباط قاعدة الأدنين بالسكر الخماسي Ribose عند ذرة الكربون رقم (١) وارتباط مجموعة فوسفات H_2PO_4 مع مجموعة OH على ذرة الكربون رقم (٥) تتكون رابطة عادية طاقتها ٢٠٠٠ كالورى وفي هذه الحالة يتكون جزيء Adenosine Mono-Phosphate (AMP).

تركيب جزيء AMP



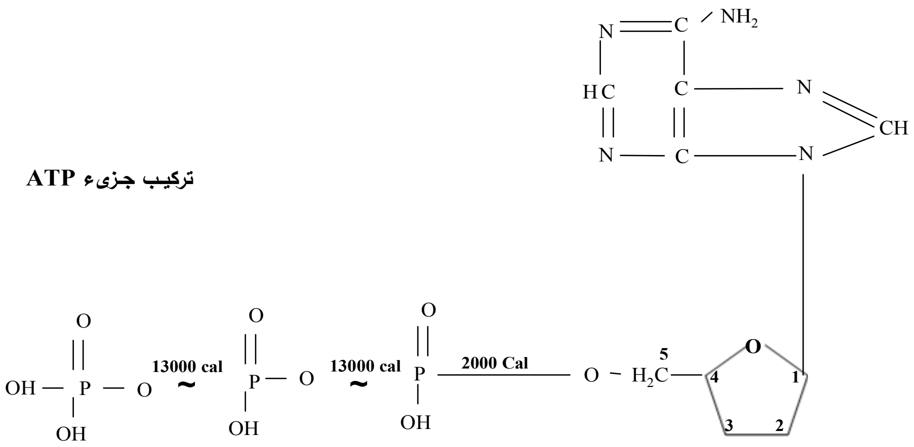
– وعندما يرتبط جزيء AMP مع مركب عالي في الطاقة مثل كرياتين فوسفات Creatine Phosphate أو فوسفو اينول بيروفات Phospo-enol pyruvate. ترتبط مجموعة الفوسفات في AMP مع مجموعة OH الموجودة في المركب عالي الطاقة ويتكون Adenosine Di-Phosphate (ADP) وجزيء ماء والرابطة المتكونة (~) تكون مرتفعة الطاقة ١٣٠٠ كالورى.

تركيب جزيء ADP

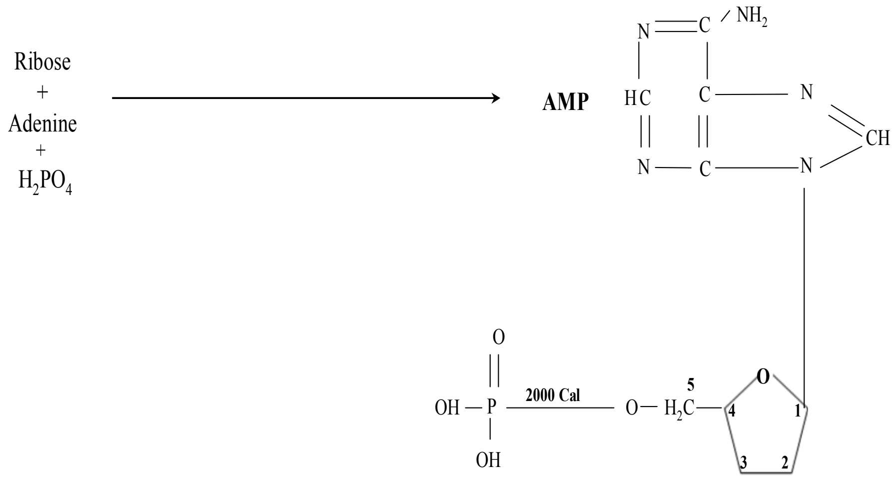


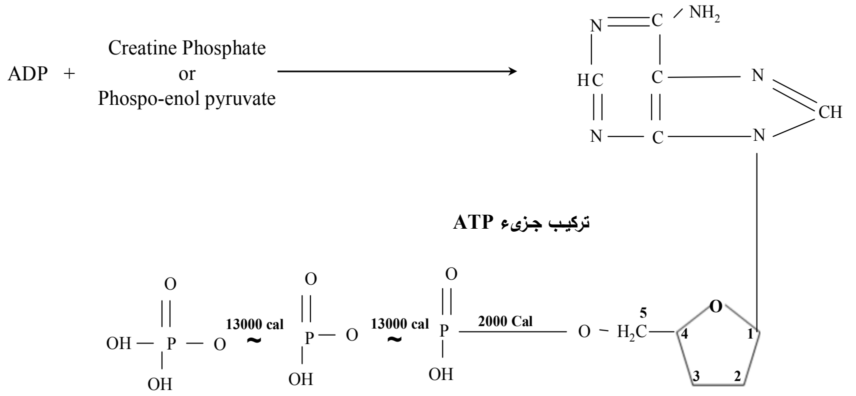
– وبنفس الاسلوب السابق في تكوين ADP يتكون مركب ATP حيث يتحد مركب عالى في الطاقة مع مركب ADP ويتكون Adenosine Tri-Phosphate (ADP) وجزىء ماء والرابطة المتكونة (~) تكون مرتفعة الطاقة ١٣٠٠ كالورى.

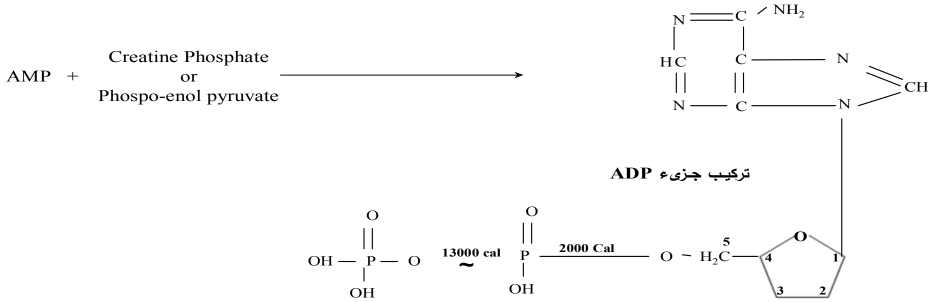
تركيب جزىء ATP



ويمكن تلخيص خطوات انتاج ATP بالطريقة المباشرة فيما يلى:







التحليل المـائى للـ ATP:

يعتبر التحليل المائى للـ ATP من تفاعلات الهدم (Catabolism or Exergonic reactions) حيث أن تكسير ATP ينتج عنه طاقة ويتضح ذلك مما يلى:

Adenosine — P ~ P ~ P (ATP) + H_2O ⟶ Adenosine — P ~ P (ADP) + P_i + 13000 kal

Adenosine — P ~ P (ADP) + H_2O ⟶ Adenosine — P (AMP) + P_i + 13000 kal

Adenosine — P (AMP) + H_2O ⟶ Adenosine + P_i + 2000 kal

– عند تفاعل ATP مع الجلوكوز ينتج جلوكوز- ٦ – فوسفات و ADP وفي هذا التفاعل ينطلق من الـ ATP ١٣٠٠٠ كالورى (١٣ كيلو كالورى) يتم استهلاك (٥ كيلو كالورى) لتكوين جلوكوز- ٦ – فوسفات فيتبقى (٨ كيلو

كالورى) في صورة طاقة حرة. وبالتالى عند دخول ATP في أي تفاعل فان (٨ كيلو كالورى) تنطلق في صورة طاقة حرة.

١ كيلو كالورى = ٤,١٨٤ كيلو جول

٨ كيلو كالورى = ٣٣,٥ كيلو جول

أي أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها (٨ كيلو كالورى) هذه الطاقة تعادل (٣٣,٥ كيلو جول).

ثانيا: المصدر غير المباشر The indirect source:

وهذه الطريقة لإنتاج ATP تتم عن طرق الأكسدة البيولوجية (Biological oxidation) أو الأكسدة الفوسفورية (Oxidative phosphorylation) في الجسم وهي عبارة عن أكسدة أي مركب يحتوى على ذرتى هيدروجين من الصورة المختزلة إلى الصورة المؤكسدة حيث يتم نزع الهيدروجين H2 ثم تتم على هذا الهيدروجين عمليه التأين Ionization بواسطة مركب الـ Quinone فيصبح الهيدروجين في الصورة المتأينة ($2H^+$) ثم يرتبط هذا الهيدروجين المتأين مع الأكسجين الأيونى (O^{--}) لتكوين جزيء ماء الذى يتكون في نهاية التفاعل وليس بمجرد نزع الهيدروجين من المادة التي سوف يتم اكسدتها كما يلى:

$$AH_2 \longrightarrow A + H_2O$$

1- Dehydrogenase
2- NAD
3- FAD
4- Quinone, $H_2 \xrightarrow{\text{Ionization}} 2H^+ + 2e^-$
5- Cytochrome
- Cytochrome b
- Cytochrome c_1
- Cytochrome c
- Cytochrome a
- Cytochrome a_3

6- $O^{--} + 2H^+ \longrightarrow$ H2O

إنزيم Dehydrogenase يقوم بنزع الهيدروجين في الصورة (H_2) من المادة

المختزلة(AH_2).

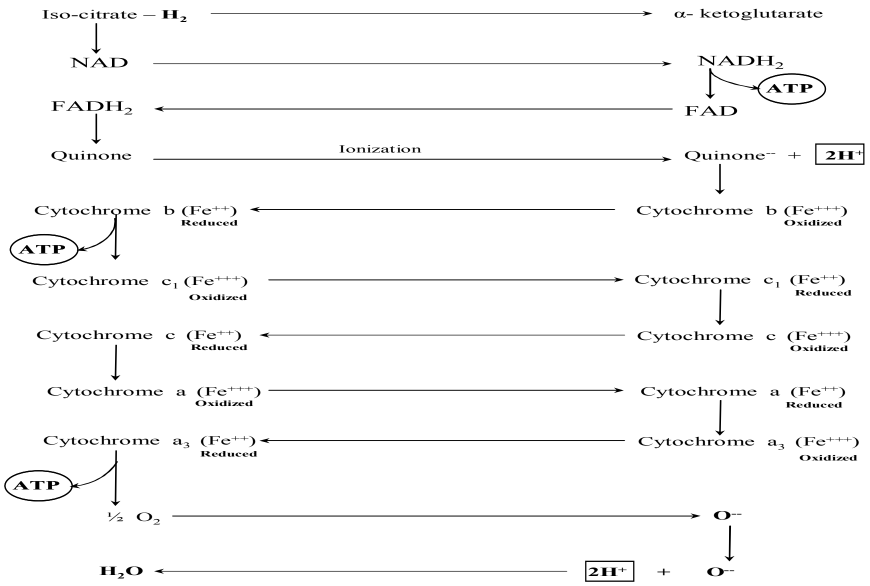
كلا من NAD و FAD تعمل على حمل الـ H_2

Quinone يقوم بعملية التأين (Ionization) للهيدروجين) H_2 فيصبح في الصورة المتأينة $2H^+$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H2$$

السيتوكروم Cytochrome وظيفته الأساسية هي حمل الألكترونات الناتجة من عملية التأين التي قام بها Quinone وهذه الالكترونات يجب التخلص منها. فالسيتوكروم في الوضع الطبيعى يدخل في تركيبه الحديديك (Fe^{+3}) وعندما يكتسب الالكترونات من الـ Quinone يتحول إلى حديدوز (Fe^{+2}) وبالتالى فان الصورة (Fe^{+2}) هي الحاملة للالكترونات المراد التخلص منها.

يكتسب الأكسجين (O_2) هذه الالكترونات (2e-) ويتحول إلى الأكسجين الأيونى (O^{--}) لذى يرتبط مع الهيدروجين المتأين +2H فيتكون جزيء الماء (H_2O) في نهاية التفاعل.



ويتضح ذلك من المثال التالى:

- واتضح أن نظام الأكسدة الفوسفورية في الجسم ينتج عنه طاقة كلية = ٦٠.٥٤٧ كيلو كالورى. هذه الطاقة الكلية الناتجة يذهب منها ٣٦.٥ كيلو كالورى لعملية التأين ($H2 \; 2H^+ + 2e^-$) ويتبقى حوالى ٢٤ كيلو كالورى. وكما سبق في تخليق أو انتاج مركب ATP من المصدر المباشر أن كل واحد مول ATP عند تفاعله في أي نظام تنتج طاقة حرة مقدارها ٨ كيلو كالورى. أي أن الطاقة المتبقية والناتجة من نظام الأكسدة الفوسفورية (٢٤ كيلو كالورى) تكون كافية لإنتاج ٣ مول من مركب الـ ATP كما هو واضح في مثال الأكسدة الفوسفورية.

عدد مولات الـ ATP الناتجة من الأكسدة البيولوجية أو الأكسدة الفوسفورية في الجسم ٣ مول ATP.

ومما سبق في الطريقة المباشرة لتخليق واحد مول ATP ينتج عنه طاقة حرة مقدارها ٨ كيلو كالورى.

اذن كمية الطاقة الناتجة من الأكسدة البيولوجية أو الأكسدة الفوسفورية =٣×٨= ٢٤ كيلو كالورى.

يتضح من الأكسدة البيولوجية أن أي مركب يدخل فيه $NADH_2$ ليتحول إلى NAD ينتج عنه ٣ مول ATP.

$$NADH_2 + \frac{1}{2} O_2 + 3ADP + 3 PO_4 \rightleftharpoons NAD + 3ATP + H_2O$$

بينما أي مركب يدخل فيه $FADH_2$ ليتحول إلى FAD ينتج عنه ٢ مول ATP.

$$ADH_2 + \frac{1}{2} O_2 + 2ADP + 2 PO_4 \rightleftharpoons FAD + 2ATP + H_2O$$

(١) التمثيل الغذائي للكربوهيدرات

– تعتبر المواد الكربوهيدراتية من أكثر المواد العضوية انتشارًا في الطبيعة، فهي أساس لكل المركبات الأساسية الأخرى لأنها المادة الأولية التي تتكون في النبات من خلال عملية البناء الضوئى والتى تعتبر أساس الحياة في الكون كله حيث أن النبات من خلالها يكون كل ما يحتاج من المواد الأساسية الأخرى (بروتينات، ليبيدات، فيتامينات، هرمونات،........ إلخ) ويأتى الحيوان فيتغذى على النبات ثم يأتي الانسان يتغذى على الاثنين ومن ثم فان حلقة الحياة أساسها البناء الضوئى.

– وتعتبر الكربوهيدرات مادة الطاقة الأساسية والتركيب الكيميائي لها يشمل مجموعة من المركبات البسيطة والعديدة كما سبق ذكره، ومنها ماهو قابل للهضم والتمثيل الغذائي ومنها ايضا ما هو غير قابل للهضم، فعلى سبيل المثال من المواد الكربوهيدراتية القابلة للهضم النشا، حيث يهضم في الجهاز الهضمى إلى سكر الجلوكوز ثم بعد ذلك يدخل الجلوكوز في عمليات التمثيل الغذائي في الخلايا متحولا إلى ثانى أكسيد الكربون، ماء وطاقة. وهناك وظائف أخرى للكربوهيدرات منها انها تشترك مع البروتينات في بناء الأحماض النووية وايضا تدخل الكربوهيدرات في تركيب الفيتامينات مثل فيتامين C وفيتامين B2 وبعض الهرمونات ومعاونات الانزيمات Co-enzymes. وتوجد المواد الكربوهيدراتية في الحيوان بنسبة قليلة في شكل جليكوجين (النشا الحيوانى) في الكبد (Liver)، أما في الدم (Blood) فتوجد في شكل سكر الجلوكوز.

في الأمعاء الدقيقة يتم امتصاص السكرات الأحادية مباشرة في تيار الدم. وتتحكم ثلاثة هرمونات في مستوي سكر الدم هي هرمونات: الأنسولين insulin والجلوكاجون glucagons والإيبينفرين epinephrine. فعند ارتفاع مستوي الجلوكوز في الدم يقوم البنكرياس بإفراز هرمون الأنسولين الذي ينظم عملية نقل

الجلوكوز لخلايا الجسم المختلفة وخاصة خلايا الكبد والعضلات، كما يشجع باقي خلايا الجسم على استقبال وتمثيل الجلوكوز ليقلل من مستواه في الدم.

في الكبد والعضلات يتم تحويل معظم الجلوكوز إلي جليكوجين فيما يعرف بعملية glycogenesis ويظل الجليكوجين مخزن في الكبد والعضلات، وحين يقل مستوي الجلوكوز في الدم يتم افراز هرموني الجلوكاجون والإيبينفرين التي تنظم وتشجع عملية تحويل الجليكوجين إلي جلوكوز مرة أخري فيما يسمي بعملية glycogenolysis.

وعند دخول الجلوكوز للخلايا وحاجة الخلايا للطاقة يتم سريعا دخوله في دورة التمثيل اللاهوائي التي تسمي بعملية glycolysis التي تعطي في النهاية حمض البيروفيك وجزيئات الطاقة ATP.

ولكن الطاقة الناتجة من دورة التمثيل اللاهوائي glycolysis قليلة لذا يتم بعد ذلك تحويل حامض البيروفيك الناتج النهائي لهذه الدورة إلي مركب الأسيتيل قرين أ acetyl Co A الذي يدخل بدوره إلي دورة حامض الستريك Citric acid cycle التي تنتج كمية كبيرة من الطاقة (ATP).

في العضلات أثناء النشاط العضلي يتم تحويل البيروفيك إلي حمض لاكتيك بمعدلات أكبر من تحوله إلي مركب الأسيتيل قرين أ acetyl Co A، وفي اوقات الراحة العضلية أي عدم ممارسة النشاط يتم تحويل حمض اللاكتيك مرة أخري إلي حمض البيروفيك والذي يتحول بدوره إلي جلوكوز مرة أخري فيما يعرف بعملية gluconeogenesis. وفي حالة عدم الحاجة إلي الجلوكوز يتم تحويله إلي جليكوجين ليخزن من خلال عملية glycogenesis.

١- التمثل الغذائي للكربوهيدرات لإنتاج الطاقة في الحيوانات وحيدة المعدة (Monogasteric animals):

- تعتمد الخلايا الحية للمحافظة على حياتها على مجموعة معقدة من التفاعلات الحيوية ومنها التفاعلات الخاصة بتمثيل المواد الكربوهيدراتية والتى تلعب دورًا هامًا لامداد الخلايا بالطاقة اللازمة لنشاطها وكذلك بناء بعض المواد الحيوية

التي يدخل في تركيبها بعض المركبات الكربوهيدراتية، وسوف نركز في الجزء التالى على تفاعلات انتاج الطاقة. ويعتبر سكر الجلوكوز هو المصدر الأساسى للطاقة بالنسبة للحيوانات وحيدة المعدة (الدواجن) وللحصول على الطاقة من سكر الجلوكوز يتم ذلك على مرحلتين متتاليتين:

١- المرحلة الأولى:

تتم هذه المرحلة في ظروف لاهوائية ((Anaerobic conditions وينتج عن هذه المرحلة حامض البيروفيك وطاقة وتسمى هذه المرحلة بالـ Glycolysis. وتتضمن دورة الـ Glycolysis عدة تفاعلات تتم بواسطة بعض الانزيمات المتخصصة، ويتم خلال هذه الدورة:

استهلاك ٢ جزئ من مركبات الطاقة (2 ATP) وذلك لفسفرة سكر الجلوكوز.

انتاج ٢ جزئ ATP بواسطة عملية فسفرة ٢ جزئ ADP لكل جزئ حمض بيروفيك، وعلى هذا يكون الناتج من عملية الفسفرة ٤ جزيئات من ATP لكل جزئ جلوكوز.

يكون ناتج عملية الفسفرة انتاج ٢ جزئ ATP كما في المعادلة التالية: Glucose (6C) → 2 pyruvate (3C)

2 ATP + 4 ADP + 2 Pi → 2 ADP + 4 ATP (phosphorylation)

Glucose + 2 ADP + 2 Pi → 2 pyruvate + 2 ATP (Net reaction)

يتم انتاج جزئ NADH2 لكل جزئ حمض بيروفيك (٢ لكل جزئ جلوكوز)

تفاعلات دورة Glycolysis

يمكن تلخيص دورة glycolysis كتفاعلات حيوية في الخطوات الآتية:-

أولًا: تفاعلات تحويل الجلوكوز إلى جلسرالدهيد -٣- فوسفات:

يتم تحويل الجلوكوز إلى الجلسرالدهيد من خلال خمس تفاعلات يتم خلالها استهلاك ٢ جزئ من مركبات الطاقة ATP.

١- الخطوة الأولى: الفسفرة Phosphorylation

يتم فيها فسفرة جزئ الجلوكوز باستهلاك جزئ من ATP ليعطى جلوكوز-٦-فوسفات وعملية الفسفرة تحتاج إلى طاقة أي انه تفاعل Endergonic وعملية تحليل ATP هي تفاعل Exergonic.

Glucose + Pi + → glucose -6- phosphate + H_2O (Endergonic reaction)

ΔG01 = 13.8 KJ mol-1 = 3.3 Kcal mol-1

The hydrolysis of ATP is exergonic.

ATP + H_2O → ADP + Pi

ΔG01 = -30.5 KJ mol-1 = -7.3 Kcal mol-1

Glucose + ATP → gluscose -6- phosphate + ADP + H2O

ΔG01 = 13.8 (-30.5) = -16.7 Kcal mol-1 = - 4.0 Kcal mol-1

ونجد أن التفاعلين متلازمين والانزيم الخاص بهذه العملية هو Hexokinase وكلمة Kinase تعنى أن الإنزيم متخصص لنقل الفوسفات من ATP مادة التفاعل (Substrate) و Hexo تعنى أن مادة التفاعل هي سكر سداسي (جلوكوز – فراكتوز – مانوز) ويسمى الإنزيم Glucokinase اذا كان مادة التفاعل هي الجلوكوز أي هو إنزيم متخصص لفسفرة الجلوكوز باستخدام ATP.

٢- الخطوة الثانية: Isomerization:

وفيها يحدث تحويل جلوكوز-٦- فوسفات إلى فركتوز -٦- فوسفات أي تحدث عملية Isomerization والانزيم المتخصص لاتمام هذا التفاعل هو Glucosephosphate Isomerase حيث ذرة الكربون رقم واحد (C – 1) في الجلوكوز-٦- فوسفات هي مجموعة الالدهيد يتم اختزالها إلى مجموعة هيدروكسي وذرة الكربون رقم ٢ (C – 2) يتم اكسدتها إلى مجموعة كيتون ليعطى فركتوز – ٦- فوسفات

٣- الخطوة الثالثة: Phosphorylation:

في هذه العملية يستهلك جزئ آخر من ATP لتحويل الفركتوز-٦- فوسفات

إلى فركتوز ١و ٦ ثنائى الفوسفات وهذا التفاعل Endergonic حيث يتلازم مع تفاعل Exergonic الخاصة بتحليل ATP لاعطاء مجموعة فوسفات للفركتوز–٦– فوسفات ليتحول إلى فركتوز ١و ٦ ثنائى فوسفات. بعد تكوين الفركتوز ١و ٦ داى فوسفات من السكر الاصلى لا يكون هناك مسارات اخرى لهذا المركب سوا الدخول إلى دورة الـ Glycolysis والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Phosphofructokinase وهو من الانزيمات المنظمة لهذه الدورة وكذلك يلعب ATP دورًا منظم لهذا التفاعل حيث عند وجوده بتركيز عالى (ATP) يتم تثبيط هذا التفاعل، وينشط التفاعل في مستوى منخفض من ATP حيث أن المستوى المرتفع منه (ATP) في الخلايا يعتبر مصدر مباشر للطاقة اللازمة للعمليات الحيوية في الخلية وعلى هذا لاتحتاج الخلايا لنقل الجلوكوز لاستخدمه كمصدر للطاقة، ولهذا فالتركيز العالى من ATP يثبط دورة الـ Glycolysis.

٤– الخطوة الرابعة: Cleavage

في هذه الخطوة تحدث علمية انقسام لجزئ الفركتوز ١و ٦ ثنائى الفوسفات إلى مركبين كلًا منهما مكون من ثلاث ذرات كربون هما جلسرالدهيد –٣– فوسفات و داى هيدروكسى اسيتون فوسفات. وهذا التفاعل عكسى والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Aldolase وهذا الإنزيم تم فصله من معظم الانسجة الحيوانية.

٥– الخطوة الخامسة: Isomerziation

في هذه الخطوة يتم تحويل جزئ داى هيدروكسى اسيتون فوسفات الناتج من الخطوة الرابعة إلى المركب الأول وهو جلسرالدهيد–٣– فوسفات والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Triosephosphate isomerase ونجد أن جزئ واحد من جلسرالدهيد ٣–فوسفات ينتج بواسطة إنزيم Aldolase والجزء الثاني يتم انتاجة بواسطة إنزيم Isomerase وعلى ذلك جزء الجلوكوز ينتج منه جزئين من جلسرالدهيد –٣– فوسفات.

ثانيًا: تفاعلات تحويل جلسرالدهيد – ٣– فوسفات إلى بيروفات:

٦– الخطوة السادسة: الاكسدة Oxidation and phosphorylation

وتحدث في هذه الخطوة عملية اكسدة وفسفرة لجزئ جلسر الدهيد –٣– فوسفات ليتحول إلى ١و٣ داى فوسفات جلسرات والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Glyceraldehyde -3- phosphate dehydrogenase ويعتبر هذا الإنزيم اهم انزيمات هذه الدورة حيث يتم انتاج اول المركبات المنتجة للطاقة خلال هذه الدورة (NADH2) ويلاحظ كذلك حدوث نقل مجموعة فوسفات ايونية إلى مجموعة الكربوكسيل عند C–1 وهذا المركب المحتوى على مجموعتى فوسفات من المركبات عالية الطاقة. ويحدث كذلك نقل الالكترونات من جلسرالدهيد –٣– فوسفات إلى NAD+ واحتزالة إلى NADH2.

٧– الخطوة السابعة: نقل مجموعة الفوسفات وحدوث الفسفرة

Transfer of a phosphate group:

في هذه الخطوة يتم نقل مجموعة فوسفات واحدة من مركب ١و٣ داى فوسفوجلسريدات ليتحول إلى ٣– فوسفوجلسرات وفي هذه الخطوة يتم انتاج جزئ ATP ويقوم إنزيم Phosphoglycerate Kinase بنقل مجموعة الفوسفات إلى جزئ ADP. ونلاحظ أن الطاقة الحرة لتكوين ATP تساوى (-30.5 KJ/mol) والطاقة الحرة لمركب ١ و ٣ داى فوسفوجلسرات تساوى (49.3 KJ/mol -) وعلى هذا فهي تكفي وتزيد لإنتاج جزئ ATP من ADP. وفي هذه المرحلة من دورة الـ Glycolysis نلاحظ أن الناتج من ATP يساوى صفر حيث انه تم استهلاك عدد ٢ جزئ من ATP لكل مول من الجلوكوز حتى مرحلة انتاج ٢ جزئ سكر ثلاثى ($2\ C_3$) وناتج هذه الخطوة انتاج جزئ من ATP من كل جزئ سكر ثلاثى أو انتاج ٢ مول ATP من جزئ واحد جلوكوز.

٨– الخطوة الثامنة: Isomerization:

يتم تحويل مركب ٣– فسفوجلسرات إلى مركب ١– فوسفوجلسرات أي حدوث انتقال مجموعة الفوسفات من ذرة الكربون رقم ٣ إلى الذرة رقم ٢ بواسطة إنزيم Phosphoglyceromutase أي تعتبر هذه الخطوة اعداد للمركب العالى في الطاقة.

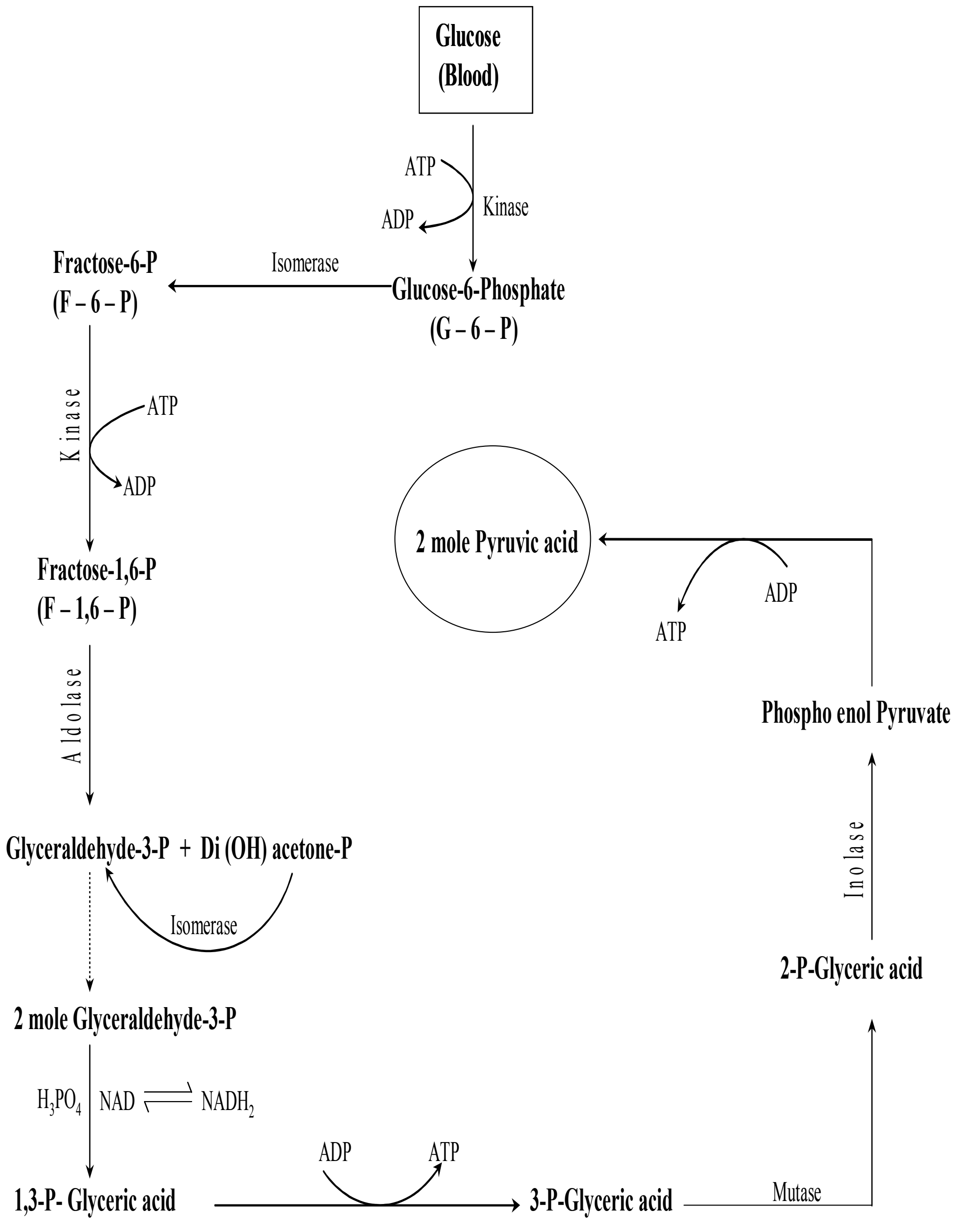
٩– الخطوة التاسعة: Dehydration:

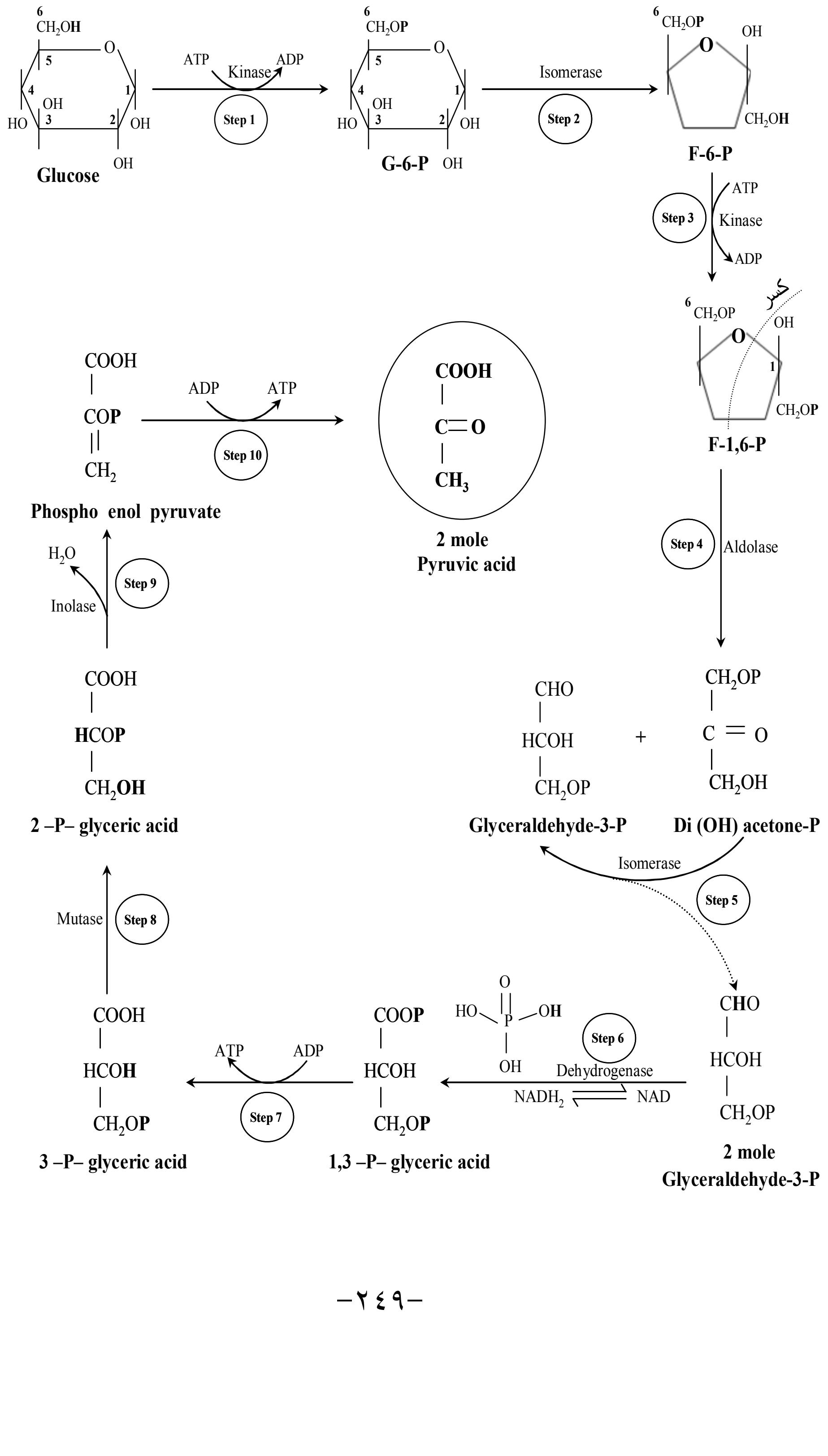
يتم في هذا التفاعل نزع جزئ ماء من ٢– فوسفوجلسرات ليتحول إلى فوسفواينول بيروفات، وهو مركب ذو محتوى عالى في الطاقة ويتم هذا التفاعل بواسطة إنزيم Enolase وهذا التفاعل نزع ماء وليس فيه نقل لاى الكترونات ويتم بنزع H و OH من ذرة الكربون α , β على التوالى لتكوين جزئ ماء من ٢– فوسفوجلسرات، والطاقة الحرة لمركب ٢–فوسفوجلسرات تساوى 15.6 KJ/mol- وتساوى (61.9 KJ/mol-) لمركب فوسفواينول بيروفات (PEP) وعلى هذا فهو مركب غير ثابت لكبر الطاقة الحرة له.

١٠– الخطوة العاشرة: Transfer of a phosphate group:

في هذه الخطوة يتم نقل مجموعة الفوسفات من مركب فوسفواينول بيروفات (PEP) إلى ADP وانتاج جزئ من ATP ليتحول هو إلى حامض البيروفك ويتم هذا التفاعل بواسطة إنزيم Pyruvate Kinase ويتم أيضًا نقل الرابطة الزوجية إلى الاكسجين الموجود في ذرة الكربون رقم ٢ وكذلك نقل الهيدروجين إلى ذرة الكربون رقم ٣ والتفاعل منتج للطاقة، ويقل معدل تحويل PEP إلى حامض البيروفيك عند زيادة محتوى الخلية من ATP.

المرحلة الأولى أو المرحلة اللاهوائية Glycolysis:




Glucose
ATP
Kinase
ADP
Step 1
G-6-P
Isomerase
Step 2
F-6-P
Step 3
ATP
Kinase
ADP
كسر
F-1,6-P
Step 4
Aldolase
Glyceraldehyde-3-P
Di (OH) acetone-P
Isomerase
Step 5
2 mole
Glyceraldehyde-3-P
Step 6
Dehydrogenase
NADH2
NAD
1,3 –P– glyceric acid
ATP
ADP
Step 7
3 –P– glyceric acid
Mutase
Step 8
2 –P– glyceric acid
H2O
Inolase
Step 9
Phospho enol pyruvate
ADP
ATP
Step 10
2 mole
Pyruvic acid

مسارات حمض البيروفك Fate of pyruvaic acid:

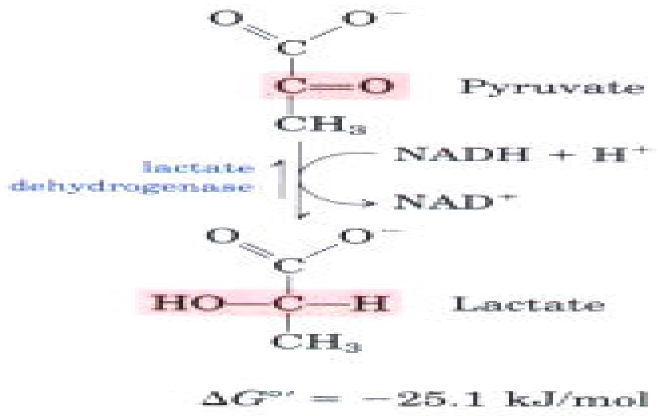
تتوقف المسارات التي سيتخذها حمض البيروفك الناتج من دورة التمثيل اللاهوائية glycolysis على أساس الظروف الخلوية:

١- في الظروف اللاهوائية:

أ- يتحول البيروفيك إلي حمض اللاكتيك:

ويحدث ذلك عند عدم توافر الأكسجين بالقدر الكافي وبمساعدة إنزيم lactate dehydrogenase وفي وجود قرين الإنزيم NADH. ويتم ذلك في العضلات وأيضا في كرات الدم الحمراء حيث يعتبر اللاكتيك الناتج الرئيسي للتمثيل الغذائي في هذه الخلايا.

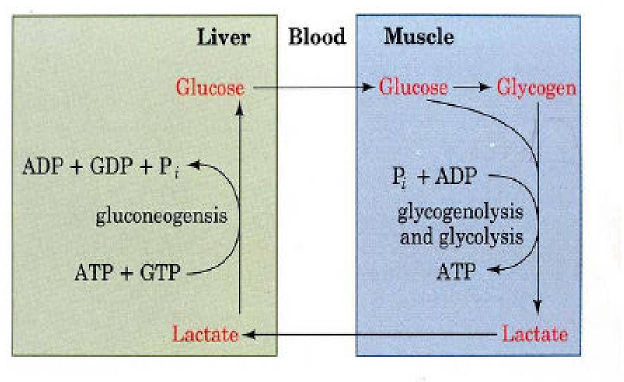
ونتيجة لتراكم حمض اللاكتيك يحدث انخفاض لدرجة pH مما يثبط إنزيم phosphofructokinase مما يؤدي إلي ابطاء معدل حدوث دورة التمثيل اللاهوائي glycolysis



وبعد التمرينات العضلية ينتشر حمض اللاكتيك في الدم والكبد، ويحدث بعد ذلك أكسدة لحمض اللاكتيك في وجود NAD في خطوة عكسية للتفاعل السابق ويتحول مرة أخري إلي حمض البيروفيك.

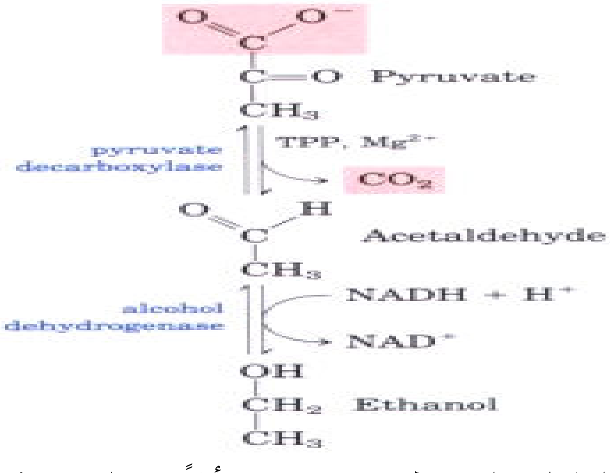
يحدث تحول للبيروفيك واللاكتيك من خلال عملية gluconeogensis إلي جلوكوز في خلايا الكبد والذي يخرج بدوره إلي تيار الدم متجها إلي العضلات مرة أخري حيث يعود ويتحول تحت الظروف اللاهوائية إلي حمض اللاكتيك فيما يعرف بدورة كوري Cori cycle.

Cori Cycle



٢- تحول البيروفيك إلي إيثانول:

ويحدث هذا النوع من التحول في الظروف اللاهوائية في الخمائر والكائنات الدقيقة.



ويتم هذا التفاعل على خطوتين حيث يتم أولاً نزع لمجموعة الكربوكسيل من

حمض البيروفيك بانزيم pyruvate decarboxylase لينتج مركب الأسيتالدهيد، أما في الخطوة الثانية فيحدث اختزال لمركب الاسيتالدهيد في وجود مركب NADH بواسطة إنزيم alcohol dehydrogenase.

٢- في الظروف الهوائية يتحول البيروفيك إلي أستيل قرين أ:

ويعتبر هذا المسار هو المسار الرئيسي لحمض البيروفيك الناتج من دور الأكسدة اللاهوائية glycolysis حيث يتحول البيروفيك إلي مركب أسيتيل قرين أ الذي يدخل مباشرة بدوره إلي دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل التي تعرف أيضا بدورة حمض الستريك وفيما يلي توضيح لخطوات هذه الدورة:

تفاعلات دورة TCA أو دورة حامض الستريك Citric acid:

تتم هذه المرحلة في ظروف هوائية (Aerobic conditions) ويدخل فيها حامض البيروفيك الناتج من الظروف اللاهوائية (Glycolysis) وينتج عن هذه المرحلة ثانى أكسيد الكربون، ماء وطاقة من خلال دورة حامض الستريك (Citric acid). كما أن لهذه الدورة أسماء شائعة اخرى مثل Kreb's cycle نسبة إلى أول مكتشف لها Hans Krebs (الحاصل على جائزة نوبل ١٩٥٣). وكذلك تسمى بدورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل Tri-Carboxylic Acid cycle (TCA) نسبة إلى أن بعض الأحماض الناتجة من خلال هذه الدورة تحتوي على ثلاث مجاميع كربوكسيل.

في الظروف الهوائية يتحول البيروفيك الناتج من دورة Glycolysis بالاكسدة من خلال دورة Citric acid إلى ثانى اكسيد الكربون وماء كناتج نهائى، يتم اكسدة حامض البيروفيك إلى CO_2 ومجموعة الاسيتيل (CH3-C=O) Acetyl group التي ترتبط مع (CO enzyme-A COA) فتتحول إلى اسيتيل كو إنزيم A (Acetyl-COA). ثم يدخل Acetyl – COA دورة حمض الستريك وبدخوله

هذه الدورة فانه يتم انتاج عديد من جزيئات CO_2 ويصاحب ذلك أيضًا فقد لعديد من الالكترونات ويتم استقبال تلك الالكترونات بسرعة بواسطة مستقبلات للالكترونات مثل +NAD وفي بعض التفاعلات الاخرى بواسطة FAD (فلافين ادنين داى نيكلوتيد) تستقبل الالكترونات وبروتونات الهيدروجين فيتحول +NAD إلى NADH2 والـ FAD إلى FADH2 ثم بعد ذلك تمر الالكترونات من NADH2 و FADH2 من خلال سلسة النقل الالكترونى (الأكسدة البيولوجية) إلى الأكسجين ولينتج الماء وتنطلق الطاقة.

أول خطوات دورة Citric acid هي تكثيف مجموعة Acetyl group (2C) مع اوكسالواسيتات (4C) فيتكون ايون حامض الستريك (6C) ثم يتبع ذلك عملية Isomerization للسترات المتكونة ثم فقدان جزيئات CO_2 وعمليات اكسدة وتسمى هذه العملية Oxidative decarboxylation ثم يتكون مركب الفا كيتوجلوتاريك (5C) ثم تحدث اكسدة مع فقدان CO_2 لتكوين حامض السكسنيك (4C)، وتستكمل الدورة بانتاج الاوكسالواسيتات مرة اخرى من السكسينات خلال عدة خطوات.

وتتكون دورة Citric acid من عدة خطوات كما في الشكل كل خطوة تتم بمساعدة بعض الانزيمات اربع خطوات منها عبارة عن تفاعلات أكسدة كما في الخطوات ١٥ و ١٧ و ١٩ و ٢١ والعامل المؤكسد هو NAD^+ في تلك التفاعلات هي (١٥ و ١٧ و ١٩ و ٢١). وقد يحدث في الخطوة رقم ١٩ بأن يقوم FAD بدور العامل المؤكسد وفي هذه الحالة ينتج في الخطوة رقم ١٨ جزئ من مركبات الطاقة حيث يتحول (Guanosine diphosphate) GDP بالفسفرة إلى GTP وكما هو معروف فان GTP مشابهة لمركب ATP مع اختلاف في نوع القاعدة الازوتية فقط حيث تستبدل الجوانين بالأدنين Adenine.

أولاً: تحويل حامض البيروفيك إلى اسيتل كو A:

١١- الخطوة الحادية عشر: يتم تحول حامض البيروفيك إلى أستيل كو A

(Acetyl – CoA) وثانى أكسيد الكربون بواسطة نظام انزيمى يسمى Pyruvate dehydrogenase complex، وتوجد مجموعة SH في أحدى نهايات جزئ كو A (CoA) ويحدث ارتباط مجموعة الاسيتيل من خلالها (CH3-C=O-S-CoA) ولهذا يرمز CoA في معادلة التفاعل بالرمز CoA-SH. ولتحويل حامض البيروفيك إلى اسيتل كو A بواسطة المعقد الانزيمى Pyruvate Dehydrogenase تعتبر عملية اكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل أي Decarboxylation Oxidative وفقد جزئ CO_2 من البيروفيك كما في المعادلة التالية:

$$Pyruvate + CoA\text{-}SH + NAD^+ \rightarrow Acetyl\text{-}CoA + CO_2 + NADH_2$$

ثانياً: خطوات دورة حمض الستريك:

تتضمن دورة حامض الستريك (TCA) مرحلتين الأولى اضافة مجموعة اسيتيل (2C) (Acetyl-CoA) إلى حامض الاوكسالواسيتك (4C) ليعطى حمض الستريك (6C) ويتبع ذلك فقد ٢ جزئ CO_2 والمرحلة الثانية يتم فيها اعادة تكوين حامض الاوكسالو اسيتك مرة اخرى.

١٢- الخطوة الثانية عشر: تكوين حامض الستريك Formation of Citric acid:

في هذه الخطوة يتم تكون حامض الستريك من تفاعل الاسيتيل كو A مع حامض الاوكسالو أسيتك حيث يتكون حامض الستريك وذلك في وجود إنزيم Citrate synthetase وخروج CoA-SH.

١٣- الخطوتين الثالثة عشر والرابعة عشر: تحويل حامض الستريك إلى حامض الأيزوستريك Formation of Iso-citric acid

وفي هذه الخطوة يقوم إنزيم أكونيتيز Aconitase بعملية Isomerization

لحامض الستريك حيث يتحول إلى حامض الأيزوستريك. ويتم هذا التفاعل بقيام الإنزيم بنزع جزئ ماء من حامض الستريك ليتكون مركب وسطى هو Akontic acid ثم اضافة جزئ ماء مرة اخرى إلى Akontic acid ليتكون حامض الأيزوستريك.

١٤- الخطوتين الخامسة عشر والسادسة عشر: تكوين حامض الفا كيتوجلوتاريك Formation of α–Ketoglutaric acid

وفي هذه الخطوة تتم عملية أكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل أي هي عملية Oxidative decarboxylation لحامض Iso-citrate ليتحول إلى حامض الفا كيتو جلوتاريك مع خروج جزئ CO_2 وهذا يعتبر أول تفاعل اكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل خلال Citric acid cycle ويقوم بهذه العملية إنزيم Iso-citrate dehydrogenase ويتم هذا التفاعل على مرحلتين الاولى منها هي أكسدة حامض الأيزوستريك إلى حامض اكسالو سكسينك ثم نزع جزئ CO_2 من حامض اكسالو سكسينك ليتكون حامض الفا كيتو جلوتاريك ونلاحظ أن في هذا التفاعل يتم انتاج أول جزئ من NADH2 حيث يتكون من NAD. أي يتم انتاج ٣ جزيئات ATP (٦ من أصل الجلوكوز) حيث أن كل جزئ NADH2 يعطى ٣ جزيئات ATP نتيجة دخوله سلسلة النقل الالكترونى.

١٥- الخطوة السابعة عشر: تكوين السكسينيل كو A:Succinyl CoA Formation of

وفي هذه الخطوة يتم ثانى عملية أكسدة مع نزع CO_2 خلال الدورة وبخروج جزئ CO_2 من حامض الالفا كيتوجلوتاريك فيتكون سكسينيل كو A (Succinyl-CoA). وكذلك تكوين جزئ NADH2 من NAD (ينتج ٣ جزيئات ATP أو ٦ جزيئات من اصل الجلوكوز) ويقوم إنزيم α-Ketoglutarate dehydrogenase complex باتمام هذا التفاعل.

١٦- الخطوة الثامنة عشر: تكوين حامض السكسينيك: Formation of succinic acid:

في هذه الخطوة ينفصل CoA-SH عن السكسينيل CoA في وجود الماء وانزيم Inolase فيتكون حامض السكسينيك. وفي نفس الوقت تجرى عملية فسفرة لمركب GDP ليكون مركب الطاقة GTP ويقوم إنزيم Succinyle-CoA synthetase باجراء هذا التفاعل. هذا التفاعل الوحيد في الدورة الذي يعطي GTP ويمكن استخدامه بواسطة الخلايا مباشرة كمصدر للطاقة.

١٧- الخطوة التاسعة عشر: تكوين حامض الفيوماريك: Formation of Fumaric acid

في هذه الخطوة يتم اكسدة حامض السكسينيك إلى حامض الفيوماريك بواسطة إنزيم Succinate dehydrogenase ويدخل هنا المعاون الانزيمى FAD كمستقبل للالكترونات electron acceptor ويتحول إلى $FADH_2$ الذى يدخل دورة النقل الالكترونى ليعطى ٢ جزئ ATP (ويتكون ٤ جزيئات ATP من اصل الجلوكوز). وقد يدخل المعاون الانزيمى NAD بدلًا من FAD كمستقبل للالكترونات ويتحول إلى $NADH_2$ الذى يدخل دورة النقل الالكترونى ليعطى ٣ جزئ ATP (ويتكون ٦ جزيئات ATP من اصل الجلوكوز) وفي حالة دخول المعاون الانزيمى NAD لاتتم عملية الفسفرة في الخطوة الثامنة عشر أي تحويل مركب GDP إلى مركب الطاقة GTP.

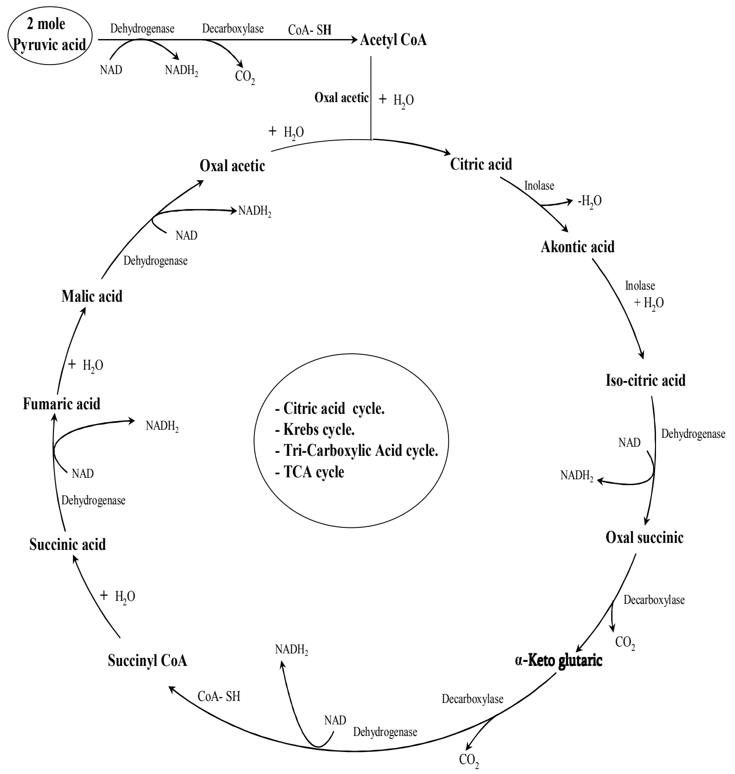
١٨- الخطوة العشرون: تكوين حامض الماليك:Formation of Maliec acid:

وتتم هذه الخطوة بواسطة إنزيم Inolase حيث يتم اضافة جزئ H_2O خلال الرابطة الزوجية لحامض الفيوماريك فيتحول إلى حامض الماليك.

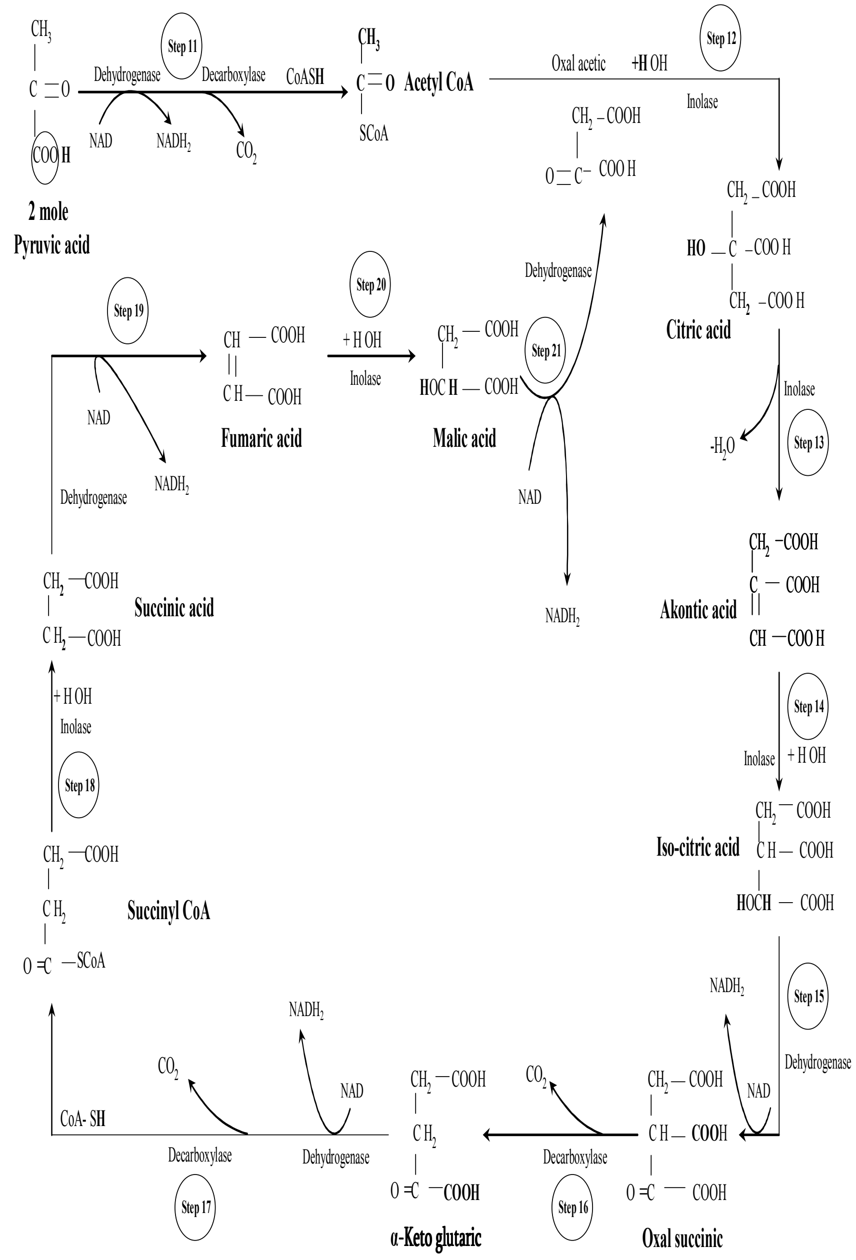
١٩- الخطوة الحادية والعشرون: أعادة تكوين حامض الاوكسالواسيتك:

:Regeneration of oxaloacetic acid

يتم اكسدة حامض الماليك إلى حامض الاوكسالواسيتك ويصاحب هذا التفاعل اختزال جزئ من +NAD إلى $NADH_2$ (انتاج ٣ جزئ ATP) ويقوم باتمام هذا التفاعل إنزيم Malate dehydrogenease وعلى هذا يمكن لجزئ حامض الاوكسالواسيتك Oxaloacetic acid المتكون التفاعل مع جزئ جديد من -Acetyl CoA لاستكمال دورة الـ Citric acid من جديد.



المرحلـة الثانية أو المرحلة الهوائيـة Aerobic condition:



جدول رقم (٢٦) حساب الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائي أو الأكسدة الكاملة للجلوكوز بالدم

نوع الدورة	رقم الخطوة	التفاعـــــل	فقد الـ ATP	انتاج الـ ATP
الظروف اللاهوائية Glycolysis Anaerobic conditions	١	Glucose → Glucose -6-Phosphate.	١مول	-----
	٣	Fructose -6- phosphate → Fructose -1,6- phosphate.	١مول	-----
	٦	Glyceraldehyde-3-P → 1,3 –P– glyceric acid ٢ جزيء	-----	٦ مول
	٧	1,3 –P– glyceric acid → 3 –P– glyceric acid ٢ جزيء	-----	٢ مول
	١٠	Phospho enol pyruvate → Pyruvic acid ٢ جزيء	-----	٢ مول
الظروف الهوائية TCA cycle Aerobic conditions	١١	Pyruvic acid → Acetyl CoA ٢ جزيء	-----	٦ مول
	١٥	Iso-citric acid → Oxal succinic ٢ جزيء	-----	٦ مول
	١٨	α-Keto glutaric → Succinyl CoA٢ جزيء	-----	٦ مول
	١٩	Succinic acid → Fumaric acid ٢ جزيء	-----	٦ مول
	٢١	Malic acid → Oxal acetic ٢ جزيء.	-----	٦ مول
المجموع			٢ مول	٤٠ مول

اذا المحصلة النهائية للـ ATP الناتجة من دورتى Glycolysis و TCA = ٤٠ – ٢ = ٣٨ مول ATP. بما أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣,٥ كيلو جول.

اذا عند أكسدة واحد مول من الجلوكوز ينتج طاقة قدرها =٣٨×٣٣,٥= ١٢٧٣ كيلو جول.

وعند حرق واحد مول من الجلوكوز في بمبة المسعر ينتج ٢٨٧٠ كيلو جول.

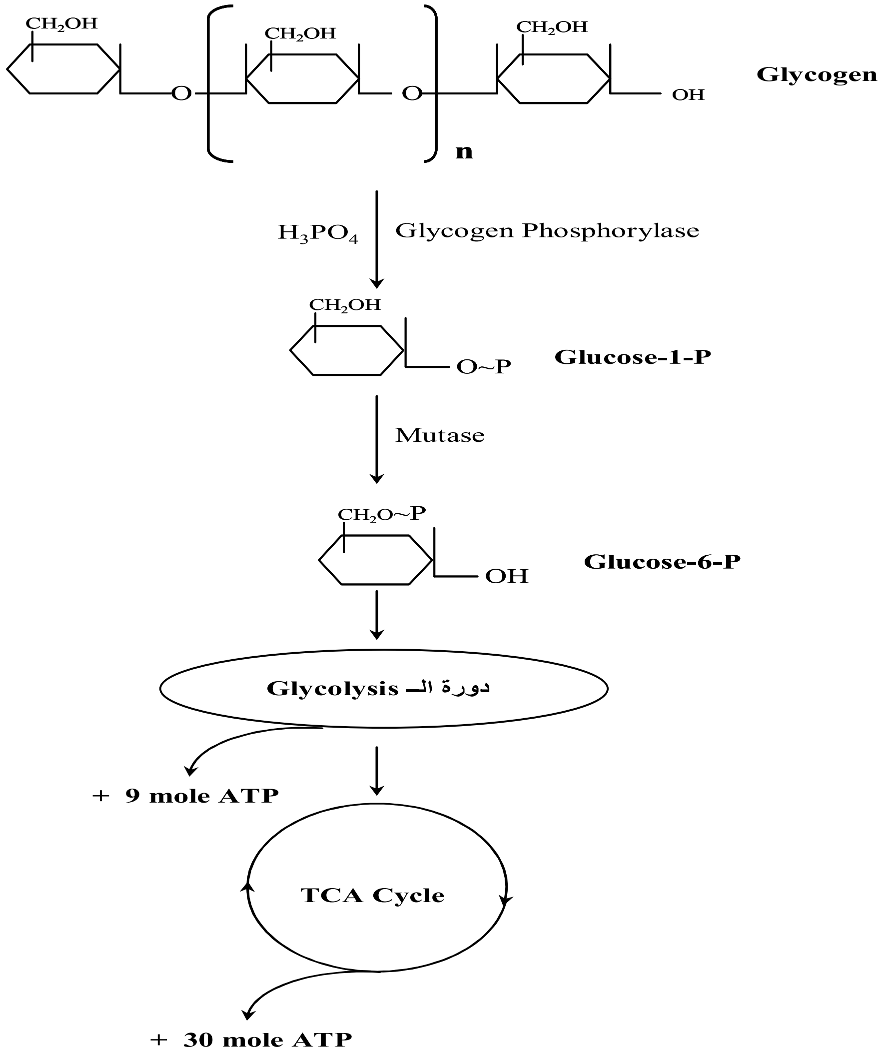
اذا كفاءة الطاقة الناتجة من أكسدة الجلوكوز = ١٢٧٣ / ٢٨٧٠ = ٤٤%.

التمثيل الغذائي للجليكوجين كمصدر للطاقة

Bioenergetics of glycogen as an energy source:

يتم هدم الجليكوجين عند انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم حيث يعتبر الجليكوجين المصدر الأساسى لتخزين الجلوكوز. ويتم هدم الجليكوجين بواسطة انفصال وحدات من سكر الجلوكوز من التفرعات المختلفة لسلسلة الجليكوجين من النهايات الغير مختزلة وذلك بواسطة إنزيم Glycogen Phosphorylase حيث يعطى وحدات من الجلوكوز-٦- فوسفات.

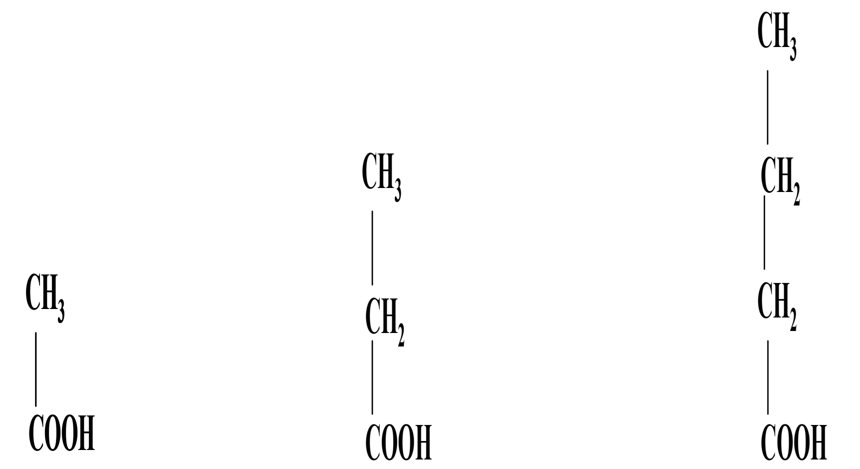
ويعتبر الجليكوجين أكثر كفاءة من الجلوكوز في انتاج الطاقة نظرا لتحوله إلى Glucose -1- phosphate بواسطة فوسفات معدنى (H_3PO_4) وبواسطة إنزيم Glycogen Phosphorylase. ثم في وجود إنزيم Mutase هذا Glucose -1- phosphate يتحول إلى Glucose -6- phosphate يدخل في الدورة اللاهوائية Glycolysis ثم الدورة الهوائية TCA وبالتالى يتم توفير واحد مول ATP اللازم لتحويل الجلوكوز Glucose إلى جلوكوز -٦- فوسفات Glucose -6- phosphate في بداية الدورة الهوائية Glycolysis وعلى ذلك تكون محصلة الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائي للجليكوجين ٣٩ مول ATP وليس ٣٨ مول ATP.



(٢) التمثيل الغذائي للكربوهيدرات لإنتاج الطاقة في الحيوانات المجترة (Ruminants)

يعتبر الناتج النهائى لتمثيل الكربوهيدرات في الكرش بواسطة الكائنات الحية الدقيقة (ميكروفلورا الكرش) هو الأحماض الدهنية الطيارة (Volatile Fatty Acids, VFA) وتعتبر هذه الأحماض مصدر الطاقة للحيوانات المجترة. ومن أكثر

الأحماض الدهنية الطيارة انتاجا في الكرش هو حامض الأسيتك ((Acetic acid وينتج هذا الأسيتك عند التغذية على مواد العلف الخشنة. وأيضا حامض البروبيونيك (Propionic acid) وينتج هذا البروبيونيك عند التغذية على مواد العلف المركزة. ومن الأحماض الدهنية الطيارة المنتجة أيضا حامض البيوتيرك ((Buteric acid. ويعتبر كلا من الحامضين الأسيتك والبروبيونيك أكثر انتاجا من حامض البيوتيرك.



Acetic acid $C_{2:0}$ | Propionic acid $C_{3:0}$ | Buteric acid $C_{4:0}$

أى من الأحماض الدهنية الطيارة السابق ذكرها (الأسيتك، البروبيونيك والبيوتيرك) قبل دخولها في عملية التمثيل الغذائي لإنتاج الطاقة لابد أن يتم عليها الأتى:

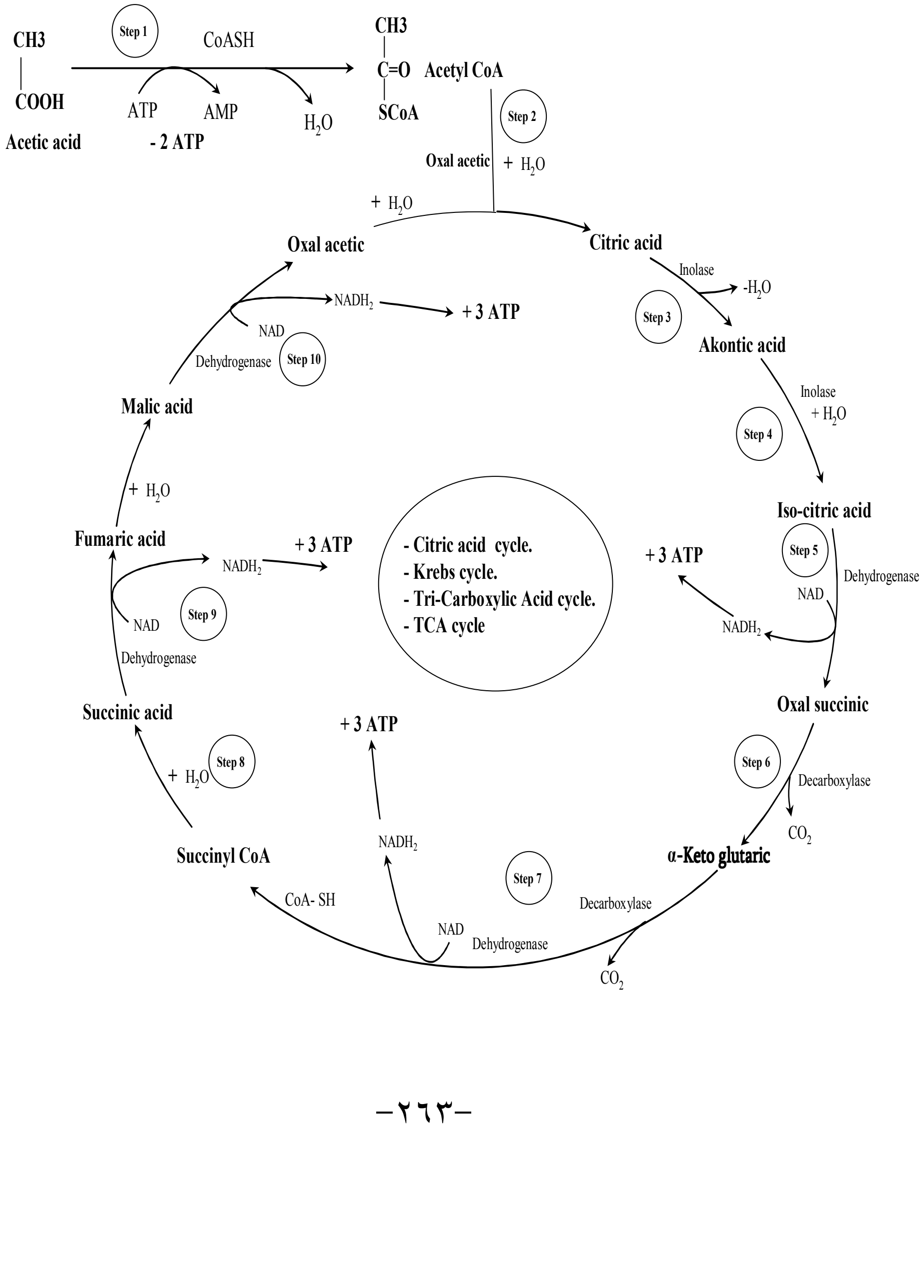
في البداية يلزم تنشيط الحامض الدهنى الطيار بـ ٢ جزيء من مركب الطاقة ATP وفي وجود CoASH.

تحويل الحامض الدهنى الطيار بعد تنشيطه بالـ ATP إلى Acetyl CoA.

هذا الـ Acetyl CoA المتكون يدخل في دورة الـ TCA لإنتاج الطاقة.

أولًا: حامض الأسيتك (Acetic acid, C2:0) كمصدر للطاقة في الحيوانات المجترة:

حامض الأسيتك (C2:0) موجود بنسبة عالية جدا في الدم الشريانى Peripheral blood ولانتاج الطاقة من هذا الحامض لابد من تنشيطه بـ ٢ جزيء من مركب الطاقة ATP وفي وجود معاون الإنزيم CoASH ينتج Acetyl CoA الذى بدوره يدخل في دورة الـ TCA لإنتاج الطاقة.



جدول رقم (٢٧):حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائي أو أكسدة واحد مول من حامض الأسيتك

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجـة (+)	المستهلكـة (−)
١	-----	٢
٥	٣	-----
٧	٣	-----
٩	٣	-----
١٠	٣	-----
المجموع	١٢ مول ATP ناتج	٢ مول ATP مستهلك

عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزيء من حامض الأسيتك = ١٢–٢=١٠ مول ATP.

بما أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣,٥ كيلو جول.

عند تمثيل واحد مول من حامض الأسيتك ينتج طاقة قدرها =١٠×٣٣,٥= ٣٣٥ كيلو جول.

وعند حرق واحد مول من حامض الأسيتك في بمبة المسعر ينتج ٨٧٥ كيلو جول.

كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض الأسيتك =٨٧٥/٣٣٥×١٠٠= ٣٨,٣%

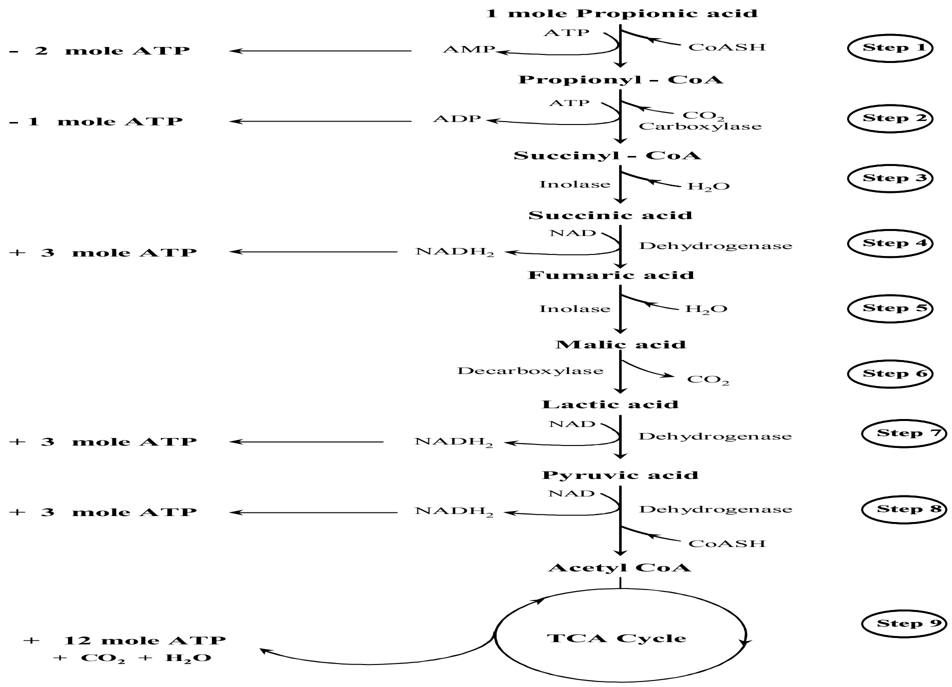
ثانيًا: حامض البروبيونك (Propionic acid, C_3:0) كمصدر للطاقة في الحيوانات المجترة:

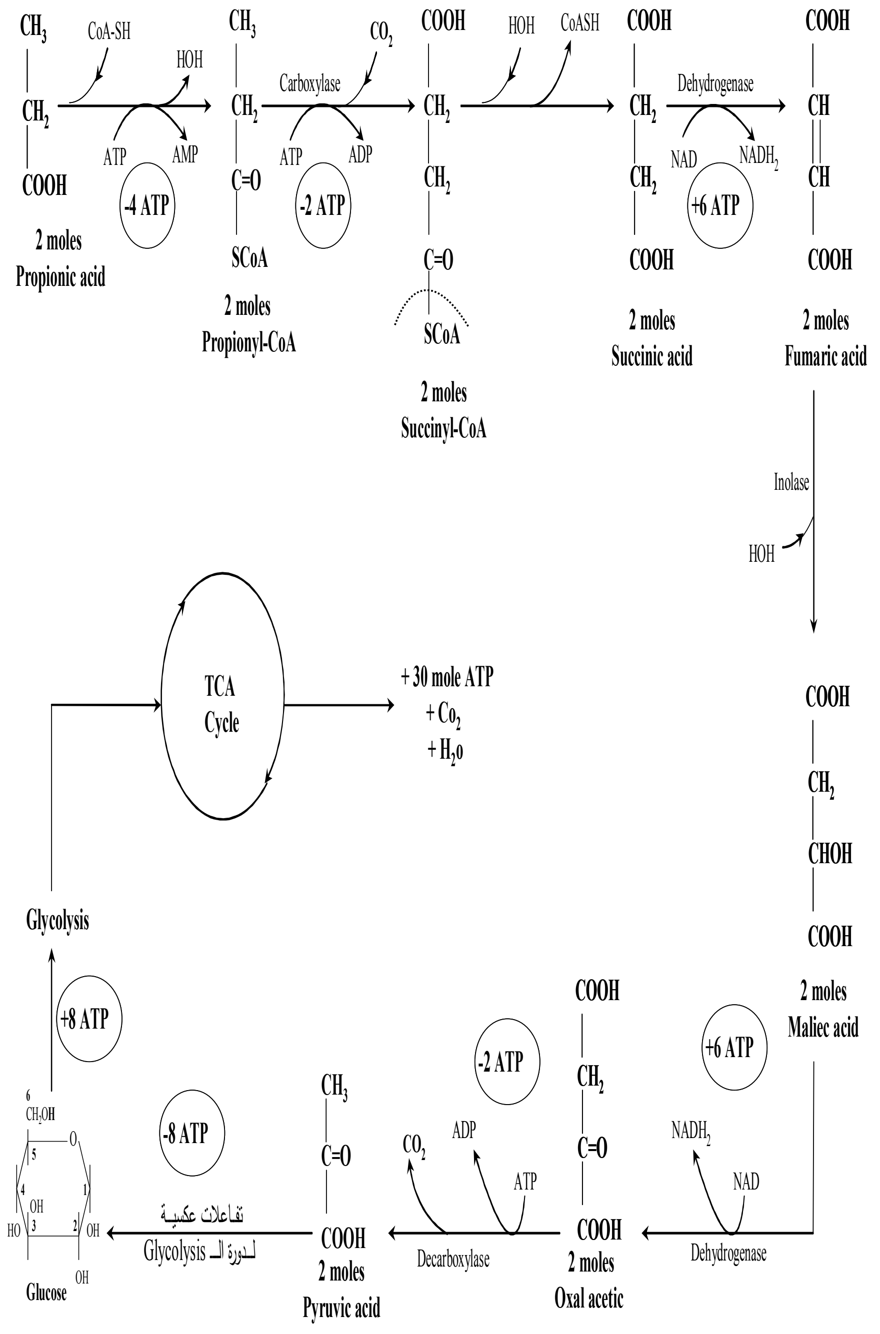
حامض البروبيونيك (C_3:0) موجود بنسبة أقل في الدم الشريانى Peripheral blood وموجود بنسبة عالية في الدم الوريدى Portal blood. ويتم التمثيل الغذائي لحامض البروبيونيك في الدم الشريانى والدم الوريدى لإنتاج الطاقة ففي الدم الشريانى

ينتج عن تمثيل ذلك الحامض (١٨ مول من الـATP) بينما في الدم الوريدى ينتج عن هذا الحامض (١٧ مول من الـATP).

١- التمثيل الغذائي لحامض البروبيونيك في الدم الشريانى:

معظم حامض البروبيونيك يدخل إلى الكبد ويتم تمثيله غذائيا لإنتاج الطاقة. فكمية قليلة من حامض البروبيونيك التي ذهبت إلى الكبد عن طريق الدم الشريانى أو تلك الناتجة من الأحماض الدهنية فردية الكربون حيث يتم عليها عملية التمثيل الغذائي وفي هذه الحالة يتحول حامض البروبيونيك إلى حامض لاكتيك الذى يتحول بدورة إلى حامض بيروفيك ثم إلى Acetyl CoA الذى بدوره يدخل في دورة Kripp's ((TCA لإنتاج الطاقة وينتج عن تمثيل ذلك الحامض في الدم الشريانى (١٨ مول من الـATP).




CH3
CoA-SH
HOH
CH2
ATP
AMP
COOH
-4 ATP
2 moles
Propionic acid
CH3
CH2
C=0
SCoA
Carboxylase
CO2
ATP
ADP
-2 ATP
2 moles
Propionyl-CoA
COOH
CH2
CH2
C=0
SCoA
2 moles
Succinyl-CoA
HOH
CoASH
COOH
CH2
CH2
COOH
Dehydrogenase
NAD
NADH2
+6 ATP
2 moles
Succinic acid
COOH
CH
CH
COOH
2 moles
Fumaric acid
Inolase
HOH
COOH
CH2
CHOH
COOH
2 moles
Maliec acid
TCA
Cycle
+ 30 mole ATP
+ Co2
+ H2o
Glycolysis
+8 ATP
+6 ATP
NADH2
NAD
Dehydrogenase
-2 ATP
COOH
CH2
C=0
COOH
2 moles
Oxal acetic
CO2
ADP
ATP
Decarboxylase
CH3
C=0
COOH
2 moles
Pyruvic acid
-8 ATP
تفاعلات عكسية
لدورة الـ Glycolysis
CH2OH
O
OH
HO
OH
OH
Glucose

جدول رقم (٢٨): حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائي أو أكسدة واحد مول من حامض البروبيونك (الدم الشريانى)

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجـة (+)	المستهلكـة (-)
١	-----	٢
٢	-----	١
٤	٣	-----
٧	٣	-----
٨	٣	-----
٩	١٢	-----
المجموع	٢١ مول ATP ناتج	٣ مول ATP مستهلك

عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزيء من حامض البروبيونيك (دم شريانى) = ٢١– ٣ = ١٨ مول ATP.

بما أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣,٥ كيلو جول.

عند تمثيل واحد مول من حامض البروبيونيك (دم شريانى) ينتج طاقة قدرها =١٨×٣٣,٥= ٦٠٣ كيلو جول.

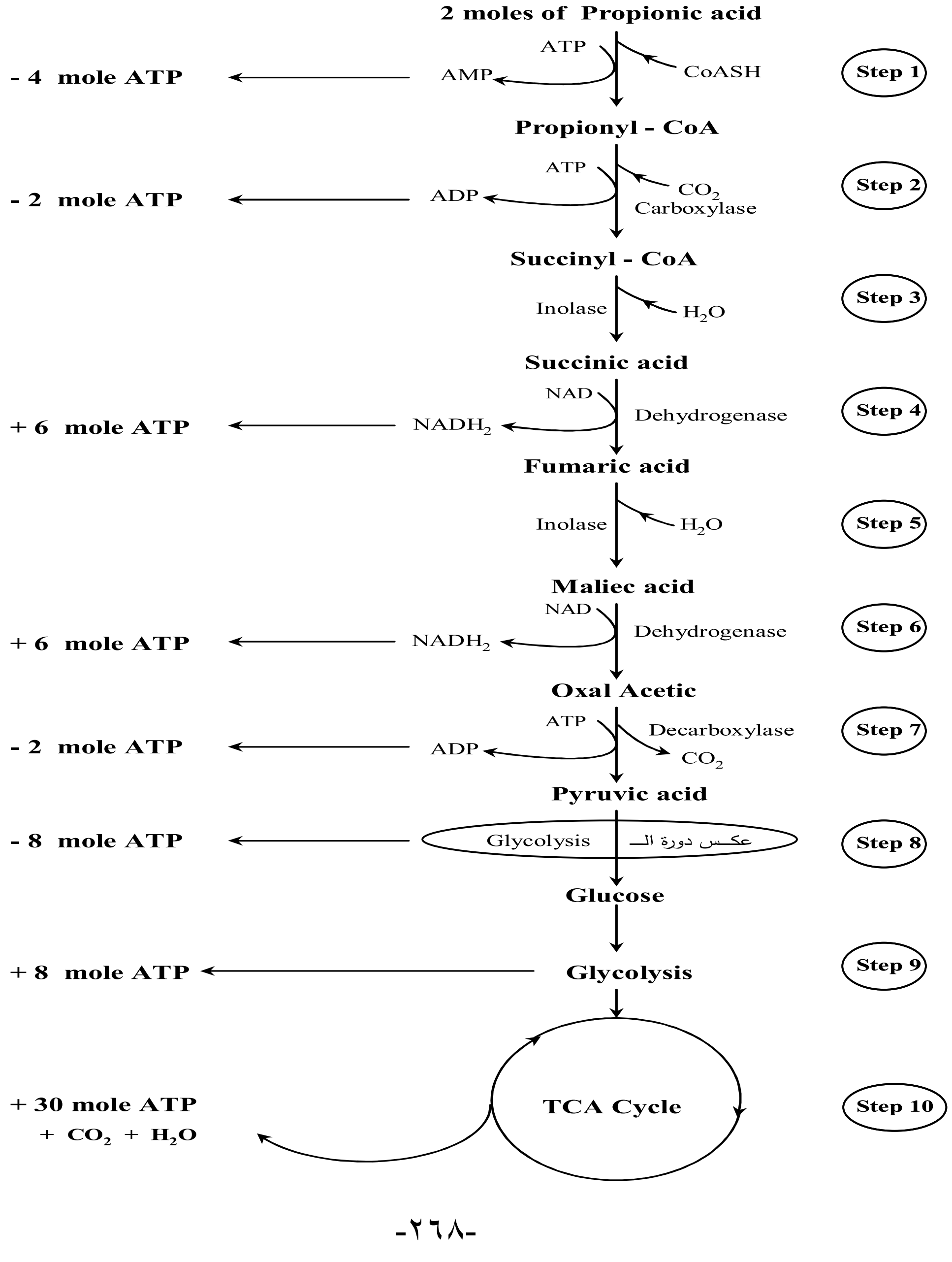
وعند حرق واحد مول من حامض البروبيونيك في بمبة المسعر ينتج ١٤٠٠ كيلو جول.

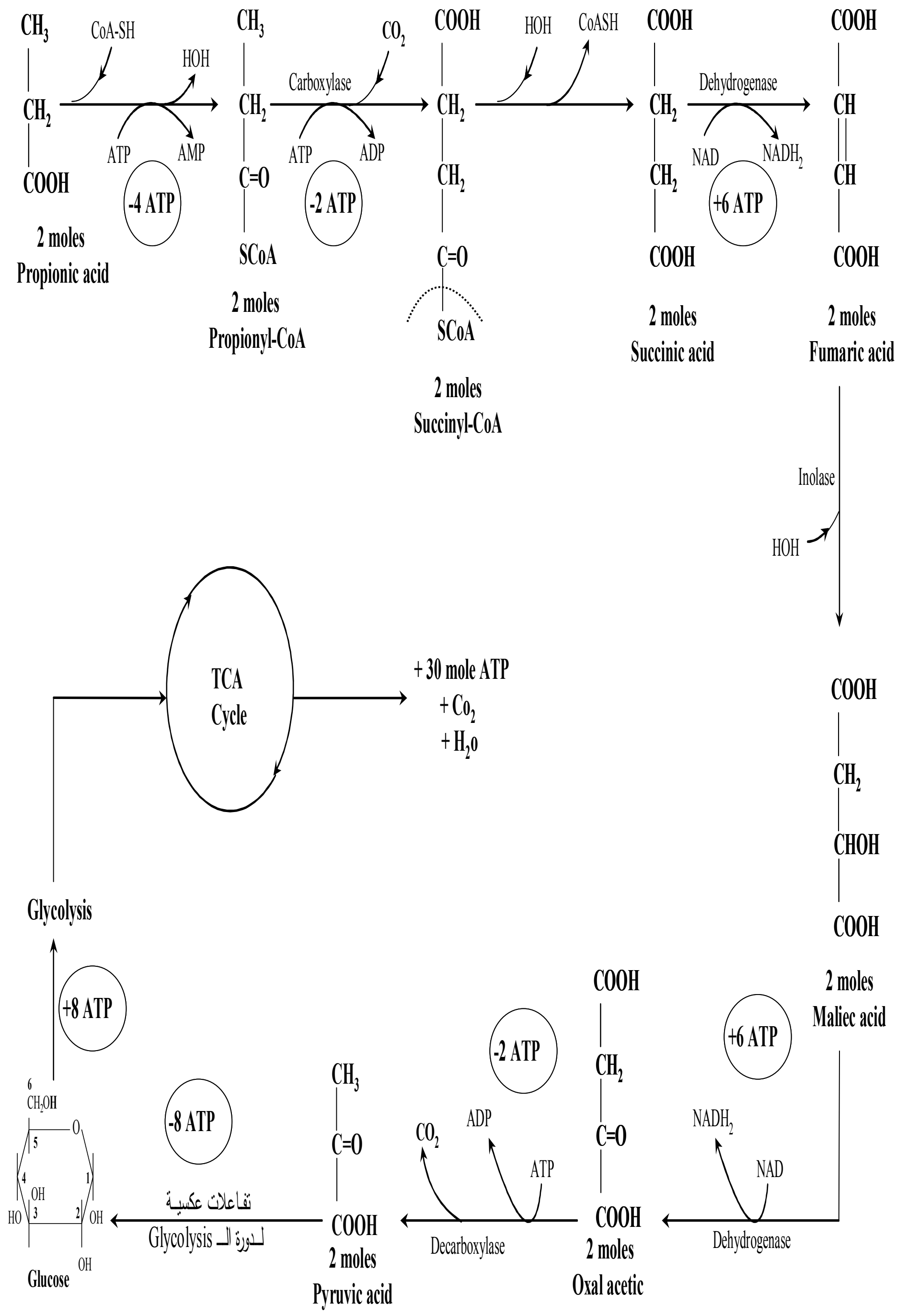
كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البروبيونيك (دم شريانى) = ٦٠٣ / ١٤٠٠×١٠٠= ٤٣,٠٧ %

٢- التمثيل الغذائي لحامض البروبيونيك في الدم الوريدي:

النسبة العالية من حامض البروبيونيك موجود في الدم الوريدي Portal blood المتجه إلى الكبد. حيث أن معظم البروبيونيك يدخل في الدم الوريدي المتجه إلى

الكبد حيث يتحول إلى جلوكوز الذي يدخل في دورة الـ Glycolysis ثم في دورة Kripp's (TCA) لإنتاج الطاقة وينتج عن تمثيل ذلك الحامض غذائيا في الدم الوريدي (١٧ مول من الـATP) لكل مول من حامض البروبيونيك.




CoA-SH
HOH
ATP
AMP
-4 ATP
2 moles
Propionic acid
Carboxylase
CO2
ATP
ADP
-2 ATP
2 moles
Propionyl-CoA
HOH
CoASH
2 moles
Succinyl-CoA
Dehydrogenase
NAD
NADH2
+6 ATP
2 moles
Succinic acid
2 moles
Fumaric acid
Inolase
HOH
TCA
Cycle
+ 30 mole ATP
+ Co2
+ H2o
2 moles
Maliec acid
+6 ATP
NADH2
NAD
Dehydrogenase
-2 ATP
CO2
ADP
ATP
Decarboxylase
2 moles
Oxal acetic
2 moles
Pyruvic acid
-8 ATP
تفاعلات عكسية
لـدورة الـ Glycolysis
Glucose
+8 ATP
Glycolysis

جدول رقم (٢٩): حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائي أو أكسدة ٢مول من حامض البروبيونك (الدم الوريدي)

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــة (+)	المستهلكـة (-)
١	-----	٤
٢	-----	٢
٤	٦	-----
٦	٦	-----
٧	-----	٢
٨	-----	٨
٩	٨	-----
١٠	٣٠	-----
المجموع	٥٠ مول ATP ناتج	١٦ مول ATP مستهلك

- عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل ٢ مول أو ٢ جزيء من حامض البروبيونيك (دم وريدي) = ٥٠- ١٦ = ٣٤ مول ATP.

عدد مولات الـ ATPالنهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزيء واحد من حامض البروبيونيك (دم وريدي) = ٣٤ / ٢ = ١٧ مول ATP.

بما أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣,٥ كيلو جول.

عند تمثيل واحد مول من حامض البروبيونيك (دم وريدي) ينتج طاقة قدرها = ١٧×٣٣,٥= ٥٦٩,٥ كيلو جول.

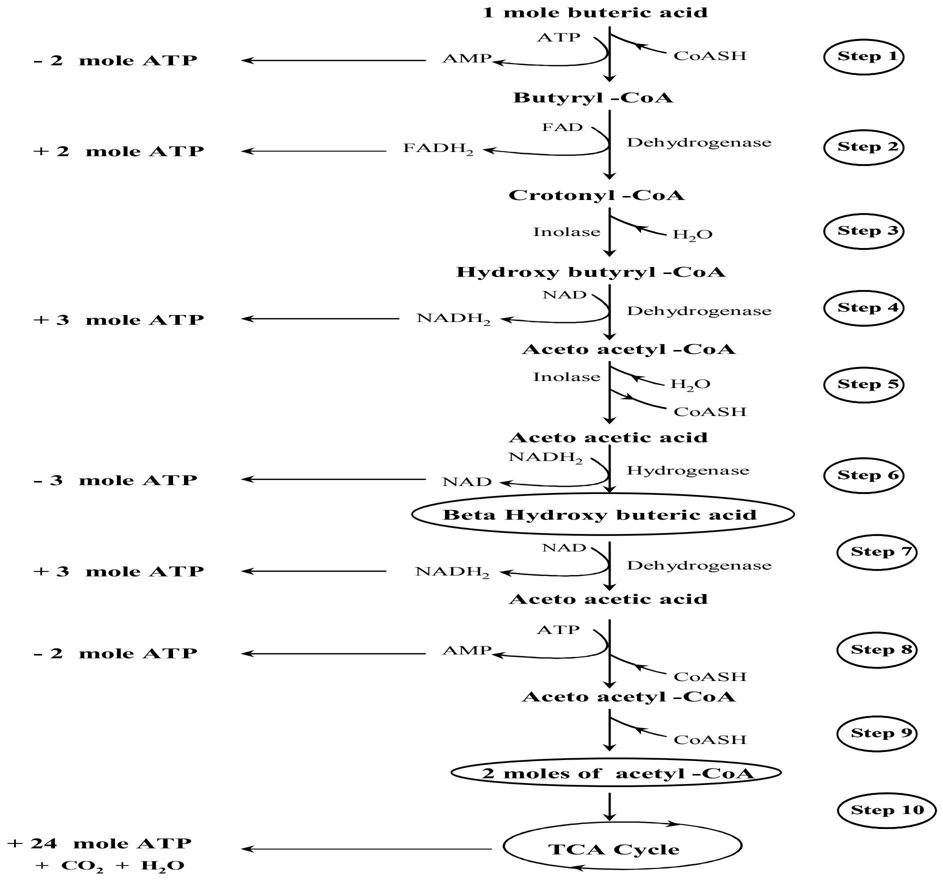
وعند حرق واحد مول من حامض البروبيونيك في بمبة المسعر ينتج ١٤٠٠ كيلو جول.

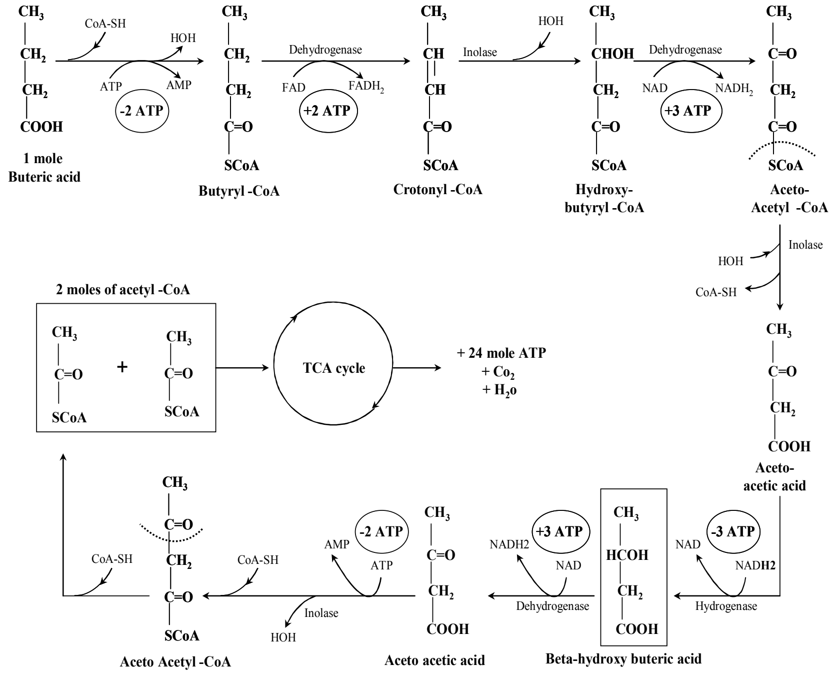
كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البروبيونيك (دم وريدي) =

٥٦٩,٥/١٤٠٠×١٠٠= ٤٠,٦٨%

ثالثا: حامض البيوتيرك (Buteric acid) كمصدر للطاقة في الحيوانات المجترة:

حامض البيوتيرك موجود في الدم الشرياني Peripheral blood. ويتمثل غذائيا في الجسم وينتج عن هذا البيوتيرك ٢٥ مول من الـ ATP. حامض البيوتيرك أثناء مروره في الكرش يتحول إلى بيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد (Beta hydroxy Buteric acid) حيث يستخدم البيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد في إنتاج الطاقة. أي أن الصورة الفعالة لإنتاج الطاقة من حامض البيوتيرك ليس حامض البيوتيرك ولكن هي بيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد Beta hydroxy Buteric acid.





جدول رقم (٣٠): حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائي أو أكسدة واحد مول من حامض البيوتيرك

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــة (+)	المستهلكـة (−)
١	-----	٢
٢	٢	-----
٤	٣	-----
٦	-----	٣
٧	٣	-----
٨	-----	٢
١٠	٢٤	-----
المجموع	٣٢ مول ATP ناتج	٧ مول ATP مستهلك

عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزيء واحد من حامض البيوتيرك = ٣٢– ٧ =٢٥ مول ATP.

بما أنه عند دخول ATP في أي تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣,٥ كيلو جول.

عند تمثيل واحد مول من حامض البيوتيرك ينتج طاقة قدرها=٢٥×٣٣,٥= ٨٣٧,٥ كيلو جول.

وعند حرق واحد مول من حامض البيوتيرك في بمبة المسعر ينتج ٢٠٠٠ كيلو جول.

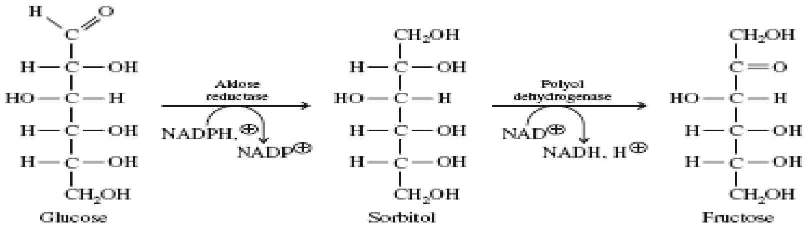
إذا كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البيوتيرك =٨٣٧,٥/٢٠٠٠×١٠٠= ٤١,٨٨ %

مسارات أخري لتمثيل الجلوكوز داخل جسم الكائن الحي:

تعتبر المسارات الأساسية لتمثيل الجلوكوز داخل جسم الكائن الحي هي أكسدته لإنتاج الطاقة من خلال دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis والأكسدة الهوائية من خلال دورة حمض الستريك Citric acid cycle إلا أنه هناك بعض المسارات الأخرى التي قد يسلكها سكر الجلوكوز داخل جسم الثدييات للقيام ببعض الوظائف الحيوية الهامة ومن أهم هذه المسارات:

تحول الجلوكوز إلى الفركتوز:

في بعض أنسجة الثدييات (العين والخصية والبنكرياس والمخ) يتحول جزء من سكر الجلوكوز إلى سكر الفركتوز كما يتضح في المعادلة التالية:



ويتم هذا التفاعل على خطوتين:

في الخطوة الأولي يعمل إنزيم Aldose reductase على اختزال الجلوكوز إلى سوربيتول وذلك في وجود مركب NADPH.

أما في الخطوة الثانية يعمل إنزيم Polyol dehydrogenase على أكسدة السوربيتول إلى فركتوز في وجود مركب NAD.

ويمثل هذا المسار مصدر الإمداد للفركتوز الذي يعتبر مركب الطاقة الأساسي للخلايا المنوية.

وفي حالة زيادة مستويات الجلوكوز عن الحد الطبيعي كما في مرضي السكر تزداد نسبه السوربيتول الناتجة من هذا المسار ويعود ذلك إلي:

أن درجة نشاط إنزيم Polyol dehydrogenase أقل من درجة نشاط إنزيم Aldose reductase مما يؤدي إلى تراكم السوربيتول.

والأغشية الخلوية غير نفاذة للسوربيتول فيتغير الضغط الأسموزي للخلايا مما يؤدي لتجمع وترسيب بروتينات عدسة العين مما يؤول في النهاية للإصابة بالمياه الزرقاء على العين Cataracts وهذا يفسر تعرض مرضي السكر لهذه النوعية من مشاكل عدسة العين.

مسار التمثيل الغذائي لسكرات بنتوزفوسفات (الخماسية): pentose phosphate pathway

أكبر معدل هدم لمعظم الجلوكوز الذي يدخل مسار glycolytic pathway كجلوكوز-٦-فوسفات هو الأكسدة من خلال دورة TCA، مع ذلك فان بعض

جلوكوز-٦-فوسفات يهدم بطرق أخرى، ويكون مسار السكرات الخماسية pentose pathway أكثر أهمية وهذا المسار الأخير له عدة تسميات مختلفة:

The phosphogluconate pathway, or the hexose nonphosphate pathway or the pentose shunt.

ومسار البنتوز له منتجان هامان لهما أهمية كبيرة في بعض الأنسجة المتخصصة.

أولًا: إنتاج سكرات ذات خمسة ذرات كربون أي سكرات خماسية تستخدم في تكوين DNA, RNA وبعض قرائن الإنزيمات مثل ATP, NAD+, FAD ans co enz A هذه الجزيئات تحتاجها الخلايا سريعة مثل في خلايا العظام bone marrow، الجلد وميكوزا الأمعاء intestinal mucosa.

ثانيًا: إنتاج NADPH (المختزل) التي تحتاجها تفاعلات الاختزال الحيوية ولحماية الأنسجة من التلف الراجع إلى نوعية الأكسجين الفعال وتفاعلات تكوين الأحماض الدهنية في الكبد والأنسجة الضامة، والغدد اللبنية وأيضًا تكوين الكوليسترول والهرمونات الاستيرولية.

والإحتياج إلى NADPH لاختزال الجلوتاثيون الذي يعتبر خط الدفاع الرئيسي The prime defenses من تلف الأكسدة.

تنقسم دورة البنتوز ومساره التمثيلي إلى مكونين:Two components :

مكون مؤكسد Oxidative component وينتج ٢ مول NADPH لكل مول جلوكوز-٦-فوسفات يدخل الدورة أو المسار.

مكون غير مؤكسد nonoxidative phase حيث منتج المكون المؤكسد يعاد تنظيمه وتهيئته إلى جلوكوز-٦-فوسفات.

مسار البنتوز فوسفات Pentose phosphate pathway:

تعتبر أحد مسارات سكر الجلوكوز غير الأساسية والتي تحدث في العديد من

الخلايا مثل خلايا كرات الدم الحمراء والأنسجة الدهنية والكبد وعدسة وشبكية العين والخصيتين. وتعتبر أكبر معدل هدم لمعظم الجلوكوز الذي يدخل مسار glycolytic pathway كجلوجوز-٦-فوسفات. وهو الأكسدة من خلال دورة TCA، ومع ذلك فإن بعض جلوكوز-٦-فوسفات يهدم بطرق أخرى، ويكون مسار السكرات الخماسية pentose pathway أكثر أهمية وهذا المسار الأخير له عدة مسميات مختلفة:

The posphogluconate pathway, or The hexose mono phosphoate pathway, or The pentose shunt.

وهذه المسارات (مسار البنتوز) له منتجان هامان لهما أهمية كبيرة في بعض الأنسجة المتخصصة أهميتها:

١- إنتاج السكرات الأحادية التي تحتوي على خمس ذرات كربون (السكرات الخماسية) والتي تعود أهميتها في أنها تدخل في بناء بعض المركبات الحيوية الهامة مثل DNA , RNA , Co enzyme A , FAD, NAD, ATP. وهذه الجزيئات تحتاجها الخلايا سريعة النمو مثل تلك الموجودة في الجلد وميكوز الأمعاء bone marrow, intestinal mucosa.

٢- إنتاج جزيئات NADPH والتي تدخل بدورها في العديد من الوظائف الحيوية مثل:

أ- تخليق الأحماض الدهنية حيويًا في الكبد والأنسجة الضامة والغدد اللبنية.

ب- تخليق الكولسترول والاستيرولات والهرمونات الاستيرولثية.

ج- تخليق السفنجوسين والجلاكتوليبيدات.

د- حماية الأنسجة من التلف الناتج من جزيئات الأكسجين النشطة الفعال.

هـ- حيث تتعرض كرات الدم الحمراء Erythrocytes وأيضًا خلايا القرنية The cells of the cornea التركيزات عالية من الأكسجين وتتلف بالأكسدة من

خلال نوعيات من الأصول الحرة أو شوارد الأكسجين a variety of oxygen redicals وتحتاج إلى NADPH لاختزال الجلوتاثيون الذي يعتبر خط الدفاع الرئيسي The prime defenses من تلف الأنسجة.

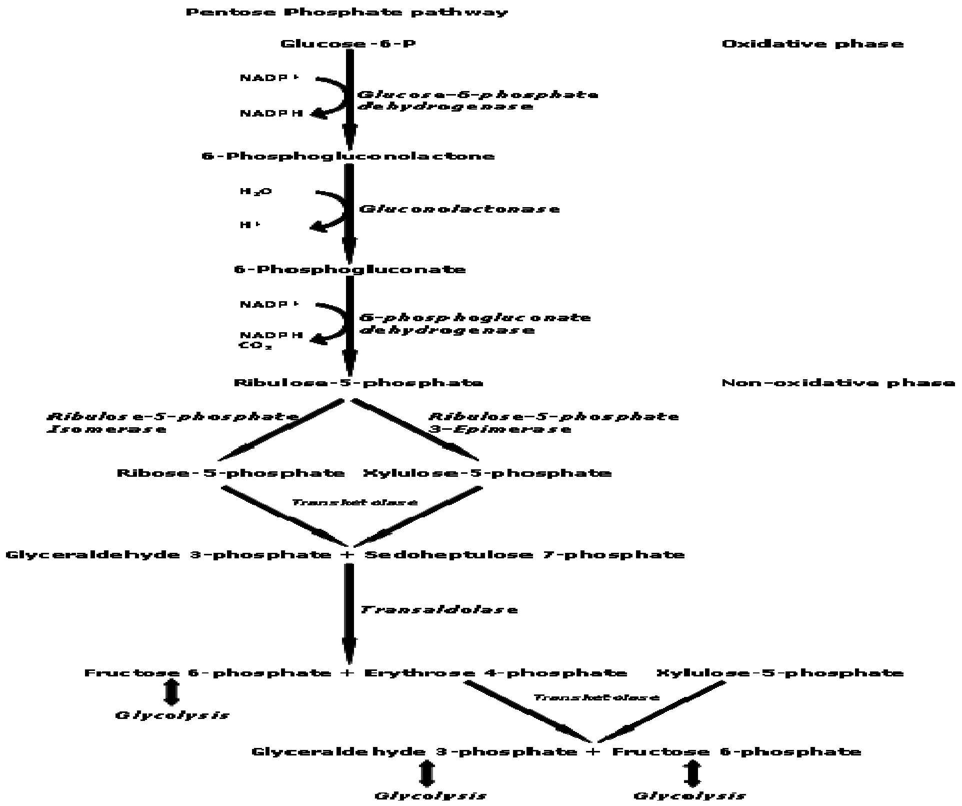
تنظيم مسار البنتوز فوسفات:

يعتبر إنزيم الجلوكوز ٦- فوسفات ديهيدروجينيز Glucose – 6 – P dehydrogenase هو المفتاح الأساسي لهذه الدورة أو المسار التمثيلي ويتم التحكم في نشاط هذا الإنزيم عن طريق هرمون الأنسولين ومركب NADP ويتم تثبيطه بواسطة NADPH

وبصفة عامة تقسم هذه الدورة إلى خطوتين:

الخطوة الأولي وتسمي Oxidative phase: ويتم فيها تحول الجلوكوز ٦- فوسفات إلى ريبولوز ٥- فوسفات وينتج من هذه الخطوة ٢ جزيء من مركب NADPH لكل مول جلوكوز-٦-فوسفات يدخل المسار.

الخطوة الثانية وتسمي Non oxidative phase: ويتم فيها تحول الريبولوز ٥- فوسفات إلى مركبات وسطية في دورة glycolysis (فركتوز ٦- فوسفات والجلسر ألدهيد ٣- فوسفات).



المرحلة الأولي Oxidative phase:

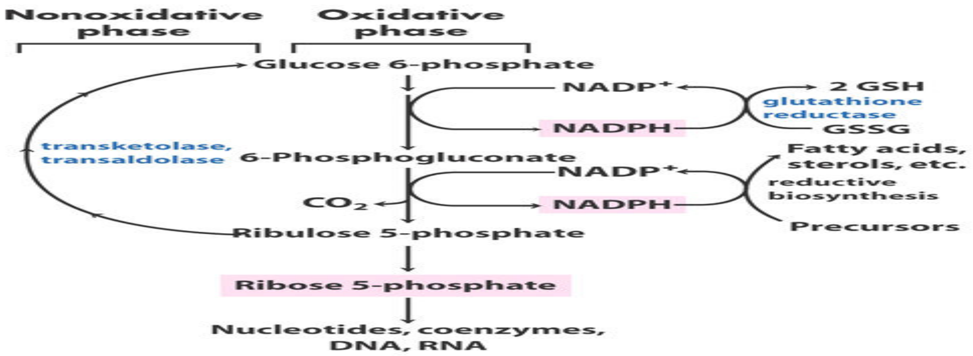
الخطوة الأولي: وفيها يتأكسد الجلوكوز ٦ – فوسفات إلى مركب ٦ – فوسفو جلوكون لاكتون ويتم ذلك بواسطة إنزيم Glucose 6 – phosphate dehydrogenase (G6PDH) وفي وجود NADP.

وتعتبر هذه الخطوة هي الموقع التنظيمي الرئيسي في مسار البنتوز فوسفات حيث يعمل مركب NADPH الناتج من نفس الخطوة على تثبيط إنزيم (G6PDH) ويمكن اعتبار أن هذه الخطوة تحدث نوع من التنظيم الذاتي لمسار البنتوز فوسفات.

الخطوة الثانية: وفيها يعمل إنزيم Gluconolactase على التحليل المائي لمركب ٦ – فوسفو جلوكون لاكتون لينتج السكر الحامضي ٦ – فوسفو جلوكونيك.

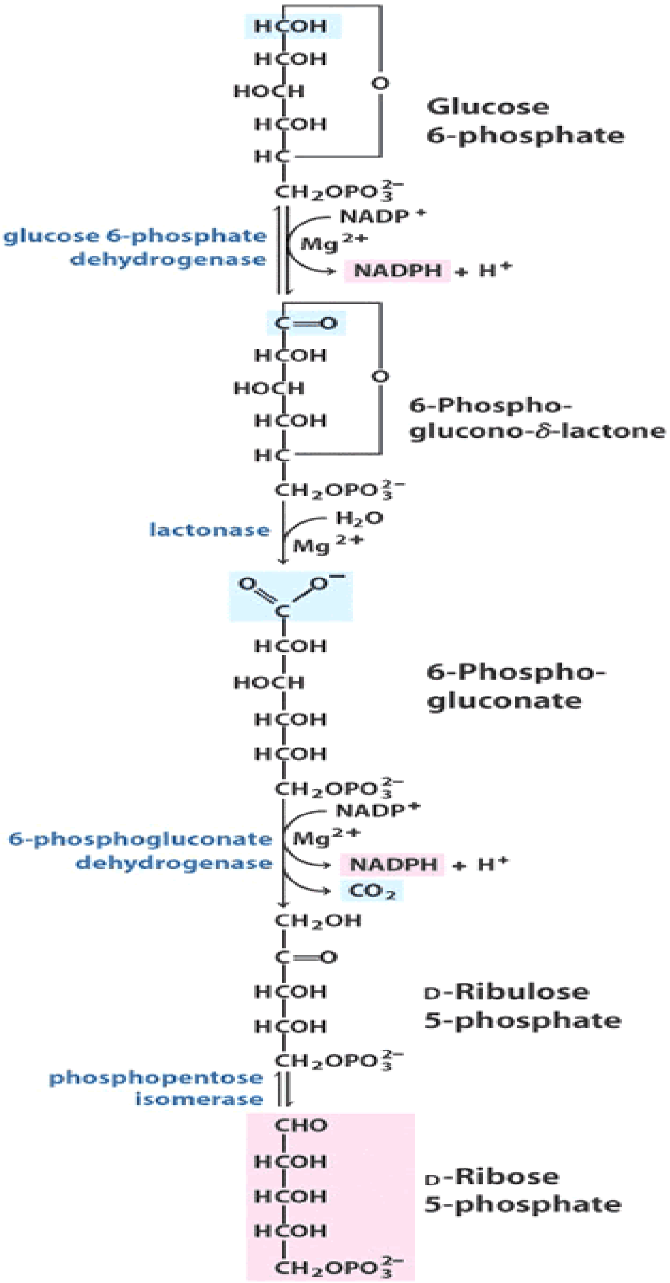
الخطوة الثالثة: وفيها يعمل إنزيم 6 – Phosphogluconate dehydrogenase عملية أكسدة مصحوبة بنزع مجموعة كربوكسيل للسكر الحامضي الناتج من الخطوة السابقة (٦ – فوسفو جلوكونيك) وناتج هذه الخطوة هو إنتاج الجزيء الثاني من NADP والسكر الخماسي ريبولوز ٥ – فوسفات وجزيء ثاني أكسيد كربون.

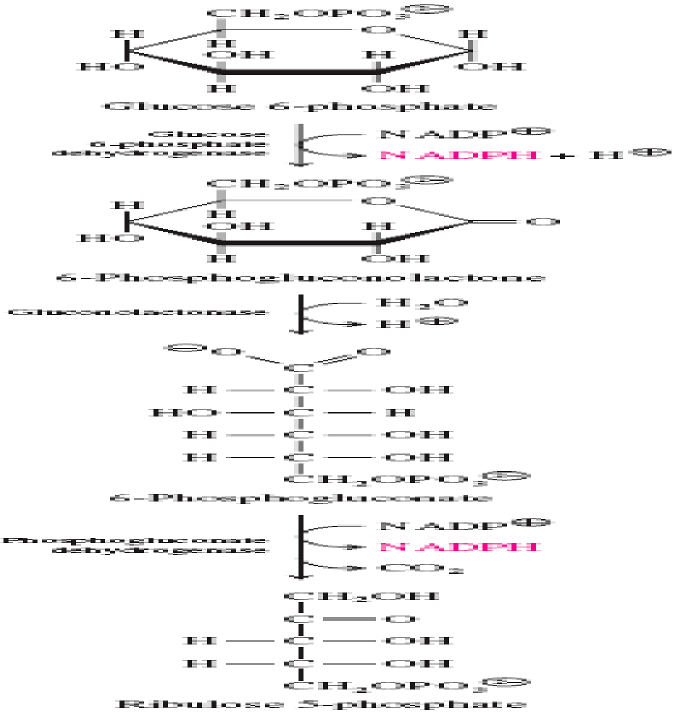
ويمكن القول بأن المحصلة النهائية للمرحلة الأولي (Oxidative phase) هي أكسدة السكر السداسي إلى سكر خماسي وثاني أكسيد كربون وإنتاج ٢ جزيء من مركب NADP.



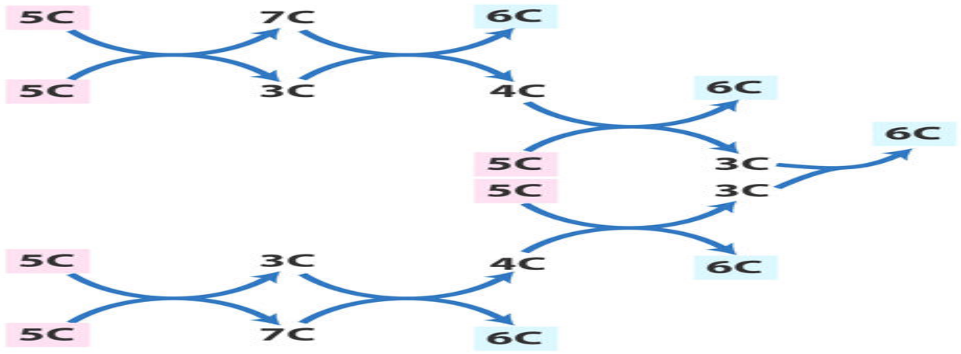
The reactions of the oxidative phase of the pentose pathway are catalyzed by cytosolic enzymes

.


Glucose
6-phosphate
glucose 6-phosphate
dehydrogenase
NADP⁺
Mg²⁺
NADPH + H⁺
6-Phospho-
glucono-δ-lactone
lactonase
H₂O
Mg²⁺
6-Phospho-
gluconate
6-phosphogluconate
dehydrogenase
NADP⁺
Mg²⁺
NADPH + H⁺
CO₂
D-Ribulose
5-phosphate
phosphopentose
isomerase
D-Ribose
5-phosphate



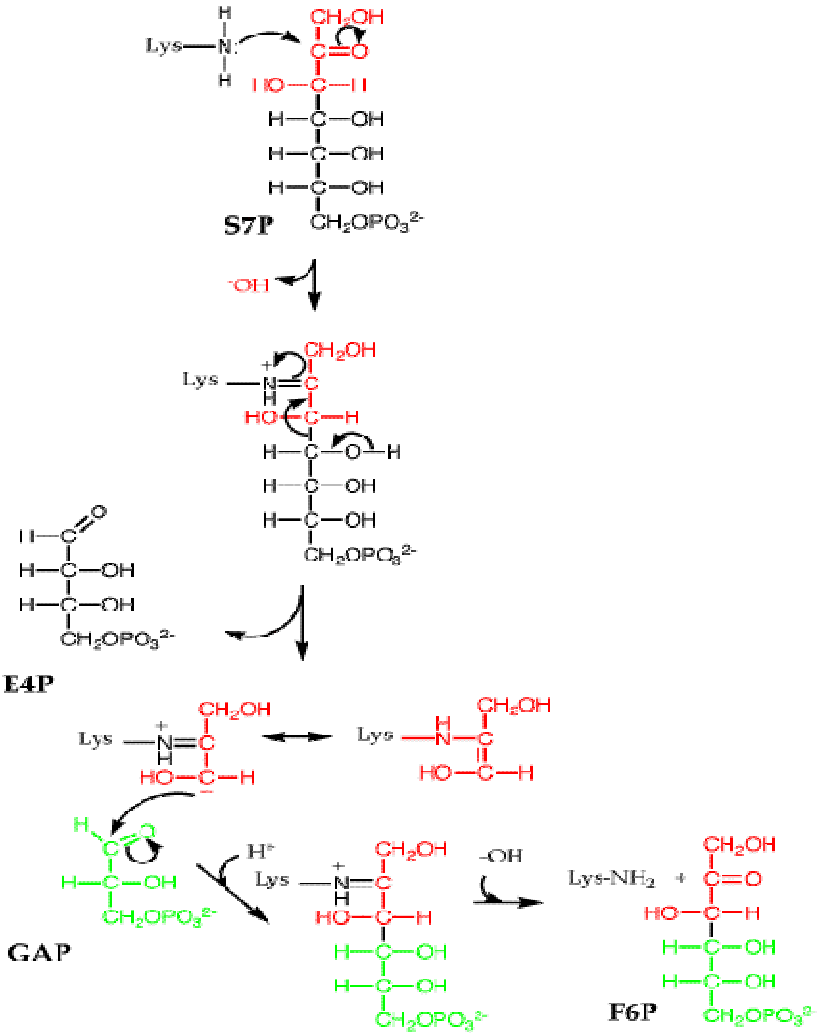
Oxidative Stage of Pentose phosphate pathway



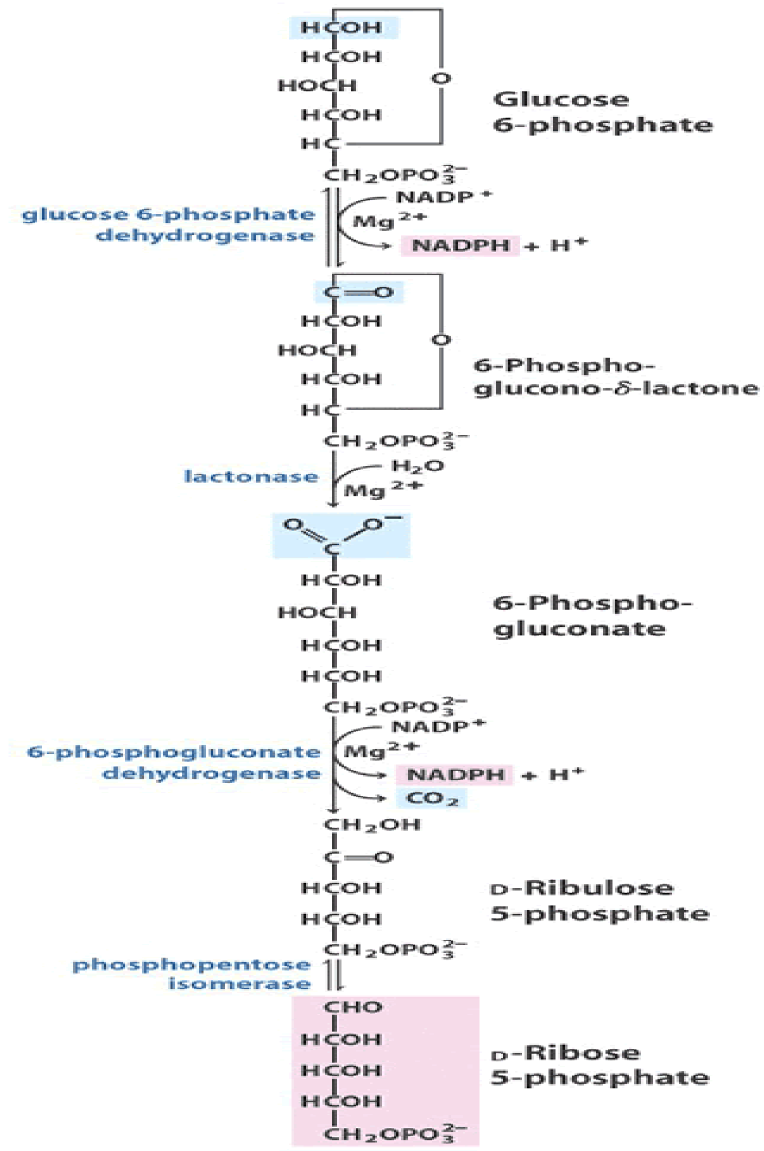
So, with an input of 6 molecules of 5 carbon sugars, the yield is 5 molecules of 6 carbon sugar.
The reactions that are catalyzed by the transaldolase and transketolase should look pretty familiar based on what we have discussed already.
The transketolase utilizes a TPP cofactor to transfer 2 carbon units, while the transaldolase functions much as the type I aldolase that cleaves fructose 1,6 bisphosphate. It transfers 3 carbon units.

The transketolase mechanism is shown below--

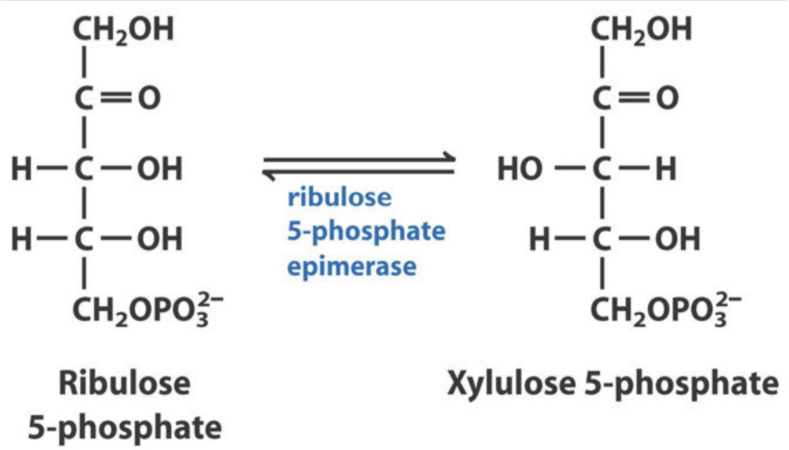
The transaldolase mechanism is shown below



The reactions of the oxidative phase of the pentose pathway are catalyzed by cytosolic enzymes.

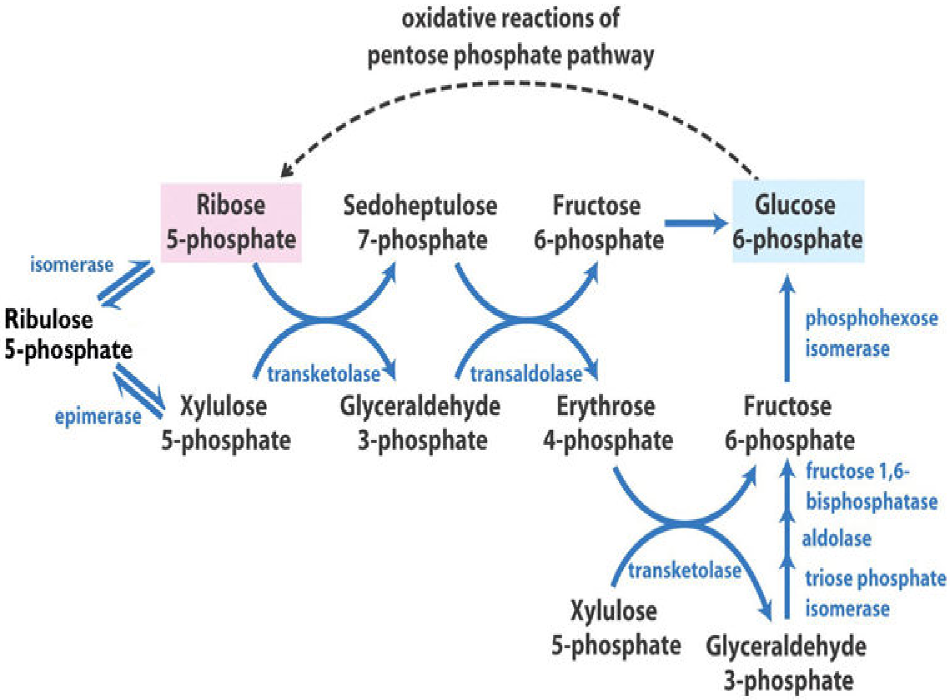


The nonoxidative, or carbon shuffling, phase of the pentose pathway consists of a series of rearrangements of 3, 4, 5, 6 and 7 carbon sugars through which 6 molecules of ribulose 5-phosphate are converted into 5 molecules of glucose 6-phosphate. The carbon shuffling reactions are catalyzed by 2 enzymes, transketolase and transaldolase. The shuffling reactions begin with ribose 5-phosphate and xylulose 5-phosphate, and epimer of ribulose 5-phosphate.



Based on what you have already learned, can you make a pretty good guess as to how this enzyme would carry out the chemistry?

The overall series of reactions are as shown below--



المرحلة الثانية Non-oxidative phase:

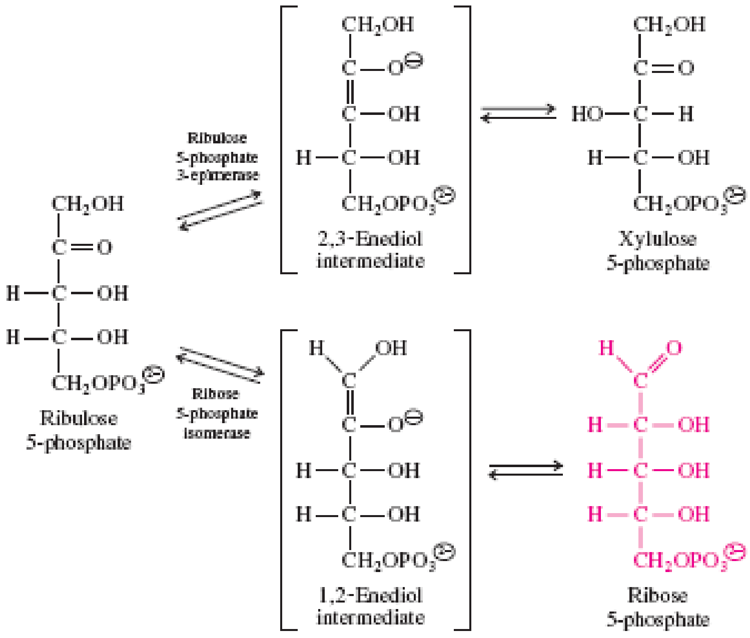
ويتمثل ناتج هذه المرحلة في إمداد الجسم بالسكرات الخماسية وكذلك السكرات المفسفرة التي تأخذ أحد مسارين: (١) إما أن تدخل في دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis أو (٢) تكوين الجلوكوز من خلال عملية Gluconeogenesis.

وتقسم إلى ثلاث خطوات:

١- الخطوة الأولي: وفيها يتحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلى السكرات الخماسية الأخرى عن طريق:

أ- إنزيم Ribulose 5- Phosphate 3-epimerase الذي يحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلى سكر الزيليولوز ٥ – فوسفات.

ب- إنزيم Ribose 5-Phosphate isomerase الذي يحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلى سكر الريبوز ٥ – فوسفات.



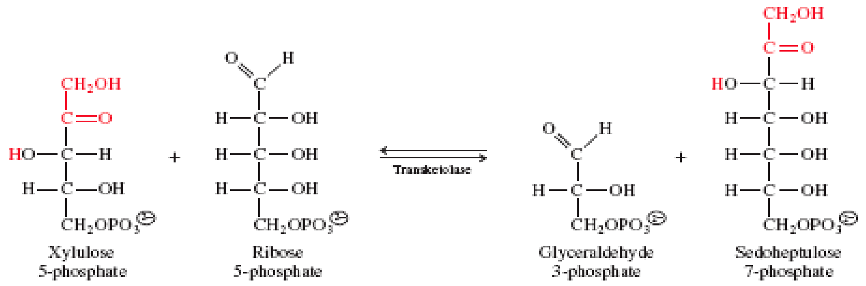
1- Conversion of Ribulose 5-P to Xylulose 5- P and Ribose 5-P

٢- الخطوة الثانية: اتحاد سكرات الزيليولوز٥- فوسفات والريبوز ٥- فوسفات المتكونين في الخطوة السابقة بواسطة إنزيم Transketolase لتكوين مركب الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السباعي سيدوهيبتيولوز ٧ – فوسفات.

وإنزيم Transketolase يعرف أيضا بإنزيم glycoaldehydetransferase ودوره أنه يعمل على نقل ذرتي كربون (مجموعة Glycoaldehyde) من السكر الكيتوني إلى السكر الألدهيدي ونتيجة لذلك يقل طول السلسلة الكربونية للسكر الكيتوني بمقدار ذرتي كربون في حين يزداد طول السلسلة الكربونية للسكر الألدهيدي بمقدار ذرتي كربون.

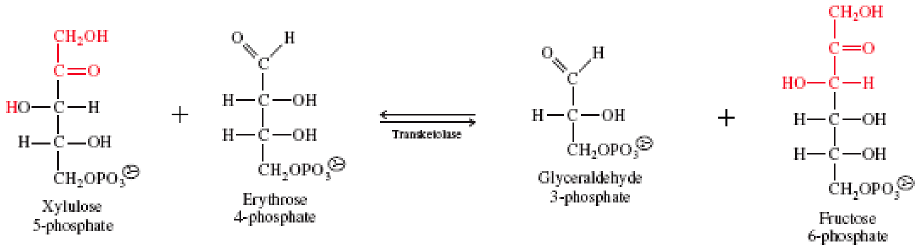
ويعمل هذا الإنزيم في موضعين من مسار البنتوز فوسفات:

أ- يعمل على نقل ذرتي كربون من السكر الكيتوني الريبيولوز ٥ – فوسفات إلى السكر الألدهيدي الريبوز ٥ – فوسفات لينتج السكر الثلاثي الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السباعي السيدوهيبتيولوز ٧ – فوسفات



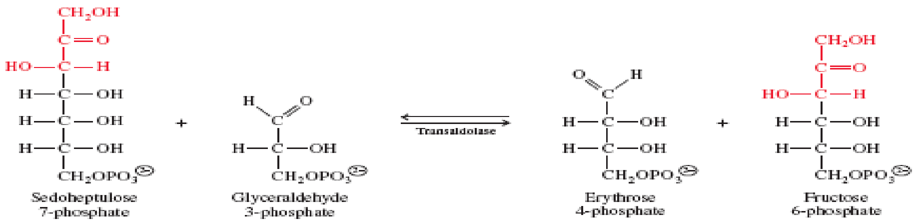
2- Reaction catalyzed by transketolase

ب- يعمل على نقل ذرتي كربون من السكر الكيتوني الخماسي الزيليولوز ٥ – فوسفات إلى السكر الألدهيدي الرباعي الإريثروز ٤ – فوسفات لينتج السكر الثلاثي الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السداسي الفركتوز ٦ – فوسفات.

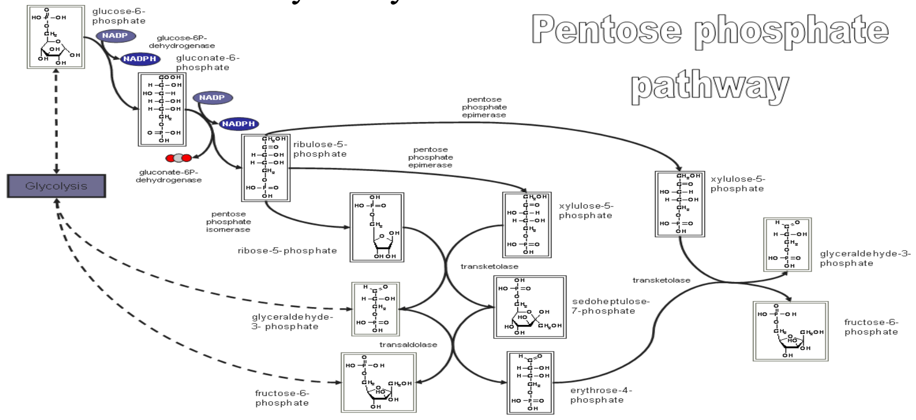


٣- الخطوة الثالثة: اتحاد سكر سيدوهيبتيولوز ٧-فوسفات مع مركب الجلسرألدهيد ٣-فوسفات المتكونين من الخطوة السابقة بمساعدة إنزيم Transaldolase لتكوين السكر الرباعي إريثروز ٤ – فوسفات والسكر السداسي الفركتوز ٦- فوسفات.

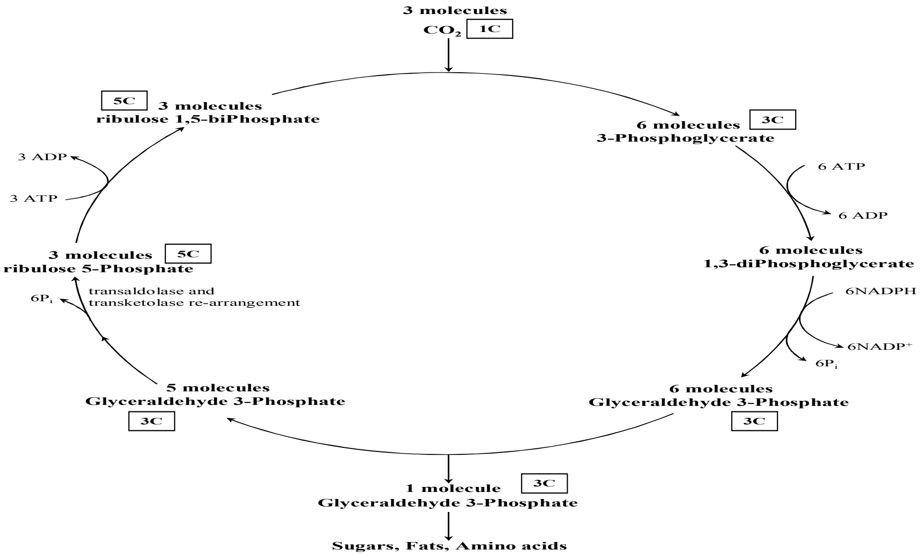
وإنزيم Transaldolase يعرف أيضا بإنزيم dihydroxyacetonetransferase ويتلخص دوره في أنه يعمل على نقل ثلاث ذرات كربون (مجموع Dihydroxyacetone) من السكر الكيتوني إلى السكر الألدهيدي.



3- Reaction catalyzed by transaldolase



دورة اختزال الكربون (دورة كالفن):



حساب عدد مولات الـ ATP الناتجة من دورة كـالڤن:

عدد مولات الـ ATP المستهلكة = ٦ مول + ٣ مول = ٩ مول ATP

عدد مولات الـ ATP الناتجـة = ١٨ مول من ٦ مول NADP

المحصلة النهائية = ١٨ – ٩ = ٩ مول ATP

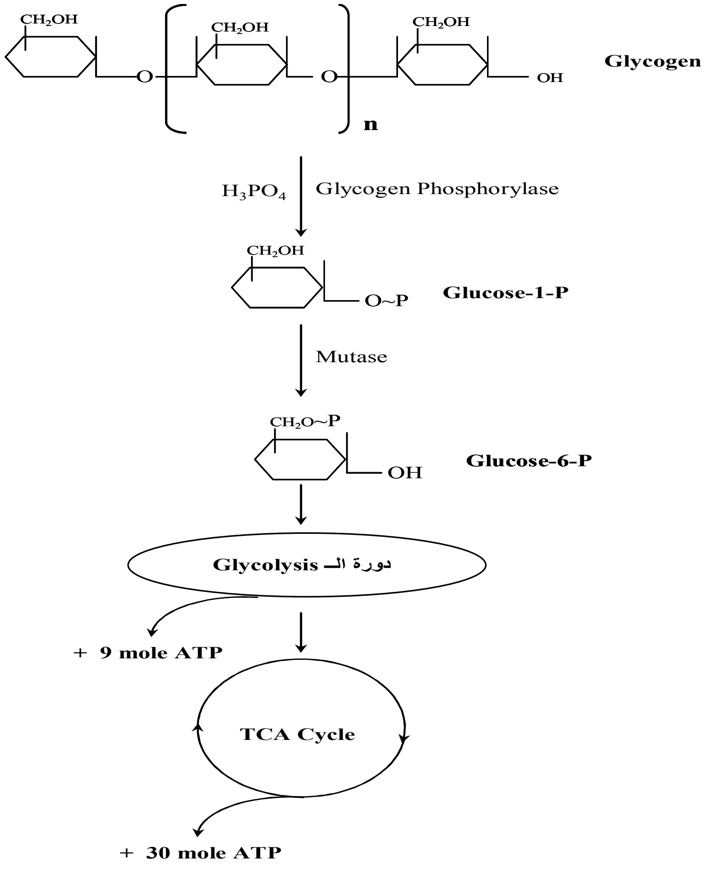
التمثيل الغذائي للجليكوجين كمصدر للطاقة

Bioenergetics of glycogen as an energy source:

يتم هدم الجليكوجين (glycogenolysis) عند انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم حيث يعتبر الجليكوجين المصدر الأساسي لتخزين الجلوكوز. ويتم هدم الجليكوجين بواسطة انفصال وحدات من سكر الجلوكوز من التفرعات المختلفة لسلسلة الجليكوجين من النهايات الغير مختزلة وذلك بواسطة انزيم Glycogen Phosphorylase حيث يعطى وحدات من الجلوكوز-٦- فوسفات.

ويعتبر الجليكوجين أكثر كفاءة من الجلوكوز في إنتاج الطاقة نظرا لتحوله إلى

وبواسطة إنزيم (H_3PO_4) بواسطة فوسفات معدني Glucose -1- phosphate Glycogen Phosphorylase. ثم في وجود إنزيم Mutase هذا Glucose -1- phosphate يتحول إلى Glucose -6- phosphate يدخل في الدورة اللاهوائية Glycolysis ثم الدورة الهوائية TCA وبالتالي يتم توفير واحد مول ATP اللازم لتحويل الجلوكوز Glucose إلى جلوكوز -٦- فوسفات Glucose -6- phosphate في بداية الدورة الهوائية Glycolysis وعلى ذلك تكون محصلة الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائي للجليكوجين ٣٩ مول ATP وليس ٣٨ مول ATP.



٢- التمثيل الغذائي لليبيدات Lipid Metabolism

تعتبر الأحماض الدهنية الناتجة من تحليل المواد الدهنية المصدر الرئيسي للطاقة في الكائن الحي نتيجة عمليات (الأكسدة) الهدم Catabolism وتعد الجلسريدات الثلاثية Triacylglycerol (الزيت أو الدهن) المصدر الأساسي لتخزين مصادر الطاقة وكذلك الفوسفوليبيدات المكون الأساسي في تركيب جدر الخلايا حيث تحتوي على الأحماض الدهنية في تركيبها الجزئي. توجد إنزيمات متخصصة لتكسير روابط الاستر الموجودة في الجليسريد الثلاثي فتنفرد الأحماض الدهنية الحرة Fatty acids والجلسرول مثل إنزيمات Lipase وإنزيمات Phospholipases لتحليل الفوسفوليبيدات.

ويتحول الجلسرول إلى جلسر ألدهيد ٣ فوسفات الذي يدخل بدوره في مسارات تمثيل الكربوهيدرات حيث يتجه إلى دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis أو يتجه لبناء جلوكوز خلال عملية Gluconeogenesis.

وتتم أكسدة الأحماض الدهنية في الميتوكوندريا Mitochondria وبواسطة إنزيمات Fatty acids oxidases الموجود في الـ Matrix. وتسمى عملية أكسدة الأحماض الدهنية بواسطة إنزيمات Fatty acids oxidases بالأكسدة في الوضع بيتا Beta أو تسمى بالـ Beta-oxidation لأنه يحدث كسر بين ذرتي الكربون ألفا (α) وبيتا (β) من ناحية مجموعة الكربوكسيل.

كسر

CH3 – C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C β – C α – COOH

أكسدة الأحماض الدهنية:

تختلف طرق تمثيل الأحماض الدهنية فردية عدد ذرات الكربون وزوجية عدد ذرات الكربون وكذلك الأحماض الدهنية الغير مشبعة ولكن تتشابه في عمليات

الأكسدة في الوضع بيتا.

خطوات اكسده الحامض الدهني في الوضع بيتا:

تبدأ الأكسدة بفصل وحدة مكونة من عدد ٢ ذرة كربون (2C) بداية من جهة مجموعة الكربوكسيل وتسمى هذه العملية β-oxidation، حيث تبدأ عملية الفصل لكل ذرتين كربون من الذرة β (β-Carbon) ويتبعها عملية استرة esterified بواسطة المعاون الإنزيمي (CoA-SH)، وذرة الكربون β للحمض الدهني الأصلي تتحول إلى مجموعة كربوكسيل لتبدء عملية الكسر مرة أخرى وهكذا.

خطوات دروة الـ β-oxidation:

١- تنشيط الحامض الدهنيFatty acid activation:

قبل أن تدخل الأحماض الدهنية في دورات الأكسدة β-oxidation تجرى لها عملية تنشيط بـ ٢ جزئ ATP (استهلاك رابطتين عالية في الطاقة من جزئ ATP). حيث تبدأ الأكسدة بفصل عدد ٢ ذرة كربون (2C) من ناحية مجموعة الكربوكسيل وتسمى هذه العملية β-oxidation، حيث تبدأ عملية الفصل لكل ذرتين كربون من الذرة β (β-Carbon) ويتبعها عملية استرة esterified بواسطة المعاون الإنزيمي (CoA-SH) فيتحول الحامض الدهني إلى الاسيل كو A (Acyl-CoA). أي أنه في هذه الخطوة يتم تنشيط الحامض الدهني باستخدام ٢ جزئ ATP وفي وجود معاون إنزيم CoA-SH إلى Acyl-CoA.

٢- أكسدة الاسيل كو A Acyl-CoA Oxidation:

يتم اكسده الاسيل كو A في الميتوكوندريا (Matrix) بين الذرتين الفا وبيتا وتحويلة إلى اسيل كو A غير مشبع (Unsaturated Acyl-CoA) وتتم هذه الخطوة في وجود إنزيم اسيل كو A ديهيدروجينيز (Acyl-CoA dehydrogenase) وبمصاحبة FAD حيث يتحول إلى FADH2 الذي يدخل سلسلة التنفس ويعطى ٢ جزئ من ATP.

٣- دخول جزئ ماء Hydration:

في هذا التفاعل يتم دخول جزئ ماء (HOH) على Unsaturated Acyl-CoA ليتحول إلىβ-Hydroxyacyl-CoA بيتا هيدروكسى اسيل كو A وذلك في وجود إنزيم Inolase.

٤- أكسدة بيتا هيدروكسى اسيل A β-Hydroxyacyl-CoA Oxidation

تتم عملية اكسده لمركب بيتا هيدروكسى اسيل كو A ليتحول إلى بيتا كيتو اسيل كو A (β-Ketoacyl-CoA) بمساعدة إنزيم CoA-β-hydroxyacyl dehydrogenase ومصاحب +NAD حيث يتحول إلى NADH2 يدخل سلسلة التنفس ليعطي ٣ جزيئات ATP.

٥-اكسدة بيتا كيتو اسيل كو A Ketoacyl-CoA oxidation

في هذا التفاعل تتم علمية فصل ذرتين كربون ترتبط مع (CoA-SH) ليتكون Acetyl CoA من β-Ketoacyl-CoA أي يتم فصل ذرتين كربون عن الحمض الدهني الأصلي فيقل طول السلسلة الكربونية للحمض الدهني بمقدار ذرتين كربون ويتبقى مركب Acyl-CoA لتعاد الخطوات ٢، ٣ و ٤ السابقة مرة أخرى وفي كل مرة ينفصل مركب Acetyl CoA وتنطلق مركبات الطاقة ATP.

ملاحظات على β-oxidation:

١- الأكسدة في الوضع β إذا كان عدد ذرات كربون الحامض الدهني زوجي فانه ينتج عنها مركب Acetyl-CoA يساوى نصف عدد ذرات الكربون فمثلًا حمض الاستياريك (C18:0) ينتج عنه ٩ جزيئات Acetyl - CoA عند الأكسدة الكاملة في β-oxidation.

٢- عدد دورات الأكسدة في الوضع β في حالة C18:0 يساوى ٨ مرات وليست ٩ مرات أي دورات الأكسدة تساوى (½ عدد ذرات كربون الحامض الدهني – ١).

٣- استكمال الأكسدة لمركب Acetyl – CoA الناتج من الأحماض الدهنية إلى CO_2 وماء يتم من خلال دخوله في دورة Citric acid واستكمال سلسلة النقل الإلكتروني (Electron transport chain Oxidative phosphorylation).

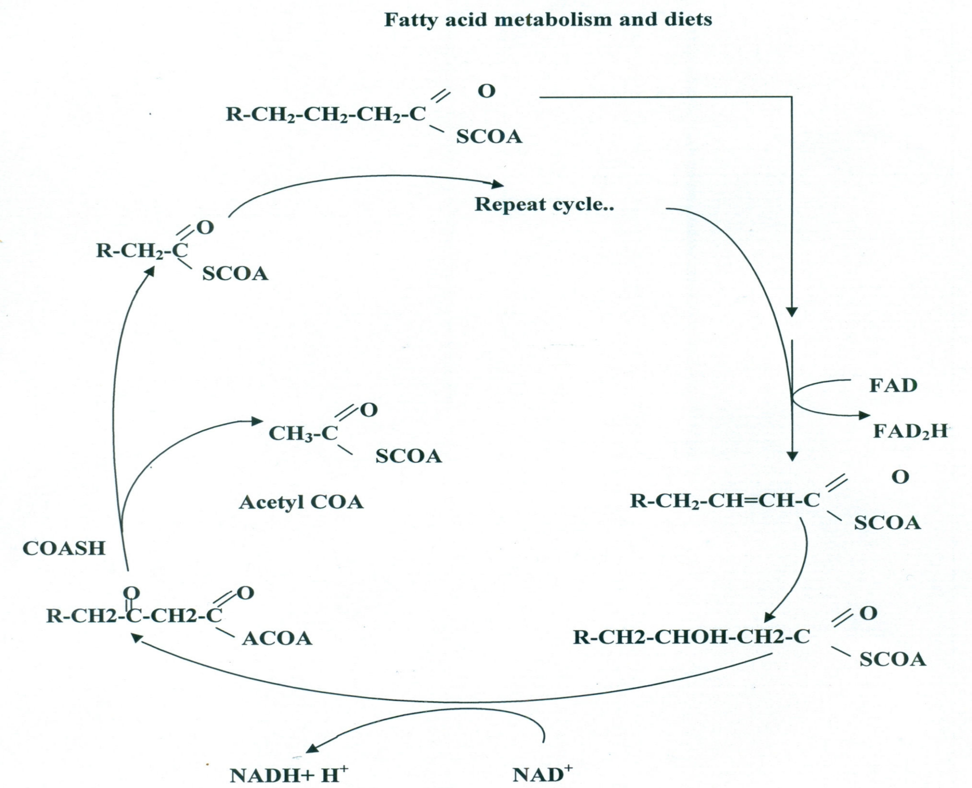
٤- تتم الأكسدة في الوضع β في منطقة Matrix من الميتوكوندريا. حيث أنه بمجرد تنشيط الحامض الدهني يتم نقل الحامض الدهني المنشط (الأسيل كو A) إلى الميتوكوندريا كما يلي:

أ- والاسيل كو A (Acyl-CoA) يمر من الجدار الخارجي (Outer) للميتوكوندريا ولا يستطيع المرور من الجدار الداخلي (Inner) ولذلك يحدث له في المنطقة الوسطى بين الجدار الداخلي والخارجي انتقال إلى الكرنيتين بواسطة عملية نقل الاسترة Transesterification وذلك بمساعدة إنزيم Carnitineacyl transferase والذي يوجد على سطح الجدار الداخلي حيث يتكون الاسيل كرنيتين.

يمر مركب الاسيل كرنيتين عبر الجدار الداخلي إلى منطقة Matrix في الميتوكوندريا وعند ذلك تنتقل مجموعة الاسيل من الاسيل كرنيتين إلى قرين الإنزيمي CoA ليعطي مرة أخرى الاسيل كو A. وتبدأ في منطقة Matrix في الميتوكوندريا عملية الأكسدة في الوضع β.

أكسدة الأحماض الدهنية: Fatty Acids Oxidation

تعتبر اكسده الأحماض الدهنية من مصادر الطاقة فهي تنتج مركبات عالية الطاقة NADH وتقلل من (Flavon-adenine dinuclotide (FADH2 وينتج COA.



أحماض دهنية اوميجا-٣:(Omega-3-fatty acids (Linolenic acid

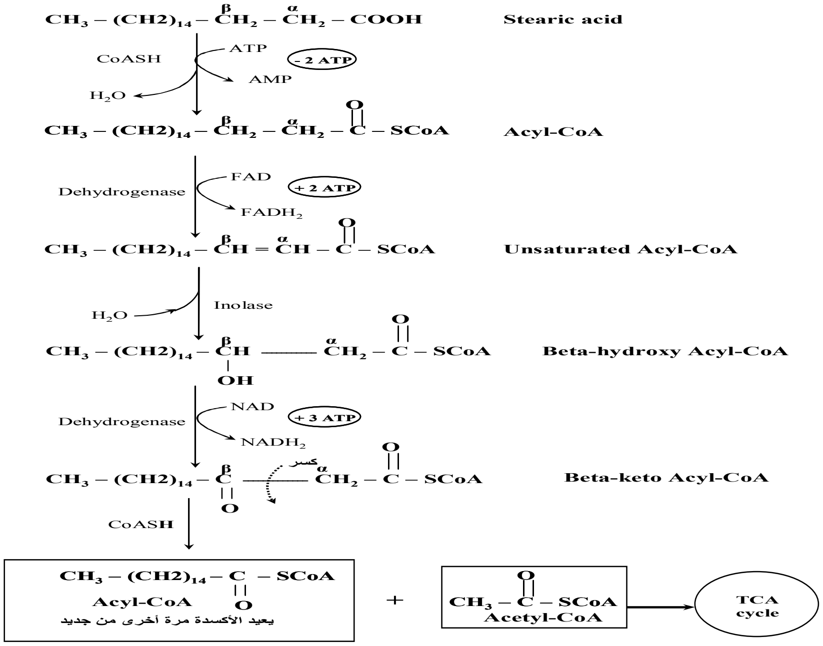
الوصف Descrition:

يحتوي حمض اللينولينك على ١٨ ذرة كربون وهو حامض دهني عديد عديم التشبع به ثلاثة روابط زوجية حمض واميجا-٣ لأنه يحتوي رابطة زوجية على ذرة الكربون الثالثة، وهو حامض أساسي يتحول إلى epicosapentaenoid acid (EPA) وهذا الأخير موجود في اسماك المياه الباردة Cold-water fish مثل السالمون – الماكريل – الرنجة وأيضًا في بعض الزيوت النباتية مثل زيوت بذور الكتان والكانولا.

أمثلة على أكسدة الأحماض الدهنيـة

١- أكسدة الأحماض الدهنية المشبعة ذات العدد الزوجي من ذرات الكربون Even number

(مثال: حامض الاستياريك C18:0)



حساب الطاقة الكلية الناتجة من تكسير الحامض الدهني الاستياريك Stearic acid (C18:0):

عدد مرات التكسير = (½ عدد ذرات الكربون للحامض الدهني – ١) = (١٨/٢ – ١) = ٨ مرات

عدد مولات الـ ATP الناتجة من أكسدة الـ NAD و FAD = ٥ مول ATP

الطاقة الناتجة من التكسير = ٨ × ٥ ATP = ٤٠ مول ATP.

عدد جزيئات Acetyl CoA الناتجة من التكسير= (½ عدد ذرات الكربون للحامض الدهنى) = ٩ جزيئات

الطاقة الناتجة من الجزئ الواحد من Acetyl CoA = ١٢ مول ATP

الطاقة الناتجة من جزيئات Acetyl CoA = ٩ × ١٢= ١٠٨ مول ATP

عدد مركبات الطاقة المستهلكة في التنشيط = ٢ مول ATP في البداية فقط ولمرة واحدة لان بعد كل مرة تكسير يتكون Acyl CoA منشط وجاهز لل B-oxidation

عدد مولات الـ ATP الناتجة من تكسير حامض الاستياريك C18:0 = ٤٠ + ١٠٨ – ٢ = ١٤٦ مول ATP.

الطاقة الناتجة من المول الواحد من مركب الطاقة ATP = ٣٣.٥ كيلو جول

الطاقة الكلية الناتجة من تكسير حامض الاستياريك C18:0=١٤٦ × ٣٣,٥= ٤٨٩١ كيلو جول

الطاقة الكلية التي تنتج من حرق ١ مول من حامض الاستياريك في بومبة المسعر = ٩٧٨٩,٣ كيلو جول

اذا كفاءة الطاقة Energy efficiency الناتجة من الاستياريك = ٤٨٩١ × ١٠٠/٩٧٨٩,٣ = ٤٩,٩٦%

٢- أكسدة الأحماض الدهنية المشبعة ذات العدد الفردى من ذرات الكربون(Odd number)

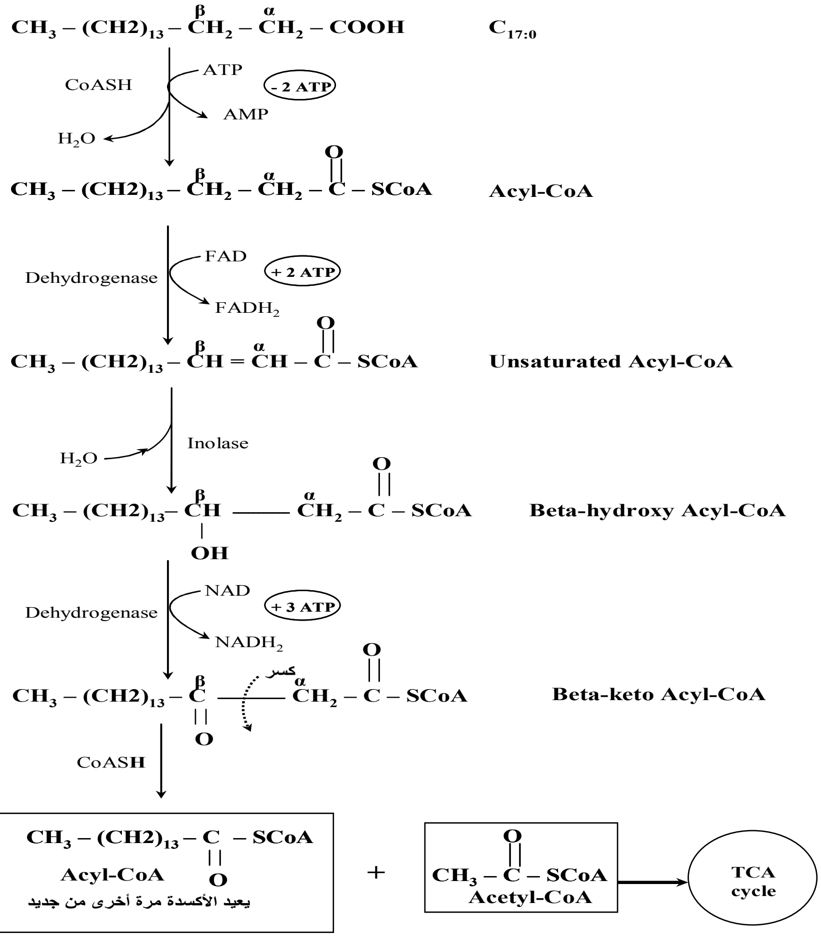
(مثال: حامض C17:0)

إن اكسده الأحماض الدهنية الفردية عدد ذرات الكربون والتي توجد في الطبيعة بنسبة ضئيلة تتم أيضًا من خلال الأكسدة في الوضع بيتا ولكن أخر دورة من الأكسدة ينتج عنها مركب البروبيونيل كو A (Propionyl – CoA (3C يتحول البروبيونيل كو A بواسطة بعض النظم الأنزيمية من خلال تفاعلين في الدم الشرياني والدم الوريدي حيث:

١- في الدم الشرياني Peripheral blood يتم تمثيل مركب البروبيونيل كو

إلى حامض لاكتيك الذي يتحول بدورة إلى حامض بيروفيك ثم إلى Acetyl CoA الذى بدوره يدخل في دورة Kripp's (TCA) لإنتاج الطاقة وينتج عن تمثيل البروبيونيل كو CoA في الدم الشرياني (٢٠ مول من الـATP).

٢- أما في الدم الوريدي Portal blood يتم تمثيل مركب البروبيونيل كو CoA حيث يتحول إلى جلوكوز الذى يدخل في دورة الـ Glycolysis ثم في دورة Kripp's (TCA) لإنتاج الطاقة وينتج عن تمثيل البروبيونيل كو CoA غذائيا في الدم الوريدي (١٩ مول من الـATP).



وهكذا تستمر عملية Beta oxidation وفي كل مرة من الأكسدة ينتج جزئ من Acetyl CoA حتى يتم تكسير الحامض الدهن (حامض الاستياريك) بأكمله إلى جزئيات الـ Acetyl CoA إلى أن يتبقى ٣ ذرات من الكربون في صورة مركب البروبيونيل كو CoA يتم تمثيله غذائيا في الدم الشرياني والدم الوريدي لإنتاج الطاقة كما سبق.

حساب الطاقة الكلية الناتجة من تكسير الحامض الدهني (C17:0):

عدد مرات التكسير=(عدد ذرات الكربون للحامض الدهني– ٣)/٢=(١٧–٣)/٢= ٧ مرات

عدد مولات الـ ATP الناتجة من أكسدة الـ NAD و FAD = ٥ مول ATP

الطاقة الناتجة من التكسير = ٧ × ٥ ATP = ٣٥ مول ATP.

عدد جزيئات Acetyl CoA الناتجة = (عدد ذرات الكربون للحامض الدهني – ٣) / ٢= ٧ جزئيات

الطاقة الناتجة من الجزئ الواحد من Acetyl CoA = ١٢ مول ATP

الطاقة الناتجة من جزيئات Acetyl CoA = ٧ × ١٢= ٨٤ مول ATP

عدد مولات الـ ATP الناتجة الطاقة الناتجة من البروبيونيل كو CoA في الدم الشرياني = ٢٠ مول ATP

عدد مولات الـ ATP الناتجة الطاقة الناتجة من البروبيونيل كو CoA في الدم الوريدي = ١٩ مول ATP

عدد مركبات الطاقة المستهلكة في التنشيط = ٢ مول ATP في البداية فقط ولمرة واحدة لان بعد كل مرة تكسير يتكون Acyl CoA منشط وجاهز لـ B-oxidation

عدد مولات الـ ATP الناتجة من تكسير حامض C17:0 = (٣٥ + ٨٤ +

١٩ أو ٢٠) – ٢ = ١٣٦ أو ١٣٧ مول ATP.

الطاقة الناتجة من المول الواحد من مركب الطاقة ATP = ٣٣.٥ كيلو جول

الطاقة الكلية الناتجة من تكسير حامض C17:0 = ١٣٦ أو ١٣٧× ٣٣,٥ = ٤٥٥٦ أو ٤٥٨٩,٥ كيلو جول.

الطاقة الكلية التي تنتج من حرق ١ مول من حامض C17:0 في بومبة المسعر = ١٠٢٠٠ كيلو جول

إذا كفاءة الطاقة Energy efficiency الناتجة من حامض C17:0 = ٤٥٥٦ × ١٠٠ / ١٠٢٠٠= ٤٤,٦٧%

أو ٤٥٨٩,٥ × ١٠٠/ ١٠٢٠٠ = ٤٥%.

٣- أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة (Unsaturated fatty acids oxidation)

(مثال: حامض اللينوليك C18:2)

إن اكسده الأحماض الدهنية غير المشبعة تتطلب تفاعلين إضافيين عن تفاعل الأكسدة في الوضع بيتا β-oxidation للأحماض الدهنية المشبعة وهما تفاعل cis-trans isomerization بالإضافة إلى تفاعل Epimerization. وباستخدام حمض اللينولييك C18:2 الذي يحتوي على رابطتين زوجيتين كمثال لأكسدة الأحماض الدهنية الغير مشبعة خلال الأكسدة في الوضع بيتا، عند نزع جزئ H_2 لتكوين Unsaturated Acyl-CoA وتصبح الرابطة المتكونة في الوضع trans ولكن معظم الأحماض الدهنية الطبيعية تكون الروابط بها في الوضع cis وعلى هذا يتضح الفرق في تمثيل الأحماض الغير مشبعة عن الأحماض المشبعة. وفي حمض اللينوليك توجد الروابط الزوجية في الوضع cis بين ذرتين الكربون ٩-١٠ والرابطة الأخرى بين ذرتين الكربون ١٢-١٣ ويتم تمثيلة كما يلي:

خطوات هدم حمض اللينولييك:

يحدث ثلاث دورات اكسدة في الوضع بيتا β-oxidation أي يتم فصل ٣ جزيئات من اسيتيل كو A والجزء المتبقى في هذه الحالة ١٢ ذرة كربون وتكون الروابط الزوجية من النوع cis اصبحت بين ذرتين الكربون٣-٤ والرابطة الاخرى عند ٦-٧ من الجزء المتبقي.

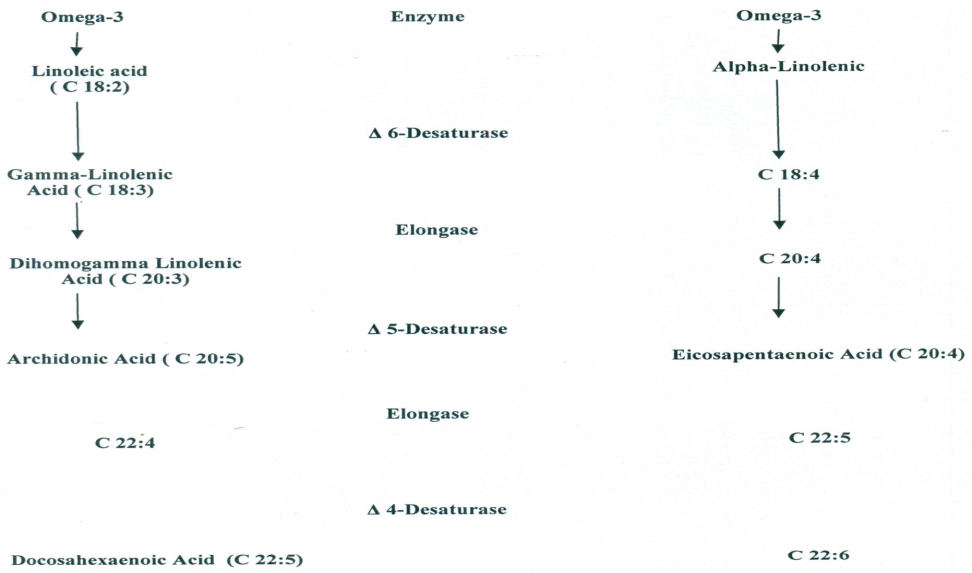
يقوم إنزيم Hydratase بنزع جزئ ماء من الوضع trans عند تمثيل الأحماض الدهنية فعلى ذلك لابد من تحول الرابطة بين الذرتين ٣ و ٤ من الوضع cis إلى trans ويقوم بذلك إنزيم cis-trans isomerase حيث يتغير وضع الرابطة من cis إلى trans بين ذرة الكربون ٢-٣.

يحدث مرتين اكسدة في الوضع بيتا ينفصل في كل مرة جزئ من اسيتيل كو A ويتبقى من أصل الحمض الدهنى ٦ ذرات كربون وتكون الرابطة الزوجية في هذه الحالة بين ذرة الكربون ٢-٣ في الوضع cis (الجزء المتبقي).

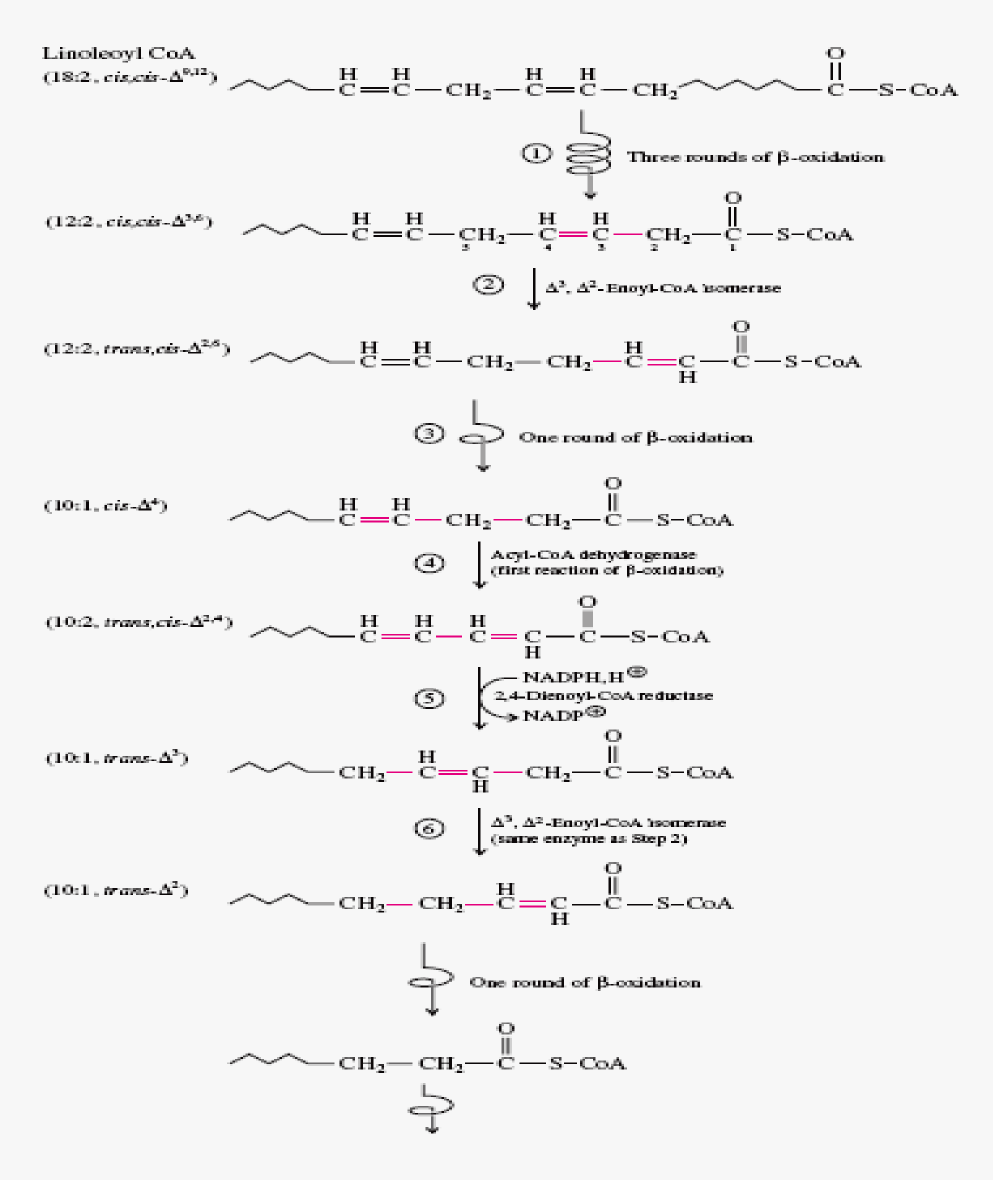
تجري عملية hydration بواسطة إنزيم Hydratase ولكن المشكلة أن مركب β-hydroxy المتكون يكون في الوضع الفراغي D وهي مشكلة الخطوة القادمة حيث يقوم إنزيم Dehydrogenase بنزع H_2 من مركب β-hydroxy في الوضع الفراغي L.

يقوم إنزيم Epimerase بتغير الوضع الفراغي من D إلى المركب β-hydroxy.

تستكمل عملية الاكسدة في الوضع بيتا كما في الأحماض المشبعة للجزء المتبقي من الحمض، ولما كانت نسبة الأحماض الدهنية الغير مشبعة تصل إلى ٤٠% من الدهون المخزنة في الجسم فهذا يوضح اهمية انزيمات cis-trans isomerase وكذلك إنزيم Epimerase في تمثيل الأحماض الدهنية غير المشبعة.



عدد من الاحماض الدهنية غير المشبعة وطويلة السلسلة ذات عدد ذرات الكربون ٢٠ و ٢٢ .



المقارنة بين الطاقة الناتجة من الجلوكوز والأحماض الدهنية:

فعلى سبيل المثال المقارنة بين الطاقة الناتجة من الجلوكوز وحامض الاستيارك C18:0. عند المقارنة بين كمية الطاقة الناتجة من هدم جزئ من حامض

دهنى مثل الاستياريك C18:0 وجزئ من الجلوكوز C6 نجاد أن كمية الطاقة الناتجة من هدم مول واحد من الجلوكوز تساوى ٣٨ جزئ ATP بينما الاستياريك ينتج ١٤٦ أي يكافئ ٣ جزيئات من الجلوكوز. كمية الطاقة الناتجة من هدم ثلاث جزيئات من الجلوكوز 18 C تساوى (٣ × ٣٨) أي ١١٤ مول ATP ونفس عدد ذرات الكربون للحمض الدهنى (C18:0) ينتج ١٤٦ جزئ وعلى هذا تكون كمية الطاقة الناتجة بواسطة الليبيدات اعلى من الكربوهيدات حتى عند تساوى نفس ذرات الكربون، مع الاخذ في الاعتبار جزيئات الماء المنتجة من هدم المواد الدهنية Metabolic water والتى قد تعتبر مصدر من مصادر المياه لبعض الحيوانات في البيئة الصحراوية، فمثلًا تقوم الجمال بتخزين الدهون في اماكن معينة اعلى الظهر (السنام Humps) لتكون مصدر للطاقة والماء في نفس الوقت خلال الرحلات الصحراوية. وكذلك حيوان Kangaroo rat يعيش في المناطق الجافة قليلة الماء وجد انه يتغذى على بذور غنية من المصدر الدهنى وتحتوى على نسبة قليلة من الماء لذلك تعتمد على Metabolic water الناتج من هدم المواد الدهنية كمصدر للماء.

التمثيل الغذائي Metabolism:

نسبة Omega-6 إلى Omega-3 في الزيوت مهمة جدًا في تمثيل Prostaglandin وحمض اللينوليك حمض دهنى اوميجا-٦ ويتحول إلى جاما-لينولينك اسيد ثم إلى دى هومو جاما لينوليك اسيد dihomo-gamma-linolenic acid (DHGLA) ويتحول DHGLA إلى حمض ارشيدونك بواسطة إنزيم delta-5-desaturase وحمض الارشيدونك يتحول إلى مركبات الالتهاب inflammatory compounds (2 series prostaglandins and inflammatory leuko trienes) والنواتج النهائية لتمثيل حمض اللينولينك تكون

نواتج(Less inflammatory products (3-series prostaglandins لهذا امداد حمض اللينولينك في الغذاء يمكن من زيادة EPA في الجسم ويقلل الالتهاب inflammation.

التأثير Actions:

أحماض اوميجا-٣ مثل EPA (eicosapentanenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid) وهي مكونات زيت السمك والتى تعمل anti-inflammatory agents وهذه تكون مفيدة في حالات an autoimmune disorders or arthritis

وأحماض اوميجا-٣ يحل محل 2-series fatty acids طول الوقت ولهذا التنبيه الخلوى ellular stimulation ينتج 3-series prostaglandins and thromboxanes اكثر من انتاج 2-series thromboxanes التى تسبب التهاب inflammation وتقلل تدفق الدم.

الأحماض الدهنية اوميجا-٣، اوميجا-٦:

الزيوت غير المشبعة لها فوائد صحية للجسم فهناك مجموعة من الدهون يطلق عليها دهون"اوميجا"وترتبط بنوعية الزيوت غير المشبعة لوجود الروابط غير المشبعة في تركيبها٠

وتوجد زيوت اوميجا-٣ في زيت بذور الكتان (الزيت الحار) وفي الاسماك الدهنية مثل الماكاريل والسلمون والتونة والسردين، وأيضًا في بعض المكسرات مثل عين الجمل وفي بعض الخضروات مثل الرجلة.

وتوجد زيوت اوميجا-٦ في زيت عباد الشمس، السمسم، الذرة ويعتبر زيت الزيتون والسمن النباتى أو المسلى من ضمن - اوميجا-٦ وهي زيوت سائلة.

بطبيعتها ثم تتعرض بعدها لعملية تصنيعية فتتحول إلى صورة نصف صلبة

وتعرف بالسمن أو الزيت المهدرج وبهذه الطريقة يتحول جزء من تركيبها إلى التركيب المشبع دهونًا مشبعة لها تأثير ضار على الصحة ويزيد من نسبة الكوليسترول في الدم ولذلك ينصح دائمًا بالاقلال من تناولها، مع ملاحظة أن المسلى والسمن النباتى تحتويان على دهون مخالفة صحيًا بسبب عملية الهدرجة الصناعية التي تمت بها بعكس الزبد الذي لا يتعرض لهذه الدهون المخالفة مما يجعلها اقل ضررًا منها.

ويتميز زيت الزيتون بتأثيره المخفض على النوعية الضارة من الكوليسترول دون أن يقلل من الكوليسترول المفيد للجسم وهي صفة يتميز بها عن جميع الزيوت الاخرى التي تقلل من الكوليسترول الضار والمفيد أيضًا ومن المعروف أن الفائدة الصحية للزيت تتوقف على تأثيره على كلا النوعين من الكوليسترول بحيث يقلل من الكوليسترول الضار ويرفع المفيد منه٠

عند التغذية على دهون اوميجا-٣ تتحول إلى مركب يعرف بـ Docosahexaenoic acid (DHA)، وترجع اهمية هذا المكون للجسم في جميع مراحل دورة الحياة انه المكون الرئيسى لنسيج المخ وضرورى في جميع مراحل نمو وتطور المخ بطريقة سليمة، كما تزداد اهميته للجسم في امكانية مساعدته لتفادى بعض المشاكل الصحية مثل ضعف الذاكرة والاكتئاب وغيرها، كما أن حامض Arachidionic acid (AA, C20:4, Omega-6) يلعب دورًا هامًا في مركبات المخ والجهاز العصبى والعين خاصة الشبكية، ويمكن تقسيم الأحماض الدهنية غير المشبعة العديد إلى مجموعتين:اوميجا-٣، اوميجا-٦ ويشير الرقم ٣، ٦ إلى موضع اول رابطة زوجية في سلسلة الكربون من مجموعة المثيل.

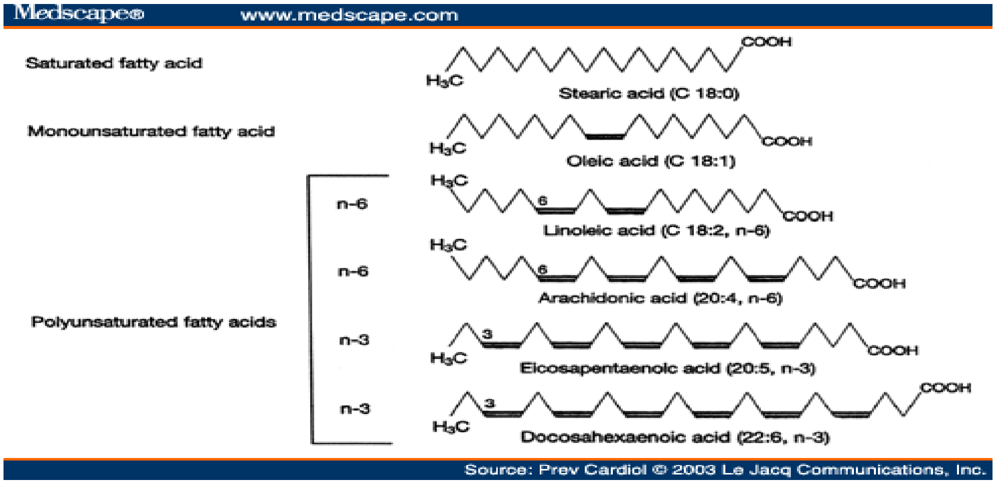
وتحدث العمليات الحيوية التي تعمل على تحويل الأحماض الدهنية من صورة إلى صورة اخرى، ولكن لا يتم تحويل اوميجا-٣ إلى اوميجا-٦ أو العكس، وتوجد اوميجا-٦ في الغذاء في حمض اللينولينك وجسم الانسان غير قادر على تكوين

حمض اللينولينك أو حمض الالفا لينولينك داخل الجسم لذا يجب الحصول عليها من الغذاء وتسمى الأحماض الدهنية الضرورية Essential Fatty Acids.

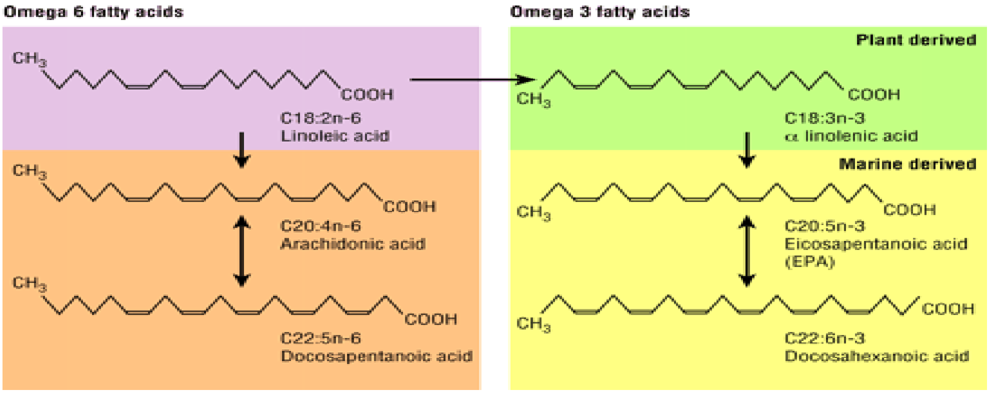
يتم تخليق الارشيدونك من اللينولينك والدوكوساهكسانويك من حمض الفا لينوليك في جسم الانسان بمساعدة انزيمات Desaturase & Elongase Enzymes.

Type of unsaturated fatty acids (٣١) جدول رقم

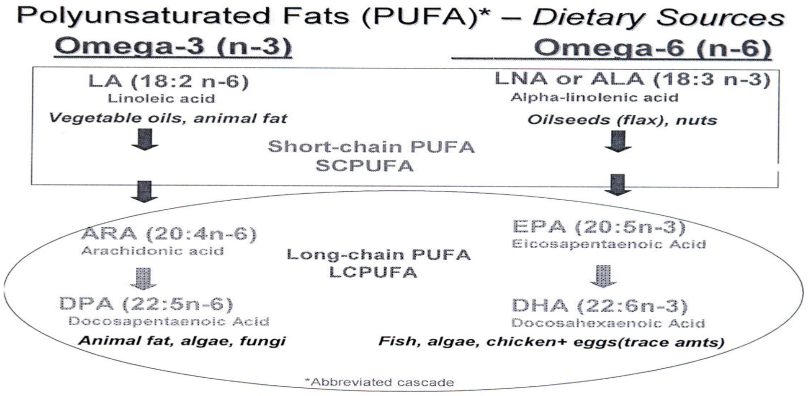
Family name	Common name	Sources
Omega 9	Oleic acid	Canola oil, Peanut oil, avocado, animal products
Omega 6	Linoleic acid	Corn oil, Sunflower oil, Safflower oil, Soybean oil, animal products
Omega 3	Alpha-linolenic acid Eiosapentaenoic acid Docosahexainoic acid	Canola oil, soybean oil, some nuts oil, flax seed oil Fish oil Fish oil

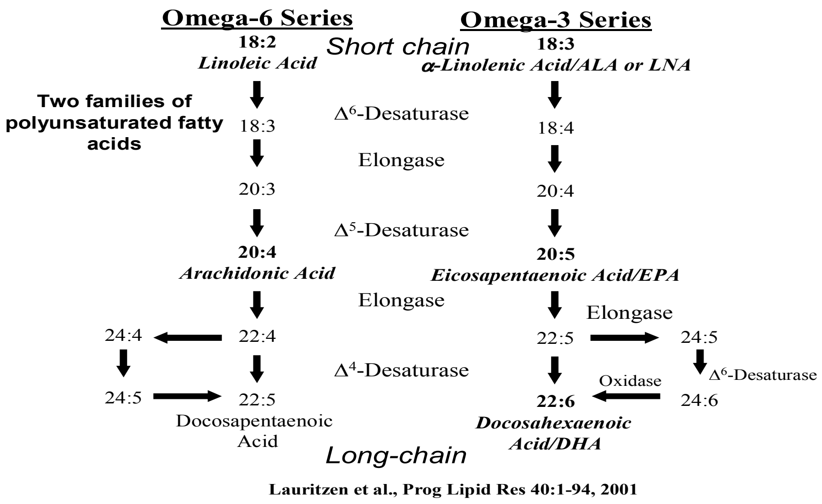


Conversion of Unsaturated Fatty Acids…


Omega 6 fatty acids
Omega 3 fatty acids
Plant derived
CH3
COOH
C18:2n-6
Linoleic acid
C18:3n-3
α linolenic acid
Marine derived
C20:4n-6
Arachidonic acid
C20:5n-3
Eicosapentanoic acid (EPA)
C22:5n-6
Docosapentanoic acid
C22:6n-3
Docosahexanoic acid

Human


Polyunsaturated Fats (PUFA)* – Dietary Sources
Omega-3 (n-3)
Omega-6 (n-6)
LA (18:2 n-6)
Linoleic acid
Vegetable oils, animal fat
LNA or ALA (18:3 n-3)
Alpha-linolenic acid
Oilseeds (flax), nuts
Short-chain PUFA
SCPUFA
ARA (20:4n-6)
Arachidonic acid
Long-chain PUFA
LCPUFA
EPA (20:5n-3)
Eicosapentaenoic Acid
DPA (22:5n-6)
Docosapentaenoic Acid
Animal fat, algae, fungi
DHA (22:6n-3)
Docosahexaenoic Acid
Fish, algae, chicken+ eggs(trace amts)
*Abbreviated cascade



Essential fatty acids:

omega-3

The parent fatty acid of the omega-3 series is alpha-linolenic acid (ALA)

ALA- humans can synthesize eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) from ALA

Sources: flaxseed oil, soybean oil and canola oil, nuts, seafish – salmon, herring, sardine, tuna

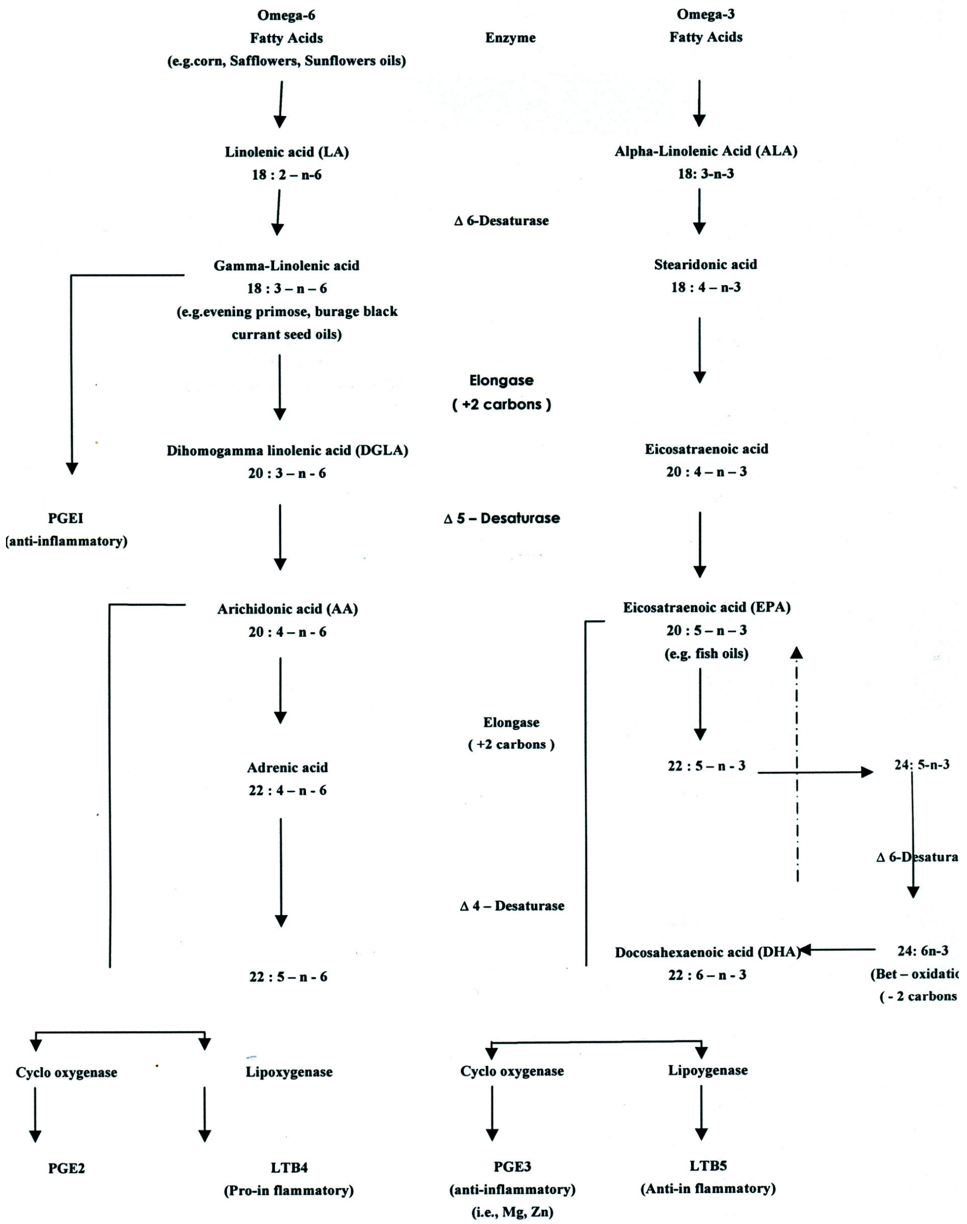
omega-6

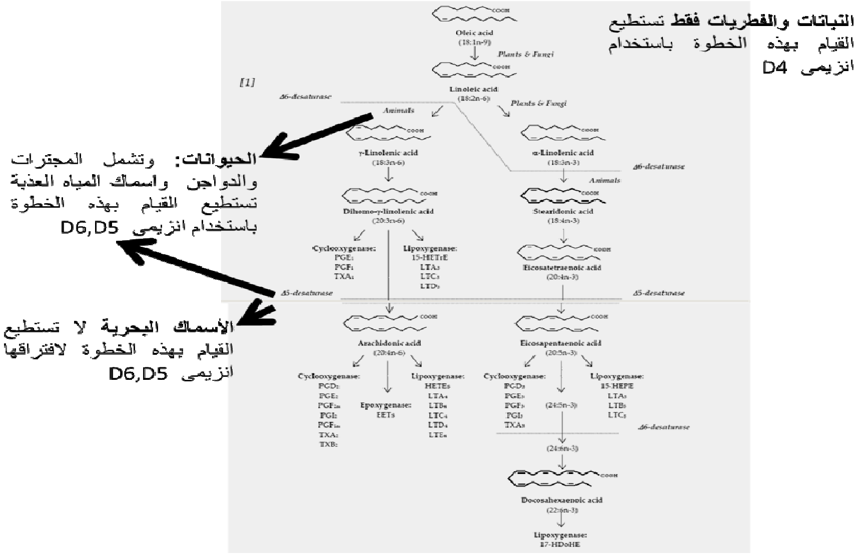
The parent fatty acid of the omega-6 series is linoleic acid (LA).

LA - humans can synthesize dihomo-gamma-linolenic acid (DGLA) and arachidonic acid (AA) from LA

Sources: olive and sunflower oils, sesame, pecans, pine nuts, freshwater fish – carp, trout, catfish.

التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية اوميجا ٣، ٦ Metabolic pathways of the Omega-3 and Omega-6 fatty acids:



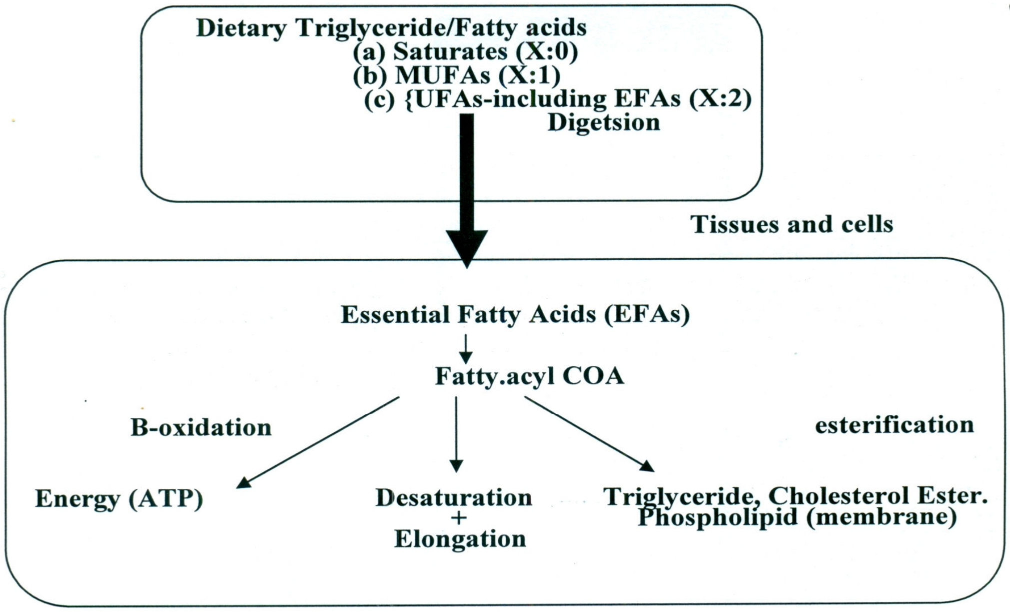


التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية اوميجا ٣، ٦ ونسبة الاوميجا ٣: الاوميجا ٦
Metabolism of Omega-6 and Omega-3 fatty acids and the omega-6:Omega-3 ratio:

توضح التفاعلات التالية رؤية لمعدل التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية الأساسية EFAs عند استهلاكها في العليقة، عندما تستهلك الأحماض الدهنية غير المشبعة PUFAs n-6 , n-3 في صورة جلسريدات ثلاثية في العليقة من مصادر مختلفة للغذاء وتهضم في الامعاء الدقيقة التي تسمح بامتصاصها ونقلها في الدم ثم تتوالى عمليات التمثيل والامتصاص خلال الانسجة في الجسم (تشمل المخ – الرتينا (الشبكية)– القلب وانسجة اخرى)، وقد يحدث عملية اكسدة في الوضع بيتا للأحماض الدهنية الأساسية في الخلايا لمد الخلايا بالطاقة في صورة ATP للأحماض الدهنية الاكثر شيوعًا واحادية التكافؤ والأحماض الدهنية المشبعة الاحادية Monounsaturated fatty acids MUFAs والأحماض الدهنية من نوعية

trans التي قد توجد في العليقة، وقد تحدث عملية استرة للأحماض الدهنية الأساسية في ليبيدات الخلايا المحتوية جلسريدات ثلاثية واستر الكوليسترول والفوسفوليبيدات، والأحماض الدهنية الأساسية التي تمثل إلى صور جليسريدات ثلاثية تخزن غالبًا حتى يتم الإحتياج لها للتمثيل والاداء التالى، وكذلك تنطلق الأحماض الدهنية الأساسية من صور الجلسريدات الثلاثية المخزنة خلال عمليات التحلل المائى والانزيمى، وأيضًا يتم التخزين للأحماض الدهنية الأساسية اضطراريًا على صورة استرات الأحماض الدهنية في الكوليسترول (استر الكوليسترول) وقد تنطلق EFAs من استر الكوليسترول وتستخدم للتمثيل التالى كما هي.

EFAs التي تمثل إلى الفوسفوليبيدات هامة جدًا في الاداء البنائى لكل من الأحماض الدهنية من نوعية Omega-6 and Omega-3 حيث انها صور الغشاء الخلوى (كفوسفوليبيدات) لحفظ التركيب العام والاداء الحساس الحرج للأغشية الخلوية داخل الجسم.



وأخيراً توجد EFAs في الغذاء كحامض لينوليك (LA) وأيضًا الفا – لينوليك (ALA) وتنشط إلى صور عالية الطاقة تعرف Fatty-acyl COA التي تعمل على تحويل هذه PUEAs الغذاء إلى نواتج غير مشبعة عديدة وذات سلسلة طويلة وذلك بسلسلة من عمليات عدم التشبع وتفاعلات طويلة نشطة خاصة في الكبد ولمدى قليل في الانسجة الاخرى.

ويتضح مما سبق أن بعض الأحماض الدهنية التي تظهر في الخلايا والانسجة خلال جسم الانسان تأتى مباشرة من مصادر غذائية أو من خلال التكوين الداخلى في الجسم Endogenous synthesis والجدول التالى يبين مصادر اهم الأحماض الدهنية الموجودة فسيولوجيًا في جسم الانسان.

جدول رقم (٣٢) Sources of major physiologically-occurring fatty acids (in human body)

Physiological Fatty Acids(s)	Dietary Source	Endogenous (in-body) synthesis
A) Saturates		
16:0	Yes	Yes (de-novo)
18:0	Yes	Yes (elongation from 16:0)
B) Monounsaturates (MUFAs)		
cis-18:1 n-9	Yes	Yes (desaturation of 18:0)
Trans – 18:1	Yes	No
C) Polyunsaturates (PUFAs)		
18:2n-6, LA	Yes	No
18:3n-3, ALA	Yes	No
20:4n-6, AA	Yes	Yes*
20:5n-3, EPA	Yes	Yes**
22:6n-3, DHA	Yes	Yes**

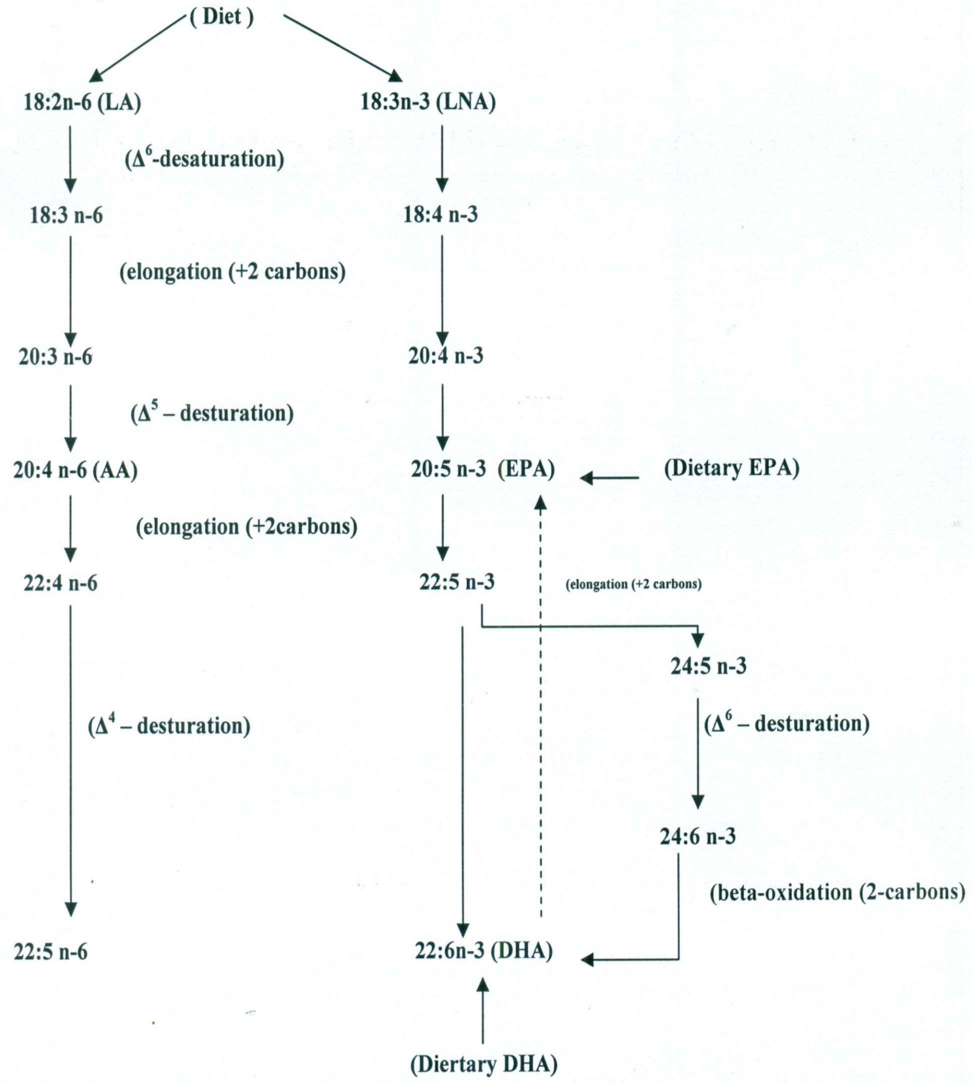
* Requires metabolic precursor (LA) to be present

**Requires metabolic precursor (ALA) to be present (Limiated conversion from ALA to EPA+DHA)

يتضح من الجدول أن الأحماض الدهنية المشبعة (مثال 18:0 حامض دهنى مشبع ذات ١٨ كربون في سلسلة طويلة دون وجود رابطة زوجية) ممكن أن تتكون في الجسم من وحدتين كربون تعرف بالاستات (acetyl-COA in its active cellular form)، بالاضافة إلى الأحماض الدهنية المشبعة تأتى من مصادر غذائية وممكن أن تمثل بتفاعلات عدم التشبع (ادخال رابطة زوجية انزيميًا) لتحويلها إلى أحماض دهنية احادية عدم التشبع (18.1 مع رابطة زوجية واحدة في الجزئى والتى تحدد في موقع 9-2 المجاور لذرة الكربون التاسع من مجموعة المثيل النهائية). ومن الجدول أيضًا ALA , LA في الجسم ممكن تأتى فقط من مصادر غذائية حيث يخلو جسم الانسان من القدرة الانزيمية لتكوين هذين الحامضين.

وعلى النقيض فأن الخلايا النباتية لها الميكانيكية الانزيمية لتكوين ALA , LA مثل كثير من النباتات تأتى الزيوت النباتية كمصادر متوفرة غنية لكلا ((20:4 n-6 ALA , LA وتوجد بكميات صغيرة في المصادر الحيوانية (مثال البيض واللحوم) وممكن أن تتكون بتفاعلات عديدة لعدم التشبع من its precursor وهو LA.

والأحماض الدهنية طويلة السلسلة EPA , DHA , Omega-3 ممكن تكونيها لحد ما في جسم الانسان وممكن استهلاكها في العلائق من مصادر غنية في DHA/EPA مثل السمك وزيت السمك أو الأغذية المدعمة بالأحماض الدهنية الهامة Omega 3 FA.



Desaturation, elongation, and retroconversion of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids.

ويوضح من التفاعلات خطوات التمثيل (تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة الكربونية) حيث تمثيل ALA(n-3) , AA (20: 4 (n-6) to LA (18:2 n-6)، يتحول تمثيليًا إلى نواتج لها سلسلة طويلة تشمل EPA , DHA (22:6 n-3)

(20:5 n-3) وأيضاً الحامض الدهنى Omega-3 الهام فسيولوجيًا للمخ والاداء البصري.

كما أن ارتفاع نسب تركيز DHA , EPA في جسم الانسان (خلايا وانسجة) والتى يمكن أن تأتى من الاستهلاك المباشر لهما في الغذاء، وعلى النقيض يوجد LA بمستويات معقولة في معظم الليبيدات الخلوية (خاصة فوسفوليبيدات الاغشية) خلال مختلف الانسجة والخلايا، فان ALA لايتراكم عادة بتركيزات عالية في الدهون والفوسفوليبيدات الخلوية أو في الانسجة حتى عندما يتناولها الانسان بمستويات عالية نسبيًا في غذائه، وهذا راجع جزئيًا إلى حقيقة أن زيادة ALA المستهلكة في الغذاء يحدث لها Beta oxidation في الميتوكوندريا وكمية محدودة ALA فقط تتاح لعملية تحويل محدودة جدًا إلى EPA + DHA، وأيضًا الحامض الدهنى DHA له جهد فعال في بعض عمليات التمثيل العكسية (اعادة التحويل) إلى EPA بعض التعقيب على ما يسمى نسبة Omega 6:Omega 3 والتى تشير إلى عمومية مفهوم تسويق مختلف الاضافات الغذائية التي يحتاج اليها الانسان، أن مفهوم Omega 6:Omega 3 concept ينشأ مبدئيًا في تجارب القوارض المبكرة حيث المستويات العالية لحمض دهنى LA (Omega-6) في الغذاء تؤدى إلى توقف جزئى لكفاءة عملية التحويل لحمض دهنى ALA في الغذاء إلى EPA + DHA في الجسم، وكذلك يمثل LA , ALA إلى نواتجهم التمثيلية خلال الانظمة الانزيمية العامة تشمل (Initial delta-6 desturation).

وتوضح الدراسات المبكرة أن استخدام مستويات عالية من Dietary LA (n-6) قياسًا إلى ALA(n-3) يسبب ارتفاع كبير لنسب Omega -6:Omega -3 ratio وينتج عن ذلك زيادة بسيطة في مستويات DHA / EPA في الانسجة وذلك يرجع إلى التأثير المثبط التنافس لحمض LA and ALA عند مستوى تفاعل عدم التشبع

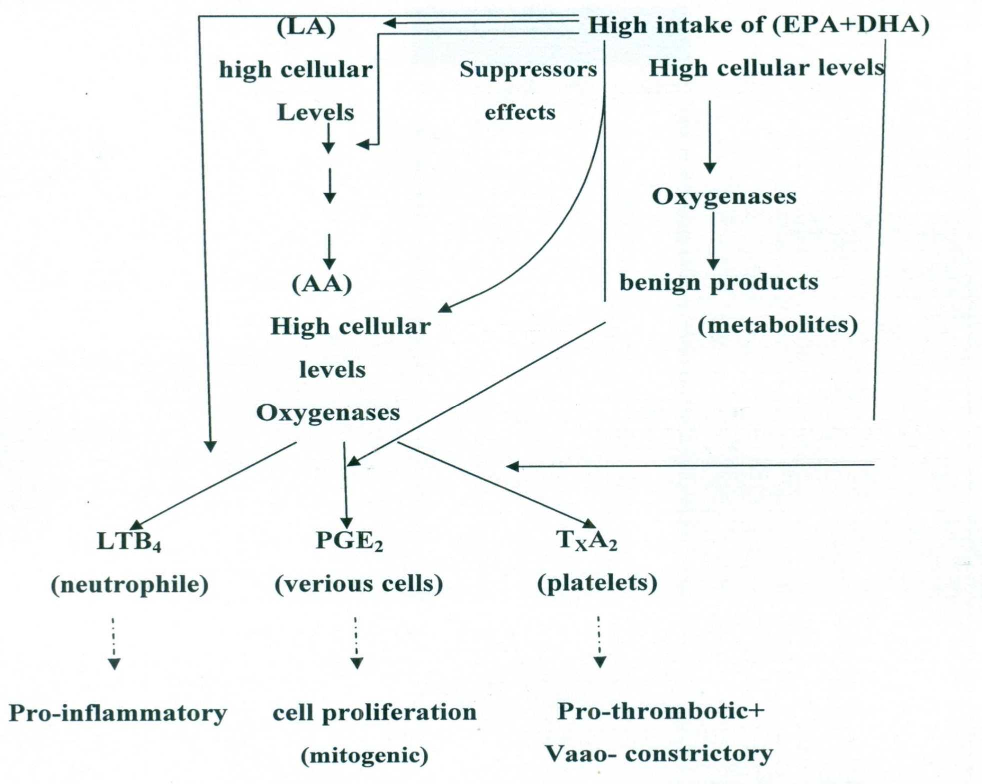
الابتدائى، وبالتالى فان انخفاض نسبOmega-6:Omega-3 تؤدى إلى تحسن كفاءة تحويل ALA إلى DHA / EPA لحد ما مقارنة بالنسب العالية Omega-6:Omega-3 حتى عندما تثبت كميه ALA بنفس الكمية.

وتتأثر هذه التجارب بالتوصيات المتتالية مثال التي تصدر من Healt and Welfare Canada (1990) والتى اوصت بضرورة المحاولة لتقليل نسب Omega-6:Omega-3 في غذاء الانسان الكندى حوالي نسبة ١٠:١ إلى ٤:١.

وقد اظهرت الدراسات المتتالية أن تخفيض LA (n-6):ALA (n-3) من المستويات العالية (مثال ٢٧:١ إلى ٣:١) تسمح بتحسن متوسط لحد ما في كفاءة عملية تحويل ALA إلى EPA تظهر عند متوسط المستويات العالية من EPA في عينات الدم المأخوذة من اشخاص تعاطوا نسب مختلفة من n-6:n-3 وكميات مختلفة من ALA، لهذا فان الاستهلاك العالى من ALA ونسب منخفضة جدًا من LA:ALA تعتبر أحدى الاستيراتجيات لتحسن عملية التحويل ALA to EPA خلال تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة، واظهرت دراسات عديدة والتى خفضت فيها نسب (LA:ALA) n-6:n-3 لم يرتفع DHA معنويًا مع النسب المنخفضة أو حتى مع الاستهلاك العالى من ALA رغمًا عن الارتفاع المتوسط في EPA كما هو مذكور سابقًا، اكثر من ذلك فان الاستهلاك المباشر من Pre-formed DHA and EPA يعطى كفاءة عالية لارتفاع هذه الأحماض الدهنية Omega-3 طويلة السلسلة الهامة في الخلايا والانسجة اعتمادًا على أن نسب LA:ALA المنخفض اصبحت محل تساؤل حيث تزويد الجسم بأحماضDHA plus EPA لا تعتمد على تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة لهذه الزيادة، عمومًا مفهوم The omega-6:Omega-3 concept على أساس أن الدراسات تركز على نسب LA:ALA بمفردها وهذه تحتاج إلى اعتبار أن الوضع الغذائي الصحى The context of dietary / health

situations هو الاستهلاك المباشر DHA + EPA في حالتها السابقة in their preformed state.

منتج The omega-6 product من تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة لحمض LA هو حمض دهنى اراشيدونك Arachidonic acid (AA, 20: 4 n-6) ويتراكم لتركيزات عالية جدًا في متنوع واسع من انسجة وخلايا جسم الانسان، بينما مستويات قليلة من AA في الجسم لها دور هام جدًا مثل عمليات التناسل واخرى، وتعتبر زيادة مستويات عالية من AA مشكلة فيها جدال في تطور بعض حالات الصحة المزمنه Some chronic health aonditions.



Oxygenase-derived metabolites (eicosanoids) from AA (2-6)

يتضح من التفاعلات أن حامض AA ممكن أن تمثل بانزيمات اكسجينيز مختلفة (تتضمن انظمة سيكلو اكسجينيز والليبوكسيجينيز) لتكوين عائلة نواتج مختلفة تعرف Eicosanoids، Prostaglandins، Leukotrines، Thromboxanes.

ممكن تحويل AA إلى كرات الدم البيضاء neutrophils (white blood cells) لإنتاج (LTB4) Leukotriene-B والذي يعتبر a pro-inflammatory eicosanoid مصاحبًا للحالات المزمنة مثل: rheumatoid arthritis, psoriasis of the skin, and inflammatory gastrointestinal disorders. في هذه الخلايا والانسجة، حامض AA يتحول إلى صورة The prostaglandin ويعرف Prostaglandin-E 2 (PGE2) والتى تصاحب تحسين enhanced cell proliferation, mitogenesis , and possibly cancer promotion في صفائح الدم الدورية، حمض AA يتحول إلى Thromboxine-A2 (TXA2) والتى تعرف a-pro-thrombotic and vaso-constrictory eicosanoid والتى تلعب دور هام في thrombus formation والتى تصاحب بالازمة القلبية Fatal or non-fatal myocardial infractions (heart attacks).

والاستهلاك العالي من EPA + DHA في الغذاء مثل السمك أو زيت السمك يسمح باحلال جزئى (تقليل) AA في الانظمة الخلوية السابق ذكرها the aforementioned cellular systems وبالتالي تقليل كمية AA المتاحة لإنتاج المركبات الوسطية the metabolites التي تصاحب بمختلف الازمات المزمنة السابق ذكرها various chronic disorders، اكثر من ذلك عند وجود EPA plus DHA كبديل أو احلال PUFAs لحمض AA في أغشية الخلايا ممكن أن تثبط كفاءة تحويل AA إلى TXA2, PEG2, LTB4 على التعاقب.

أخيرًا النواتج الانزيمية EPA plus DHA (خلال نشاط الاكسجينيز) لا تظهر

تأثيرات ضارة وعلى النقيض لهذه المركبات الناتجة من AA (خلال نفس المسارات الانزيمية).

نموذج محتوى الأحماض الدهنية لبذور الكتان Fatty acid profile of flaxseed:

تحتوي بذور الكتان مخلوط من الأحماض الدهنية، فهي عالية في الأحماض الدهنية غير المشبعة العديدة (٧٣%) ومحتوى متوسط في الأحماض الدهنية غير المشبعة احادية (١٨%) ومحتوى قليل من الأحماض الدهنية المشبعة (٩%)، ومحتوى الدهن المشبع في بذور الكتان يماثل المحتوى الموجود في الكانولا.

وتتميز بذور الكتان بأنها مصدر نباتى غنى لحمض الفا – لينوليك (ALA) الحامض الدهنى الضرورى في غذاء الانسان وهو أصل عائلة الأحماض الدهنية اوميجا -٣ (The parent FA of the omega-3)، يتحول ALA إلى حامضين دهنين أساسيين طويلى السلسلة هما eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) في سلسلة تفاعلات انزيمية.

حامض ALA ينظم modulate تكوين eicosanoid، وتركيزه في لبن الام يزيد عن تركيز DHA وبالتالى يقترح احتياجات خاصة بحامض ALA للأطفال الرضع.

نسبة الأحماض الدهنية اوميجا -٦ / واوميجا ٣ في بذور الكتان:

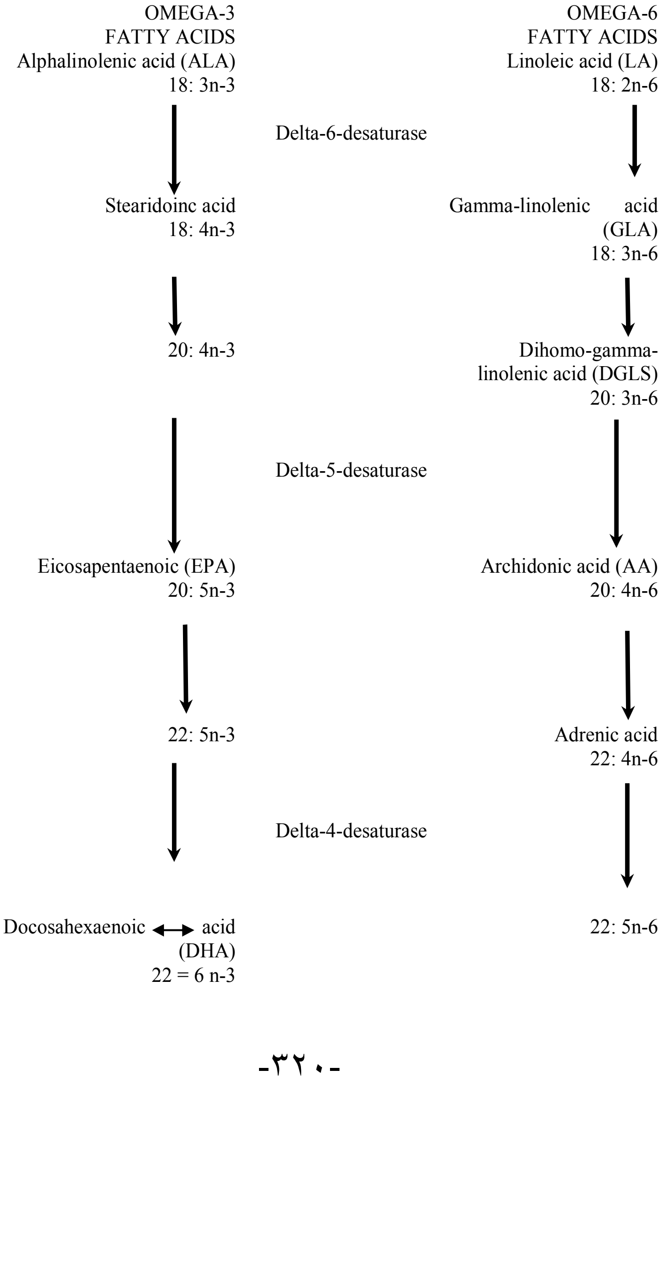
Omega-6 / Omega-3 fatty acid ratio of flaxseed

محتوى ALA حوالي ٥٧% من مجموع الأحماض الدهنية في بذور الكتان ويمثل أحماض دهنية اوميجا -٦ حوالي ١٦% مما يجعل النسبة بين اوميجا٦/ اوميجا٣= ٠,٣ :١% وحيث أن الأغذية الغربية عالية في محتوى حمض الللينولينك ومنخفض في الأحماض الدهنية اوميجا-٣ اوصى بعض الخبراء احلال الأحماض

اوميجا-٦ بأحماض عائلة اوميجا-٣.

استهلاك بذور الكتان أو الأغذية غنية في ALA مثل البيض المعدم والغنى بأوميجا-٣ من دجاج يتغذى على بذور الكتان يزيد استهلاك أحماض دهنية اوميجا-٣. وهذا يحسن نسبة اوميجا-٦:اوميجا-٣ في الغذاء.

Metabolic pathways of the omega-3 and omega-6 fatty acids



العائلات الكبرى للأحماض الدهنية غير المشبعة

Major families of unsaturated fatty acids:

هناك أربعة عائلات رئيسية للأحماض الدهنية غير المشبعة.

جدول رقم (٣٣): Namenclature of Major Families of Unsaturated Fatty Acids [a]

Parent compound	Number of Double Bonds	Family Name [b]	Structural Abbreviations [c]
Oleic acid	One	Omega-9 (ω-9)	18:1 n-9 or 18: 1 ω-9
Palmitoleic acid	One	Omega-7 (ω-7)	16:1 n-7 or 16: 1 ω-7
Lenoleic acid	Two	Omega-6 (ω-6)	18:2 n-6 or 18: 2 ω-6
Alpha-linolenic acid [d]	Three	Omega-3 (ω-3)	18:3 n-3 or 18: 3 ω-3

[a] Adapted from Vaisey-Genser M. In: Flaxseed: Health, Nutrition and Functionality. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 1994, P. 11.

[b] The Family name denotes the positions of the First double bond as the number of carbon atoms from the methyl end of the fatty acid chain.

[c] Number of carbon atoms: number of double bonds (fatty acid family).

[d] Also designated α-Linolenic acid, Alpha-Linolenic acid id distinct from gamma linolenic acid [Linolenic acid (18:3n-6)] which is an interned in the omega-6 metabolic pathway and is a major component of evening primrose, borage and black currant oils.

– حمض أوليك Oleic acid:

هو أكثر حمض دهني أحادي في الطبيعة وممكن تكوينه في الجسم من حمض الاستياريك (18:0) في الغذاء.

– حمض بالميتو أوليك Palmitoleic acid:

ممكن تكوينه من حمض بالمتيك (16:0) في الغذاء.

أحماض الاوليك أو بالميتاوليك ليست أحماض أساسية في تغذية الانسان لان كلاهما يتكون من مركبات غذائية dietary precursors، بينما الأحماض الدهنية التي يحتاجها الانسان في غذائه وذلك لأن الجسم لا يستطيع تكوينه من مركبات غذائية وهما:

- **الفا لينوليك اسيد:Alpha-linolenic acid**

هو المركب الاصلى لعائلة الأحماض الدهنية اوميجا-٣، حمض اللينوليك والذي يعتبر المركب الأصلى لعائلة أحماض اوميجا-٦.

- **حمض ارشيدونك Archidonic acid:**

يعتبر المركب الوسطى لحمض اللينوليك هو الحامض الدهنى الأساسى فقط عند حدوث نقص في محتوى حمض اللينولينك.

عدم التشبع وطول السلسلة Desaturation and elongation:

يتحول حمض الفا – لينوليك، وحمض اللينوليك إلى مركباتها التمثيلية بالعديد من تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة، عدم التشبع يضيف رابطة زوجية بازالة الهيدروجين بينما طول السلسلة يضيف ذرتين كربون.

الخطوة الأولى في تمثيل كلا من عائلتى الأحماض الدهنية الأساسية هي عدم التشبع وينشط بانزيم Delta-6-desaturase، هذه الخطوة يتبعها طول السلسلة ولهذا عدم التشبع (ينشطه إنزيم Delta-5-desaturase) ثم طول السلسلة وفي النهاية عدم التشبع (ينشطه إنزيم Delta-4-desaturase). وتميل خطوات عدم التشبع للبطء بينما خطوات طول السلسلة سريعة، تركيز الانسجة من جاما – لينوليك اسيد ((GLA) (18:3n-6 وحمض اسيتاريدونيك Stearidonic acid (18: 4n-3) تميل إلى البطء لانها تتكون ببطئ بعدم التشبع ثم بسرعة بتفاعلات طول السلسلة إلى مركبات تمثيلية اخرى.

التنافس بين العائلات Competition between families:

لا تستطيع الثدييات التحويلات الداخلية للأحماض الدهنية اوميجا-٣، اوميجا-٦ ويحتاج تمثيلها نفس انزيمات عدم التشبع ويؤدى ذلك إلى التنافس بين العائلتين فزيادة عائلة واحدة من الأحماض الدهنية ممكن تتداخل مع تمثيل الاخرى، ويقلل ارتباطها في ليبيدات الانسجة ويعدل تأثيراتها البيولوجية.

تمثيل حمض الفا – لينولينك Metabolism of alpha-linolenic acid (ALA):

لحمض ALA في الغذاء مقدارين تمثيلين فهو ممكن أن يحدث له عدم تشبع ويطيل السلسلة إلى مركباته التمثيلية طويلة السلسلة أو يحدث β-oxidation ورغم أن هذه الاكسدة لحمض ALA تحدث في الانسان فان في الحيوان يقترح انه تمثل ALA أو اكسدته β–oxidation قد تساهم معنويًا في انتاج الطاقة.

حوالي ١٥% ALA تتحول إلى EPA، حوإلى ٥% إلى DHA في عملية بطيئة لحد ما في الانسان، تحويل ALA إلى مركباته طويلة السلسلة تتأثر بعوامل غذائية متعددة الغذاء الغني في حمض اللينوليك مثلًا يقلل تحويل ALA بأكثر من ٤٠% وبالنسبة لاستهلاك الام العإلى من حمض اللينوليك يخفض مستويات EPA, DHA في Umbilical plasma ويقترح تقليل تحويل ALA واتاحته أحماض دهنية اوميجا–٣ في تطور ونمو الجنين.

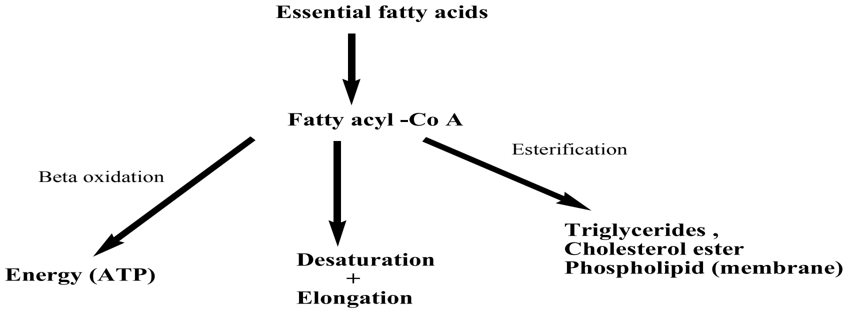
وتتداخل الأحماض الدهنية المشبعة من نوعية trans مع ALA سواء في تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة، وفي الفئران ethanol inhalation ينتج عنها فقد معنوى في Liver DHA مبنيًا تقليل تحويل ALA.

ممكن تحويل DHA بالراجع إلى EPA في تفاعل يسمى retroconversion ويعتقد إنها مسار تمثيلي قليل في الانسان.

تمثيل الأحماض الدهنية الأساسية Metabolism of essential fatty acids:

عند تناول الأحماض الدهنية الأساسية سواء كانت من نوع أوميجا ٣ أو اوميجا ٦ والموجودة في صورة جلسريدات ثلاثية يتم هضمها في الأمعاء الدقيقة، ثم يتم امتصاصها ونقلها إلي تيار الدم وتتوالي عمليات التمثيل والامتصاص خلال أنسجة الجسم المختلفة (مثل خلايا المخ وشبكية العين والقلب)، وقد يحدث لهذه الأحماض أكسدة في الوضع بيتا β-Oxidation كباقي الأحماض الدهنية لتمد الخلايا

بالطاقة اللازمة للقيام بالوظائف الحيوية، وقد تحدث لها عملية استرة ثم تخزن في صورة جلسريدات ثلاثية وهذا المسار هو الأكثر حدوثًا للأحماض الدهنية الأساسية بشكل عام، وبعد ذلك تنطلق الأحماض الدهنية الأساسية من الصورة المخزنة عليها خلال عمليات التحلل الإنزيمي، كما يحدث تخزين للأحماض الدهنية الأساسية في صورة استرات للأحماض الدهنية مع الكولسترول (استرات كولسسترول) والتي قد تنطلق بدورها وتستخدم في التمثيل الغذائي.



شكل رقم (١٤)

وبصفة عامة تمثل الأحماض الدهنية الأساسية الموجودة في الفوسفوليبيدت الصورة الأهم للأحماض الدهنية من نوعي أميجا ٣ وأوميجا ٦ حيث تدخل في تركيب الأغشية الخلوية والتي تحفظ التركيب العام وأداء خلايا الجسم المختلفة.

ويستطيع جسم الأٌنسان تخليق الأحماض الدهنية المشبعة مثل حمض الأستياريك وكذلك يمكن لجسم الإنسان تخليق الأحماض الدهنية غير المشبعة مثل حمض الأوليك الذي يحتوي على رابطة زوجية واحدة على ذرة الكربون رقم ٩ من الطرف الميثيلي.

ولكن لا يوجد داخل جسم الإنسان النظام الإنزيمي القادر على تكوين رابطة زوجية على ذرة الكربون رقم ٣ أو رقم ٦ من الطرف الميثيلي وبالتالي تعتبر الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣ والأوميجا ٦ أحماض دهنية أساسية (لا

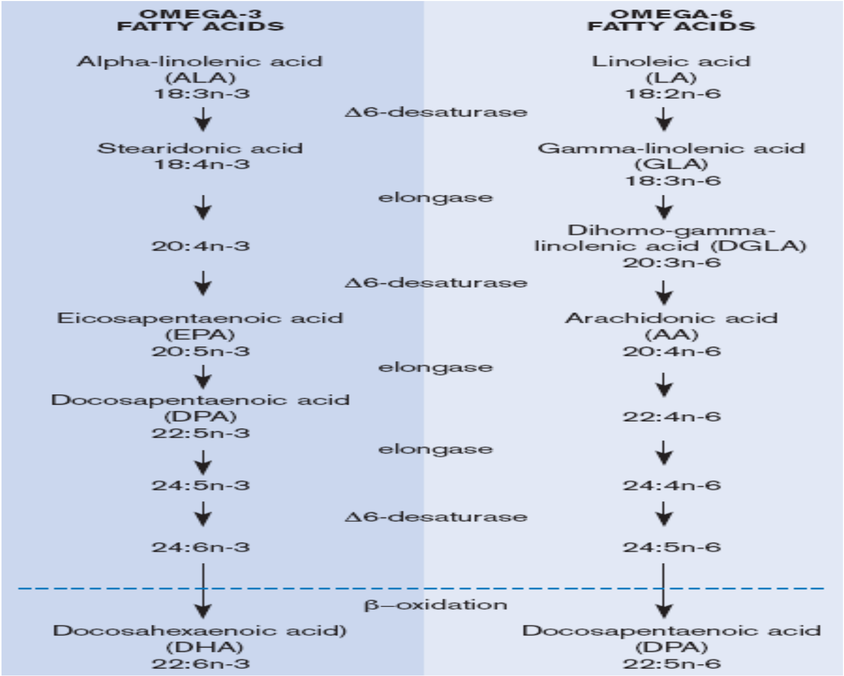
يستطيع الجسم تخليقها ولا بد من تناولها في الغذاء) حيث تدخل هذه الأحماض الدهنية في بناء مركبات حيوية هامة مثل البروستاجلاندينات.

ولكن يوجد داخل جسم الإنسان النظم الإنزيمية القادرة على تخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٣ مثل حمضي الإيكوزابنتانويك (EPA) والدوهكسكسانويك (DHA) والأوميجا ٦ مثل الأراشيدونك بشرط توافر الفرد الأول في كل عائلة (اللينوليك بالنسبة للأوميجا ٦ والألفالينولينك بالنسبة للأوميجا ٣ ولذلك فيعتبر حمضي اللينوليك والألفالينولينك هما الحمضان الدهنيان الأساسيان بالنسبة للإنسان.

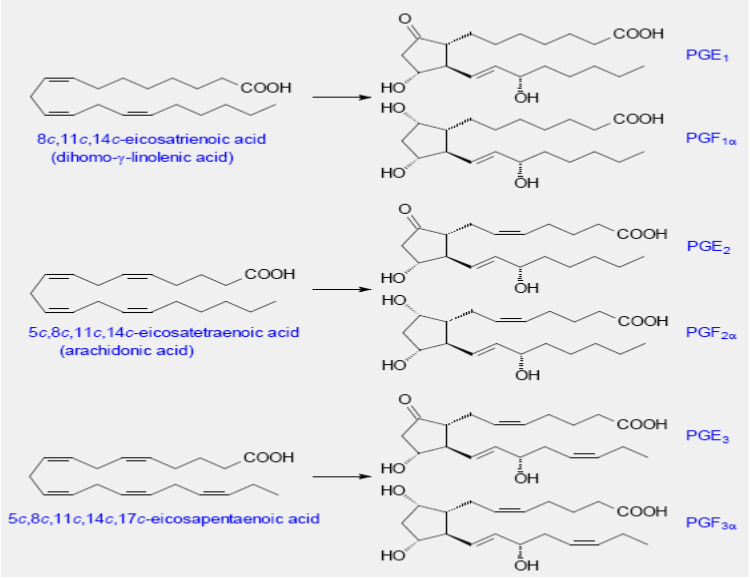
وعلى النقيض من ذلك فإن الخلايا النباتية تحتوي النظم الإنزيمية القادرة على التخليق الحيوي لحمضي اللينوليك والألفالينولينك، لذا فالزيوت النباتية غنية بهذين النوعين من الأحماض الدهنية الأساسية.

والشكل التالي يوضح عمليات التمثيل الغذائي المختلفة للحامضين الدهنيين الأساسين داخل جسم الانسان من خلال عمليات إطالة السلسلة الكربونية (Elongation) وعمليات تكوين روابط زوجية (Desaturation)

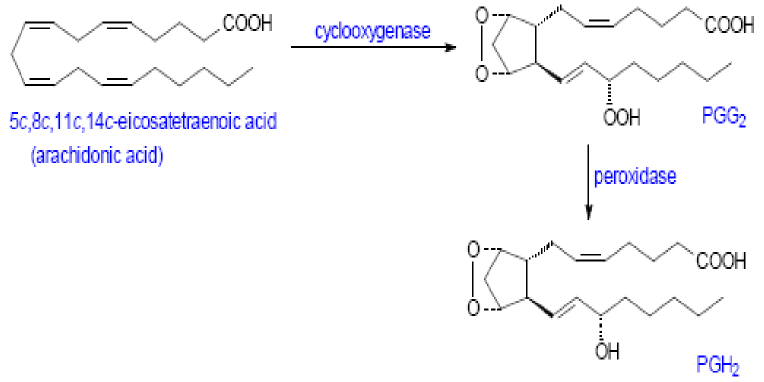
وبمساعدة انزيمات Elongase and desaturase.



وتدخل الأحماض الدهنية الأساسية في تخليق مركبات حيوية هامة تعرف بالبروستجلاندينات Prostaglandin والتي يرمز لها بالرمز (PG) كما يلي:



وتلعب انزيمات السيكلوأوكسجينيز Cyclooxygenase والبيرأوكسيديز Peroxidase دورا هاما في تخليق البروستاجلاندين من حمض الأراشيدونك كما توضح ذلك المعادلة التالية:



وتتواجد الأحماض الدهنية الأعلي من عائلة الأوميجا ٣ مثل حمضي EPA , DHA بتركيزات عالية في فوسفوليبيدات الأغشية الخلوية في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة ويكون مصدرها إما التخليق الحيوي من حمض الألفالينولينك أو من الاستهلاك المباشر من الأغذية الغنية بهذين الحمضين (EPA, DHA) مثل أسماك المناطق الباردة خاصة التونة والماكريل والرنجة.

أما حمض اللينوليك فيوجد بمستويات معقولة في معظم الليبيدات الخلوية (خاصة فوسفوليبيدات الأغشية) في أنسجة الجسم المختلفة.

وبالنسبة لحمض الألفالينولينك فهو لا يتراكم عادة بتركيزات عالية في الدهون والفوسفوليبيدات الخلوية حتى عندما يتناوله الإنسان بنسب عالية من خلال غذاؤه ويرجع ذلك إلى حدوث الأكسدة بيتا في الميتوكندريا لمعظم كمية الحمض، وتظل كمية محدودة جدا يحدث لها تحويل إلى حمضي EPA , DHA.

وبالنسبة لحمض الأراشيدونك (AA) فهو منتج من عمليات التمثيل الغذائي لحمض اللينوليك ويحدث تراكم لهذا الحمض بتركيزات عالية في أنسجة وخلايا

الجسم المختلفة، بينما يحتاج الجسم مستويات منخفضة من حمض اللينوليك حيث تلعب دورا هاما في عمليات التناسل وبعض العمليات الحيوية الأخري.

نسبة الأوميجا ٦: الأوميجا ٣ Omega 6:Omega 3 ratio

بدأت الإشارة إلى هذه النسبة بداية من خلال التجارب التي أُجريت على القوارض التي عوملت بعلائق غذائية تحتوي على مستويات عالية من حمض اللينوليك (أوميجا ٦) والتي لوحظ فيها انخفاض كفأة تحويل الحمض الدهني الألفالينولينك إلى الأحماض الأعلى EPA , DHA.

وقد أشارت الأبحاث إلى ارتفاع نسبة الأوميجا ٦: الأوميجا ٣ والتي صاحبها انخفاض ملحوظ في مستويات حمضي EPA , DHA، ويرجع ذلك إلى أن وجود حمض اللينوليك يعمل كمثبط منافس لحمض الألفالينولينك بالنسبة لإنزيمات delta -6 desaturase، واثبتت الأبحاث أن خفض نسبة الأوميجا ٦:الأوميجا ٣ حسن مستويات EPA , DHA حتى مع تثبيت كمية حمض الألفالينولينك.

وقد أظهرت الدراسات المتتالية أن خفض هذه النسبة من ٢٧:١ إلى ٣:١ أدت إلي تحسن ملحوظ في كفاءة تحويل حمض الألفالينولينك إلى حمضي EPA , DHA.

وبصفة عامة بقصد بالنسبة بين الأوميجا ٦: الأوميجا ٣ النسبة بين حمضي اللينوليك:الألفالينولينك، حيث يمكن أن يتناول الإنسان أحماض أخري من الأوميجا ٣ بشكل مباشر مثل حمضي EPA , DHA من مصادر غذائية.

أهمية التغذية على البيض المدعم بالأوميجا ٣:

وجد أن كل بيضة من هذا النوع تمد الجسم بحوالي ٤٠% من احتياجات الإنسان من الأوميجا ٣.

وجد أن تناول هذا البيض يزيد من نسبة الأوميجا ٣ في لبن الأم حيث أن له دورا هاما في نمو خلايا المخ للأجنة خاصة في الستة شهور الأولي.

تعمل التغذية عليه على تقليل فرصة التعرض لسرطان الجلد كما انه مفيد جدا لمرض القلب وتصلب الشرايين وضغط الدم والنقرس.

يعمل هذا البيض على رفع نسبة الكولسترول الحميد HDL-cholesterol ويوصي بتناول بيضتين يوميا من هذا النوع من البيض الغني بالأوميجا ٣ بعكس البيض العادي الذي ينصح بعدم تناول أكثر من ٤ بيضات أسبوعيا.

رؤية – النظام المناعى The immune system:and over view

تمثل الكائنات الدقيقة والطفيليات والانسان واجسام الحيوانات بيئة مثيرة جدًا ومصدر العناصر الغذائية، وبالتالى نحن نعيش تحت تهديد ثابت من مهاجمة الفيروسات والبكتريا والطفيليات.

ولمحاربة هذا التهديد الخطير فلابد من ثورة في غاية من التعقيد والمرونة وجهاز مناعة قوى.

هذا النظام المناعى عبارة عنه سلاح ذو عاملين سام بيولوجيًا فعال جدًا على ميكانيكية النظام المناعي ممكن أن يدمر ليس فقط الكائنات المدمرة والتى تهدد البيئة ولكن أيضًا انسجة الجسم، وعادة هدم الانسجة والالتهابات تصاحبها إزالة وتدمير التهديد البيولوجي وهذا مقبول ولكنه اداء غير معنوي. والاستجابة المناعية للكائنات الدقيقة تنقسم إلى نظامين:

١- مناعة فطرية طبيعية Innate natural immunity:

وتشمل الحواجز الطبيعية والعوامل الذائبة والخلايا الملتهمة

Physical barriers, soluble factors and phagocytic cells.

والتى تعتبر الخط الدفاعى الأول الفورى ضد الميكروبات الغازية، والمناعة الفطرية لها شفرة في encoded in germline وهي متشابهه جدًا ضمن الافراد العادية، ولا يوجد لها ذاكرة، وتتجه المناعة الفطرية ضد تركيبات الميكروبات الجزئية

الضرورية للحياه الميكروبية والموجودة في أنواع عديدة من الميكروبات، والخلايا الرئيسية للمناعة الفطريةphagocytic macrophages and neutrophils والتى لها مستقبلات الاسطح الخاصة بأسطح جزئيات البكتريا الشائعة، وارتباط هذه المستقبلات تحرر triggers phagocytosis وتهدم الكائنات الدقيقة.

٢- المناعة المكتسبةAdaptive immunity:

هي أداء B-lymphocytes (B-cells) and T-lymphocytes (T-cells) التي لها القدرة على الاستجابة المناعية المكتسبة القوية جدًا وفي نفس الوقت منظمة ومرنة.

وتنشأ الخلايا الليمفاوية lymphates في الـ Bone marrow من خلايا الساق الليمفاوية common lymphoid stem cell، وتتطور وتنضج خلايا B- and T-cells في Bone marrow (bursa) and thymus على الترتيب.

وتدخل الخلايا الناضجة T , B في تيار الدم وتلتصق بمستقبلات متخصصة للخلايا capillary endothelial cells وتهاجر إلى اعضاء peripheral lymphoid organs وتشمل النقط الليمفاوية والطحال والانسجة الليمفاوية The lymph nodes, spleen and lymphoid tissue. ورغم أن المناعة الفطرية غير مرنة ولكنها تمد الجسم بخط الدفاع الأول بسرعة جدًا حتى يبدأ تأثير الاستجابة المناعية المكتسبة. والأنظمة المناعية الفطرية والمكتسبة غير مستقلة والاستجابة المناعية الفطرية من المحتمل أن تؤثر على خصائص الاستجابة المكتسبة والمؤثر على تلك الاستجابة المكتسبة يرتبط مع ميكانيكية المؤثر الفطرى مثل phagocytes.

الأحماض الدهنية والالتهابات والمناعة

Fatty acids, inflammation and immunity:

متوسط استهلاك الفرد البالغ في البلاد الغربية في حدود ٧٥–١٥٠ جرام في اليوم وتمثل هذه النسبة من الدهن حوالي ٣٠–٤٠% من طاقة الغذاء، وترجع أهمية الدهون إلى مكوناتها من الجلسريدات العديدة التي في معظم الأغذية وتشكل أكثر من ٩٥% من دهن الغذاء.

وتلعب الأحماض الدهنية دورًا هامًا في اتزان العديد من الوظائف الحيوية مثل وظائف الخلايا خاصة التي لها علاقة بالمناعة والالتهاب. ويعتبر لنوع الدهن ونظام التغذية دورًا هامًا في تشكيل الاضطرابات ووظائف المناعة. وتميل معدلات الاستهلاك للأحماض الدهنية المشبعة إلى التناقص بينما معدلات استهلاك الأحماض الدهنية غير المشبعة العديدة (PUAFs)، وعند فحص الاشخاص البالغين في المملكة المتحدة عام ١٩٨٦ كان متوسط الأحماض الدهنية المشبعة في الغذاء حوالي ٤٢ جرام والأحماض الدهنية غير المشبعة الاحادية في حدود ٣١ جرام والأحماض الدهنية غير المشبعة العديدة كان المتوسط ١٥.٨ جرام.

ومعدل استهلاك حمض الاراشيدونك يتراوح بين ٥٠–٣٠٠ جرام يوميًا، والأحماض الدهنية DHA , EPA تمثل ٢٠٠–٣٠٠ جرام من كمية الأحماض الدهنية الموجودة في زيت الاسماك وفي حالة غياب زيت السمك يمكن تناول كبسولة تحتوي على ١ جرام زيت سمك وتعطى ٢٠٠–٣٠٠ مللجم من حمض DHA , EPA.

– كل جزئ ثلاثى اكيل جليسرول يتكون من استرات ثلاثة أحماض دهنية مع الجليسرول ولهذا فان الأحماض الدهنية هي المكونات الأساسية لدهن الغذاء. حديثًا أصبح واضحًا أن الأحماض الدهنية خاصة الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع

طويلة السلسلة (PUFAs) هي منظمات هامة للعديد من الوظائف الخلوية متضمنة تلك لتى لها علاقة بالالتهابات والمناعة.

خلال تأثير العديد من الأحماض الدهنية المختلفة على الاستجابة للاداء الخلوى تم فحص النظام المناعى في العديد من دراسات in-vitro وفي انظمة تغذية الحيوان تأثيرات حمض اللينوليك وأحماض n-3 PUFAs الموجودة في زيت السمك تم بحثها وأصبح واضحًا أن نوعية الدهن في الغذاء هو المؤثر الرئيسى للالتهاب والفعل المناعى.

الأحماض الدهنية والنظام المناعى المكتسب:

Fatty acids and the acquired immune system

كمية الدهن في الغذاء وتأثير المناعة المكتسبة:

A mount of fat in the diet and acquired immune function

اوضحت دراسات مقارنة تأثيرات تغذية الحيوانات المعملية على غذاء محتوى مستويات منخفضة وعالية (عادة عالية في الدهن المشبع) على الخلايا الليمفاوية Lymphocytes، والغذاء ذات محتوى الدهن العالى يصاحب ايقاف نمو suppressed T-cell proliferation.

وان المستوى المرتفع من الدهن في الغذاء يقلل الاستجابة المناعية الفطرية والتأثير الدقيق يعتمد على المستويات المحددة للدهن في الغذاء العالى الدهن ومصدره.

أحماض اللينوليك واللينولنك وتأثير المناعة المكتسبة:

Linoleic and Linolenic acids and acquired immune function

نقص الأحماض الدهنية الأساسية يقلل وزن الغدة التيموثية Thymus والطحال ويوقف الاستجابة المناعية الخلوية Suppress cell-mediated immune responces وانتاج الاجسام المضادة antibody production.

وقد وجد أن خفض نمو الخلايا الليمفاوية وانتاج الاجسام المضادة بعد التغذية

على غذاء غنى في محتوى حمض اللينوليك (زيوت الذرة وعباد الشمس والقرطم)، بالمقارنة مع التغذية على غذاء محتواه عالي من الدهن غني في الأحماض الدهنية المشبعة، ومن نتيجة ذلك اتضح أن حمض اللينوليك لها فعالية في ايقاف التأثيرات المناعية المكتسبة، اكثر من ذلك زيادة استهلاك حمض اللينوليك ٦ جرام /اليوم لا يؤثر في نمو الخلايا الليمفاوية في الدم أو انتاج مدى من سيتوكينز بواسطة الليمفوسيت The production of a range of cytokinase by lymphocyte.

وبالمثل لحمض اللينوليك فتغذية القوارض على غذاء يحتوي على مستوى عالى من حمض اللينولنك (زيت كتان) يقلل معنويًا من نمو الخلايا الليمفاوية الوليدة بالدم والتأثير الدقيق لحمض اللينولنك على فعل الليمفوسيت يعتمد على كلًا من مستوى الحامض الدهنى ومحتوى PUFAs الكلى في الغذاء، وتؤكد الدراسات أن حمض اللينوليك له القدرة على التحكم في الاستجابة لاكتساب المناعة.

تغذية الفئران على علائق ناقصة في الأحماض الدهنية اوميجا ٣، ٦ يقلل macrophage and neutrophil مقارنة مع حيوانات تتغذى على علائق تحتوي كميات مناسبة وكافية من هذه الأحماض الدهنية، وقد اوضحت الدراسات انخفاض نشاط موت الخلايا طبيعيًاNatural killer cell activity بعد التغذية على غذاء عإلى محتوى الدهن ويحتوى زيوت غنية في حمض اللينوليك (زيت الذرة، زيت عباد الشمس وزيت القرطم) أو حمض اللينولنك (زيت الكتان) عند المقارنة مع التغذية على غذاء عالى محتوى الدهن المشبع، حيث الاستهلاك العالى من أحماض اللينوليك واللينولنك له فعالية في انهاء نشاط موت الخلايا طبيعيًا Has the potential to suppress natural killer cell activity وأيضًا التغذية على مستويات عالية من زيت السمك تقلل نشاط موت الخلايا طبيعيًا بينما المستويات

المنخفضة تزيد من هذا النشاط.

وفي الانسان وجد أن ارتفاع مستوى اللينوليك المأكول في الغذاء ٦٠ جرام يوميًا ليس له تأثير على نشاط موت الخلايا طبيعيًا وإنتاج الخلايا النشطة (الفا TNF) Interleakin (IL-1B) and Tumor necrosis وعند انخفاض مستوى الأحماض الدهنية الضرورية في الغذاء تأثرت سلبيًا الاستجابة الفطرية نتيجة انفجار كرات الدم البيضاء وخلايا التنفس.

حمض DHA , EPA وعمل المناعة الفطرية:

EPA and DHA innate immune function

التغذية على كميات كبيرة من زيت السمك تؤدى إلى خفض الاستجابة الفطرية للمناعة ومع ذلك ليست كل الدراسات تؤيد ذلك، وقد وجد أن التغذية على زيت السمك تخفض وظائف خلايا كرات الدم البيضاء نتيجة انخفاض فاعليتها للأكسجين وتركيز IL – 6B, TNF وعند مقارنة زيت السمك ومصادر دهون اخرى نجد أن زيت السمك منخفض في تركيزات IT-1B, TNF في سيرم الدم ولذا فان زيت السمك يحتوي على مضادات تؤثر على الجهاز المناعى.

وقد وجد أن انخفاض مستوى حمض DHA,EPA في الغذاء إلى اقل من ٥% يؤدى إلى تحسن النشاط الخلوى وقد يكون نتيجة نوعية الأحماض الدهنية، وعند زيادة مستوى هذه الأحماض إلى ١٤.٥ يوميًا ينخفض النشاط الخلوى وانتاج خلايا كرات الدم البيضاء وخلايا monocytes وينخفض انتاج IL-4B, TNF.

أوضحت الدراسات على الارانب والدواجن أن الأحماض الدهنية غير المشبعة طويلة السلسلة PUAFs تثبط تكوين الخلايا الليمفاوية والانترلوكين IL-1B وانتاج الانتى فيرون enterfron (IFN) واخماد كل أنواع الحساسية والاجسام المضادة مقارنة بالغذاء الغنى بالدهن أو زيت جوز الهند المهدرج أو زيت الذره اما اضافة

حمض الـ EPA و الـ DHA في الغذاء اظهر خمول لخلايا T الوليدة وغالبًا تستخدم كميات كبيرة من هذه الأحماض وكمية قليلة جدًا من حمض اللينوليك في التغذية.

ويستهلك الانسان كمية قليلة من زيت السمك في الغذاء وقد وجد تأثير زيت السمك على الخلايا الليمفاوية بالانسان وكذلك اضافة زيت السمك مع ٢,٤ جم من حمض الـ EPA والـ DHA في اليوم نتج عنه انخفاض الخلايا الليمفاوية المتولدة في النساء (٥١–٦٨ سنة) ولم تتأثر النساء (٢١–٣٣ سنة) وانخفاض انتاج IL-2. وفي الذكور انخفض انتاج الخلايا الليمفاوية الوليدة والـ IL-2 و الـ TFN بعد امدادهم بغذاء يحتوي على ٥,٢ جم من حمض الـ EPA والـ DHA وفي النهاية يحدث خمول في الاستجابة للحساسية.

– استهلاك الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا–٦ أكثر من اوميجا–٣، حمض الاراشيدونيك (اوميجا ٦).

Arachidonic gives rise to the eicosanoid family of in flammatory mediators (prostaglandins, Leukotrienes and related metabolites).

– Eicosanoids هي المادة التي يعمل عليها مركبات تمثيلية مؤكسدة عديدة لإنتاج LT , PG the substrates of several oxidative metabolic pathways for the production of prostglandins (PG) and Leukotrienes (LT). PG and LT are involved in various immune .responses

– مركبات LT , PG متضمنة في العديد من الاستجابات المناعية.

– Prostaglandin E2 ينظم انتاج interleukin – 1 (IL – 1) and .tumor necrosis factor TNF

– Leukotrienes B4 تزيد نمو خلايا T,B ونشاط موت الخلايا طبيعيًا

وينطلق السيتوكين من المونوسيت، خلايا T.

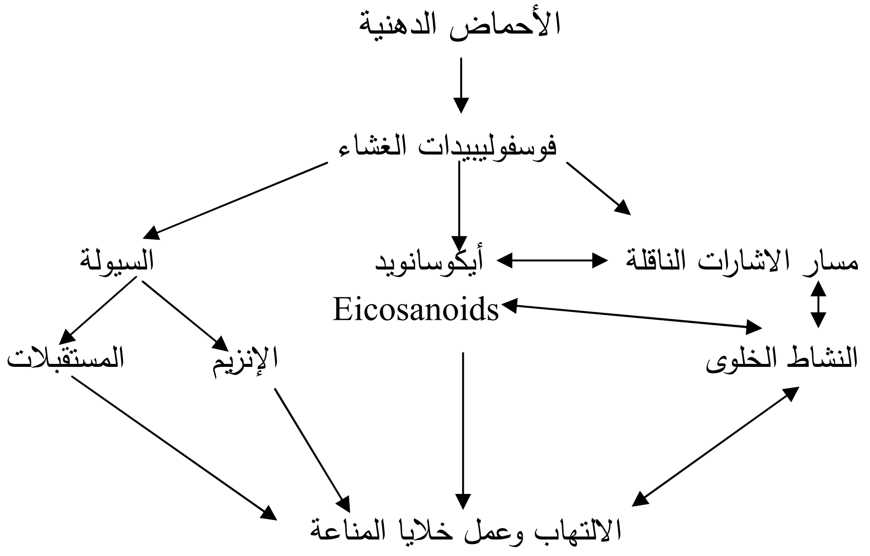
- يعتبر زيت السمك مصدر جيد للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا-٣، واستهلاك هذه الأحماض الدهنية يقلل كمية حمض الاراشيدونيك في اغشية الخلايا والمتاح لإنتاج eicosanoid وتعمل الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا-٣ كمضاد لحمض الاراشيدونيك as arachidonic acid antagonists.

ميكانيكية تأثير الأحماض الدهنية في الغذاء على التأثير المناعى

Mechanism of the effect of dietary fatty acids on immune function:

من المعروف أن الأحماض الدهنية في الغذاء لها فاعلية في تغير الاستجابات المناعية ولم يتم معرفة كيفية هذا التأثير بالضبط، اكدت بعض الدراسات أن التأثير يشمل تغيرات في تركيب الغشاء الخلوى وتركيبه، وتغيرات في التأثيرات العلاجية للأغشية والاشارات وتغيرات في تعبيرات الجينات وتأثيرات في تطورات النظام المناعى.

هناك توصيات عديدة اوضحت أن الأحماض الدهنية الغذائية لها القدرة في تغيير الاستجابة للمناعة والالتهاب، فقد حدثت تغيرات في تركيب وتكوين الغشاء النسيجى هذه التغيرات تكوين البروتين و Eicosanoids وهذه ناتجة عن تغيرات في تعبيرات الجين الذي يؤثر على تطور الجهاز المناعى كما يلي:



شكل رقم (١٥)

التغيرات التي تحدث في بناء وتركيب الأغشية

Alteration in membrane structure and composition:

إن نشاط خلايا المناعة ينتج عن التركيب الداخلي لأغشية النسيج وزيادة تحويل الفوسفوليبيدات به ولذلك يتم الإحتياج للأحماض الدهنية الضرورية لتركيب غشاء نسيجي جديد خلال استجابة المناعة وخاصة في حالة زيادة تكون الأغشية وتحويلة لكرات دم بيضاء أو خلايا التهاب، وتلعب سيولة بلازما الاغشية وقطرها دورًا هامًا في نشاط الخلايا وقيامها بوظائفها وتعتمد سيولة الاغشية على مكونات الليبدات، كما أن سيولة الاغشية لها دور تنظيمى في تكوين خلايا كرات الدم البيضاء.

أن وظائف الجهاز المناعي تعتمد على التداخل ما بين أنواع الخلايا وتأثرها بالأحماض الدهنية في الغذاء والتى لها القدرة على التحكم في هذا التداخل فعلى سبيل المثال التداخل في النشاط الخلوى لخلايا T يكون بغرض تكوين الاغشية وهذا التداخل ضرورى لاداء الوظيفة، ويكون التأثير من خلال سيولة بلازما الاغشية التي

تؤثر على خلايا T. أن كمية حمض الاراشيدونك المناسبة في خلايا المناعة للأنسان تختلف طبقًا لأنواع الخلايا وجزيئات الليبدات بها.

ولقد أوضحت الدراسات على الحيوانات انخفاض حمض اللينوليك المتاح في الغذاء ينتج عن انخفاض في فوسفوليبيدات خلايا المناعة وانخفاض في مستوى كل من الأحماض الدهنية.

التعديل في الوظائف الوسطية للأغشية واشاراته

Alteration in membrane-mediated function and signal:

التغيرات في وظائف بروتينات الاغشية:

التغيرات في تركيب بلازما الاغشية يحدث تغير في نشاط البروتين الذي يساعد على توجيه الايونات وربط الجزيئات ونقل المستقبلات وترجمة الاشارات إلى إنزيم. ومعظم بروتينات الاغشية تتحد مع خلايا المناعة وتظهر تغيرات في ليبيدات الاغشية، وعلى سبيل المثال تغذية القطط على ٥% من الأحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs حدث ارتفاع في تكوين خلايا B , T وخلايا كرات الدم البيضاء الناقلة للاشارات (CD7) بعد تنشيط عمل الجين، وتوضح بعض الدراسات أن الأحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs ربما بطريقة ما تؤثر على العوامل الناسخة التي ربما تؤثر على اشارات الخلية التي تؤدى إلى نشاط عامل كابا Kappa داخل النواة وهذا يكون نتيجة للتغذية على زيت السمك الذى يؤثر على نشاط عامل كابا Kappa في المناعة التي تكون المقدرة على تقليل الانتاج التنظيمى للالتهاب الوسطية، هناك مجموعة ثانية من العوامل مسئولة عن تنشيط المستقبلات تسمى Proxi some proliferate activated (PPARs) ومن اهم هذه المستقبلات في الاغشية الفا ولامبا PPAR ويلعبا دور هام في الكبد والنسيج الدهنى على التوالى ومع ذلك يحدث التهاب للخلايا.

وقد وجد أن نقص ألفا PPAR يؤدى إلى نقص نشاط الاستجابة للالتهاب وحديثًا وجد أن نشاط كلًا من الفا ولامبا PPAR يرجع إلى ميكانيكية فعل مضادات الالتهاب التي ترجع للعاملين:

١- PPARs ربما تزيد من نشاط عملية تكسير الالتهاب من خلايا الـ B oxidation.

٢- PPARs ربما يحدث له تداخل مع الاجسام المضادة المنشطة للعوامل الناسخة.

التغيرات في الاشارات الوسطية للأغشية

Transduction-mediated signal Changes membrane:

تتأثر معظم اشارات الخلايا بطريق ميكانيكة مختلفة، معظم هذه الاشارات تكون عامة للنواة ومباشرة لفوسفوليبيدات الخلية مثل (حمض phophatidic والـ choline وحمض الاراشيدونيك) وهذه الاهمية التنظيمية النشطة للبروتينات تشمل استجابة خلايا المناعة، وتركيز الليبدات ومكوناتها تقود الاشارة الناتجة عن الجزيئات لتوضح الحساسية للأحماض الدهنية غير المشبعة في الخلايا أو من الغذاء، وتكون الحساسية ناتجة عن تعديل نشاط الإنزيم للاشارة العامة أو تعديل مكونات جزيئات المادة على سبيل المثال فوسفوليبيدات الخلايا الليمفاوية الفا C تكون قليلة النشاط بعد التغذية على غذاء غنى بزيت السمك.

وقد اظهر حمض الاراشيدونيك دورًا تنظيميًا لوظائف خلايا الجهاز المناعى مثل نشاط موت الخلايا طبيعيًا ولذلك فان اضافة حمض الاراشيدونيك ينشط الخلايا من الداخل عن طريق إنزيم الـ nicotinamide adenine dinucleotide (NADPH) phosphate ونشاط حمض الاراشيدونيك في الاغشية نسيج كرات الدم البيضاء يزيد عملية الاكسدة داخل كرات الدم البيضاء.

التغيرات في تعبيرات الجين Changes in gene expression:

الأحماض الدهنية وخاصة غير المشبعة PUAFs لها دور فعال في تعبيرات الجين المختلفة حيث تقوم بدور حيوى في تنظيم عملية تمثيل البروتين من خلال

خلايا الـ hepatocytes والـ adipocytes داخل خلايا الكبد والنسيج الدهنى، وهذه التأثيرات تكون مباشرة مثل هرمون الـ eicosanoids الذي له تأثيرات مباشرة على تعبيرات الجين وهذا راجع إلى ظهور الدور التنظيمى الأحماض الدهنية غير المشبعة لتعبير الجين عن النشاط الخلوى والتحام الجزيئات واكسدة جزئ حمض النتريك وبروتينات الجهاز المناعى الأخرى.

تأثير التطور على جهاز المناعة

Effect on development of the immune system:

أن الأحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs لها تأثير على تطور ونمو خلايا T في الاطفال أو الحيوانات الصغيرة مع ذلك هناك دراسة حديثة درست تأثير التغير في الأحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs على الاداء الوظيفي لتطور المناعة خلال ٤٢ يوم الأولى من الميلاد من عمر الانسان، حيث قامت مجموعة من الاطباء بتغذية الاطفال الرضيعة على لبن معدل يحتوى على ٤% حمض الـ DHA وحمض الاراشيدونيك ٦% لمدة ٤٢، وتم اخذ عينة دم خلال الفترة من ١٤-٤٢ يوم من العمر وتم دراسة بعض المقاييس لدراسة تأثير التغذية على نمو وتطور المناعة وذلك بمقارنة التغذية على لبن الام والتغذية على اللبن المعدل وكانت النتيجة الآتية:

التغذية على لبن معدل به أحماض دهنية طويلة السلسلة PUAFs زاد معنويًا نسبة تطور الاجسام المضادة بمقدار ٢٥% مقارنة مع تغذية الاطفال على اللبن غير المعدل ويرجع هذا إلى أن اضافة DHA وحمض الاراشيدونيك في لبن الاطفال المعدل ربما يساعد على تطور كرات الدم البيضاء CD4 خلال الفترة من ١٤-٤٢ يوم من العمر.

كانت مقدرة نواة كرات الدم البيضاء للاضافات في اللبن المعدل لإنتاج الانتر لوكين IL-10 اقل من مقدرة الاطفال التي تم تغذيتهم على اللبن العادى (لبن الامهات).

تغذية الاطفال على اللبن المعدل المحتوى على DHA + حمض الاراشيدونيك ينتج عنه انخفاض معنوى في كمية مستقبلات IL-2 المنتجة من خلال نشاط انوية خلايا كرات الدم البيضاء وذلك عند عمر ٤٢ يوم مقارنة مع اليوم ١٤.

(٣) التمثيل الغذائي للبروتينات

التمثيل الغذائي للبروتينات لإنتاج الطاقة في الحيوانات وحيدة المعدة والمجترات

من المعروف أن ناتج هضم البروتينات داخل جسم الحيوان والدواجن بواسطة الانزيمات الهاضمة الخاصة بتحليل البروتينات هو الأحماض الأمينية. يتم التمثيل الغذائي للأحماض الأمينية إلى مكوناتها الأساسية والحصول منها على الطاقة. وتستخدم الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة أو تتم عمليات الهدم (Catabolism or Exergonic reactions) على الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة في الحالات الأتية:

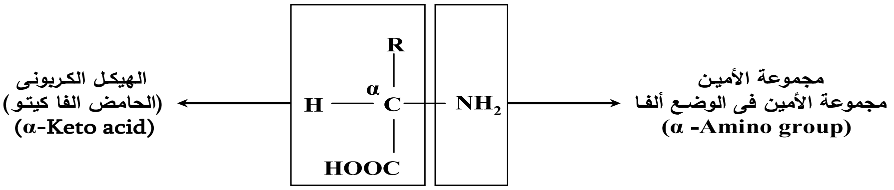
في بعض الحالات العادية تستخدم الأحماض الأمينية لبناء البروتينات ويحدث أن تتكون الأحماض الأمينية في صورة حرة وفي حالة عدم الحاجة اليها في بناء تلك البروتينات الجديدة يتم اجراء الأكسدة الهدمية عليها أو اجراء تفاعلات الهدم عليها للحصول منها على الطاقة.

عند التغذية على علائق مرتفعة في محتواها من البروتين فيحدث زيادة في مستوى الأحماض الأمينية عن الحاجة حيث يتم هدمها للحصول على الطاقة لأن الأحماض الأمينية لا تخزن في الجسم.

في حالات الصيام حيث تكون الكربوهيدرات غير متاحة أو لا يمكن للجسم استخدامها.

الشكل العام للأحماض الأمينية:

ويوضح الشكل التالى الشكل العام للأحماض الأمينية التي تتشابه فيما بينها في الهيكل الكربونى والتي تختلف فيما بينها في الـ R



شكل رقم (١٦)

وللحصول على الطاقة من أي حامض اميني يحدث الأتي:

فقد لمجموعة الأمين (α-Amino group) وتتكون الأمونيا.

يبقى الهيكل الكربونى (الحامض الفا كيتو) المتكون وتتم عليه الأكسدة أو عمليات التمثيل الغذائي بأن يدخل في دورة TCA للحصول على الطاقة و CO_2 و H_2Oهذا الهيكل الكربونى غالبًا ما يكون من المركبات الوسطية لدورة الـTCA .

وعموما مسارات هدم الأحماض الأمينية تتشابه في معظم الكائنات الحية. وتعتبر الأحماض الأمينية مركز متوسط لتمثيل الكربون حيث أن الجزء الكربونى (الحامض الفا كيتو) المتبقى من الأحماض الأمينية بعد نزع مجموعة الأمين يدخل إلى دورة Kripp's والذي منه يتم انتاج الطاقة أو اعادة بناء الجلوكوز.

هدم الأحماض الأمينيةAmino acids catabolism:

أول خطوة في عمليات هدم الأحماض الأمينية هو ازالة مجموعة الأمين NH2 عن طريق عملية تسمى نزع مجموعة الأمين Deamination وهذه العملية هامة في تمثيل الأحماض الأمينية من ناحية البناء أو الهدم. وهناك عدة طرق لعملية الـ Deamination منها:

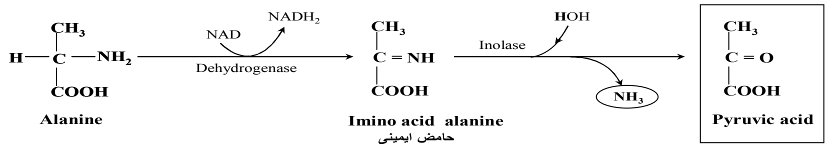
١- نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination.

٢- نزع مجموعة الأمين بدون أكسدة Non-oxidative deamination.

٣- نقل مجموعة الأمين Transamination.

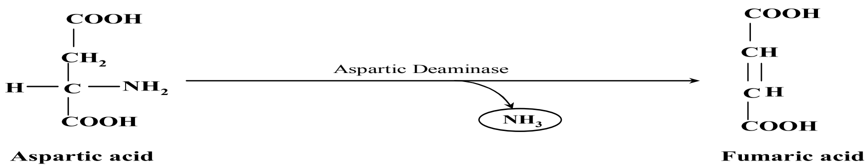
١- نزع مجموعة الأمين (NH_2) بالأكسدة Oxidative deamination

وفي التفاعل التالي يتم أكسدة الحامض الأميني الآنين Alanine بواسطة الـ NAD إلى Imino acid alanine الذي سرعان ما يتحول إلى حامض البيروفيك Pyruvic acid وتخرج مجموعة الأمين (NH_2) من التفاعل في صورة أمونيا (NH_3) وبالتالي يكون ناتج التمثيل الغذائي للأحماض الأمينية بطريقة Oxidative deamination حامض كيتونى (حامض البيروفيك) والأمونيا (NH_3).



٢- نزع مجموعة الأمين (H_2) بدون أكسدة: Non-oxidative deamination

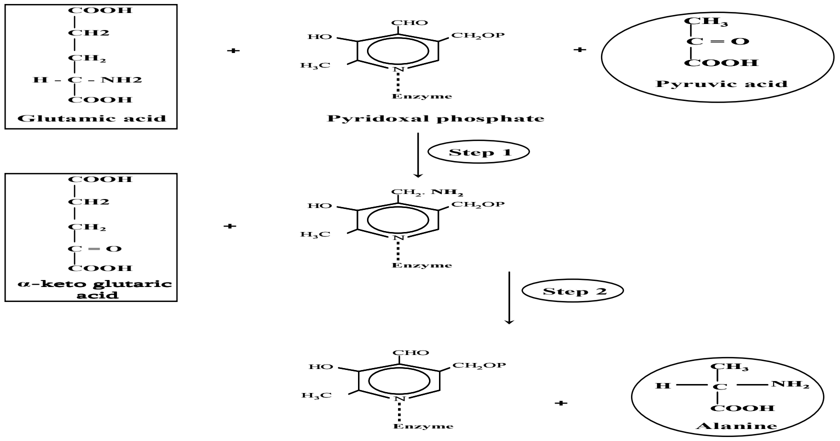
يتم نزع مجموعة الأمين بدون اكسدة بواسطة إنزيم Deaminase وتخرج مجموعة الأمين (NH_2) من التفاعل في صورة أمونيا (NH_3) وبالتالى يكون ناتج التمثيل الغذائي للأحماض الأمينية بطريقة Non-oxidative deamination حامض غير مشبع والأمونيا (NH_3).



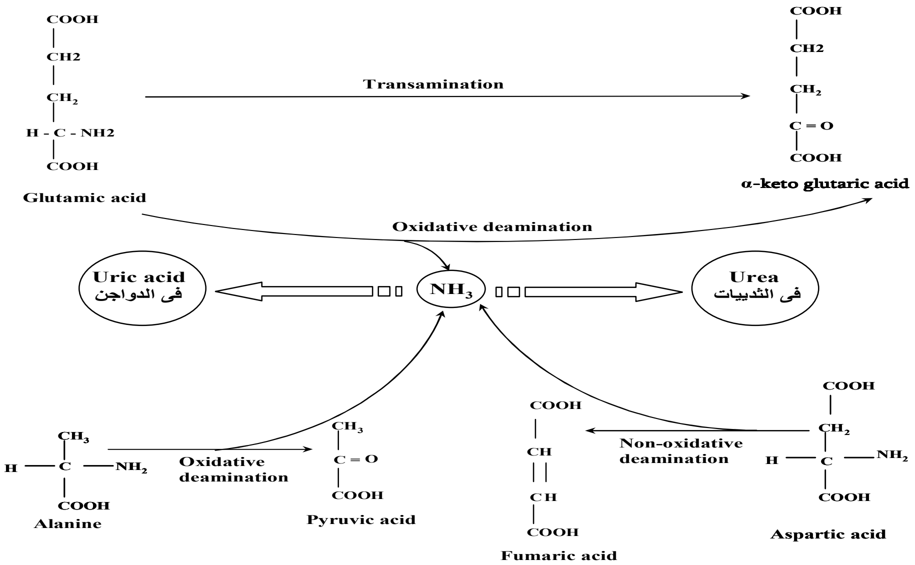
٣- نقل مجموعة الأمين Transamination :

وتتم هذه العملية في وجود إنزيم Transaminase وتعتبر هذه العملية أكثر العمليات انتشارًا في نقل مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية. حيث يتم نقل مجموعة الأمين (NH_2) من أحد الأحماض الأمينية (مثل حامض الجلوتاميك Glutamic acid) إلى حامض كيتونى (مثل حامض البيروفيك Pyruvic acid) وذلك في وجود إنزيم Transaminase ومعاون الإنزيم Vitamin B6 في صورة بيروديكسال فوسفات

Pyridoxal phosphate حيث يتحول حامض الجلوتاميك إلى حامض الفا كيتو جلوتاريك α-Keto glutaric (حامض كيتونى) والحامض الكيتونى (حامض البيروفيك) يتحول إلى حامض أميني (الآنين Alanine). أما معاون الإنزيم دخل وخرج من التفاعل كما هو دون أي تغيير ليدخل التفاعل من جديد.



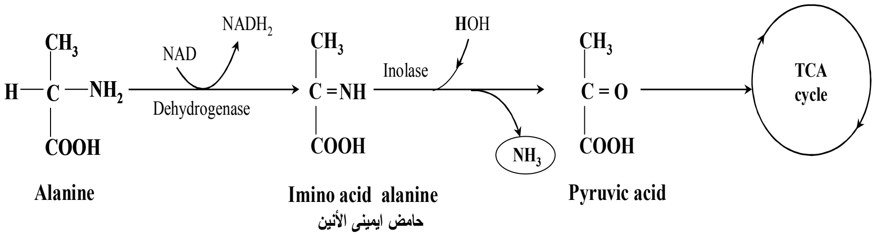
ويمكن تلخيص ما سبق فيما يلي:



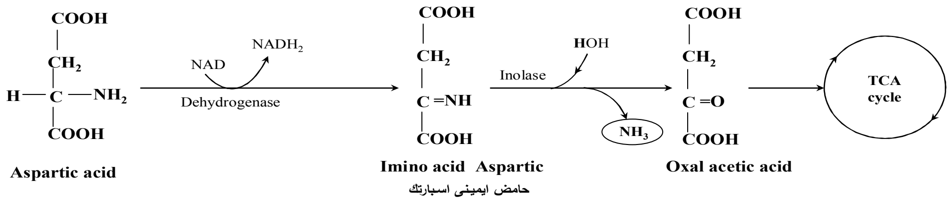
نواتج هدم الأحماض الأمينية:

بعد أن تتم عمليات ازالة مجموعة الأمين بالأكسدة (Oxidative deamination) وبدون الأكسدة (Non-oxidative deamination) أوعن طريق عملية نقل مجموعة الأمين بالـ Transamination من الأحماض الأمينية يكون نواتج هدم الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة هي أحماض كيتونية أو أحماض غير مشبعة والأمونيا. وسوف نتعرض الأن على كيفية الحصول على الطاقة من نواتج هدم الأحماض الأمينية:

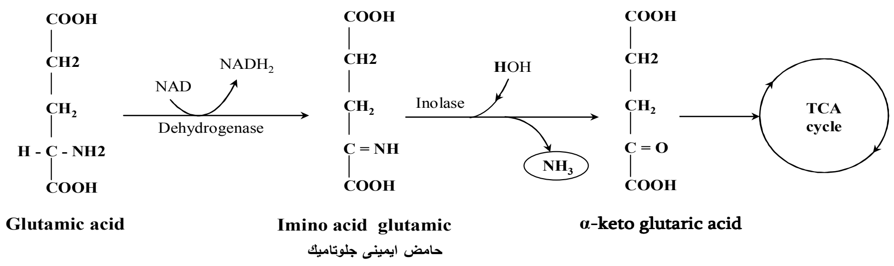
أولا: أحماض كيتونية أو أحماض غير مشبعة:



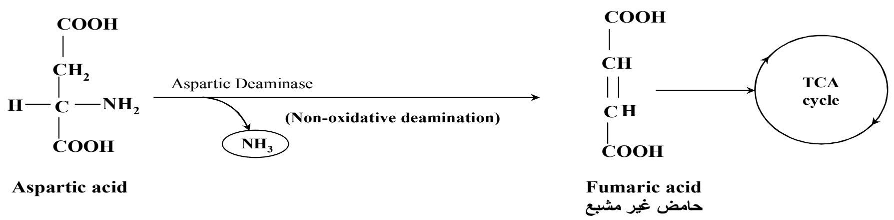
(حامض كيتونى)



(حامض كيتونى)



(حامـ

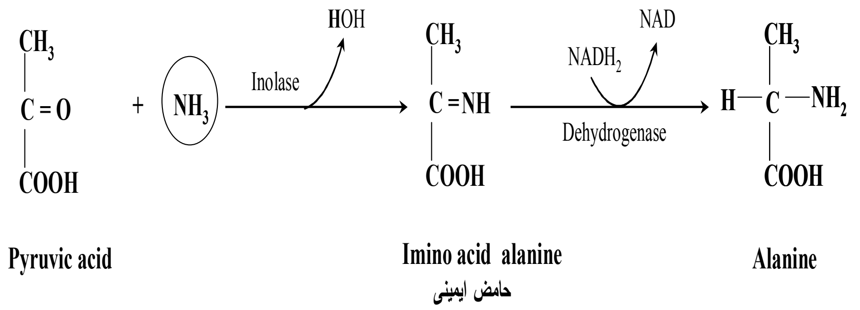


ثانيًا: تمثيل مجموعة الأمين أوتمثيل الأمونيا:

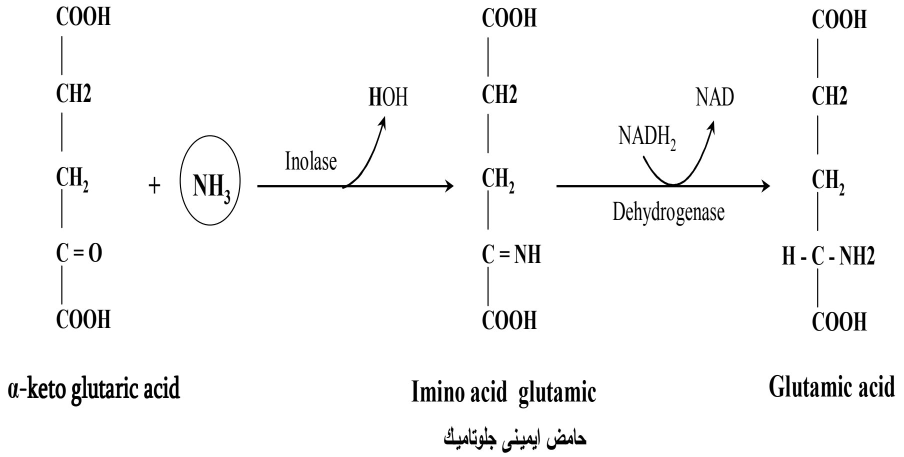
تعتبر الأحماض الأمينية هي المصدر الأساسى لمجموعة الأمين ويحدث تمثيل الأحماض الأمينية في الكبد. والأمونيا المتكونة نتيجة تمثيل مجموعة الأمين يجب على الجسم التخلص منها ويتم ذلك بأحدى الطرق الأتية:

١- يتم التخلص من الأمونيا مباشرة عن طريق أفرازاها في البول وارتفاع نسبة الأمونيا في البول دليل على حدوث خلل في التمثيل الغذائي للبروتين في الجسم وذلك في حالة عدم الحاجة اليها في بناء مركبات نيتروجينية جديدة.

٢- يعاد استخدام الأمونيا في عمليات التخليق الحيوى لبعض المركبات النيتروجينية الهامة (أحماض أمينية جديدة). وكمثال على ذلك تفاعل الأمونيا مع الحامض الكيتونى (البيروفيك) فيتكون الحامض الأميني الآنين كما هو موضح في التفاعل التالي:



وكمثال أخر على التخلص من الأمونيا في تكوين أحماض أمينية جديدة هو تفاعل α-keto glutaric acid مع الأمونيا وفي هذه الحالة يتكون الحامض الأمينى جلوتاميك.



٣- تتحول الأمونيا في الكبد إلى:

أ- يوريا Urea التي تفرز في البول وهذا يحدث في الحيوانات الثديية (الانسان وفصيلة القرود فقط).

ب- أما باقي الثدييات يتم التخلص من الأمونيا في صورة مركب يسمى Allantoin.

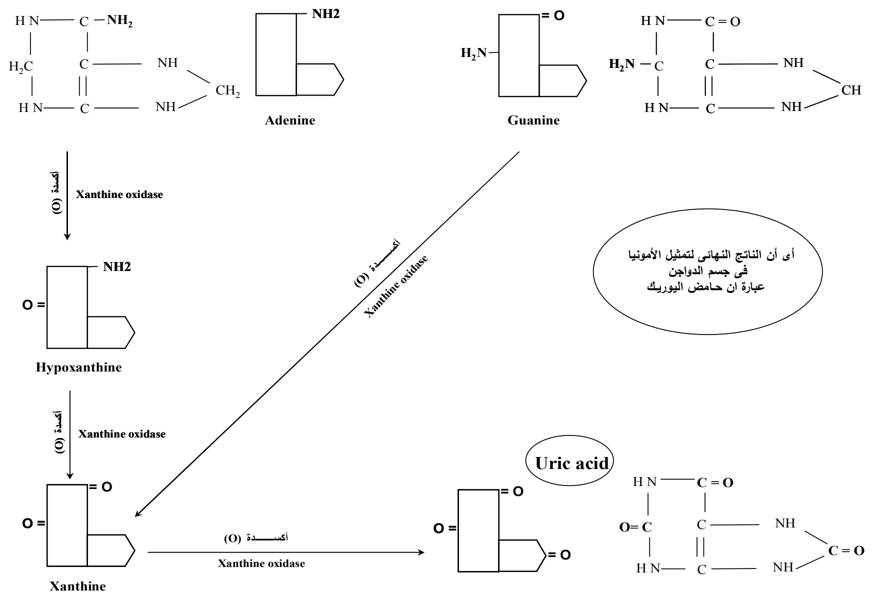
ج- بينما يتم التخلص من الأمونيا في الدواجن على صورة حامض يوريك Uric acid.

د- بينما يتم التخلص من الأمونيا في الكائنات البحرية (الأسماك) على صورة يوريا وحامض جليكوكساليك.

١- التخلص من الأمونيا في الدواجن:

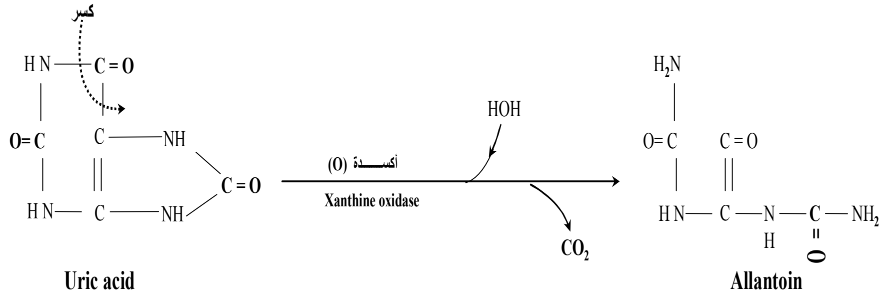
في الدواجن ترتبط الأمونيا (NH_3) الناتجة من عمليات نزع مجموعة الأمين

بالأكسدة (Oxidative deamination) أو نزعها بدون أكسدة (Non-oxidative deamination) مع بعض القواعد الأزوتية مثل الأدنين(Adenine والجوانين (Guanine) ثم يتم عليها العديد من مراحل الأكسدة عن طريق إنزيم Xanthine oxidase حيث تتحول في النهاية إلى حامض اليوريك (Uric acid) الذى يخرج في الزرق خارج الجسم. أي أن الدواجن تتخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي للبروتين أو الأحماض الأمينية في صورة حامض يوريك ويتم ذلك على النحو التالى:



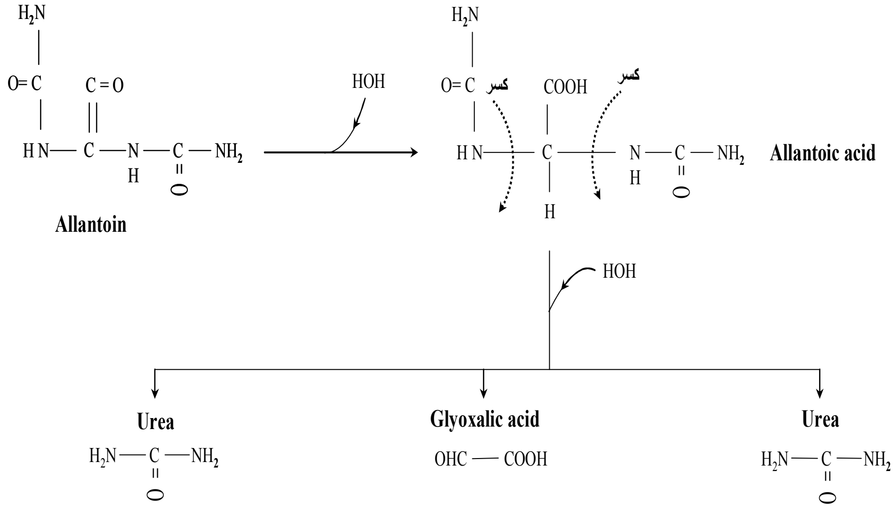
٢- التخلص من الأمونيا في الثدييات عدا الإنسان:

يتم التخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي للبروتينات والأحماض الأمينية في الحيوانات المجترة وغيرها من الثدييات الأخرى بخلاف الانسان وفصيلة القرود في صورة مركب يسمى Allantoin. حيث يحدث أكسدة لحامض اليوريك (Uric acid) في وجود إنزيم Xanthine oxidase فيتكون مركب الـ Allantoin.



٣- التخلص من الأمونيا في الكائنات البحرية (الأسماك):

في الكائنات البحرية (الأسماك) يتم التخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي للبروتين والأحماض الأمينية في صورة يوريا وحامض جليوكساليك.



مما سبق يتضح أن الأمونيا الناتجة من تمثيل البروتين والأحماض الأمينية في جسم الدواجن والكائنات البحرية والثدييات خلاف الانسان يتم التخلص منها بدون استهلاك أي من مركبات الطاقة ATP.

٤- التخلص من الأمونيا في الإنسان:

يتم التخلص من الأمونيا في الإنسان على صورة يوريا. حيث تتكون اليوريا في الكبد ثم تنتقل إلى الكلية حيث تفرز في البول. وتسمى عملية التخلص من الأمونيا

في الانسان بدورة اليوريا Urea cycle حيث اكتشفت دورة اليوريا قبل دورة TCA بخمسة أعوام. ويجب على جسم الانسان التخلص من الأمونيا الناتجة من تمثيل البروتين والأحماض الأمينية نظرا لتأثيرها الضار عند زيادة تركيزها حيث تسبب حالات فقد الوعى وبعض الأضرار الأخرى للمخ وكذلك زيادة قلوية السوائل الخلوية مما يؤدى إلى حدوث اضطراب في عمليات التمثيل الغذائي بالجسم. يتم تمثيل الأمونيا لتكوين اليوريا على عدة خطوات كما يلي:

يحدث تفاعل تكثيف للأمونيا مع ثانى أكسيد الكربون CO_2 فيتكون كرباميت Carbamate.

يتم تنشيط هذا الـ Carbamate المتكون بالـ ATP حيث يتحول إلى Carbamyl phosphate.

يتفاعل جزيء الكرباميل فوسفات Carbamyl phosphate مع مركب الأورنيثين Ornithine ليعطى مركب ستريولين Citrulline.

يرتبط مركب ستريولين Citrulline مع حامض الاسبارتيك Aspartic acid فيتكون مركب الأرجينوسكسينات Arginino succinate ويستهلك هذا التفاعل ٢ جزيء من مركب الطاقة ATP.

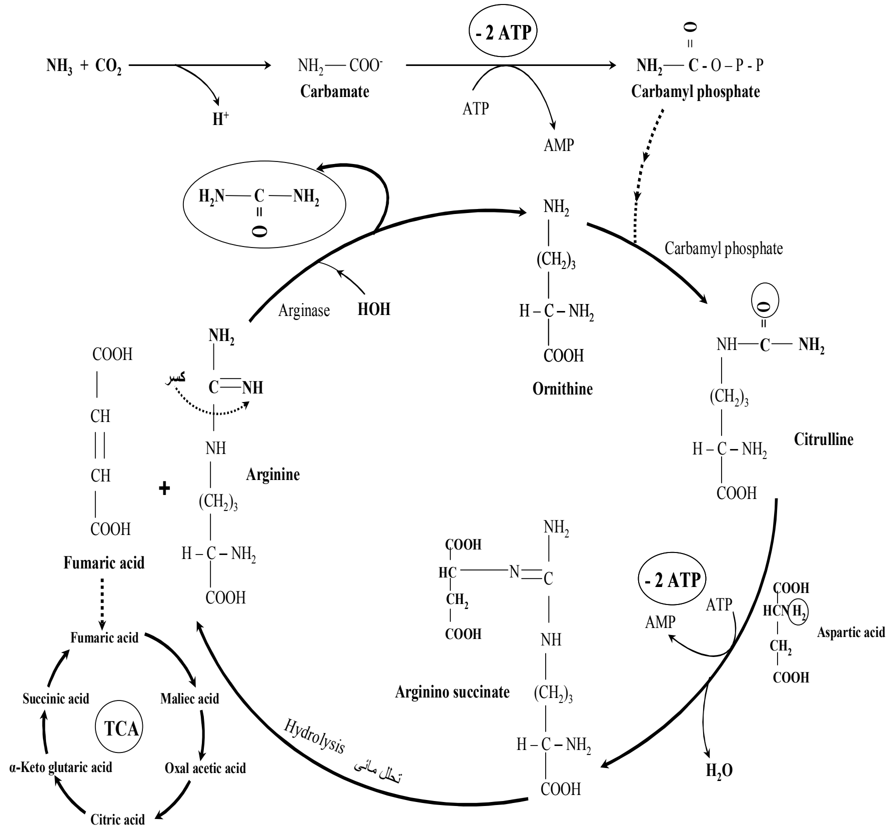
ينقسم جزيء الأرجينوسكسينات Arginino succinate ليتكون جزيء الأرجنين وجزىء أخر من حامض الفيوماريك Fumaric acid.

يتم التحليل المائى لجزىء الأرجنين ليعطى جزيء اليوريا ويتكون جزيء جديد من الأورنيثين Ornithine لاستكمال الدورة مرة أخرى (اعادة تخليق الأرجنين من الأورنيسين).

العلاقة بين دورة اليوريا ودورة الـ TCA:

يمكن الربط بين دورة اليوريا ودورة حامض الستريك أو Kripp's cycle أو

TCA حيث يعتبر جزيء حامض الفيوماريك Fumaric acid هو حلقة الوصل بين الدورتين حيث أثناء دورة اليوريا يتم تكوين جزيء حامض الفيوماريك وهو جزء من مركبات دورة الـ TCA والذي يتم تحويله إلى حامض الماليك Maliec acid ثم يتحول إلى Oxal acetic acid.



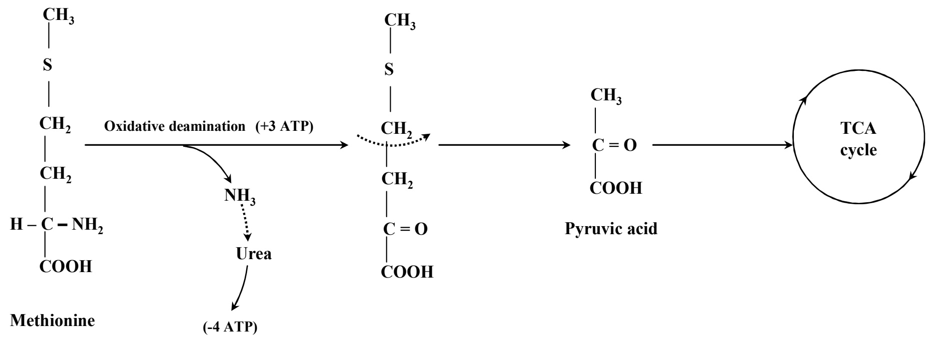
حساب الطاقة المستهلكة في لتكوين جزيء واحد من اليوريا:

التفاعـــل	استهلاك الـ ATP
Carbamate → Carbamyl phosphate.	٢ مول
Citrulline → Arginino succinate.	٢ مول
المحصلة النهائيـــة	٤ مول

أى أنه لتكوين جزيء واحد من اليوريا في الإنسان يتم استهلاك -٤ مول ATP

أمثلة على كيفية الحصول على الطاقة من بعض الأحماض الأمينية وحساب الطاقة الناتجة من التمثيل:

١- الحامض الأمينى مثيونين Methionine:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزيء واحد من المثيونين:

نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.

لتحويل اليوريا إلى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.

تكوين حامض البيروفيك من المثيونين حيث يدخل حامض البيروفيك في دورة TCA ويعطى +١٥ مول ATP.

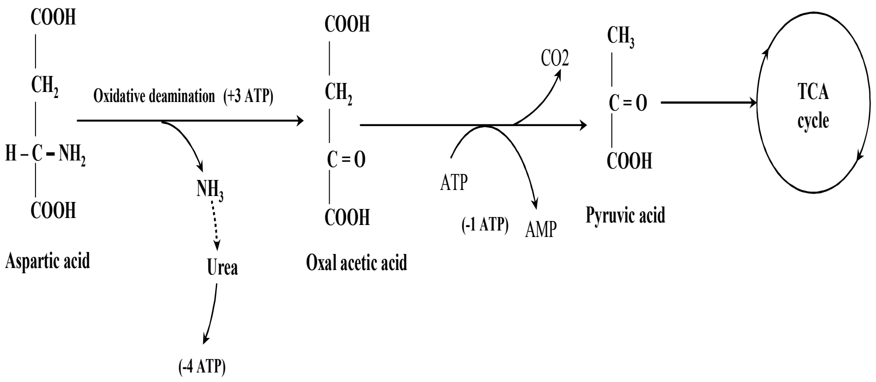
عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل المثيونين = + ١٥ +٣ – ٤ = +١٤ مول ATP.

الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل المثيونين مقدرة بالكيلوجول = ١٤ × ٣٣,٥ = ٤٦٩ كيلوجول.

عند حرق واحد مول من المثيونين في المسعر الحراري يعطى طاقة مقدارها = ١١٠٠ كيلوجول

كفاءة تمثيل المثيونين = ٤٦٩ / ١١٠٠ × ١٠٠ = ٤٢,٦٤%.

٢- الحامض الأمينى اسبارتيك Aspartic acid:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزيء واحد من الاسبارتيك:

نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.

لتحويل اليوريا إلى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.

لتحويل Oxal acetic acid إلى Pyruvic acid يتم استهلاك -١ مول ATP.

تكوين حامض البيروفيك من الاسبارتيك حيث يدخل حامض البيروفيك في دورة TCA ويعطى +١٥ مول ATP.

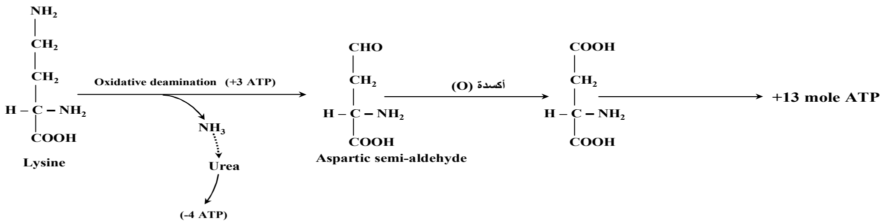
عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل الاسبارتيك = + ١٥ +٣ -٤ -١ = +١٣ مول ATP.

الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل الاسبارتيك مقدرة بالكيلوجول = ١٣ × ٣٣,٥ = ٤٣٥,٥ كيلوجول.

عند حرق واحد مول من الاسبارتيك في المسعر الحراري يعطى طاقة مقدارها = ١٠٠٠ كيلوجول

كفاءة تمثيل الاسبارتيك = ٤٣٥,٥ / ١٠٠٠ × ١٠٠ = ٤٣,٥٥%.

٢- الحامض الأمينى ليسين Lysine:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزيء واحد من الليسين:

نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.

لتحويل اليوريا إلى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.

عدد مولات الـ ATP الناتجة من الحامض الأمينى الاسبارتيك +١٣ مول ATP.

عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل الليسين = + ١٣ +٣ -٤ = +١٢ مول ATP.

الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل الليسين مقدرة بالكيلوجول = ١٢ × ٣٣,٥ = ٤٠٢ كيلوجول.

عند حرق واحد مول من الليسين في المسعر الحراري يعطى طاقة مقدارها = ١٠٠٠ كيلوجول

كفاءة تمثيل الليسين = ٤٠٢ / ١٠٠٠ × ١٠٠ = ٤٠,٢%.

التغذية والتمثيل الغذائي لبروتين العليقة

Feeding and metabolism of dietary protein

توجد بعض أنواع بروتين هامة وتعريفات شائعة الاستخدام في تغذية المجترات خاصة في تكوين عليقة **الماشية** الحلابة.

البروتين الكلي (الخام) Crude Protein (CP):

البروتين الخام يقيس النتروجين الكلي أكثر من البروتين الحقيقي، والطريقة مبنية على أساس فرض أن كل البروتينات تحتوي على ١٦% نيتروجين. الطريقة الأكثر شيوعًا في الاستخدام لقياس CP المعروف بطريقة كلداهل. وقيمة النتروجين المتحصل عليها بهذه الطريقة تضرب في ٦,٢٥ (١٠٠/١٦) للحصول على محتوي البروتين الكلي(الخام) CP.

البروتين الذائب القابل للذوبان Soluble Protein (SCP):

البروتين الذائب جزء من تفريدات البروتين الكلي CP fraction الذي يذوب في محلول منظم Buffer solution والماء أو سوائل الكرش rumen fluid . في موديلات/نماذج تقيم العليقة الحديثة، لقياس البروتين الذائب SCP كبروتين ذائب في محلول بورات الفوسفات المنظم (borate-phosphat buffer (pH 6.9 كميات معتبرة من CP في العلف الأخضر صغير العمر والسيلاج وبذور البقوليات والبذور الزيتية في صورة SCP. وهذا البروتين الذائب سريع التحلل degraded rapidly بميكروبات الكرش. جزء البروتين الذائب يحتوي كل النتروجين غير البروتيني وبعض البروتين الحقيقي.

النتروجين غير البروتيني Non-Protein Nitrogen (NPN):

يمثل كل المركبات النيتروجينية والتي ليس لها تركيب البروتين الحقيقي المعقد ويشتمل النتروجين غير البروتيني على الاموينا، الببتيدات الصغيرة، الأحماض

الأمينية الحرة، الأمينات، الأميدات. معظم البروتين الذائب في السيلاج والنواتج الزراعية (المخلفات مثل القش Straws، الأحطاب Stovers) ويكون في صورة NPN. كل من NPN , SCP تتحول بسرعة في الكرش إلى امونيا.

البروتين غير الذائب في محلول المنظف المتعادل

Neutral Detergent Insoluble Protein (NDICP or NDIN):

كمية CP المصاحبة مع الألياف الذائبه في الصابون المتعادل Neutral Datergent Fiber (جدار الخلية)، تعريف آخر NDICP هوكمية البروتين غير الذائب في محلول منظف/مطهر متعادل، ويقاس بتحليل بقايا الألياف المتعادلة NDF residues للبروتين الخام CP. البروتين غير الذائب المتعادل يتحلل ببطيء في الكرش ويرجع ذلك إلي ارتباطه مع جدار الخلية، لهذا نسبة مئوية عالية من NDICP يهرب من التخمر الميكروبي في الكرش escaps ruminal microbil fermentation وممكن أن يهضم في الأمعاء الدقيقة. يحتوي العلف الناضج، منتجات التقطير، الأغذية المعاملة حراريا كميات معتبرة من .NDICP.

البروتين غير الذائب في محلول المنظف الحامضي

Acid Detergent Insoluble Protein (ADICPor ADIN):

هو كمية البروتين المصاحبة مع الألياف الذائبه في محلول المنظف الحامضي acid detergent fiber أو كمية البروتين غير الذائبة في محلول منظف/مطهر حامضي. هذا الجزء من البروتين لا يتحلل بميكروبات الكرش، ولا يمكن هضمه بانزيمات تحليل البروتين Proteolytic enzymes في الأمعاء الدقيقة. لهذه الأسباب، يعرف هذا الجزء من البروتينات ببروتين غير متاح unavailable protein ويقاس بتتبع بقايا/مخلفات ADF في تحليل CP.

المستوي العالي ADICP في مواد العلف دليل على أنه بروتين فقير في

الجودة، كما أن مواد العلف التي تتعرض لمعاملة حرارية زائدة تحتوي على كميات كبيرة من ADICP (بروتين تلف حراريا heat damaged protein).

بروتين الكرش غير قابل للتحلل/غير المهدوم

Ruminal Undegraded Protein (RUP):

يشير إلى البروتين في بروتين العليقة والذي لايتحلل بميكروبات الكرش، وبمعني آخر بروتين العليقة الذي يقاوم المهاجمة الميكروبية في الكرش. تستخدم الطرق العديدة معملية In-vitro، حيوية In-vivo، حيوية معملية In-situ لتقدير RUP. الطرق أكثر استخداما وشيوعا هي the nylon bags (in-situ) technique وتشمل الطريقة تحضين كيس نايلون صغير يحتوي عينات العلف في داخل الكرش سواء لبقرة أو ثور لمدة زمنية (١٢- ١٦ ساعة) بعدها يقدر نسبة التحلل في الكرش بكمية البروتين المتبقي في الكيس.

البروتين الهارب من الكرش Ruminal Bypass Protein:

اصطلاح Bypass أحيانًا يستخدم خطأً للإشارة إلى RUP، ولكنه يشير إلي جزء من بروتين العليقة المقاوم للمهاجمة الميكروبية الذي يمر بالكرش بدون خلط دقيق مع محتويات الكرش (البروتين غير المهضوم في الكرش). السوائل الغذائيه التي تمر في esophageal groove لا تدخل في هذا النموذج من البروتين.

بروتين الكرش الميكروبي Ruminal Microbial Protein:

هو جزء البروتين المتكون من الميكروبات في الكرش. تستخدم ميكروبات الكرش الأمونيا والأحماض الأمينية والببتيدات لتكوين البروتين الميكروبي الذي يمد حوالي ٦٠ – ٨٠% من احتياجات البروتين للبقر الحلاب (المجترات). البروتين الميكروبي عالي القيمة الهضمية وعالى القيمة الحيوية (يهضم في الحيوان بدرجة عالية) بنسبة ٨٠% مهضوم.

نيتروجين الروث التمثيلي Metabolic Fecal Nitrogen (MFN):

كمية البروتين التي لا تنتج مباشرة من بروتين الغذاء غير المهضوم أو البروتين الميكروبي، هي عبارة عن الإنزيمات، خلايا الأمعاء الخارجية/المبطنة intestinal epithelial cells ويمكن تقدير MFN من نيتروجين الروث الخارج من حيوانات تغذت على علائق خالية من النتروجين.

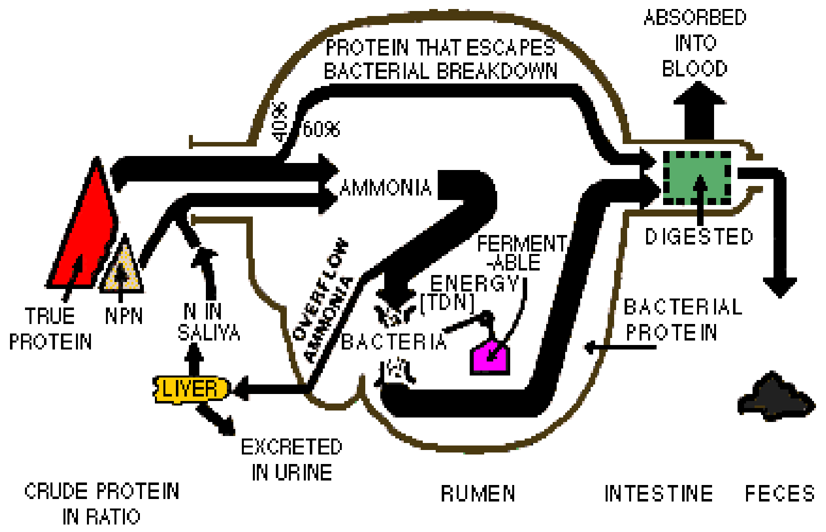
البروتين الممثل/القابل للتمثيل Metabolizable Protein:

يعرف بأن الكمية الصافية من البروتين الحقيقي أو الأحماض الأمينية (بروتين الغذاء أو بروتين حقيقي ميكروبي) الذى يمثل ويمتص في الأمعاء الدقيقة. وهو مجموع المهضوم من بروتين الغذاء والبروتين المكيروبي – الأحماض النووية nucleic acid.

تمثيل البروتينات في المجترات Protein Metabolism in Ruminants

الخلفية Background :

البقرة (المجترات) لها القدرة على الحياة وانتاج بعض اللبن بدون مصدر للبروتين الحقيقى في العليقة ويرجع ذلك إلى تكوين البروتين الميكروبي Microbial protein في الكرش. ميكروبات الكرش قادرة على استخدام النتروجين غير البروتيني (أساسا الامونيا) لتكوين البروتين الميكروبي. وتهضم الميكروبات لاحقا ويستخدم الحيوان الأحماض الأمينية ليغطي احتياجات الحيوان من الأحماض الأمينية لأغراض الإنتاج المختلفة. وجود ميكروبات الكرش تجعل من الممكن للحيوانات المجترة استخدام المصادر البروتينية مثل اليوريا لإنتاج بروتين ميكروبي عالي الجودة.



شكل رقم (١٧)

جزء من البروتين المأكول يتحلل ميكروبيا في الكرش والشبكية بواسطة ميكروبات الكرش والجزء الباقى بالإضافة إلى البروتين الميكروبى يتحلل عن طريق الانزيمات المحللة للبروتينات في الأمعاء الدقيقة والمتبقى غير المهضوم يخرج في الروث، وبالتالى تستهلك البقرة الحلابة بروتين العلف بثلاثة مقادير/مصادر Three fates

١- تخمر في شبكية الكرش reticulo rumen بميكروبات الكرش.

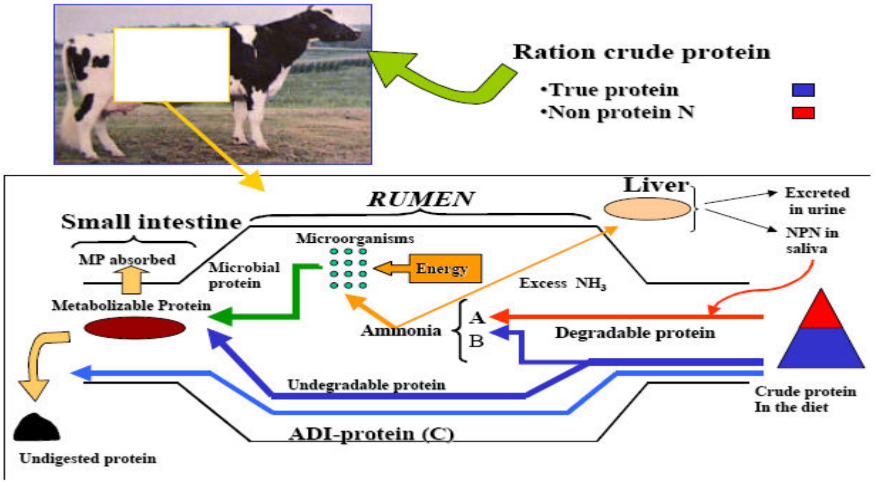
٢- تحلل انزيمي في الأمعاء الدقيقة.

٣- اخراج البروتين غير المهضوم في الروث.

تحلل بروتين الكرش Ruminal Protein Degradation:

ميكروبات الكرش، خاصة البكتريا، تحلل معظم بروتين العليقة الداخل إلى الكرش، ومع ذلك، بعض بروتينات العليقة سوف تهرب من الكرش بدون تحلل will escape ruminal degradation (RUP). بعض RUP تهضم في الأمعاء الدقيقة بالانزيمات المحلة للبروتينات Proteolytic enzymes الناتجة من البنكرياس والامعاء

وبعضه أو الباقى سيفرز في الروث، الناتج النهائي لبروتين العليقة المتحلل في الكرش هي الامونيا والبروتين الميكروبي. الناتج النهائي لهضم RUP والبروتين الميكروبي في الأمعاء الدقيقة هي الأحماض الأمينية.



شكل رقم (١٨)

خطوتان أساسيتان في تحلل البروتين في الكرش.

تحليل الروابط الببتيديه لإنتاج ببتيدات وأحماض أمينية.

إزالة مجموعة الأمين وتحلل الأحماض الأمينية.

التحليل المائيHydrolysis:

التحليل المائي للبروتين عملية متعددة الخطوات multi-step process حيث يذاب بروتين العليقة غير الذائب ويتحلل مائيًا بواسطة انزيمات عديدة من خارجية exo-peptidases وداخلية endo والتي تكسر الروابط البيتدية في سلسلة الأحماض الأمينية المكونه للبروتينات which cleave the peptide bonds. يحدث التحليل المائي للبيتدات خارج الخلايا extracelluarly بواسطة انزيمات التحليل للبروتينات Proteolytic enzymes المصاحبة لبكتريا الجدار الخلوي.

عديد من انزيمات تحليل البروتينات Protease enzymes التي تنتج بميكروبات الكرش تكون في طبيعتها trypsin – like ومن المعروف أن فعالية التحليل البروتيني Proteolytic activities في الكرش يمكن أن تقل بواسطة مثبطات التربسين. تمتص الببتيدات الحرة والأحماض الأمينية بسرعة بميكروبات الكرش وتستخدم كما هي أو يحدث لها عملية إزالة مجموعة الأمين deaminated باستخدم بكتريا لا يدخل في تركيبها الكربوهيدرات Non structural carbohydrate bacteria البيتدات والأحماض الأمينية كمصادر نيتروجينية.

عملية إزالة مجموعة الأمين Deamination:

التمثيل الغذائي للأحماض الأمينية هي الخطوة التالية في تحليل البروتين بميكروبات الكرش. الناتج النهائي الرئيسي لازالة مجموعة الأمين في الأحماض الأمينية هي الأمونيا. الناتج الهام لازالة الأمين في الحامض الأميني هو الأحماض الدهنية الطيارة المتفرعة branched chain VFA التي تساعد وتشجع نمو بكتريات تحليل السليلوز Cellulotic bacteria. ناتج الامونيا من ازالة الأمين في الأحماض الأمينية يستخدم بواسطة بكتريا يدخل في تركيبها الكربوهيدرات المركبة Structural carbohydrate bacteria كمصدر للنيتروجين.

التمثيل الغذائي لليوريا Metabolism of Urea:

تتكسر اليوريا بسرعة في الكرش إلى الأمونيا بانزيم اليوريز. هذه الفعاليه تشترك مع التكوين الميكروبي للأمونيا لتستطيع المجترات أن تستخدم اليوريا الداخلة في الكرش اما مع الغذاء/العلف أو في افراز اللعاب Salivary secretion. إعادة تدوير اليوريا في الدم إلي الكرش تسمح للحيوانات المجترة أن تحيا على علائق منخفضة جدًا في النتروجين.

كمية يوريا الدم المعاد تدويرها إلى الكرش تعتمد على تركيز الأمونيا في الكرش

وتركيز يوريا البلازما. يدخل يوريا البلازما في الكرش مع اللعاب أو بالانتشار خلال جدار الكرش. تلتصق الميكروبات بالسطح المبطن للكرش Microbes adhering to the ruminal epithelium وهذه الميكروبات لها القدرة على انتاج إنزيم اليوريز. الإنزيم اللازم لتحليل اليوريا وتمر خلال جدار الكرش في صورة أمونيا، وثاني أكسيد الكربون. المستويات العالية لأمونيا الكرش تقلل إعادة التدوير بتثبيط فعالية/نشاط إنزيم اليوريز عملًا بقانون التغذية الاسترجاعية feedback. إعادة تدوير نيتروجين اليوريا مفيد فقط إذا اتحدت لتكوين البروتين الميكروبي. اتحاد النتروجين المعاد تدويره recycled nitrogen إلى بروتين ميكروبي بسبب تدفق نيتروجين الاثني عشر duodenal nitrogen flow ليفوق النتروجين المستهلك عندما يكون مستوي البروتين في العليقة منخفض.

امتصاص/تمثيل الأمونيا Ammonia assimilation:

الامونيا هي أهم مصدر نيتروجين لتكوين البروتين الميكروبي في الكرش. الخطوة الأولي في امتصاص واستهلاك uptake الامونيا أن يتم النقل عبر غشاء الخلية. الجلوتامات Glutamate هي أول حامض أميني في عملية تمثيل الأمونيا. بمجرد تثبيت النتروجين في مركب مناسب مثل حمض الجلوتاميك، يحدث تكوين الحامض الأميني في وجود الامونيا من الطاقة المتاحة ومصادر الكربون. يتحول الزائد من الأمونيا بعد تكوين البروتين ميكروبي إلى يوريا في الكبد. معظم اليوريا سوف تفرز في البول، وبعضها يعاد تدويرها خلال اللعاب.

النتروجين الداخل في الأثني عشر عبارة عن خليط من البروتين الميكروبي microbial protein وبروتين غير متحلل undegraded protein وبروتين التمثيل الداخلي endogenous protein. النتروجين الداخل في الأمعاء الدقيقة من المعدة يتراح من ٣٩ الي ١٠٠% بروتين ميكروبي، صفر – ٧٠% بروتين غير

متحلل.

هضم البروتين في المنفحة (المعدة الرابعة للحيوان المجتر abomasum) والامعاء الدقيقة small intestine في المجترات مشابهة لما يحدث في الحيوانات ذات المعدة الواحدة. يتم هضم البروتين في المنفحة أساسا بانزيم البيسين في ظروف حامضية جدًا pH 2 . معادلة الكتلة المهضومة بصورة بطيئة في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة تساعد في مد فعالية ونشاط إنزيم الببسين المعدة الرابعة (المنفحة) ولكن تؤثر في بداية onset فعالية/نشاط انزيمات الأمعاء الدقيقة.

الفعالية المثالية/القياسية لانزيم التربسين والكيموتريبسن والكاربوكسا ببتديز لا تتم حتى الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة middle jejunum. النشاط الأقصي لانزيم اوكسى بيتديز، داي بيتديز (الببتيديز الثنائي) dipeptidases، الببتيديز الخارجي exopeptidases في منتصف اللفائفي/الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة mid ileum. وبمعنى آخر تستخدم البكتريا الكربوهيدرات غير المركبة مع الببتيدات والأحماض الأمينية كمصادر نيتروجينيه لتكوين المزيد من البروتين الميكروبي. المميزات/الخصائص الفريدة للمجترات هي الإفراز الزائد من ريبونيوكليز البنكرياس Pancreatic ribonuclease وأهمية دور هذا الإنزيم هو تحرير فوسفور الحامض النووي لأعادة تدويره في الكرش خلال اللعاب.

امتصاص الأحماض الأمينية والبيتيدات

Absorption of amino acids and peptides:

أكثر المواقع النشطة لامتصاص الأحماض الأمينية والبيتدات هي اللفائفي وهي الجزء الأوسط إلي الأخير من ileum هناك امتصاص مميز أوتفضيلي preferential absorption للأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية من الكتلة المهضومة خلال تدفقها إلى الأمعاء الدقيقة. يحدث الاختلافات في

الامتصاص ايضا خلال مجموعتين من الأحماض الأمينية. مثال:امتصاص الليسين والهستدين أعلي من امتصاص الليوسين والفينايل الانين.

احتياجات الأبقار الحلابة من البروتينProtein Requirement of dairy cows:

الهدف من تغذية البروتين للأبقار الحلابة:

١- إمداد كميات كافية من البروتين القابل للتحلل في الكرش ruminal degradable protein (RDP) لزيادة تكوين بروتين الكرش الميكروبي ruminal microbial protein.

٢- جزء من البروتين غير القابل للتحلل في الكرش Ruminal Undegraded Protein (RUP) الذي سيضبط البروفيل Optimize the profile ويجعله مثاليًا وكمية الأحماض الأمينية الممتصة. الأحماض الأمينية وليس البروتين نفسه per se هي العناصر الحيوية التي تحتاجها الأبقار الحلابة لحفظ الحياة والنمو والتناسل وإدرار اللبن.

وطبقا(1989) NRC فإن احتياجات الابقار الحلابة من البروتين يعبر عنه بالبروتين الخام، البروتين المستهلك القابل للتحلل degradable intake protein والبروتين المستهلك غير المتحلل undegraded intake protein. قدر عدد من الباحثين احتياجات البروتين الخام الذائبsoluble crude protein حديثا كما يوضح بالجدول رقم (٣٤).

جدول رقم (٣٤):Protein requirements for lactating dairy cows

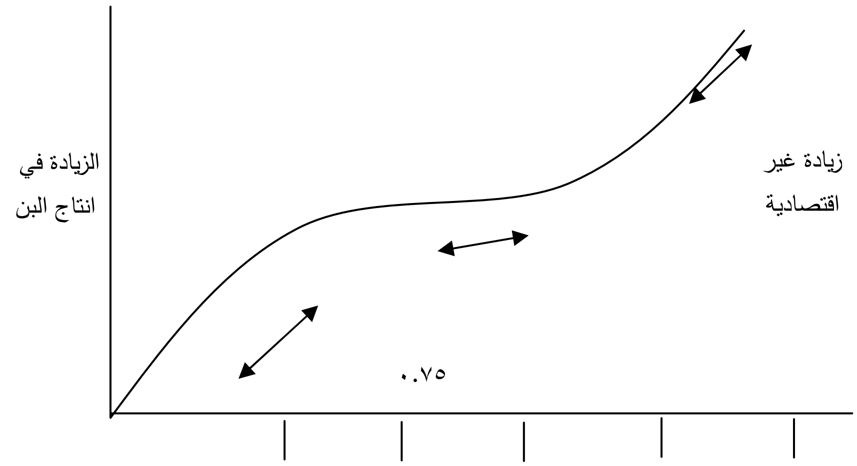
Protein requirements for lactating dairy cows

	Stage of lactation		
	Early	Mid	Late
Crude protein (CP)	17-19	15-16	13-15
Ruminal degradable protein (% CP)	65-60	70-65	75
Ruminal undegraded protein (% CP)	35-40	30-35	25
Soluble protein (% CP)	25-33	25-35	25-43

NRC, 2001 الحديثة تحتوي احتياجات البروتين الخام Ruminal Degraded Protein (RDP), Ruminal CP and Ruminal Undegraded Protein (RUP), للسلالات الصغيرة والكبيرة من الأبقار الحلابة عند مستويات انتاج مختلفة (غير متاحة/مذكورة في NRC القديمة).

احتياجات البروتين الخام Requirements of crude protein:

زيادة محتوي العليقة من البروتين الخام يؤدي إلى زيادة في انتاج اللبن milk yield في صورة متناقصة تربيعية Quadratic، وبزيادة محتوي البروتين الخام من ١٥-١٦% يتوقع زيادة انتاج اللبن بمتوسط ٠.٧٥ كيلو جرام/اليوم وزيادة البروتين الخام من ١٩-٢٠% يتوقع معها زيادة انتاج اللبن٠.٣٥كيلو جرام/اليوم. رغم أن انتاج اللبن قد يزيد بالتغذية على علائق تحتوي مستويات عالية جدا من البروتين الخام، إلا أنه يجب مقارنة التكاليف الاقتصادية والبيئية مع العلائق ذات محتوى بروتين خام أقل. متوسط مستوي البروتين الخام الموصي به في مرحلة الحليب المبكرة هي ١٨%، والمستويات الأقل يجب التغذية عليها خلال فترة الحليب المتوسطة والمتأخرة.



شكل رقم (١٩) Quadratic response curve

احتياجات البروتين القابل للتحللRequirement of degradable protein:

يستخدم البروتين المتحلل/المتكسر كمصدر النتروجين بميكروبات الكرش، ينقسم البروتين المتحلل على أساس معدل التحلل/ التكسير في الكرش:

بروتين يتحلل بسرعة (بروتين ذائب).

بروتين يتحلل بدرجة متوسطة.

بروتين يتحلل ببطيء.

يتاح البروتين الذي يتحلل بسرعة للأستخدام الميكروبي بمجرد دخوله الكرش. إذا كانت كمية البروتين الذائب أكبر من كمية البكتريا التي تستخدمة، سيتم امتصاص النتروجين الزائد خلال جدر الكرش ويعاد تدويره أو يفرز خارجيا، لهذا

كمية البروتين الذائب في علائق الأبقار الحلابة العالية الانتاج لابد أن تكون حول ٣٠% من البروتين الخام في العليقة، يجب التغذية على المستويات العالية للبروتين الذائب مع مصادر مختلفة من الكربوهيدرات (غير الألياف) للتأكد من إتاحة كافية للطاقة لنمو البكتريا، والمتبقي من البروتين المتحلل سيكون متاحا لبكتريا الكرش فقط بعد افراز البكتريا انزيمات تحلل البروتينات. التغذية على مصادر بروتينية عديدة سوف تساعد على امتداد التحلل وبالتالي فإن إتاحة البروتين المتحلل يؤدى إلى نمو بكتريا الكرش، تقترح (2001) NRC أن أعلي انتاج لبن ومحتوي على أعلي بروتين لبن يحدث عندما يكون RDP ١٢.٢% من المادة الجافة للعليقة.

احتياجات البروتين غير القابل للتحلل في الكرش

Requirements of ruminal undegraded protein:

تحتاج الأبقار عالية الانتاج بروتين كلي يزيد من انتاج كمية البروتين الميكروبي. علائق هذه الابقار عالية الانتاج يجب أن تشمل مصدر أو مصادر بروتين الكرش غير المتحلل. هذه ممكن أن تكون بروتينات معاملة حراريا Heat treated proteins (فول الصويا المعامل حراريا)، متخلفات التقطير distiller's by-products، مصادر بروتين حيواني (مسحوق الريش، مسحوق الدم) وعلي غير البروتين المتحلل، فإن RUP المقاوم للهجوم الميكروبي في الكرش ولكن يكون متاحا للهضم في الأمعاء الدقيقة. استجابة الأبقار الحلابة للمستويات العالية من RUP يكون متناقض inconsistent، فبينما أوضحت بعض الدراسات زيادة محصول اللبن الكلي وأيضًا البروتين، إلا أن معظم الدراسات وجدت أن الأبقار الحلابة لاتستفيد من مصادر RUP مثل كسب البذور الزيتية المعاملة حراريا. Heated oilseed meals

مصادر البروتين للأبقار الحلابة Protein Sources for dairy cows:

يعتبر البروتين أكثر العناصر الغذائية تكلفة في علائق الأبقار الحلابة، وتقسم

مصادر البروتين على أساس نوع النتروجين The type of nitrogen.

مصادر نيتروجين غير بروتيني.

مصادر بروتين قابل للتحلل في الكرش.

مصادر بروتين غير قابل للتحلل في الكرش.

مصادر نيتروجين غير بروتيني Sourses for non-protein nitrogen:

تعتبر اليوريا أو مركبات الأمونيوم المصدر الأساسي/الرئيسي للنيتروجين غير البروتيني، وتحتوي اليوريا ٤٦% نيتروجين قادرة على انتاج (٤٦ × ١٠٠/١٦) ٢٨٧% بروتين خام ونتيجة ذوبانها بدرجة عالية جدا في الكرش، فإن مستوي اليوريا الممكن وجوده في عليقة البقر الحلاب يكون صغير. يمكن أن تضاف اليوريا لعلائق الأبقار الحلابة عندما يقل محتوي البروتين الذائب في أعلاف مثل السيلاج عالي الذرة high corn silage أو علائق أساسها علف/مرعي عشب بقولي منخفض الجودةLow quality legume – grass forage – based rations. كمية اليوريا المضافة يجب الا تزيد عن ثلث بروتين العليقة الكلي CP ويجب تحديد اليوريا إلى ١٠٠-١٥٠ جرام/اليوم/للرأس ويعتبر العلف، خاصة السيلاج، مصدرا ممتازا للنيتروجين غير البروتيني للأبقارالحلابة، خلال عملية السيلجه ensiling process، تحول البكتريا جزء كبير من البروتين في السيلاج الي نيتروجين غير بروتيني.

مصادر البروتين القابل للتحلل في الكرش Sources of ruminally degraded protein:

تعتبر اكساب البذور الزيتية مثل كسب فول الصويا وكسب الكانولا المصدر الأساسي RDP للأبقار الحلابة، ونتيجة استساغتها العالية فمن الممكن لأكساب البذور الزيتية أن تخدم كمصدر وحيد للبروتين المضاف. كسب فول الصويا يعتبر مصدر البروتين الرئيسي للأبقار الحلابة. وهناك أنواع عديدة من كسب فول الصويا

ممكن شرائها مثل كسب فول الصويا منزوع القشرة decupled dehulled soybean meal (48%CP) فول الصويا المحتوي على القشرة-hull containing soybean meal ويساهم بنسبة 45% CP. كذلك الحبوب (غير الذرة) في RDP تستعمل في علائق الأبقار الحلابة.

مصادر البروتين غير القابل للتحلل في الكرش

Sources of ruminally undegraded protein:

هذه المصادر تتحلل ببطيء في الكرش بإنزيمات تحليل البروتين الميكروبي، ولهذا فإن جزء كبير من RUP تهرب من التحلل الميكروبي وتصبح متاحة للهضم الانزيمي في الأمعاء الدقيقة. مصادر RUP قد تكون نباتية أو حيوانية الأصل. يعتبر مسحوق اللحم والعظم، مسحوق السمك، مسحوق الريش أهم. مصادر RUP حيوانية الأصل، بينما البذور الزيتية المعاملة حراريا واكسابها هي أهم مصادر RUP نباتية الأصل. وتعتبر مصادر RUP أكثر تكلفة عن مصادر RDP ولكن من المعروف أن مصادر RUP حيوانية الأصل أنها في العادة قليلة الاستساغة.

جدول رقم (٣٥)

Protein fractions and ruminal degradable (RDP) and undegradable (RUP) protein content of various protein supplements

	CP	SCP (% CP)	NPN (% SCP)	RDP (%CP)	RUP (% CP)
Alfalfa hay	19	30	96	73	28
Alfalfa silage	19	50	100	77	23
Corn silage	9	45	100	69	31
Dry corn	10	11	70	40	60
High moisture corn	10	40.0	100	20	80
Barley	13	17	29	73	27
Oats	13	53	90	83	17
Soybean meal	55	20	55	65	35
Canola meal	42	32	65	72	28
Sunflower meal	26	30	37	74	26
Fishmeal	67	12	0	40	60
Feather meal	89	4	5	29	71
Blood meal	92	5	5	18	82

الإحتياجات الغذائية لماشية اللبن

الاحتياجات الغذائية الحافظة هي الاحتياجات التي تلزم لحفظ حياة الحيوان وتستخدم للقيام بالعمليات الحيوية دون التغير في الوزن. وهي تحسب كما يلي:

الطاقة:

*- كل ١٠٠ كجم وزن حي يحتاج إلى:

*- ٠,٥١ كجم معادل نشا (الجاموس).

*-٠,٥٨ كجم معادل نشا (الأبقار).

البروتين:

*- كل ١٠٠ كجم وزن حي (أبقار أو جاموس) يحتاج إلى٥٠ جم بروتين مهضوم.

العناصر المعدنية:

*- كل (و)$^{٠.٧٥}$ يحتاج إلى ١.٧ جم كالسيوم ويمثل الإحتياج من الفوسفور ٨٠% من قيمة الكالسيوم.

الفيتامينات:

*- كل ١ كجم وزن حي يحتاج إلى:

*- ٤٢ وحدة دولية من فيتامين A.

*- ٦.٦ وحدة دولية من فيتامين D.

جدول رقم (٣٦): معادلات لحساب الاحتياجات من الطاقة و البروتين (NRC, 2001) للابقار الحلابة

Maintenance	NEm (Mcal) =0.080 x BW0.75
MilK	NEL (Mcal /kg of milk) =0.360 -0.0969 x fat %
Work	0.00045 kg BW x Km / day +0.0012 × kg BW+0.006 x kg BW if pasture is ,, hilly,,
Pregnancy	0.46 x (0.00318 x Days Pregnant) -0.0352)x Calf Birth

Wt /0.14 Body reserves (9.4 x kg fat gain + 5.6 x kg protein gain) x 0.85 if gain or 0.82 if l oss Growth 5.67 x kg BW gain$^{10.97}$ x (($BW^{0.75}$/ mat $BW^{0.75}$) /0.7
Metabolizable Protein Requirement إحتياجات البروتين القابل للتمثيل
Maintenance (0.0002) x 0.00275 x $BW^{0.6}$ x $BW^{0.5}$)/0.67 (scurf+ urinary) Metabolic fecal 0.03 SMI – (0.125 x 0.64 MPC) Gut proteins 0.4 x $BW^{0.6}$) x 0.00275 x $BW^{0.5}$) /0.67 Milk Kg milk x % true protein /0.67 { TP =0.93 x CP} Pregnancy (0.00069 x Days Pregnant- 0.0692) x Calf Birth Wt /0.33 Body reserves Protein gain /0.492 if gain or 0.67 if loss (Protein gain depends on BW and body condition). Growth Gain x 0.0294 - 0.0249 Retained energy /Gain) Work Non
National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.

إحتياجات الماشية الحلابة البلدية

العليقة الحافظة:

الابقار	٠,٥٨ كجم معادل نشا + ٥٠ جم بروتين مهضوم.
الجاموس	٠,٥١ كجم معادل نشا + ٥٠ جم بروتين مهضوم.

العليقة الحافظة:

* كل ١ كجم لبن (بقرى أو جاموسي) معدل يحتاج إلى:
* ٠,٢٦ كجم معادل نشا.
*٧٢ جم بروتين مهضوم.
* ٢,٧ جم كالسيوم و ١,٨ جم فوسفور.
* تعديل نسبة الدهن في اللبن إلى ٤%:

F.C.M = ٠,٤ م + ١٥ س كمية اللبن، نسبة الدهن ٤%.

* أفضل وزن لذبح العجول:

١٨٠ – ٢٠٠ كيلو جرام وفي مصر يتم الذبح على ٤٠٠-٥٠٠ كيلو جرام.

الاحتياجات الغذائية لماشية اللحم

جدول رقم (٣٧)

العنصر	احتياجات حافظة (و)^٠.٧٥	احتياجات العليقة الانتاجية	
		نمو فقط (١كجم)	نمو + تسمين (١كجم)
الطاقة	٠.٠٢٥ كجم م.ن	٢ كجم م.ن (حيوانات صغيرة حتى عمر ٦ شهور). ٢.٥ كجم م.ن (حيوانات في منتصف العمر من ٦-١٢ شهر). ٣ كجم م.ن (حيوانات قاربت على تمام النمو ١٢-١٨ شهر).	٢.٥ كجم م.ن (بداية التسمين). ٣ كجم م.ن (منتصف التسمين). ٤ كجم م.ن (نهاية التسمين).
البروتين	١.٧٥ جم بروتين مهضوم	٢٠% من الطاقة الانتاجية	٢٠ % من الطاقة الانتاجية

جدول رقم (٣٨) :

Net energy requirements of growing and finishing beaf cattle (Mcal/d) (from 1984 NRC on beaf)*

Body Weight kg.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
NEm Required:	3.30	4.10	4.84	5.55	6.24	6.89	7.52	8.14	8.75	9.33
Daily gain, kg	**NEg Required**									
Medium-frame steer calves										
0.2	0.41	0.50	0.60	0.69	0.77	0.85	0.93	1.01	1.08	
0.4	0.87	1.08	1.28	1.47	1.65	1.82	1.99	2.16	2.32	
0.6	1.36	1.69	2.00	2.29	2.57	2.84	3.11	3.36	3.61	
0.8	1.87	2.32	2.74	3.14	3.53	3.90	4.26	4.61	4.95	
1.0	2.39	2.96	3.50	4.02	4.51	4.98	5.44	5.89	6.23	
1.2	2.91	3.62	4.28	4.90	5.50	6.69	6.65	7.19	7.73	
Large-frame steers, compensating medium-frame yearling steers, and medium-frame bulls										
0.2	0.36	0.45	0.53	0.61	0.68	0.75	0.82	0.89	0.96	1.02
0.4	0.77	0.96	1.13	1.30	1.46	1.61	1.76	1.91	2.05	2.19
0.6	1.21	1.50	1.77	2.03	2.28	2.52	2.75	2.98	3.20	3.41
0.8	1.65	2.06	2.43	2.78	3.12	3.45	3.77	4.08	4.38	4.68
1.0	2.11	2.62	3.10	3.55	3.99	4.41	4.81	5.21	5.60	5.98
1.2	2.58	3.20	3.78	4.34	4.87	5.38	5.88	6.37	6.84	7.30
1.4	3.06	3.79	4.48	5.14	5.77	6.38	6.97	7.54	8.10	8.64
1.6	3.53	4.39	5.19	5.95	6.68	7.38	8.07	8.73	9.38	10.01
Large-frame bull calves and compensating large-frame yearling strees										
0.2	0.32	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91
0.4	0.69	0.85	1.01	1.15	1.29	1.43	1.56	1.69	1.82	1.94
0.6	1.07	1.33	1.57	1.80	2.02	2.23	2.44	2.64	2.83	3.02
0.8	1.47	1.82	2.15	2.47	2.77	3.06	3.34	3.62	3.88	4.15
1.0	1.87	2.32	2.75	3.15	3.54	3.91	4.27	4.62	4.96	5.30
1.2	2.29	2.84	3.36	3.85	4.32	4.77	5.21	5.64	6.06	6.47
1.4	2.71	3.36	3.97	4.56	5.11	5.65	6.18	6.68	7.18	7.66
1.6	3.14	3.89	4.60	5.28	5.92	6.55	7.15	7.74	8.31	8.87
1.8	3.56	4.43	5.23	6.00	6.74	7.45	8.13	8.80	9.46	10.10
Medium-frame heifer calves										
0.2	0.49	0.60	0.71	0.82	0.92	1.01	1.11	1.20	1.29	
0.4	1.05	1.31	1.55	1.77	1.99	2.20	2.40	2.60	2.79	
0.6	1.66	2.06	2.44	2.79	3.13	3.46	3.78	4.10	4.40	
0.8	2.29	2.84	3.36	3.85	4.32	4.78	5.22	5.65	6.07	
1.0	2.94	3.65	4.31	4.94	5.55	6.14	6.70	7.25	7.79	
Large-frame heifer calves and compensating medium-frame yearling heifers										
0.2	0.43	0.53	0.63	0.72	0.81	0.90	0.98	1.06	1.14	1.21
0.4	0.93	1.16	1.37	1.57	1.76	1.95	2.13	2.31	2.47	2.64
0.6	1.47	1.83	2.16	2.47	2.78	3.07	3.35	3.63	3.90	4.16
0.8	2.03	2.62	2.98	3.41	3.83	4.24	4.63	5.01	5.38	5.74
1.0	2.61	3.23	3.82	4.38	4.92	5.44	5.94	6.43	6.91	7.37
1.2	3.19	3.97	4.69	5.37	5.03	6.67	7.28	7.88	8.47	9.03

* Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

جدول رقم (٣٩):

Protein requirement of growing and finishing cattle (g/d) (from 1984 NRC on beaf) *

Body Weight, kg.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Medium-frame steer calves										
Daily gain, kg										
0.2	343	399	450	499	545	590	633	675	715	
0.4	428	482	532	580	625	668	710	751	790	
0.6	503	554	601	646	688	728	767	805	842	
0.8	575	621	664	704	743	780	815	849	883	
1.0	642	682	720	755	789	821	852	882	911	
1.2	702	735	766	794	822	848	873	897	912	
ing steersframe yearl-frame steer calves and compensating medium-Large										
0.2	361	421	476	529	579	627	673	719	762	805
0.4	441	499	552	603	651	697	742	785	827	867
0.6	522	576	628	676	722	766	809	850	890	930
0.8	598	650	698	743	786	828	867	906	944	980
1.0	671	718	762	804	843	881	918	953	988	1021
1.2	740	782	822	859	895	929	961	993	1023	1053
1.4	806	842	877	908	938	967	995	1022	1048	1073
1.6	863	892	919	943	967	989	1011	1031	1052	1071
Medium-frame bulls										
0.2	345	401	454	503	550	595	638	680	721	761
0.4	430	485	536	584	629	673	716	757	797	835
0.6	509	561	609	655	698	740	780	819	856	893
0.8	583	632	677	719	759	798	835	871	906	940
1.0	655	698	739	777	813	849	881	914	945	976
1.2	722	760	795	828	860	890	919	947	974	1001
1.4	782	813	841	868	893	917	941	963	985	1006
Large-frame bull calves and compensating large-frame yearling steers										
0.2	355	414	468	519	568	615	661	705	747	789
0.4	438	494	547	597	644	689	733	776	817	857
0.6	519	574	624	672	718	761	803	844	884	923
0.8	597	649	697	741	795	826	866	905	942	979
1.0	673	721	765	807	847	885	922	958	994	1027
1.2	745	789	830	868	904	939	973	1005	1037	1067
1.4	815	854	890	924	956	986	1016	1045	1072	1099
1.6	880	912	943	971	998	1024	1048	1072	1095	1117
1.8	922	942	962	980	997	1013	1028	1043	1057	1071
Medium-frame heifer calves										
0.2	323	374	421	465	508	549	588	626	662	
0.4	409	459	505	549	591	630	669	706	742	
0.6	477	522	563	602	638	674	708	741	773	
0.8	537	574	608	640	670	700	728	755	781	
1.0	562	583	603	621	638	654	670	685	700	
Large-frame heifer calves and compensating medium-frame yearling heifers										
0.2	342	397	449	497	543	588	631	672	712	751
0.4	426	480	530	577	622	665	707	747	787	825

* Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

0.6	500	549	596	639	681	721	759	796	832	867
0.8	568	613	654	693	730	765	799	833	865	896
1.0	630	668	703	735	767	797	826	854	881	907
1.2	680	708	734	758	781	803	824	844	864	883

جدول رقم (٤٠):

Calcium and Phosphorus requirement of growing and finishing cattle (g/d) (from 1984 NRC on beaf)*

Body Weight, kg.	Mineral	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Medium-frame steer calves											
Daily gain, kg											
0.2	**Ca**	11	12	13	14	15	16	17	19	20	
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	19	
0.4	**Ca**	16	17	17	18	19	19	20	21	22	
	P	9	10	12	13	14	16	17	18	20	
0.6	**Ca**	21	21	21	22	22	22	22	23	23	
	P	11	12	13	14	15	17	18	19	20	
0.8	**Ca**	27	26	25	25	25	25	24	24	24	
	P	12	13	14	15	16	17	19	20	21	
1.0	**Ca**	32	31	29	29	28	27	26	26	25	
	P	14	15	16	16	17	18	19	20	21	
1.2	**Ca**	37	35	33	32	31	29	28	27	26	
	P	16	16	17	17	18	19	20	21	21	
1.4	**Ca**	42	39	37	35	33	32	30	29	27	
	P	17	18	18	19	19	20	20	21	22	
Large-frame steer calves, compensating medium-frame yearling steers, and medium-frame bulls											
0.2	**Ca**	11	12	13	14	16	17	18	19	20	22
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	20	21
0.4	**Ca**	17	17	18	19	19	20	21	22	23	24
	P	9	10	12	13	15	16	17	19	20	22
0.6	**Ca**	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25
	P	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22
0.8	**Ca**	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	P	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23
1.0	**Ca**	33	32	31	31	30	30	29	29	29	28
	P	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.2	**Ca**	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30
	P	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24
1.4	**Ca**	44	42	40	38	37	36	34	33	32	31
	P	18	18	19	20	20	21	22	22	23	24
1.6	**Ca**	49	47	44	42	40	38	37	35	34	32
	P	20	20	20	21	21	22	22	23	24	24
Large-frame bull calves, compensating large-frame yearling steers,											

* Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

0.2	**Ca**	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22
	P	7	9	10	12	13	15	17	18	20	21
0.4	**Ca**	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25
	P	9	11	12	13	15	16	18	19	21	22
0.6	**Ca**	23	23	23	24	24	25	25	26	27	27
	P	11	12	14	15	16	18	19	20	22	23
0.8	**Ca**	28	28	28	28	28	29	29	29	29	30
	P	13	14	15	16	13	19	20	21	22	24
1.0	**Ca**	34	34	33	33	32	32	32	32	32	32
	P	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.2	**Ca**	40	39	38	37	36	36	35	35	34	34
	P	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.4	**Ca**	45	44	42	41	40	39	38	37	36	36
	P	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26
1.6	**Ca**	51	49	47	45	44	42	41	40	39	38
	P	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26
1.8	**Ca**	56	54	51	49	47	45	44	42	41	39
	P	22	22	22	23	23	24	25	25	26	26
medium-frame heifer calves											
0.2	**Ca**	10	11	12	13	14	16	17	18	19	
	P	7	9	10	11	13	14	16	17	19	
0.4	**Ca**	15	16	16	16	17	17	18	19	19	
	P	9	10	11	12	14	15	16	18	19	
0.6	**Ca**	20	20	19	19	19	19	19	19	19	
	P	10	11	12	13	14	16	17	18	19	
0.8	**Ca**	25	23	23	22	21	20	20	19	19	
	P	12	12	13	14	15	16	17	18	19	
1.0	**Ca**	29	27	26	24	23	22	20	19	19	
	P	13	14	14	15	16	16	17	18	19	
Large-frame heifer calves, compensating medium-frame yearling heifers											
0.2	**Ca**	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21
0.4	**Ca**	16	16	17	17	18	19	19	20	21	22
	P	9	10	11	13	14	15	17	18	20	21
0.6	**Ca**	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22
	P	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21
0.8	**Ca**	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22
	P	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1.0	**Ca**	31	29	28	27	26	25	24	23	23	22
	P	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21
1.2	**Ca**	35	33	31	30	28	27	25	24	23	22
	P	15	16	16	17	17	18	19	20	20	21

جدول رقم (٤١):

Approximate total daily intake of water in beef cattle (from 1984 NRC on beef) *

		Temperature in ºF (ºC) [a]											
Weight		40 (4.4)		50 (10.0)		60 (14.4)		70 (21.1)		80 (26.6)		90 (32.2)	
kg	ib	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal
Growing heifers, steers, and bulls													
182	400	15.1	4.0	16.3	4.3	18.9	5.0	22.0	5.8	25.4	6.7	36.0	9.5
273	600	20.1	5.3	22.0	5.8	25.0	6.6	29.5	7.8	33.7	8.9	48.1	12.7
364	800	23.8	6.3	25.7	6.8	29.9	7.9	34.8	9.2	40.1	10.6	56.8	15.0
Finishing cattle													
273	600	22.7	6.0	24.6	6.5	28.0	7.4	32.9	8.7	37.9	10.0	54.1	14.3
364	800	27.6	7.3	29.9	7.9	34.4	9.1	40.5	10.7	46.6	12.3	65.9	17.4
454	1000	32.9	8.7	35.6	9.4	40.9	10.8	47.7	12.6	54.9	14.5	78.0	20.6
Wintering pregnant cows [b]													
409	900	25.4	6.7	27.3	7.2	31.4	8.3	36.7	9.7	-	-	-	-
500	1100	22.7	6.0	24.6	6.5	28.0	7.4	32.9	8.7	-	-	-	-
Lactating cows													
409+	900+	43.1	11.4	47.7	12.6	54.9	14.5	64.0	16.9	67.8	17.9	61.3	16.2
Mature bulls													
636	1400	30.3	8.0	32.6	8.6	37.5	9.9	44.3	11.7	50.7	13.4	71.9	19.0
727+	1600+	32.9	8.7	35.6	9.4	40.9	10.8	47.7	12.6	54.9	14.5	78.0	20.6

[a] Water intake of a given class of cattle in a specific management regime is a function of dry matter intake and ambient temperature. Water intake is quite constant up to 40 ºF (4.4 ºC).

[b] Dry matter intake has a major, influence on water intake. Heavier cows are assumed to be higher in body condition and to require less dry matter and, thus, less water intake.

* Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

الاحتياجات الغذائية للأغنام

جدول رقم (٤٢)

العنصر	حافظ (و)$^{٠.٧٥}$	٨ أساسبيع		٨ أسابيع أخيرة	
		حولي	توأم	حولي	توأم
الطاقة (م.ن)	٠.٠٢٨ كجم	١٤٥% من الحافظ ME	١٧٧% من الحافظ	٨٠% من الحافظ	١٤٥% من الحافظ
البروتين (ب.م)	٢.٤٧	٢٧جم/ميجا كالوري طاقة انتاجية	٣٠جم/ميجا كالوري طاقة انتاجية	٢٤جم/ميجا كالورى انتاجي	٢٧جم/ميجا كالوري انتاجي
كالسيوم	٠.١٤ (جم)	٢٧٥% من الحافظ	٣٢٥% من الحافظ	٤٢% من الحافظ	٢٧٥ من الحافظ
فوسفور	٩٤% من الكالسيوم	٦٢% من الكالسيوم الانتاجي		٩٠% من الكالسيوم الانتاجي	٦٢% من الكالسيوم الانتاجي

العنصر	نمو			حمل متأخر
	حوالي وحوليات استبدال	حوالي فطام مبكر	حوالي ذبح	
الطاقة (م.ن)	١١٢ × (و) $^{٠.٧٥}$ × (١ + ٥.٥ × معدل الزيادة اليومية كجم) احتياجات كلية			٨٠ % من الحافظ
البروتين (ب.م)	٢٤.٢٥جم/ميجا كالوي طاقة كلية ME	٤٢جم/ميجا كالوري طاقة كلية ME	٢٧.٢٥جم/ميجا كالوري طاقة كلية ME	
كالسيوم	١٠٠ جم نمو	←	٢.٥ جم كالسيوم	
فوسفور	الإحتياج الكلي من الفوسفور = ٦٠% من الكالسيوم الكلي			

الاحتياجات الغذائية للماعز

جدول رقم (٤٣)

العنصر	احتياجات حافظة (و)	النشاط الزائد		
		خفيف (تربية مكثفة – المناطق الحارة)	متوسط (في المناطق الجافة والمرتفعة نسبيًا)	عالي (في المراعي الجبلية
الطاقة (م.ن)	٠.٠٢٧ كجم	٢٥% من الحافظ	٥٠% من الحافظ	٧٥% من الحافظ
البروتين (ب.م)	٢.٨٢ كجم			
كالسيوم	٠.٢ جم	٢٥% من الحافظ	٣٠% من الحافظ	٤٠% من الحافظ
فوسفور	٩٤ % من الكالسيوم الحافظ	٧٠% من احتياجات الكالسيوم الانتاجية		

العنصر	حمل متأخر (آخر شهرين)	نمو	لبن (١كجم لبن ٤% دهن)
الطاقة (م.ن)	٠.٠٠٢ كجم/(و)$^{٠.٧٥}$	٠.٢ كجم / ١٠٠ جم نمو	٠.٣٣ كجم
البروتين (ب.م)	١.٩٧ جم /(و)$^{٠.٧٥}$	١٩.٥جم / ١٠٠ جم نمو	٤٦.٦ جم
كالسيوم	يضاف ٢ جم زيادة على الحافظ	١ جم / ١٠٠ جم نمو	٣ جم
فوسفور	٧٠ % من احتياجات الكالسيوم الانتاجية		

موسوعة الهضم الميكروبي في المجترات

Symposium on microbial digestion in ruminants

تمثيل النتروجين في الكرش: Nitrogen Metabolism in the rumen

أُجريت عديد من الدراسات الجيدة المتعلقة بموضوع تمثيل النتروجين في الكرش، لذا تختص هذه الدراسة بتناول ميكانيكية تمثيل النتروجين في المجترات بصورة أساسية لفهم هذا الموضوع. وقد أصبح واضحا أن تمثيل النتروجين في المجترات يعتمد على التمثيل المركب والمعقد للمركبات النيتروجينية بميكروبات الكرش. ويعتمد حفظ النشاط الطبيعي للميكروباتnormal microbial activity في الكرش على أنشطة تمثيلية عديدة مصاحبة في المجترات وخلالها. ولتدارك بعض هذه العلاقات، فقد ركزت هذه المقالة/الموضوع على التفاعلات التي تحدث خلال الكرش وتمثيل النتروجين مع توضيح خاص على استخدام النتروجين غير البروتيني الذي سيتم شرحه من خلال الموضوعات التالية:

- تحلل المركبات النيتروجينية في الكرش.
- استخدام NPN بميكروبات الكرش.
- تمثيل النتروجين الممتص.

١–تحلل المركبات النيتروجينية في الكرش

Degradation of nitrogenous compound in the remen

بروتين وأحماض أمينية: خلال تحليل محتويات الكرش تبين أن التحلل السريع للكازين والتحلل البطيء جدا لبروتين الذرة الزيين Zein يصاحبه تكوين الأمونيا والأحماض الدهنية وقد وجد أن الكازين المحتوي على كربون ١٤ المشع C14 Labeled Casein المستخدم في الدراسات الميكروبية في الكرش in vitro تؤدي الي انطلاق أحماض دهنية C14-labeled fatty acids وامونيا وفي دراسات على الانزيمات المحللة للبروتين في ميكروبات الكرش The proteolytic action of

rumen micro-organisms، وجد زيادة الأحماض الأمينية الحرة عند إضافة التولوين في مخلوط التفاعل لتثبيط انزيمات ازالة الأمين deaminases والتي تسبب تحرر وانطلاق الأمونيا. وفي دراسة تقدير توزيع النتروجين في محتوي الكرش باستخدام Fractionation Techniques أوضحت نشاط انزيمات تحليل البروتين الميكروبي بالكرش واستخدام نيتروجين غير بروتيني وغير الامونيا. كما أن Protealytic activity لكامل محتوي الكرش لا تتأثر بمحتوي العليقة من البروتين وأن البروتوزوا وكلا البكتريا الكبيرة والصغيرة أظهرت exhibited proteolytic activity وجزء صغير فقط من البكتريا المنعزلة/ المفصولة Isolated كانت proteolytic actively وقد عزلت ٢٧١سلالات بكتريا من سائل الكرش، ٢٨% فقط تعمل على البروتين لإنتاج الامونيا. تبين أن Proteolytic microorganisms isolated لا هوائية اختياريا Facultative anaerobes ولكن البكتريا اللاهوائية الكاملة/الملتزمة لاهوائي/إجباريا strict anaerobic bacteria تظهر activity proteytic وأكدت الدراسات أن البروتوزوا تحلل الكازين إلي ببتيدات وأحماض أمينية.

وتعمل متحللات الكازين (أو نواتج التحليل) casein hydrolysates على washed rumen microorganisms لإنتاج أمونيا وأحماض دهنية، بينما مخاليط الأحماض الأمينية تعمل بنفس الطريقه ومن بين ٢٣ حمض أميني تمت دراسته منفردا، حمض الاسبارتيك فقط نزعت مجموعة الأمين منه بسرعة أما حمض الجلوتاميك والسيرين والسستين والسستيئين والأرجنين ينزع مجموعة الأمين منها أكثر بطأ. هذه الأحماض الأمينية تنزع مجموعة الأمين منها مع انتاج الأحماض الدهنية الطيارة. ولوحظ أن حمض الاسبارتيك أكثر سرعة في نزع مجموعة الأمين منه بواسطة خلايا بكتريا الكرش المغسولةwashed rumen bacterial cells من أي

أحماض أمينية أخري.

وفي دراسات معملية in vitro على ميكروبات الكرش لنزع مجموعة الأمين من البرولين والفالين والليوسين ومن الممكن تقسيم الأحماض الأمينية الي ثلاث مجموعات طبقا لمعدلات نزع مجموعة الأمين بواسطة ميكروبات الكرش. إذا تم تحضين الالانين والبرولين معا مع خلايا بكتريا الكرش المغسول، تنتج أمونيا أكثر سرعة من تحضين كل واحد منهما على حدة. ويقترح إمكانية حدوث تفاعل من نوعية stickland type التي تتضمن اكسدة ونزع الأمين oxidative deamination لأحد الحامضين الأمينين واختزال ونزع الأمين للحامض الأميني الآخر.

$$\text{L-Glutamic acid} + \text{NAD} \xrightleftharpoons[\text{Dehydrogenase}]{\text{glutamic}} \text{Alpha ketoglutaric acid} + \text{NAD } H_2 + NH_4.$$

وقد أصبح احتمال حدوث تفاعلات Stickland type في نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية بواسطة ميكروبات الكرش محل شك.

في تجارب على تحلل الأحماض الأمينية من نوعين L-isomers لخمس أحماض أمينية بواسطة ميكروبات الكرش وجد أن إنزيم decarboxylases تؤثر على عملية نزع مجموعة الكربوكسيل لحمض الليسين الأورنتيين، وأيضا مجموعة الأمين الفا لهاذين الحامضين الأمينيين تزال بواسطة مبكروبات الكرش لإنتاج مشتقات الامين للحمض الدهني المتطابق Corresponding amine derivative of the fatty acid. كما أن الترتبوفان ينتج الاندول Indol المطابق له. وقد وجد أن الأمينات تنتج من الأحماض الأمينية بعد التحضين مع سائل الكرش rumen liquor في وجود الجلوكوز.

بالنسبة لدراسات الحيوية in vitro لإنتاج الامونيا في الكرش فهي تحدث بسرعة في حالة أحماض الاسبارتيك والجلوتاميك وبيتا الانين. احتمال سرعة نزع مجموعة أمين

حمض الاسبارتيك بواسطة بكتريا الكرش قد تحدث كنتيجة لفعل إنزيمات متخصصه deaminase, aspirates وهذه من خلال ملاحظة أن المستخلصات الخالية من خلايا بكتريا الكرش Cell- free extracte of rumen bacteria.

تنزع مجموعة أمين حمض الاسبارتيك مع انتاج حمض الفيوماريك + الامونيا. وقد ثبت فعالية aspartase activity في البكتريا اللاهوائية اختياريا وليس في البكتريا اللاهوائية الملتزمة ويتم التفاعل عكسيًا:

$$\text{L.Aspartic acid} \xrightarrow{\text{Aspartase}} \text{Fumaric acid} + NH4^{+}$$

وبالرغم من عدم ثبوت حدوثه في ميكروبات كائنات الكرش، ألا أن نزع مجموعة أمين الجلوتامات خلال فعل NAD المرتبطة بانزيم جلوتاميك ديهيدروجيتز معروفه بحدوثها في كائنات اخري وهذا التفاعل العكسي قد يحدث بالمعادلة التالية:

$$\text{L-Glutamic acid} + \text{NAD} \xleftrightarrow[\text{Dehydrogenase}]{\text{glutamic}} \text{Alpha ketoglataric} + NH_4\ \text{acid} + NADH_2 + NH_4$$

حدوث هذا التفاعل الواسع في مختلف الانسجة النباتية والحيوانية ينظر اليه كميكانيكية محتملة في نزع مجموعة أمين حمض الجلوتاميك أو إذا وجدت تركيزات عالية من أيونات الامونيوم ينتشر ويسود NAD المختزل والفاكيتوجلوتاريك، قد يصبح التفاعل عكسيا وقد تثبت الامونيا على السلسلة الكربونية مع احتمالية وجود حمض الجلوتاميك في تفاعات نقل مجموعة الأمين. تنزع مجموعة الأمين للثريونين والسيرين بإنزيمات معينة deaminas أو قد تسمي أحيانا. dehydrases هذه الانزيمات التي تنشأ ويتحصل عليها من الأحياء الدقيقة في الكرش تحتاج بيريدوكسال فوسفات (VIT B6) كقرين إنزيم. نزع مجموعة الأمين الثريونين والسيرين تشمل ازالة عناصر الماء من ذرات الكربون الفا وبيتا، وهذه التفاعلات كلها تتضمن نزع الأمين من السيرين والثريونين كما يلي:

$$\text{L- Serine} \xrightarrow[\text{Deaminase}]{\text{Serine}} \text{pyruvic acid} + NHA_4 + H_2O$$

$$\text{L-Threonine} \xrightarrow[\text{Deaminase}]{\text{Threonine}} \text{Alpha ketobutyric acid} + NH_4 + H_{20}$$

اليوريا urea:

من الممكن أن تحل اليوريا محل جزء من البروتين في عليقة المجترات، حيث تحلل الانزيمات The enzymatic degradation اليوريا الي أمونيا وثاني اكسيد الكربون بواسطة محتويات الكرش. رغم أن عديد من أنواع بكتريا الكرش اللآهوائيا اختياريا أظهرت فعاليةureolytic activity، هذه الفعالية محدودة ظاهريا بين البكتريا اللاهوائية. عديد من البكتريا المنتجة لانزيم اليوريز urease–preoducing bacteria موجودة في محتويات الكرش، ويبدو أن إنزيم اليوريز مهم في المجترات سواء تغذت على علائق طبيعته أو صناعية. ومع ذلك، عديد من بكتريا non-ureolytic streptococci القادرة على استخدام الآمونيا تم عزلها، معدل تحليل اليوريا في الكرش ٨٠ مللجم يوريا /١٠٠سم محتوي الكرش/ ساعة وهناك دليل من استثناء استبعاد امونيوم كاربامات كمركب وسطي في تحليل اليوريا بانزيم اليورينيز.

مركبات NPN غير اليوريا NPN Compounds other than urea:

بسبب تحرر/انطلاق الامونيا السريع من اليوريا في الكرش، والاستخدام الفقير/الضعيف للنيتروجين في العلائق عالية تركيز اليوريا والتى قد تمثل خطورة سمية الحيوان The potential danger of toxicity حدت أو قللت من استخدام اليوريا في تغذية المجترات ولهذه الاسباب فإن مركبات NPN الأخري درست كبروتين أحلال محتمل في تغذية المجترات. من بين مصادر NPN العديدة مولاس القصب المنشدرةammoniateal cane molasses وكذلك نواتج صناعة الطحن المنشدرة

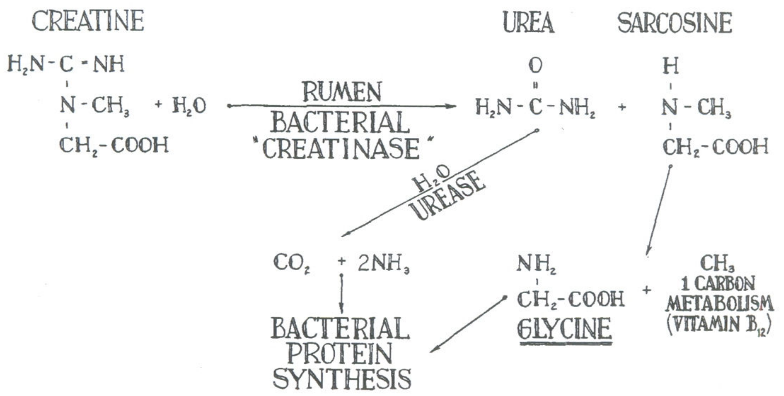
ammoniated products of the milling industry وهي فقيرة الاستخدام.

وفي دراسة معملية in vitro على الامونيا الحرة للنواتج المنشدرة هي فقط المستخدمة بواسطة ميكروبات الاجسام الدقيقة في الكرش. لا ينطلق/لا يتحرر النتروجين المرتبط في المولاس المحول المنشدرة The bound nitrogen in amoniated invert molasses بميكروبات الكرش في الثور steer بعد فترة أقلمة adaptation period ١٢٣ يوم خلال فترة يكون فيها الثور يتغذي مركبات/نواتج منشدرة ammoniated product. من بين مركبات NPN الكثيرة التي تتغذي عليها الحملان فإن البيوريت Biuret بين هذه المركبات لها أقل تأثير على مستوي نيتروجين الامونيا في الدم. ميكروبات الكرش لا يكون elaborate انزيمات معتمدة خاصة بتحليل مركبات NPN الكثيرة، ولكن بعد تغذية الحملان بـ propionamide لفترة ٢–٣ اسابيع أدت إلى تحسين استخدام الاميد. أوضحت الدراسات أن البيوريت والبيوريت الخام (مخلوط محتوي ٤٠% بيوريت، ٤٥.٥% يوريا، ٦.٧% ترورت triuret، ٧.٦% حمض سيانوريك Cyanuric acid، ٠,٣% ماء). تعتبر مصادر مرضية وكافية للنيتروجين المضاف لتسمين الاغنام وغير سام، ومع ذلك أوضحت دراسات *in vitro* أن البيوريت لا تستخدم كمصدر غير سام للنيتروجين لميكروبات الكرش. البيوريت الخام لا يسبب أعراض تسمم did not induce toxic symptoms في الحملان والثيران، ولكن هذا المصدر يعتبر محدود القيمة في تغذية المجترات، رغم أن الغنم يستخدم نيتروجين البيوريت مثل نيتروجين اليوريا.

أوضحت الدرسات أهمية السماح بوقت كافي للتغذية على البيوريت لتكوين انزيمات تحلل البيوريت بواسطة ميكروبات الكرش. لوحظ تحسن في استخدام نيتروجين البيوريت الخام بالحملان بزيادة الفترة الابتدائية الي ٣٥ يوم. وفي دراسات أخري قدرت فترة الأقلمة ٤ – ٦ أسابيع وهي كافية لتحسين استخدام البيوريت

بالحملان والعجلات الحلابة، وهذا يوضح أهمية السماح بوقت كافي لضبط المجتمع الميكروبي بالكرش بمصدر NPN لتحليلها ويصبح النتروجين متاح لتكوين البروتين الميكروبي.

مركب NPN أخر يمكن أن يكون واعد ومهم في الأحلال للبروتين المتكون في تغذية المجترات وهذا المركب هوالكرياتين creatine وثبت أن الكرياتين يستخدم مثل اليوريا ولكن في هذه الحالة تكون هناك حاجة لمصدر فيتامين ب١٢، ومن المعروف أن كل من فيتامين ب١٢، حمض الفوليك مطلوب ويحتاج إليهما في تمثيل مركبات ذرة الكربون الواحدة one-carbon compounds. الحاجة لاضافة فيتامين ب١٢، يرجع الي الكميات الكبيرة من مركبات ذرة الكربون الواحدة المتكونه في الكرش نتيجة تحليل الكرياتين. وكذلك اضافة فيتامين ب١٢ له علاقة بهدم الكرياتين أكثر من التكوين غيرالكافي للفيتامين بواسطة فلورا الكرش، وقد وجد أن اضافة حامض الفوليك ولا فيتامين ب١٢ لا يؤدى إلى تحسن استخدام النتروجين بواسطة الحملان التي تتغذي على علائق شبه نقيه semi-purified rations تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين المضاف. رغم أن الكرياتين يتم تحليلها بواسطة الانزيمات الميكروبية إلي يوريا ومركبات نيتروجينية أخري التي يعتقد أنها sarcosineوالتي لم يستطيع التعرف أو الاستدلال عليها. ومن خلال استخدامpaper chromatography أن الكرياتين تتحلل الي يوريا وساركوزين بواسطة الكائنات الدقيقة في الكرش ويتحلل الساركوزين الي جليسين وفورمالدهيد، وعلي هذا الأساس أن تحلل الكرياتين بالاحياء الدقيقة في الكرش قد يحدث كما في الشكل التالي.



شكل رقم (٢٠) Proposed pathway of creatine degradation in the rumen
(Campbell, 1958)

امكانية استعمال الكرياتين كنيتروجين مضاف في تغذية المجترات يبدو انها تعتمد على البطء المستمر في انطلاق الامونيا خلال التفاعلات كما هو موضح في الشكل السابق، وتبين أن انطلاق وتحرر الآمونيا من الكرياتين يتم خلال تفاعلية.

الهدم بواسطة الكرياتينيز creatinase.

الهدم بواسطة اليوريز urease.

أذا افترض أن معدل التحويل العالي لليوريز يفوق معدل إنزيم الكرياتتينز، فإن معدل تحرر الامونيا سوف يعتمد على معدل تكوين اليوريا خلال فعل الكرياتينيز على الكرياتين. رغم أن داي أمونيوم فوسفات diammonium phosphate أظهر تأثير أقل على PH الكرش ومستويات نتروجين امونيا الدم عن الكميات المكافئة من اليوريا، استخدام النتروجين من المصدرين لم يكن مختلفًا معنويا في الحملان.

٢-استخدام نيتروجين الامونيا بواسطة ميكروبات الكرش

The utilization of ammonia uitrogen by rumen microorganisms

الطريقة التي تحرر نيتروجين الامونيا والتي تستخدم في تكوين الأحماض الأمنية بواسطة الامعاء الدقيقة في الكرش غير مفهومة، تكوين عشر أحماض

أمينية أساسية في كرش الغنم والماعز التي تتغذي على علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد في النتروجين قد ثبت علميا في دراسة حيوية in vivo وعلي أساس المعلومات المتاحة على تكوين الأحماض الأمينية بواسطة الانسجة الحيوانية والبكتريا، يبدو محتملا أنه في وجود الامونيا وحمض كيتوني مثل الفاكيتوجلوتاريك تستطيع ميكروبات الكرش تكوين حمض جلوتاميك من خلال النشدرة المختزلة reductive animation وفي وجود كثير من الأحماض الكيتونية التي تشمل حمض البيروفيك وحمض الفاكيتوجلوتاريك في سائل الكرش يقدم تأكيدًا لهذه الرؤية. على هذا الأساس يكون تكوين أحماض أمينة أخري متوقع الحدوث خلال تفاعلات نقل الأمين ووجود حمض كيتوني مناسب وجلوتامات، وهناك ثمة دلائل على نشاط وفعاليه إنزيم الترانساميnz transaminase activity لسائل الكرش rumen fluid.

تحتاج البكتريا المحللة للسيلولوز مثل cellulolytic rumen bacterium rumino-coccus flavefaciens أما isolvalerate أوisolbutyrate للنمو، ولكن لوحظ أن 2-ketoisovalerate, 2-ketoiso caproate أو ليوسين leucine لاتساعد على النمو، هذا الميكروب فشل في احتواء labeled leucine في البروتين، ولكن labeled isovalerate or isobutyrate تتحول الي C14- labeled leucine. وقد عبر عدد من الباحثين عن الاعتقاد بأن هذه المركبات تمتص بسرعة بواسطة خلايا البكتريا، بينما الليوسين ومشابهة أو نظيره الكتيو its keto analog ليست كذلك ومن الواضح أن أي من isolvalerate أو isolbutyrate يتم الحاجة إليهما بسبب عدم قدرة الميكروب على تكوين مجموعات isopropyl groups.

بالرغم من أن الأحماض الأمينية الكبريتية هي وحدات تركيبية Structural units لميكروبات الكرش مثل بروتينات انسجة المجترات، هناك دليل واضح على

أن احتياجات هذه الأحماض الأمينية ممكن تغطيتها خلال قدرة ميكروبات الكرش على استخدام الكبريت غير العضوي في تكوين السيستين، الستئين والميثونين، فقد ذكر أن الحملان التي تتغذي على علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين وكبريت غير عضوي كمصدر وحيد للكبريت قادرة على انتاج نمو طبيعي للصوف. وقد وجد أن اضافة. Labeled sulfur للعليقة أدى إلى ظهور سيستين الصوف.

تغذية الماعز الحلابة على S35 في صورة صوديوم سلفات أظهره في السسيتين والميثونين في بروتينات اللبن، ووجد أيضا أن S35 يرتبط مع ميكروبات الكرش في الغنم. وأنS35 في صورة سلفات عضوية تكون سيستين أكثر سرعة من تكوينها الميثونين ويتم اختزال السلفات إلى السلفيد sulfide عن طريق ميكروبات الكرش. ويعتقد أن السلفيد يستخدم في تكوين الأحماض الأمينية الكبريتية، ويفترض أن السلفيد تكون السستئين والسيستين أوالهوموسستيئن Homocystein وبالنسبة للميثونين يأتي من cystathionine أو خلال ميثله، Methylation of homocysteine.

لا يوجد معلومة عن قدرة المجتمعات الميكروبية في الكرش أنها قادرة على تكوين الأحماض الأمينية من نيتروجين الأمونيا، ومع ذلك، هناك دليل يوضح الحاجة الي بعض النتروجين العضوي المضاف لتحقيق اعلي استخدام للنيتروجين. احتياجات النتروجين لمعظم البكتريا المعزولة من الكرش ممكن تغطيتها بالأمونيا ولكن بعضها يحتاج الأحماض الأمينية، ويوجد دليل أن تنشيط النموقد يتم بالبيتيدات peptides اضافة نيتروجين عضوي لعلائق عالية اليوريا قد تؤدي الي تطور مدي فعالية أنواع كبيرة من بكتريا الكرش broader spectrum of rumen bacteria بامدادها بالعناصر الغذائية التي تحتاجها بعض الأنواع الأكثر في متطلباتها The more fastidious species هناك احتمالية تحسين عام في تمثيل ميكروبات

الكرش قد تحدث نتيجة فعالية virtue النتروجين العضوي المضاف الذي يعطي معدل غير محدد للعنصر الغذائي anti-limiting nutrient.

اضافة الميثوين يحسن استخدام النتروجين في الأغنام التي تتغذي على علائق تمثل اليوريا ٤٠% من النتروجين الكلي بها. اضافة المثيونين لا يسبب زيادة معنوية في استخدام النتروجين في الحملان، ومع ذلك الميثونين يزيد النمو in vivo growth لميكروبات الكرش، وقد وجد أن احلال ١٧%، ١١% نيتروجين يوريا بكميات ١٧% مثيونين، ١١% وتربتوفان مماثلة نيتروجينيا، يحسن استخدام النتروجين، في الحملان التي تتغذي على علائق شبه نقيه والتي بها ٨٧% من النتروجين الكلي في صورة يوريا. تحسين استخدام النتروجين نتيجة اضافة الميثونين بالرغم أن هذه العلائق بها كمية كافية من السلفات غير العضوية والموجودة في مخلوط المعادن.

فعالية مخلوط الببيتدات في تحسين استخدام النتروجين للحملان التي تتغذي على علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين، تأكد عندما وجد أن احلال ٨% نيتروجين اليوريا مع كميات متكافئه نيتروجينيا من الكازين المتحلل انزيميًا يحسن استخدام النتروجين، ويتوقف ذلك على نوعية العلف الخشن المستخدم في التغذية roughage fed فقد وجد أن الكازين المتحلل انزيميا فعال ونشط في تحسين استخدام النتروجين عند التغذية على علائق تحتوي قوالح الذرة corn cobs بينما يكون غير فعال و غير نشط عندما يكون تبن القمح هو مصدر العلف الخشن في العليقة.

في دراسات معملية in vitro أخري تأكد تكوين بروتين ميكروبي بالكرش من نيتروجين غير بروتيني بقياس كل من نقص/انخفاض النتروجين غير البروتيني وبقياس الزيادة في النتروجين المترسب precipitated nitrogen. زيادة البروتين

الميكروبي(النتروجين المترسب) وصلت الي أعلي قيمه خلال تسعة ساعات وغالبا خلال ٣ – ٦ ساعات وفي بعض القياسات كانت أربعة ساعات. سبب فشل ميكروبات الكرش في استمرار تكوين البروتين في انظمة in vitro قد يكون راجعًا الي تراكم المنتجات النهائية المثبطة للتمثيل الغذائي، استخدام اغشية شبه منفذة Semi-permeable membranes اونظام التدفق المستمر a continuous flow system قد يحسن تكوين البروتين الميكروبي معمليًا in vitro. وفي دراسة باستخدام N15- labeled ammonium chloride في تكوين بروتين الكرش المبكروبي، وجد أن قصر فترة التحصين (نصف ساعة) واستخدام البنسلين والكلوروتتراسيكلين والسلفانيلاميد تمنع احتمال استهلاك N15- ammonia uptake نتيجة تضاعف الخلايا cell multiplication ولعل الزيادة في trichloracetic acid precipitated nitrogen ترجع الي زيادة في المواد المحتوية على نيتروجين مركب the complex nitrogen containing material مستقر بين الخلايا.

٣-التمثيل الغذائي النيتروجيني الممتص Metabolism of absorbed nitrogen :

لكي ندرك مفهوم التغذية الأساسية بالنيتروجين غير البروتيني NPN المأكول في المجترات يمكن القول أنه بعد تكوين البروتين الميكروبي من NPN الذي يتحل في المنفحة abomasum والقناة الهضمية وامتصاص الأحماض الأمينية في الدم التي تحمل الي الانسجة والتي تستخدم لتكوين البروتينات ظاهريا عالية القيمة الحيوية، حيث أن تركيب الأحماض الأمينية الأساسية لبروتين الكرش الميكروبي يمكن مقارنته بالعديد من البروتينات النباتية والحيوانية. عند تغذية الأحياء الدقيقة الجافة (بالكرش) في علائق الفئران، وجدت القيمة الحيوية (B.V) للبروتين الميكروبي تتراوح بين ٨١، ٨٨%. تركيب الأحماض الأمينية لبكتريا الكرش قد

تختلف قليلا نتيجة تغيرات في العليقة فقط، مشتملة التغذية على علائق بها يوريا بمعدل ٥٧% من النتروجين، حيث وجد أن تركيب الأحماض الأمينية لبكتريا Isolated rumen streptoccus وتركيب الأحماض الامين لسائل الكرش كانت متشابه ومتساوية مع تركيية الأحماض الامينيه للكازين، ويبدو أن العديد من الأنواع الميكروبية في الكرش تمنع تغيرات ملحوظه في القيمة الحيوية للبروتين وتجعلها متاحة للحيوان العائل بعد الهضم في الأمعاء، ومع ذلك لوحظت تغيرات مميزة وواضحة في طبيعة المجتمعات الميكروبية البكتيرية لسائل الكرش في الغنم التي تغذت على علائق نقيه تحتوي على كميات كبيرة من اليوريا، واكدت الدراسات أن التغذية على علائق بها يوريا بتركيزات عالية تقلل القيمة الحيويه لكبتريا وبروتوزوا الكرش وعند عزل بكتريا بروتوزوا كرش الحملان تغذت على علائق بها يوريا ٨٣% من النتروجين الكلي، وجد أن القيمه الحيوية لبكتريا وبروتوزوا الكرش عند تغذيتها في عليقة الفيران كانت ٦٨%، ٦٦% على الترتيب، قد تخدم بروتوزوا الكرش لزيادة القيمة الحيوية لمخلوط المجتمعات في الكرش، حيث القيمه الغذائية لتحضيرات البروتوزوا الجافة كانت أعلي للفيران من تحضيرات بكتريا الكرش، ويرجع ذلك لتركيزات الأحماض الأمينية الأساسية حيث كانت أعلي في البروتوزوا عن البكتريا.

عند استخدام ميزان اليتروجين كأساس في تقدير مدي استخدام اليوريا في المجترات، عكس طرق أخري قد تستخدم لدراسة تمثيل النتروجين في الكرش، فقد وجد أن النتائج المتحصل عليها من ميزان النتروجين تعكس تغيرات في تمثيل نيتروجين الكرش وعلاقته بالتمثيل الغذائي في جسم الحيوان كله. معظم تجارب تمثيل النتروجين أُجريت في محطة غرب فرجينيا في السنوات الحديثة، وبعد فترة ابتدائية مدتها ١٠ ايام يتبعها من ٢ – ٧ مرات متتالية (كل مرة ١٠ أيام فترة جمع)، واستخدمت حملان تجارية تغذت على علائق شبه نقيه semi-purified ration

تحتوي حوالي ١.٦% نيتروجين، ثلثيه ٢/٣ (ثلثين) من اليوريا، وكان الاستهلاك اليومي لمكونات العليقة التالية:تبن قمح مطحون ٤٠٠ جم، مولاس black strap molasses ١٧٠ جرام، نشا الذرة ٧٦ جرام، يوريا ١٨ جرام، دكستروز ٣٣ جرام، بروتين فول صويا نقي ١٣ جرام، زيت ذرة ٢٩جرام، مخلوط أملاح معدنية ٢٧ جرام، مخلوط فيتامينات.

بالرغم أن استخدام فترات جمع متتاليةsuccessive collection periods قد تمت أساسا لدراسة التأثيرات السامة المحتملة، فانه لوحظ تحسن في احتجاز النتروجين الممتص في الحملان بزيادة طول الفترة الزمنية لتغذيتها يوريا ومركبات نيتروجينية غير بروتينية أخري. وقد استخدمت تحليلات احصائية متضاعفة للأنحدارmultiple regression analysis لقياس طبيعة العوامل المؤثرة على استخدام النتروجين في الحملان التي تغذت على علائق شبه نقيه تحتوي يوريا.

استخدام النتروجين المكافيء للنسبة المئوية لاحتجاز النتروجين الممتص في الحيوان، يتوقع قيمته من خلال المعادلة:

$$Y= 111.93 - 1.093 X_1 - 1.065 X_2 +0.201 X_3-0.006 X_4.$$

هذه المعادلة تمثل انحدار النتروجين المستخدم على المتغيرات التالية:

--- = X_1 النسبة المئوية لنيتروجين اليوريا في العليقة .Percent of ration urea nitrogen

--- = X_2 النسبة المئوية للنيتروجين في العليقة Percent of ration nitrogen

--- = X3 طول الفترة الزمنية للتغذية على اليوريا .Length of time urea wsa fed

= X_4. سنة التجربة Year of trail

وجد أن استخدام النتروجين تأثر معنويا($P<0.01$) بالنسبة المئوية لنيتروجين اليوريا (X_1) وطول زمن التغذية على اليوريا (X3). ومن الممكن تبسيط معادلة الانحدار المتضاعف Multi regression equation

$$Y=41.5+0.201 X_3$$

وبإدخال متوسط قيم نسب نيتروجين اليوريا في العليقة (X_1)، ونسب نيتروجين العليقة (X_2) قد يتحسن استخدام النتروجين ٠,٢٠١% وحدات يوريا /اليوم يتم تغذيتها لفترة ٥٠ يوم. هذا التحسن في استخدام النتروجين كفعل طول الفترة الزمنية لتغذية اليوريا والتي يطلق عليها الاستجابة للأقلمة adaptation response .

وفي تجربة حديثة في West Virginia استخدمت اليوريا كمصدر وحيد للنتيروجين في علائق الحملان في تجارب تمثيل النتروجين. حيث حل نيتروجين اليوريا محل جميع بروتين الصويا النقي في العليقة السابق تركيبها. وهذه العليقة قد تؤثر على adaptation response واستخدمت معادلات انحدار متضاعف بنفس التغيرات السابقة مع اضافة متغير أخر وهو محتوي الطاقة المتاحة، والمعادلة هي:

$$Y=-98.525 +0.385\ X_1\ X0.054\ X_2 + 58.230\ X_3+0.035\ X_4$$

تمثل انحدار نسبة استخدام النتروجين المئوية على المتغيرات التالية:

طول الفترة الزمنية للتغذية على اليوريا (يوم)

X_1 =length of time urea was fed (days)

X_2 = percent of total nitrogen supplied by urea nitrogen

النسبة المئوية للنيتروجين الكلي المضاف على صورة نيتروجين يوريا.

X_3= percent of uear nitrogen in ration

النسبة المسئوية لنيتروجين اليوريا في العليقة.

X_4= gross energy from readily available carbohydrates

الطاقة الكلية من الكربوهيدرات المتاحة.

وقد بذل مجهود لتبسيط معادلة هذا التوقع، تم ادخال X_2 , X_3 , X_4 وتأثير الفترة الزمنية على النسبة المئوية لاحتجاز النتيروجين الممتص.

$$\text{Absorbed nitrogen retained \%} = 37.59 +0.3895\ X_1$$

هذا يوضح زيادة ٠,٣٩% في احتجاز النتروجين الممتص/ يوم تغذية الحملان

على علائق فيها جميع النتروجين بها مصدرة اليوريا. بالرغم أن ميل هذه المعادلة أكثر انحدارا من النتائج المتحصل عليها في دراسات سابقة. والنسبة المئوية الابتدائية الأولية لاحتجاز النتروجين الممتص كان أقل كثيرا.

استخدمت الطرق المعلمية in vitro techniques في دراسة الحاجة للكربوهيدرات المتاحة الكافية لاستخدام نيتروجين الأمونيا، و في دراسات الحيوية in vivo لتكوين بروتين الكرش الميكروبي، وجد أن استخدام النتروجين في علائق الثيران بها حوالي ٣٣% من نيتروجين العليقة مصدرها اليوريا لايتأثر بكربوهيدرات مختلف الحبوب النجيلية ولكن السكرات السريعة التخمر في قصب السكر لا يمكن مقارنتها بكربوهيدرات الذرة في تشجيع أو تحسين استخدام النتروجين. سكرات السكروز، الجلوكوز، اللاكتوز مساوية في تأثيرها على استخدام النتروجين في الحملان التي تتغذي على علائق تحتوي يوريا. ووجد أن النسبة بين الاميلوز الي الاميلوبكتين قد تؤثر على استخدام نيتروحين اليوريا بواسطة ميكروبات الكرش. وباستخدام نتائج ميزان النتروجين على حملان تغذت قوالح الذرة، تبن القمح، لب الباجاس (لب تفل قصب السكر bagasse pith) أو مطحون الشوفان oat mill feed في علائق ٦٧% من النتروجين مصدرها اليوريا، وجد أن استخدام النتروجين تأثر بمصدر كربوهيدرات عالى الألياف حيث زاد استخدام النتروجين بقوالح الذرة، قل باستخدام لب الباجاس ومجروش الشوفان عند المقارنة مع نتائج تم الحصول عليها باستخدام حملان تغذت على تبن القمح. كما وجد أن إحلال كميات مختلفة من اتبان القمح مع كميات متساوية من مخلوط الدكستروز والنشا حسن من استخدام النتروجين في الحملان التي تغذت على علائق تحتوي يوريا.

درس تأثير اضافة الكربوهيدرات المتاحة على استخدام النتروجين في الحملان التي تغذت على علائق مصدر النتروجين بها من اليوريا فقط، استخدمت متغيرات X_3، X_2،

X_1 في معادلة انحدار متضاعف درست سابقا لتقدير المعادلة المبسطه.

$$Y = 10.08 + 0.0354\ X_4$$

يجب ملاحظة أن المستوي الأقل من الكربوهيدرات المتاحة في العلائق العالية في الطاقة معنويًا لحفظ الحملان على أوزان ثابته نسبيا، زيادة الكربوهيدرات المتاحة من ١٢٠٠ كالوري/اليوم الي ١٩٠٠ كالوري/ اليوم هذا يؤدي إلي زيادة خطية في استخدام النتروجين حوالي ٦٠%. هذا النوع أو الخلط من الزيادة يتوافق مع التأثيرالمحسن لإضافة الدكستروز على استخدام النتروجين في الثيران التي تغذت على علائق شتوية تحتوي على بروتين ١٠% على الاقل. ومع ذلك فإن العليقة التي تحتوي جلوكوز او نشا قد تكون مسئولة عن نقص أو قلة استخدام اليوريا في المجترات.

تحسين استخدام النتروجين بزيادة مستوي الكربوهيدرات المتاح في العلائق قد تحدث من زيادة تكوين البروتين الميكروبي، وهذه قد تكون لها علاقة باتاحة الكائنات الدقيقة لمزيد من الكربوهيدرات أو المركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في الوقت التي ينطلق فيه نيتروجين الامونيا من اليوريا أو البروتين اويكون لها علاقة بزيادة تركيز الكربوهيدرات او المركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في أنسجة الحيوان. هذه المواد قد تحسن استخدام الامونيا الممتصة بامداد الطاقة لاحتياجات البناء البروتيني وبامداد الهيكل الكربوني للأحماض الأمينية غير الأساسية.

عامل آخر يؤثر على التأقلم adaptation response في الحملان هو جرعة بالفم من داي ستلبسترول diethyl stilbestrol (DES) إضافة المركب DES في العلائق شبه النقية المحتوية على NPN تؤدي الي أعلي استخدام نيتروجين خلال عشرة أيام، مقارنة بحوالى٤٠ يوم المعتادة للتأقلم لتحقيق أعلي استخدام للنيتروجين. DES تسبب زيادة افراز هرمون النمو المعروف بتأثيره على زيادة استخدام النتروجين خلال فعله على تكوين بروتين الانسجة. كذلك وجد أنDES ليس له

تأثير على افراز نيتروجين الروث التمثيلي ونيتروجين البول التمثيل الداخلي والكرياتين والألنتوين allantion .

وقد أُجريت تجارب عديدة للتحقق من طبيعة ومكان التأقلم وبعيدًا عن النتائج غير الحاسمه وغير النهائية فإن احتمالية أن التأقلم مطلوب لإظهار تحسين استخدام NPN بواسطة الكائنات الدقيقة لم تحسم بعد Strenghthened.

وفي دراسات معملية in vitro يحدث تكوين البروتين بميكروبات الكرش اسبوعيا ويستمر لمدة سبعة اسابيع في حملان بها فيستيولا fistulated lambs تغذت على علائق مضاف اليها يوريا. ومع ذلك، أي أقلمة لجرعات عالية من أملاح الامونيوم تكون محددة بميكروبات الكرش

وقد أظهر مخلوط (خليط متجانس) من الاغشية المخاطية المتجانسة للكرش homogenates of rumen mucosa القدرة لتكوين L.glutamate التي قد تعمل كمساعد لتقليل الفقد في نيتروجين الأمونيا الممتصة. ويعمل إنزيم جلوتاميك ديهيدروجينيز على تكوين الجلوتامات في مخلوط (مخلوط متجانس) الاغشية المخاطية المتجانسة للكرش على تقليل نيتروجين الامونيا. وحقيقة أن تكوين الجلوتامات يحدث في مخلوط (خليط متجانس) من الأغشية المخاطية المتجانسة للكرش عن طريقdialyzed (فصل الأغشية شبه الغرويه عن المواد الأخري القابله للذوبان عن طريق غشاء فارز) لازالة البيريدوكسال فوسفات، قرين الإنزيم في عملية نقل الأمين، ويقترح أن تكوين الجلوتامات كان نتيجة لتكوين الامين بالاختزال reductive amination أكثر من نقل الامين transaminatation على أقلمة الحملان لاستخدام NPN من خلال زيادة فعالية إنزيم جلوتاميك ديهدروجينيز في الغشاء المخاطي للكرش rumen mucosa وتم ذلك في تجربة اشتملت على دراسة ميزان النتروجين anitrogen metabolism- slaughter experiment وذبح أربعة حملان تغذت على دريس لمجموعة الكنترول،

بالاضافة إلى ١٨ حمل تغذت على عليقة شبة نقية مصدر النتروجين بها يوريا فقط كما يلي:

- ٤ حملان بعد ١٤، ٢٨، ٤٢ يوم.
- حملان بعد ٥٤ يوم (على علائق اليوريا).

اخذت عينات من كرش كل حيوان وتم تخزينها في فريزر. جهزت ثمانية عينات متجانسة بضرب عينة من الاغشية المخاطية لكرش كل حمل في خلاط لاستخدامها في تقدير فعالية ونشاط إنزيم جلوتاميك ديهدروجينيز. وجد أن إمتداد التغذية وطول مدتها على اليوريا لا تؤثر على فعالية ونشاط إنزيم جلوتاميك ديهيدروجنيز للأغشية المخاطية في الكرش. وعلي الرغم أن هذه الملاحظة تميل الي أبعاد هذه السمه aspect لتمثيل الاغشية المخاطية في الكرش rumen mucosal metabolism من الاعتبار كموقع محتمل لاستجابة الاقلمة adaptation response، فهي لا تمنع preclude احتمالية تثبيت الامونيا بالانسجة وقد يكون ذلك مظهر مهم لتمثيل NPN في المجترات.

في وجود كل من Reduced NAD كافية ومصدر كربوهيدرات وسيط precursors يشمل ألفا كتيوجلوتارات يتوقع أغشية الكرش المخاطية أن تستخدم كميات ملحوظة من الامونيا في تكوين الجلوتامات. تكوين جلوتامات في أغشية الكرش المحاطية تساعد وتسهل استخدام NPN في الكبد خلال عمليات وتفاعلات نقل الامين وبإمداد مركبات وسطية يحتاج اليها في تكوين اليوريا.

من خلال دراسات على تكوين الاميدات في الأغشية المخاطية بالكرش، أكدت وجود تركيزات عالية من نيتروجين الاميدات في أغشية الكرش المخاطية، يقترح أن اضافة مول من الامونيا قد يستخدم في تكوين اميد الجلوتامين من الجلوتامات. وهذا المركب الاخير معروف بانه يستخدم في الكبد لتكوين عديد من المركبات

النيتروجينيه متضمنه البيورينات purines، هكسوز أمينات hexoseamines كما وجد أن حوالي ٩٠% من NPN في الكرش تختفي خلال ستة ساعات،، ولا يمكن استنتاج inferred أن كلها تتجه لتكوين البروتين الميكروبي حيث أن كميات مختلفة من الأمونيا تمتص خلال جدر الكرش الي الدم. معدل التحليل السريع لليوريا بواسطة إنزيم اليوريز الميكروبي في الكرش قد يمنع امتصاص اليوريا من الكرش الي الدم.

لا تمتص الأحماض الأمينية من الكرش، ومع ذلك، ممكن امتصاص الأحماض الأمينية من كرش الاغنام المخدرة anesthetized sheep ولكن ليس من الكرش في الأغنام المخدرة يتحرر نتيروجين الامونيا من مركبات NPN اوالبروتينات ويعتمد ذلك على كمية ونوعية الكربوهيدرات في العليقة بتكوين البروتين الميكروبي بمعدلات مختلفة متغيرة. الزيادة في نيتروجين الامونيا عن الممكن استخدامه في تكوين البروتين تمتص من الكرش وفي حالة PH الكرش ٦.٥، معدل نقل الامونيا عبر انسجة الكرش الخارجية the rumen epithelium يكون معتمدا على تدرج التركيز The concentration gradient. رغم القول المتكرر بأن نيتروجين الامونيا الممتص من الكرش يفقد من الحيوان، غير أن عدة عوامل قد تعمل لجعل هذا القول غير صحيح.

أولًا: معروف قديمًا أن أملاح الأمونيوم ممكن استخدامها في تكوين الأحماض الأمينية غير الأساسية، ومعروف حاليا هذا يحدث خلال تكوين الأمين المختزل (الاختزال الأميني). Reductive amination لالفاكيتوجلوتارات يومًا تتبعه من تفاعلات نقل الأمين.

ثانيًا: أي من الجلوتامات أوالجلوتامين التي تمثل ارتباط واحد أو اثنين من نيتروجين الامونيا، على الترتيب مع كيتو جلوتارات لتتضمن تكوين البيورينات

Purines ، بريميدناتpyrimidines ، هكسوسامنيات hexosamines، وحتي اليوريا urea خلال دورة ألآورنيثين.

أخيراً، حوالي ٠,٥ يوريا تعود إلى الكرش كل يوم في اللعاب في الغنم، وقد تأكد وجود دورة تجديد البروتين protein regeneration cycle، يتم تكوين اليوريا في الكبد ومن خلال الدم يفرز في الكرش، ويتضمن ذلك نقل نشط لليوريا عبر جدار الكرش كإفراز اليوريا في الكرش ولا يتأثر بتركيزات اليوريا في الدم. وتأكد بالدليل أن المجتمعات الميكروبية بالكرش والهضم الميكروبي، تركيز نتروجين الكرش، تركيز نيتروجين الامونيا تمكن الحفاظ عليه ثابتًا على المستويات الطبيعية في الحملان التي تتغذى على علائق منخفضة في مستوي النتروجين خلال استخدام التغذية في الاثني عشر للنيتروجين المضاف، وأن ٣.٠ جم يوميًا على الأقل من النتروجين قد ترجع الي الكرش كيوريا. استخدام كميات كبيرة من اليوريا في المجترات تؤدي الي مستويات عاليه من نيتروجين أمونيا الدم الوريدي والعام (العادي) portal and systemic blood وظهور أعراض تسمم. ورغم ثبوت التأثير الأول لأرتفاع مستويات نيتروجين امونيا الكرش أنه كان زيادة في نيتروجين الامونيا في الدم الوريدي لم يكن كذلك حتي يتعدى مستوى امونيا الكرش ٦٠ ميللي مول لكل لتر سائل الكرش فيزيد نيتروجين الامونيا في دم الأطراف Peripheral blood (متعلق بسطح الجسم) ويعتقد انها نتيجة عدم قدرة الكبد على تحويل الامونيا الي يوريا بالسرعة التي تحضرها من الكرش وسواء هذا الارتفاع في مستوي نيتروجين امونيا الدم نتيجة تفاعل المعدل المحدد لدورة الاورنتين rate-limiting reaction of the ornithine cycle أو التركيزات المنخفضة للمركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في الكبد غير معروفة.

التركيزات العالية من نيتروجين الامونيا في الكرش ممكن أن تقل بتقديم

الكربوهيدرات المتاحة في الكرش، وقد وجد أن درجة pH المنخفض وزيادة تحويل الامونيا الي بروتين بكتيري يحدث في الأنظمة المعملية in vitro كنتيجة اضافة الجلوكوز. أكثر انخفاض مستدام لنيتروجين امونيا الكرش يحدث عند التغذية على حشائش grass levan والنشا أكثر بواسطة السكرات السريعة التخمر والجلوكوز والسكروز. أفضل استخدام للأمونيا بعد اضافة النشا قد تكون نتيجة زيادة اعداد الأحياء الدقيقه بالكرش. تؤدي الكربوهيدرات المتاحة في الكرش الي ارتفاع في كميات البروبيونات التي تزيد زيادة ملحوظة في مستويات جلوكوز الدم. وعند اجراء تجارب عديدة على تمثيل النتروجين في الحملان التي تغذت على علائق تحتوي يوريا كمصدر مضاف وحيد للنيتروجين. وجدت علاقة عكسية موجودة بين نيتروجين امونيا الدم وتركيزات جلوكوز الدم.

دور كلية المجترات ruminant kidney في ضبط افراز اليوريا يظهر من الأهمية بمكان للحيوانات التي تتغذي على علائق منخفضه البروتين، وينظم افراز اليوريا بواسطة الانتقال النشطي active transport في انابيب الكلية renal tubules، يتم افرازاليوريا بالتغيرات في نسبة البروتين في العليقة. وأن ٩٥% من اليوريا في الراشح في حوض الكلية glomerular filtrate يمتص في انابيب الكلية renal tubules للماعز التي تغذت على علائق منخفضة في مستوي البروتين لمدة ستة ايام بينما التغذية لفترة زمنية طويلة لعلائق عالية في تركيزات اليوريا تزيد من امتصاص اليوريا كجزء من ميكانيكية زيادة استخدام النتروجين.

اقتصاديات تمثيل الطاقة الاحشائية في المجترات

Economics of Visceral energy metabolism in ruminants

حفظ الرسوم أو خدمات الدخل الداخلي Toll keeping or internal revenue service

الملخص:

أوضحت المقاييس عبر فترات العمر الانتاجية Productive states أن أحشاء التفريغ البابي The portal – drained viscera، والكبد، جميع الأنسجة الاحشائية The total splanchnic tissues يستهلك ٤٠ – ٥٠% من أكسجين الجسم والحرارة الناتجة، يعزى هذا المعدل العالي من التمثيل الغذائي جزئيا إلي معدلات عالية من دوران البروتين Protein turnover ولهذا استخدام الأحماض الأمينية كما لو كان لهم خدمات أخري Other service functions يؤكد تمثيل وامتصاص العنصر الغذائي وادارة/ازالة المخلفات waste management هذه القوة أو الشدة الميتابوليزميه metabolic intensity والمركز التشريحي للأمتصاص The anatomic position of absorptive وأنسجة الكبد تؤدي إلي افتراض أن الأنسجة التي تمثل وتمتص ومعظم عمليات قدوم أو امداد العناصر من العليقة مثل دفع ضريبة دخولها إلي باقي أعضاء الجسم. هذه الرسوم أو الضريبة التي تخصمها الانسجة والأعضاء الاحشائية يعتقد أنها تؤثر سلبيًا على امتصاص العناصر الغذائية وزيادة للدخول في مخزون الدم الشرياني The arterial blood pool حتى وصولها إلى الأعضاء الإنتاجية productive organs مثل الغدة اللبنية أو عضلات الهيكل العظمي. مقاييس جريان/التدفق الصافي للعناصر الغذائية عامة net nutrient flux تدعم هذا المفهوم للتمثيل الأحشائي الذي يحدد توريد الطاقة لباقى أعضاء الجسم. وبالتالي إمداد بالأمر dictating supply

وعلي هذا الأساس فإن ظهور العناصر الغذائية الكبرى التي أساسها الكربون

الممتص إلي الوريد البابي تكون منخفضة مقارنة مع معدلها في الاختفاء من تجويف الأحشاء.

التفسير البديل أن هذا الاسترداد الصافي المنخفض من العناصر الغذائيه الممتصة عبر الأنسجة الاحشائية.

يعزى إلى التمثيل الواسع الشامل extensive للعناصر الغذائية من المخزون الشرياني الذي يخفي المعدلات الحقيقية للامتصاص. من هذا المنطلق أي رسوم أو ضريبة لتأكيد الخدمات المشتركة الاجتماعية community services تدفع باستخدام موارد داخلية internal funds.

قياس تحركات العناصر الغذائية nutrient kinetics بإستعمال النظائر المشعة isotopic labeling يدعم السيناريو scenario الأخير. وفي حالة الكبد مثلًا فإنه يقود هدم الأحماض الأمينية جزئيًا حسب العرض والطلب supply and demand مع التوزيع طبقًا للكثافة المجتمعية التي يمثلها في العضو مع الترحيل أو المكافئ التمثيلي لحرق البقايا.

وبالمثل، المعدلات النسبية لتمثيل الأحماض الأمينية في الأحشاء والغدة اللبنية تختلف مع الاحتياجات. تمثيل العديد من العناصر الغذائية المنتجة للطاقة يختلف مع الطلب والعرض والحاجة للخدمات المجتمعية المشتركة مثل ادارة المخلفات وازالتها.

المقدمة:

في اتزان دخل استهلاك الطاقة energy expenditure أو الحرارة تمثل مكون واقعي جوهري substantial component في ميزانية الطاقة للحيوانات المجترة. جزء الطاقة القابلة للتمثيل الكلي التي تنفق أو تسهلك كحرارة تتراوح بين ١ في حالة حفظ الحياة إلي حوالي ٠,٧ في العجلات النامية وحوالي ٠,٥ –٠,٦ في الأبقار

الحلابة. وقد درست المصادر التمثيلية لهذا الإنفاق expenditure لجميع المستويات الخلوية والعضوية، وتشمل حفظ حياة تركيب الخلية واكتمال فعلها العمليات الحيوية مثل نقل الأيون ومعدلات تحويلات البروتين. بسبب تكوين البروتين والتحلل وعمليات الطاقة المكلفةenergetically expensive processes فإن الأنسجة ذات المعدلات العالية من دوران وتحويلات البروتين لها معدلات عالية من إنفاق الطاقة واستهلاكها واحتياجات الأحماض الأمينية، مثل المعدلات العالية من التدفق الدموي Blood flow لإمداد الأكسجين وإزالة ثاني أكسيد الكربون.

معدلات التمثيل العالية تجسد typify معظم الأنسجة الاحشائية مثل القلب والكلية والقناة الهضمية والكبد، التي تدعم الافعال الخدمية التي تساهم في معدلاتها التمثيلية. تستقبل الكلية الدم المتدفق/تيار الدم لكل وحدة كتلة unit mass أكثر من أي نسيج أخر في المجترات، ولكن في هذه الحالة معدل تدفق الدم العالي يعزي جزئيا إلي فعلها في إفراز نواتج المخلفات وحفظ ميزان السوائل، ولهذا فإن استخلاصها الجزئي للأكسجين كان أقل من الأنسجة مثل الكبد. في حالة العجلات النامية تحسب الكلية حوالي ٦% من استهلاك أكسجين الجسم ولكن تدفق دمائها واستهلاك الأكسجين كانت ثابته نسبيا عبر عليقتين لهما نسبة العلف الخشن:العلف المركز، مستويان من الاستهلاك، وجد أن فعلها التمثيلي يمثل التكاليف الحقيقية لحفظ الحياة.

تمثيل الأحشاء Splanchnic Metabolism:

بإستثناء الكلية تستقطع أحشاء التفريغ البابي والذي يتكون من الجهاز الهضمي والبنكرياس والطحال، غشاء الأمعاء الشحمي والكبد من ٣٦-٥٤ من استهلاك الجسم الكلي من الاكسجين، وذلك في ماشية اللحم النامية واللبن. هذا الاستهلاك يتم جزئيًا من الطاقة القابلة للتمثيل والتى تعتمد إلى حد كبير على كتلة وفعل الأنسجة الاحشائية.

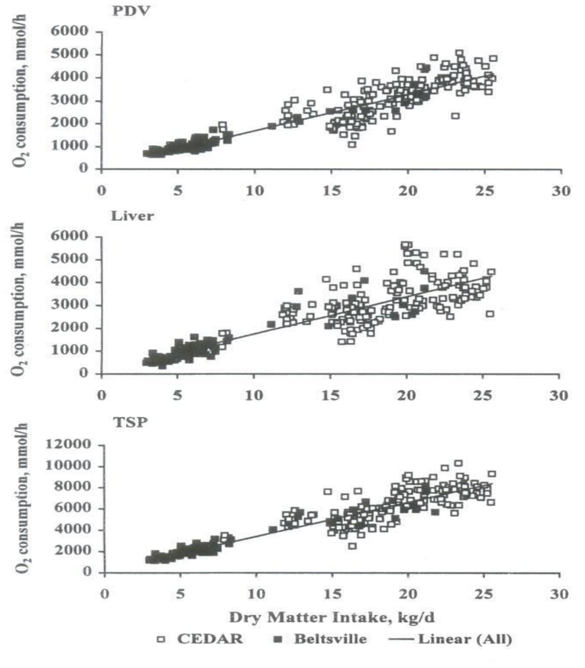


Figure . Relationship between dry matter intake and portal-drained viscera (PDV), liver, and total splanchnic (TSP) oxygen consumption in cattle. See text for references.

شكل رقم (٢١):

Relationship between dry matter intake and Portal-Drained Viscera (PDV), liver, and total splanchnic (TSP) oxygen consumption in cattle. See text for reference.

وعبر عدة دراسات على الماشيه النامية والحلابة في Beltsville في USDA، وأيضا في الماشية سواء الحلابة وغير حلابة. لوحظت اختلافات أكثر في استهلاك الاكسجين في الانسجة الإحشائية في حالة ماشية اللبن التي يكون استهلاكها أعلي ويرجع ذلك جزئيا الي نوعيات أكبر في تركيب العليقة، وأيضا إلي

الاختلافات في الحالة الانتاجية Productive state. في هذا الشأن، استهلاك الطاقة في الكبد تستجيب لاحتياجات العناصر الغذائية مثل DMI والعلاقة بين DMI واستهلاك الأكسجين في البقر الحلاب(شكل ٢١) كانت أكثر تغيرا للكبد (r^2= 0.33) من لـ (r^2 0.59 PDV) لأن الميتابوليزم للأنسجة الإحشائية يقدر بـ DMI فإنه ممكن يقدر / بحسب للجزء الواقعي والمادي للحرارة المتزايدة Substantial portion of body heat increment عند تغذية العجلات النامية على علائق أساسها الذرة المجروشة أو البرسيم الحجازي على مستويين متساويين من استهلاك الطاقة الممثلة (الطاقة القابلة للتمثيل المأكولة) وتحسب الانسجة الاحشائية الكلية ٤٤%، ٧٢% لربحية الزياده في استهلاك أكسجين الجسم للعليقتين، على التوالي.

التمثيل الحاد intense metobloism لـ PDV والكبد يحدث بدورها الكبير في تمثيل العناصر الغذائية وادارة المخلفات وازالتها. الانفاق/الاستهلاك الكبير PDV تتضمن الخدمات المشتركة لأجهزة الجسم، هذه الانسجة تعطي ما يعرف هضم العليقة، امتصاص العناصر الغذائية وتمثيلها الغذائي، حفظ التركيب الخارجي للأحشاء وفعل المناعة وعمليات التكوين خلال البنكرياس والطحال، تكوين مركبات عديدة ودورها في ادارة المخلفات وسميتها والتوكسينات تملي dictate احتياجات النشاط التمثيلي للكبد، الكبد، PDV لحفظ حياة الخلايا ونقل العناصر الغذائية مستويات مادية واقعية لنقل الأيون. كل هذا وخدمات مشتركة اخري تطابق ضريبة مادية واقعية في مصطلح استهلاك/انفاق الطاقة energy expenditure التي تدفع خلال ميتابوليزم المواد القابلة للأكسدة oxidizable substrates في المجترات، هذه الضرائب أو الرسوم تدفع كثيرا خلال ميتابوليزم الاستات والجلوكوز وبيتاهيدروكسي بيوتيرات B-oH-butyrate (BOHB) والأحماض الدهنية طويلة السلسلة التي تستهلك لإنتاج كثير من ثاني

اكسيد كربون الجسم. بالإضافة الي اعتبار كثير من الأحماض الأمينية غير الأساسية مصدرا هاما للكربون القابل للأكسدة لأنسجة خاصة مثل الخلايا الداخلية للأمعاء الدقيقة small intestinal enterocytes وتعطي ATP خلال دورة الكربون داخل الاعضاء المتخصصة specialized interorgan carbon shuttles بالاضافة إلى أن جميع الأحماض الأمينية تخضع للهدم والأكسدة خاصة عند امتصاصها وأتاحتها زيادة عن الاحتياجات.

لأن معظم العناصر الغذائية عند امتصاصها عن طريق الخلايا الظاهرية والداخلية للأمعاء تصبح متاحة للتمثيل الغذائي خلال الامتصاص، بالاضافة الي توالي المركز التشريحي للـ PDV والكبد كنظام أوعية دموية بابية Portal vascular system. جميع العناصر الغذائية تمتص في دم الوريد البابي portal vein blood للتخلص من السميه في الكبد قبل الوصول الي الوريد الاجوف vena cava، هذه الاعتبارات التشريحية والنشاط التمثيلي الحاد والقوي يحتاج لتدعيم الوظائف المشركة للأنسجة الاحشائية لتؤدي إلي الافتراض المنطقي أن الأجزاء المادية من العناصر الغذائية الممتصة من تجويف الامعاء تمثل خلال امتصاصها قبل انتقالها الي الدم الشرياني، وبالمناظرة by analogy، فإن انسجة الامتصاص للـ PDV وبالتالي الكبد تحدد ضبط الرسوم المدفوعة لدخول العنصر الغذائي وتعمل كحارس بوابة لدخول العناصر الغذائية الممتصة وبالتالي تفرض dictating اتاحة العنصر الغذائي في الدم الشرياني وتمد الأنسجة مثل الغدد اللبنية والعضلات.

مقاييس تمثيل الأنسجة الاحشائية

Measurement of splanchnic metabolism

مفهوم حفظ الرسوم التمثيلية the concept of metabolic"toll-keeping" وعمم بمقارنات انطلاق/تحرر العناصر الغذائية الصافي بالـ PDV مع حسابات أو مقاييس معدل امتصاص هذه العناصر المعدنية من تجويف القناة الهضمية، مع استثناء الأحماض الدهنية ذات سلاسل كربونية طويلة الممتصة في

الجهاز الليمفاوي، مقاييس امتصاص وتمثيل الدم الحامل للعناصر الغذائية بواسطة PDV والكبد التي يتحصل عليها باستخدام طرق القسطرة المتضاعفة multicatheterization procedure هذه الطرق قادرة في نفس الوقت على أخذ عينات للدم الشرياني والدم الوريدي المناسب لصرف الكبد، PDV أو أجزاء من PDV ومقاييس تدفق الدم.

المعدلات الصافية لإزالة العناصر الغذائية أو تحررها وانطلاقها بواسطة الأنسجة المختصة ممكن حسابها كمنتج لتدفق تيار الدم والإختلاف الشرياني والوريدي، ومع ذلك، هذه القياسات تمثل الجريان والتدفق الصافيnet flux الذي يساوي المعدلات المشتركة لانطلاق وتحرر العناصر الغذائيه إلي الدم الوريدي وازالتها من الدم الشرياني. مثال ذلك جريان/تدفقPDV صافي الجلوكوز في المجترات يكون غالبا صفر أو سالب قليلا وهذه ليست بالضرورة تعني أنه لا يوجد امتصاص للجلوكوز ولكن معدل تحرر وانطلاق الجلوكوز من خلايا الامعاء الدقيقة small intestinal enterocytes إلي الدم الوريدي المساريقيmesenteric vein blood يكوي مساوي أوأقل من معدل ازالة الجلوكوز من الدم الشرياني بواسطة انسجة PDV. تمثلPDV نوعية الانسجة التشريحية ومجموعة الأوعية ذات الخواص المتغيرة تشريحيًا ووعائيًا an anatomical and vascular aggregation of heterogeneous tissue types.

في حالة الجلوكوز والأحماض الأمينية حيث الامتصاص التمثيلي قد يحدث في خلايا الأمعاء الدقيقةsmall intestinal enterocytes هذه الخلايا تمثل جزء صغير لـ PDV الكلية. كثير من أنسجة PDV أخري مثل الكرش والأمعاء الخلفيه الظاهرية وعضلات المعي/الامعاء والبنكرياس والانسجة الضامة adipose لها احتياجات مادية واقعية من الجلوكوز والأحماض الأمينية. أي استخدام لهذه العناصر الغذائية من الدم الشرياني ستختفي بمعدل مكافيء للتحرر والانطلاق إلي

الدم الوريدي.

للحصول على قياسات معدلات إزالة أو انطلاق العناصر الغذائية الكلية أو أحادية الاتجاه بواسطة قياسات الأنسجة الإحشائية للجريان والتدفق الصافي أو يضم علامة النظائر المشعة للتمثيل القليل trace metabolism للعناصر الغذائية المعنيه، بتعليم أو وصف مخزون الدم عادة في ظروف ثابته under steady state conditions يتم ازالة العناصر الغذائية المعلمة من الدم الشرياني الممكن قياسها، وبالفرق تحسب معدل تحرر العناصر الغذائية الكلي. ومع ذلك، PDV هذه القياسات لاستخلاص العناصر الغذائية في الدم الشرياني لا تحسب لأي استخدام أو الفصل/العزل خلال الامتصاص. لقياس هذا الاستخدام الامتصاصي خلال المرور من تجويف الأمعاء إلي الدم الوريدي، يمكن للعنصر الغذائي المعلم (له علامة النظائر المشعة labeled) يدخل الي التجويف الامعائي والاسترداد في قياس الدم الوريدي. ومع ذلك، للحصول على المعدلات الحقيقية للفصل/العزل sequestration خلال المرور الأول للإمتصاص first pass absorption، الاستخلاص للعنصر الغذائي المعلم يعاد دورانه الي PDV في الدم الشرياني يجب حسابه بتزويده تلقائيا في مخزون الدم باستخدام علامة منفصلة separate label. مفاهيم هذه الطرق في الشكل (٢٢)، لقياسات الاستخدام الشرياني والامتصاصي للحمض الأميني ليوسين وفينايل الانين leu and phe بواسطة PDV للبقر الحلاب باستخدام أساليب على أساس نماذج/موديلات متطورة في الأغنام.

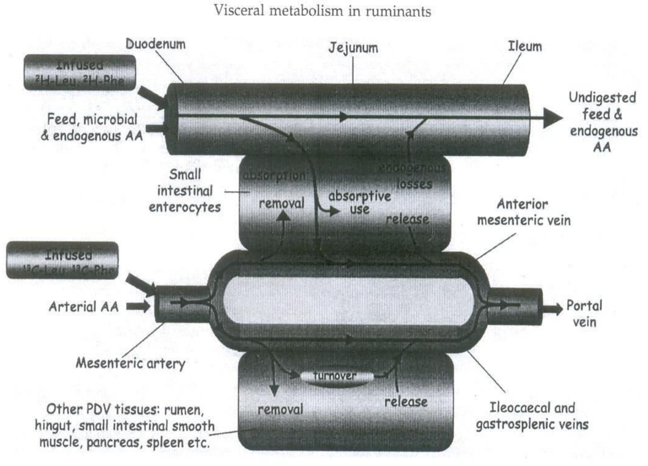


Figure Flow of leucine and phenylalanine within the portal-drained viscera as measured using multicatheterization, intestinal cannulation and dual isotope labelling procedures (Caton et al. 2001; Reynolds et al. 2001) based on the

شكل رقم (٢٢):

Flow of leucine and phenylanine within the portal-drained viscera as measured using multicatheterization, intestinal cannulation and dual isotope labeling procedures (Caton et al., 2001; Reynolds et al., 2001) based on the approach of MacRae et al., (1997a).

وهناك بدائل، ممكن قياس استخدام امتصاص العناصر الغذائية بمقارنة معدلات امتصاص معلومة أو مقدرة من تجويف الامعاء مع الانطلاق الكلي بواسطة PDV أو في حالة الجلوكوز والأحماض الأمينية فإن mesenteric – drained viscera (MDV) وبالاعتماد على موقع أخذ العينات بالتقاء/حشد وريد confluence of the ileocecal vein تمثل MDV الامعاء الدقيقة ودهن المساريقا المصاحبة مع أو بدون الأمعاء الغليظة والأعور.

تمثيل الأحماض الدهنية الطيارة Volatile fatty acid metabolism (VFA):

في المجترات، تمثل الأحماض الدهنية الطياره VFA الصورة الأساسية لتمثيل الطاقة طبقا لحوالي ثلثي الطاقة المهضومة الممتصة وتمثل مصدر هام للكربون للأكسدة وتكوين الدهون. ومع ذلك، تؤكد الدراسات المعلمية in vitro وقياسات

حيوية in vivo الرائدة أن الفقد الجوهري لـ VFA الأساسية الخلات والبروبيونات والبيوترات خلال امتصاصها عبر أنسجة الكرش الظاهرية باستخدام طرق القسطرة المتضاعفة وقياس التدفق الصافي للأحماض الدهنية الطيارة VFA في الغنم التي تغذت على مستويات حفظ الحياة من محببات والبرسيم الحجازي المجفف في جامعة Cornell أن تركيزات البروبيونات والبيوترات في الدم الشرياني كانت منخفضة جدا، فقد افترض استخدام قليل لهذه VFA الشرياني بواسطة PDV وأن التدفق الصافي مساوي للتحرر والانطلاق الكلي.

التركيزات الشريانية للخلات كانت واقعية وجوهرية لهذا قدرت إزالة الخلات الشريانية بواسطةPDV باستخدام استخلاص C14-acetate ويمكن حسابات تحرر وانطلاق الخلات الكلية الي الوريد البابي. هذه قياسات PDV بتحرير VFA تقارن بالقياسات السابق نشرها لإنتاج VFA الكرش ويتحصل عليها بتخفيف النظائر المشعة في الغنم التي تغذت بكميات متساوية من البرسيم الحجازي المجفف (معهد أبحاث Rowett في اسكتلندا) وبافتراض أن هذه القياسات لإنتاج الكرش مساوية/معادلة مع الكميات الممتصة حقيقيًا، فقد قدر أن ٣٠، ٥٠، ٩٢% خلات، بروبيونات، بيوترات تخضع إلي المرور الأول لتمثيل الامتصاص" First – pass"absorplive metablolism" ولا تصل الي الدم الوريدي. وعلي الأساس الصافي net basis , PDV تحرر وتطلق الخلات لحوالي ٥٠% فقط من انتاج خلات الكرش. هذه الأجزاء الشاملة للأمتصاص المستخدم VFA بواسطة الكرش اصبحت مبدأ متفق عليه.

قياسات أخري للزيادة الصافية في اطلاق PDV للأحماض VFA خلال تشرب الكرش ruminal infusions عند تغذية الماشية والغنم والتي تدعم مفهوم الاستخدام الامتصاصي الحاد extensive absorptive use للأحماض الدهنية

الطيارة. ومع ذلك، تستخدم أجزاء VFA من الأحماض الدهنية الطيارة الممتصة وبطريقة مختلفة من خلال الدراسات، ويرجع ذلك إلى الاختلافات في العليقة الأساسية ومستوي التغذية وتركيب وكميه تشرب الأحماض الدهنية الطيارة. وعلي الأساس الصافي، يحسب زيادة انطلاق وتحرر PDV الصافي لـ ٧٠ – ٤٧% خلات، ٨٥ – ٦٠% بروبيونات، ٣٢ – ٢٠% بيوترات تشرب في الكرش. التفسير المنطقي لحدوث فقد امتصاص نتيجة التمثيل الشامل هو دفع ضريبة الامتصاص الشامل consequence of extensive metabolic toll-keeping. حديثا تم تطوير التفسير البديل واستخدمت تقنيات القسطرة المتضاعفة ، وأيضا نظائر الخلات المشعة لقياس انطلاق PDV الكلية للأحماض الدهنية الطيارة في الغنم ولكن تطبيق الكرش المغسول washed rumen approach يستخدم في نفس الوقت لقياس امتصاص VFA من الكرش.

تحسب انطلاق وتحرر PDV الكلية للآستات والبروبيونات والبيوترات ١٠٩، ٩٥، ٢٣% امتصاصها من الكرش مع اقتراح اعتبار امتصاص أقل باستخدام الاستات والبروبيونات بالمقارنة مع الملاحظ سابقا. مازال PDV يتمثل بكميات معتبرة للأستات الشرياني ولكن هناك استخدام امتصاص first – pass قليل جدا للأستات والبروبيونات، مع اقتراح هذه القياسات لإنتاج الكرش بتخفيف النظائر قد تشمل كمية واقعية منطقية للأستخدام الميكروبي، وقد يؤخذ الاستخدام الميكروبي في الاعتبار عند تشرب VFA في كرش الحيوانات المغذاة، ولكن قد يكون النشاط الميكروبي قليل في الكرش المغسول washed rumen رغم حفظ المجتمعات الميكروبية في كرش الأغنام التي تحفظ كاملا بالتشرب داخل المعدة by intragastric infusion، قدرتها لاستخدام VFA غير مؤكد.

تكوين الاجسام الكيتونية في القناة الهضميةAlimentary ketogenesis:

في المعي الخلفي في غير المجترات هناك استخدام الامتصاص الشامل للبيوترات في النسيج الظاهري للكرش The ruminal epithelium يتضمن قدر البيوترات كل من الأكسدة والتحويل إلي الأجسام الكيتونية، BOHB، اسيتواستات، رغم أن الدراسات المعملية in vitro تقترح أن القدر السائد (% 90) للبيوترات n-buytrate في نسيج الكرش الظاهري هو التحويل إلي الأجسام الكيتونية وتمثل بيتا . هيدروكسي بيوترات الناتج الأساسي للـ alimentary ketogenesis تحسب عامة لـ ٧٥% أو أكثر من PDV الكلي تحرر أو تطلق الأجسام الكيتونية. ومع ذلك، تحت ظروف زيادة امتصاص البيوترات، يختزل اسيتواستات قليل إلي BOHB، حوالي alimentary ketogenesis%٥٥ في PDV يحسب للآستيواستات. ketogenic VFA اخر في النسيج الظاهري يتضمن i-buytrate and n-valerate ودليل جديد يؤكد ميتابوليزم in vivo مناسب لهذه VFA طويلة السلسة خلال امتصاصها. على أساس الاختبارات المعلمية in vitro evidence، تعتبر الاستات الممثلة خلال الامتصاص ketogenic في نسيج الكرش الظاهري في الحيوان الحى in vivo، ولكن بعض الدراسات تتحدي هذا الافتراض. على الأساس الصافي، تقديرات كمية البيوترات العظمي/القصوي المستخدمة خلال الامتصاص وبالتالي تتحرر/تنطلق الي الوريد البابي كـ BOHB أو BOHB + اسيتواستات في مدي يتراوح بين ١٤-٤٨% في الغنم والماشية.

مثل الاستات، تمثل الاجسام الكيتونية مصدر هام للمواد المؤكسدة للدم الشرياني، وبالتالي قياسات انطلاق / تحرر PDV الصافية تكون أقل تقدير من الانطلاق الكلي إلي مدي استخدامها من المصدر الشرياني، القياسات الحديثة في القسطرة المتضاعفة في الغنم والمتحصل عليها باستخدام 13C-BOHB توضح أن

استخدام BOHB الشرياني بواسطة PDV كان جوهريا وواقعيا، ويعادل انطلاق وتحرر PDV الصافي ويحسب لـ ٤٠% من معدل فقد الجسم غير العكسي. قدر تأثير تشرب بيوتيرات الكرش على تمثيل BOHB، ووجد أن انطلاق وتحرر BOHB بواسطة PDV محسوب لـ ٤٨ – ٦٢ % على الأساس الصافي والكلي، على الترتيب، لتشرب البيوترات لا يسترد في الوريد البابي. ومن المحتمل التحويل الي الاسيتواسنات، والاكسدة خلال الامتصاص، والاستخدام الميكروبي يحسب للمتبقي ٣٨% تشرب بيوترات الكرش.

وتشير الأدلة الحديثة على أن امتصاص الاستات والبروبيونات أقل من المقترح سابقا. تخضع The ketogenic VFA لتمثيل الامتصاص المناسب ولكن هذه تمثل لحد كبير اعادة تركيب repackaging كأجسام كيتونية وبالتالي الانطلاق الي الدم الوريدي والانتقال الي دورة الكبد The hepatic circulation. الاسترداد الصافي المنخفض للأستات الممتصة، BOHB من البيوترات الممثلة عبر PDV يكون جزئيا نتيجة consequence الاستخدام واللاحق لهذه المواد من الدم الشرياني التي تعطل negates الكميات الواقعية والجوهرية من التحرر والانطلاق الكلي العام. في PDV وباقي انسجة الجسم تحسب الاستات، BOHB للكميات الجوهرية الواقعية من انتاج ثاني اكسيد الكربون CO_2 وتكوين الأحماض الدهنية.

تمثيل الجلوكوز Glucose Metabolism :

الحسابات

السابقة لاسترداد واستخلاص recovery النشا المهضوم في الامعاء الدقيقة كزيادة انطلاق جلوكوز PDV الصافي توضح أيضًا استخدام الامتصاص الأساسي الواقعي للجلوكوز للقدر التمثيلي مثل الاكسدة، تدعم تكوين الدهن، تكوين الميوسين، التمثيل غير الهوائي جليكوليسس إلي لاكتات وجليسرول ٣ فوسفات في المجترات،

تمتص الأحماض الدهنية طويلة السلسلة بكثرة كـ NEFA، ويحتاج إلي الجليسرول للجلسريد الثلاثي وبالتالي تكوين Chylomicron وامتصاص الأحماض الدهنية طويلة السلسلة الي اللمف، ومع ذلك، هذا الفقد الفعالPotential loss للجلوكوز الممتص في انطلاق جلوكوز PDV الصافي في المجترات لم يتم تفسيرة بعد حيث الأحماض الدهنية طويلة السلسلة تمتص أوليا كـ acyl-glycerides في الماشية، استرداد واستخلاص النشا الصافي التشرب في المنفحة abomasum كزيادة انطلاق جلوكوز PDV الصافي يتراوح بين ٢٥ إلي ٥١%، هذا الاسترداد القليل يعكس جزئيا الهضم غير الكامل في الأمعاء الدقيقة، ولكن في دراسات أخري حيث تدفق الفائض للنشا ileal flow of starch تم حسابه. تفسيرات أخري للأسترداد المنخفض يشمل تخمر النشا في اللفائفي أو أستخدام الجلوكوز الشرياني بواسطة PDV وبالنسبة للأستات، BOHB فإن استخدام الجلوكوز الشرياني بواسطة PDV يؤخذ في الاعتبار ويمكن الحساب لـ ٢٠ – ٤٣ % body IRL، ويعكس هذا الاستخدام جزئيا استخدام بالانسجة الضامة الشحمية adipose مثل انسجة المعدة stomach tissues.

في حالة ثيران البقر التي تغذت على البرسم الحجازي (الفا الفا) فإن MDV تستخدم الاستات، BOHB والجلوكوز على الأساس الصافي، استخدام MDV الصافي للجلوكوز كان يعادل ٦٩% استخدام جلوكوزPDV الصافي الكلي، وعندما تغير الثيران تغذيتها الي عليقة تحتوي كميات كبيرة من نشا الذرة ويقاس التحويل إلي تحرر وانطلاق جلوكوز MDV الصافي. ومع ذلك، زيادة امتصاص جلوكوز MDV الصافي المقاس والمقدر كان يحسب جزئيا بالزيادة في استخدام المعدة الصافي والتي قد تعكس جزئيا زيادة استخدام الجلوكوز بواسطة غشاء الأمعاء الضام الشحمي omental adipose والذي يستنزف/يفرغ drained بواسطة وريد

.gastrosplenic vein

تؤكد دراسات حديثة أن زيادة امتصاص الجلوكوز من PDV ناتجة من ما بعد تشرب الكرش النشا أو الجلوكوز postruminal infusion تكون مصاحبة بزيادة استخدام PDV للجلوكوز الشرياني وبالنسبة للماشية النامية، فإن زيادة انطلاق وتحرر جلوكوز PDV الصافي محسوبة لـ ٥١% من النشا مكافيء/معادل في تشرب النشا المتحلل الي المنفحة. يرجع هذا الاسترداد القليل الصافي جزئيا الي ١٣٢% زيادة في استخدام PDV للجلوكوز الشرياني ويقاس باستخدام C14-glucose . الزيادة في استخدام PDV للجلوكوز الشرياني محسوب لـ ٢٠% الجلوكوز في تشرب النشا، ٥٢% الزيادة في جلوكوز body IRL. أظهر تصحيح استخدام PDV للجلوكوز الشرياني أن ٧١% الجلوكوز المتشرب يظهر في الدم الوريدي Portal blood، والباقي ٢٩% تكون أما غير كاملة الهضم الي جلوكوز وتخمرت أو تستخدم خلال الامتصاص. على النقيض، زيادات رقمية (٤٨%) في PDV استخدام الجلوكوز الشرياني خلال تشرب الجلوكوز في الأثني عشر في الغنم كانت غير معنوية، هذه قد تكون لها علاقة بنتائج سابقة أن استرداد الجلوكوز الوريدي الصافي المتشرب في المنفحة أكبر من عندما تتشرب نفس الكميات من الجلوكوز كنشا. تفسيرات محتملة للإسترداد الأكبر للجلوكوز الوريدي مقارنة بالنشا تشمل الاختلافات في ظهور العلامات المنظمة regulatory signals arising خلال دخول الجلوكوز عن طريق الأثني عشر مقابل اللفائفي ileum والتي لها تأثيرات مختلفة على استخدام الجلوكوز في الدهن وأنسجة PDV الأخري.

تمثيل الأحماض الأمينية Amino acid metabolism:

لأجل VFA والجلوكوز تم عمل مقارنة انطلاق وتحرر الأحماض الأمينية PDV الصافي مع الكميات الممتصة من أو المتشربة في الأمعاء الدقيقة في

المجترات، أوضحت حدوث فقد مادي واقعي خلال الامتصاص.

قدرت مقارنة معدلات اختفاء AA الأحماض الأمينية من الأمعاء الدقيقة لزوج غنم باستخدام كانيولا re-entrant cannulea وقياسات في نفس الوقت لتحررهم PDV الصافي ووجد انخفاض معنوي (٣٦ – ١٠٠%) في استرداد أحماض أمينية عديدة. وكان الانخفاض اكثر من ١٠٠% للجلوتامات والاسبرتات والتي بدون شك لها علاقة بالاستخدام المفضل كمواد طاقة لانسجة الامعاء. استخدام الامتصاص محسوب لـ ٩٤% جلوتامات المتشربة في أثني عشر الخنازير الصغيرة القزميه، رغم أن هذه القياسات لم تصحح لأي استخدام فعال الجلوتامات الممتصة تعاد تدوير أثار PDV في الدم الشرياني. بالإضافة إلي استخدام الامتصاص، يعزي الهبوط الكبير في امتصاص الجلوتامات والاسبارتات إلي تحليل الجلوتامين الي جلوتامات والاسبارجين إلي اسبارتات خلال تجهيز المادة المهضومة digesta للتحليل.

جدول رقم (٤٤) Ratio of net portal-drained visceral to net mesenteric-drained visceral release of amino acids (PDV/MDV) in sheep and cattle

Amino acid	sheep[a]	Dairy cows[b]
Leu	0.64	0.68
Val	0.57	0.46
Lys	0.56	0.72
Thr	0.69	0.38
IIe	0.55	0.61
Phe	0.68	0.76
EAA[c]	-	0.62
NEAA[d]	-	0.50
TAA[e]	-	0.56

[a] MacRae et al. (1997b).
[b] Berthiaune et al. (2001).
[c] Essential amino acids measured.
[d] Nonessential amino acids measured.
[e] Total amino acids measured.

قياسات تدفق الأحماض الأمينية الصافي كانت أقل تقديرًا underestimate للإختفاء المعني الدقيق أذا لم يحسب افراز الهدم الداخلي endogenous secretions في اللفائفي. أخيرًا ربما الأكثر أهمية للعديد من الأحماض الأمينية، استخدام PDV للأحماض الأمينية الشرياني لم يحسب في قياسات الجريان الصافي. الاستخدام الجوهري الواقعي للأحماض الأمينية الشرياني بواسطة PDV يتأكد بمقارنة القياسات الصافي لجريان PDV , MDV الأحماض الأمينية في الغنم والماشية لاجل الأحماض الأمينية الأساسية، نسبة تحرر وانطلاق PDV الصافي إلي تحرر وانطلاق MDV الصافي في الغنم والماشية يتراوح من٠,٥٥ – إلي ٠,٦٦ الانطلاق والتحرر الصافي الاعلي للأحماض الأمينية بواسطة MDV أوضح الاستخدام الجوهري الأساسي للأحماض الأمينية الشريانية بواسطة المعدة وأنسجة PDV الأخري ليس لها فورة تمثيلية للأحماض الأمينية خلال امتصاصهم في أوردة المساريقا (أغشية تغلف الآمعاء) وتربطها بالجدار البطني mesenteric veins

جدول رقم (٤٥) Sequestration of essential amino acids by the portaldrained viscera of sheep (MacRae et al., 1997a)

Amino acid	% of IRL[a]	Arterial/tota[lb]
Leu	46	0.82
Val	65	0.86
Lys	53	0.84
Thr	48	0.83
IIe	56	0.79
His	32	0.76
Phe	47	0.49

[a] Total portal-drained visceral sequestration as a percentage total body irreversible loss (IRL). Mean of values for sheep fed 800 fed or 1.200 g (as-fed basis) alfalfa daily.

[b] Proportion of total PDV sequestration (arterial and absorptive use) accounted for by

في كل من الغنم والماشية الحلابة، تقارن المعدلات الصافية للإختفاء من

الأمعاء الدقيقة وتحرر الأحماض الأمينية MDV الصافي وكان صغيرًا جدًا أو لاستخدام امتصاص معظم الأحماض الأمينية ولكن يؤكد الفقد الصافي المادي الثنائي الجلوتامات . جلوماتين، واسبارتات . اسبارجين والأحماض الأمينية غير الأساسية الأخرى . يستخدم النتروجين من هدمها والأحماض الأمينية الأخرى في تكوين حمض اميني الانين Ala باستخدام البيروفات، وينشأ جزئيا inpart arising من التمثيل غير الهوائي للجلوكوز حمض أميني الانين هوالحامض الأميني المنطلق النموذجي typically the AA released عبر الـPDV للمجترات في الكميات الأكبر على الأساس الصافي، نقل النتروجين والكربون إلي الكبد لتكوين اليوريا والجلوكوز.

يستخدم النظير المزدوج a dual isotope في التقدير المباشر لاستخدام امتصاص الأحماض الأمينية الأساسية في الغنم استخدام Simultaneous differential labeling of AA في تجويف الأمعاء الدقيقة small intesline lumen والدم، استخدام الامتصاص والشريان للأحماض الأمينية بواسطة PDV ممكن قياسه. توضح قياسات تمثيل الأحماض الأمينية الأساسية أن الاستخدام بـ PDV في الغنم يحسب لكميات المادية الأساسية لـ body IRI ولكن المصدر السائد للأحماض الأمينية المستخدمة هو الدم الشرياني. لمعظم الأحماض الأمينية الأساسية التي تم قياسها، الاستخدام الشرياني حسب لـ ٧٥% أو أكثر PDV الكلي المستخدم الاستثناء الوحيد حمض أميني فينايل الأين Phe حيث الاستخدام الشرياني الأقل يوضح أن استخدام PDV الكلي كان متساوي مقسم بين الأمداد الامتصاصي والشرياني. عامة، معدل الاستخدام الامتصاصي كان مقارنا للأحماض الأمينية الأساسية، بينما معدل تناسبه لاستخدام PDV الكلي كان مماثل للتركيب المتناسب لبروتينات PDV.

استخدام أكثر لهذه الطرق لقياسات استخدام حمض أميني ليوسين الشرياني MDV, PDV. أوضحت طريقة الليوسين leu في الغنم، أن حسابات MDV لـ ١٢% فقط استخدام حمض أميني ليوسين الشرياني arterial leu بواسطة PDV. بالإضافة ١% فقط لاستخدام الليوسين Leu خلال الامتصاص تأكسد إلي ثاني أكسيد الكربون، باقتراح أن معظم الليوسين المعزول leu sequestered كان يستخدم للانزيم وتكوين مكونات بروتينية وعلي النقيض، ٤٩% فصل/ عزل leu من الدم الشرياني بواسطة MDV تأكسد.

استخدام a dual isotope ايضا لوصف تأثيرات مستوي المأكول على استخدام حمض فينايل الانين Leu and Phe الامتصاصى والشرياني بواسطة PDV الأبقار الحلابة وغير الحلابة. أكدت هذه القياسات الملاحظات في الغنم أن حسابات الإستخدام الشرياني للجزء الجوهري الواقعي لحمض أميني الليوسين الكلي، وامتصاص Phe، IRL ولكن الجزء من الامتصاص المحسوب كان أقل عندما كانت البقر حلابة، وفي الغنم، الاستخدام الامتصاصي كان الجزء الأعلي لاستخدام PDV الكلي لـ phe أكثر من leu، كان الإستخدام الامتصاصي قليلا مهملا في حالة المأكول القليل ولكن يزيد بزيادة المأكول خلال حالة كل من الحلابة وغير الحلابة، ويزيد بزيادة في الكتلة enterocyt mass أو ربما الاختلافات في الإستخدام الامتصاصي لهذه الأحماض الأمينية بسبب زيادة الامداد نسبة إلي الاحتياجات.

في ذات الشأن أُجريت قياسات تمثيلPDV metabism of leu and Phe والاستجابة لتشرب كازين المنفحة أو مخلوط مكافيء للأحماض الأمينية الأساسية الحرة لفترة ستة أيام للبقر في الفترة الأخيرة من الحليب.

استخدام الامتصاص لكل من leu, phe كانت مهملة خلال أخذ العينات

وضبطها. كلا من الإستخدام الامتصاصي PDV الشرياني لحامضي phe، leu تزيد بتشرب مخلوط الأحماض الأمينية الأساسية وليس الكازين. خلال تشرب الأحماض الأمينية الحرة الزيادة في استخدام PDV الكلي كان مساوي للزيادة في الامتصاص الحقيقي لهما من تجويف الأمعاء الدقيقة. هذا يؤكد ويفسر النتائج السابقة من دراسات على البقر الحلابة حيث تزيد حسابات تحرر الأحماض الأمينية PDV الصافي لمعظم (٧٥%) من الأحماض الأمينية الممتصه في المنفحة ككازين ولكن٢٢% فقط عن الامداد المكافيء للأحماض الأمينية الحرة الأساسية كانت ممتصه. الاسترداد القليل في الحالة الأخيرة تبدو راجعة إلي زيادة في كل من استخدام الامتصاص والأحماض الأمينية الأساسية الشرياني. أسباب الاستجابة غير مؤكد، ولكن في تمثيل الجلوكوز، والاستجابة لنشا المنفحة مقابل تشرب الجلوكوز، الاختلافات في الاستجابة التمثيلية PDV الملحوظة قد تكون لها علاقة بمكان امتصاص الأحماض الأمينية. غياب الأحماض الأمينية غير الأساسية في مخلوط الأحماض الأمينية الحرة الأساسية المضاف قد يسبب عدم اتزان في إتاحة الأحماض الأمينية تؤدي إلى الزيادة في الهدم.

تمثيل الكبد liver metabolism:

تقترح دراسات حديثة تفسيرات بديلة لاسترداد عناصر غذائية PDV الصافية القليلة الممتصة من تجويف القناة الهضمية في المجترات. يبدو أن الاستات والبروبيونات والجلوكوز ومعظم الأحماض الأمينية الأساسية قليلة الإستخدام الامتصاصي ويرجع قلة استردادها الصافي إلي زيادة تقدير امتصاصها أوازالة شاملة من الدم الشرياني. وبالنسبة Ketogenic VFA هناك استخدام امتصاصي شامل ولكنها تفرغ أساسا وتنطلق وتتحرر إلي الدم الوريدي البابي كأجسام كيتونية. تخضع الأحماض الأمينية غير الأساسية للإستخدام الامتصاصي الشامل واستخدام

نيتروجينها في تكوين حمض أميني Ala المنطلق/المتحرر بواسطة PDV قبل الوصول للانتشار والتداول الخارجي peripheral circulation هذه العناصر الغذائية الممتصة يجب تحويلها negotiate للكبد، حيث أنها نشطة تمثيليا إلي أبعد حد extereme تمثل حوالي ٢% empty BW في البقر الحلابة، تستقبل الكبد حوالي ٤٠% مدفوع القلب cardiac output ويكون مسئولًا عن ٢٠ – ٢٥% طاقة الجسم المستهلكة في الماشية. تم دراسة المظهر/الواجهة لتمثيل العناصر الغذائية للكبد بعلاقتها بالكميات الممتصة عبر PDV، ووجد أن العلاقات العامة بين تحرر PDV الصافي وازالة العناصر الغذائية الكبري في الكبد قد تأكدت لماشية اللبن.

جدول رقم (٤٦): Net splanchnic (portal-drained viscera and liver) metabolism (mmol/h) of nutrients in lactating dairy cows consuming 23kg DM and producing 37 kg milk daily during abomasal infusions of water (Reynolds et al., 1999 and unpublished observations)

Item	PDV [a]	Liver	Total splanchnic
Acetate	2.409	452	2.860
Propionate	1.012	-942	70
n-Butyrate	214	-180	34
i-Butyrate	28	-27	1
i-Valerate	48	-47	1
n-Valerate	40	-42	-2
B-OH-Butyrate	210	408	618
L-Lactate	175	-24	151
Glucose	-7	781	775
EAA [b]	268	-21	247
NEAA [c]	363	-224	139
TAA [d]	631	-245	386
Oxygen	-3.897	-3.686	-7.583

[a] Portal-drained viscera. [b] Essential amino acids measured.

[c] Nonessential amino acids measured. [d] Total amino acids measured.

علي الأساس الصافي، هناك ازالة الاسيتات القليلة طبيعيا في الكبد وفي معظم الدراسات في المجترات أكدت صغر أو قلة تحرر وانطلاق الاستات الصافي، ولذلك الكبد لها أثر قليل على امداد الاسيتات الممتصة لباقي الجسم، وعلي النقيض، تقريبًا إزالة جميع البروبيونات والبيوترات، VFA طويلة السلسلة الممتصة مثل إمدادها في الدم الشرياني يكون مهملا لصغره المتناهي، وبالمثل وعلي الأساس الصافي، عمليًا/واقعيًا virtually تزال جميع الاستراستات المنطلقة بواسطة PDV عن طريق الكبد، بينما تتحول البيوترات والاسيتواستات بدرجة كبيرة إلي BOHB في الكبد والتي تنتج أيضا من أكسده الأحماض الدهنية طويلة السلسة. ومثل الاستات، هناك طبيعيا امداد مادي واقعي من BOHB المتحرر/المنطلقة الي الخارج Periphery على الأساس الصافي فيعطي مواد لاستهلاك الطاقة وتكوين الدهن.

تزال معظم البروبيونات بواسطة الكبد اعادة تركيب repackaged كجلوكوز والذي ينطلق ويتحرر ايضا الي الخارج لأعمال حفظ الحياة والانتاج. في حالة التغذية، المركبات الوسطية الأساسية الأخري لتكوين الجلوكوز تشمل اللاكتات والأحماض الأمينية، مع glucogenic nonessential AA الأحماض الأمينية غير الأساسية المرتبطة بالجلوكوز وتعتبر الأحماض الأمينية أكثر أهمية في تكوين الجلوكوز. والسؤال عن مدي أمداد المركب الوسطي للجلوكوز حدود تكوين جلوكوز الكبد. ومع ذلك، عبر دراسات عديدة حيث تشرب infused البروبيونات والأحماض الأمينية غير الأساسية في المجترات التي تتغذي لمحاكاة mimic الزيادة في امتصاصها، انتاج جلوكوز الكبد لا يتغير ويقل ازالة لاكتات الكبد. ومع ذلك، في مرحلة انتاج اللبن المبكر في أبقار الحليب تشرب كازين المنفحة لمدة ستة أيام يزيد انتاج جلوكوز الكبد، ولكن تشرب مخلوط الأحماض الأمينية الحرة يعطي نفس كمية

الأحماض الأمينية الأساسية يؤدي إلى زيادة مماثلة في تحرر جلوكوز الكبد، هذه تقترح الاستجابة لتشرب الكازين ولا تعزي الي تشرب الأحماض الأمينية غير الأساسية.

انتاج جلوكوز الدم قد يزيد خلال تأثيرات مباشرة للأحماض الأمينية الأساسية على تمثيل الكبد أو غير مباشر خلال زيادة احتياجات الجلوكوز في أنسجة أخري ناتجه من احتياط أو تدبير احتياطي provision المخلوط المتزن للأحماض الأمينية الأساسية في هذا الشأن، انتاج يوريا الكبد يقل عند امتصاص مخلوط من الأحماض الأمينية الأساسية، يوضح تحسين الاستخدام الكلي العام للأحماض الأمينية، على النقيض، تشرب وريد المساريقا لمخلوط الأحماض الأمينية الحرة غير الأساسية يكون مساوي بالمقارن ببروتين اللبن يسبب زيادة كبيرة في إنتاج يوريا الكبد وقلة محصول اللبن وتركيب البروتين في الابقار التي تتغذى على عليقة منخفضة البروتين في مرحلة انتاج اللبن المبكرة، في نفس الأبقار يكون تشرب الأحماض الأمينية يعطي الأحماض الأمينية الأساسية والكلية في بروتين اللبن ويزيد محتوى بروتين اللبن ومحصوله. التشرب لا يزيد انتاج جلوكوز الكبد معنويا. رغم أن الأحماض الأمينية غير الأساسية تكون دون شك مصادر كربون مهمة لتكوين جلوكوز الكبد، واستخدامهم يعتمد على امداد مناسب ومتزن للأحماض الأمينية الأساسية.

مثل أنسجة كبيرة PDV، يصاحب المعدل العالي لتمثيل الكبد بمعدل عالي لإعادة تكوين البروتين protein turnover وبالتالي يحتاج الكبد لاحتياجات معتبره من الأحماض الأمينية لتكوين مكونات البروتينات الأساسية. بالإضافة، تخدم الكبد ازالة وادارة المخلفاتmanagement waste ولها دور في إدارة ميزان النتروجين، إزلة الاحماض الامينيه (AA) الممتصة في زيادة الاحتياجات وبالتالي انتاج يوريا

وتتأكسد أو تفرغ الهيكل الكربوني لها. لأحماض أمينية كثيرة معتمدا على حالة البروتين في الحيوان، تمثل ازالة الكبد الصافية جزء مادي واقعي للكميات الممتصة بواسطة PDV على الأساس الصافي، مثال، نسبة ازالة الكبد الصافية إلي تحرر PDV الصافية للأحماض الأمينية المنفردة والمزالة بواسطة الكبد ممكن تختلف من صفر إلي أكثر من ١٠٠%، متضمنًا implying في حالات كثيرة أجزاء صغيرة فقط من الأحماض الأمينية الممتصة تصل الأنسجة الخارجية periphery ومع ذلك، معدل استخلاص الكبد الكلي قد تتراوح من أقل من ١ الي ٢٠% فقط. تمثل نسبة الاستخلاص الكمية المزالة كنسبة مئوية للأمداد الكلي في الدم الشرياني والوريدي البابي.

وعلي الأساس الكلي والصافي، كميات AA الممتصة تكون صغيرة نسبيا مقارنة مع الأمداد الكلي الشرياني الي PDV، ولهذا أغلبية AA الموجودة في الدم الوريدي البابي يعاد دورانها الي PDV والكبد في الدم الشرياني. بينما كمية AA الصافية مثل حمض أميني الانين Ala المزالة بالكبد قد تكون متساوية أو أكبر من الكميات الممتصة، جزء صغير فقط من حمض أميني الانين Ala الممتص يزال في المرور الأول first-pass خلال الكبد والكمية المزالة تكون مرتبطة جدا مع التركيز الشرياني. بعد ٢٤ ساعة تشرب وريد المساريقا يمثل ضعف الامتصاص الصافي للحمض الأميني Ala عبر PDV، الزيادة في إزالة Ala الكبد الصافي يساوي٨٢% تشرب Ala. هذه الزيادة في إزالة Ala كانت مصاحبة بضعف تركيز Ala الشرياني، ولكن لاتغير في نسبة استخلاص الكبد. هذه الاستجابة لإضافة Short –termقد لا تعكس استجابة longer term ، بسبب أن دوره اليوريا تستغرق أيام للأقلمة للتغيرات في دخول وفي خروج النتروجين nitrogen in put or out put.

في الأبقار الحلابة، تشرب الكازين في المنفخة لمدة ستة أيام يزيد من إزالة الكبد لمعظم AA وللعديد من الأحماض الأمينية، الزيادة في إزالة الكبد كان أكبر من الكمية المتشربة، ولكن التركيزات الشريانية لجميع AA المقدرة زادت. في هذه الحالة، كل من نسبة أو معدل إزالة الكبد الصافي إلي تحرر PDV الصافي ونسبة استخلاص الكبد الكلي زادت لمعظم AA المقدرة بإمداد AA مضافة إلي مخزن الدم blood pool زيادة عن الاحتياجات.

جدول رقم (٤٧): Arterial concentration (µM) and net liver removal of amino acids as a percentage of net PDV release or total supply in early-lactation dairy cows (Reynolds et al., 1999) after 6-d abomasal ifusion of water or 800g casein protein/d.

Amino acids	Aeterial concentration		Net liver removal			
			% of PDV		% of Supply	
	Water	Cesein	Water	Cesein	Water	Cesein
Ala	325	247	62	98	10	20
Lys	94	116	30	62	10	21
Met	15	21	42	69	11	20
Phe	51	58	39	76	5	12
EAA[a]	1.132	1.443	-21d	41	-2d	5
NEAA[b]	1.166	1.315	51	87	7	15
TAA[c]	2.298	2.758	22	68	3	10

[a] Essential amino acids measured.
[b] Nonessential amino acids measured.
[c] Total amino acids measured.
[d] Negative value reflects net liver release of total EAA as a consequence of the net release of branched-shain AA.

امداد الأنسجة مقابل الاحتياجات Tissue supply VS requirement:

في الكبد وأنسجة الجسم الأخرى، تقدر كمية ونموذج الإمداد وعلاقتها بالاحتياجات جزئية استخدام AA بين عمليات البناء والهدم. في الأبقار الحلابة، التي تتغذي على ثلاث مستويات من كسب فول الصويا المحمي بالكرش. Rumen-protected soybean meal. زيادة إمداد البروتين تزيد تركيزات AA

الشرياني خطيا، ولكن محصول بروتين اللبن وازالة الأحماض الأمينية الأساسية الصافية للغدة اللبنية تستجيب خطا منحنيا responded curvilinearly ويصل إلي البلاتو (مرحلة الاستقرار plateau) عند المستوي المتوسط للبروتين المأكول.

إستجابه بروتين اللبن وبالتالي ازالة AA بواسطة الغدة اللبنية لم تقدر وحيدة بواسطة امداد AA. بالإضافة، استخدام AA خلال الغدة اللبنية يختلف ايضا مع الامداد وعلاقته مع الاحتياجات، هذا يتم ايضاحه بإستجابة اكسدة حمض اميني ليوسين leu الغدة اللبنية في الماعز. مثل جزء ازالة leu الكلي، اكسدة حمض اميني leu الغدة اللبنة يزيد عند زيادة مستوي بروتين العليقة ويقل عند تشرب مخلوط الأحماض الأمينية الأساسية الخالي من leu داخل الأوردة مؤديا حالة نقص lue. تم تقدير إمداد العناصر الغذائية للغدة اللبنية بكل من تيار الدم وتركيزات العناصر الغذائية، ولكن استخدام الغدة اللبنية للأحماض الأمينية المضافة يقدر بواسطة ميول طبيعية propensity في الغدة لتكوين البروتين. يقدر تيار الدم بنشاط الغدة التمثيلي ولكن يزيد الاستجابة لنقص العناصر الغذائية nutrient deficit في دراسة أخري على الماعز الحلاب، حدوث حالة نقص حمض أميني هستدين HIS تزيد تيار الدم إلي الغدة مثل نسبة استخلاص الهستدين His إلي المدي الذي يجعل دم وريد الغدة اللبنية واقعيا خالي من الهستدين His .

الاستنتاج Conclusions:

رغم العديد من أفعال الخدمة والنشاط التمثيلي الحاد intense تضبط الضريبة/الرسوم بأنسجة المجترات الاحشائية ولا يصدر أمر امداد العناصر الغذائية إلي الأنسجة السطحية إلي المدي المقترح بقياسات الامتصاص الصافي للعناصر الغذائية. أظهرت قياسات التمثيل احادي الاتجاه unidirectional أن احتياجات هذه الأنسجة من العناصر الغذائية تقابل لحد كبير خلال الدفع الداخلي القادم من

الدم الشرياني.

تخفي إزالة العناصر الغذائية من الدم الشرياني معدل الامتصاص الحقيقي لعناصر غذائية كثيرة. وهذا حقيقي خاصة للأستات BOHB، الجلوكوز، معظم AA الأحماس الأمينية الأساسية. تتمثلketogenic VFA والبروبيونات خلال المرور الامتصاصي خلال الخلايا الخارجية الظاهريه للقناة الهضمية والكبد ولكن يعاد تركيبها أساسا الي BOHB أو جلوكوز وتجعله متاح للأعضاء والانسجة الخارجية. أكثر من أمر امداد العناصر الغذائية للأنسجة الخارجية، مثل باقي أنسجة الجسم تؤدي draw on إلي احتياطات متاحة من مخزون الدم.

المفهوم الضمني Implications :

التمثيل المناسب لتوزيع العناصر الغذائية خلال تيار الدم وتنظيم تركيزات العناصر الغذائية في الدم يكون ضروريًا لتطورات الموديلات والنماذج لاستخدام العناصر الغذائية الممتصة. يقدر تيار الدم والاستخدام اللانهائي للعناصر الغذائية أساسا بواسطة النزعة الطبيعية للأنتاج the propensity for production وتؤدي الي احتياجات الأنسجة، بينما تقدر القدر التمثيلي للعناصر الغذائية الممتصة باحتياجات الانسجة نسبيا بعلاقتها مع الامداد من العليقة لهذا يكون الحاجة الي أدلة الحيوان المتخصصة للقدرة الإنتاجية animal specific indicators of productive capacity متوقف على التوقع الدقيق لتمثيل العناصر الغذائية الممتصة.

(٤) الإنزيمات ENZYMES:

مقدمة:

عُرفت الإنزيمات عام ١٨٣٨م وكان يطلق عليها في ذلك الوقت اسم Ferment أي ما يسبب التخمر Fermentation وبعد ذلك أطلق عليها العالم Kuhun سنة ١٨٧٨م اسم الإنزيمات أي معناها في اليونانية"في الخميرة"In yeast إذ أمكن عمل مستخلص من الخميرة يسبب عملية التخمر. وكان يعتقد قبل ذلك أنه لا بد من وجود خلايا الخميرة حية لكي تسبب التخمر.

ثم جاء العالم Fisher سنة ١٨٩٤م وإكتشف نظرية تخصص الإنزيم.

وفي عام ١٩٢٨م تمكن Summes من الحصول على أول إنزيم في حالة بلورية تم فصل بعد ذلك العديد من الإنزيمات في حالة نقية (متبلورة أو غير متبلورة) وخاصة إنزيمات هضم البروتينات ثم إتجه بعد ذلك إلي الإهتمام بالإنزيمات الداخلية بالخلية. وإتجه الإهتمام بعد ذلك إلي دراسة التركيب الكيميائي للإنزيمات وثبت أنها عبارة عن بروتينات ذات وزن جزئي مرتفع وأنها تتأثر بالحرارة وأمكن معرفة ترتيب الأحماض الأمينية في الجزئ ودرست الروابط الببتيدية وكيفية إتحاد السلاسل الببتيدية مع بعضها.

تعريف الإنزيم – ماهية الإنزيم؟what's the enzyme

يمكن تعريف الإنزيم بأنه عبارة عن: بروتينات أو مركبات عضوية ذات وزن جزيئي مرتفع– وتعمل كعوامل مساعدة في الكائنات الحية – وتفرز بواسطة خلايا الكائنات الحية– ولكن لها القدرة على التفاعل مستقلة عن الخلايا التي تفرزها – ولها خاصية التخصص الشديد– وتقتل أو يقف نشاطها بواسطة الحرارة.

تسمية الإنزيمات Enezymes nomenclature

تسمي الإنزيمات عادة باسم المادة التي يؤثر عليها الإنزيم مضافًا إليها المقطع

(ase) ومثل ذلك إنزيم المالينز maltase الذي يقوم بالتحليل المائي لسكر المالتوز Maltose.

وتسمي باسم التفاعل الذي تقوم به مضافا اليه مقطع ومثال ذلك الإنزيم الذي يؤكسد حامض الأسكوربيك فيسمي Ascorbic acid oxidize.

وفي بعض الأحيان يعطي للإنزيم إسم ليس له علاقة باسم المادة أو التفاعل الذي يقوم به ومثال ذلك إنزيم البيسين pepsin وإنزيم التريسين Trypsin وهما من إنزيمات التحلل المائي للبروتينات.

والإنزيمات عبارة عن عوامل مساعدة نشطة وهي عموما سريعة المفعول ومقدار قليل جدًا منها يكفي للتفاعل. فلقد وجد أن جزئ واحد من الإنزيم يمكن أن يحول حوالي ٣٠٠-٤٠٠ جزئ من المادة المتفاعلة substrate في الثانية الواحدة في درجة حرارة الجسم. وهي عادة تعمل في وسط معين وتصبح غير فعالة إذا حدث تغيير في الوسط.

والإنزيمات عادة تساعد على اتمام تفاعلات لا يمكن بالطرق الكيميائة المعروفة عملها. فمثلًا نجد أن بعض المركبات التي لا تتأثر بالغليان بواسطة حامض النيتريك المركز تتحلل بسهولة جدًا بواسطة الإنزيمات على درجة الحرارة العادية.

وتعمل الإنزيمات عن طريق إتحادها مع المادة المتفاعلة الخاصة specific substrate فتجعلها في حالة نشطة وقادرة على التحول إلي ناتج التفاعل المفروض بواسطة الإنزيم.

واتحاد الإنزيم مع المادة المتفاعلة يكون بطريقة مختلفة وخاصة. فهو متخصص جدًا على مادة معينة أو روابط معينة highly specific ويكون عادة إتحاد ضعيف ينتهي عند ظهور ناتج التفاعل وعادة يكون لكل تفاعل إنزيم معين (أي أن الإنزيم له مادة تفاعل خاصة به فقط وليس على مادة تفاعل قريبة الشبه بها

من الناحية الكيميائية أو الطبيعية).

والمعروف عن الإنزيمات أنها تعمل تفاعلات عكسية (أي أنها تتحد مع وتنشط المادة الناتجة في التفاعل الأصلي كما تتحد مع المادة الداخلة في التفاعل الأصلي) فمثلًا عندما يوجد تفاعل مزدوج بواسطة نوعين من الإنزيمات يشترك بينهما مادة تفاعل واحدة فيكون ناتج التفاعل الأول هو المادة الداخلة substrate في التفاعل الثاني.

ويوجد نوعين من التفاعلى المزدوج Substrate linked reaction:

١- التفاعل الذي يأخذ فيه الإنزيم الثاني المادة الناتجة من التفاعل الأول كمادة داخلة في التفاعل substrate وتحولها إلي مادة جديدة (أي أنها هي همزة الوصل) فمثلا: A يتحول إلي B بواسطة إنزيم معين ثم B تتحول إلي C بواسطة إنزيم ثاني فهمزة الوصل هنا هي المادة B التي تشترك مع التفاعل الأول كمادة ناتجة من التفاعل وتشترك في التفاعل الثاني كمادة داخلة في التفاعل.

٢- التفاعل الذي يرجع الإنزيم الثاني ما عمله الإنزيم الأول في المادة الداخلة في التفاعل. فمثلا: إذا كان الإنزيم الأول يختزل التفاعل فإن الإنزيم الثاني يؤكسده أو إذا كان الإنزيم الأول يعطي مجموعة فوسفات فإن الثاني يأخذ مجموعة الفوسفات وهكذا.

والفرق بين النوع الأول والنوع الثاني من التفاعل المزدوج هو أنه في النوع الأول تكون مادة همزة الوصل linking substrate عبارة عن مادة دخلت في التفاعل لتكوين مادة جديدة في سلسلة التفاعلات المختلفة كما في حالة التمثيل الغذائي. أما النوع الثاني فإن مادة الوصل linking substrate هي مادة غير داخلة في التفاعلات التمثيلية وتبقي كما هي بعد إنتهاء التفاعل ولا تتحول إلي مادة أخري فهي مادة ناقلة للأيدروجين مثلًا hydrogen carrier بين A و C.

الفرق بين الإنزيمات والعوامل المساعدة

differences between enzymes and co- factors

العامل المساعد: يؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي دون أن يظهر في التفاعل ويبقي كما هو بعد نهاية التفاعل ولا يؤثر على كمية الناتج وكمية بسيطة منه تؤثر على سرعة التفاعل وعلي كمية كبيرة من المادة ويختلف عن الإنزيم في الآتي:

جدول رقم (٤٨)

العامل المساعد Co-factor	الإنزيم Enzyme
١- مادة عضوية أو غير عضوية	بروتين
٢- غير شديد التخصص	شديد التخصص
٣- لا يتأثر بالحرارة أو الـ pH	يتأثر بالحرارة وال pH
٤- لا يحتاج لمواد أخري لمساعدته	يحتاج لمواد أخري مثل Co-enzymes وغيرها

تخصص الإنزيمات Specificity of enzymes:

تخصص الإنزيم هي من أهم الصفات التي يتصف بها جزئ الإنزيم. ومعني التخصص هو أن يكون عمل الإنزيم مقصورًا على نوع واحد من المركبات أو نوع معين من التفاعلات الخاصة به. ولذلك فإن التخصص للإنزيمات هو العامل الأساسي في ترتيب سلسلة التفاعلات المعقدة فمثلًا: عملية تخمر الجلوكوز بواسطة الخميرة لإنتاج الكحول يحتاج إلي أكثر من عشرة إنزيمات مختلفة. هذا وينقسم تخصص الإنزيمات إلي الأقسام الآتية:

اولا: تخصص بالنسبة للتشابة الضوئي Steriochemical specification:

والأمثلة على ذلك كثيرة فمثلًا: إنزيم Arginase الذي يحلل الحامض الأميني الأرجنين Arginine لينتج Urea و Ornithine.

هذا الإنزيم متخصص في نوع واحد من المواد التي تحتوي على ذرات كربون

غير متناسقة مما يسبب في وجود نوعين منهما فهو متخصص للنوع (L Levo) وليس للنوع (D Dextro).

وكذلك إنزيم Lactic dehydrogenase الذي يعمل على المشابه الضوئي D- lactic ولا يعمل على المشابه الضوئي L-lactic.

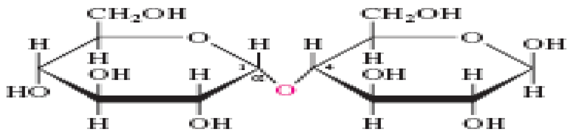
ثانيا: تخصص بالنسبة للتركيب الكيماوي

Chemical structure specification

يوجد ثلاثة أنواع من هذا التخصص:

أ-إنزيمات لها علاقة كبيرة بنوع الرابطة فقط (فأي جزئيين يتحدان بنفس نوع الرابطة يمكن للإنزيم أن يعمل عليها) ويطلق على هذا النوع من التخصص Low specify وهو قليل الوجود نسبيًا.

ب- إنزيمات لها علاقة بنوع الرابطة وأحد المواد الداخلة في التفاعل ومن أمثلتها: إنزيم المالتيزMaltase في الأمعاء الذي يعمل على الرابطة الجليكوسيدية من النوع الفاجلوكوسيد + جزيئ جلوكوز وبذلك يمكن أن يحلل جزيئ سكر المالتوز لأن تركيبه عبارة عن جزيئين من سكر الجلوكوز المرتبطين بواسطة رابطة جليكوسيدية من النوع ألفا وكذلك يمكن لهذا الإنزيم أن يحلل ميثايل الفا(م) جلوكوبيرانوسيد.



β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1 → 4)-β-D-glucopyranose)

ج- إنزيمات لها علاقة بنوع الرابطة ولا بد من وجود جزيئين معينين حول الرابطة (فإذا تغير أحدهما أو كلاهما فلا يمكن للإنزيم أن يعمل). ويطلق على هذا النوع من التخصص Absolute specify ومن أمثلة هذا النوع إنزيم المالتيز

والموجود في بذور الشعير والذي لا يؤثر إلا على مركب به رابطة جليكوسيدية من النوع الفا + جزئيين من الجلوكوز على طرفي الرابطة. وهناك أمثلة أخري على هذا النوع من التخصص الإنزيمي، وفي واقع الأمر فإن هذا النوع هو الشائع جدًا بين الإنزيمات ونذكر منها:-

إنزيم Succinic acid dehydrogenase الذي يختص بتفاعلات نزع الهيدروجين من حمض السكسنيك Succinic acid فقط ولا يتم التفاعل مع حامض المالونيك Malonic acid والذي يتشابه تشابها شديدا جدا مع حامض السكسينك من ناحية تركيبه الكيميائي.

العوامل التي تؤثر على التفاعلات الإنزيمية Kinetics of enzymes:

١- درجة الحرارة Temperature:

معظم التفاعلات الكيميائية تتأثر بالحرارة حيث أنها تزيد من سرعة معظم التفاعلات الكيميائية وعموما فإن التفاعلات الإنزيمية تسلك إلي حد ما مسلك التفاعلات الكيميائية بتأثرها بالحرارة ولكن إلي درجة معينة حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلي قتل الإنزيم ويصبح غير فعال Inactive ويرجع ذلك إلي حدوث تغير طبيعي في جزيئ البروتين المكون للإنزيم Denaturation ويثبت ذلك أن الإنزيمات عبارة عن بروتينات، ولكل إنزيم درجة حرارة معينة يكون فيها أنشط ما يمكن وتسمي هذه الدرجة بدرجة الحرارة المثلي optimum temperature.

ودرجة الحرارة المثلى لمعظم الإنزيمات تقع ما بين ٣٧-٤٠°م أما الدرجة التي توقف عمل الإنزيمThermal inactivation of the enzyme فتقع ما بين ٧٠-٨٠°م.

وتفقد الإنزيمات حيويتها إذا ما فقدت مفعولها بواسطة الحرارة ولو أن بعض الإنزيمات مثل التربسين Trypsin يمكن من أن يستعيد حيويته ثانية بعد فقد نشاطه بالحرارة.

٢- درجة الحموضة pH:

من المعروف أن حيوية أي إنزيم تكون أنشط ما يمكن على درجة حموضة pH خاصة. وهذه تسمي بالدرجة المثلي للحموضة Optimum pH.

وأي زيادة في درجة الحموضة pH على كلتا الجانبين (حموضة كانت أو قلوية) عن درجة الحموضة المثالية Optimum pH تؤدي إلي حدوث تجلط للبروتين الموجود بالإنزيم أو تغير في طبيعة الداخلية Denaturation ويصبح بذلك عديم الذوبان ولا يمكن عودته ثانية إلي حالة الذوبان الطبيعية. ولكن عند درجة الحموضة المثالية نجد أن الإنزيم يبقي في حالته الطبيعية ويكون بروتينه في حالة ذائبة وبذلك يحتفظ بحيويته لمدة طويلة.

٣-تركيز المادة الداخلة في التفاعلsubstrate على سرعة التفاعل:

تزداد سرعة التفاعلات الإنزيمية كلما زادت كمية ال substrate حيث تقف عند حد معين لا يزيد فيه سرعة التفاعل مهما أضيف كمية أكبر من substrate وهذا يرجع إلي أن الإنزيم يتحد مع substrate لتكوين مركب وقتي يتحلل بعد ذلك إلي نواتج التفاعل + الإنزيم.

وعلي ذلك فعندما تكون كمية المادة المتفاعلة صغيرة يمكن للإنزيم أن يتحد معها كلها ويكون المركب الجديد وبإضافة كمية كبيرة من المادة المتفاعلة فإن ذلك لا يؤثر على سرعة التفاعل لأن سطح الإنزيم والذي يمكنه أن يأخذ المادة المتفاعلة يكون كامل الإمتلاء بال substrate وسطح الإنزيم له القدرة على تكوين مركب وسطي مع كمية معينة فقط من المادة المتفاعلة ثم يتحلل هذا المركب إلي نواتج التفاعل وبزيادة المادة المتفاعلة نجد أن سرعة التفاعل لا تزيد إلا بنسبة معينة ثم تقف.

٤-تأثير تركيز الإنزيم على سرعة التفاعل:

تزداد سرعة التفاعل reaction velocity بزيادة تركيز الإنزيم عن تركيز substrate وذلك لأن المساحة الموجودة على سطح الإنزيم ستزداد وبذلك يمكن أن تلتصق كمية كبيرة من المادة المتفاعلة على سطح الإنزيم لتكوين المركب الوقتي.

٥-تأثير وجود المثبطات على سرعة التفاعل:

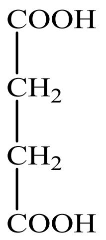
يقف عمل الإنزيمات بواسطة العديد من المركبات الكيميائية علاوة على العوامل الفيزيائية physical factors كالحرارة والرج الشديد والتعرض للأشعة فوق البنفسجية وغيرها وكل ذلك يؤدي إلي حدوث تغير طبيعي في جزيئ البروتين وبذلك يفقد حيويته. ولقد وجد أن الكثير من المرسبات التي ترسب البروتينات تؤدي إلي وقف نشاط الإنزيم. وهناك نوعان من المثبطات:-

مثبطات منافسة Competitive inhibitors

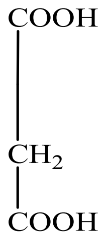
مثبطات غير منافسة Non competitive inhibitors

أولًا: المثبطات المنافسة Competitive inhibitors:

وهذا النوع من المثبطات كان يطلق عليه بالمثبطات العكسية (أي أن نشاط الإنزيم يمكن أن يعود بعد زوال تأثير المثبط) ولكن هذه التسمية لا تكون حقيقية (غير دقيقة) ذلك لأن المثبط غير المنافس بعد زواله أيضا في بعض الأحيان يمكن أن يعاود الإنزيم نشاطه وحيويته مرة ثانية. ومن أمثلة هذا النوع من المثبطات(أي المثبطات المنافسة) Succinic acid dehydrogenase والذي يحول حامض السكسينيك Succinic acid إلي حامض الفيوماريك Fumaric acid ولكن بإضافة حامض المالونيك Malonic acid يعمل كمثبط منافس competitive inhibitor ذلك لأن تركيبه الكيميائي يشابه تركيب حامض السكسينيك (حيث أن كل منهما عبارة عن حامض ثنائي الكربوكسيل Dicarboxylic acid.



Succinic acid



Malonic acid

فنجد أن حامض المالونيك Malonic acid يمكن أن يتحد مع الإنزيم مثل حامض السكسينيك Succinic acid ولكن الفرق بينهما أن المركب المتكون من حامض السكسينيك والإنزيم يمكن أن يتحلل ويعطي ناتج التفاعل بينما المركب المتكون من حامض المالونيك والإنزيم لا يتحلل ويبقي كما هو وبذلك يعطل وجود الإنزيم على حالة حرة نشطة وتقف عليه تحويل حمض السكينيك إلي حمض فيوماريك.

ولو كان كل من المركبين المتشابهين كيميائيا يتحدان مع الإنزيم على نقط إرتكاز مختلفة لكان من السهل لكل منهما أن يتحد مع الإنزيم على النقط الخاصة به ولكن نظرًا لوجود منافسة بينهما يؤكد أن إتحادهما مع الإنزيم يكون على نفس النقط بالضبط.

ومن المعروف أن الإنزيم يتحد مع ال substrate عند نقطة خاصة فإذا كانت هذه النقط الخاصة لإرتكاز المادة على الإنزيم غير حرة نتيجة لإتحادها مع مركب آخر فإن المادة نفسها لا يمكن أن تتحد في أي وضع آخر مع الإنزيم وبهذا لا يتكون المركب الجديد بين الإنزيم والـ substrate ويقف التفاعل.

ثانيًا: المثبطات الغير منافسة Non competitive inhibitors:

وهذا النوع من المثبطات يؤثر على الإنزيم عن طريق فصل المجموعة الفعالة أو ترسيبها من الإنزيم كما في حالة تأثير سيانيد البوتاسيوم potasium cyanide على إنزيم ascorbic acid oxidize فهي ترسب مجموعة النحاس الموجودة في الإنزيم وينتج عن

ذلك عدم حيويته وبإضافة كمية من أيونات النحاس للمحلول بعد التخلص من سيانيد البوتاسيوم يمكن أن تعود إلى الإنزيم حيويته.

ومعظم المثبطات غير المنافسة يتحد مع الإنزيم مثل المثبطات المنافسة ولكن إتحادها مع الإنزيم يكون عند نقطة مختلفة من نقط إرتكاز ال substrate على الإنزيم ومع ذلك يمكن للمثبط أن يوقف عمل الإنزيم مع أنه متحد على نقط بعيدة عن نقط إرتكاز ال substrate ومن أمثلة هذا النوع: إضافة الحامض الأميني الليسين Lysine إلى إنزيم الأرجينيز Arginase فيقف نشاطه.

وعمومًا فالمثبط غير المنافس يكون تركيبة الكيميائي مختلف عن المادة المتفاعلة.

ويوجد أنواع أخري من المثبطات وهي جميع المواد التي تعمل على تجلط البروتين أو تغير في طبيعته Denaturation مثل ثالث كلوريد حامض الخليك واليوريا وهذه الأنواع غير مختصة لأي نوع من الإنزيمات ويكون تأثيرها غير عكسي أو عكسي فمثلًا بعض أنواع المثبطات مثل مركب P.chloromercuribenzoate نجد أنه يؤثر على الإنزيمات ويوقف عملها ولكن بإضافة مركب (حامض السيستئين) Cysteine يزول عمل هذا المثبط ويصبح الإنزيم فعال ثانية ويمكن تفسير ذلك بأن هذا المركب يتفاعل فقط مع مجموعة السلفا هيدريل (SH) ولكن بإضافة Cysteine الذي يحتوي على مجموعة السلفا هيدريل هذه فتتحد هذه المجموعة (SH) مع المركب المثبط ويبقي الإنزيم على حالة حرة نشطة.

ويوجد نوع جديد من المثبطات يسمي Uncompetitive وهذا النوع يتحد مع المركب المؤقت المتكون بين الإنزيم + substrate وليس مع الـ substrate فقط فعند تكوين المركب الناتج من إتحاد الإنزيم مع الـ substrate يتحد به uncompetitive

inhibitor ويمنعه من التحلل إلي إنزيم + نواتج التفاعل المختلفة.

المنشطات وتأثيرها على سرعة التفاعل الإنزيمي:

تعمل بعض الأيونات غير العضوية كمنشطات للنظام الإنزيمي فمثلا تزداد فاعلية إنزيم التيالين Ptyaline والموجود في اللعاب بوجود أيونات الكلوريد وكذلك تزداد فاعلية إنزيم الفوسفاتيز Phosphatase بواسطة أيونات الماغنسيوم وفاعلية إنزيم الأرجينيز Arginase بواسطة أيونات المنجنيز. وقد وضعت نظريات عديدة لشرح ظواهر هذه المنشطات وهي:-

أ- قد يساعد المنشط على إستحلاب المواد الدهنية وبذلك تزداد مساحة أسطحها الملامسة للإنزيم وهذا يفسر منشطات إنزيم الليبيز lipase حيث يكون الإنزيم في الجانب المائي منفصلًا عن جانب المادة الزيتي.

ب- قد يؤثر المنشط على substrate ويجعلها أكثر تفاعلًا مع الإنزيم فمثلًا وجد أن عته الملابس تفرز إنزيم مع منشطة الطبيعي وهما معا يحدثان تحلل الصوف ويلاحظ أن الإنزيم لا يستطيع أن يحلل الصوف في غياب المنشط.

ج- يوجد كثير من المنشطات التي تثبت أو تحمي مجموعات في الإنزيم لازمة لتفاعله مع الـsubstrate فمثلًا: إنزيمات التحلل الفوسفوري Phosphorylation تحتاج إلي وجود منجنيز وقد يكون الدور الذي تلعبه أيونات المنجنيز هي أن تهيئ الطريقة المثلي لإتحاد الإنزيم مع ال substrate أو بمعني أخر أن بروتين الإنزيم لا يتحد مع ال substrate إلا في وجود أيونات المنجنيز والذي يعتبر جزئ فعال في نشاط تكوين المركب الوقتي بين الإنزيم وال substrate.

د- يرجع كثير من تأثير المنشطات إلي فعلها الواقي أو بمعني أخر أن المنشط الإنزيمي يمنع فعل بعض سموم الإنزيمات. فلقد وجد أن البروتينات والأحماض الأمنية والشموع وكبريتور الهيدروجين تعوض الفعل الضار الناشئ عن وجود

آثار من المعادن الثقيلة في الماء المقطر على إنزيم اليورييز urease الذي يحتاج نشاطه إلي وجود مجموعات السلفاهيدريل SH الحرة وهو في هذه الخاصية يشبه كثير من الإنزيمات الأخري.

لا بد من التفرقة بين ثلاثة ألفاظ مستعملة في مجال كيمياء الإنزيمات وهي:

٤- Co-enzymes:

ويطلق على المركب الذي لا يكون جزء من الإنزيم وليس له علاقة بتركيبه نهائيًا ويختلف عن الإنزيم في أنه ذو وزن جزيئي صغير نسبيًا عن الإنزيم ويمكن له أن يمر في الأغشية شبه المنفذة ويتحمل درجة الحرارة بعكس الإنزيمات.

٥- Prosthetic group :

هو جزئي مهم في تركيب الإنزيم نفسه ولا يمكن فصله ولازم لعمل الإنزيم وإذا فصل عنه يفقد الإنزيم حيويته وقد تكون هذه المجموعة الفعالة عبارة عن معدن ولكن يدخل في تركيب الإنزيم.

٦- Activators:

هي عبارة عن مواد مختلفة تزيد سرعة التفاعلات الإنزيمية عند إضافتها إلي الإنزيم ولكن لا تدخل في تركيب الإنزيم. وهي عمومًا عبارة عن معادن مختلفة كالنحاس والمنجنيز وغيرهما وقد تكون مثل HCl مع إنزيم pepsinogen.

قرائن الإنزيمات Co-enzymes

هي مركبات معقدة غير بروتينية ولها دور هام في التفاعلات الكيميائية الإنزيمية ولكنها لا تدخل ضمن تركيب الإنزيم (أي أنها توجد على حالة غير مرتبطة مع بروتين الإنزيم ويتم عمل هذه الإنزيمات المعاونة مع إنزيمات مختلفة البروتين) فقد تقوم بجزء من العمل مع بروتين أحد الإنزيمات ثم تتم عملها مع بروتين إنزيم ثاني ويوضح ذلك إستقبال مجموعة من أحد المركبات في وجود إنزيم وإدخالها في

مركب ثاني عن طريق نفس الإنزيم المعاون ولكن في وجود بروتين إنزيم أخر.

وتساهم العوامل المعاونة للإنزيمات Co-enzymes (وفي وجود الجزء البروتيني للإنزيمات) في إتمام تفاعلات مختلفة حيث تعمل على تنشيط الجزيئات أو تقوم بدور المستقبل أو الناقل transfer أو المعطي donner للمجموعات الكيميائية من مركب إلي اخر.

فعلي سبيل المثال: نقل مجموعات الفوسفات أو الميثايل أو الأمين أو مثل إستقبال أو نقل أو إعطاء الإلكترونات والبروتونات وذرات الهيدروجين في عمليات الأكسدة والإختزال وبعضها تعمل في تخزين الطاقة.

أنواع ومكونات قرائن الإنزيمات

Types and components of Co-enzymes:

يمكن تقسيم قرائن الإنزيمات (الإنزيمات المعاونة) إلى أنواع مختلفة على حسب تركيبها الكيميائي إلى ما يلي:

قرائن إنزيمية مكونة من نيكليوتيدات أحادية أو ثنائية

وهذه تنقسم إلى:-

* قسم يحتوى على مجموعة فيتامين (وغالبًا ما يكون فيتامين ب)

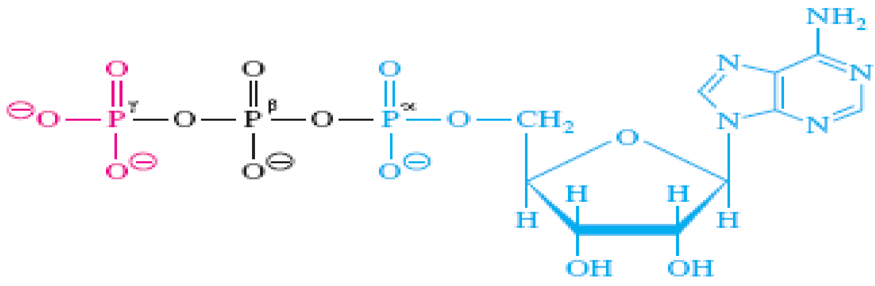
* قسم لا يحتوى على الفيتامين ضمن تركيبه.

* وتتكون قرائن الإنزيمات التي لا يدخل في تركيبها الفيتامين من نيكليوسيد ثلاثي الفوسفات (Necloside triphosphate) مثل يوريدين ثلاثي الفوسفات (Uridine triphosphate) وأدنين ثلاثي الوسفات (Adenosine triphosphate). وهي تعمل على تنشيط الجزيئات بإرتباطها معها قبل دخولها في التفاعلات فينشط اليوريدين ثلاثي الفوسفات السكرات الأحادية أثناء التخليق الحيوي السكرات الأوليجو والسكرات العديدة وينشط الأدنين ثلاثي الفوسفات (ATP) الأحماض الأمينية أثناء

التخليق الحيوي للبروتينات.

فوسفات الأدينين Adenosine phosphate:

تعتبر مركبات أدنين أحادي وثنائي وثلاثي الفوسفات (AMP, ADP, ATP) قرائن إنزيمات ناقلة لمجموعة فوسفات. وقد وجدت هذه المركبات في جميع خلايا الجسم للأحياء الحيوانية والنباتية والبكتريا. وقد إكتشف مركب ATP بواسطة Lahman ١٩٢٨ وقد وجد أنه يمكن أن يفقد مجموعة فوسفات ويتحول إلى ADP وهو الآخر يتحول إلى AMP بفقد مجموعة فوسفات أخري، وقد فصلت هذه المركبات بواسطة الفصل الكروماتوجرافي.



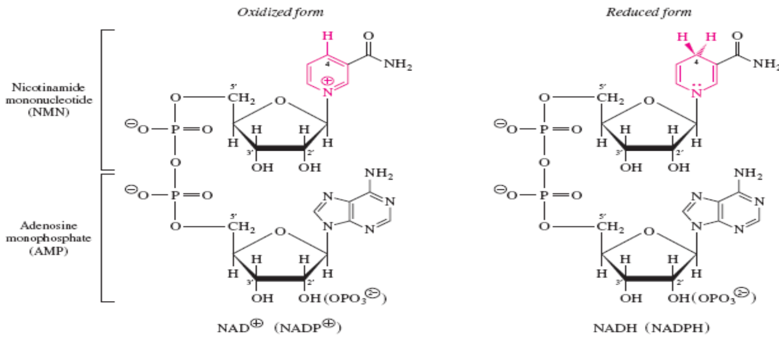
Adenosine tripohsphate (ATP)

أولًا: الإنزيمات المعاونة النيكليويتدية المحتوية على أحد أنواع الفيتامينات

١- مركبات NAD , NADP:

ويمثل هذا النوع مركب Nicotinic acid amide adenine dinucleotide (NAD) وهو مركب ثنائي النيكلويتد وفيه أحد النيكليويتدات عبارة عن أدينوزين أحادي فوسفات مرتبطة عن طريق وحدة الفوسفات بوحدة فوسفات النيكليوتيد الثاني المكون من أميد حامض النيكوتينيك Nicotinic acid amide وهو أحد أفراد فيتامين (B) ومرتبط مع وحدة م.ريبوفورانوز ووحدة حامض فوسفوريك وهذا المركب يسمى معاون إنزيم (I) Co-enzyme I وكان يطلق عليه قديمًا (DPN) كما يوجد

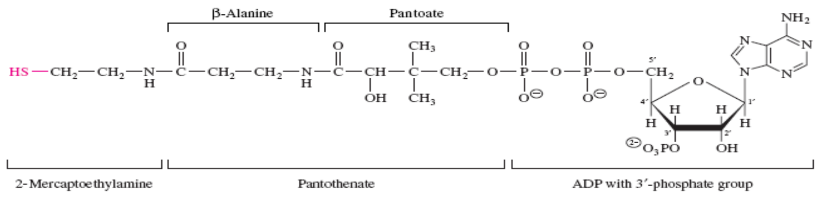
معاون إنزيم آخر وهو معاون إنزيم (٢) Co-enzyme II وله نفس التركيب ولكنه يحتوى على وحدة حامض فوسفوريك زيادة مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل السكر في جزئي الأدينوزين وهو يسمى ثنائي نيكليوتيد أميد حامض نيكوينيك – فوسفات أدنين و إختصاره (NADP) وكان يطلق عليه في الماضي (TPN).



والعملية التي يقوم بها مركب NAD , NADP تصور على أنها عملية إختزال عكسية لمجموعة البيريدين ويحدث هذا التفاعل بواسطة مجموعة من إنزيمات Dehydrogenase التي لها تخصص بالنسبة لمادة التفاعل Substrate.

٢- قرين إنزيم (A) Co-enzyme A:

اكتشف Lipman قرين إنزيم (A) ووجد أنه يحتوى على مجموعة بيتا ألانين B-alanine وكذلك حمض البنتويك Pantoic acid وكذلك مجموعة فوسفات. وتوالت الأبحاث بعد ذلك ووجد أنه يدخل في تركيبه Adenosine monophosphate ويرتبط معه حامض البانتوثونيك Pantothenic acid وهو أحد أفراد مجموعة فيتامين ب كما يرتبط معه وحده Mercabto ethanol amine.



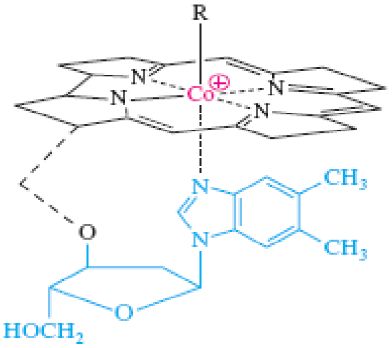
CO-enzyme A Structure

والمجموعة الفعالة في CO A وجدت عند مجموعة SH ويعمل CO A في إستقبال مجموعة خلات من المركبات ونقلها إلى مركب ثاني أو ربطها في التخليق الحيوي للسلاسل الكربونية للمركبات العضوية ويقوم بعملية إرتباط بين مجموعة خلات نشطة مع مجموعة SH الموجودة في مركب المركابتو إيثانول أمين وبذلك تتكون مجموعة الخلات النشطة أثناء التفاعلات الحيوية.

كما يعمل CO A في تفاعلات الأكسدة والإختزال بإعطاء أو إستقبال ذرة هيدروجين واحدة عن طريق مجموعة الكبريتور وهذه العملية تحدث مقترنة وعكسية مع إستقبال أو إعطاء مجموعة خلات.

٣- أدينوزين فوسفات كوباميد Adenosine phosphate cobamide:

ويدخل في تركيبه فيتامين B_{12} والذي يسمى Cyanocoblamin وهذا يتكون من نوع من أنواع اليورفورين به ذرة كوبلت ومرتبط معها وحدة سيانيد ويتصل البوروفورين مع وحدة نيكليوتيد (أدنيوزين أحادي الفوسفات AMP) ويقوم هذا القرين الإنزيمي بتنشيط أنواع من المجموعات الكيميائية مثل مجموعة الميثايل وينقلها من مركب إلى مركب آخر.

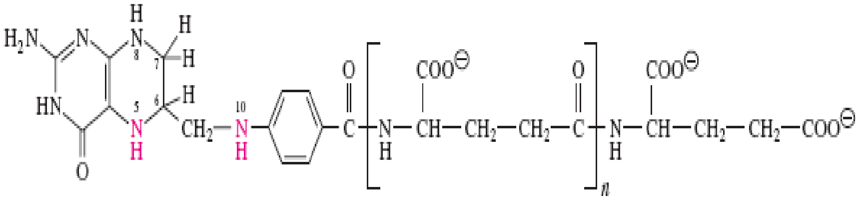


Vitamin B_{12}

ثانيًا: إنزيمات معاونة تنتمي إلى فيتامينات منفردة ومنها:-

١- حمض Tetra hydro folic acid:

ويوجد به أربعة ذرات هيدروجين زائدة عن حمض الفوليك وهو أحد أفراد فيتامين ب



Tetrahydrofolate (Tetrahydrofolyl polyglutamate)

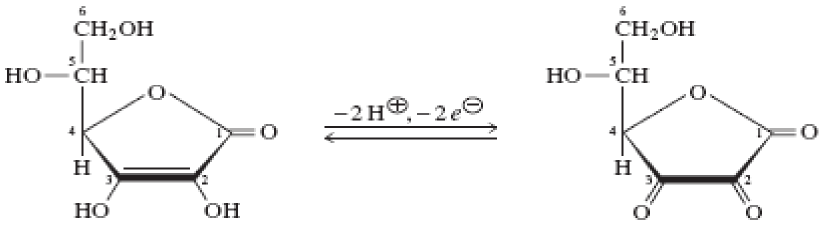
وهذا الحامض يتكون من ثلاثة وحدات. أحدهما قاعدة أزوتية من نوع Pterin مرتبطة مع وحدة P-amine benzoic acid ومرتبط عن طريق مجموعته الكربوكسيلية بمجموعة أمين لحامض الجلوتاميك برابطة أميد ويقوم هذا القرين الإنزيمي بتنشيط أجزاء أو مجموعات هيكلها الكربوني مكون من ذرة كربون واحدة مثل مجموعة الفورميل والميثايل والهيدروكسي ميثايل وتنقل هذه المجموعات

بإرتباطها بأحد ذرات أزوت الحلقة الثانية من وحدة البتريدين (على ذرة الأزوت رقم ٥أو٨).

ومن التفاعلات التي يساهم فيها إدخال مجموعة هيدروكسي ميثايل في الجليسين لتكوين الحمض الأميني سيرين.

٢-حامض الأسكوربيك:

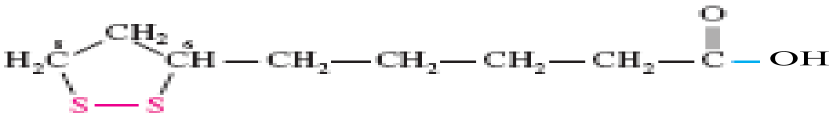
ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال باستقبال وإعطاء ذرتي هيدروجين كما في الشكل التالي:



ثالثًا: إنزيمات معاونة من نوع الأحماض أو الببتيرات أو البورفورين:

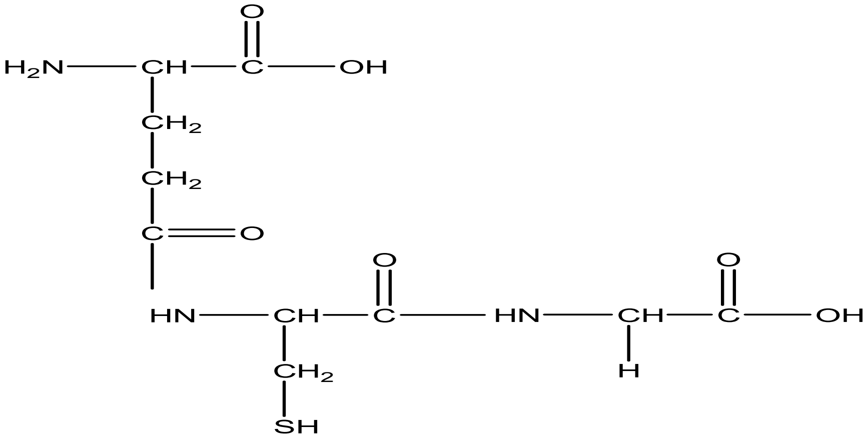
١-حامض الليبويك Lipoic acid:

ويسمى أيضًا بحامض الثايوسيتك Thioctic acid وهو منتشر جدًا في أنسجة النبات وبعض الحيوانات وبعض الأحياء الدقيقة. ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال بإعطاء ذرتي هيدروجين من مجموعتي الكبريتيد التي ترتبط مع بعضها وتكون رابطة ثنائية الكبريتد والمركب الناتج في الحالة المؤكسدة يستقبل ذرتي هيدروجين في عمليات أكسدة ثم ينتقل الهيدروجين إلى مركب NAD فتختزل الاخير ويؤكسد الأول... وهكذا



Lipoic acid

٢- الجلوتاثيون Glutathione:



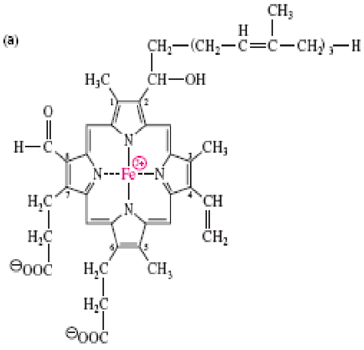
Glutathione

وهو عبارة عن بيتد ثلاثي Glutamyl-cysteinyl-glycine أي انه يتكون من ارتباط ثلاثة أحماض أمينية معًا بروابط ببتيدية ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال وفيها يعمل جزئين جلوتاثيون معًا فيعطي كلا منهما ذرة الهيدروجين المتصلة بمجموعة كبريتيد السستئين. وتبعًا لذلك ترتبط الوحدتان بواسطة رابطة ثنائي الكبريتيد ويتكون مركب ثنائي الجلوتاثيون به تركيب سستيين. وهذا المركب يستقبل من الخارج ذرتي هيدروجين في عمليات الأكسدة فتتفكك الرابطة ثنائية الكبريتيد

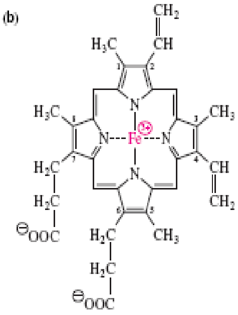
ويعود المركب مرة أخرى إلى حالته المختزلة.

٣- مركب السيتوكروم Cytochromes:

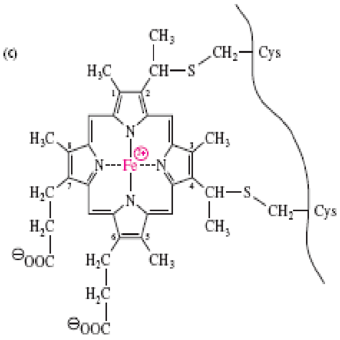
يوجد أنواع من السيتوكروم ولكن النوع الذي أمكن دراسته بعناية ويوجد بكميات كبيرة في الخلية هو ((Cytochrome C وقد أمكن الحصول عليه نقيًا نسبيًا. وأنواع السيتوكروم تتكون من بورفورين به ذرة حديد وتعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال حيث يتحول الحديد من حديدوز إلى حديديك بفقد إلكترون.



Cytochrome *a* heme group



Cytochrome *b* heme group

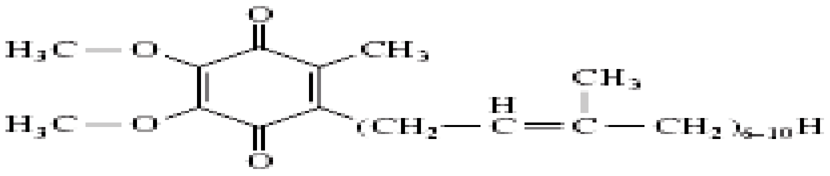


Cytochrome *c* heme group

٤-معاون إنزيم من نوع Quinones:

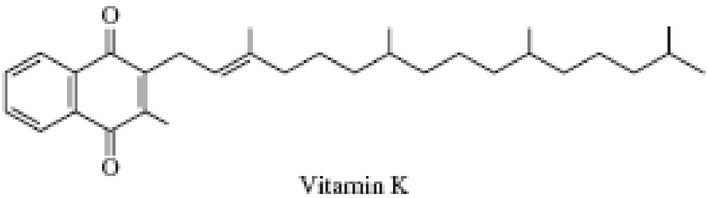
ومنها أنواع Ubi quinones والتي تسمى Co-enzyme Q وهي تحتوي على تركيب كينوني ومرتبط به سلسلة مكونة من وحدات أيزوبرين – وتوجد منها

أنواع تختلف في عدد وحدات الأيزوبرين المكونة للسلسة ويوضح عددها في تسمية هذا القرين الإنزيمي.



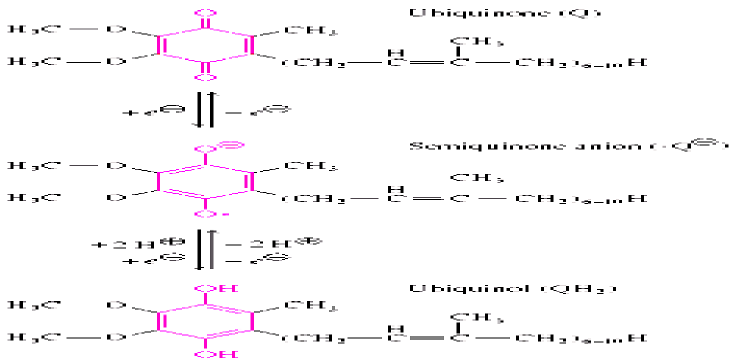
Ubiquinone

وينتمي لهذه المركبات فيتامين K حيث يحتوى على تركيب كينوني.



Vitamin K

وتعمل هذه المركبات في تفاعلات الأكسدة والإختزال فتستقبل عن طريقة حلقة الكينون ذرتي هيدروجين وهذه بدورها تعطي ذرتي الهيدروجين في عمليات إختزال المركبات.



٥- إنزيمات معاونة من نوع أيونات ذرات المعادن:

توجد إنزيمات تحتاج عند القيام بعملها إلى أملاح بعض المعادن حيث تقوم أيونات

المعدن بعمل قرين الإنزيم فيحتاج الإنزيم المؤكسد للأزوتات Nitrate إلى أيونات الكوبلت حيث تقوم بدور في عمليات الأكسدة والإختزال. فعند إختزال الأزوتات إلى أزوتيت يعطي أيون الكوبلت إلكترون فيتغير رقم تأكسده من ٥ إلي ٦.

$$NO_3 + Co^{+5} \rightleftharpoons NO_2 + Co^{+6}$$

وفي التفاعلات العكسية يستقبل الكوبلت إلكترون ويقل رقم تاكسده.

وكذلك يعمل الخارصين (Zn) كانزيم معاون لإنزيم Alcohol dehydrogenase الذي يحول الأسيتالدهيد إلى كحول إيثايل.

$$CH_3—CHO \underset{- H_2}{\overset{+ H_2}{\rightleftharpoons}} CH_3—CH_2OH$$

ويعمل الخارصين في ربط الإنزيم مع مادة التفاعل Substrate في خطوة تكوين المركب الوسطى.

Substrate —— Zn —— Enzyme

مركب وسطي

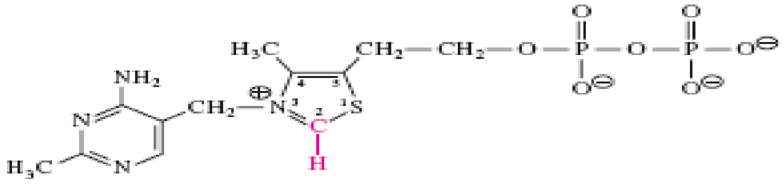
وكذلك يحتاج إنزيم Glutamic dehydrogenase إلى أملاح الخارصين حيث تعمل أيونات الخارصين على تجميع جزئيات الإنزيم. هذا ويحتاج إنزيم الألفا أميليز (الذي يحلل النشا إلى مالتوز) إلى أيونات الكالسيوم.

رابعًا: قرائن الإنزيمات التي ترتبط مع بروتين الإنزيم:

ولهذه المجموعة من قرائن الإنزيمات أنواع مختلفة يمكن توضيحها كما يلي:-

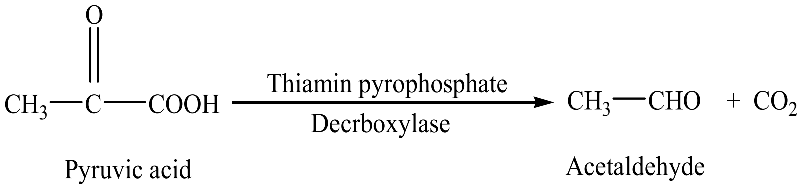
١- ثيامين بيروفوسفات Thiamin pyrophosphate:

وهو عبارة عن فيتامين ب١ (الثيامين) مرتبط بمجموعتي فوسفات، ويرتبط مع بروتين الإنزيم عن طريق البيروفوسفات.



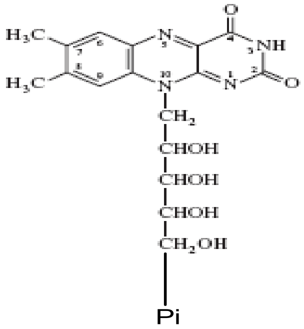
Thiamine pyrophosphate
(TPP)

ويعمل الإنزيم ومعاونه على تحويل حامض البيروفيك إلى أسيتاهيد.

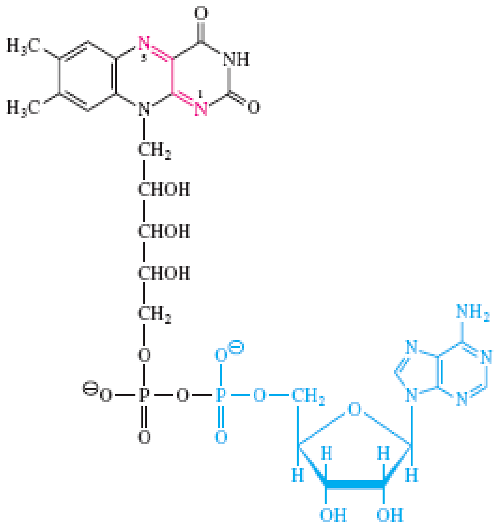


٢- فلافين النيوكليوتيد Flavin nucleotide:

ويوجد منه نوعين كل منهما يحتوى على وحدة ريبوفلافين وهي فيتامين ب٢ وأحدهما عبارة عن أحادي نيوكليوتيد Flavin mononucleotide (FMN) ويتكون من فلافين مرتبط بوحدة م. ريبتول وهذه مرتبطة بوحدة حمض فوسفوريك. أما النوع الثاني فهو ثنائي النيوكليوتيد Flavin adenine dinucleotide (FAD) وكلا النوعين مرتبط ببروتين الإنزيم ويكسبه اللون الأصفر.

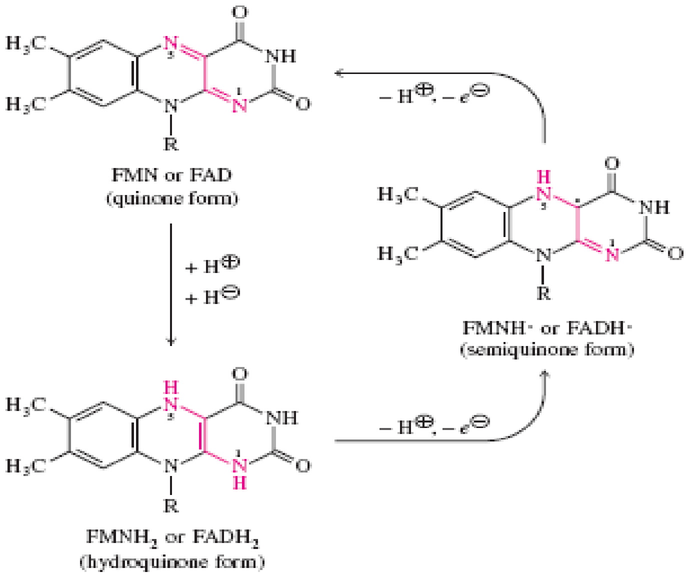


Flavin mononucleotide (FMN)



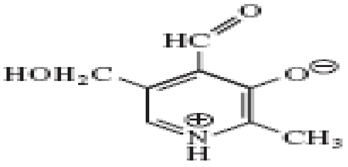
Flavin adenine dinucleotide (FAD)

وتعمل هذه الإنزيمات في تفاعلات الأكسدة والإختزال باستقبال ذرتي هيدروجين لأكسدة المواد أو إعطاء ذرتي أيدروجين في عمليات إختزالها.

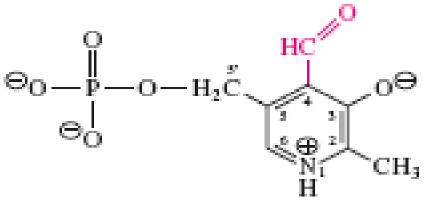


٣- بيريدوكسامين فوسفات Pyridoxamine phosphate:

وهو يعمل كمرافق إنزيمي لأنزيمات Transaminase (أي أنه يعمل في تفاعلات نقل مجموعة الأمين مثل تفاعل إضافة مجموعة الأمين إلى حمض الجلوتاريك لتكوين حمض الجلوتاميك). كما تعمل بعض هذه الإنزيمات في تفاعلات إزالة مجموعة كربوكسيل الأحماض وينتمي لهذه المجموعة فوسفات بيرودكسال وهو أيضًا أحد أفراد فيتامين ب٦ ويعمل في نفس التفاعلات.



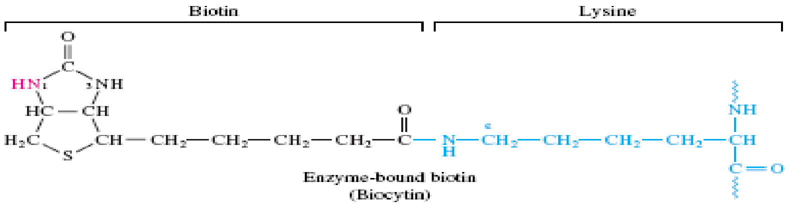
Pyridoxal



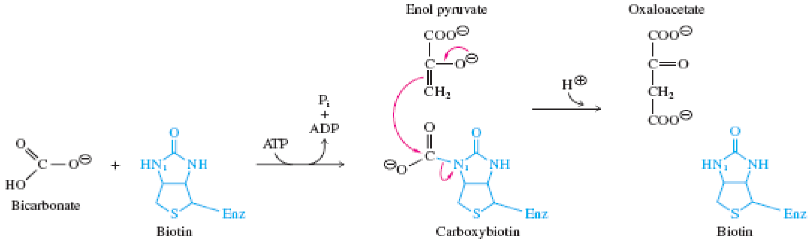
Pyridoxal 5′-phosphate (PLP)

٤-البيوتين Biotin:

وهو مرتبط مع بروتين الإنزيم ويعمل في تفاعلات إدخال ثاني أكسيد الكربون في المركبات وتثبيته في صورة مجموعة كربوكسيل، والشكل التالي يوضح البيوتين وهو مرتبط ببروتين الإنزيم مكون مركب وسطي يسمي Biocytin.



والمعادلات التالية توضح تفاعل إضافة مجموعة كربوكسيل لمركب الإينول بيروفك ليكون حمض الأوكسالوأسيتك وكيفية عمل البيوتين في هذا التفاعل:



تقسيم الإنزيمات Enzymes classification

يمكن تقسيم الإنزيمات إلى قسمين:

أولًا: إنزيمات تفرز وتعمل خارج الخلية Extra cellular enzymes

ثانيًا: إنزيمات تفرز وتعمل داخل الخلية Intra cellular enzymes

*وقد قسمت الإنزيمات سنة ١٩٦١ بواسطة الإتحاد الدولي للكيمياء الحيوية Intrnational Union Biochemistry (I.U.B) إلى ستة أقسام رئيسية بالترتيب الآتي:-

- التأكسد والإختزال Oxidoreductases
- الناقلة Transferases
- التحلل المائي Hydrolyses
- كسر الجزيء دون إدخال ماء مع إدخال رابطة زوجية في كل جزء Lyases
- التشابه Isomerases

- التخليق أو التكوين (باستخدام Ligases or Synthetases (ATP

ويراعي في التقسيم الجديد أن كل قسم من الأقسام الستة ينقسم إلى تحت أقسام وذلك تبعًا للتخصص وبذلك يكتب قبل إسم الإنزيم أربعة أرقام كل رقم منهم له دلالته الخاصة بحيث يمكن التعرف على الإنزيم من خلال هذه الأرقام:

الرقم الأول:

وهذا الرقم يدل على أن الإنزيم يتبع في التقسيم العام المجموعة كذا.... فمثلًا رقم (١) يدل على أن الإنزيم يتبع المجموعة الأولى (إنزيمات التأكسد والإختزال).

الرقم الثاني: وتختلف دلالته تبعًا للأقسام الرئيسية:

المجموعة الأولى: إذا كان الرقم الثاني (١) فهذا يدل على أن المادة تأخذ هيدروجين من الكحول أما إذا كان الرقم الثاني (٢) فهذا يدل على أن المادة تأخذ هيدروجين من الألدهيد.

المجموعة الثانية: يدل الرقم الثاني على طبيعة المجموعة المنقولة، فإذا كان الرقم (١) دل ذلك على أن المجموعة المنقولة بها ذرة كربون واحدة، وإذا كان الرقم (٢) دل ذلك على أن المجموعة المنقولة عبارة عن ألدهيد، أما إذا كان الرقم (٣) فإن ذلك يدل على أن المجموعة المنقولة عبارة عن أسيتيل.. وهكذا.

المجموعة الثالثة: وفيها يظهر الرقم الثاني نوع الرابطة، فإذا كان الرقم الثاني (١) دل ذلك على أن الرابطة عبراة عن رابطة إستر، أما إذا كان الرقم (٢) دل ذلك على أن الرابطة جلوكوزيل.

الرقم الثالث:

ويعطي فكرة أوضح عن طبيعة تفاعل الإنزيم:

المجموعة الأولى: الرقم الثالث يدل على المادة القابلة للهيدروجين، فإذا كان الرقم (١) تكون المادة القابلة للهيدروجين هي NAD or NADP . أما إذا كان

الرقم (٢) تكون المادة القابلة للهيدروجين عبارة عن سيتوكروم، أما إذا كان الرقم (٣) تكون المادة القابلة للهيدروجين هو الأكسجين.

المجموعة الثانية: يدل الرقم الثالث فيها على نوع المجموعة المنقولة، فإذا كان الرقم (١) دل على أن المجموعة المنقولة عبارة عن ميثيل، أما إذا كان الرقم (٢) دل على أن المجموعة المنقولة هي هيدروكسي ميثيل، أما إذا كان الرقم (٣) فإن المجموعة المنقولة تكون كربوكسيل... وهكذا.

الرقم الرابع:

يدل الرقم الرابع على الرقم المسلسل لوضع الإنزيم في الترتيب العام للإنزيمات.

المجموعة الأولي: إنزيمات الأكسدة والإختزال Oxidoreductases

تتم التفاعلات الخاصة بالأكسدة والإختزال في التفاعات الحيوية جنبًا إلى جنب والأكسدة البيولوجية لا تتم في الجسم على خطوة واحدة بل في عدة خطوات وسطية يكون آخرها الأكسجين. وتبدأ بنزع الهيدروجين بواسطة إنزيمات Dehydrogenase وقرائن الإنزيمات الخاصة بكل تفاعل.

ويطلق على الماد المعطية للهيدروجين Hydrogen doner والمادة المستقبلة للهيدروجين Hydrogen acceptor وأحيانًا لا تنتقل ذرة الهيدروجين كما هي بل تنتقل الإلكترونات وتعمل عملية إختزال باتحادها مع مركب آخر كما في حالة إختزال الحديديك إلي حديدوز.

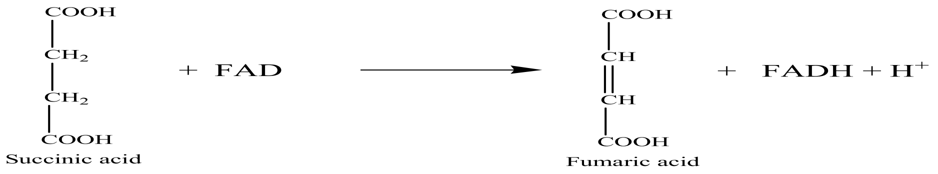
$$Fe^{+++} + e \longrightarrow Fe^{++}$$

ويلاحظ أن قرين الإنزيم المختزل ينزع منه الهيدروجين بواسطة الفلافوبروتينات والأخيرة تنقسم إلي نوعين:

(١) فلافوبروتين ينزع الهيدروجين من $NADH_2$ & $NADPH_2$

$$NADH_2 + FAD \longrightarrow FADH_2 + NAD$$

(٢) فلافوبروتين ينزع الهيدروجين من مركبات أخرى غير NADH2 & NADPH2 مثل أكسدة حامض السكسينيك إلى فيوماريك:



ويلاحظ في هذه الحالة أن الفلافوبروتين تحتوي على معدن وتسمى Metal flavoprotein ويمكن أن يتحد الهيدروجين الموجود في FADH2 مباشرة مع الأكسجين الجوى كما في حالة Xanthine oxidase وتسمى في هذه الحالة Aerobic dehydrogenase.

$$\text{Xanthine} + \text{FAD} \longrightarrow \text{Uric acid} + \text{FADH} + H^+$$

$$FADH_2 + 1/2\ O_2 \longrightarrow FAD + H_2O$$

وفي بعض الأحيان لا يمكن إتحاد FADH2 مع الأكسجين مباشرة إلا في وجود السيتوكروم ويسمى في هذه الحالة An aerobic dehydrogenase وعمومًا فإنه توجد ثلاثة أنواع من الإنزيمات الأخيرة وهي:

١- أنواع لا تحتاج إلى فلافوبروتين مثل الإنزيم الخاص بأكسدة حامض اللاكتيتك بواسطة NAD.

٢- أنواع dehydrogenase تابع للفلافوبروتين ويؤكسد NADH2 & NADPH2

٣- أنواع dehydrogenase تابع للفلافوبروتين ويؤكسد مواد أخرى غير NADH2 & NADPH2

ويعمل السيتوكروم كعامل وسيط بين An aerobic dehydrogenase والأكسجين الجوي حيث يتحد الهيدروجين الناتج من Substrate مع الأكسجين الجوي ليكون ماء.

عمليات الأكسدة البيولوجية Biological oxidation:

من المعروف أن كل عملية أكسدة تكون مصحوبة بعملية إختزال. وبالرغم من أن جميع عمليات الأكسدة لا تتضمن الأكسجين إلا أنه ضروري جدًا ولازم ويحتمل أن معظم أنسجة الجسم (إن لم يكن جميعها) تحتاج الأكسجين لإتمام عمليات الأكسدة الحيوية. وبالرغم من ذلك فإن المراحل المتوسطة لهذه العمليات قد تستمر في غياب الأكسجين. وتعرف التفاعالات الكيمائية التي تحدث أثناء تفاعلات التمثيل الغذائي داخل الخلية بعمليات الأكسدة الفسيولوجية Physiological oxidation.

ومن المعروف أن الأكسجين لا يستطيع أن يؤكسد المواد الفسيولوجية خارج الجسم عند درجة حرارته إلا بمقدار ضئيل جدًا مثال ذلك: أن الأكسجين لا يستطيع أن يؤكسد مادة الهيبوزانثين Hypoxanthine وحده. وإذا سخن مع حامض النتيريك لدرجة الغليان فإنه لا يتأكسد أما إذا كان الهيبوزانثين ملامسًا لخلايا الكبد المحتوية على إنزيم زانثين أوكسيديز Xanthine oxidase فإنه يتأكسد بسرعة في وجود الأكسجين ويتحول إلى زانثين Xanthine.

وبناء على ذلك فإن الجسم يحتوي على عوامل تجعل هذه التفاعلات ممكنة في درجة حرارته وكذلك تمكنه من إستخدام الطاقة الناتجة من عمليات الأكسدة في بناء مواد أخرى قبل أن تتحول هذه الطاقة إلى حرارة أو طاقة كهربائية أو غيرها.

العوامل الكيميائية الحيوية التي تتضمن في عمليات الأكسدة البيولوجية هي:

- الإنزيمات Enzymes
- قرائن الإنزيمات Co-enzymes
- المواد القابلة للهيدروجين Hydrogen acceptor
- المواد الحاملة للهيدروجين Hydrogen carriers

هذا وتسمى الإنزيمات التي تؤثر على المادة الداخلة في التفاعل وتجعلها تفقد

ذرتي هيدروجين بإنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenase أما تلك التي تؤثر في الأكسجين وتجعله قادر على القيام بدوره في الأكسدة فتسمى بإنزيمات الأكسيديز Oxidase.

أنواع الأنظمة المؤكسدة Types of oxidation systems

النوع الأول:

وفيه ينشط هيدروجين المادة الداخلة في التفاعل Substrate بواسطة إنزيم Dehydrogenase الخاص بها بطريقة تجعله يستطيع أن يتفاعل مع عامل مؤكسد مناسب أو مع الأكسجين.

ويلاحظ أن هناك إتحاد مؤقت بين المادة التي تقبل الهيدروجين والمادة الداخلة في التفاعل Substrate على الجزء البروتيني لإنزيم Dehydrogenase بحيث يمر الهيدروجين من المادة الداخلة في التفاعل Substrate إلى المادة التي تحمله ثم تنفصل المادة المتأكسدة والمختزلة من إنزيم Dehydrogenase. وتتكرر هذه العملية بنفس الطريقة مرة أخرى... وهكذا.

والأمثلة على هذا النوع من الأنظمة المؤكسدة كثيرة جدًا نذكر منها:

$$\text{Substrate} \xrightarrow{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + H_2O_2$$

وينتج عن هذا التفاعل فوق أكسيد الهيدروجين الذي يتحلل بواسطة إنزيم Catalase إلى ماء وأكسجين.

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} 2H_2O + O_2$$

النوع الثاني:

ويحتاج هذا النوع إلى وسيط لحمل الهيدروجين بين المادة الداخلة في التفاعل والأكسجين وهذا الوسيط هو السيتوكروم Cytochrome.

$$\text{Substrate} \xrightarrow{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + \text{Cytochrome } H_2$$

$$\text{Cytochrome } H_2 \xrightarrow{\text{Cytochrome oxidase}} \text{Cytochrome} + H_2O$$

النوع الثالث:

وهذا النوع من الأنظمة المؤكسدة يختلف عن النوع الثاني إختلافًا بسيطًا ذلك لأنه يتضمن مادتين حاملتين للهيدروجين ولا يحتاج إلى إنزيم Oxidase ويشتمل هذا النوع على قرين إنزيم (Co I) والفلافوبروتين. ويمكن أن يتأكسد الفلافوبروتين مرة أخرى بواسطة الأكسجين.

$$\text{Substrate} \xrightarrow[\text{Co- I}]{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + \text{Co - I } H_2$$

$$\text{Co - I } H_2 + \text{Flavoprotein oxid} \longrightarrow \text{Co - I} + \text{Flavoprotein red.}$$

$$\text{Flavoprotein red.} \xrightarrow{+ 1/2\ O_2} \text{Flavoprotein oxid}$$

النوع الرابع:

وهذا النوع من التفاعلات يشمل سلسلة تفاعلات أكبر منها في النوع السابق. وهو عبارة عن إتحاد النوعين السابقين (الثاني والثالث) ويمثل فيه (Co I) والفلافوبروتين والسيتوكروم كما يلي:

$$\text{Substrate} \underset{\text{Co- I}}{\overset{\text{dehydrogenase}}{\rightleftharpoons}} \text{Oxidized form} + \text{Co - I } H_2$$

$$\text{Co - I } H_2 + \text{Flavoprotein oxid} \longrightarrow \text{Co - I} + \text{Flavoprotein red.}$$

$$\text{Flavoprotein red.} + \text{Cytochrome} \rightleftharpoons \text{Flavoprotein oxid} + \text{Cytochrome red.}$$

$$\text{Cytochrome red.} \xrightarrow[+ 1/2\ O_2]{\text{Cytochrome oxidase}} \text{Cytochrome oxid} + H_2O$$

ومما سبق يتضح أنه لا بد من وجود الأكسجين في النهاية لكي يستغل الهيدروجين الناتج عن المادة الداخلة في التفاعل Substrate في عمليات الأكسدة البيولوجية.

أنواع إنزيمات الأكسدة والإختزال:

Oxidases -I

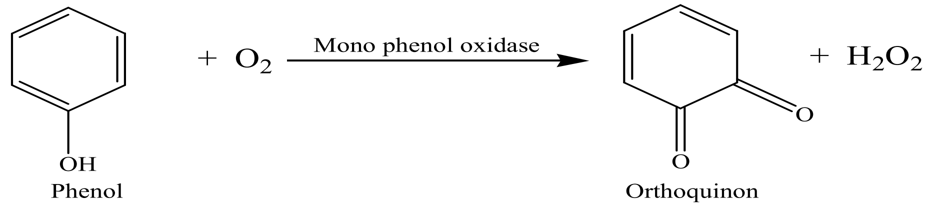
وهي مجموعة من الإنزيمات التي لا بد لها من إستعمال الأكسجين الجوي كمادة قابلة للهيدروجين ولا تستطيع إستعمال أي بديل له. وهذه الإنزيمات عبارة عن بروتينات مرتبطة ولا يوجد لها غالبًا Prosthetic group ولكن قد يوجد مرتبط مع هذه الإنزيمات بعض أيونات المعادن مثل النحاس أو الحديد.

ومن أمثلة هذه الإنزيمات ما يلي:

أولًا:الفينول أكسيديز Phenol oxidases

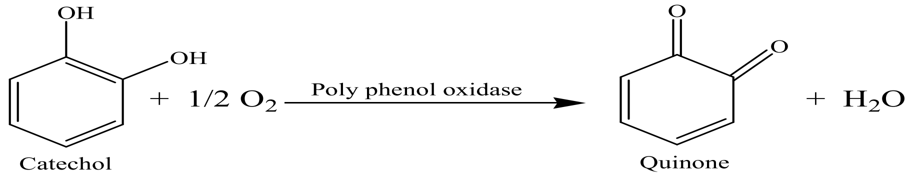
Monophenol oxidase (١)

وهذا الإنزيم يؤكسد الفينول إلى أرثو كينون وهو موجود في نبات عش الغراب ولا يعطي هذا الإنزيم الهيدروجين إلى غير الأكسجين.



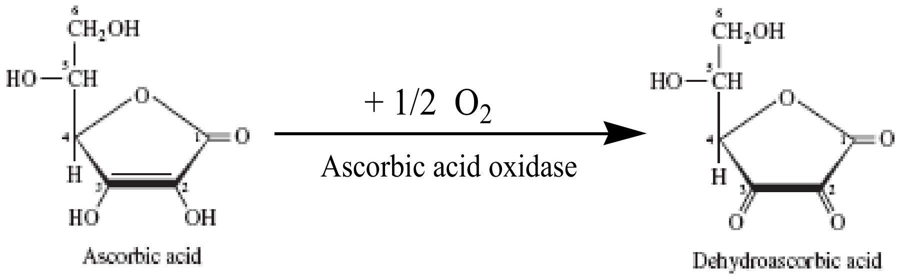
Polyphenol oxidase (٢)

وفصل هذا الإنزيم من نبات عش الغراب وكذلك من نبات البطاطس ويحتوي على النحاس ولا يؤثر على الفينولات الأحادية ولكن على الفينولات الثنائية مثل الكاتيكول حيث يحوله إلى الكينون وهو المسؤل عن تلون لب الخضروات باللون الأسود عند تعريضها للجو.



ثانيًا: Ascorbic acid oxidase

ويوجد في كثير من النباتات ويعمل على أكسدة حامض الأسكوربيك إلى مركب الديهيدرواسكوربيك كالأتي:



ووجود حامض الأسكوربيك في النبات يمنع إسوداد النبات وذلك بتحويل الكينون إلى فينول. ويحتوى هذا الإنزيم على النحاس.

II- Aerobic dehydrogenase

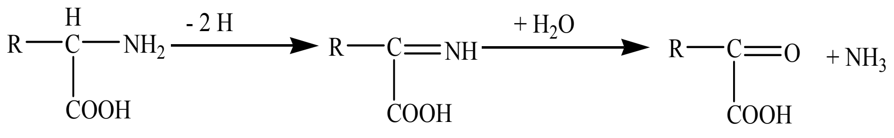
وهذه الإنزيمات يمكنها أن تعطي الهيدروجين مباشرة للأكسجين أو يمكنها أن تعطي الهيدروجين لعامل وسيط آخر مثل أزرق الميثلين أو أي عامل وسيط آخر. وغالبًا ما ينتج من التفاعل فوق أكسيد الهيدروجين، ويحتوى هذا الإنزيم على Prosthetic group ويحتوى أيضًا على معدن مثل النحاس أو الحديد أو المولبيدنم ويسمى في هذه الحالة Metalo flavoprotein.

ومن أنواعها:

(١) D. Amino acid oxidase

يحتوى على Prosthetic group ويحتاج لقرين إنزيم FAD ويعمل على جميع الأحماض الأمينية الموجودة في صورة (D) ما عدا حامض الجلوتاميك. ويوجد هذا الإنزيم في الكلى والكبد. وعمومًا يساعد هذا الإنزيم على عملية الأكسدة ونزع مجموعة الأمين Oxidative deamination وبذلك تتحول الأحماض الأمينية

إلى أحماض كيتونية كالآتي:



D. amino acid — Imino acid — Keto acid

L. Amino acid oxidase (٢)

ويوجد هذا الإنزيم في سم بعض الحيات. ويعمل على إزالة المجموعة الأمينية من جميع الأحماض الأمينية الموجودة في صورة (L) ويحولها إلي الأحماض الكيتونية المقابلة لها.

$$\text{L. Amino acid} + H_2O + O2 \longrightarrow \text{Keto acid} + NH_3 + H_2O_2$$

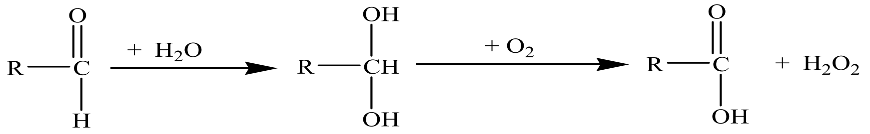
Xanthine oxidase (٣)

ويوجد في اللبن بكثرة وبعض أنسجة النبات ويحتوى على المولوبيدنم ويعمل مع قرين الإنزيم FAD ويؤثر على الهيبوزانثين حيث يؤكسده إلى زانثين في وجود الماء ويتحول الأخير إلى حمض اليوريك في وجود الأكسجين.

$$\text{Hydroxanthine} + H_2O \longrightarrow \text{Hydroxanthine hydrate} \xrightarrow{O_2} \text{Xanthine}$$

$$\text{Xanthine} + \text{FAD} \longrightarrow \text{Uric acid} + \text{FADH} + H^+$$

يوجد إنزيم آخر يشابه إنزيم الزانثين أكسيديز في اللبن ويسمى Schardinger enzyme وهو يساعد على أكسدة الألدهيدات إلى أحماض كربوكسيلية.

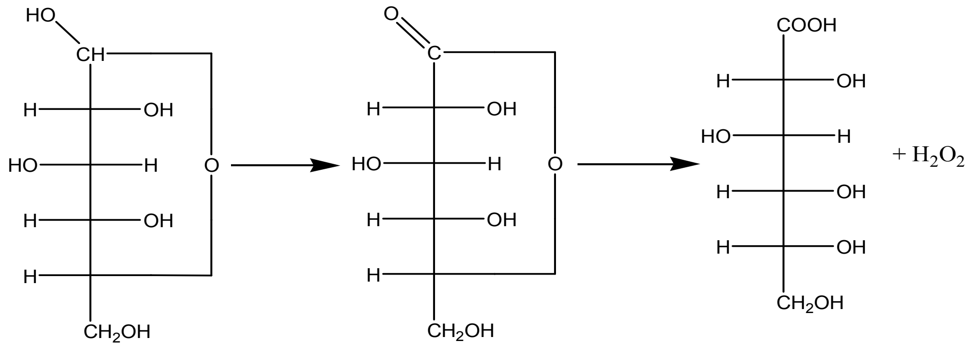


Aldehyde oxidase (٤)

وهو يؤكسد الألدهيدات إلى أحماض كربوكسيلية ولكن لا يؤكد الزانثين. وهو موجود في الكبد ويحتوى على Prosthetic group.

Glucose oxidase (٥)

وهذا الإنزيم يؤكسد البيتاجلوكوز إلى حمض جلوكونك. كما يوجد إنزيمات أخرى تحول جميع السكرات إلى أحماض ألدونية.



Beta D. glucopyranose — Delta D. gluconolactone — Gluconic acid

مصير فوق أكسيد الأيدروجين المتكون:

يتكون مركب فوق أكسيد الهيدروجين في الجسم من عمليات الأكسدة المختلفة كما سبق. وتعمل إنزيمات كثيرة على هدم فوق أكسيد الهيدروجين لأنه سام. ومن هذه الإنزيمات:-

١- Peroxidase

يوجد في النبات واللبن ويتحد هذا الإنزيم مع فوق أكسيد الهيدروجين ويكون مركب نشط يمكن أن يأخذ الهيدروجين من أي مركب آخر. ويوضح ذلك كما يلي:

$$AH_2 + H_2O_2 \longrightarrow A\ (oxidized) + 2H_2O$$

٢- Catalase

يوجد في النبات والأنسجة الحيوانية ويحتوي على مجموعة هيم (Heam group) ويعمل في تفاعل يكون مستقبل الهيدروجين Hedrogen acceptor ومعطي الهيدروجين Hedrogen doner هو فوق أكسيد الهيدروجين كالآتي:

$$H_2O_2 + H_2O_2 \xrightarrow{Catalase} O_2 + 2H_2O$$

وهذا الإنزيم متخصص بشدة لفوق أكسيد الهيدروجين ولا يؤثر على فوق الأكاسيد الأخرى.

III- Anaerobic dehydrogenase

يمكن تقسيم هذه الإنزيمات اللاهوائية إلى ثلاثة أقسام:-

١- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NAD

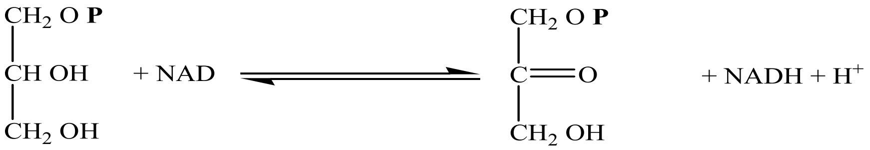
٢- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NADP

٣- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase لاتحتاج إلي NAD أو NADP

أولًا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NAD

١- Glycerol phosphate dehydrogenase

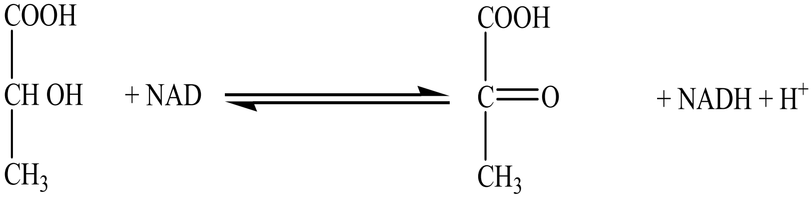
وهو يحول الألفا جلسرول فوسفات إلي مركب الداي هيدروكسي أسيتون فوسفات في وجود NAD كما يتضح من المعادلة التالية:



Alpha glycerol phosphate　　　Dihydroxy acetone phosphate

٢- Lactic dehydrogenase

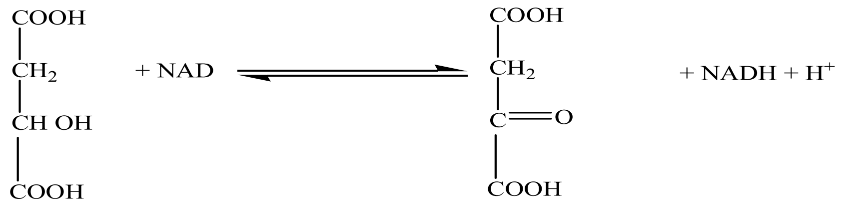
وهو متخصص لحمض اللاكتيك ويمكن أن يعمل مع قرين الإنزيم NADP ولكن سرعة التفاعل تقل مائة مرة مقارنة بالتفاعل الأصلي في وجود قرين الإنزيم NAD.



Lactic acid　　　Pyruvic acid

Malate dehydrogenase -٣

وهو متخص بالنسبة حمض المايك في الصورة (L) ويعمل أيضًا مع قرين الإنزيم NADP ولكن تقل سرعة التفاعل خمسة عشرة مرة.

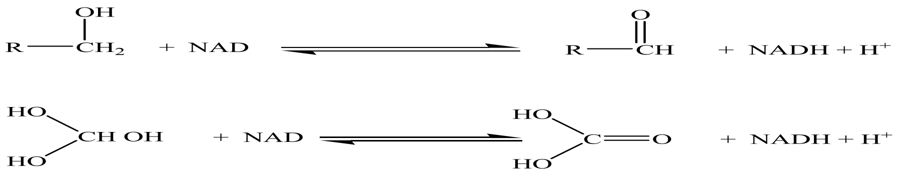


Malic acid　　Oxaloacetic acid

Alcohol dehydrogenase -٤

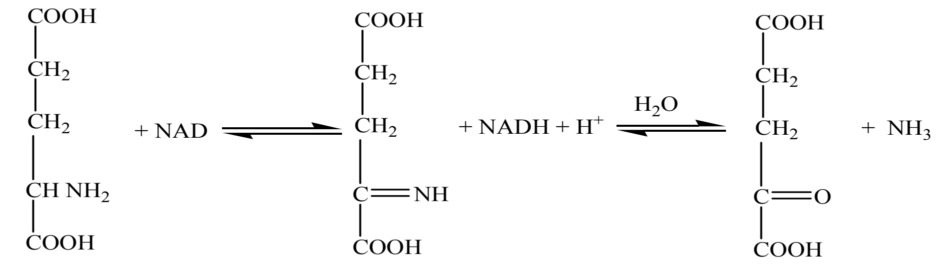
وهذا الإنزيم مرتبط به زنك. ويوجد في هذا الإنزيم مجموعة (SH).

وهذا الإنزيم يعمل على الكحولات الأولى والثانية وينتج من الأول ألدهيدات ومن الثانية كيتونات كما يلي:



L. glutamic dehydrogenase -٥

وهذا الإنزيم متخصص بالنسبة لحمض الجلوتاميك في الصورة (L) وأمكن فصل عدة إنزيمات من هذه المجموعة تعمل أيضًا مع قرين الإنزيم NADP .

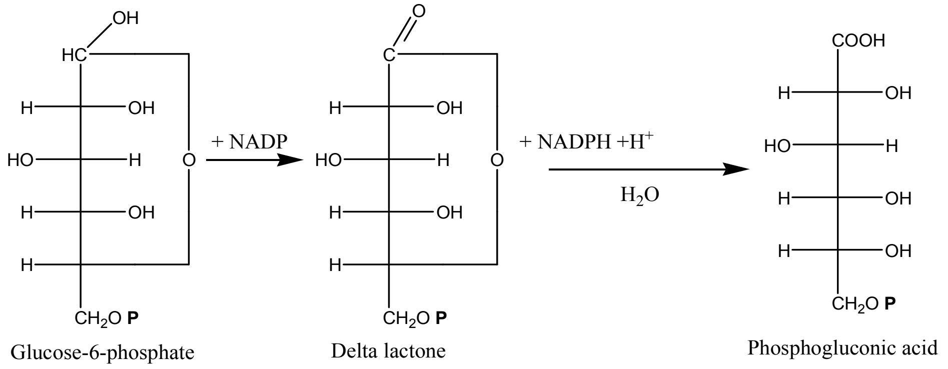


L. glutamic acid　　Imino form　　Alpha keto glutaric

ثانيًا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلى NADP

١- Glucose-6-phosphate dehydrogenase

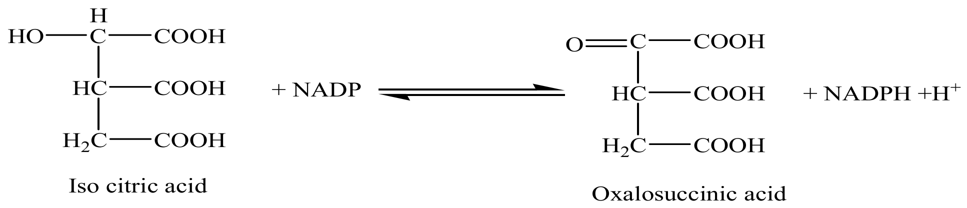
وهذا الإنزيم متخصص بالنسبة للصورة (D) من الجلوكوز فقط ويتم التفاعل كمايلي:



وعملية تحويل الجلوكوز-٦- فوسفات إلي حمض الفوسفوجلوكونيك مهمة في تكوين السكرات الخماسية من السكرات السداسية.

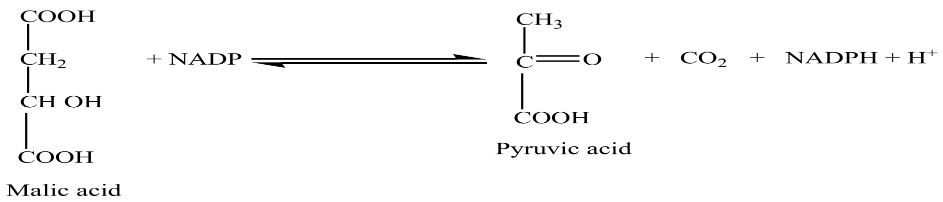
٢- Isocitric acid dehydrogenase

ويعمل على تحويل حمض الأيزوستريك إلي حمض الأوكسالوسكسينيك في وجود قرين الإنزيم NADP.



٣- Malate dehydrogenase

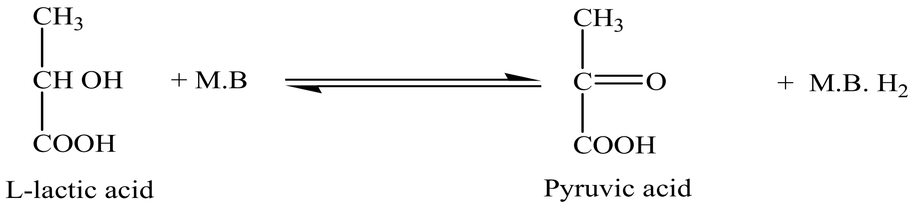
يساعد هذا الإنزيم على أكسدة ونزع ثاني أكسيد الكربون من حمض الماليك ويحتاج في تفاعلاته إلى منجنيز.



ثالثا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase لاتحتاج إلي NAD أو NADP

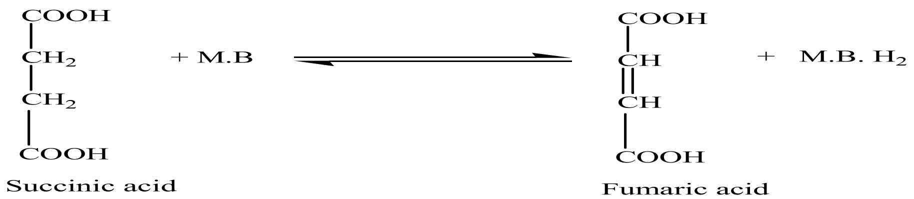
١- L- lactic dehydrogenase

وهذا الإنزيم من نوع Metaloflavoprotein ويعمل في وجود أزرق الميثلين (M.B) الذي يعمل كحامل للهيدروجين، ويقوم الإنزيم بتحويل اللاكتيك (في صورة L) إلي حمض البيروفيك.



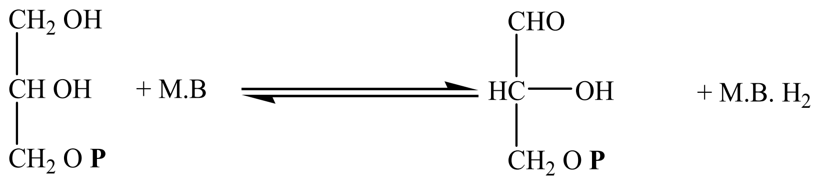
٢- Succinic acid dehydrogenase

وهذا الإنزيم من نوع Metaloflavoprotein ويحتوى على حديد ويحتاج إلى فوسفات. ويمكن وقف عمل هذا الإنزيم بواسطة إضافة بعض المثبطات المنافسة مثل حمض المالونيك والماليك والأكسالوأسيتيك. وهذا الإنزيم يحتوى على مجموعة (SH).



٣- Glycerophosphate dehydrogenase

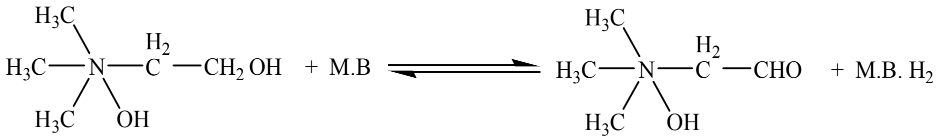
يساعد هذا الإنزيم على أكسدة مركب فوسفات الجلسرين في وجود أزرق الميثلين.



Alpha glycerol phosphate   3-Phospho glyceraldehyde

٤- Choline dehydrogenase

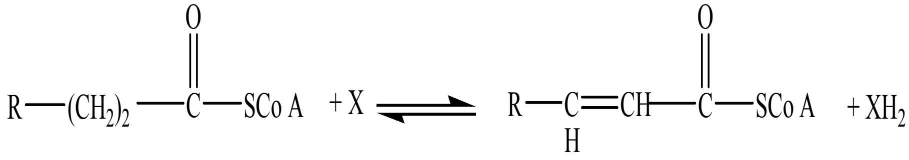
يساعد هذا الإنزيم على أكسدة الكولين إلى مركب Betaine aldehyde في وجود أزرق الميثلين.



Choline   Betaine aldehyde

٥- Fatty acyl Co A dehydrogenase

يساعد على أكسدة الأحماض ذات عدد ذرات الكربون من ٤ – ١٦ ذرة وهذه الإنزيمات عبارة عن فلافوبروتين لونها أصفر مع FADN الذي يوجد معها على هيئة Prosthetic group.



٦- Butyryl Co A dehydrogenase

وهو يشابه الإنزيم السابق ويساعد على أكسدة الأحماض الدهنية التي تحتوي على ٤-٦ ذرات كربون. وهو أيضًا من نوع الفلافوبروتين ولو أن الإنزيم لونه أخضر لوجود مركب النحاس فيه. وعمومًا نظرًا لوجود مجموعة الفلافين مع

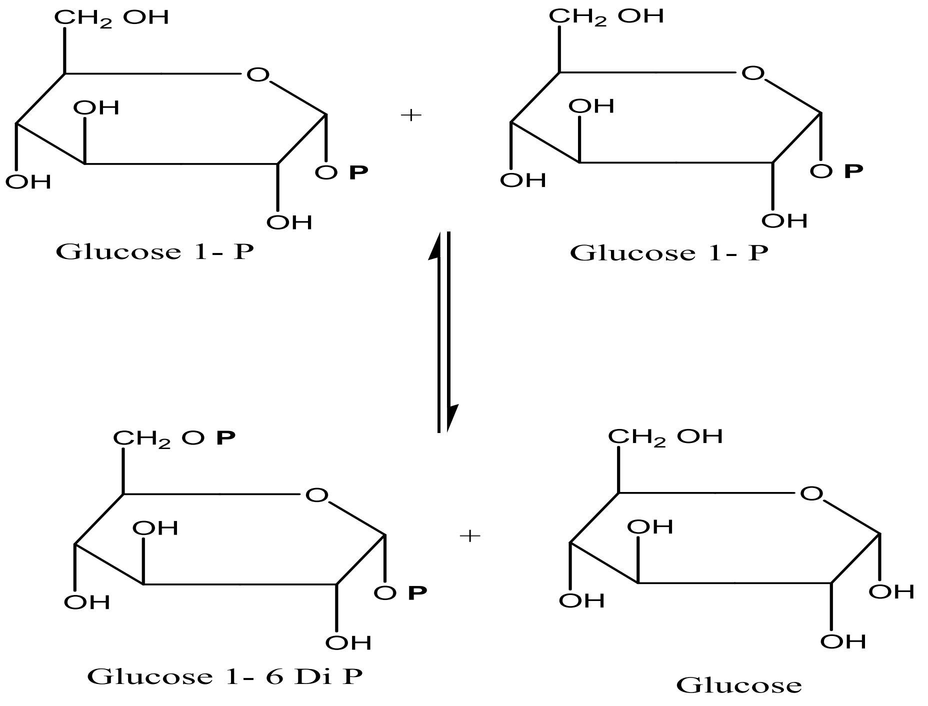
المجموعة المعدنية تجعل هذا النوع من الإنزيمات لا يحتاج إلى أي قرين إنزيمي لكي تتم عملية الأكسدة.

المجموعة الثانية: الإنزيمات الناقلة Transfering enzymes

وهي تساعد على نقل مجموعات من مركب إلى مركب آخر مثل مجموعات الفوسفات والأمين.. الخ. ويمكن وضع الإنزيمات الناقلة للهيدروجين تحت هذا القسم. ومن امثل هذه المجموعة:

١- Transphosphorylation by phosphatases

وتوجد هذه الإنزيمات في عصير ثمار الموالح وهي من نوع Mono phosphatases وهي تبدو على أنها إنزيمات تحلل مائي لأنها يمكنها أن تحلل أنواع مختلفة من الفوسفات العضوية ولكن في الوقت نفسه يمكنها أن تساعد في نقل مجموعة فوسفور.



٢- Trans glycosylation by glycosidase

وهي إنزيمات قادرة على نقل مجموعة جليكوسيد من جزيء إلى جزئ آخر. وقد تكون المجموعة المنقولة Fructosidic radical أو Glucosidic radical وتسمي هذه الإنزيمات Saccharses وهذه الإنزيمات هي التي تكون السكرات العديدة أو الثنائية والفرق بين هذه الإنزيمات وإنزيمات Phosphorylases أن إنزيمات Saccharses لا تلعب فيها مجموعة الفوسفات أي دور في عملية النقل والجزئ الذي ينقل هو مجموعة أخرى غير الفوسفات. ومن أمثلة هذه الإنزيمات إنزيم Saccharase الموجودة في الخميرة والذي يساعد في عملية Trans fructorylation.

$$\text{Sucrose} + \text{Sucrose} \rightleftharpoons \text{Fructosyl Sucrose} + \text{Glucose}$$

ويلاحظ أن جزئ الجلوكوز لا ينتقل بواسطة هذا الإنزيم أما إنزيم Saccharase الموجود في فطر Asprigillas فهو يعمل نفس عمل الإنزيم السابق غير أن جزيئ السكروز يمكن أن يحل محله مركبات أخرى. وهذه المركبات إما أن تكون سكرات أخرى أو سكرات كحولية. وهذا الإنزيم موجود أيضًا في كثير من النباتات الراقية كالبنجر والكرنب وغيرها. أما إنزيم المالتيز فهو يساعد على نقل جزئ الجلوكوز كالآتي:

$$\text{Maltose} + \text{Maltose} \rightleftharpoons \text{Maltotriose} + \text{Glucose}$$

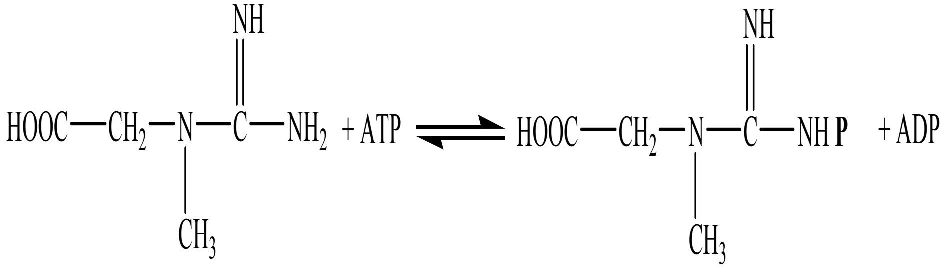
$$\text{Maltotriose} + \text{Maltose} \rightleftharpoons \text{Maltotetraose} + \text{Glucose}$$

وهكذا يلاحظ أن جزئ الفوسفور لا يدخل في تكوين السكرات المركبة. ولقد وجد أنه في كثير من الأحياء الدقيقة تتكون سكرات عديدة بواسطة إنزيمات Trans glycosylation فمثلًا وجد في Leuconostoc dextranicum (وهو أحد الكائنات الدقيقة) إنزيم يسمى Dextran saccharase الذي يساعد تحلل السكروز إلى فركتوز وجلوكوز ووجد أن الفركتوز يستعمله في عمليات التمثيل الغذائي أما

الجلوكوز فيستعمله في تكوين مركب الدكستران Dextran، وكذلك وجد في نوع من بكتريا Escherichia coli إنزيم يسمى Amylomaltase الذي يحول سكر المالتوز إلى سكر جلوكوز وسكر عديد بدون أخذ فوسفور. وكل الأمثلة السابقة يلاحظ فيها عملية تحلل مائي و عملية نقل مجموعة من المجموعات من مركب إلى مركب آخر.

٣- Transphosphorylation

هذه الإنزيمات تساعد على نقل مجموعة فوسفات مركب إلى مركب آخر. ويصاحب هذه العملية نقل الطاقة سواء كانت طاقة غنية أم طاقة فقيرة. ومن أمثلتها إنزيم Creatine phosphokinase الذي ينقل مجموعة الفوسفات من ATP إلى مركب الكرياتين لتكوين مركب فوسفات الكرياتين مع نقل الطاقة مصحوبة بجزئي الفوسفات كالآتي:



Creatine   Creatine phosphate

ومن أهم الأمثلة إنزيمات الفوسفوكينيز وهي منتشرة انتشارًا كبيرًا جدًا في جميع الأنسجة الحيوانية والنباتية والخميرة وغيرها. وهي تنقل مجموعة فوسفات من ATP إلى مركبات كثيرة وبالعكس والجدول رقم (٤٩) يوضح بعضها.

جدول رقم (٤٩):

الإنزيم	التفاعل
Arginine phosphokinase	Arginine ⇌ Arginine- **P**
Hexokinase	Glucose ⇌ Glucose-6- **P**
Hexokinase	Fructose ⇌ Fructose-6- **P**
Hexokinase	Mannose ⇌ Mannose-6- **P**
Gluconokinase	Gluconic acid ⇌ Gluconic acid-6- **P**
Fructokinase	Fructose ⇌ Fructose-1- **P**
Ribokinase	Ribose ⇌ Ribose-5- **P**

*وهناك بعض الإنزيمات التي تنقل مجموعة فوسفات من ATP إلى مركبات UDP لتكوين UTP وكذلك مركب GDP لتكوين مركب GTP وغيرها.

٤- Transglycosylation by phosphorylases

وهي إنزيمات تساعد على نقل مجموعة جلوكوسيدية من مركب إلى مركب آخر. وعمومًا تكون مادة البداية هي الجلوكوز ١- فوسفات. ومن أمثلة ذلك إنزيمSucrose phosphorylase، فلقد وجد أن بكتريا Pseudomonas saccharophilic يمكنها أن تكون السكروز من الفاجلوكوز – ١- فوسفات وسكر الفركتوز والعملية عكسية أي يمكن أن يحلل السكروز إلى جلوكوز -١- فوسفات و فركتوز.

Alpha glucose - 1- phosphate + Fructose ⇌ Sucrose

ويمكن إعتبار هذه العملية عملية تكثيف لمجموعتين سكر سداسي لتكوين السكروز بواسطة خروج حمض فوسفوريك أو يمكن إعتبارها عملية نقل مجموعة جلوكوسيد وفيها تنتقل مجموعة جلوكوسيد فوسفوري إلى مجموعة أخرى عبارة عن

جلوكوسيد آخر فيتكون سكر السكروز. ويلاحظ هنا أن الجلوكوز فقط بدون الفوسفات لا يمكنه مع الفركتوز أن يكونا سكر السكروز بهذا الإنزيم لذا لا بد من فسفرة الجلوكوز أولًا ثم يدخل في التفاعل على هيئة جلوكوز-١- فوسفات.

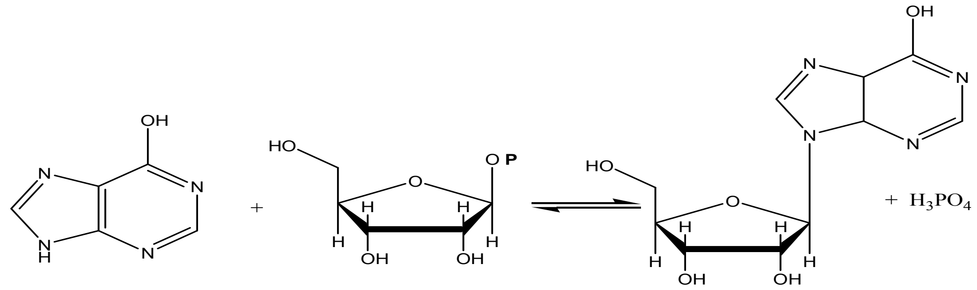
٥- Transribosylation

وهي تلعب دورًا هامًا في عمليات التمثيل الغذائي للبروتينات النووية، والسكرات التي تنتقل هنا هي سكرات الريبوز والدي أوكسي ريبوز ويلاحظ أيضًا أنه لا بد من أخذ مجموعات فوسفات لتحويلها إلى Pentose-1-phosphate الذي ينتقل إلى مجموعة البيورين أو مجموعة البيريميدين بواسطة إنزيم Phosphorylase الخاصة بسكرات البنتوزات كالآتي:-

١- يتفاعل سكر الريبوز مع ATP فيتكون ريبوز-٥- فوسفات.

٢- يتحول ريبوز-٥- فوسفات بواسطة إنزيم Mutase إلى ريبوز-١- فوسفات.

٣- تحدث عملية Transribosylation التي تنقل ريبوز-١- فوسفات إلى مجموعة البيورين أو البيريميدين لتكوين الحامض النووي. وأول عملية اكتشفت من هذا النوع هي عملية فسفرة وتكوين مركب Hypothanthine-9-N-B-riboside بواسطة إنزيم Phosphorylase.



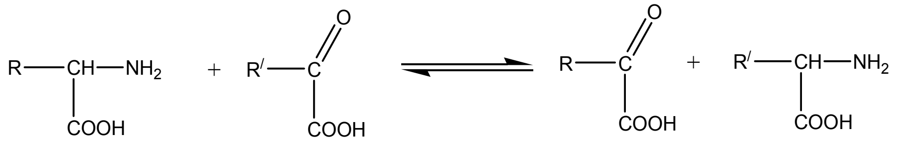
وعملية تكوين مركب Adenosine pohsphate يتكون كما سبق شرحه كالآتي:-

Adenosine + Ribose-1-phosphate $\rightleftharpoons$ Adenosine

Adenosine + ATP $\rightleftharpoons$ Adenosine monophosphate

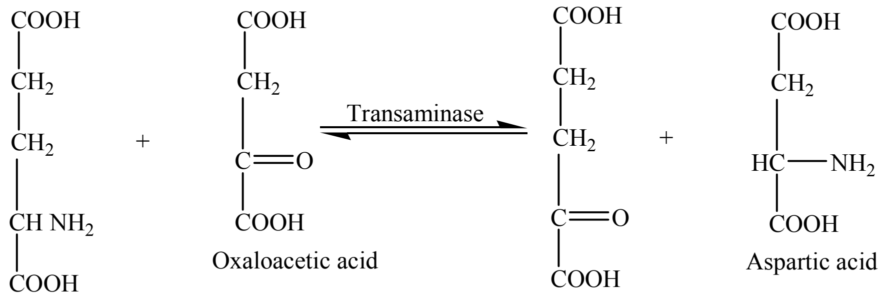
٦- Transamination

وهي الإنزيمات التي تنقل مجموعة أمين من مركب إلى مركب آخر. وهذه الإنزيمات منتشرة في جميع أنسجة الحيوانات والنباتات والأحياء الدقيقة. ويمكن تلخيص هذه التفاعلات في الآتي:



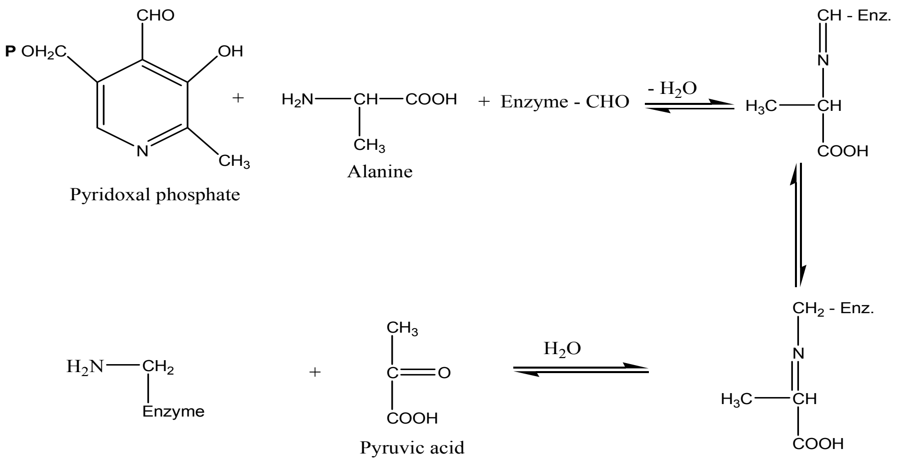
Amino acid Keto acid Keto acid Amino acid

ويمكن بهذه الطريقة بناء أحماض أمينية جديدة داخل الجسم. فمثلًا إذا تفاعل حمض أميني جلوتاميك مع حمض كيتوني أوكسالوأسيتيك فيتكون حمض كيتوني الفاكتيوجلوتاريك وحمض أميني جديد عبارة هو حمض أسبارتيك.



Glutamic acid Oxaloacetic acid Alpha keto glutaric acid Aspartic acid

وعمومًا وجد إنزيم أمينيز يحتوى على البيروكسيدال فوسفات كـ Prosthetic group وهو عبارة عن أحد فيتامينات مجموعة (B) ويمكن تفسير التفاعل كما يلي:

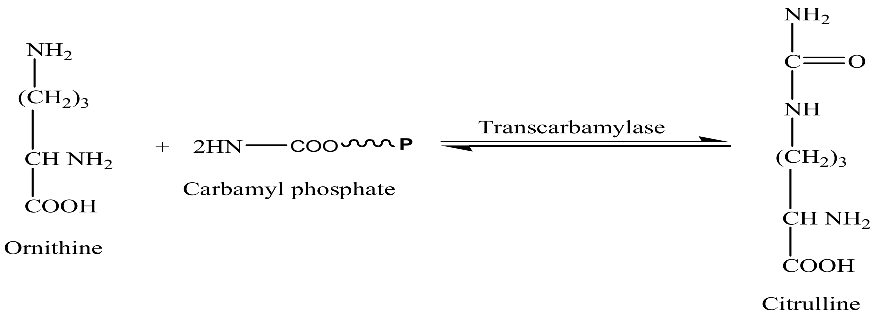


Transcarbamylation -٧

يتحد ثاني أكسيد الكربون مع النشادر في وجود مركب ATP لتكوين مركب الكرباميل فوسفات بواسطة إنزيم Carbamylase

$$CO_2 + NH_3 + ATP \rightleftharpoons 2HN—COO\sim P$$

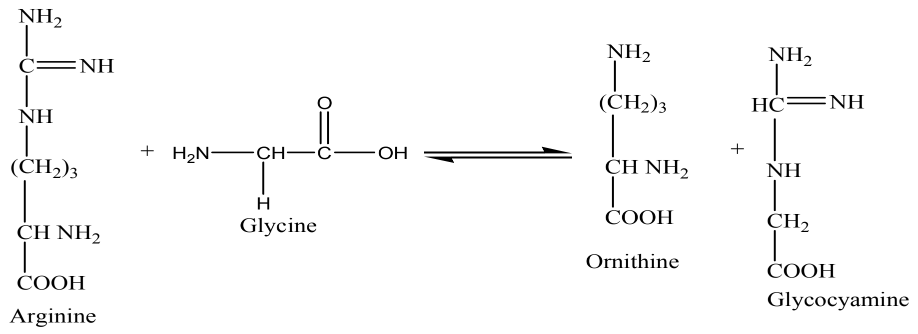
وينتقل المركب الناتج من التفاعل بواسطة إنزيمات ناقلة لمجموعة الكرباميل إلى مركب الأورنثين لتكوين مركب السيترولين كما هو الحال في دورة اليوريا التي تحدث في الكبد كالآتي:



Transamidination -٨

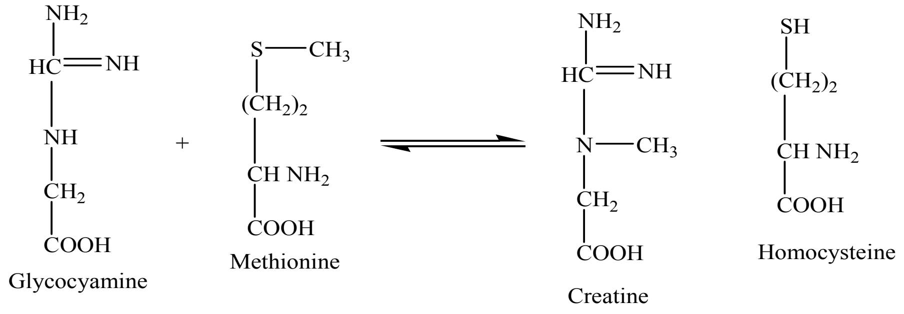
توجد بعض الإنزيمات الخاصة التي يمكن أن تنقل مجموعة الأميدين

Amidine من مركب إلى مركب آخر. فمثلًا مجموعة الأميدين في الحمض الأميني أرجنين يمكن أن تنتقل إلى الحمض الأميني جليسين لتكوين مركب الجليكوسيامين كالآتي:-



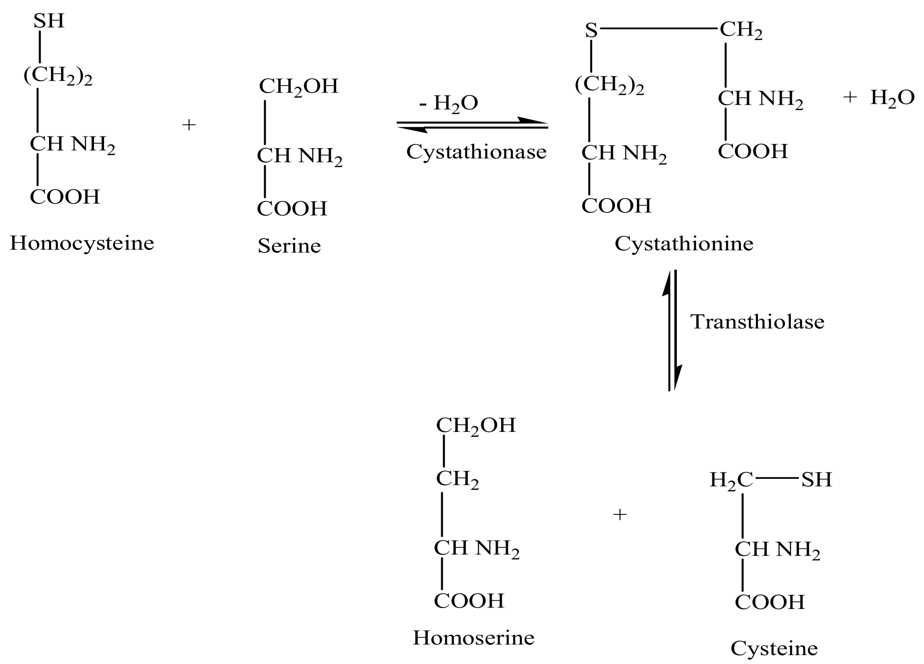
Transmethylation -٩

يوجد هناك مركبات تعطي مجموعة ميثيل تسمى Methyl donator مثل الحمض الأميني الميثونين وتكوين مركب الكرياتين من مركب الجليكوسيامين الذي يحتاج إلى نقل مجموعة ميثل كالآتي:



Transthiolation -١٠

توجد بعض الإنزيمات التي تساعد على نقل مجموعة (SH) من الحمض الأميني الهوموسستين إلى الحمض الأميني سيرين لتحل محل مجموعة الهيدروكسيل كالآتي:

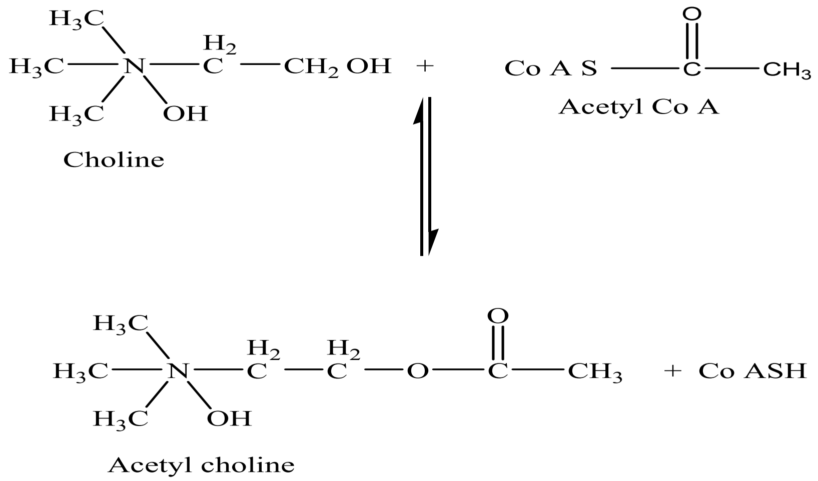


يساعد هذا التفاعل إنزيمان مختلفان أحدهما لتكوين مركب Cystathionine ويسمى Cystathionase ويوجد في كبد الفئران والآخر لتحليل مركب Cystathionine. وعمومًا يعمل البيرودكسال فوسفات كقرين إنزيمي لكلا الإنزيمين.

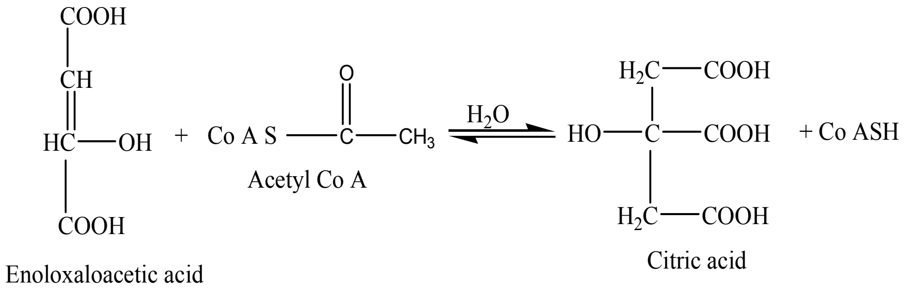
١١- Transacylation

تعتبر عملية نقل مجموعة الأسيتيل من مركب إلى مركب آخر من أهم التفاعلات الحيوية في عمليات التمثيل الغذائي. و هي تدخل في كثير من تفاعلات نزع السمية لكثير من المواد الغريبة. وكذك وجد في الخلايا إنزيمات تساعد على نقل مجموعة الأسيتيل وتحتاج إلى Co-enzyme A كقرين إنزيمي لازم لإتمام هذا التفاعل وكذلك يحتاج لوجود ATP. ومركب Co-enzyme A الذي ينقل مجموعة Acetyl Co A إلى أي مركب بواسطة إنزيم Acylase ليكون مركب جديد.

ومثال ذلك نقل الأسيتيل إلي الكولين لتكوين مركب الأسيتيل كولين.

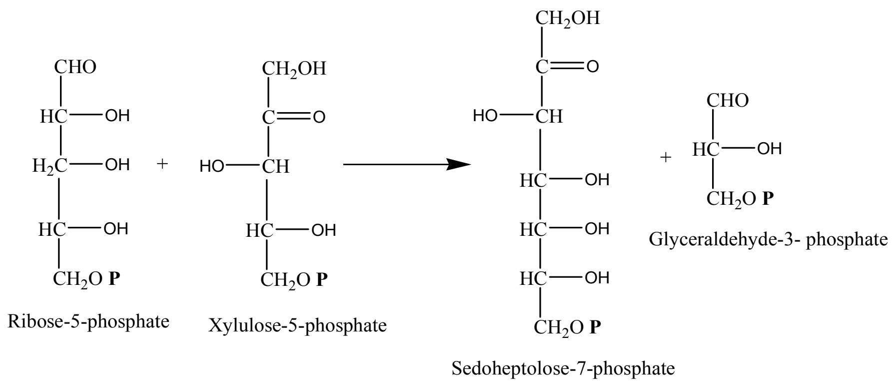


ويمكن أن يتفاعل الأسيتيل قرين أ مع الإينول أوكسالوأسيتيك ليكون حمض الستريك.



١٢- Transketolation

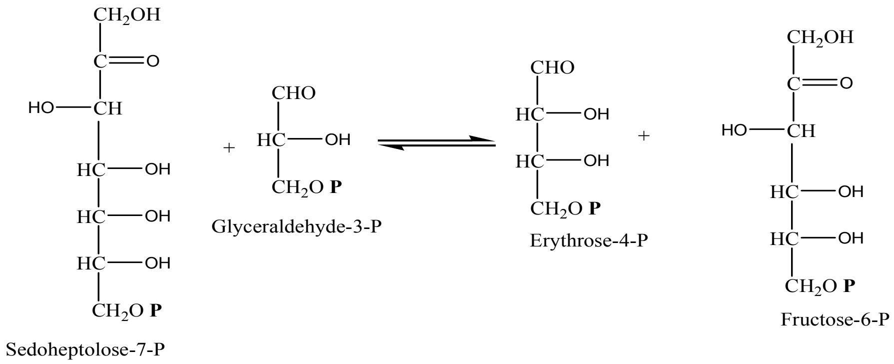
تساعد إنزيمات Transketolase في التفاعلات الآتية:



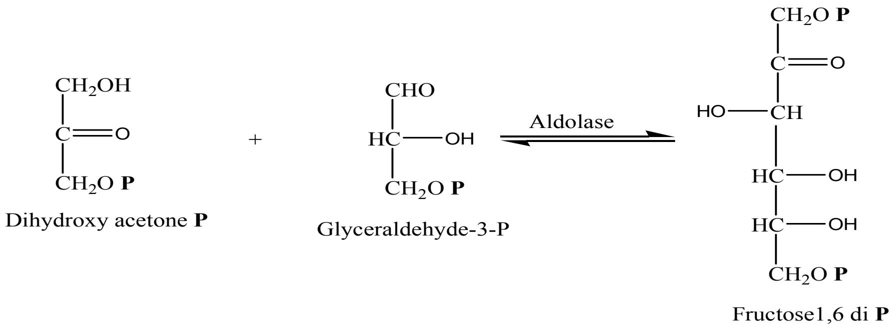
ويدخل في هذا التفاعل الثيامين فوسفات كمرافق إنزيمي. وهذا النوع من التفاعلات مهمة جدًا في عملية البناء الضوئي.

١٣- Transaldolation

تقوم بهذه العملية إنزيمات Transaldolase وتحتاج هذه الإنزيمات إلى الثيامين فوسفات كقرين إنزيمي.



وهنا إنزيم الألدوليز Aldolase أو Transaldolase الذي يكون مركب الفركتوز ١،٦ ثنائي الفوسفات من مركبي الجلسرألدهيد ٣ فوسفات ومركب الداي هيدروكسي أسيتون فوسفات كما يلي:



المجموعة الثالثة: إنزيمات التحلل المائي Hydrolases enzymes

وتعمل هذه الإنزيمات كما يلي:

$$R—R' + HOH \xrightarrow{\text{Hydrolases}} R—OH + R'—H$$

وتشمل هذه الإنزيمات ما يلي:-

أ- الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات Carbohydrases.

ب- الإنزيمات المحللة للبروتينات Proteases.

جـ- الإنزيمات المحللة للدهون Estrases.

أولًا:الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات Carbohydrases

وهذه الإنزيمات تنقسم إلى نوعين:

القسم الأول: إنزيمات تحلل السكريات العديدة ويطلق عليها Polysaccharases ومنها:-

أ- إنزيمات الأميليز Amylases enzymes:

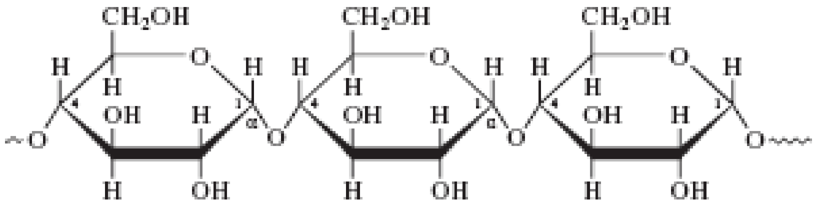
من المعروف أن النشا يتكون من مخلوط من مركبين هما الأميلوز والأميلوبكتين. ويتكون الأميلوز من وحدات من الجلوكوز متحدة مع بعضها إتحادًا جليوكوسيديا برابطة من النوع ألفا (١-٤) أما الأميلوبكتين فيتكون من سلاسل عديدة تتكون من إتحاد وحدات الجلوكوز إتحادًا جليكوسيديا برابطة ألفا (١-٤) أما السلاسل فترتبط مع بعضها بروابط الفا (١-٦) ويوجد نوعين من إنزيمات الأميليز:-

١- ألفا أميليز Alpha amylase:

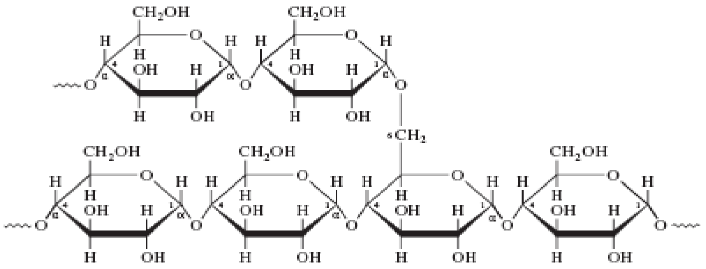
ويطلق عليه أيضًا Endoamylase وهو يؤثر على جزيئ الأميلوز بحيث يحلله مائيًا إلى جزئيات سكر مالتوز وكذلك يؤثر على جزيئ الأميلوبكتين بحيث يفصل جزئيات مالتوز من أطراف السلسلة فقط ويقف فعله كلما إقترب من موضع تلاقي سلاسل الأميلوبكتين مع بعضها أي بين الرابطة (١-٦).

٢- بيتا أميليز Beta amylase:

ويسمى أيضاً Exoamylase وهو يؤثر على مركب الأميلوبكتين فتحلل كل الجزيئ إلى جزئيات سكر مالتوز أي يؤثر على الرابطة (١-٦).



Amylose Structure

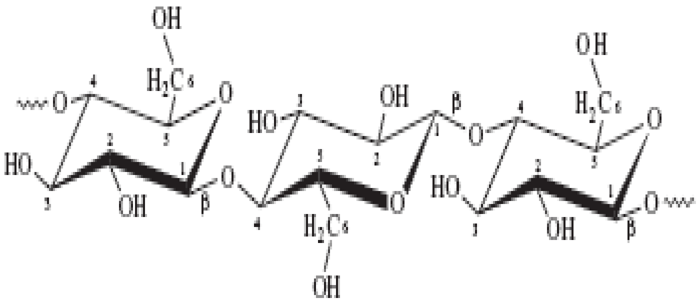


Amylopectin Structure

ب- إنزيم السليوليز Cellulase:

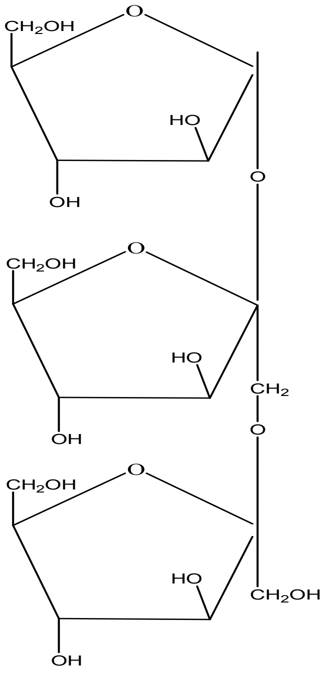
يحلل هذا الإنزيم مادة السليولوز إلى سكر جلوكوز. وعادة لا يوجد في معدة الحيوانات التي تأكل الحشائش أو المواد السيللوزية ولكن يفرز بواسطة بعض الأحياء

الدقيقة التي تعيش داخل القناة الهضمية لهذه الحيوانات. وهذا الإنزيم يؤثر على الرابطة بيتا (١-٤) بشرط وجود جلوكوز على جانبي الرابطة وينتج في نهاية التحليل سلوبيوز.



جـ- إنزيم الإنيوليز Inulase:

وهو يهاجم سكر الأنيولين ويحلله لوحدات من السكر الثنائي.



Inulin

القسم الثاني: إنزيمات الجليكوسيديز Glycosidases

أ- إنزيم الألفا جليكوسيديز Alpha glycosidase:

وهو يهاجم الرابطة ألفا للسكرات الثنائية حيث يرتبط الجلوكوز بالهيمى استيال أي كان الطرف الثاني إذا كان كحول أو جلوكوز أو أي مركب آخر.

ب- إنزيم البيتا جليكوسيديز Beta glycosidase:

وهو يشبه الإنزيم السابق في كل شيء إلا أنه يهاجم الرابطة بيتا للسكرات الثنائية.

جـ- إنزيم الإنفرتيز Invertase or saccharases:

وهو واسع الانتشار جدًا في الحيوانات والنباتات والأحياء الدقيقة ويوجد منه نوعان:

إنزيم الجلوكوسكاريز Glucosaccharases وهو يوجد في الحيوانات.

إنزيم الفركتوسكاريز Fructosaccharases وهو يوجد في الخميرة.

وتقوم هذه الإنزيمات بمهاجمة السكروز أو أي فركتوفورانوسيد ولكن الفرق بين الإثنين أن الفركتوسكاريز يمكن أن يؤثر على السكر الثلاثي الرافينوز.

ثانيًا: إنزيمات التحلل المائي للبروتينات Proteases

وهذه تنقسم إلى قسمين رئيسيين:

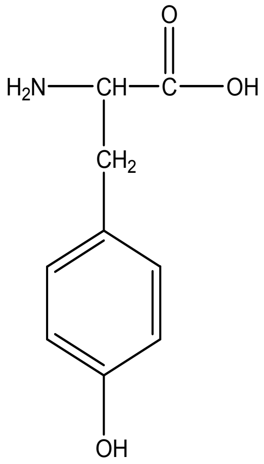
القسم الأول:

إنزيمات متخصصة في كسر الرابطة الببتيدية ذات الوزن الجزئي المرتفع لإعطاء جزئيات أصغر وتسمى إنزيمات الهضم Digestive proteases وهي إنزيمات تحول البروتينات إلى ببتدات ويمكن أيضًا أن تؤثر في مواد أبسط في التركيب من البروتينات وتشمل أنزيمات:

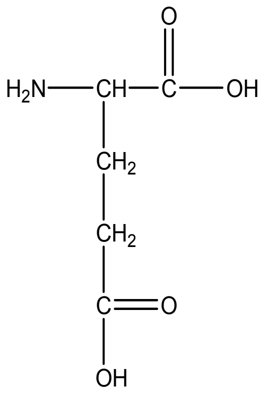
١- الببسين Pepsin:

وهذا الإنزيم يفرز بواسطة خلايا جدار المعدة على هيئة ببسينوجين

Pepsinogen ويكون غير نشط ثم يتحول إلى ببسين Pepsin فعال بواسطة حامض الهيدروكلوريك الموجود في المعدة وهذا الإنزيم المنشط يعمل على تنشيط الببسينوجين ويسمى ذلك Auto catalytic effect. ولهذا الإنزيم تخصص شديد إذ أنه يهاجم الرابطة الببتيدية الموجودة بين حامض أميني من نوع L- dicarboxylic amino acid مثل الحمض الأميني جلوتاميك في الصورة L وحامض أميني آخر من نوع L- aromatic amino acid مثل الحمض الأميني تيروزين في الصورة L.



Tyrosine



Glutamic

ويشترط لاتمام هذا التفاعل ما يلي:

(١) أن تكون مجموعة الكربوكسيل الأخرى بالحامض ثنائي الكربوكسيل حرة غير مرتبطة.

(٢) أن لا توجد مجموعة أمينية حرة مجاورة مباشرة للرابطة الببتيدية.

(٣) أن تكون الأحماض الأمينية على صورة L.

(٤) عدم وجود مجموعة أميد قريبة من الروابط.

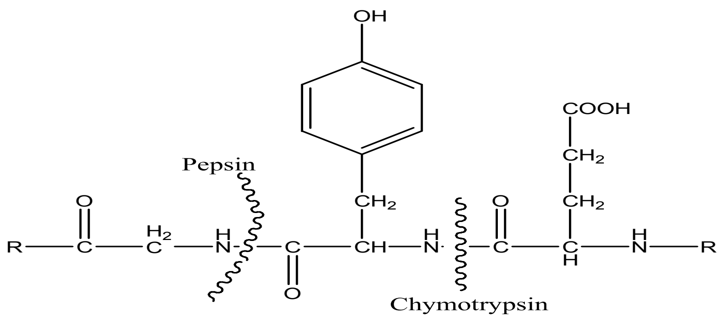
وعلى ذلك تكون الروابط التي تتكسر بواسطة الببسين كما هي موضحة في الجدول رقم (٥٠) التالي:

Substrate	Pepsin effect
Glycyl –L- Glutamyl-L- Tyrosine	+
L-Glutamyl –L- Tyrosine	+
R-L-Glutamyl-L- Tyrosine amide	––
R-D-Glutamyl – L- Tyrosine	––
R-L-Glutamyl – D- Tyrosine	––
R-L-Glutamyl – L- Phenyl alanine	+

٢- الكيموتربسين Chymotrypsin:

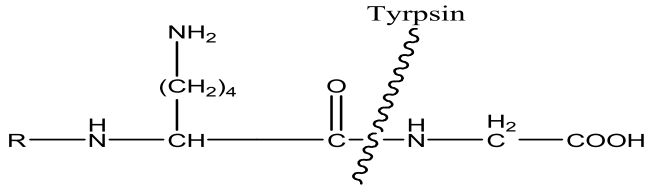
وهذا الإنزيم يفرز بواسطة البنكرياس على هيئة إنزيم غير فعال يسمى Chymotrypsinogen وينشط بواسطة إنزيم التربسين وهو يشبه إنزيم الببسين في أنه يؤثر على رابطة ببتيدية تحتوي إحداهما على حمض أميني ذو مجموعة فينايل والفرق بينهما أن إنزيم الببسين يهاجم الرابطة من ناحية مجموعة الأمين للحمض الأميني المحتوى على مجموعة فينيل بينما نجد أن إنزيم الكيموتربسين يؤثر على الرابطة من ناحية مجموعته الكربوكسيلية وليس من الضروري وجود حامض أميني ثنائي الكربوكسيل ويختلف أيضًا عن إنزيم الببسين في إنه لا يهاجم رابطة ببتيدية قريبة من مجموعة كربوكسيل حرة.

والشكل التالي يوضح الفرق بين مواضع عمل كلا الإنزيمين على الروابط الببتيدية:



٣- التربسين Trypsin:

يؤثر هذا الإنزيم على الرابطة الببتيدية المكونة من المجموعة الكربوكسيلية للأحماض الأمينية الأرجنين أو الليسين مع مجموعة أمينية أخرى بشرط أن تكون المجموعة الأمينية الثانية لليسين أو الأرجنين حرة.

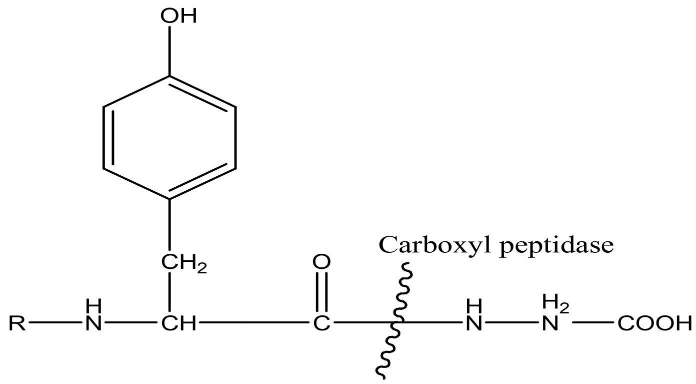


القسم الثاني:

إنزيمات متخصصة في كسر الجزئيات الصغيرة إلى أحماض أمينية وتشمل:

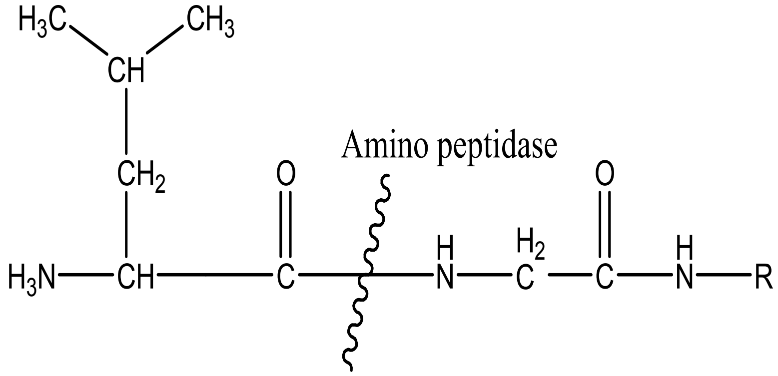
أ- كربوكسيل ببتيديز Carboxyl peptidase:

ويؤثر هذا الإنزيم على الببتيدات العديدة بحيث يهاجم الببتيدات من الجهة التي بها حامض أميني يحتوى على مجموعة كربوكسيل حرة ولا يستطيع مهاجمة المركب إذا كان موجودًا به مجموعة أمين حرة مجاورة للرابطة الببتيدية. ويوجد أنواع كثيرة من هذه الإنزيمات تستخدم في الأغراض الصناعية.



ب- أمينو ببتيديز Amino peptidase:

وهذا الإنزيم يهاجم الرابطة الببتيدية من ناحية مجموعة الأمين الحرة بشرط وجود حامض الليوسين ولا يعمل إذا وجدت مجموعة الكربوكسيل حرة مجاورة للرابطة الببتيدية. ويوجد منها أنواع كثيرة تستعمل أيضًا في الأغراض الصناعية.



ثالثًا:الإنزيمات المحللة للدهون Estrases

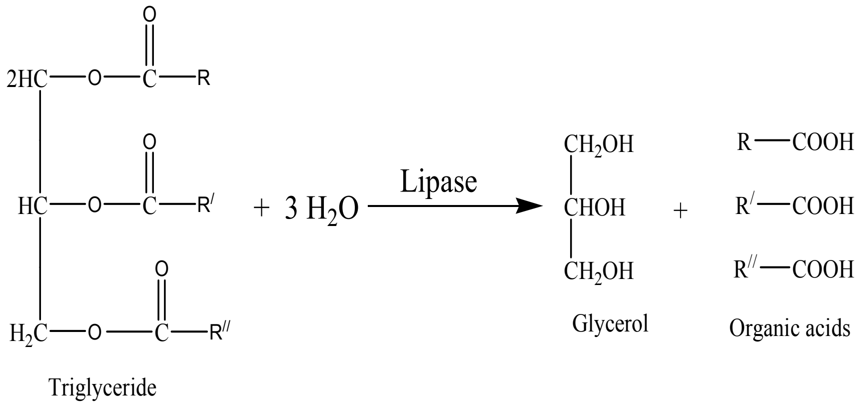
وتنقسم هذه الإنزيمات إلى قسمين رئيسين هما:

(١) إنزيمات تقوم بالتحليل المائي لإسترات الأحماض العضوية وتشمل:

أ- إنزيم الليبيز Lipase:

ينتشر هذا الإنزيم في إفرازات الأمعاء والبنكرياس في الحيوانات وكذلك يوجد في بذور بعض النباتات وفي بعض الكائنات الدقيقة. وعمومًا فتخصص هذا الإنزيم

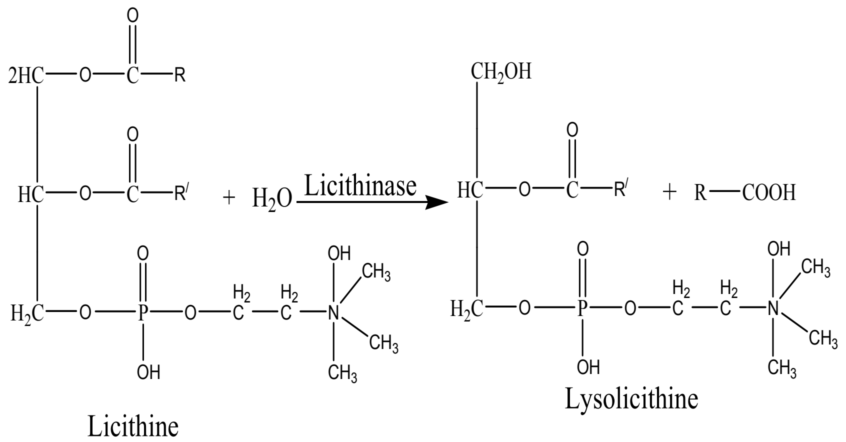
ضعيف بالنسبة للتركيب الكيماوي ولكن تخصصه شديد جدًا بالنسبة للتشابه الضوئي. ويحلل هذا الإنزيم كل الإسترات العضوية التي تحتوي على أي حمض عضوي قد يكون حمض الخليك أو حمض بالمتيك أو إستياريك، وقد تكون أحماض دهنية طويلة السلسلة مشبعة أو غير مشبعة مرتبطة مع كحول بشرط ألا يكون هذا الإستر ذائبًا تمامًا حيث يفضل الإنزيم مهاجمة الإسترات الموجودة على هيئة مستحلب Emulsion.



ويجب ملاحظة أن الأحماض العضوية لا تنفصل مرة واحدة من إستر الجلسريد الثلاثي (Triglyceride) بل أنها تنفصل على مراحل ولذا يمكن وجود مركبات Monoglyceride, Diglyceride كمركبات وسطية أثناء التحليل المائي للجلسريدات الثلاثية.

ب- إنزيم الليسيثيناز Licithinase:

وهذا الإنزيم يحلل مركب الليسيثين (Licithine) حيث ينفصل حامض عضوي واحد فقط من الأحماض العضوية المتصلة بالجليسرين ويبقى مركب يسمي ليزوليسيثين Lysolicithine الذي له القدرة على تمزيق كرات الدم الحمراء.



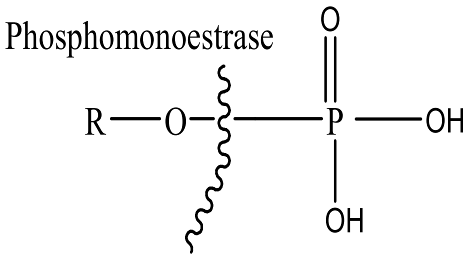
(٢) إنزيمات تقوم بالتحليل المائي لإسترات الأحماض غير العضوية وتشمل:

أ- إنزيم الفوسفاتيز Phosphatase:

وهذه الإنزيمات موجودة في جميع الأنسجة تقريبًا. ويوجد منها أنواع مختلفة مثل:

١- Phosphomonoestrase:

ويوجد منه نوعين: الأول هو الفوسفاتيز القلوي Alkaline phosphatase وهي تعمل في الوسط القلوي مثل فوسفاتيز الدم أو فوسفاتيز العظام والنوع الثاني هو الفوسفاتيز الحامضي Acidic phosphatase وهي تعمل في الوسط الحامضي مثل فوسفاتيز الحيوانات المنوية. وهذه الإنزيمات تحلل المركبات التي تشبه التركيب التالي تحليلًا مائيًا:

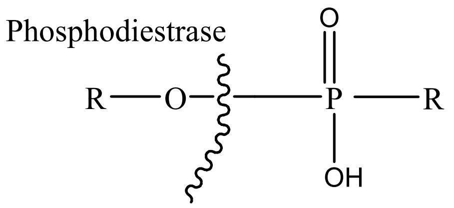


٢- Phosphodiestrase

ومن أنواع هذه الإنزيمات:

Nucleotidase
Ribonuclease
Deoxyribonuclease

وهي تحلل الأحماض النووية وتحولها إلى نيكليوتيدات Nucleotides وهي تعمل على المركبات التي تشبه التركيب التالي:



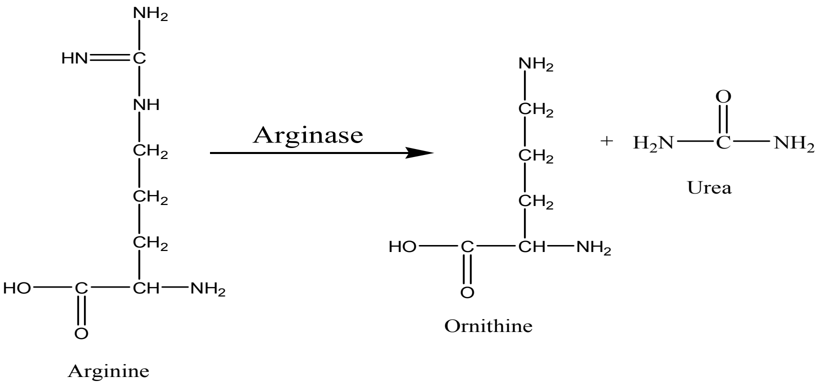
٣- PolyPhosphoestrase:

ومن أهم أمثلة هذا النوع إنزيم Adenosine triphosphatase وهو موجود في العضلات ويمكن له تحليل مركب ATP

رابعا: بعض إنزيمات التحليل المائي الأخرى

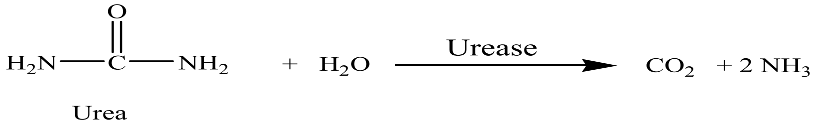
١-إنزيم أرجينيز Argenase

يحلل هذا الإنزيم الحمض الأميني أرجنين إلى الأورنثيين واليوريا ويشترط وجود مجموعة الكربوكسيل لحامض الأرجنين على صورة حرة غير مرتبطة. ويعمل هذا الإنزيم في الوسط القلوي.



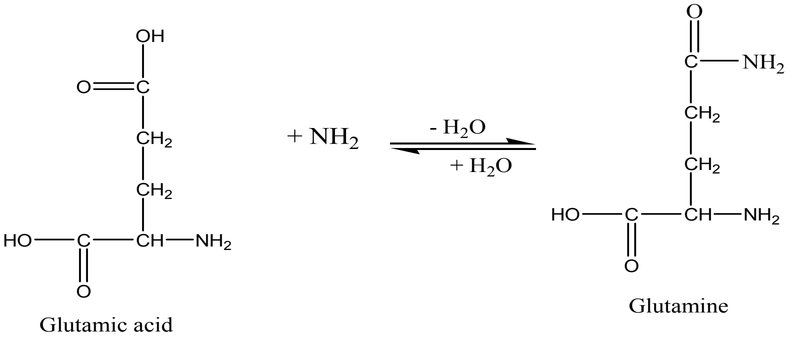
٢- إنزيم اليورييز Urease:

يوجد هذا الإنزيم في بعض الحبوب وفي الأنسجة المختلفة للحيوانات اللافقارية وهو أول إنزيم فصل على صورة بللورية. وهو يحلل اليوريا إلى أمونيا وثاني أكسيد الكربون.



٣- إنزيم الجلوتامينيز Glutaminase:

وهو يحول الحمض الأميني الجلوتاميك إلى الجلوتامين.



المجموعة الرابعة: إنزيمات Lyases

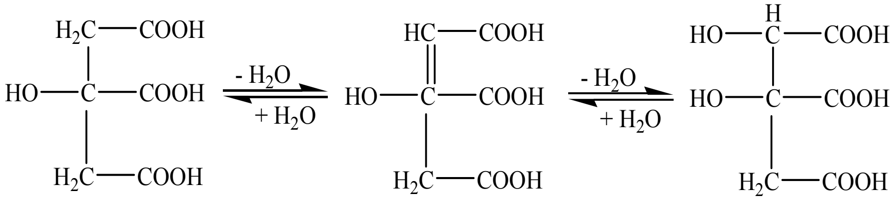
وهذه الإنزيمات تضيف أو تنزع أحدى المجموعات من مركب لتحويله إلى

مركب آخر وهي تنقسم إلى ثلاثة أقسام حسب المجموعة التي تقوم بإضافتها أو نزعها إلي:

القسم الأول: إنزيمات تضيف أو تنزع ماء

١- إنزيم Acotinase:

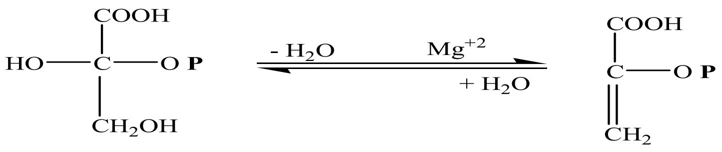
ويعمل هذا الإنزيم خلال عمليات الأكسدة في دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل حيث يعمل على تحويل حمض الستريك إلي الأيزوستريك كما يلي:



Citric acid   Cis. aconitic acid   Isocitric acid

٢- إنزيم Enolase:

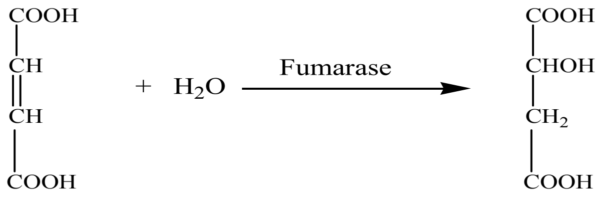
وهذا الإنزيم يحتاج إلى الماغنسيوم ويحول مركب 2-Phosphogyceric acid إلى مركب الفوسفواينول بيروفيك.



2-Phosphoglyceric acid   2-Phosphoenol pyruvic acid

٣- إنزيم Fumarase:

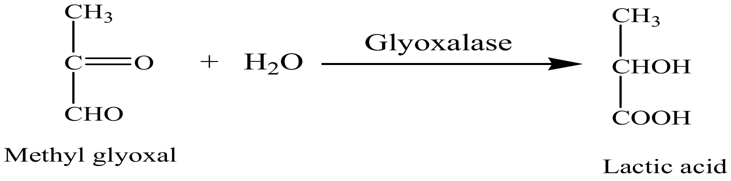
وهو يحول حامض الفيوماريك إلى حامض الماليك كما يلي:



Fumaric acid   Malic acid

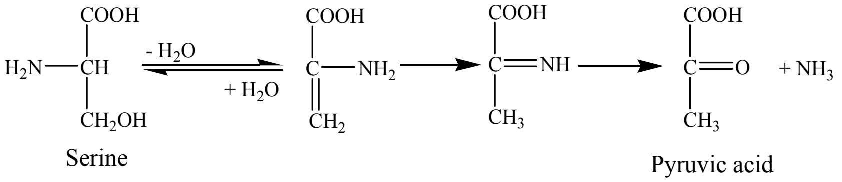
٤- إنزيم Glyoxalase:

وهو إنزيم منتشر جدًا في جميع الأنسجة الخاصة بالحيوانات وهو يحول مركب Methyl glyoxal إلى حامض اللاكتيك. ويحتاج هذا الإنزيم إلى مركب جلوتاثيون كقرين إنزيمي.



٥- إنزيم Serine deaminase:

وهو إنزيم يساعد في نزع جزئ ماء من الحمض الأميني سيرين خلال عمليات نزع الأمين كما يلي:

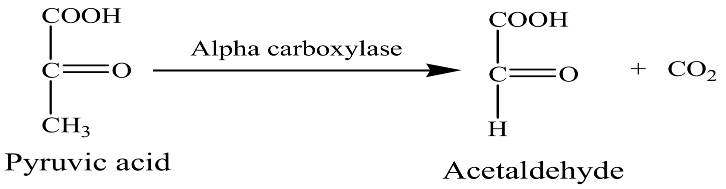


القسم الثاني: إنزيمات تضيف أو تنزع مجموعة CO_2

وهذه الإنزيمات هي التي تساعد على عمليات تثبيت ثاني أكسيد الكربون خلال عمليات التمثيل الكلوروفيلي وهذه الإنزيمات تسمى بإنزيمات الكربوكسيليز.

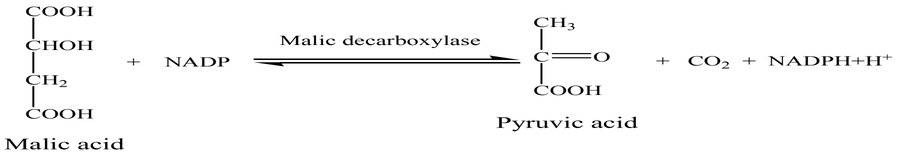
١- إنزيم الألفاكربوكسيليز Alpha carboxylase:

ويوجد في بعض الأحياء الدقيقة وفي النباتات ويحتوي هذا الإنزيم على الماغنسيوم والـ Prosthetic group عبارة عن ATP حيث يتحد مع حمض البيروفيك ثم ينفصل ثانية بعد عملية نزع الكربوكسيل.



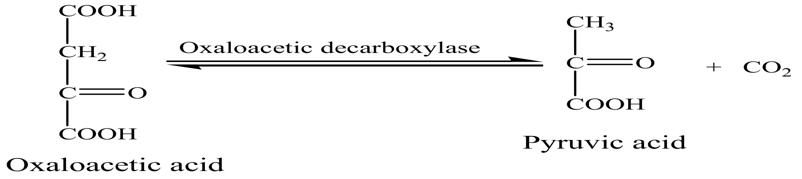
٢- إنزيم Malic decarboxylase:

وهذا الإنزيم يمكن أن يوضع مع أقسام إنزيمات إضافة أو نزع CO_2 وكذلك مع إنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenase لأنه يساعد على العمليتين:



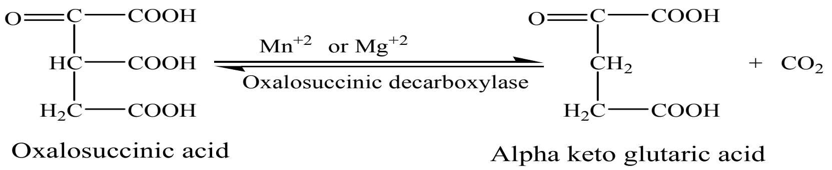
٣- إنزيم Oxaloacetic decarboxylase:

وهذا الإنزيم منتشر جدًا لأنه يساعد على تحويل حمض الأوكسالوأسيتيك إلي حمض البيروفيك والعكس.



٤- إنزيم Oxalosuccinic decarboxylase:

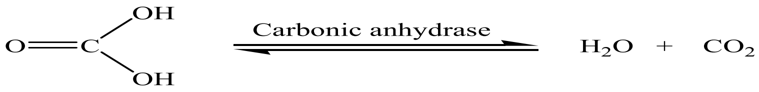
ويعمل على تحويل حمض الأوكسالوسكسينيك إلي حمض الألفا كيتوجلوتاريك في وجود أيونات المنجنيز أو الماغنسيوم.



٥- إنزيم Carbonic anhydrase:

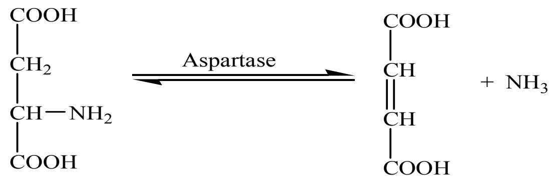
ويحتوى هذا الإنزيم على الزنك ويعمل على تحلل حمض الكربونيك إلي ثاني

أكسيد الكربون والماء.



القسم الثالث: إنزيمات تضيف أو تنزع مجموعة أمونيا

ومنها إنزيم Aspartase وهو يساعد على عملية إضافة أو نزع مجموعة أمونيا كالأتي:



Aspartic acid Fumaric acid

المجموعة الخامسة: إنزيمات التشابه Isomerazes

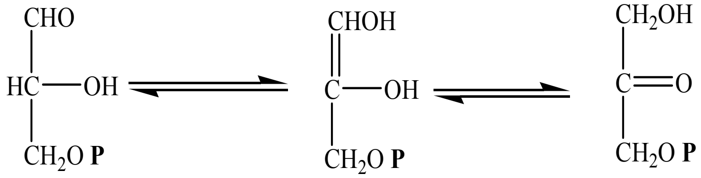
وهي بعض الإنزيمات التي تعمل على تحويل بعض المركبات إلى مركبات مشابهة لها ويوجد من هذه الإنزيمات نوعان:

أولًا: Isomerazes enzymes:

وهي تساعد على تحويل مركب إلى مركب مشابه له بسيط Simple isomerization ومن هذه الإنزيمات:

١- Triose phosphate isomerases:

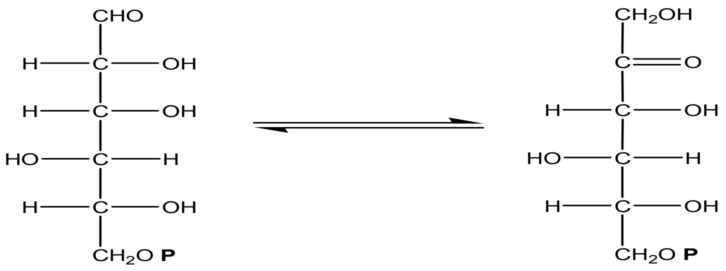
وهو يساعد على تحويل مركب ٣ فوسفو جلسرألدهيد إلى مركب الدايهيدروكسي أسيتون فوسفات وبالعكس ويتم ذلك في خطوتين كما يلي:-



Glyceraldehyde 3-phosphate Enol form Dihydroxy acetone phosphate

٢- Phosphohexo isomerase :

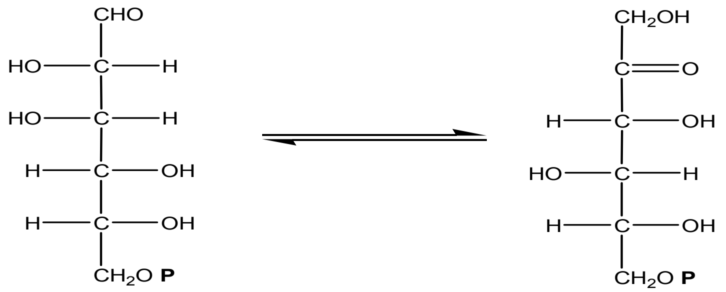
وهو يساعد على تحويل الجلوكوز ٦ فوسفات إلي فركتوز ٦ فوسفات كما يلي:



Glucose-6-phosphate Fructose-6-phosphate

٣- Phosphomanno isomerase:

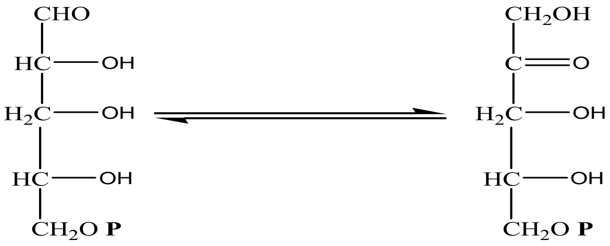
وهو يساعد على تحويل المانوز ٦ فوسفات إلي فركتوز ٦ فوسفات كما يلي:



Mannose-6-phosphate Fructose-6-phosphate

٤- Phosphoribo isomerase:

وهو يساعد على تحويل سكر الريبوز ٥ فوسفات إلي ريبولوز ٥ فوسفات كما يلي:



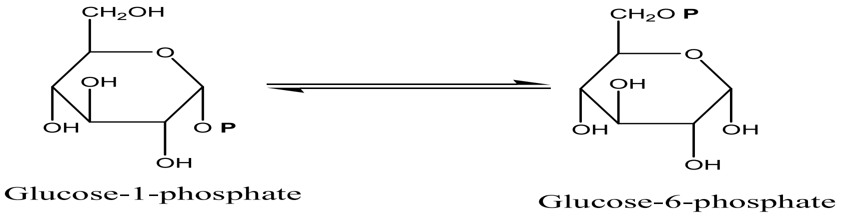
Ribose-5-phosphate Ribulose-5-phosphate

ثانيًا: Mutases enzymes

وهي تساعد على إحداث تحوير داخل الجزئ يشمل موضع مجموعة الفوسفات فقط. ومن هذه الإنزيمات ما يأتي:-

١- إنزيم فوسفوجلوكوميوتيز Phospho gluco mutase:

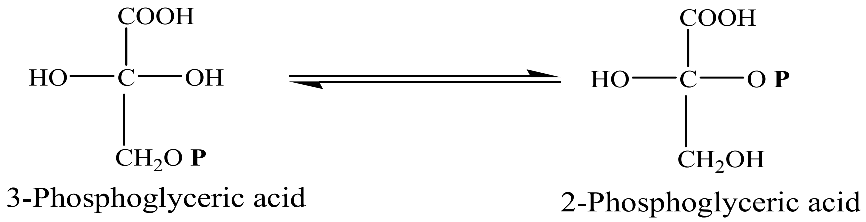
وهو يساعد على تحويل مركب الجلوكوز ١ فوسفات إلى مركب جلوكوز ٦ فوسفات ويطلق على هذا الإنزيم أيضًا Phospho hexo mutase



وهذا الإنزيم يمكنه تحويل المانوز ١ فوسفات إلى مانوز ٦ فوسفات وكذلك يمكنه تحويل الجلاكتوز ١ فوسفات إلى الجلاكتوز ٦ فوسفات أو العكس.

٢- إنزيم فوسفوجلسروميوتيز Phospho glycero mutase:

ويساعد هذا الإنزيم على تحويل مركب ٣ فوسفو جلسريك أسيد إلي مركب ٢ فوسفو جلسريك أسيد كما يلي:



المجموعة السادسة: إنزيمات التخليق أو التكوين Ligases or synthetases :

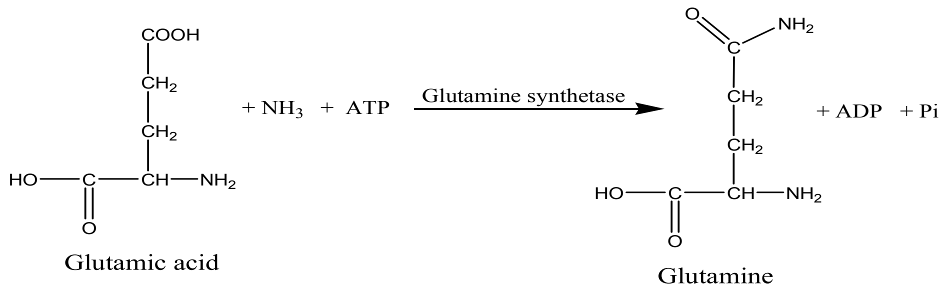
وهي عبارة عن إنزيمات تساعد على تكوين المركبات المعقدة من مركبات أبسط منها باستخدام مركب ATP ويطلق عليها Activating enzymes، وتتميز هذه المجموعة من الإنزيمات بأنها عالية التخصص بالنسبة لمادة التفاعل(Substrate).

وتدخل هذه الإنزيمات في التخليق الحيوي للبروتين من الأحماض الأمينية، ولكل حمض أميني إنزيم خاص به يعمل على تنشيطه ليصبح قادرًا على الدخول في سلسلة البروتين.

ومن أمثلة هذا النوع من الإنزيمات:

:Glutamine synthetase

وهو يعمل على تخليق مركب الجلوتامين من حمض الجلوتاميك في وجود مجموعة أمونيا وباستخدام جزيء من ATP.



ثالثًا: المواد الحاملة للطاقة – التخليق الحيوي

Biosynthesis

- تخليق (بناء) الكربوهيدرات: Carbohydrate Synthesis

انتاج الطاقة في الحيوانات وحيدة المعدة والحيوانات المجترة جميعها تفاعلات هدم(Catabolism or Exergonic reactions) ينتج عن هذه التفاعلات طاقة تستغل هذه الطاقة في أعادة بناء الكربوهيدرات مرة أخرى مثل بناء سكر الجلوكوز في الحيوانات وحيدة المعدة وسكر اللبن (اللاكتوز) في الحيوانات المجترة والتى تسمى بتفاعلات البناء (Anabolism or Endergonic reactions).

تخليق سكر الجلوكوز: Glucose synthesis:

تسمى عملية تخليق أو بناء الجلوكوز بالـ Gluconeogenesis وفي هذه العملية يعاد بناء سكر الجلوكوز من حامض البيروفيك Pyruvic acid وتتم هذه العملية (الشكل المقابل) كما يلي:

تحويل حامض البيروفيك Pyruvic acid إلى حامض الأوكسالوأسيتك Oxal acetic acid بواسطة إنزيم Carboxylase.

تحويل حامض الأوكسالو أسيتك Oxal acetic acid إلى الفوسفو اينول بيروفاتPhospho enol pyruvate بواسطة إنزيم Kinase ويتم استهلاك جزيء من مركب الطاقة GTP. ويتم بعد ذلك تحويل الفوسفو اينول بيروفات على عدة خطوات (عكس دورة الـ Glycolysis) إلى Fructose -1,6- phosphate.

تحويل Fructose -1,6- phosphate إلى Glucose -6- phosphate بواسطة إنزيم Phosphatase أي عكس ما هو متبع في دورة الـ Glycolysis.

تحويل Glucose -6- phosphate إلى سكر الجلوكوز Glucose بواسطة إنزيم Phosphatase.

تخليق سكر اللبن (اللاكتوز): Milk sugar synthesis (Lactose)

يتم تخليق سكر اللاكتوز من سكر الجلوكوز كما يلي:

في البداية يتم فسفرة جزيء الجلوكوز(phosphorylation) ويتحول إلى Glucose -6- phosphate في وجود إنزيم الـ Kinase ويتم استهلاك جزيء واحد من مركب الطاقة ATP.

بواسطة إنزيم الـ Mutase يتم تحويل Glucose -6- phosphate إلى Glucose -1-phosphate.

يتم تنشيط Glucose -1- phosphate بالـ UTP فيتكون UDP-glucose.

تحدث عملية Epimerization حيث يقوم إنزيم Epimerase بتحويل UDP-glucose إلى UDP-galactose.

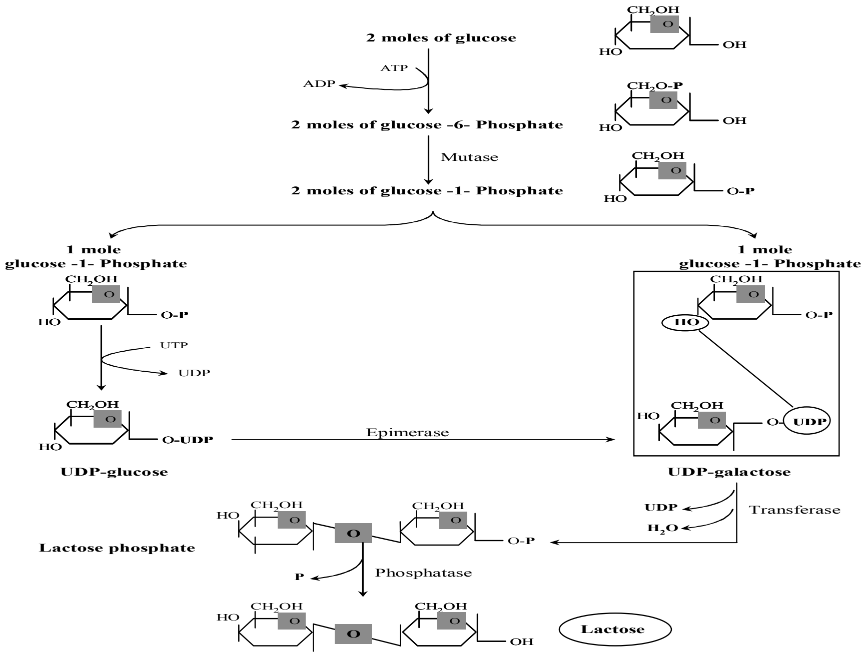
يرتبط UDP-galactose مع Glucose -1- phosphate في وجود إنزيم Transferase حيث يتكون Lactose phosphate (lactose-P).

يقوم انزيم Phosphatase بتحويل Lactose phosphate إلى سكر اللبن (اللاكتوز Lactose).

- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق أو تكوين مول واحد من سكر اللبن = ٥٨٤٠.٥ كيلو جول
- وعند حرق واحد مول من سكر اللاكتوز في بمبة المسعر ينتج طاقة مقدارها ٥٦٢٧.٦ كيلو جول.
- اذا كفاءة الطاقة المستهلكة لتخليق سكر اللاكتوز = ٥٦٢٧.٥ / ٥٨٤٠.٥ x ١٠٠ = ٩٦.٤%

جدول رقم (٥١):حساب الطاقة المستهلكة لتخليق واحد مول أو واحد جزيء من سكر اللبن أو سكر اللاكتوز

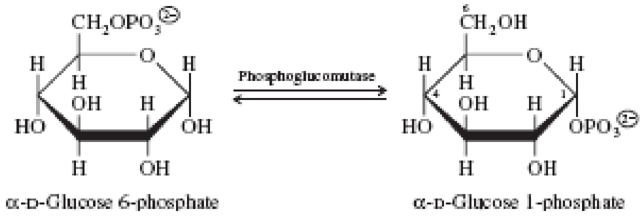
التفاعـــل	الطاقة المستهلكـة
٢ مول جلوكوز مستهلك	٢× ٢٨٧٠ = ٥٧٤٠ كيلو جول
٢ مول جلوكوز إلى ٢ مول جلوكوز -٦- فوسفات	٢ × ٣٣,٥ = ٦٧ كيلو جول
١ مول جلوكوز -١- فوسفات إلى UDP جلوكوز	١× ٣٣,٥ = ٣٣,٥ كيلو جول
	٨٤٠,٥ كيلو جول طاقة مستهلكة



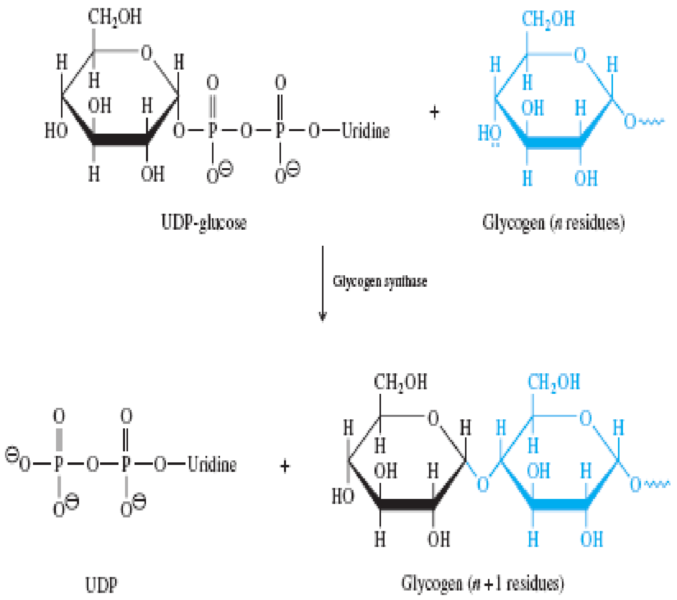
ثالثًا: تخليق الجليكوجين Glycogenesis:

يعتبر الجليكوجين هو أهم سكر عديد داخل جسم الحيوان حيث يعتبر المخزن الرئيسي للطاقة ويخزن بشكل رئيسي في الكبد والعضلات.

يبدأ تخليق الجليكوجين بمركب الجلوكوز-٦- فوسفات حيث يتحول إلي مركب الجلوكوز-١- فوسفات بواسطة إنزيم Phosphoglucomutase كما في المعادلة التالية:

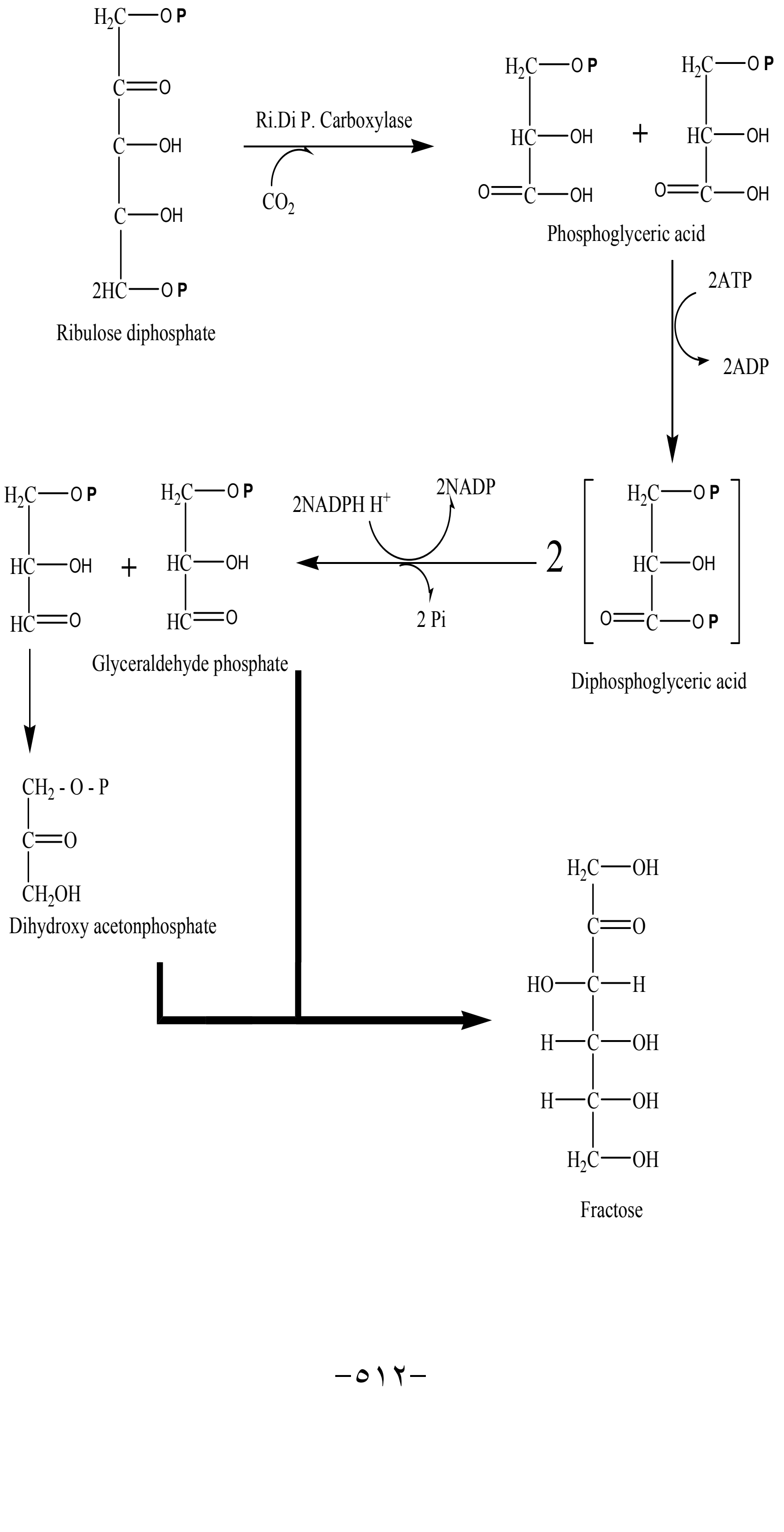


بعد ذلك يتم تنشيط مركب الجلوكوز ١- فوسفات بالتفاعل مع مركب UTP لينتج مركب UDP-glucose وتنفرد مجموعتي فوسفات ثم يلي ذلك في الخطوة الأخيرة يتم إضافة الجلوكوز المنشط UDP-glucose إلي بواقي الجليكوجين عند الطرف غير المختزل ويتم ذلك بواسطة إنزيم Glycogen synthase كما في الشكل التالي:



بناء الكربوهيدرات في النبات:

توضح المعادلات التالية خطوات تثبيت ثاني أكسيد الكربون في النبات:


Ribulose diphosphate
Ri.Di P. Carboxylase
CO_2
Phosphoglyceric acid
2ATP
2ADP
2NADPH H+
2NADP
2 Pi
Diphosphoglyceric acid
Glyceraldehyde phosphate
Dihydroxy acetonphosphate
Fractose

٢- تخليق الأحماض الدهنية Fatty acid Anabolism (Biosynthesis)

يتم تخليق الأحماض الدهنية في معظم الخلايا الحيوانية ويعتبر الكبد هو مصدر التخليق الأساسي وتتم عملية التخليق في السيتوبلازم والميتوكونريا إلا أن التخليق في السيتوبلازم أوسع إنتشاراً. ويبدأ الجسم في تخليق الأحماض الدهنية عندما يقل مستوى المواد الدهنية أو يزيد مستوى الكربوهديرات أو البروتين في المواد الغذائية التي يتغذى عليها الانسان أو الحيوان. ومن المعروف أن الدهن عبارة عن جلسرين ثلاثي يتكون من ارتباط كحول الجلسرول مع ٣ أحماض دهنية بروابط أستر Ester كما في المعادلة التالية:

$$\begin{array}{lcl} R_1-COOH & & CH_2OH \\ R_2-COOH & + & CH_2OH \\ R_3-COOH & & CH_2OH \\ \text{Fatty acids} & & \text{Glycerol} \end{array} \xrightarrow[3H_2O]{} \begin{array}{l} CH_2-OOC-R_1 \\ | \\ CH_2-OOC-R_2 \\ | \\ CH_2-OOC-R_3 \\ \text{Fat} \end{array}$$

ولتخليق الدهن لا بد من تخليق الجلسرول وتخليق الحامض الدهنى وسنوضح فيما يلي تخليق كلا من كحول الجلسرول وكذلك الأحماض الدهنية.

تخليق الجليسرول: Glycerol synthesis

يتم تخليق الجليسرول من الجلوكوز كما في الخطوات الأتية:

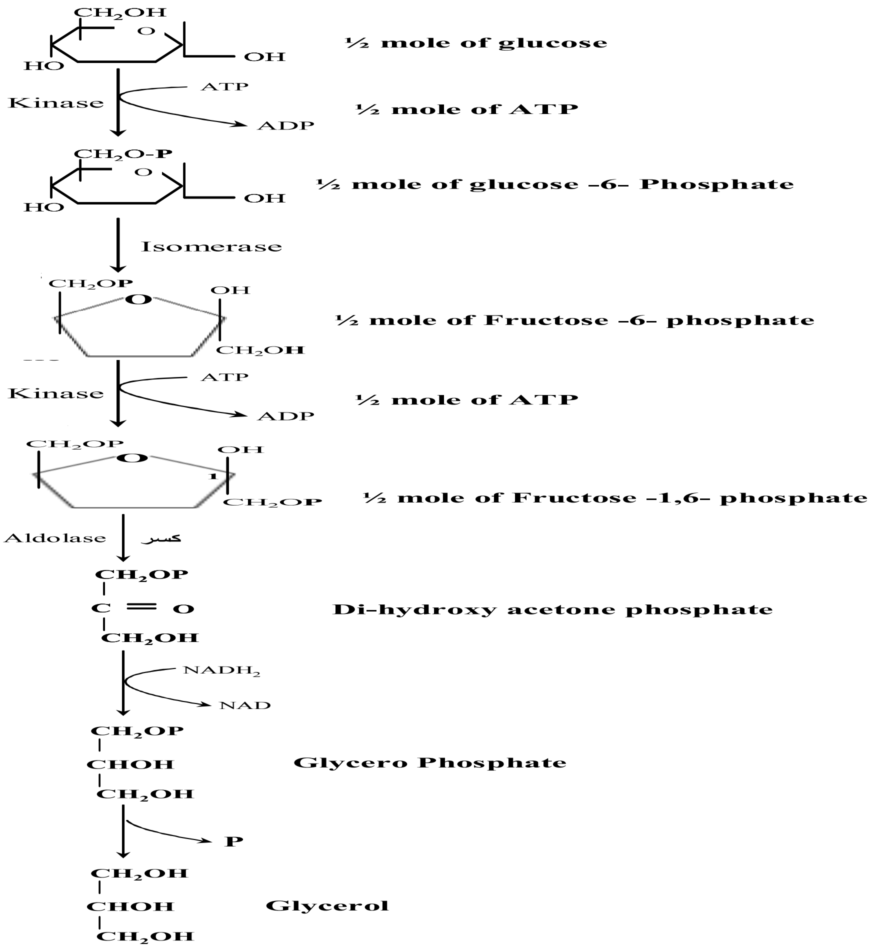
حيث يتم فسفرة الجلوكوز بجزيء من مركب الطاقة ATP فيتكون جلوكوز-٦-فوسفات.

بواسطة إنزيم Isomerase يتحول جلوكوز-٦- فوسفات إلى فركتوز -٦- فوسفات.

يتحول فركتوز -٦- فوسفات إلى فركتوز -١و٦- فوسفات مع استهلاك مول من الـ ATP.

يحدث كسر في مركب فركتوز -١و٦- فوسفات بواسطة إنزيم Aldolase فيتكون مركب داى هيدروكسى اسيتون فوسفات Di-hydroxy acetone phosphate.

يتحول مركب داى هيدروكسى اسيتون فوسفات إلى جلسروفوسفات Glycerol phosphate في وجود المعاون الانزيمى NADH2. يتكون الجلسرول Glycerol من الجلسروفوسفات.



تخليق الحامض الدهنى: Fatty acid synthesis:

كما سبق يتم عملية تخليق الأحماض الدهنية في السيتوبلازم (Cytoplasmic system) والميتوكونريا (Mitochondrial system) إلا أن التخليق في السيتوبلازم أوسع انتشارًا. أي أنه يوجد نظامين لتخليق الأحماض الدهنية وهما نظام يتم في السيتوبلازم ونظام يتم في الميتوكوندريا ويتم مناقشة نظام تخليق الأحماض الدهنية في السيتوبلازم لتخليق حامض البالميتيك (C16:0) Palmitic acid على أساس أن هذا النظام أوسع انتشارًا في أنسجة الجسم:

نظام السيتوبلازم لتخليق الحامض الدهني بالميتيك Cytoplasmic system:

لتخليق الحامض الدهنى البالميتيك نحتاج في البداية لعدد ٨ جزئيات من حامض الأسيتيك Acetic acid يتم تحويلها إلى ٨ جزئيات من مركب Acetyl-CoA. أي يبدأ تخليق الأحماض الدهنية من وحدات Acetyl-CoA المتكونة.

يقوم إنزيم Transacylase بنقل مجموعة الأستيل Acetyl من جزيء واحد Acetyl-CoA إلى البروتين الحامل للأسيل Acyl carrier protein1 (ACP1) ليعطى Acetyl-ACP1

تتفاعل وحدة من أستيل كو A في وجود إنزيم Acetyl-CoA carboxylase و جزيء من CO_2 (مصدر CO_2 يكون مشتق من أيون البيكربونات HCO_3 المحمل على البيوتين) ليتكون Malonyl-CoA ويتم في هذا التفاعل استهلاك جزئ ATP. بعد ذلك يقوم إنزيم Malonyl transacylase بنقل جزئ المالونيل إلى البروتين الحامل للأسيل ACP2 ليتكون Malonyl-ACP2 ويتم تكرارهذا التفاعل ٧ مرات.

يتفاعل جزيء من Malonyl-ACP2 مع جزيء من Acetyl-ACP1

ويخرج جزئ من CO_2 من المالونيل ليتكون جزيء من أسيتو أسيتيل ACP2 (Aceto-acytel-ACP2).

وفي هذه الخطوة يتم اختزال الاسيتو اسيل ACP2 (Aceto-acytel-ACP2) بواسطة جزئ من NADPH2 ليتكون البيتا هيدروكسى بيوتيريل–ACP2 – Beta (hydroxy butyryl ACP2).

يتم نزع جزئ ماء بواسطة إنزيم Inolase من بيتا هيدروكسى بيوتيريل–ACP2 ليعطى كروتونيل – ACP2 (Crotonyl-ACP) ويتم هذا التفاعل في وجود إنزيم β-3-Hydroxyacyl-ACP2 dehydrase.

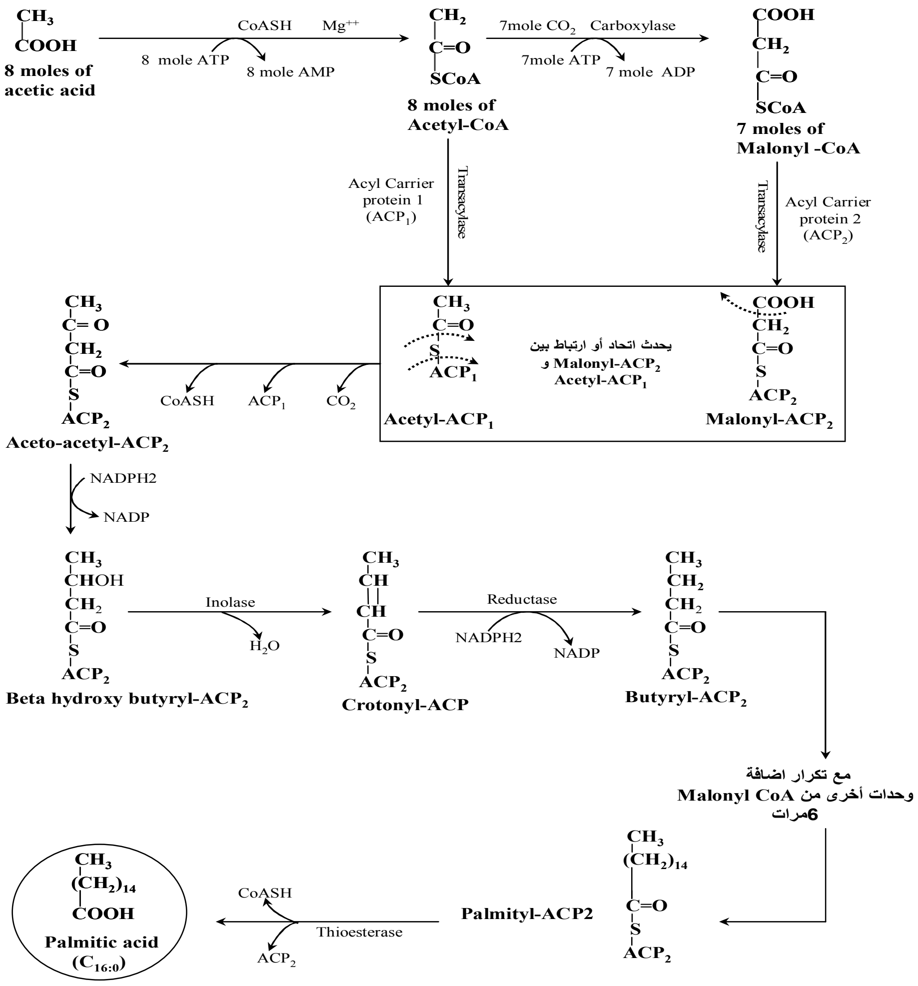
ويعد هذا التفاعل الاخير في الدورة الاولى لبناء الأحماض الدهنية حيث يتم اختزال كروتونيل – ACP2 بواسطة إنزيم Reductase وفي وجود جزئ من NADPH2 ليتكون البيوتريل – ACP2 (Butyryl-ACP2) مكون من اربع ذرات كربون (4C) وبذلك تكون قد انتهت الدورة الأولى في عملية بناء الحامض الدهني.

تبدأ بعد ذلك اضافة وحدات أخرى خلال عدة دورات حيث في كل دورة يتم اضافة وحدتين من ذرات الكربون من Malonyl-ACP2 فمثلًا في حالة تكوين حمض البالميتيك (C16:0) حيث تبدأ من اربع ذرات كربون ناتج الدورة الأولى Butyryl–ACP2 وتعاد هذه الدورة ٦ مرات (٦ × ٢ = ١٢) وبذلك يكون قد تكون حمض البالمتيك ولكنه في صورة بالميتيل – ACP2 (Palmityl-ACP2).

في الخطوة النهائية يكون الحمض الدهنى المتكون مرتبط مع ACP2 برابطة Thioester وعلى هذا يتم فصل ACP2عن الحمض الذى تم بناءه بواسطة إنزيم Thioesterase.

المعادلة العامة لتخليق الحمض الدهنى بالمتيك من الأستيل كو A هي:

$$8\ \text{Acetyl-CoA} + 14\ \text{NADPH} + 14\ \text{H}^+ + 7\ \text{ATP} \longrightarrow \text{Palmitic acid} + 14\ \text{NADP} + 7\ \text{ADP} + 7\ \text{Pi} + 8\ \text{CoASH}$$



حساب الطاقة المستهلكة في تخليق الحامض الدهني Palmitic acid بواسطة الـ (cytopalsmic system). على أساس أنه الطريق الأكثر شيوعًا في أنسجة الجسم

أولًا: حساب الطاقة المستهلكة لتخليق جزئ من الجلسرول:

١- الطاقة الكلية الناتجة من مول الجلوكوز= ٢٨٧٠ كيلو جول

٢- استهلاك ½ مول من الجلوكوز = ½ × ٢٨٧٠ = ١٤٣٥ كيلو جول

٣- تكوين ½ مول من جلوكوز-٦- فوسفات= ½×٣٣,٥= ١٦,٧٥ كيلو جول

٤- تكوين½ مول من جلوكوز-١،٦- فوسفات=½×٣٣,٥=١٦,٧٥ كيلو جول

٥- تكوين مركب Glycerol phosphate=٣×٣٣,٥=١٠٠,٥٠ كيلو جول

٦- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزيء الجلسرول = ١٤٣٥ + ١٦,٧٥+ ١٦,٧٥ + ١٠٠,٥٠ = ١٥٦٩ كيلو جول

ثانيًا: حساب الطاقة المستهلكة لتخليق جزيء واحد من الحامض الدهنى البالميتيك:

عدد مولات حامض الأسيتيك المستهلكة = ٨ مول.

الطاقة الناتجة من مول حامض أسيتيك = ٨٧٥ كيلوجول.

الطاقة الكلية المستهلكة من حامض الأسيتيك= ٨× ٨٧٥ = ٧٠٠٠ كيلوجول.

عدد مولات الـ ATP اللازمة لتنشيط حامض الأسيتيك إلى Acetyl CoA = ٨ × ٢ = ١٦ مول ATP.

الطاقة المستهلكة لتنشيط حامض الأسيتيك إلى Acetyl CoA = ١٦ × ٣٣,٥ = ٥٣٦ كيلوجول.

عدد مولات الـ ATP اللازمة لتحويل Acetyl CoA إلى Malonyl CoA = ٨ مول ATP.

الطاقة المستهلكة نتيجة تحويل Acetyl CoAإلى Malonyl CoA = ٧ × ٣٣,٥ = ٢٣٤,٥ كيلوجول.

عدد مرات اضافة Malonyl- Acp2 = ٧ مرات.

الطاقة المستهلكة نتيجة اضافة Malonyl- Acp2 = ٧ × ٢ × ٣ × ٣٣,٥ = ١٤٠٧ كيلوجول.

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزيء واحد C16:0 = ٧٠٠٠ + ٥٣٦ + ٢٣٤,٥ + ١٤٠٧ = ٩١٧٧,٥ كيلوجول.

ثالثًا: حساب الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق الدهن (جلسريد ثلاثى) Tripalmitin:

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق ٣ جزئيات C16:0 = ٣ × ٩١٧٧,٥ = ٢٧٥٣٢,٥ كيلو جول.

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزيء الجلسرول = ١٥٦٩ كيلو جول.

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جلسريد ثلاثى (Tripalmitin) = **٢٧٥٣٢,٥ + ١٥٦٩ = ٢٩١٠١,٥ كيلوجول.**

رابعًا: حساب كفاءة استهلاك الطاقة Energy efficiency:

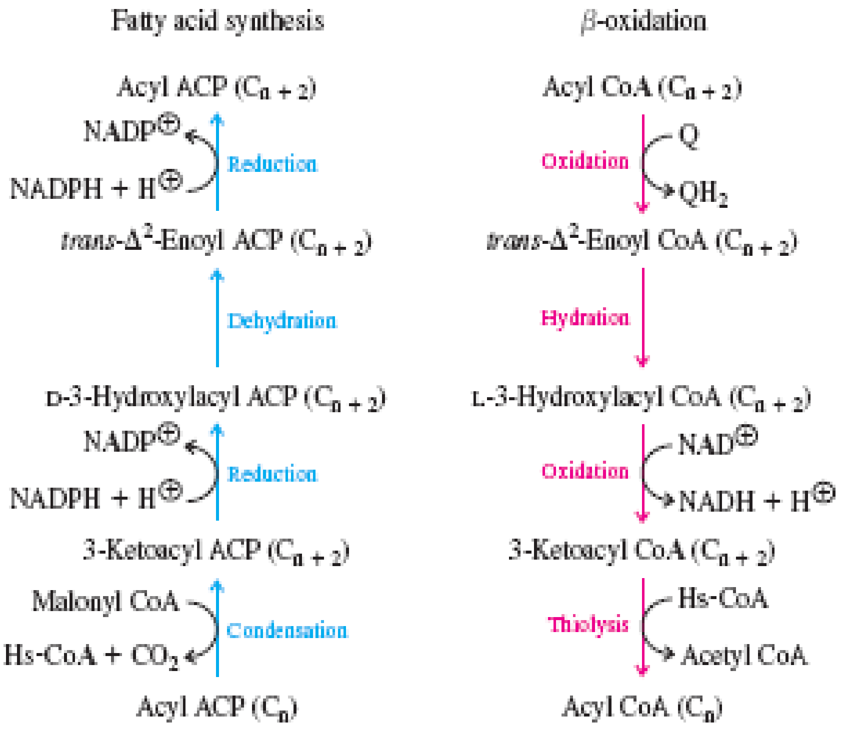
١- عند حرق واحد مول من الجلسريد الثلاثي Tri-palmitin في بمبة المسعر= ٢٤٧٥٧,٥ كيلوجول.

٢- كفاءة استهلاك الطاقة Energy efficiency = ٢٤٧٥٧,٥×١٠٠/ ٢٩١٠١,٥ = ٨٥,٠٧%.

العلاقة بين تخليق الحمض الدهني وأكسدة الحمض الدهني:

بعد دراسة طريقة التخليق الحيوي للحمض الدهني يمكن ملاحظة أن خطوات التخليق الحيوي عبارة عن: اختزال Reduction – نزع ماء Dehydration – اختزال Reduction – تكثيف Condensation، ولو قمنا بعكس هذه الخطوات يكون الترتيب عبارة عن التالي: أكسدة Oxidation – إضافة ماء Hydration – أكسدة Oxidation – تحليل Thiolysis وهذه الخطوات المعكوسة تمثل خطوات

الأكسدة للحمض الدهني مما يعني أن عملية أكسدة الحمض الدهني هي عملية عكسية لتخليق الحمض الدهني والشكل التالي يوضح هذه العلاقة:



التخليق الحيوي للكولسترول:

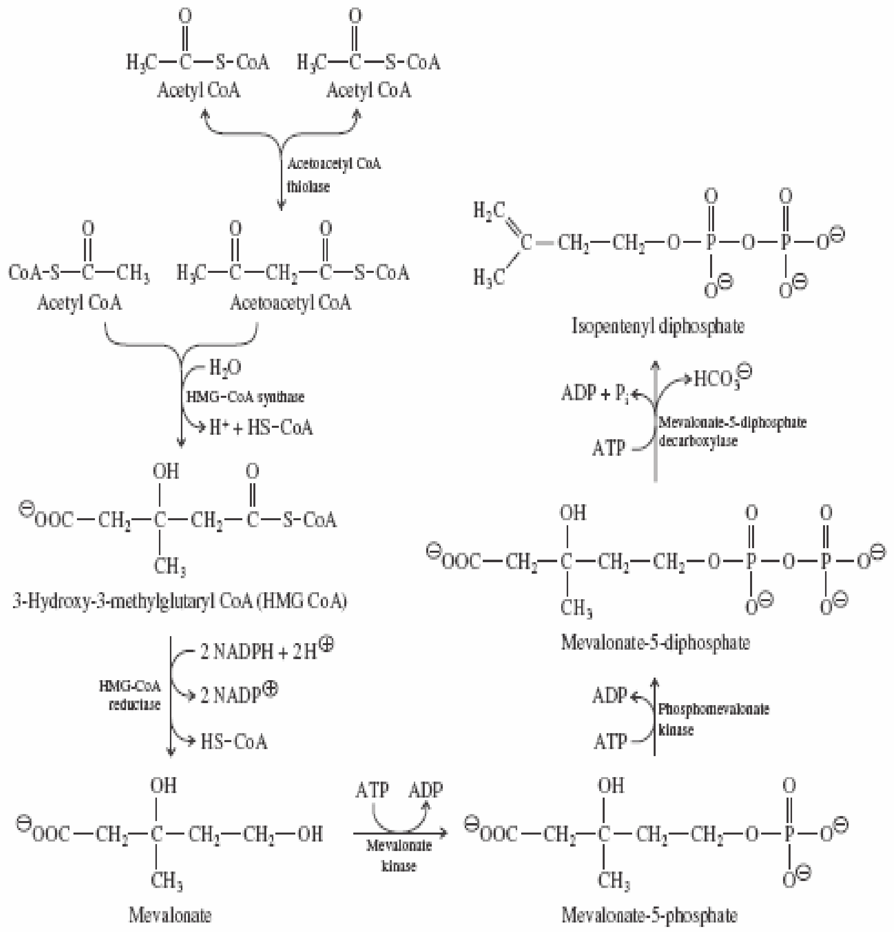
عند دراسة التخليق الحيوي للكولسترول وجد أن كل ذرات الكربون الموجودة في الكولسترول مصدرها وحدات من مركب الأسيتيل قرين أ Acetyl Co A. وقد وجد أن مركب الإسكوالين Squalene يعتبر مركب وسطي هام في التخليق الحيوي للكولسترول.

ويمكن بصفة عامة تقسيم خطوات تخليق الكولسترول إلي:

١- المرحلة الأولي تحويل Acetyl CoA إلي مركب الأيزوبنتيل ثنائي

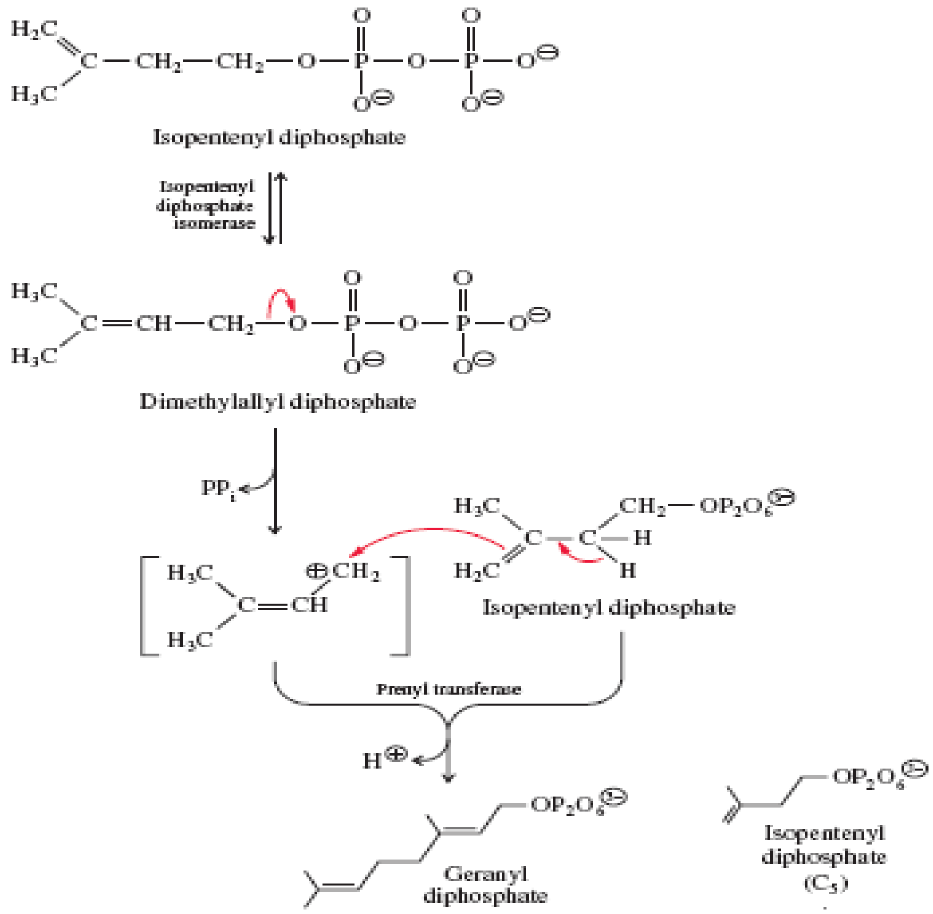
الفوسفات Isopentenyl Diphosphate

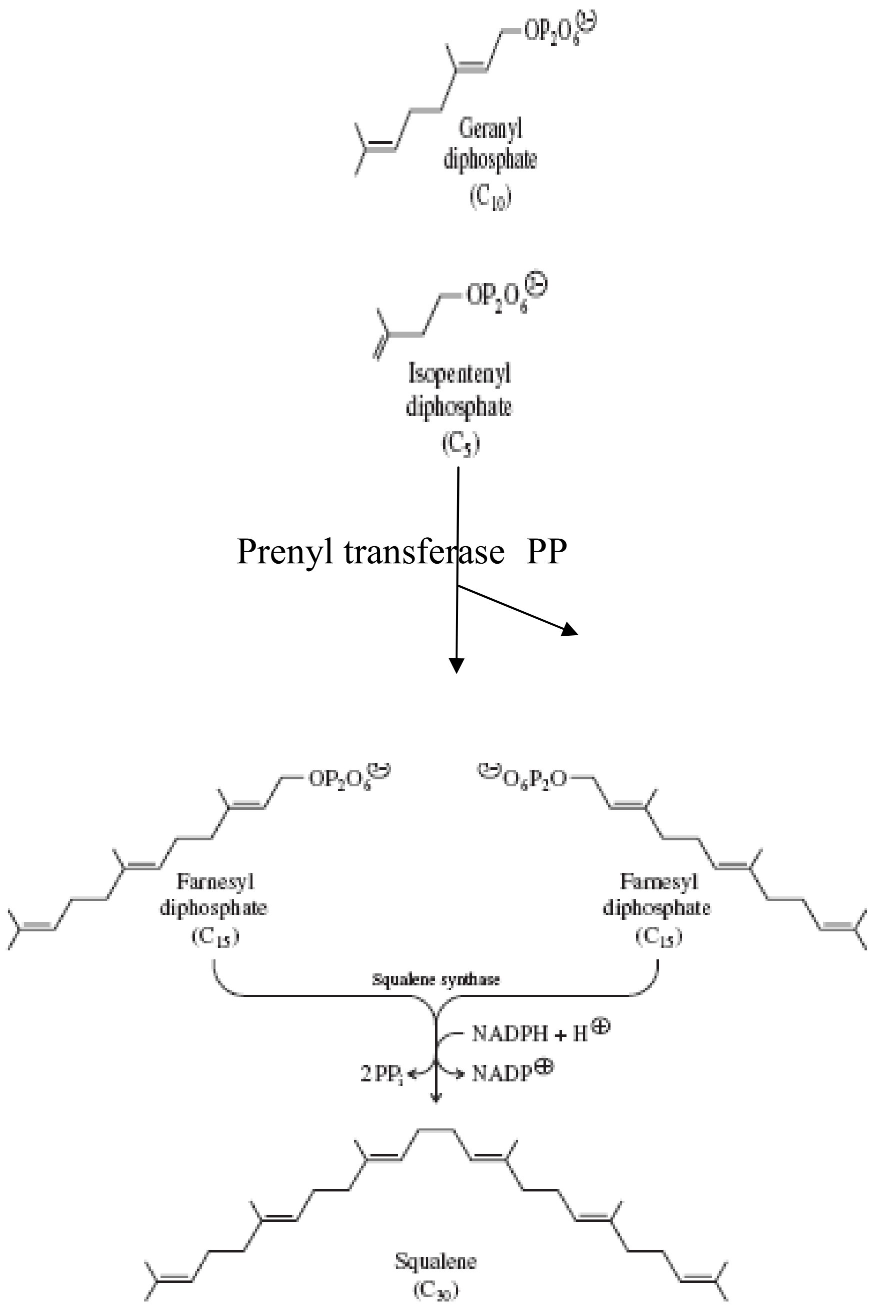
وفي هذا المرحلة يحدث تكثيف لوحدات الأسيتيل قرين أ يلي ذلك حدوث اختزال لمركب ٣-هيدروكسي ٣- ميثيل جلوتاريل قرين أ الذي يتحول لمركب ميفالونات الذي يتحول بدوره إلي مركب الإيزوبنتيل ثنائي الفوسفات خلال عمليتي فسفرة تليهما عملية نزع مجموعة كربوكسيل، وتوضح المعادلات التالية هذه الخطوات:



٢- المرحلة الثانية تحويل الأيزوبنتيل (Isopentenyl Diphosphate) إلي اسكوالين Squalene

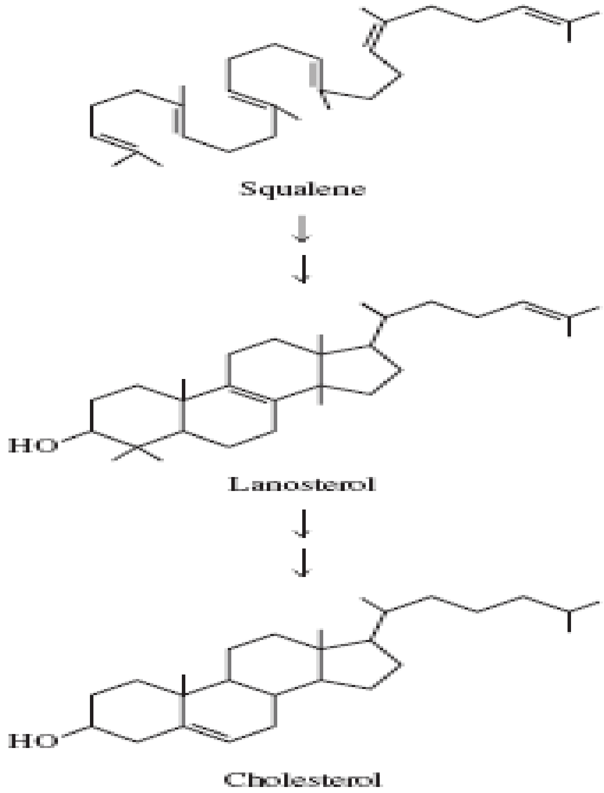
وتعمل العديد من الإنزيمات خلال هذه الخطوة حيث تعمل انزيمات الإيزوميريز Isomerase والترنسفيريز Transferase وانزيمات التخليق Synthase وخلال عمليات التكثيف يتحول المركب المحتوي على ٥ ذرات كربون إلي مركب يحتوي على ٣٠ ذرة كربون وتوضح المعادلات التالية هذه الخطوات:



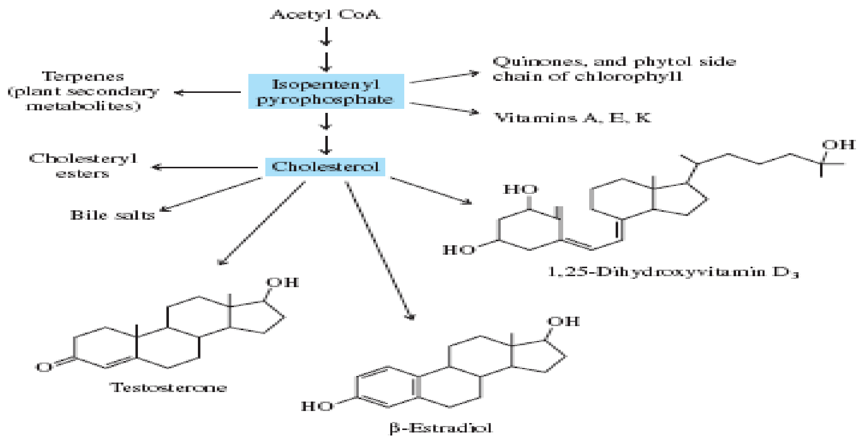

OP2O6
Geranyl
diphosphate
(C10)
OP2O6
Iscpentenyl
diphosphate
(C5)
Prenyl transferase PP
OP2O6
O6P2O
Farnesyl
diphosphate
(C15)
Farnesyl
diphosphate
(C15)
Squalene synthase
NADPH + H
2 PPi
NADP
Squalene
(C30)

٣- المرحلة الثالثة تحويل الاسكوالين (Squalene) إلي كولسترول (Cholesterol) :

يتحول في البداية الاسكوالين إلي مركب اللانوستيرول ثم يلي ذلك تحول مركب اللانوستيرول إلى الكولسترول كما يظهر ذلك في المعادلات التالية:



وهناك العديد من المركبات المرتبطة بالتخليق الحيوي للكولسترول لوجود صلات تركيبية وتشابه بينها وبين الكولسترول أو بينها وبين أحد المركبات الوسطية التي تنتج خلال عمليات التخليق الحيوي للكولسترول، بالإضافة إلي أن الكولسترول نفسه يمكنه أن ينتج عنه بعض المركبات الحيوية الهامة، والشكل التوضيحي التالي يبين هدم المسارات التخليقية.



٣- التخليق الحيوى للبروتين Protein biosynthesis:

يعرف البروتين على انه جزيئات كبيرة معقدة مصنوعة من وحدات صغيرة تسمى الأحماض الأمينية (Amino acids) وترتبط الأحماض الأمينية معًا داخل سلاسل طويلة تسمى"عديدة الببتيد ويتألف البروتين من سلسلة أو أكثر من السلاسل الببتيدية. ويعتبر البروتين أحد المكونات الرئيسية الثلاثة للأغذية المهمة لجسم الإنسان والحيوان والدواجن، والمكونان الآخران هما الكربوهيدرات والدهون، توجد البروتينات في كل خلية من خلايا الحيوان والنبات وهي أساسية لحياة الحيوان والنبات. فالنبات يبني البروتينات من مواد في التربة والهواء. ويحصل البشر والحيوانات على البروتينات من الأغذية التي يتغذون بها وتشمل الأغذية ذات المحتوى العالي من البروتين اللحم والسمك والبيض والحليب والجبن.

التركيب الكيميائي للبروتينات:

تحتوي جميع البروتينات على الكربون والهيدروجين والنتروجين والأكسجين وقد تحتوي بعض البروتينات أيضًا على الحديد والفوسفور والكبريت. والبروتينات جزئيات كبيرة مصنوعة من وحدات أصغر تسمى الأحماض الأمينية. يدخل عشرون حمضًا

أمينيًا في تركيب الآف من البروتينات المختلفة التي يحتاجها جسم الإنسان والحيوان. ولكي تتكون تلك البروتينات لا بد من حصول الجسم على إمداد كاف من جميع هذه الأحماض. وبعض الأحماض الأمينية المسماة الأحماض الأمينية الأساسية لا يستطيع الجسم انتاجها ولا بد من توفرها عن طريق الأغذية المتنوعة. أما الأحماض الأمينية المتبقية والمعروفة باسم الأحماض الأمينية غير الأساسية فيستطيع الجسم تصنيعها.

تقسيم الأحماض الأمينية: وتُقسم الأحماض الأمينية من حيث أهميتها إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

١- أحماض أمينية ضرورية Essential amino acids:

وهي أحماض أمينية لا يمكن لجسم الحيوان أوالدواجن أن يبنيها داخل جسمه أي لا يستطيع تخليقها ويجب توافرها في علائق الحيوان والدواجن بالنسب المقررة لتغطيه احتياجاته وعددها ١٠ أحماض أمينية وهي الأرجنين – الهستدين – الليسين – الليوسين – الأيزوليوسين – الميثونين - الفينايل الانين – التربتوفان – الفالين – الثريونين.

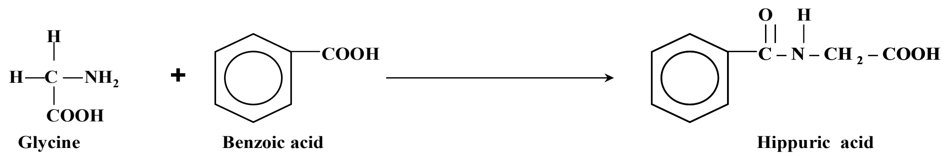
٢- أحماض أمينية غير ضرورية:Non-essential amino acids:

وهي أحماض أمينية يمكن للجسم تخليقها أي يمكن لجسم الحيوان أوالطائر أن يبنيها داخل جسمه وليس من الضرورى اضافة هذه الأحماض الأمينية إلى العلائق. ومنها الالآنين – هيدروكسى برولين - سيرين – حمض الأسبارتك.

٣- أحماض أمينية غير ضرورية ولكن تصبح ضرورية تحت ظروف خاصة:

مثل السستين–برولين–جليسين– تيروزين–حمض الجلوتاميك. فمثلا تحتاج الدواجن إلى الحامض الأمينى سستين عندما يقل محتوى العليقة من الميثونين عن الحدود التي تغطى إحتياجات الطائر، وعندما يتوفر الميثونين في العليقة يجعل من

غير الضرورى الوفاء بكل الإحتياجات من السستين حيث أن الزيادة من الميثونين تتحول إلى سستين داخل جسم الطائر، وفي علائق الدواجن توجد ٦ أحماض أمينية يجب أن تعطى لها أهمية خاصة وهي الميثونين – الليسين – أرجنين – تربتوفان – ثريونين – الفالين، وذلك لأن كميات هذه الأحماض في العليقة محدودة، كما أن معظم الأحماض الأمينية الأخرى تكون موجودة بكميات كافية في العليقة، أو يستطيع الطائر إنتاجها في جسمه بتحويل بعض الأحماض الأمينية الأخرى وبالنسبة للأحماض الأمينية الكبريتية (الميثونين – سستين) فإن حوالى ٥٠% من إحتياجات الطائر يضاف على صورة الحامض الأمينى ميثونين. ومن الأحماض الأمينية غير الضرورية التي تصبح ضرورية تحت ظروف خاصة الجليسين حيث أنه يلزم لتخليص الجسم من بعض المواد السامة مثل حمض البنزويك Benzoic acid في صورة حامض الهيبيوريك Hippuric acid الذى يخرج في البول ويتم ذلك كما يلى:



والتخليق الحيوى للبروتين يعتمد على توفير أو تخليق الأحماض الأمينية أولًا ثم بعد ذلك تبدأ عملية التخليق الحيوى للبروتين في الجسم.

أولًا: توفير الأحماض الأمينية:

هناك عدة طرق يتم بها تخليق الأحماض الأمينية وعلى هذا يتم توفير الأحماض الأمينية التي تشارك بل تلزم في تخليق البروتين ومن هذه الطرق:

الألانين والجلوتاميك: تتكون تلك الأحماض بعملية نقل مجموعة الامين إلى الأحماض الكيتونية المناظرة فيتكون الألانين من حمض البيروفيك والجلوتاميك من

حمض الالفا كيتو جلوتاريك والأحماض الكيتونية سالفة الذكر تنتج من التحولات الكربوهيدراتية خلال دورة حمض الستريك"اثناء التنفس أو أكسدة السكر"(كما سبق ذكرة في عملية الـ Transamination).

السيرين: يتكون من الحامض الأمينى الألانين.

الاسبارتيك من حمض الاكسالوأسيتيك.

التيروزين: يتكون من انتقال مجموعة الامين من حمض الجلوتاميك إلى الحمض الكيتونى فينايل بيروفيك فيتكون حمض الفينايل الألانين الذى يتحد مع مجموعة ايدوكسيل لينتج حمض التيروزين.

السستين والسستئين: تتكون من اتحاد كبريتيد الايدروجين مع البيروفات ليتكون السستين ثم السستئين.

التربتوفان: يتكون عن طريق تكثيف الاندول مع الحمض الاميني السيرين أو تكوين الاندول من حمض الانثرانيليك (الحامض الأمينى تربتوفان لا يعطي طاقة).

الأرجنين: يتكون اثناء التخلص من الأمونيا عند تكوين اليوريا Urea formation.

ثانيًا: كيفية التخليق الحيوى للبروتين:

يلزم التخليق الحيوى للبروتين في الخلية تواجد الأحماض الأمينية التي ستكون هذا البروتين والحامضين النوويين DNA و RNA اضافة إلى جسيمات الريبوسومات Ribosome وعدد من الانزيمات والبروتينات المساعدة ومن أهمها (Aminoacyl t-RNA synthetase). وعادة ما تمر عملية التخليق الحيوى للبروتين والتى تحدث في سيتوبلازم الخلية على جسيمات الريبوسومات. وسوف يتم الأن التعرف باختصار على ما هو DNA ، RNA و Ribosome:

DNA: يتم تخليقه في النواة بنسبة تصل إلى ٩٨,٥% وبنسبة أقل في

السيتوبلازم ١,٥%. عبارة عن سلسلتين من النيكليوتيدات Nucleotides ترتبط مع بعضها بروابط تسمى H-bonds. وكل سلسلة عبارة عن قواعد أزوتية من النوع أدنين Adenine، جوانين Guanine، ثيامين Thymine وسيتوزين Cytosine ترتبط هذه القواعد مع بعضها بروابط فوسفاتية. هذان السلسلتان تأخذ الشكل الحلزونى Double helix. يتواجد على سطع الـ DNA مناطق تسمى Cestronهذه المناطق هي التي يخلق عليها البروتين وتوجد مناطق أخرى تسمى Operon وهي التي توقف التخليق عند اللزوم.

RNA يوجد منه أربعة أنواع:

١- Messenger RNA (m-RNA):

يتم تخليقه في نواة الخلية. وهو عبارة عن صورة طبق الصل من أحد سلسلتي الـ DNA مع الاختلاف في أنه يحتوي على القاعدة الأزوتية Uracil بدلًا من القاعدة Thymine. توجد عليه القواعد الأزوتية مرتبة في شكل ثلاثي تسمى Codon.

٢- Transfer RNA (t-RNA):

يتواجد t-RNA في النواة ووظيفته بأن يقوم بنقل الحامض الأمينى من مكانه إلى مكان التخليق. يوجد على سطح القواعد الأزوتية في شكل ثلاثى ولكن تسمى Anti-codon. و للـ t-RNA صفة التخصصية لعديد من الأسباب منها:

لكل حامض أمينى t-RNA خاص به كما أن هناك بعض الأحماض الأمينية تحتاج لأكثر من t-RNA واحد لكي يتم نقلها.

يجب أن يكون قادرًا على تمييز إنزيم Aminoacyl t-RNA synthetase المتخصص له والذي يضيف له الحامض الأمينى المطلوب.

كما يجب أن يحتوي t-RNA على مكان متخصص يعمل كموقع ربط للحامض الأميني. يجب على t-RNA أن يكون قادرًا على التعرف على الريبوسومات.

هذا بالاضافة على احتوائه على الـ Anticodon وهي عبارة عن التعاقب المكمل والمتخصص للقواعد التي سوف ترتبط بالـ m-RNA المكمل لها.

٣- d-RNA:

يتم تخليقه في النواة ووظيفته هو وقف التخليق الحيوى عند اللزوم مثلًا عند حدوث الطفرات بأن يغطى مناطق الـ Cestron عند اللزوم وعندما يزول هذا العارض تذهب اشارات إلى المخ لتزيل هذا الغطاء ليبدأ من جديد التخليق الحيوى للبروتين.

٤- Ribosome RNA (r-RNA):

الريبوسوم عبارة عن الوسط الذى يتم بداخلة التخليق الحيوى للبروتين ويتكون من جزئين هما 30 S،50 S يختلفان فيما بينهما في الوزن الجزئي Molecular weight ومن وظائف الريبوسوم:

يرتبط مع الحامض النووي m-RNA عن طريق r-RNA ليحددا سويًا طريقة ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية في السلسلة الببتيدية المطلوب تخليقها.

يساعدعلى تشكيل الروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية القادمة إليه من السيتوبلازم على صورة منشطة مع جزئيات t-RNA.

يعمل على المساعدة في ارتباط الكودونات Codons في جزئيات m-RNA مع ما يقابلها من Anti-codons في t-RNA للحامض الأميني وهذا ما يجعل التخليق الأولى لبروتين ما يتم بشكل وبطريقة سليمة.

يتحرك على طول جزيء الحامض النووي المرتبط معه معتمدا في ذلك على الية خاصة تستهلك فيها طاقة وهذا يتيح فرصة مروره على كل الـ codons في

جزئيات m-RNA.

خطوات التخليق الحيوى للبروتين:

عملية تنشيط الأحماض الأمينية التي ستدخل في تكوين البروتين Activation of amino acids

عملية الطبع Transcription

عملية النقل Translation

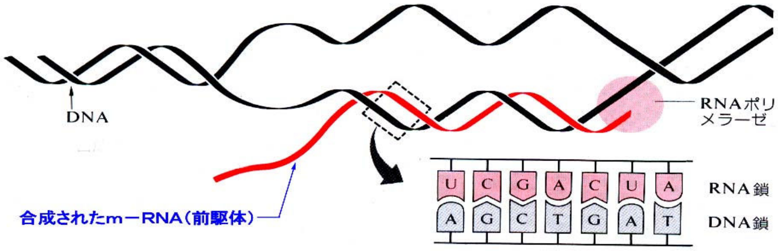
أولًا: عملية تنشيط الأحماض الأمينية Activation of amino acids:

يجب تنشيط أي حامض أميني يدخل في تركيب البروتين وذلك لكى يكون قابلًا للدخول في التفاعلات الانزيمية المتعلقة بعملية التخليق وينشط الحامض الأمينى في السيتوبلازم مركب ATP في وجود إنزيم يعمل على ربط الحامض الأمينى مع t-RNA متخصص لنقل هذا الحامض الأمينى المنشط إلى مكان تخليق البروتين. والانزيم الذى يقوم في كلا العمليتين السابقتين (تنشيط الحامض الأمينى وربطه مع t-RNA الخاص به) يطلق عليه إنزيم Aminoacyl t-RNA synthetase

ثانيًا: عملية الطبع أو النسخ Transcription:

الهدف الأساسى من هذه المرحلة هو تكوين الـ m-RNA داخل النواة ثم خروجه إلى السيتوبلازم. حيث يتم تكوين m-RNA عن طريق تفكيك شريطى جزيء DNA وذلك بتكسير الروابط الهيدروجينية التي تربط بين القواعد النيتروجينية Adinine, (Thyamine, Guanine, Cytosine) في جزئى الشريط وتستمر هذه العملية حتى يتكون شريطان منفصلان عن بعضهما من جزيء الـ DNA الأصلى، ثم يقوم أحد الشريطين بتكوين شريط واحد هو جزيء الـ m-RNA وذلك بقيام كل قاعدة نيتروجينية في كل شريط بجذب نيوكليوتيدات حرة موجودة في سائل النواة مشابهة للتي كانت متصلة معها في الجزيء الأصلى ثم ينفصل الـ m-RNA ويبتعد عن شريط DNA

وبالتالي يتكون m-RNA ويخرج إلى السيتوبلازم وهذا الـ m-RNA المتكون يحمل نفس الشفرة الوراثية الموجودة على DNA.

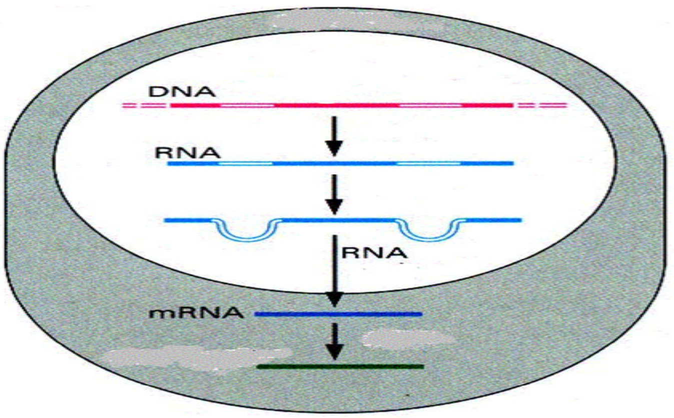


شكل رقم (٢٣)

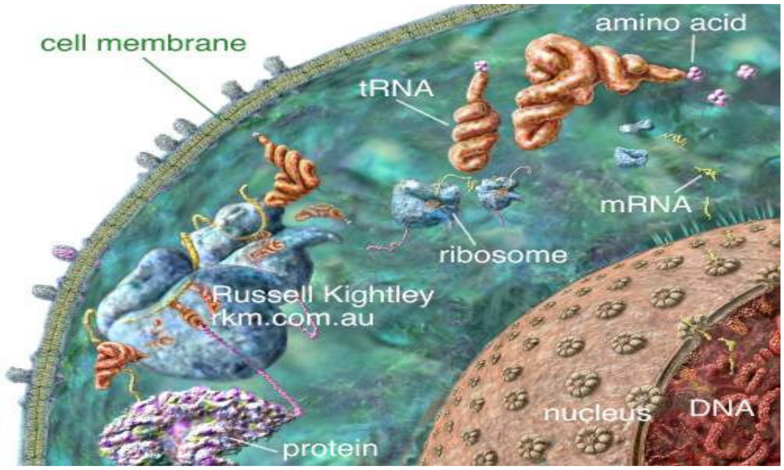
ثالثًا: عملية النقل Translation: وهذه العملية تتم على ثلاث مراحل أساسية:

مرحلة البدء Initiation:

يحمل الـ m-RNA الشفرة الوراثية إلى خارج نواة الخلية حيث يتم تخليق البروتينات في السيتوبلازم وليس في النواة حيث يخرج الـ m-RNA بعد انفصاله عبر الثقوب الموجودة على الغشاء النووي إلى السيتوبلازم ليستقر على سطح أحد الريبوسومات الموجودة على الشبكة الاندوبلازمية الخشنة والتي هي أماكن صنع البروتين في الخلية. يتم تجميع الأحماض الأمينية المنشطة بواسطة الـ t-RNA حيث يتم تنشيط الـ t-RNA لكى يمكنه الانتقال والارتباط مع الحامض الأمينى المنشط ثم التعرف على مكانه في الـ m-RNA ثم يتم تنشيط المركب الوسطى المتكون للدخول في الوسط الذى يتم بداخله التخليق الحيوى للبروتين وهو الريبوسوم (r-RNA) ويتكون المركب Polysome.



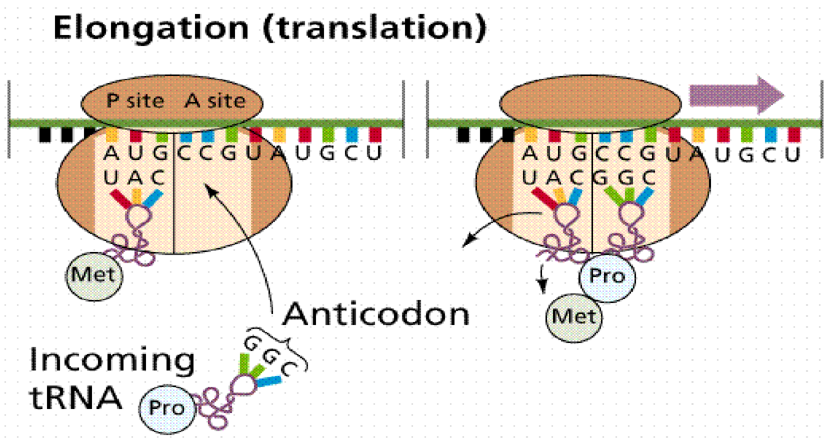
شكل رقم (٢٤)



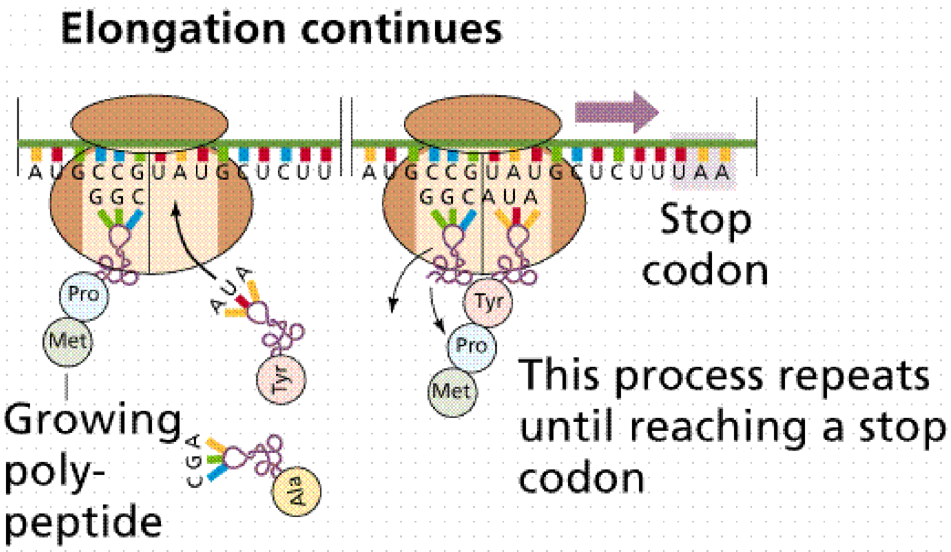
شكل رقم (٢٥)

مرحلة الاستطالة Elongation:

وفي هذه المرحلة يحدث انتقال للـ t-RNA المرتبط مع الحامض الأميني جديدة لارتباط بالأول وهكذا حتى تتكون السلاسل الببتيدية ويتم ذلك في وجود مركبات الـ GTP.



شكل رقم (٢٦)

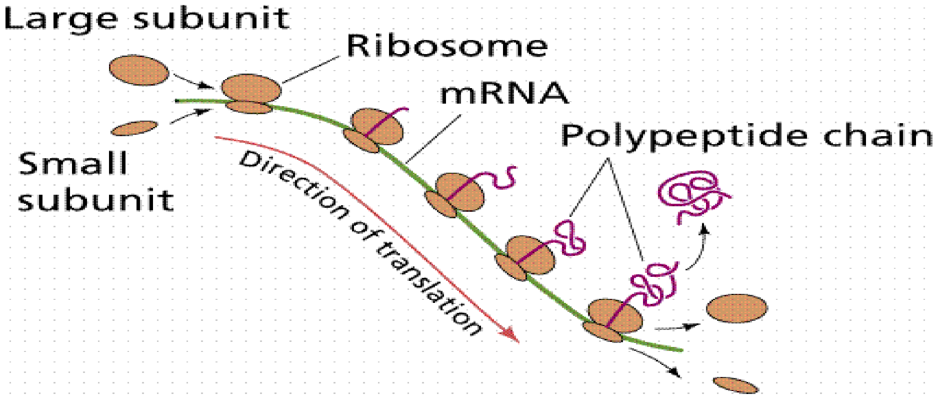


شكل رقم (٢٧)

٣- مرحلة الانتهاء Termination:

ويستمر نمو السلسلة الببتيدية حتى يصل الريبوسوم إلى أحد كودونات الانتهاء وهي اما UAA, UGA, UAG بعد ذلك تقوم الانزيمات المحللة للبروتين بتكسير الرابطة الببتيدية بين جزيء البروتين المخلق وبين الـ t-RAN ليخرج البروتين

المخلق في النهاية وفي نفس الوقت يتحرر t-RNA وينفصل الريبوسوم استعدادًا لتصنيع سلسلة ببتيدة جديدة وتلزم لهذه التفاعلات طاقة مصدرها GTP.



شكل رقم (٢٨)

الطاقة المستهلكلة لحساب تخليق أو تكوين جزيء البروتين غير معروفة لأسباب عديدة منها:

اختلاف عدد مركبات الطاقة المستهلكة ATP, GTP حيث أن هناك بعض الأحماض الأمينية يتطلب نقلها وجود أكثر من tRNA.

جزىء البروتين يتكون من عدد من الأحماض الأمينية هذا العدد من الأحماض الأمينية غير معلوم بالضبط فمثلا هرمون الأنسولين عبارة عن جزيء بروتينى يتكون من ٨١ حامض أميني ولكن وجد عند فصله من البنكرياس أنه يتكون من ٥٣ حامض أمينى ويحتمل أن السبب في ذلك يرجع إلى الانزيمات المحللة للبروتين والتي من الممكن أن تقوم بالتكسير لهذا الجزيء البروتيني في أكثر من مكان.

لكى تعمل الانزيمات المحللة للبروتين تحتاج إلى طاقة هذه الطاقة غير معروف كميتها أو مقدارها لأن هذه الانزيمات يمكنها تكسير جزيء البروتين في أكثر من مكان وبالتالي تختلف مركبات الطاقة.

عملية انتقال الـ tRNA المرتبط بالحامض الأمينى وأيضا تنشيط الـ tRNA الجديد تتم مع استهلاك طاقة غير معروف كميتها.

عملية الاستطالة لكى تتم تحتاج إلى عوامل مساعدة هذه العوامل تحتاج إلى طاقة غير معروف مقدارها.

مثال: ١٠٠ من الأحماض الأمينية ترتبط مع بعضها لتكوين جزيء من البروتين بغض النظر عن عدد هذه الأحماض الأمينية:

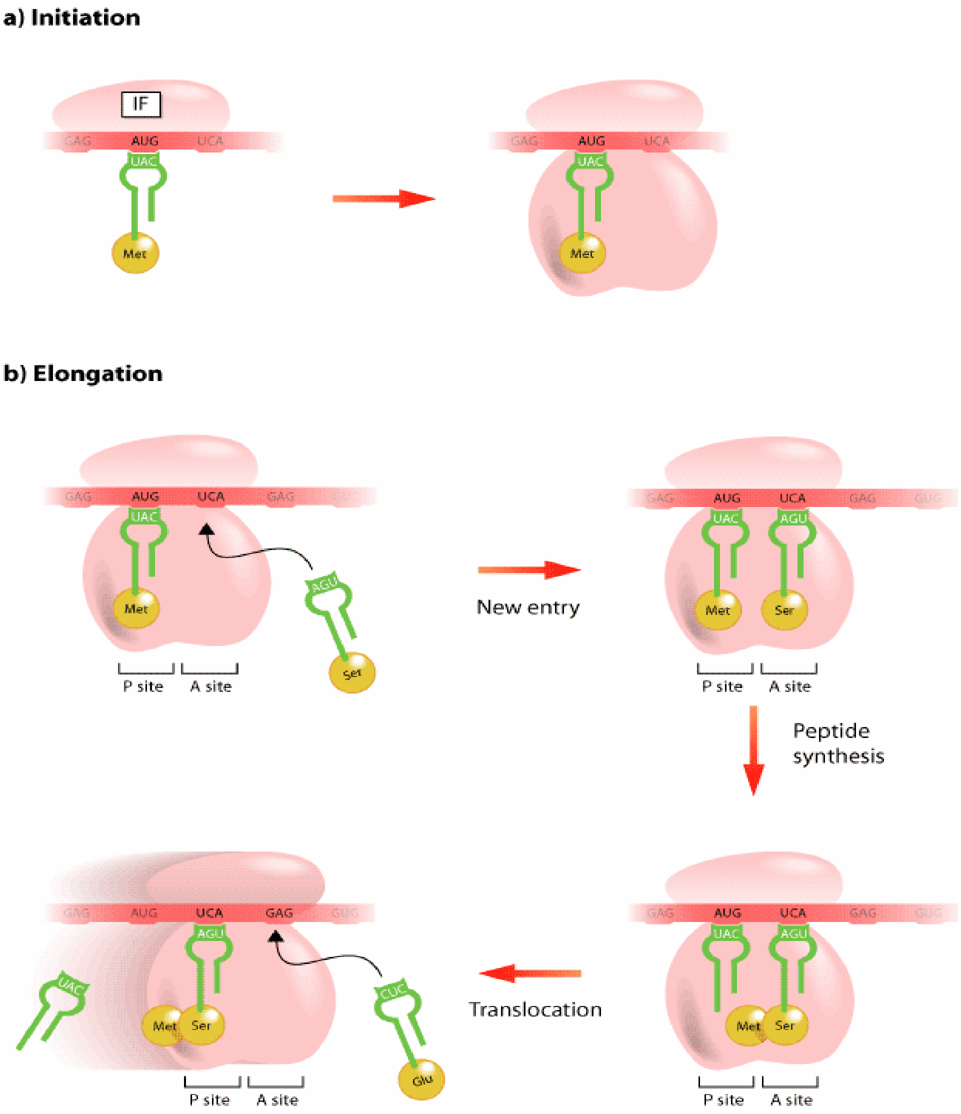
٢ مول ATP لعملية البدء Initiation (٢×٣٣,٥ = ٦٧ كيلو جول).

١ مول ATP لتكوين الـ Polysome (١×٣٣,٥= ٣٣,٥ كيلو جول).

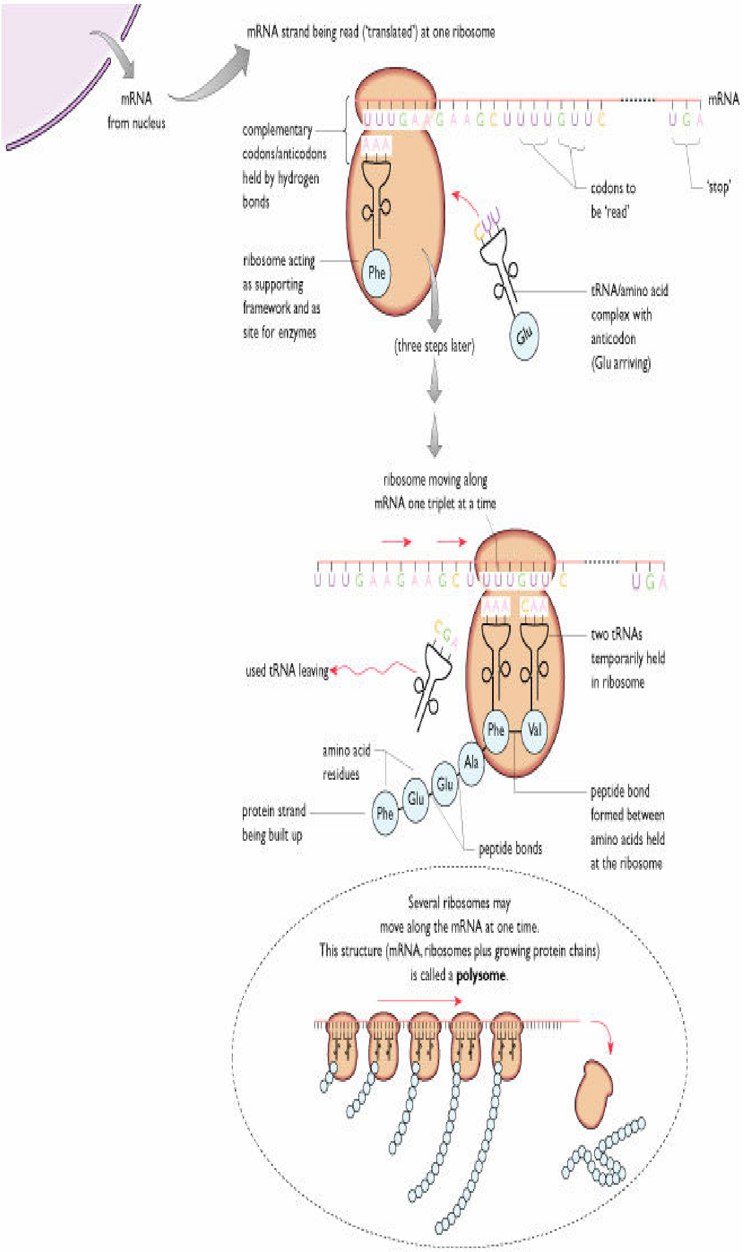
الطاقة الناتجة عند حرق ١٠٠ جرام من الأحماض الأمينية في جهاز المسعر الحراري = ١٠٠ × ٥,٨٢ × ٤,١٨٥ = ٢٤٣٧ كيلو جول.

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزيء البروتين = ٦٧ + ٣٣,٥ + ٢٤٣٧ = ٢٥٣٧,٥ كيلو جول.

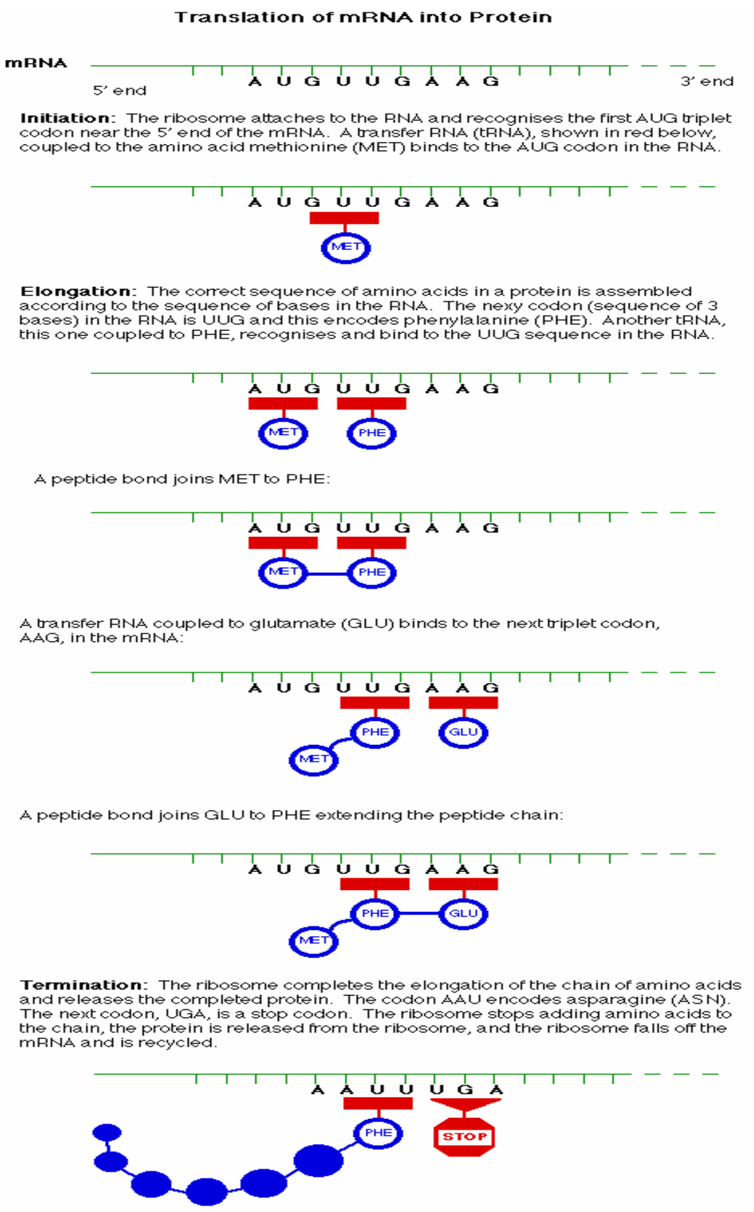
كفاءة إستهلاك الطاقة = ٢٤٣٧ ×١٠٠ / ٢٥٣٧,٥ = ٩٦%.


a) Initiation
IF
GAG
AUG
UCA
UAC
Met
b) Elongation
AGU
Ser
New entry
P site
A site
Peptide
synthesis
Translocation
GUG
CUC
Glu

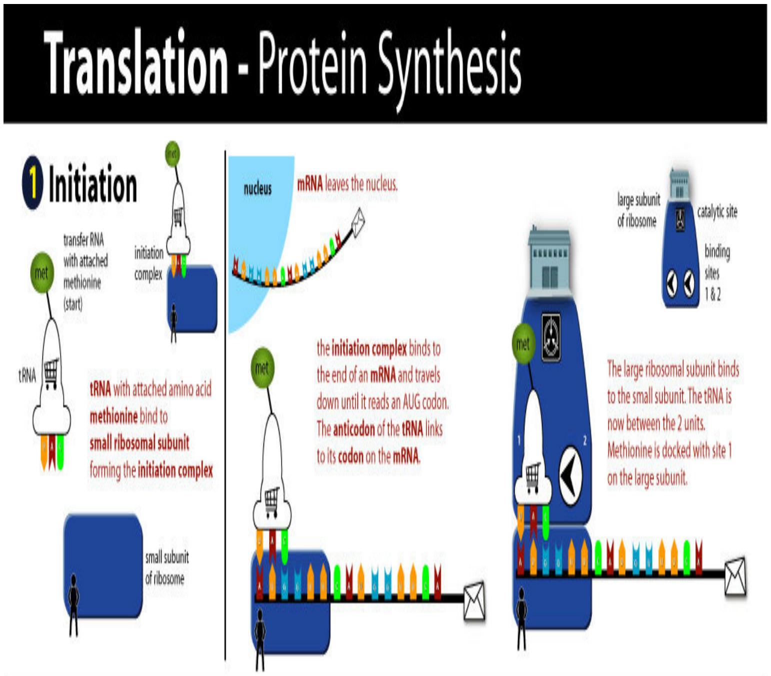
شكل رقم (٢٩)


mRNA strand being read ('translated') at one ribosome
mRNA
from nucleus
mRNA
complementary
codons/anticodons
held by hydrogen
bonds
codons to
be 'read'
'stop'
ribosome acting
as supporting
framework and as
site for enzymes
Phe
Glu
tRNA/amino acid
complex with
anticodon
(Glu arriving)
(three steps later)
ribosome moving along
mRNA one triplet at a time
two tRNAs
temporarily held
in ribosome
used tRNA leaving
Phe
Val
Ala
Glu
Glu
Phe
amino acid
residues
protein strand
being built up
peptide bonds
peptide bond
formed between
amino acids held
at the ribosome
Several ribosomes may
move along the mRNA at one time.
This structure (mRNA, ribosomes plus growing protein chains)
is called a polysome.

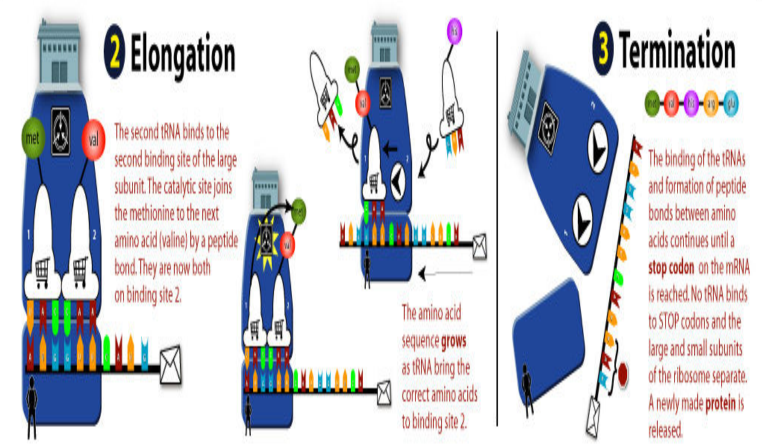
شكل رقم (٣٠)


Translation of mRNA into Protein
mRNA
5' end
A U G U U G A A G
3' end
Initiation: The ribosome attaches to the RNA and recognises the first AUG triplet codon near the 5' end of the mRNA. A transfer RNA (tRNA), shown in red below, coupled to the amino acid methionine (MET) binds to the AUG codon in the RNA.
A U G U U G A A G
MET
Elongation: The correct sequence of amino acids in a protein is assembled according to the sequence of bases in the RNA. The nexy codon (sequence of 3 bases) in the RNA is UUG and this encodes phenylalanine (PHE). Another tRNA, this one coupled to PHE, recognises and bind to the UUG sequence in the RNA.
A U G U U G A A G
MET
PHE
A peptide bond joins MET to PHE:
A U G U U G A A G
MET
PHE
A transfer RNA coupled to glutamate (GLU) binds to the next triplet codon, AAG, in the mRNA:
A U G U U G A A G
PHE
GLU
MET
A peptide bond joins GLU to PHE extending the peptide chain:
A U G U U G A A G
PHE
GLU
MET
Termination: The ribosome completes the elongation of the chain of amino acids and releases the completed protein. The codon AAU encodes asparagine (ASN). The next codon, UGA, is a stop codon. The ribosome stops adding amino acids to the chain, the protein is released from the ribosome, and the ribosome falls off the mRNA and is recycled.
A A U U U G A
PHE
STOP

شكل رقم (٣١)



شكل رقم (٣٢)



شكل رقم (٣٣)

رابعاً: المواد الحاملة للطاقة- "التمثيل الغذائي للطاقة"-

تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية

Nutrition relation to energy metabolism

دراسة عمليات نقل الطاقة في جسم الحيوانات وميكانيكية تنظيمها يطلق عليها عادة الاصطلاح العلمى Bioenergetics وهذا الاصطلاح يدرس بعدد من الطرق وتشمل:

Biochemists: حيث يعمل مع التحضيرات الخلوية ويختص بنقل الطاقة الحرة الناتجة من الخطوات الكيماوية المميزة حيث يتم هدم وبناء الجزيئات في المادة الحية.

Physiologists: ويختص بالناحية الهرمونية والعصبية لل Bioenergetics مثل الميكانيكية المعقدة لتنظيم درجة حرارة الجسم ووزن الجسم البالغ وتركيز السكر أو أي مادة قابلة للتمثيل في الانسجة.

Nutritionists: يختص بمجال اوسع وفي نفس الوقت أكثر تحديداً حيث يهتم بتوقعات احتياجات الطاقة للحيوان وتأكيد قدرة مختلف الأغذية لمقابلة هذه الاحتياجات.

هذه الطرق المختلفة ودراستها لا توضح اهميتها فقط في مجال الطاقة حيويًا بل تبين اقسامها وفروعها المختلفة ظاهريًا بسبب انها تتم من خلال نظم مختلفة منفصله ومن الممكن التعمق في ذلك.

توحدت الافكار بالنسبة للكيمياء الحيوية في العشرين سنة الأخيرة حيث وجد أن نهاية خطوات التفاعلات التمثيلية للمركبات الغذائية المختلفة ثابت في الطبيعة والجزء الاكبر من الطاقة المنطلقة في الخلايا يظهر عندما يتفاعل Co enzyme القرين المختزل مع جزئى الأوكسوجين في انزيمات التنفس، وهذه توضح أن التغيرات في انتاج الطاقة في الحيوانات تتبع هضم الغذاء، كذلك بالنسبة للدراسات الفسيولوجية في Hypothalamic area في المخ تحتاج لشرح مختلف حالات تمثيل الطاقة مثل تنظيم طاقة الغذاء Caloric intake والتحكم في درجة حرارة الجسم.

توجد مشاكل علمية كثيرة بالنسبة لدراسة تمثيل الطاقة ومن الممكن حلها، وهذه

تختص بكيفية تغذية حيوانات المزرعة والعناية بها في الظروف الطبيعية والاقتصادية لتحقيق اقصى انتاج وحل هذه المشاكل يتم بتطبيق النتائج على ظروف مختلفة تشمل اكثر من تجارب علمية بسيطة ويتم ذلك بالتركيز على الطرق الفسيولوجية والكيماوية والحيوية والطبيعية.

وهذا الجزء من الدراسة لا يهتم فقط باحتياجات الطاقة للحيوانات المختلفة بل أيضًا بتفسير المعلومات الأساسية بتمثيل الطاقة – وهذه الدراسة اتخذت من الوجهة الغذائية حيث كانت المشكلات العلمية لمقابلة الاحتياجات الغذائية للحيوانات المختلفة في تربية ورعاية الحيوان وكبداية فهم ادراك اهمية الطاقة في أي اعتبار في التغذية بجانب مصدر الطاقة فالحيوانات تحتاج في علائقها أو من معلق البكتريا في قناتها الهضمية عدد من الجزيئات المنخفضة جدًا مثل الفيتامينات. وكذلك تحتاج في العلائق إلى الأحماض الأمينية التي لايمكن تكوينها في الجسم اطلاقًا أو لايمكن تكوينها بمعدل مطابق مع التفاعلات الحيوية العادية، كذلك يحتاج إلى المعادن أو العناصر الغذائية المعدنية بكميات صغيرة ويقدر تركيزها الفعال في الغذاء باجزاء لكل ١٠٠٠ مليون، وأى نقص في هذه الاحتياجات الهامة في الغذاء يؤدى إلى مجموعة امراض طبية معروفة، وكثير من علوم التغذية يختص بالتعرف على حالات النقص ومدى مناسبة العلائق لاحتوائها من العناصر الناقصة، وعلى النقيض فان النقص في الكمية الكلية للغذاء المناسب المحتوى على العناصر الضرورية وكذلك نقص الكاقة المستهلكة في الغذاء لا تؤدى بسهولة إلى حالة معروفة غير نقص في النمو والانتاج والتناسل. ومن المعروف حاليًا أن هذا النقص في النمو والانتاج اكثر اهمية من نقص العناصر الغذائية الضرورية، وهذا الاخير يحدث فقط عندما يزيد طاقة الغذاء (الكالورى المستهلك) ويفيض، وغالبًا فان العناصر الغذائية المطلوبة يحتاج اليها بكميات تتناسب مع الطاقة التي تمثل:

العناصر الغذائية الدقيقة:

أولًا: الفيتامينات:

مجموعة فيتامينات (ب) الذائبة في الماء: يعمل الكثير من هذه المجموعة Prosthetic groups للإنزيمات المختصه بنقل الطاقة ومثال ذلك:

Vit B1 (ثيامين بيروفوسفات): ويعمل Co – factor in the oxidative carboxylation لحمض البيروفيك إلى أستيل COA، وذلك في مرحلة التحضير لدخول الجلوكوز في دورة Tricarboxylic acid وهذا الفيتامين أيضًا يشارك أيضًا بنفس الفعل في تحويل الفا اكيتوجلوتاريك إلى سكستيل COA. وعند نقص هذا الفيتامين في الغذاء فان حمض البيروفيك يتراكم في الدم وانسجة المخ ويؤدى ذلك إلى تقلص انسجة الرأس Typical head retraction في حالة نقص الثيامين.

حامض النيكوتنيك: جزء من تركيب اثنين من اهم Co-enzyme وهما:
Nicotine adenine dinucleotide (NAD) and its phosphate (NADP)

حيث يشارك كمستقبل للأيدروجين Hydroger acceptors في مختلف الهيدرجة التي تحدث في الخلية في هذا المجال فان الجسم يطلق طاقة من الجزيئات المنتجة للطاقة Energy-yielding nucleules عن طريق سلسلة خطوات ينتقل فيها الايدروجين من إنزيم لأخر، وفي بعض الحالات من الممكن تكوين NAD & NADP بدون مصدر غذائي لهذا الفيتامين ولكن في وجود الحامض الامينى الأساسى تربتوفان في العليقة، وفي هذه الحالة تعتبر الحاجة للأحماض الأمينية لها علاقة في دورها في الامداد بالـ Prosthetic group لقرائن الانزيمات الهامة في عمليات نقل طاقة.

بانتوثنيك اسيد جزء من جزئى Co-enzyme A الذي يتكون من حمض الادنيليك وايثانول امين والآخير يأتى من الحامض الاميني الأساسي مثيونين، وهذا

COA مهم في تمثيل الدهون والكربوهيدرات والأحماض الأمينية في كل الأنواع، في حالة المجترات الميتابوليزم يمكن للنواتج النهائية لتخمر البكتريا في الكرش أن تدخل دورات المركبات التمثيلية.

البيوتين: جزء من Co-enzyme يختص بربط ثاني اكسيد الكربون في Malonyl co-enzyme كخطوة بداية في تكوين الأحماض الدهنية.

ريبوفلافين يعمل كـ Prosthetic group في الفلافوبروتين Hydrogen carriers.

بيرودكسين (بيرودوكسال فوسفات): يعمل في نقل مجموعة الامين حيث وبالتالي يمكن لكربون الأحماض الأمينية أن تمثل.

حمض الفوليك: تختص بتمثيل One single carbon fragments.

الفيتامينات الذائبة الدهون:

مازالت الدلائل على اشتراك الفيتامينات الذائبة في الدهون في عمليات انتاج الطاقة قليلة مثال ذلك:

Vit. A يختص بتحويل طاقة الضوء إلى طاقة كيماوية في العين.

Vit K ولحد ما Vit E تختص بالخطوة النهائية في اطلاق طاقة الغذاء في صورة تمكن الجسم من استعمالها.

جدول رقم (٥٢) الفيتامينات ودورها في وظيفة الانزيمات

الفيتامين	الهيئة (الشكل) التي يكون بها على هيئة مرافق انزيمى أو الهيئة النشطة للإنزيم	نوع التفاعل أو العلميات تالتى يحفزها
الفيتامينات القابلة للذوبان بالماء:		
الثيامين	بايروفوسفات الثيامين	ازالة (CO2) من الحوامض الكيتونية
الرايبو فلافين	الفلافين احادى النيوكليوتيد والفلافين ادنين ثنائى النيوكلونيد	تفاعلات الاكسدة – الاختزال
حامض النيكوتنيك	النيكوتين اميد ادنين ثنائى النيوكليوتيد والنيكوتين اميد ادنين ثنائى النيوكليونيد ثنائى الفوسفات	تفاعلات الاكسدة والاختزال
حامض البانتوثينك	المرافق الانزيمى (A)	انتقال المجموعة الاسيل
البايريدوكسين	فوسفات البايريدوكسال	انتقال المجموعة الأمينية
البايوتين	بايوتين	انتقال CO_2
حامض الفوليك FH4	حامض التتراهيدروفوليت	انتقال مجموعة ذرة الكربون – ١
فيتامين B12	ديوكسى ادنيوسيل كوبالامين	انحراف ذرات الهيدروجين ١.٢
حامض الاسكوربيك	غير معروف	عامل مساعد في التفاعلات اضافية الهيدروجين
الفيتامينات القابلة للذوبان بالدهون:		
فيتامين A	الرتينال (Retinal)	الدورة البصرية
فيتامين D	١ و ٢٥ – داى هيدروكسى كولى كالسيفرول	تنظيم ايض الكالسيوم
فيتامين E	غير معروف	حماية دهون الاغشية
فيتامين K	غير معروف	عامل مساعد في تفاعلات اضافية CO_2

ثانيًا: العناصر المعدنية:

الكالسيوم والفوسفور لهما دور في تركيب الجسم كما تعمل كـ Cofactors أو منشطات مع الانزيمات والفوسفور لة اهمية كبيرة في تمثيل الطاقة.

البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم تلعب دور أساسي في عمليات Bioenergetics التي تختص بتحويل الطاقة الكيماوية لطاقة كهربائية في الاعصاب وفي نهاية الخلايا العصبية حيث الاشارات العصبية تتحول إلى Biochemical events.

الحديد يمثل جزء من Oxygen-carring molecule heamoglobin وكذلك في Electron or hydrogen carrier or cytochromes.

الزنك يعمل من خلال إنزيم Carbonic anhydrase الذى يختص بازالة الناتج النهائى لعمليات الاكسدة وهو ك أ٢. وكلا استهلاك أ٢ وانتاج ك أ٢ تتناسب مع أهمية تبادل الطاقة.

من ذلك فإن احتياجات الانسجة من العناصر الغذائية الهامة تعتمد على تمثيل الطاقة الضرورية لحياة الكائنات الحية، واى نقص في هذه العناصر الغذائية يتداخل مع تمثيل واطلاق الطاقة، وقد يكون تأثير نتيجة نقص العناصر الغذائية عن طريق تقليل الغذاء المأكول اختياريًا مما يؤدي إلى تحميل الجسم والحد من الكفاءة الكلية لعمليات انتاج الطاقة Energy-yielding process التي تقل أو تضعف بالرغم من ثبات كمية الغذاء مع استمرار احتمال نقص الغذاء.

من وجهة النظر الخالصة من حيث التغذية أو الكيماوية الحيوية فان كل الاسباب الخاصة بحاجة الثدييات وحيدة المعدة والطيور والاسماك من الطاقة ترتبط باحتياجات الحيوان من العناصر الغذائية الاخرى وفي حالة المجترات فالميكروفلورا هي المسئولة عن مصدر بعض الفيتامينات خاصة مجموعة B باستثناء B_{12} (سيانوكوبالامين) حيث يمكن تكوينة في حالة وجود كوبالت في الغذاء. كما أن

نشاط الميكروفلورا تعالج نقص الأحماض الأمينية في الغذاء عن طريق تكوينها من مركبات بسيطه للنيتروجين مثل الامونيا أو مركبات تنتج امونيا عند مهاجمة البكتريا، وبالنسبة للأحماض الأمينية الكبريتية مثل الستسئين أو المثيونين فيمكن تكوينها طريق اضافة كبريت غير عضوي في العلائق، وهذه علاقة مشاركة بين الحيوانات المجترة (الكرش) والميكروفلورا Fortumate symbiosis دون باقي الحيوانات والطيور الأخرى.

طرق تقدير تمثيل الطاقة في الحيوانات

Methods of measuring the energy metabolism of animals

الشمس هي المصدر الأول للطاقة بالنسبة للحيوانات، والنباتات الخضراء تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية بكفاءة عالية جدًا وهذه الطاقة عندما يتغذى عليها الحيوان كغذاء تنطلق من خلال عمليات الميتابوليزم لتسمح بالضغوط الاسموزية ونقل الجزيئات وعمل ميكانيكى لتكوين جزيئات جديدة أو تكوين طاقة كهربائية كما في التوصيلات العصبية.

وفي حالة النباتات الخضراء تستخدم 48 quanta من الضوء الاحمر لتكوين ١ مول من السكر حيث تمثل كفاءة التحويل من الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في حدود ٣٥%، ويستخدم الحيوان مول واحد من السكر بكفاءة في حدود ٣٠% أو اكثر في العمل الميكانيكى في انتاج تيار أو نبضات كهربائية وفي عمل اسموزى، كما أن طاقة الغذاء ليست هي المصدر الوحيد لطاقة غذاء الحيوان.

الطاقة الضوئية Light energy: تتحول بواسطة العين إلى طاقة كيميائية وكذلك إلى طاقة كهربائية في التيار العصبى للـ Optic nerve.

الطاقة الصوتية Sound energy: تنتج طاقة ميكانيكية في The ossietes of the ear عظم الاذن الوسطى.

الاشعاع الايوني Ionising radiation: ينتج في الطبيعة من تغير الجزيئات.

المستقبل العصبى في الجلد Neural receptor: يتفاعل مع الضوء والحراره والضغط ويتحلل مع تيار كهربائى بسيط.

تعريف وحدات الطاقة (الكالورى):

التغير في الطاقة لمختلف الانظمة تعرف بالوحدة الدولية International joules وهي تساوى: International volts x international amperes x

seconds وقد استخدم علماء الكيمياء والتغذية اصطلاح كالورى كوحدة للطاقة وهو عبارة عن الطاقة الحرارية اللازمة لرفع أو زيادة درجة حرارة كتلة من الماء بواسطة عدد من الدرجات الحرارية.

ويعرف الكالورى بأنه كمية الحرارة التي ترفع درجة حرارة ١ جم من الماء من ١٤,٥ إلى ١٥,٥م. ويمكن تعريف الطاقة بوحدات كهربائية مثل الجول Joules ويقدر الكالورى ٤.١٨٥٥ جول International joules والكالورى هذا يسمى Small calorie بينما ١٠٠٠ كالورى يسمى large calorie = 103 أو كيلو كالورى Kilo caloie ويختصر بـ Kcal، ١٠٠٠ كيلو كالورى يسمى megacalrie ويختصر بـ Mcal ويساوى 106 calorie ويساوى في نفس الوقت I therm.

Free energy changes

عند اكسدة ١ مول من الجلوكوز الصلب بواسطة غاز الأكسجين تحت ضغط واحد جوي لإنتاج ماء + ك أ٢ (غاز) عند ضغط واحد جوى، درجة الحرارة 298°C.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ --------- } 6CO_2 + 6\ H_2O$$
$$\text{(solid)} \quad \text{(gas)} \qquad \text{(gas)}\ \text{(liquid)}$$
$$\Delta F° = -688 \text{ Kcal/mole.}$$

(Free energy change F.E.C.) لهذا التفاعل تسمى $\Delta F°$، الرمز (°) تدل على أن كل المواد المتفاعلة والناتجة في حالة قياسية (صلبة – سائلة – غازية) على ضغط واحد جوى، $\Delta F°$ مستقلة تمامًا عن طريق الاكسدة وتعتمد فقط على الحالة الابتدائية (الاولية) والنهائية للنظام – وهذا يتبع القانون الأول لـ Thermodynamics (قانون هس the law of hess or the low of constant heat summation).

اذا كان الاكسدة تتم بحرق الجلوكوز بلهب من نار أو اكسدته في جسم الحيوان بخطواته التمثيلية فيكون $\Delta F°$ تحت الظروف القياسية = 688 Kcal/mol.

وتحت الظروف الفسيولوجية حيث تركيزات المواد المتفاعلة والنواتج، وتركيز ايون الايدروجين، درجة الحرارة مختلفة عن الظروف القياسية فيكون رمز ΔF° يصبح ΔF` وتحت الظروف الفسيولوجية فان ΔF` بالنسبة للتفاعل السابق حوالى - 710 Kcal ومن الملاحظ ان Free energy ΔF طريقة متناسبة حيث يمكن وصف تحويلات ونقل الطاقة فهي تمثل الاختلافات Δ F في الطاقة الحرة للنواتج والمواد المتفاعلة.

واذا كان التفاعل يتم بدون أي امداد للطاقة فيكون Δ F سالبة، واذا تم بواسطة اعداد خارجى للطاقة فيكون Δ F موجبة، وعلى ذلك فان ΔF° تكون سالبة في حالة اكسدة الجلوكوز إلى ك أ٢ + ماء والتفاعل العكسى أي تكوين كربوهيدرات من ك أ٢ + يد٢أ (عملية التمثيل الضوئى Photsynthesis) تكون ΔF° موجبة حيث يتم اضافة الطاقة من مصدر خارجى مثل الشمس.

Heat and Entropy:

عند اكسدة الجلوكوز تحت الظروف القياسية فممكن كتابة التفاعل كالآتى:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ --------- } 6CO_2 + 6\,H_2O$$

(solid) (gas) (gas) (liquid)

Δ F° Δ H° = - 673

ΔH° هو الفرق بين المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والنواتج تحت ضغط ثابت طبقًا إلى قانون Hess ويكون التغير في المحتوى الحراري مستقل عن الطريق الذى يتم فيه الاكسدة وهي أيضًا تمثل التغير في الطاقة الكلية للنظام.

وتمثل ΔF° أقصى كمية من الطاقة قادرة لأداء عمل وبالتالى فان التغير ΔH, ΔF يربطهما علاقة طبقًا للمعادلة الآتية:

$$\Delta H = \Delta F + T\Delta S$$

وعلى ذلك يكون تفاعل اكسدة الجلوكوز T Δ S° = - 15 Kcal/mole

ΔS = a property of the system called its entropy & T =

absolute temperature entropy يرمز له Calories / °C / mol ويعرف بالـ Capaciy factor والطاقة الحرارية ناتج من Intensity factor , temp. and a capacity factor والطاقة الكهربائية ناتج من:

Voltage and charge

Entropy is mainly a function of the size of the molecule and is a function of the electronic, vibrational, rotation and translational energies of the molecule.

هو تأثير أو فعل حجم الجزئي والطاقة الكهربائية والذبذبه والدوران ونقل الطاقة في الجزئ.

مثال آخـر :أكسدة الاستيك اسيد

$$\underset{(liquid)}{CH3COOH} + \underset{(gas)}{2O_2} \text{-------} \underset{(gas)}{2CO_2} + \underset{(liquid)}{2\,H_2O}$$

ΔF° = - 207.1.1 Kcal/mole.

ΔH° = - 209.4 Kcal/mole.

$T\,\Delta S^\circ$ = - 2.3 Kcal/mole.

ΔF° صغيرة بالنسبة ΔF° للجلوكوز.

ويجب ملاحظة أن تقدير ΔF° للتفاعلات عادة تكون على أساس حرارة الاحتراق وتقدير الـ Entropy الذى يقدر التغير في السعة الحرارية للمواد المتفاعلة والناتجة والذى يتم في درجة حرارة منخفضة جدًا عن ٢٥ درجة مئوية.

:Application to animals

تستخدم الحرارة الحرة Free energy فقط في حالة تفاعلات الاكسدة البسيطة ولكن لا ترتبط طاقة التحويلات الكلية في الحيوان مع Free energy لاسباب عديدة مثال ذلك تعذر تقدير entropy changes للأكسدة النهائية في حالة هضم التبن أو اللفت اذا تغذى عليها ثور أو عجل مخصى bullock لهذا لا يمكن بسهولة قياس تغيرات الطاقة بواسطة تغيرات في الحرارة، ولذا فيكون تقدير الطاقة المستفادة للحيوان

بتقدير ΔH والتي تمثل الحرارة الكلية الناتجة من الاكسدة الكاملة وليست ΔF.

Can not be defined in terms of the potentially useful energy yields on complete oxidation , ΔF, but in terms of the total produced on complete oxidation, ΔH.

اذا كان الحيوان امتص مثلًا جلوكوز من المعدة وتأكسد إلى ك أ٢ + يد٢ أ فان تقدير الحرارة تكون $\Delta H^\circ = \Delta F + T \Delta S$ وحرارة الاحتراق المؤكسد هو افضل قياس للحمل الذى فرضته الاكسدة على جهاز تنظيم الحرارة عما لو استعمل Δ F في الاكسدة فقط.

وقد عبر العالم Wilkie (1960) عن وجهة نظره في قاعدتين هامتين هما:

اذا كانت المشكلة هي معرفة الكميات لمختلف العمليات الكيماوية والطبيعية الحادثة ووقت حدوثها فيكون المختص بذلك هو ΔH – (حرارة التفاعل) والمعادلات المطلوبة تتبع القانون الأول لل Thermodynamics.

اذا كانت المشكلة تختص بميكانيكية التفاعلات من عملية إلى اخرى فان هذه الحالة يلزم معرفة Δ F بالاضافة إلى كمية العمليات، وفي هذه الحالة المعادلات المطلوبة تتبع القانون الأول والثانى للثرموديناميك Thermodynamics.

:Calorimetric technique

من الممكن قياس الطاقة الناتحة من اكسدة الغذاء سواء في المعمل أو في الجسم بواسطة الكلاريتمر the techniques of calorimetry ويتم قياس حرارة احتراق الغذاء بواسطة المسعر الحراري The technique of bomb calorimetry حيث يوضع كمية موزونه من الغذاء فيبومبة المسعر heavy metal bomb ويدخل الأكسجين تحت ضغط وتغطس البومبة في كمية موزونه من الماء، ثم يحرق الغذاء لحظيًا بحرارة دقيقة بسلك رقيق من البلاتينيوم ويتم الحساب على أساس زيادة حرارة الماء × السعر الحرارية للماء والبومبة تعطى مقياس للحرارة الناتجة. ويجب الحذر لتقليل الفقد الحراري من الكلاريتمر خلال التجربة.

في بعض الاجهزة كمثال كل الكلاريتمر يحاط بواسطة Water jacket لحفظ درجة حرارة جهاز الكلايتمر مضبوطة خلال التجربة، وهذا النوع adiabatic fehture يؤكد انه لا يوجد فقد حراري يحدث قبل أو بعد رفع الحرارة نتيجة الحرق.

- ولا بد من عمل تصحيح للحرارة الناتجة بالصهر في حرق العينة وكذلك عندما تحتوي العينة على كبريت ونيتروجين فينتج عنهما اكاسيد نيتروجينية وكبريتية وهذه الاكاسيد تذوب في اقل كمية من الماء موجودة في البومبة قبل بدء الحرق وممكن معايرتهم عندما تكتمل الاكسدة. تقدير حرارة الحرق لمركب في البومبة ممكن جدًا ولكن لا بد من الاشارة إلى الحالة التي قدرت عليها أو تم عليها التقدير وليست الحالة القياسية والظروف السابقة هي ضغط ٢٥ وفي بعض الحالات ٣٠ ضغط جوى ودرجة الحرارة الابتدائية ٢٥ درجة مئوية وقد تختلف في بعض الاحيان.

- اكثر من ذلك فالتغير في المحتوى الحراري تحت الظروف القياسية ΔH يعرف بإنه التغير المحتوى الحرارة تحت ضغط ثابت.

- اذا كان ينتج من الحرق ك أ٢ اكثر من الأكسجين المستهلك فان التغير في الضغط يكون ملحوظ، ولابد من عمل تصحيح للمكافئ الحراري للعمل المبذول في ضغط الغاز.

عندما يستعمل Bomb calarimetry كخطوة اولى في حسابات الطاقات الحرة للتفاعلات المشتملة التحويلات الجزئية الصغيرة فقط

The free energies reactions involving only small molecular transformations.

هذه الانحرافات عن الظروف القياسية تصبح هامة جدًا، بالاضافة إلى أن هذه الحسابات من النتائج الحرارية يرجع غالبًا لأهمية ΔF°، ΔS° وإلى الخطأ المرتبط بتقدير ΔH° ومع ذلك فان هذه التصحيحات للنتائج تؤدى بها إلى الظروف القياسية The Washburn corrections، وتعتبر هذه التصحيحات صغيرة جدًا عندما

تقارن بحرارة حرق المركب فهي لا تتعدى ١,%.

وفي معظم تجارب التغذية فانه من الممكن إهمال هذه الإنحرافات وتــؤخذ the calorific value كنتائج خام crude results مباشرة من الكلاريمتر بعد عمل تصحيح للانصهار واكاسيد النتروجين والكبريت المتكونه، ولابد أن يفترض أن تقدير حرارة الحرق بطريقة البومبة تكافئ بالضبط ΔH° في وجود خطأ بسيط جدًا.

:Animal calorimeters

تعتبر المشاكل العملية لتقدير كمية الحرارة الناتجة عن حرق حوالى جرام من المادة ضئيلة اذا قورنت بتقدير الحرارة الناتجة بواسطة الحيوان خلال أي اكسدة لغذائه أو دهن وبرتين جسمة.

واقدم كلاريتمر استخدم لقياس الحرارة الناتجة بواسطة الحيوان يقوم على أساس نفس المبادئ والقواعد العامة للـ bomb calormiter حيث الحرارة توظف لزيادة درجة البيئة المحيطة، وأول كلايمتر للحيوان استخدمه Lavoisier and Laplace وذلك في القرن ١٨ حيث توظف الحرارة المنطلقة لصهر ثلج يحيط بالحيوان، ويتم الحساب بضرب كمية الثلج المنصهر × الحرارة أو الطاقة الكامنة في الثلج latent heat of ice = الحرارة الناتجة.

بعد كلاريمتر لافوازيه تم استخدام كلاريمتر Crawford`s calorimeter ومبني على نفس أساس نظام bomb calorimeter حيث تنتقل الحرارة إلى كمية من الماء المحيط.

وقد حدث تطور هائل في صناعة الكلارميتر منذ مائتى سنه، والأساس المبني عليها كان وضع الحيوان في مكان مغلق مزدوج الجدران، في الحوائط النحاسيه الداخليه تنطلق الحرارة من الحيوان وتتجمع بواسطة الماء الدائر في انابيب نحاسية، وتضبط درجة حرارة الحائط الخارجى بالتسخين أو التبريد بطريقه لايفقد أو لا يتدفق حرارة من الحائط النحاس الداخلي إلى الحائط الخارجي، وتتجمع الحرارة الكلية

المحسوسه بواسطة الماء الدائر، وتحسب الفاقد الحراري بالاشعاع والحمل الحراري بضرب وزن الماء الدائري/وحدة زمن × ارتفاع درجة حرارته، وهذه الكلاريتمرات مجددة الهواء، أو مهواة، ويقاس بها بدقه الحجم ودرجة الحرارة والرطوبة للهواء الداخل والخارج.

وتقدر الحرارة المفقودة بواسطة الحيوان في بخار الماء بضرب وزن الماء المتبخر × الطاقة الكامنة لبخار الماء، وهذه يفترض أنها ٠,٥٨٦ كيلو كالورى/جم وهي تشمل خطأ بسيط تعتمد الحرارة المفقودة بواسطة الحيوان في بخار الماء تعتمد على درجة حرارة سطحة ودرجة حرارة ورطوبة الجو المحيطه به، والقيمة الاكثر قبولًا للاغراض العادية تكون ٠,٦ كيلو كالورى / جم.

وقد صمم Armsby and Fries في امريكا سنة ١٩٠٣ diabatic heat flow calorimeters وملائمته للماشية والخنازير، وبعده Capstick and wood 1920 في كامبريديج وكلاهما مدين بالكثير للعالم Atwater – Rosa adiabatic calorimeter حيث صممه سنة ١٨٩٩.

في جهاز American cattle calorimeter فان thermo couples تتصل بالجدارين ويقرأ كل دقيقة، ويجب ضبط الحرارة الداخلة في الفراغ بينهما للحفاظ على أساس نظام الجهاز adiabatic كذلك يجب قياس درجات الحرارة ومعدلات التدفق للماء البارد خلال ٢٤ ساعة. وقد أمكن لهذه الاجهزة أن تعمل ذاتيًا ولكن مازالت هذه الاجهزة معقدة عند تشغيلها حيث لها مكافئ مائي حراري عالي high hydrothermal equivalent وكذلك فهي مكلفة عند التشغيل، وقد تم تصميم اجهزة احدث تختفي بها تلك العيوب.

:Gradient Layer Calorimetry

بدلًا من استخدام الاجهزة من نوع adiabatic لمنع الفقد الحراري المحسوس من الكلاريمتر حيث الحرارة تنتقل للسوائل الدائرة وممكن الحرارة أن تتدفق خلال

الحوائط الحاملة واذا كانت الحوائط لها توصيل حرارة معروف thermal conductivity للتدفق الحراري فمن الممكن معرفته بواسطة Fourier`s Law الذى ينص على:

$$\frac{dh}{dt} = \lambda S\,(T1 - T0)\,t$$

$$\frac{dh}{dt} = \text{the rate of heat flow}$$ معدل التدفق الحراري

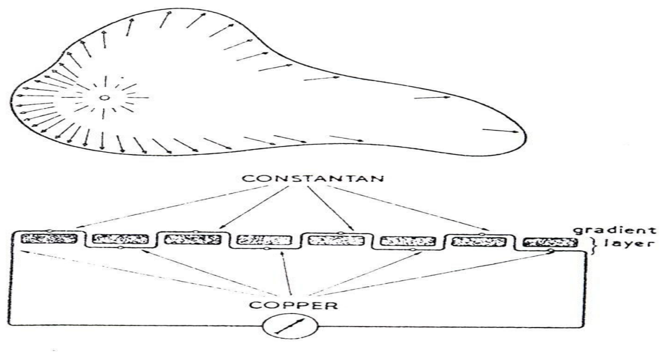
λ= The thermal conductivity of the wall which has a surface area S and the thickness t

التوصيل الحراري للحوائط التي لها مسطح S وسمك t

(T1 – T0) = The gradient of temperature between the inner and outer surface of the wall.

والأساس العام موضح في الشكل التالي:

شكل رقم (٣٤):



Principle of the modern gradient layer calorimeter devised by Benzinger. The lower diagram shows a gradient layer, consisting of copper-constantan junctions woven through an insulating layer. If this gradient layer lines the entire surface of a cavity completely and uniformly, as shown in the upper diagram, it records the total heat

emitted from a source within the cavity regardless of its location ant the size or shape of the cavity

اذا كان السطح مرتب في طبقة من المادة مطابقة للسمك والتوصيل الحراري فان متوسط التدرج في درجة الحرارة بين الاسطح الداخلية والخارجية لهذه الطبقه تتناسب مع الفقد الكلى الحراري أو الحرارة المكتسبة من المصدر خلال التجويف فمن الممكن الوصول إلى حالة ثابتة من التدفق الحراري. إذا تغيرت الحرارة الداخلة فجأة فان درجة الحرارة المتدرجة ترتفع بسرعة أو تنخفض لمستوى جديد تمثل حالة ثابتة جديدة من التدفق الحراري.

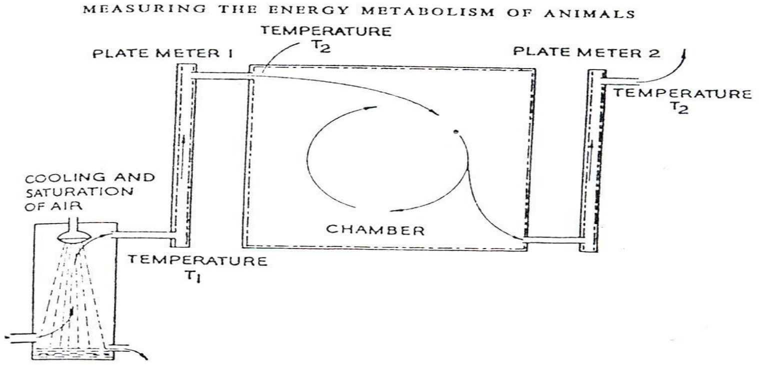
وواضح انه كلما زاد سمك الحوائط كلما كبر the greater the thermal gradient ويتطور، وكذلك كلما رق سمك الحوائط كلما زاد سرعة الاستجابة إلى التغير الفجائى في الحرارة الخارجيه خلال الجهاز.

وفي حالة الاجهزة البسيطة المقفلة غير الهواه فان الاستجابة تكون مستقلة عن الطريقه التي تنتقل الحرارة إلى الطبقة سواء بواسطة إلا شعاع أو التوصيل أو الحمل الحراري أو تكثيف بخار الماء المتولد من المصدر الحراري خلال الجهاز على الطبقة.

ويسمى الأساس السابق the gradient layer principle وكان أول من استعمله Richet and Rubbner (1888)، حيث يسكن الحيوان في الجهاز وتحيط القشرة الداخلية بالحيوان تكون محاظة بمكان هوائي ضيق وهذه محاطة بطبقة عازلة، وخارج هذه الطبقة مكان هوائي أصغر، وكلا المكان الهوائى الداخلي والخارجي يكون محكم السداد، وأي فرق في الضغط بين المكان الهوائي الداخلي والخارجى يتناسب مع درجة الحرارة المتدرجة اعلى من الطبقة العازلة، واستعمال هذه الامكنة الهوائية المحكمة كالترمومترات يؤدى إلى بطئ في الاستجابة.

بعد ذلك بدأ تطوير الاجهزة السابقة فبدأ Benzinger استعمال طرق حديثة لقياس درجة الحرارة وصمم جهاز للإنسان حساسيته عاليه وسريعه الاستجابه.

وبالرغم من أن أساس تقدير التدفق الحراري بسيط فان المشاكل العملية كثيرة في تقدير الفقد الحراري للحيوان والانسان واهمها تهوية الكلاريتمر لازالة بخار الماء، وثانى اكسيد الكربون الناتج بواسطة الحيوان، واذا لم يدخل الهواء ولم يخرج من الكلاريتمر بنفس درجة الحرارة وضغط البخار فان اكتساب الطاقة أو فقدها تحدث ولا تسجل بواسطة The gradient layers of the calorimeter anclosure. وقد صممت بعد ذلك اجهزة تحل مشكلة التهوية كما في الشكل التالي:



شكل رقم (٣٥)

control of heat input and output in the air circulating through a gradient layer calorimeter. Air is cooled and saturated with water vapour to temperature T1 in the cooler. It passes through a gradient layer heat exchanger (1) where it is brought to temperature T2, flows through the calorimeter and then through a second heat exchanger (2). Where its temperature is again brought to T2 and where any water vapour condenses. Any heat added to the air by an animal in the chamber induces a net excess potential in heat exchanger 2, which is recorded with the thermopiles of the gradient layer of the two exchangers in series. Gradient layers are shown by broken lines.

حيث يبرد الهواء الداخل أولًا إلى درجة الحرارة المضبوطة T1 ثم يشبع ببخار الماء وبعدها يمر خلال المبادل الحراري أو Plate meter حيث تسخن إلى درجة الحرارة المفروضة T2. تقاس الحرارة الداخلة بـ gradient layers المتصلة بالمبادل الحراري ويدخل الهواء في الكلاريتمر وإذا كان الحيوان موجود فان من المؤكد أن ترتفع الرطوبة وسوف تزيد بالتالي درجة الحرارة، ثم يخرج الهواء من الكلاريتمر خلال المبادل الحراري الثاني حيث يعود بدرجة الحرارة إلى T2 والضغط البخارى إلى التشبع عند T2، في هذا Platemeter يقاس الفقد الحراري مرة اخرى من الهواء بواسطة gradient layer والفرق بين الحرارة الداخليه في the ingoing platemeter والحرارة الخارجيه في the outging platemeter يعتبر مقياس دقيق للحرارة المضافة للهواء الدائرى بزيادة درجة حرارته أو الضغط البخارى وتقاس temperature gradients في كل الأجهزة الحديثة بواسطة thermo couples حيث تتصل كل الوصلات من معدن نشط حرارى كهربى A لآخر B لسطح واحد من gradient layer وجميع الوصلات B إلى A سطح آخر.

All junctions of the thermoelectrically active metal A to thermoelecricallt active metal B are attached to one surface of the gradient layer, and all junctions B to A to the other surface.

One surface ---------------- B to A
Other surface -------------- A to B

بالنسبة لعلماء الفسيولوجى فتوجد اجهزة كثيرة ومعظمها غالي، والمتوفر تجارياً نوع عبارة عن شريط مفرد مكون من نحاس ملحوم من كل حافة منه في الحافة الاخرى ويعمل شق أو قطع في هذا الشريط يتكون وصلات حرارية كثيرة thermo junctions وهذه ممكن تشابكها في لوح من البلاستيك لتعطى a gradient layer وبهذه الوصلات الكثيرة العدد فان يجب ضرورى ضبط درجة الحرارة لـ calorimeter jacket بدقه لإنه إذا تغيرت درجة الحرارة له خلال التجربة فانه

سيحدث تدفق للحرارة خارج أو إلى داخل gradient layer ويتم ذلك بواسطة دوران الماء بدرجة حرراة مضبوطة بحرص في القشرة الخارجية، ويجب مراعاة أن تكون الارضية قوية جدًا.

BOMB CALORIMETRY

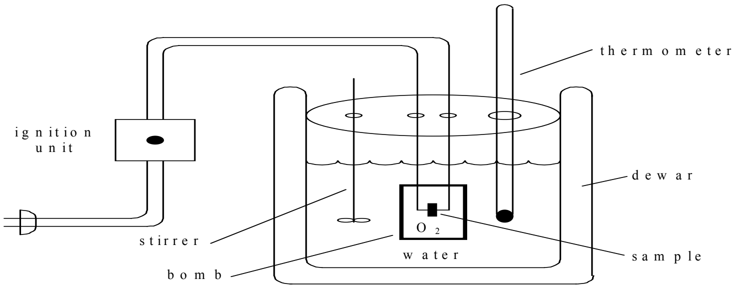
1. Purpose of Bomb Calorimetry Experiments

Bomb calorimetry is used to determine the enthalpy of combustion, ΔcombH, for hydrocarbons:

$C_xH_YO_z$ (s) + (2X+Y/2-Z)/2 O_2 (g) Δ X CO_2 (g) + Y H_2O (l)

Since combustion reactions are usually exothermic (give off heat), ΔcombH is typically negative. (However, be aware that older literature defines the"heat of combustion"as □□combH, so as to avoid compiling tables of negative numbers!)

2. Construction of a Bomb Calorimeter



شكل رقم (٣٦)

The bomb calorimeter consist primarily of the sample, oxygen, the stainless steel bomb, and water.

The dewar prevents heat flow from the calorimeter to the rest of the universe, i.e.,

qcalorimeter =.

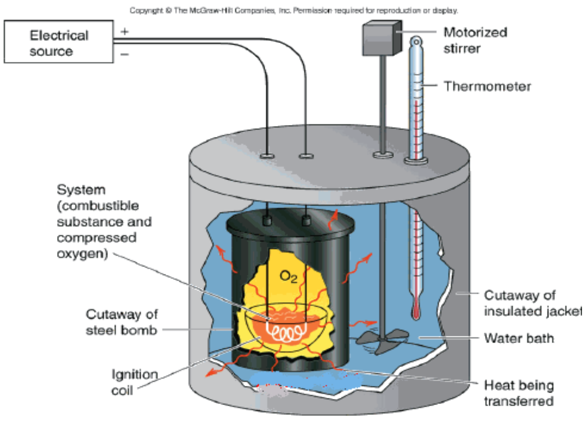
Since the bomb is made from stainless steel, the combustion reaction occurs at constant volume and there is no work, i.e.,

wcalorimeter = ΔU p dV =.

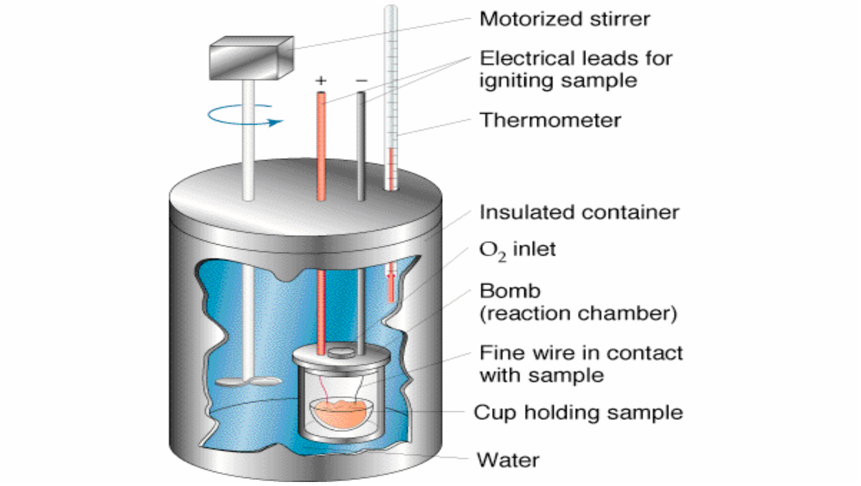
Thus, the change in internal energy, ΔU, for the calorimeter is zero

Δcalorimeter = qcalorimeter + wcalorimeter =.

The thermodynamic interpretation of this equation is that the calorimeter is isolated from the rest of the universe.



شكل رقم (٣٧)



شكل رقم (٣٨)

3. ΔU and ΔH in a Bomb Calorimeter

3. A. Internal energy change ΔU

Since the calorimeter is isolated from the rest of the universe, we can define the reactants (sample and oxygen) to be the system and the rest of the calorimeter (bomb and water) to be the surroundings.

The change in internal energy of the reactants upon combustion can be calculated from

$$dU_{\text{tot}} = dU_{\text{sys}} + dU_{\text{surr}} = 0$$

$$dU_{\text{sys}} = -dU_{\text{surr}}$$

$$= -\left[\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV\right]$$

Since the process if constant volume, dV=0. Thus, recognizing the definition of heat capacity Cv yields

$$dU_{\text{sys}} = -C_{\text{v}} dT$$

Assuming Cv to be independent of T over small temperature ranges, this expression can be integrated to give

$$\boxed{\Delta U = -C_{\text{v}} \Delta T}$$

where Cv is the heat capacity of the surroundings, i.e., the water and the bomb.

3. B. Enthalphy change H

By definition of enthalpy

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$$

Since there is very little expansion work done by condensed phases, ΔU (pV) Δ. for solids and liquids. Assuming the gas to be ideal yields

$$\boxed{\Delta H = \Delta U + RT\Delta n_{\text{gas}}}$$

3. C. Intuitive difference between U and H

Recall that ΔU=qv is the heat flow under constant volume

conditions, whereas ΔH=qpis the heat flow under constant pressure conditions. The difference between these two situations is that pV work can be done under constant pressure conditions, whereas no pV work is done under constant volume conditions.

Consider the case where Δngas >.. i.e., the system expands during the reaction. The same amount of energy is released by the reaction under both sets of conditions. However, some of the energy is released in the form of work at constant pressure; thus, the heat released will be less than at constant volume. Mathematically,

heat released < energy released

$$-\Delta H < -\Delta U$$

$$\Delta H > \Delta U$$

In the case where ngas <.. i.e., the system contracts during the reaction, the surroundings does work on the system. Thus, this work is available for energy release from the system back to the surroundings in the form of heat. Mathematically,

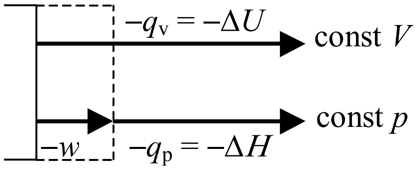
heat released > energy released

$$-\Delta H > -\Delta U$$

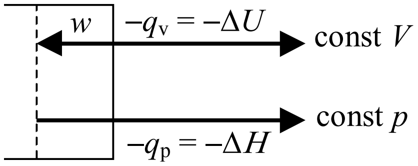
$$\Delta H < \Delta U$$

These cases can be depicted pictorially as follows:

Δn_{gas} >.
work done by system
$-\Delta H < -\Delta U$ or $\Delta H > \Delta U$



Δn_{gas} <.
work done on system
$-\Delta H > -\Delta U$ or $\Delta H < \Delta U$



4. Calibration of the Calorimeter

4. A. Estimating Cv

The heat capacity of the bomb calorimeter can be estimated by considering the calorimeter to be composed of 450 g water and 750 g stainless steel. Knowing the specific heat capacity of water to be 1 cal/g·K and estimating the specific heat capacity of steel to be..1 cal/g·K yields

$$C_v(\text{calorimeter}) = m(\text{water}) \cdot C_v(\text{water}) + m(\text{steel}) \cdot C_v(\text{steel})$$
$$= 450\text{ g}\left(1\frac{\text{cal}}{\text{g K}}\right) + 750\text{ g}\left(0.1\frac{\text{cal}}{\text{g K}}\right)$$
$$= 450\frac{\text{cal}}{\text{K}} + 75\frac{\text{cal}}{\text{K}}$$
$$= 525\frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

4. B. Measuring Cv

For accurate work, the heat capacity of the calorimeter must be measured. This is done by depositing a known amount of energy into the calorimeter and observing the temperature increase. The two most common methods for measuring Cv are

1. Burning a standard with known □U, e.g., benzoic acid.

$$^{M}\text{benzoic acid}\ \Delta U_{\text{benzoic acid}} = m_{\text{benzoic acid}} -6318 \text{ cal/g·K}$$
$$= -C_v\,\Delta T$$

2. Doing electrical work by passing current though a resistor.

$$\Delta U = w + q = V \cdot I \cdot t +. = Cv\ \Delta T$$

5. Corrections in Bomb Calorimetry

5. A. Combustion of fuse

Nickel and iron fuses can burn according to

$$Ni + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NiO$$

or

$$2Fe + \frac{3}{2}O_2\ \ \Delta U\ \ Fe2O3$$

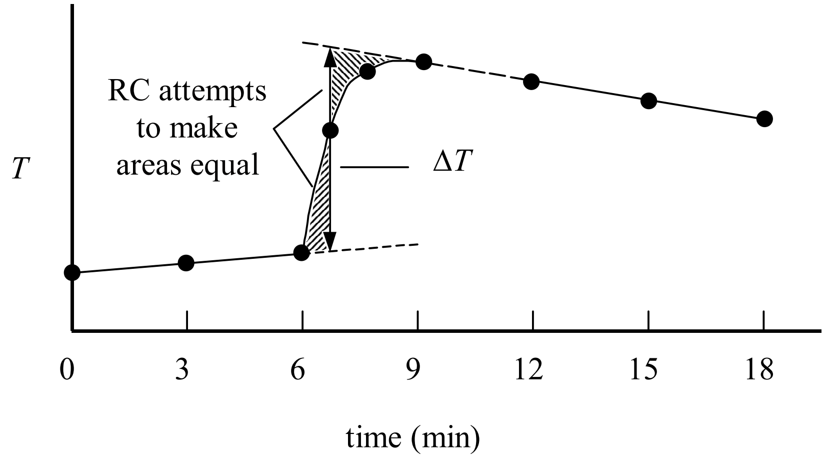
The heat released by combustion of the fuse is accounted for by recognizing that

$\Delta U = \Delta U$sample·msample + ΔU burned fuse·mburned fuse = -Cv ΔU T

where the mass of the burned fuse is determined by weighing the fuse before and after firing the bomb.

5. B. Nonadiabaticity of calorimeter

A bomb calorimeter is only approximately adiabatic. In reality, there is a small heat leak through the dewar (qcalorimeter Δ.) and the stirrer does work on the calorimeter (wcalorimeter Δ.). Nonadiabaticity is corrected for with an empirical radiative correction, RC.



شكل رقم (٣٩):

The time at which the bomb is considered to be fired is the time that makes the areas indicated in the above figure equal. For the Parr calorimeter, this is estimated to be at t = 7 minutes. Thus, the temperature at t = 6 minutes must be extrapolated forward 1 minute by the pre-firing slope, and the temperature at t = 12 minutes must be extrapolated backward 5 minutes by the post-firing slope. Mathematically, this is done as follows

$$\Delta T = \left(T_{12} + (-5\,\text{min})\frac{T_{18} - T_{12}}{6\,\text{min}}\right) - \left(T_6 + (1\,\text{min})\frac{T_6 - T_0}{6\,\text{min}}\right)$$

$$= T_{12} - T_6 + (-5\,\text{min})\frac{T_{18} - T_{12}}{6\,\text{min}} - (1\,\text{min})\frac{T_6 - T_0}{6\,\text{min}}$$

$$= T_{12} - T_6 - \frac{5(T_{18} - T_{12}) + (T_6 - T_0)}{6}$$

$$= T_{12} - T_6 - RC$$

5. C. Nitric acid formation

At high temperatures, nitrogen can form nitric acid in the presence of oxygen and water. (This reaction also occurs in automobile engines and is partially responsible for smog production.)

N2 + $\frac{5}{2}$ O2 + H2O Δ 2HNO3

Flushing the bomb with oxygen prior to firing, thereby displacing all nitrogen, eliminates nitric acid formation.

6. Application of Δ*U*combH

In addition to measuring the energy release of one particular reaction, calorimetry is an important tool for determining the enthalpy of formation for the compound under study. This information can then be applied to any reaction involving the compound.

The enthalpy of combustion for the reaction

can be written as

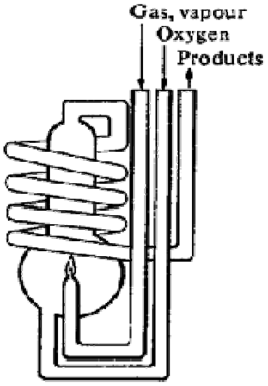
ΔcombH(CxHyOz) =	$v(C_xH_yO_z)\Delta_f H°(C_xH_yO_z) + v(O_2)\Delta_f H°(O_2) + v(CO_2)\Delta_f H°(CO_2) + v(H_2O)\Delta_f H°(H_2O)$

$$\Delta_{comb}H(C_xH_yO_z) = v(C_xH_yO_z)\Delta_f H°(C_xH_yO_z) + v(O_2)\Delta_f H°(O_2) + v(CO_2)\Delta_f H°(CO_2) + v(H_2O)\Delta_f H°(H_2O)$$

where $v(i)$ is the stoichiometric coefficient of i. Since $\Delta_f H°(C_xH_yO_z)$ and $\Delta_f H°(H_2O)$ are known (and $\Delta_f H°(O_2)$ equals zero), measurement of $\Delta_{comb}H(C_xH_yO_z)$ allows calcualtion of $\Delta_f H°(C_xH_yO_z)$.

7. Other Types of Calorimeters

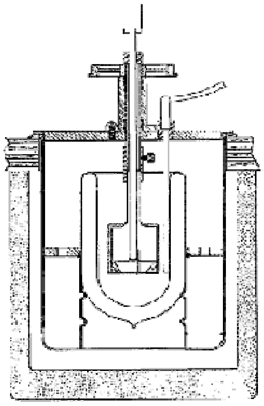
There are many kinds of calorimeters, each designed for measuring the heat released by a particular chemical process. Some examples include:



شكل رقم (٤٠):

Flame Calorimeter

The combustible gas is metered into the calorimeter. Temperatures of all reactants must be controlled. Since the reaction occurs at constant pressure, combH is measured directly.



شكل رقم (٤١):

Solution Calorimeter

Reactants are initially separated. The temperature change is measured when they are allowed to mix. Quantities that can be determined include mixH, dilutionH, and solvationH.

Calorimeter design is very tricky, especially for processes involving very small energy changes, e.g., protein folding, or energy changes on top of a large background, e.g., excess heat from"cold fusion". Heat leaks must be minimized, and all other heat generating processes must be accounted for.

التقدير غير المباشر لطاقة المواد وتحويلاتها

The indirect estimation of heat from material transformations

يشمل التقدير المباشر للحرارة الناتجة من اكسدة الغذاء بواسطة الحيوان استخدام الاجهزة المتخصصة اما الطرق غير المباشرة فلا تقدير للحرارة مباشرة، وهذه الطرق

تشمل تقدير مقدار الاكسجين المستهلك بواسطة الحيوان وبمقدار ثانى اكسيد الكربون الناتج والنتروجين المفرز في البول ومن ذلك يمكن حساب الطاقة الناتجة، وهذه الطرق مناسبة للـ short-term observation of metabolism.

طاقة الروابط Bond energies:

من الواضح أن حرارة انقسام جزئى معقد لمكوناته الذرية ولا بد أن تساوي طاقة الروابط التي تربط الذرات في الجزئ معًا، ويمكن حساب حرارة الحرق من تركيب المادة وحرارة تكوينها من مكوناتها العنصرية أو الذرية، والطرق المستخدمة امتداد لقانون Hess فاذا عرف التركيب الكيماوي للمادة فحرارة تكوينها وحرارة حرقها ممكن تقديرها من الطاقة المعروفة للروابط الكيماوية المحتوية عليها، وهذه الطريقه اكتشفها linus pauling.

وقد وجد أن طاقة الروابط الكيماوية للروابط البسيطه مثل C = C أو C – H قيم متوسطة وبالنسبة إلى التراكيب المترددة مثل حلقة البنزين، مجموعة الكربوكسيل أو مجموعة الاميد فان المركبات المحتوية هذه المجاميع لها طاقة عالية مقارنة بالطاقة المتوقعة من طاقة الروابط بمفردها. ويجب عمل تصحيح للتردد حيث التباين بين القيم المحسوبة والملاحظة لا يتعدى ٠,٠١% من القيمة الحقيقية. والافضل حاليًا أن نستنتج حرارة تكوين الجزيئات من اعتبارات الطول وزوايا الروابط الكيماوية من هندسة الجزيئات. ومن المعروف انه يوجد علاقة قوية بين التركيب الجزئى وحرارة تكوينة وحرارة حرقة ولا يمكن حساب حرارة التكوين والحرق بدقة بواسطة معرفة عدد مختلف أنواع الزرات المكونة للجزيء فقط بل من الضروري معرفة التركيب بدقة.

الطرق الفسيولوجية للتقدير The physiological approach:

لا تتضمن الطرق الفسيولوجية التقليدية لتقدير الحرارة من التركيب الكيماوي الإعتبارات المفصله للتركيب الجزئى، على عكس ذلك فإن حرارة الحرق ممكن

حسابها فقط من التركيب العنصري الأولي للمادة.

ويعتمد الطرق الفسيولوجية على أن الجسم يتكون من ٣ مركبات كيماوية أساسية يتم اكسدتها وهي كربوهيدرات – دهن – بروتين، وتبني الحسابات على أساس الاكسجين المستهلك وكمية ك أ٢، النتروجين المفرز بواسطة الحيوان عند اكسدة هذه المركبات الثلاث، ويطلق على النسبة بين حجمي ك أ٢ الناتج إلى أ٢ المستهلك النسبة التنفسية respiratory quotient (R.Q) وهي تختلف عند أكسدة المركبات الكيماوية الثلاث، وتعتمد تقدير الطاقة على الاقسام الرئيسية للمركبات الكيميائية المؤكسدة في الجسم والتى لا تحتوي نتروجين (كربوايدرات ودهون) المثال التالى اكسدة الكربوهيدرات (جلوكوز)، الدهون (حمض بالمتيك) في الجسم.

G – Glucose $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$-------- $6\ CO_2 + 6\ H_2O$

$-\Delta Hc = 673.0$ Kcal.

P - Palmitic acid $CH_3\ (CH2)14\ COOH + 23\ O_2$ ------ $16\ CO_2 + 16\ H_2O$

$-\Delta Hc = 2398.4$ Kcal.

جدول رقم (٥٣): كمية أ٢ المستهلك، ك أ٢ والحرارة الناتجة ممكن كتابتها في المعادلات التالية

Compound	Moles O_2 Consumed (X)	Moles CO_2 Produced (Y)	Heat Envolved - ΔHc))	Molar ratio of CO_2 to O_2 = Respiratory Quotient
Glucose	6 X	6 Y	673.0	1.0
Palmitic acid	23 X	16 Y	2398.4	0.7

ولحساب المعادلة العامة لتقدير ΔHc يكون حاصل ضرب المعادلة الأولي × ١٦ أو حاصل ضرب المعادلة اللثانية × ٦:

$-\ \Delta Hc = 25.91\ CO_2$ Produced+ $86.25\ O_2$ consumed (moles)

هذه المعادلة تأخذ الكربوهيدرات الأخرى أو الأحماض الدهنية الأخرى أو الدهون كنقطة بداية ويمكن بذلك حساب ΔHc لاى مخلوط من اثنين من المركبات المختارة وذلك بواسطة معرفة الأكسجين (O_2)المستهلك، ثاني اكسيد الكربون CO_2

الناتج من خلال عمليات الاكسدة للمركبات، وتوجد جداول تبين قيم حرارة احتراق المركبات الموجودة في الغذاء بواسطة Bomb calometery بحساب كمية الحرارة الناتجة من الاحتراق للمركب محسوبة من كمية أ٢ المستهلك، كمية ك أ٢ الناتجة من احتراقها وذلك باستعمال المعادلة وباتخاذ الجلوكوز وحمض البالمتيك reference وقد وجد في حالة سعرات البنتوزات والهكسوزات البسيطة والسكرات الثنائية والثلاثية أن خطأ تقدير حرارة الاحتراق بسيطة اقل من٠.٥% بينما السكرات العديدة مثل النشا والسليلوز فيكون حرارة احتراقها Underestimated by 60% وهذا فرق محسوس جدًا.

بالنسبة للأحماض الدهنية ذات طول سلسلة اقل من البالمتيك فان حرارة الاحتراق تكون Overestimated وهذا التناقض اكبر من ٢% فقط في حالة الأحماض الاقل من ٤ ذرات كربون، وعدم التشبع للأحماض تؤدى إلى overestimation of its calorific value الأخطاء البسيطة في الاتجاه العكسى تحدث مع الأحماض الدهنية ذات سلسلة اكبر من البالمتيك وفي حالة الكميات البسيطة للغذاء فان حرارة الحرق للجليسرول تكون underestimated وبالنسبة للأحماض الثنائية الكربوكسيل المشبعة saturated overestimated dicarlioxulic acids ومدى the overestimation يقل بزيادة حجم الجزئى. كما أن عدم التشبع يؤدى إلى اخطاء كثيرة، واى محاولة للتنبأ بحرارة احتراق المركبات بواسطة معرفة فقط ك أ٢ المستهلك في عملية الاكسدة سواء بواسطة الحيوانات أو In-vitro لا تتم وذلك لسبب بسيط لان هذا يؤدى إلى تجاهل في التركيب الهندسى للمركبات، وحتى الآن فان الخطأ في تقدير الحرارة من حجم ك أ٢ الناتج وحجم أ٢ المستهلك بواسطة الحيوان الذى يتغذى غذاء طبيعى ليس كبير كما هو متوقع، حيث molecular species وتكون الاخطاء اكبر من مكونات الغذاء الصغرى.

ويمكن تقليل الاخطاء باختيار سليم للمواد القياسية reference substances وبالنسبة للكربوهيدرات والدهون فمن الممكن اختيار ٢ ممثلين عنهما لتمثلا المواد عند هدمها:

عند تقدير الحرارة الناتجة من عجل رضيع يتغذى على اللبن فان the reference carbohydrate تكون سكر اللاكتوز، كذلك the reference fatty acid يكون واحد من الأحماض ذات طول سلسلة اقصر من ١٨ ذرة كربون وذلك بسبب العدد الكبير للأحماض الدهنية ذات السلسلة القصيرة في دهن اللبن.

بالنسبة للمجترات الكبيرة السن، فان the reference carbohydrate يكون النشا أو السيليوز وممكن في حالة الأحماض الدهنية استخدام حمض سيتاريك أو بالمتيك بدون خطأ كبير.

في بعض الحالات مثل التجارب التي بها حمض الخليك هو المصدر الوحيد للطاقة فلا يوجد خطأ اذا اهمل حساب ك أ٢ الناتج من الاكسدة ويكون الحساب على أساس أن كل مول اوكسجين مستهلك يرتبط مع انتاج 105 Kcal حرارة. وتعتبر كل حالة منفصلة عن الاخرى ويفضل استخدام الأحماض الدهنية عن مخلوط الجلسريدات الثلاثية لدهن الجسم كمصدر للطاقة حيث حرارة الاحتراق لها صغيرة بدرجة عير كافية لاستخدامها في التقدير.

The heat of combustion of compounds of C, H and O likely :(٥٤) جدول رقم to be present in food, and the prediction of their heats of consumed from the amounts of CO_2 produced and consumed in their combustion

Compound	Determined Heat of combustion (Kcal/mole)	Calculated heat Of combustion (Kcal/mole*)	Calculated / Determined x100
Carbohydrates			
Xylose	561.5	560.8	99.9
Glucose	673.0	673.0	100.0
Galactose	670.7	673.0	100.3
Fructose	675.6	673.0	99.6
Sucrose	1349.6	1345.9	99.7
Lactose	1350.8	1345.9	99.6
Maltose	1350.2	1345.9	99.7
Raffinose	2025.5	2018.9	99.7
Glycogen (/ g)	4.116	3.913	95.0
Starch (/ g)	4.179	3.913	93.6
Cellulose (/ g)	4.181	3.913	93.6
Fatty acids			
C1 formic	65.1	69.1	106.1
C2 acetic	209.4	224.3	107.1
C3 propionic	367.2	379.6	103.2
C4 n-butric	524.3	534.9	102.0
C5 n-valeric	681.6	690.2	101.3
C6 caprioc	831.0	845.5	101.7
C12 lauric	1771.7	1777.2	100.3
C14 myristic	2085.8	2087.7	100.1
C16 palmitic	2398.4	2398.4	100.0
C18 stearic	2711.8	2708.9	99.9
C22 arachidic	3025.9	3019.6	99.8
C22 behenic	3338.4	3330.1	99.8
C18 oleic	2657.0	2665.8	100.3
Poly alcohols glycerol	397.0	379.6	95.6
Dicarboxylic acids (saturated)			
Oxalic acid	60.2	94.9	157.6
Succinic acid	357.1	405.5	113.6
Glutaric acid	514.9	560.8	108.9

- **Using as reference substances glucose and palmitic acid.**

The oxidation of protein:

يختص الجزء الثاني من المناقشة الفسيولوجية بتقدير حرارة احتراق الغذاء من نواتج الحرق واستهلاك الأكسجين المختص بتقدير الحرارة المرتبطة بهدم البروتين والمركبات الاخرى المحتوية على نيتروجين وكمثال لذلك اكسدة حامض امينى الانين، وحرارة احتراق الأحماض الأمينية تمثل اكسدتها كاملًا إلى ك أ٢ + ماء + غاز نيتروجين في الجسم ولا يتأكسد النتروجين كاملًا ويفرز غالبًا على صورة يوريا، وحرارة التفاعل ممكن تقديرها بواسطة قانون Hess حيث الأحماض الأمينية لا تتأكسد كلية.

مثال: الالآنين كمثال للأحماض الأمينية من اكسدتها اكسدة كاملة.

$$4\ CH_3 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - CooH + 15\ O_2 \text{ ------ } 12\ CO_2 + 14\ H2O + 2\ N_2$$

- Hc/mole alanine = 387.7 Kcal (1550.8 / 4 = 387.7) .

اليوريا عند الاكسدة الكاملة.

$$2\ Co\ (NH_2)2 + 3\ O_2 \text{ ------ } 2\ CO_2 + 4\ H_2O + 2\ N_2$$

- Hc/mole Urea = 151.6 Kcal (303.2 / 2mole = 151.6) .

بالطرح ينتج حرارة اكسدة الالآنين إلى ك أ٢ + يد٢ أ + يوريا.

$$4CH_3CH\ (NH_2)\ CooH+12O_2\text{---=}10CO_2+10H_2O+2CO\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

- Δ Hc/mole alanine = 311.9 (1550.8-303.2= 1247.6/ 4=311.9)

Then 1247.6 + 303.2 = 1550.8 Kcal.

Constant heat summation = hess low.

Incomplete oxidation of carbohydrate:

استنتاج الـ Factors لحساب الحرارة من التبادل الغازى وافراز النتروجين في البول كجزء من افراز اليوريا والاكسدة اذا كانت كاملة تنتهي بتكوين ك أ٢ + يد٢ أ.

في حالة المجترات تتم العمليات المعقدة لهدم الكربوهيدرات حيث المراحل الأولية بكتيرية وينتج الميثان بكميات كبيرة تعادل 40 litre/Kg dry food eaten في المتوسط.

توجد طرق مشابهة تختص بـ the incomplete oxidation لنيتروجين البروتينات لعمل تصحيح للأكسدة غير الكاملة the incomplete oxidation وهذا التصحيح صغير ويشمل خصم 0.5 Kcal / litre methane

في حالة الحرق غير الكامل Incomplete oxidation يظهر حالة Ketosis في الحيوانات وبمعرفة كميات aceto-acetic acid, B-hydroxy-butyric acid and acetone المفرزة تضاف عامل تصحيح آخر للمعادلة الآتية:

Heat produced (Kcal) = O_2 consumed + CO_2 produced - Nexoreted – CH_4 produced

(Littres) (Littres) In unine (g)

في حالة الاغراض العلمية فان الفقد الحراري يقدر بضرب أ٢ المستهلك (لتر) × ٤,٨ = الحرارة المنتجة Kcal باهمال كلا من ك أ٢ المفقود والنتروجين المفرز.

:Synthesis

من الممكن أن يؤثر الإنسان والحيوان على التكوين الصافي للمواد الجديدة فالحيوان يكون دهن الجسم من الكربوهيدرات الموجودة في الغذاء وأيضًا تكوين البالمتيك من الجلوكوز حيث تتكون الأحماض الدهنية تدريجيًا من 2 carbon fragments (acetyl COA) ومن المعروف أن جزئ واحد من الجلوكوز ينتج 2 – carbon fragments

$$8\ C_6H_{12}O_6 + 25\ O_2 \text{ ---- } CH_3(CH_2)_{14}COOH + 32\ CO_2 + 32\ H_2O$$

وحرارة هذا التفاعل $- \Delta H = 2986$ Kcal واذا استخدمت المعادلة 25.91 Kcal/mole CO_2 + 86.25 Kcal/mole O_2 فإن الحرارة المحسوبة بهذين العاملين تكون 2986 Kcal وهي نفس القيمة السابقة بالضبط.

$25.91 \times 32 + 86.25 \times 25 = 2982.37$.

وقد استخدمت عدة تجارب لإيجاد قياس مباشر للحرارة مثل التبادل الغازي في المحتويات التي تكون دهن والعامل المستخدم لـ ك أ٢.

1.1 and 1.3 Kcal/Litre Co_2 produced in different experiments

وواضح إنه باستخدم الثوابت في تكوين الدهن فسوف تختلف حسب تركيب الأحماض الامنية والاهم من ذلك تكوين المركبات المعقدة مثل الستيرولات والبورفويرين.

ك أ٢ الناتج

ويجب معرفة أن نسبة: ــــــــ = النسبة التنفسية (R.Q)

أ٢ المستهلك

وتستخدم للعمليات التمثيلية في الجسم

وبالنسبة إلى الهدم والاكسدة الكاملة في حالة المركبات المحتوية كربون وايدروجين واكسجين فيستخدم الأكسجين المستهلك و ك أ٢ الناتج في الاكسدة الجزئية للأحماض الأمينية وتكون حرارة التفاعل Overstimated بمقدار ٤% بالنسبة لحمض الالانين، ٦% لحمض الجلوتاميك والقيم الاخرى ٦% للجليسين، ٧% حمض الليوسين والايزوليوسين، وهذه النسب تعتبر اخطاء والتصحيح ممكن على أساس المحتوى النتروجينى وفي حالة اكسدة الحمض الاميني فإن الفروق بين الحرارة المحسوبة والحرارة المقدرة 0.828 Kcal/gm nitrogen

وبالتالى فإن حرارة أكسدة الحمض الاميني في الجسم إلى ك أ٢ + يد٢ أ + يوريا ممكن حسابها من المعادلة الآتية:

Heat = 25.91 x moles+ 86.25 x moles -0.828 gm N

Produced CO_2 prod. O_2 Consumed exerted as urea

وبذلك تصبح المعادلة العامة:

Heat produced= aO_2 consumed (liters)+ bCO_2 produced (liters) –

cN excreted in Urine(g)- dCH4 product (litres)

والنسبة التنفسية R.Q اذا كانت 0.7 فهي تعني اكسدة الدهن بمفردة، اذا كانت

١٠٥ فهي اكسدة للكربوهيدرات واذا كانت اكبر من ١٠٥ فهي تعني تكوين الدهن من الكربوهيدرات، واذا استخدم الجلوكوز كبداية لتكوين الدهن فان R.Q لا يمكن أن تزيد اكثر من ١,٣.

وقد وجد أن القيمة إذا كانت زيادة عن ١,٤ فهي وجدت في حالة تغذية marmots على غذاء به كميات كبيرة من الكربوهيدرات قبل البيات الشتوى winter hibernation، وفي حالة الاوز عند تزغيطة بالكربوهيدرات لإنتاج الكبد الدهنى Culinary base of pate de foie gras. حيث Fatty livers والمعلومات بسيطة في حالة الميتابوليزم عند هذه الدرجة العالية من R.Q. والقيم العالية لا يمكن تفسيرها في حالة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتكونة أو الطويلة السلسلة، ولكن من الممكن تفسيرها إذا كان تكوين الدهن من الكربوهيدرات في أدنى درجة في الجسم كله.

:Computation of heat from body retentions

إذا كانت حرارة احتراق العناصر الغذائية الممتصه بواسطة الحيوان معروفة وحرارة احتراق مكونات الجسم المخزنه أو المفقودة ممكن تقديرها فتكون الفروق في تقدير حرارة التفاعل الكلية بها اختلاف بسيط، فهذه التقديرات غير المباشرة للطاقة الناتجة تسمى ميزان الازوت والكربون، وممكن استخدامها لتقدير قيم الطاقة الحرارية للمواد المخزنه أو المفقودة من الجسم.

تعتبر طريقة ميزان الكربون والازوت واحدة من اقدم الطرق غير المباشرة وقد استطاع Maximilion II of Bavaria and Pettenkfer and Voit تصميم أول جهاز سنة ١٨٦٦ لتقدير ميزان الازوت والكربون على الانسان، وفي نفس الوقت قدم Grouven جهاز مماثل للحيوانات المزرعية حيث قدر الموازين الكلية للكربون والنتروجين والهيدروجين والأكسجين، وأساس الطريقة هو افتراض أن المواد الموجودة في الجسم تتركب اما من دهن أو بروتين، وان البروتين المخزن ممكن تقديره من

النتروجين المحتجز واذا كان جزء من الكربون الكلى المخزن يخزن على صورة بروتين فيتم طرحه والباقى يمثل الكربون المخزن على صورة دهن.

وهذا الافتراض ليس حقيقى ولكنة تقريبى، المواد المحتجزة في الجسم لا تتركب من جلسريدات ثلاثية وبروتين في تركيبة ثابتة ولكن تتكون مركبات كثيرة معقده منها الجليكوجين والاستيرولات والأحماض النووية، phospholipins معا مع عديد من الجلسريدات الثلاثيه وبروتينات وهذا النظام المعقد لمود تحتوي نيروجين أو خاليه من النتروجين، وقد توجد عوامل مشابهة تستخدم لتقدير الحرارة أوالطاقة من التبادل الغازى ولكن مع ملاحظة انه لا يمكن الوصول إلى الدقة المطلقة، والقيمة المستخدمة لتقدير الطاقة المخزنة أو المحتجزة من الكربون والنيتروجين المحتجز فهي عادة مبنية على أساس تحليل العضلات والدهون المخزنة، وقد أُجريت عدة تجارب تحاليل بواسطة Franke and Weniger (1958) واثبتت وجود اختلافات بسيطة جدًا للغاية في تركيب Fat-free muscle من نوع لآخر مثال:

heat of combustion, Kcal/g	C %	N %	
5.554	51.08	16	Dried cattle muscle
5.527	50.9	15.03	Dried Horse muscle

ومع ذلك فإن اختلاف تركيب الدهن يكون في مدى واسع ويعتمد على مصادره الأصليه its origin وقد وجد Cuthbertson أن حرارة احتراق دهن جسم الانسان تختلف من ٨,٨٨ إلى ٩,٥٢ كيلو كالورى/جم طبقًا لمصادرة، ومحتوى الكربون في الدهن تختلف قليلًا عن ٧٦,٥%.

وعند استخدام Factors على أساس تركيب العضلات والدهن المخزن لحساب حرارة الاحتراق الانسجة المختلفة فالقيم المحسوبة المتحصل عليها ممكن اختلافها كثيرًا من القيم المقدرة ولهذا السبب فإن Rook and I قد اتخذ المجال الاحصائى حيث حرارة الاحتراق لمختلف الانسجة لها علاقة بمحتواها من الكربون والنتروجين والمعادلة الآتية تنص على ذلك:

$$\underset{\text{Retained}}{\text{Kcal energy}} = 12.55 \times \underset{\text{retained}}{gC} - 6.90 \times \underset{\text{retained}}{gN}$$

وهذ المعادلة الأقرب منطقيًا لتقدير energy retention والـ Factors المستخدمة لا تختلف كثيرًا عن المتحصل عليها من Purified fat and fat extracted muscle، والخطأ في تطبيق هذه المعادلة لا يتعدى ١% فيما عدا في حالة تغير محتوى الجليوجين في الجسم بسرعة.

:Comparision of the direct and indirect methods

اتضح بدرجة كافية أن التقدير غير المباشر للإنتاج الحراري في الحيوان غير مضبوطه وليس ادق طريقة حيث انها تهمل الترتيب أو الشكل الجزئى (ترتيب الجزيئات) وتختص بطاقتها في صورة تركيبها العنصرى والاخطاء عمومًا صغيرة وفي حالة مخاليط الأغذية الغريبة فان الطرق غير المباشر تعطى قيم تماثل تقريبًا القيم المقدرة بالطرق المباشرة ولاثبات ذلك تجرى تجارب تستخدم الطريقتيين في نفس الوقت، ويجب توضيح أن كلًا التقدير المباشر للحرارة وتقدير كميات CO_2 الناتج، O_2 المستهلك تخضع للخطأ التجريبى لتقدير الخطأ التجريبى، وقد وجد في كثير من الابحاث على الحيوانات الكبيرة أن الفرق لا يتعدى $\pm1\%$:% ±0.5 وهذا مفيد عملياً.

وأول مقارنة تاريخية أُجريت كانت بواسطة Rubber (1894) وكانت discrepancy% بين الطريقة المباشرة وغير المباشرة (المقدرة عن طريق ميتابوليزم الكربون والازوت) تنحصر بين:

جدول رقم (٥٥):

Food given	Kcal heat measured	Est. From metabolic	% discrepancy
Fasting	1305	1296	-.0.7
Fasting	1091	1057	- 3.1
Fat diet	1498	1510	+0.8
Meat and fat diet	3958	3985	+0.7
Meat diet	4769	4781	+0.3

وقد استخدمت هذه التجارب القانون الأول Thermodyanmcis على الكائنات الحية وقد ذكر Benedict and Lee بأنه لا ينصح باستخدام أي طرق مباشرة حيث أن تقدير الانتاج الحراري بواسطة الطرق غير المباشرة indirect calorimetry تكون دقيقة بدرجة كافية لكل اغراض البحث العملى. بينما اكدت تجارب Armsby and fries أن الطريقتين تعطى نفس النتائج بالنسبة للماشية، وقد أُجريت تجارب مقارنة بين طريقتين غير مباشرة وهي تقدير الانتاج الحراري عن طريق التبادل الغازى (ك أ٢) المنتج، (أ٢ المستهلك) وعن طريق ميزان الازوت والكربون وقد وجد توافق بينهما.

النسبة التنفسية:Respiratory quiont (R.Q)

هي النسبة بين حجم CO_2 الناتج اثناء التنفس إلى حجم O_2 المستهلك.

$$\text{R.Q النسبة التنفسية} = \frac{\text{حجم ك أ٢ الناتج اثناء التنفس}}{\text{حجم أ٢ المستهلك}}$$

بالنسبة للكربوهيدرات: ويمثلها

الوحدة جلوكوز×جلوكوز $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ ------- $6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{Heat}$

$$R.Q = \frac{6\ CO_2}{6\ O_2} = \frac{6 \times 22.4\ \text{Litre}}{6 \times 22.4\ \text{Litre}} = 1$$

بالنسبة للدهون:

$$CH_2\ (C_{17}H_{33})_3\ CooH\ +80\ O_2\ ----57\ CO_2 + 52\ H_2O\ +\ Heat$$

يمثلها الوحدة الكوليسترول ثلاثى الأوليك

$$R.Q. = \frac{57CO_2}{80\ O_2} = 0.712$$

المتوسط = ٠,٧

بالنسبة للبروتين:

$$Albumin\ +\ 77\ \ O_2\ \ ------ +\ \ 63\ \ CO_2\ \ + ______$$

ويمثلها الوحدة الألبيومين.

$$R.Q. = \frac{63\ CO_2}{77\ O_2} = 0.818$$

ملحوظة: حساب النسبة التنفسية لاكسدة البروتين الحيوانى في الجسم لا يستند على أساس اكيد لأن تأكسد البروتين في الجسم ليس كاملًا والجزء الاميني يتحول إلى يوريا ويخرج مع البول وعمومًا يعتبر متوسط النسبة البروتين = ٠,٨.

حالات خاصة:

النسبة التنفسية اثناء تنفس الحيوان في مدة معينة تعطى فكرة تقريبية عن نوع المواد الغذائية المؤكدة فاذا كانت قريبة من الوحدة تدل على حالة تأكسد الكربوهيدرات وإذا قاربت ٠,٧ يكون غالبية المواد المؤكسده من الدهون.

في حالة التسمين الشديد على الكربوهيدرات يتكون دهون (فقيرة في أ٢) من الكربوهيدرات (غنية في أ٢) ويتبع ذلك خروج الأكسجين الذى يستخدم في حرق الأغذية الأخرى، وبقليل من استخدام الأكسجين الداخل في التنفس وفي هذه الحالة

تزيد النسبة التنفسية عن الوحدة.

تكون النسبة اقل من ٠,٧ عندما تكون كربوهيدرات من الدهون وذلك عند صيام الضفادع في البيات الشتوي.

تم عمل جداول Zunts and Shomberg لكل نسب النسبة التنفسية من ٠,٧ حتى الوحدة لخليط من الكربوهيدرات والدهون فقط وما يقابل كل لتر اكسجين استخدم في اكسدتها من الحرارة المنطلقة، وهذا الجدول يبين مقدار مايؤكسدة لتر أ٢ من المركبات المختلفة ومقدار الطاقة المنطلقة:

في جدول رقم (٥٦):

المركب	المادة المؤكسدة (جم)	ك أ٢ الناتج (لتر)	الحرارة الناتجة (كيلو كالورى/ لتر من الأكسجين)
كربوهيدرات	١,٢	١	٤,٤٦
بروتين	١,٠	٠,٨	٥,٠٤
دهن	٠,٥	٠,٧	٩,٥

أمثلة:

المثال الأول:

اذا علم أن متوسط الازوت البولى لحيوان ٠,٣٣ جم في الساعة ومتوسط أ٢ المستهلك ١٣,٧٥ لتر، ك أ٢ الناتج ١١,٥٥ لتر، احسب من ذلك كمية البروتين والكربوهيدرات والدهون المؤكسدة وكذلك كمية الحرارة المنطقة لهذ١ الحيوان في مدة ساعة.

الحل:

كمية البروتين المستهلك =٠,٣٣ × ٦ = ١,٩٨ جرام.

كمية الأكسجين المؤكسد للبروتين = ١,٩٨ × ١ = ١,٩٨ لتر.

كمية ك أ٢ المؤكسد للبروتين = ١,٩٨ ×٠,٨ = ١,٥٨ لتر.

كمية أ٢ اللازم لاكسدة المواد غير الأزوتية = ١٣,٧٥– ١,٩٨= ١١,٧٧ لتر.

كمية ك أ٢ الناتج من الاكسدة = ١١,٥٥ – ١,٥٨ = ٩,٩٧ لتر.

بفرض أن حجم أ٢ اللازم لاكسدة الكربوهيدرات = س لتر.

بفرض أن حجم ك أ٢ الناتج من اكسدة الكربوهيدرات = س لتر.

حجم أ٢ المتبقى لاكسدة الدهون = (١١,٧٧ – س) لتر.

حجم ك أ٢ الناتج من اكسدة الدهون = (٩,٩٧ – س) لتر.

$$\text{النسبة التنفسية للدهون} = \frac{٩,٩٧ - س}{١١,٧٧ - س} = ٠,٧$$

س = ٥٠,٨٠ لتر.

حجم أ٢ اللازم لاكسدة الكربوهيدرات = ٥,٨ لتر.

حجم أ٢ اللازم لاكسدة الدهـون = ١١,٧٧ – ٥,٨ = ٥,٩٧ لتر.

كمية الكربوهيدرات المؤكسدة = ٥,٨ × ١,٢ = ٦,٩٦ جم.

كمية الدهن المؤكسد = ٥,٩٧ ×٠,٥ = ٢,٩٨٥ جم.

كمية اللحرارة المنطلقة= ١,٩٨×٥,٠٤+٥,٨×٤,٤٦+٥,٩٧×٩,٥=٦٦,٢ كيلو كالورى.

المثال الثانى:

حيوان وزنه ١٢,٣ كجم، متوسط الازوت البولى المفرز في الساعة =٠,٣٧ جم/ ساعة، ومتوسط أ٢ المستهلك في الساعة = ٦,١٥ جم أو ٤,٣١ لتر، ك أ٢ الناتج = ٥,٥ جم أو ٣,٨٢ لتر احسب الحرارة الكلية المنطقلة لهذا الحيوان في الساعة.

الحل:

معروف أن ١ جم أزوت مفرز في البول ينتج عنه ٤,٧٥ لتر ك أ٢.

مستهلك ٥,٩٤ لتر أ٢.

وينطلق ٢٦,٥١ كالورى. (Y)

فيكون الناتج من تمثيل النتروجين (٠,٣٧جم / ساعة) في هذه التجربة كالآتى:

ك $أ_2$ الناتج = ٠,٣٧ × ٤,٧٥ =٠,١٨ لتر.

$أ_2$ المستهلك =٠,٣٧ × ٥,٩٤ = ٠,٢٢ لتر.

كالـورى =٠,٣٧ × ٢٦,٥١ =٠,٩٨ كالورى. (Y)

الناتج من تمثيل الكربوهيدرات والدهون:

ك $أ_2$ الناتج = ٣,٨٢ - ٠,١٨ = ٣,٦٤ لتر.

$أ_2$ المستهلك = ٤,٣١ - ٠,٢٢ = ٤,٠٩ لتر.

$$R.Q \text{ للمخلوط} = \frac{٣,٦٤}{٤,٠٩} = ٠,٩$$

ولحساب الحرارة الكلية المنطقلة لكل لتر أكسجين مستهلك تستخدم المعادلة التالية:

الحرارة المنطلقة لكل لتر اكسجين مستهلك =

$$Cal / O_2 \text{ consumed (L.)} = 4.686 + 1.232 \ (R.Q - 0.707)$$

$$Cal / O_2 \text{ consumed (L.)} = 4.686 + 1.232 \ (0.9 - 0.707) = 4.924$$

(×) عدد كالورى الناتج من حرق ٤,٠٩ لتر أ٢ = ٤,٠٩ × ٤,٩٢٤ = ٢٠,٠٩ كالورى.

الحرارة الكلية = (×) + (Y).

٢٠,٠٩ + ٠,٩٨ = ٢١,٠٨

حل آخر:

$$R.Q = \frac{٣,٨٢}{٤,٣١} = ٠,٨٨٦$$

$$E.E \text{ of 1 L. of } O_2 = 4.686 + 1.232 \ (0.886 - 0.707) = 4.91$$

الحرارة الكلية = ٤,٩١ × ٤,٣١ = ٢١, ١٢ كالورى.

المثال الثالث:

احسب الطاقة الحرارية (المجهود الصافي على صورة حرارة) من ميزان الأزوت والكربون التالي:

	ميزان الازوت	ميزان الكربون
الدخل في الغذاء جم	١٩٠	٥٥٩٦,٥
الخرج في الروث	١٠٠	١٦٠٠
في البول جم	٨٠	٢٠٠
في التنفس جم	–	٣٠٠٠
الميزان جم	+ ١٠	٧٩٦,٥

ميزان الازوت الموجب يدل على تكوين لحجم جاف خال من الرماد والدهن = ٦ × ١٠ = ٦٠ جم

يحتوى البورتين على ٥٢, ٥ % ك فتكون كمية كربون البروتين

$$= \frac{٦٠ \times ٥٢,٥}{١٠٠} = ٣١,٥ \text{جم}$$

(ميزان الكربون = محتوى البروتين والدهون والكربوهيدرات من الكربون، ويهمل كربون الكربوهيدرات لقلته حيث لا يتعدى ١% في الجسم).

ميزان كربون الدهن = ٧٩٦,٥ – ٣١, ٥ = ٧٦٥ جم.

الدهن الجاف الخإلى من الرماد يحتوى على ٧٦,٥% ك

$$\text{كمية الدهن المتكون في الميزان} = \frac{٧٦٥ \times ١٠٠}{٧٦٥} = ١٠٠٠$$

جم

في هذا المثال ميزان الازوت والكربون موجبين فتكون بروتين ودهن وفي حالات اخرى قد يكون ميزان الازوت سالب وميزان الكربون الكلى موجب فلو كان ميزان الازوت اليومى – ١٠جم ازوت والكربون الكلى ٥ ,٧٣٣ جم.

٥٢,٥ × ٦ × ١٠

فان ميزان كربون الدهن = ٥ ,٧٣٣ + ―――――― = ١٠٠٠٠

٧٦٥ جم

ويكون الدهن المتكون = ١٠٠٠ جم.

وهذا يحدث إذا كان بروتين الغذاء لا يسد احتياج الحيوان من البروتين اللازم وكان الغذاء يحتوى كمية عالية من المركبات غير الازوتية، وبين الميزان أن الحيوان يفقد بروتينًا وفي الوقت نفسه قد يزداد وزنة لزيادة تكون الدهن به.

وهذا غير مرغوب فيه، وفي نفس التغذية العادية يكون الازوت موجب أو محايد على الاقل، وقد يكون ميزانى الازوت والكربون سالبين عند صيام الحيوان ويدل ذلك على هدم البروتين والدهن أيضًا.

كل ١ جم بروتين يكون ٥,٧ كيلو كالورى وان كل جم دهن ينتج ٩,٥ كيلو كالورى عند الاحتراق.

فيكون الطاقة الحرارية (المجهود الصافي على صورة حرارة) =

٦٠ × ٥,٧+ ١٠٠٠ × ٩,٥ = ٩٨٤٢ كيلو كالورى.

وبالنسبة للطاقة الحرارية يمكن حسابها من معادلتي ابورية – أسامة الحسينى أو معادلة بلاكستر:

كان ميزان الازوت موجب $E = 12.42\ C - 4.92\ N$

اذا كان ميزان الازوت سالب $E = 12.42\ C - 39.12\ N$

معادلة بلاكستر Blaxter $E = 12.55\ C - 6.9\ N$

مقاييس الأغذية

مقدمة:

تقيم مادة العلف من خلال ما تحتويه من البروتين والطاقة. ورغم ذلك هناك مواد علف تقيم غذائيا من خلال محتواها من المادة المعدنية أو بعض المثبطات الغذائية Anti-nutritional Factors والغرض من تقييم الأغذية أم مواد العلف هو إيجاد وسيلة لمقارنة فعل هذه الأغذية على الحيوان وتاثيرها على الانتاج.

بعض الطرق المتبعة لتقيم مواد العلف طبقًا لمحتواها من المركبات الغذائية أو محتواها من المادة العضوية:

أولًا: مقياس معادل النشا (مقياس كلنر)

Kellner:Starch Value (Starch Equivalent)

تعريفه:

هو عبارة عن عدد كيلو جرامات النشا التي تنتج دهنا في احيوان التام النمو مساوية لما ينتجه ١٠٠ كيلو جرام من مادة العلف المراد تقييمها.

وتعتمد نظرية كلنر على الأساس العلمي التي الذي يفرق بين فعل الغذاء عند حفظ الحياة وفعل الغذاء عند الانتاج على اعتبار أن:

أي غذاءين متساويين في القيمة الغذائية إذا أنتجا كميات متساوية من الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية اللازمة لحفظ حياة الحيوان. مع وجود النهاية الصغري للبروتين اللازم لحفظ الحياة.

أي غذائين متساويين في القيمة الغذائية إذا أنتجا كميات متساوية من الدهن في جسم الحيوان التام النمو.

وقد قام Kellner باستخدام حيوانات (ثيران) تامة النمو أعطيت في البداية غذاء حافظ للحياة معلوم محتواه من الطاقة الفسيولوجية النافعة، ثم يضاف المادة الغذائية المطلوب تقييمها وفي هذه الحالة يتكون دهن بجسم الحيوان يمكن تقديره

من ميزاني النتروجين والكربون.

ملحوظات:

أولًا: كل كيلو جرام نشأ مهضوم حرارته ٤١٨٥ ك. كالوري ينتج عنه طاقة فسيولوجية نافعة قدرهي ٣٧٦١ ك. كالوري يدخل منها فيتكوين دهن ٢٣٦٠ ك. كالوري أي حوالي ٢٤٨ جم دهن، أي أن معامل الاستفادة من الطاقة الفسيولوجية النافعة (٣٧٦١ ك, كالوري) على صورة دهن

(٢٣٦٠ك.كالوري)

$$\frac{٢٣٦٠}{٣٧٦١} = ٠,٦٣$$ ويسمى هذا بمعدل الاستفادة

إذا أخذنا كمية الدهن المتكونة من كيلو جرام نشا مهضوم (٢٤٨جرام) كوحدة لتقارن بها كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام بروتين مهضوم، كيلو جرام دهن مهضوم نجد الآتي:

أ- كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام بروتين مهضوم = ٢٣٥ جرام، مقارنة بالنشا المهضوم:

$$\frac{٢٣٥}{٢٤٨} = ٠,٩٤$$ كجم نشا مهضوم

ب- كذلك كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام دهن مهضوم نجدها تختلف تبعًا لمادة العلف التي تحتوي على هذا الدهن المهضوم:

الأعلاف الخشنة مثل الدريس والألبان = ٤٧٤ جرام

$$\frac{٤٧٤}{٢٤٨} = ١,٩٤$$ كجم نشا مهضوم

إذن مقارنة بالنشا المهضوم:

الحبوب مثل القمح والذرة والشعير = ٥٢٦ جرام

$$\frac{٥٢٦}{٢٤٨} = \text{٢,١٢ كجم نشا مهضوم}$$

إذن مقارنة بالنشا المهضوم:

لبذور الزيتية مثل بذور السمسم وبذور عباد الشمس – ٥٩٨ جرام

$$\frac{٥٩٨}{٢٤٨} = \text{٢,٤١ كجم نشا مهضوم}$$

إذن مقارنة بالنشا المهضوم:

ثانيًا:القيمة النشوية لمواد العلف الخشنة والمركزة:

من المعروف أن كمية الدهن التي تتكون داخل جسم الحيوان عند التغذية على مادة علف معروف محتواها من المركبات الغذائية المهضومة تختلف (تقل) عن كمية الدهن المتكونة حسابيًا على أساس محتوي مادة العلف من المركبات الغذائية كما لو كانت مركبات نقية. وهذا هو الأساس في المقارنة بين القيم النشوية لمواد العلف الخشنة ومواد العلف المركزة كما يلي:

في مواد العلف المركزة مثل الأكساب وجد أن هذا الفرق في الدهن المتكون يصل الي حوالي ٢% فقط.

في مواد العلف الخشنة مثل الأتيان والدريس وجد أن هذا الفرق قد يصل إلي أكثر من ٣٠% .

وقد علل kellner هذا الفرق الكبير نتيجة للطاقة التي يبذلها الحيوان في قضم وهضم الألياف في مواد العلف الخشنة وحملها في القناة الهضمية، وهذه الطاقة

المفقودة تخصم من الطاقة الفسيولوجية النافعة الظاهرية ليتبقي جزء الطاقة الفسيولوجية النافعة المستخدم في تكوين الدهن بالجسم.

ملحوظات:

كل كيلو جرام ألياف في مواد العلف الخشنة ينتج عنه فقد في الطاقة قدره ١٣٦٠ ك. كالوري وهذا يعادل ١٤٣ جرام دهن وعند مقارنتها بكمية الدهن المتكونه من كيلو جرام من النشا المهضوم نجدها تساوي: ٢٤٨/١٤٣ أي =٠,٥٨ كيلو جرام نشا مهضوم.

بتنعيم الألياف الخشنة وصل الفقد في الطاقة الي حوالي ٧٠٠ ك. كالوري وهو ما يعادل ٧٥ جرام دهن. وعند مقارنة هذه الكمية من الدهن بتلك التي تتكون من كيلو جرام نشا مهضوم نجدها تساوي: ٢٤٨/٧٥ أي =٠,٣ كيلو جرام نشا مهضوم.

وقد سمي مقياس النشا قبل خصم الطاقة المفقودة في قضم وهضم الألياف بمعادل النشا الإسمي أو الظاهري Apparent Starch Value وبعد خصم مجهود الألياف سمي معادل أو مقياس النشا الحقيقي True Starch Value.

وهناك ارتباط قوي بين معادل النشا الإسمي والحقيقي سماء Kellner معامل الغذاء المفيد ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$\text{معامل الغذاء} = \frac{\text{معادل النشا الحقيقي}}{\text{معادل النشا الإسمي}} = ١,٩١$$

نظرية النشار لكلنر Kellner:

تعتبر نظرية النشا لكلنر صحيحة عند تطبيقها في حيوانات التسمين (التامة النمو) أما في حيوانات اللبن أو المنتجة للبن نجد أن بروتين الغذاء له قيمة أعلي عند تكوين اللبن لأن الجزء الأميني من البروتين لن يتأكسد ويخرج في البول لذلك أجري Nils Hanson تعديلا لنظرية النشا لكلنر Kellner بأن اعطي للبروتين

المهضوم قيمة نشوية لإنتاج اللبن تعادل١,٥ مرة قدر قيمته لإنتاج الدهن وهي ٠,٩٤ أي تصبح قيمة كيلو جرام بروتين لإنتاج اللبن = ٠,٩٤ × ١,٥ = ١,٤٣ كجم نشا مهضوم.

فمثلًا إذا كانت القيمة النشوية تبعًا لكلنر Kellner = ٧٥% وكان محتوى الغذاء من البروتين المهضوم ٢٠% بالتالي يمكن تبعًا لتعديل Nils Hanson حساب قيمة الغذاء عند انتاج اللبن = ٧٥ + (٢٠×١/٢)= ٨٥% ويطلق عليها في هذه الحالة القيمة اللبنية للغذاء.

نظرية النشا لكلنر أهملت ما يحتوية الغذاء من المركبات النيتروجينية غير البروتينية (NPNNon- Protein Nitrogen)، وهذه المركبات لها قيمة غذائية خاصة في المجترات التي يمكنها الاستفادة منها عن طريق بكتريا وبروتوزوا الكرش وتحولها إلي بروتين حقيقي يستفيد به الحيوان العائل وعلي ذلك تزيد القيمه النشوية للغذاء.

أفترض Kellner أن كيلو جرام النشا المهضوم ينتج عنه مقدار ثابت من الدهن داخل الجسم هو ٢٤٨ جرام. ولكن ثبت أن هذه الكمية من الدهن تختلف تبعا لنوع الحيوان، التام النمو كذلك تختلف قدرة الكيلو جرام من البروتين المهضوم وكذلك الكيلو جرام من الدهن المهضوم على انتاج دهن بالجسم تبعا لنوع الحيوان التام النمو.

افترض Kellner أن معامل الاستفادة من الطاقة الفسيولوجية النافعة (٣٧٦١ ك. كالوري) على صورة دهن (٢٣٦٠ ك. كالوري) =٠,٦٣ وأن معامل الاستفادة يظل ثابتًا لكل كجم نشا مهضوم، ولكن اتضح أن هذه القيم غير الثابته بل تختلف تبعًا لمستوى التغذية كما يلي:

عند التغذية تحت مستوى حفظ الحياة (صيام) يزيد معامل الاستفادة= ٩٥%.

عند التغذية عند مستوى حفظ الحياة، يبدأ معامل الاستفادة في الانخفاض

ليصل الي ٦٧% أو ٦٣%.

عند التسمين:يستمر معامل الاستفادة في الانخفاض ليصل الي ٥٤%. وهكذا.....

في التغذية العملية لا تترك الحيوانات لتصل إلي حالة الجوع الشديد ولا تصل أيضًا إلي حالة التسمين الشديد، لذلك يمكن اعتبار معامل الاستفادة الذي قدره Kellner وبني عليه نظريته (٠,٦٣) صحيحا عمليا رغم أن التفسير الفسيولوجي يؤكد انخفاضه بزيادة مستوي التغذية.

جدول رقم (٥٧): مثال لحساب معادل النشا الدريس كما في علف خشنة

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % (أ)	معامل الهضم % (ب)	مركبات مهضومة % (أ×ب=ج) ١٠٠	رقم التحويل (د)	مركبات مهضومة % كليه ج × د	معادل النشا لكل وحدة مهضومة (رقم كلنر) (هـ)	معامل النشا الإسمي % (ج × هـ)
بروتين	١٧	٧٠	١١,٩	١	١١,٩	٠,٩٤	١١,١٨٦
دهن	٣	٧٠	٢,١	٢,٢٥	٤,٧٢٥	١,٩١ (دريس)	٤,٠١١
الياف	٢٠	٣٥	٧,٠	١	٧,٠٠٠	١	٧,٠٠٠
كربوهيدرات	٤٥	٦٠	٢٧,٠	١	٢٧,٠٠	١	٢٧,٠٠
					٥٠,٦٢٥		٤٩,١٩٧

TDN (مجموع المركبات المهضومة الكلية) للدريس= ٥٠,٦٢٥ %

S.V (معادل النشا الإسمي) للدريس = ٤٩,١٩٧%

ولحساب معادل النشا الحقيقي يحسب أولا مجهود أو خصم الألياف كما يلي:

الطاقة أو المجهود اللازم لهضم الألياف - % للألياف في التحليل الكيماوي ×٠,٥٨ = ٢٠ × ٠,٥٨ =١١,٦٠ كجم نشا.

معادل النشا الحقيقي= معادل النشا الإسمي – خصم الألياف

٤٩,١٩٧ – ١١,٦٠٠ = ٣٧,٥٩٧%

معامل النشاء الحقيقى= $\frac{\text{معادل النشا الحقيقي}}{\text{معادل النشا الإسمي}}$ × ١٠٠

إذن معامل الغذاء المفيد= $\frac{٣٧,٥٩٧}{٤٩,١٩٧}$ × ١٠٠

= ٧٦,٤٢%

كذلك يمكن حساب القيمة اللبنية للدريس = معادل النشا الاسمي+١/٢ البروتين المهضوم

= ٤٩,١٩٧ + (١/٢×١١,٩)

= ٤٩,١٩٧ + ٥,٩٥٠

= ٥٥,١٤٧%

ويلاحظ من النتائج السابقة تساوي مجموع المركبات المهضومة الكلية TDN تقريبا مع معادل النشا الاسمي لذلك نجد أن البعض يلجأ الي تقدير معادل النشا الحقيقي من الـ TDN بخصم مجهود هضم الألياف منه مباشرة. وفي هذه الحالة تصبح النتائج كما يلي:

هضم الألياف = ١١,٦٠ كجم نشا TDN = ٥٠,٦٢٥

عامل الغذاء المفيد (تقريبا)– ٥٠,٦٢٥ – ١١,٦٠ = ٣٩,٠٢٥% وهو إلي حد بعيد قريب من قيمة معادل النشا الحقيقي المحسوب بالطريقة المطولة (٣٧,٥٩٧ %).

مثال لحساب الـ TDN ومعادل النشا لحبوب الشعير كمادة علف مركزة:

يجب مراعاة أن الألياف في حبوب الشعير تعتبر ألياف ناعمة وليست خشنة لذلك فإن الطاقة المفقودة لهضمها = ٠,٣ كجم نشا مهضوم لكل كيلو جرام من الألياف في الشعير.

جدول رقم (٥٨)

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % (أ)	معامل الهضم % (ب)	مركبات مهضومة % (أ×ب=ج) ١٠٠	رقم التحويل (د)	مركبات مهضومة كليه % (ج × د)	معادل النشا لكل وحدة مهضومة (رقم كلنر) (هـ)	معامل النشا الإسمي % (ج × هـ).
بروتين	١٤	٨٠	١١,٢	١	١١,٢	٠,٩٤	٠,٥٢٨
دهن	٢	٧٥	١,٥	٢,٢٥	٣,٣٧٥	٢,١٢ (شعير)	٣,١٨٠
الياف	٦	٥٠	٣,٠	١	٣,٠٠٠	١	٣,٠٠٠
كربوهيدرات	٦٥	٨٠	٥٢,٠	١	٥٢,٠	١	٢,٠٠
					٦٩,٥٧٥		٦٨,٧٠٨

TDN (مجمع المركبات المهضومة الكلية للشعير)= ٦٩,٥٧٥%

S.V (معادل النشا الأسمي) للشعير = ٦٨,٧٠٨%

الطاقة اللازمة لهضم الأألياف = ٦ × ٣,٠ =٨ , ١ كجم نشا

S.V (معادل النشا الحقيقي) = ٦٨,٧٠٨– ٨ , ١ = ٦٦,٩٠٨ %

$$\frac{٦٦,٩٠٨}{٦٨,٧٠٨} \times ١٠٠$$

معامل الغذاء المفيد = ٣٨ , ٩٧ %

القيمة اللبنية للشعير = معادل النشا الإسمي + ٢/١ البروتين المهضوم

=٦٨,٧٠٨ + ٢/١ ×٢ ,١١)

= ٧٤,٣٠٨ %

ثانيًا: مجموع المركبات المهضومة الكلية Total Digestible Nutrients : (TDN)

يقدر ما يسمى بالمواد المهضومة الكلية أو ما يطلق عليه Total Digestible

Substances وذلك بجمع البروتين المهضوم + الدهن المهضوم + الألياف المهضومة + الكربوهيدرات المهضومة وفي هذه الحالة نحصل على المادة العضوية المهضومة بإعتبار أن كل هذه المركبات الأربعة تتساوي في طاقتها الحرارية الفسيولوجية، والناتج في هذه الحالة يعبر بسرعة عن القيمة الغذائية لمادة العلف خاصة في مواد العلف الخشنة وأنواع التبن التي تنخفض بها نسبة الدهن والبروتين المهضوم. بعد ذلك رؤي تعديل هذا المقياس إلي ما يسمى بالمركبات المهضومة الكلية Total Digestible Nutrients وفيه تتخذ الكربوهيدرات المهضومة كوحدة ينسب اليها المهضوم من المركبات الغذائية الأخري. لذلك أعتبر أن وحدة الدهن المهضوم ٣,٢٥ وحدة كربوهيدرات مهضومة وذلك لأن الطاقة الموجودة في جرام دهن٢,٢٥ مرة لنفس الوزن من الكربوهيدرات. كما يفترض هذا المقياس تساوي وحدة البروتين المهضوم مع وحدة الكربوهيدرات المهضومة في ما يقابلها من الطاقة الفسيولوجية

كيفية تقدير مقياس الـ TDN

تجري تجربة هضم

تؤخذ عينات ممثلة من الغذاء المأكول والروث الجاف ويتم فيها تحليل المركبات الغذائية التي تمثل في مجموعها المادة العضوية (البروتين الخام . الدهن الخام . الألياف الخام . الكربوهيدرات الذاتية)

يتم حساب معامل هضم المركبات الغذائية.

من تحليل المركبات الغذائية الأربعة في الغذاء المأكول ومعاملات الهضم لها يمكن حساب مقياس مجموع المركبات المهضومة الكلية أو الـ TDN كما يلي (على الدريس مثلًا).

جدول رقم (٥٩):

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % (أ)	معامل الهضم % (ب)	مركبات مهضومة % (أ×ب=ج)	رقم التحويل (د)	مركبات مهضومة كلية TDN% (ج × د)
بروتين	١٧	٧٠	١١,٩	١	١١,٩
دهن	٣	٧٠	٢,١	٢,٢٥	٤,٧٢٥
الياف	٢٠	٣٥	٧,٠	١	٧,٠٠٠
كربوهيدرات	٤٢	٦٠	٢٧,٠	١	٢٧,٠٠

مجموع المركبات المهضومة الكلية (TDN ٥٠,٦٢٥ %)

ودائمًا يعبر عن مقياس المركبات المهضومة الكلية TDN كنسبة مئوية أو كعدد من كيلو جرامات المادة العضوية المهضومة الموجودة في كل ١٠٠ كيلو جرام مادة العلف المأكولة.

نقد مقياس الـ TDN:

اعتبار أن حرارة أو طاقة البروتين المهضوم . طاقة الكربوهيدرات المهضومة بينما في الحقيقة هي أكبر قليلا وبالضبط ١,٣٦ مرة حيث أن طاقة أو حرارة جرام بروتين مهضوم = ٥,٧١١ ك. كالوري بينما حرارة أو طاقة جرام من الكربوهيدرات المهضومة = ٤,١٨٣ ك. كالوري

وبالتالي فإن:

حرارة وحدة البروتين المهضوم بالنسبة لوحدة الكربوهيدرات المهضومة

$$= \frac{٥,٧١١}{٤,١٨٣} = ١,٣٦$$

مقياس الـ TDN لا يدخل في حسابه جزء الطاقة الذي يفقد في البول، جزء الطاقة الذي يبذل في هضم وطحن الغذاء، جزء الطاقة الذي يبذل في عملية الإجترار Work of Digestion جزء من الطاقة يسمي الطاقة الديناميكية النوعية Specifi Dynamic Action والذي يفقد دائما بعد فترة معينة من التغذية على غذاء به نسبة عالية من البروتين بسبب فترة الامتصاص العالية للأحماض الأمينية. وعلي ذلك تتجمع كل هذه الأخطاء عند حساب الطاقة المهضومة للغذاء عن طريق مجموع المركبات المهضومة الكلية TDN (الطاقة المهضومة Digestible TDN Energy – × ٤٢ تقريبا).

العلاقة بين SV , TDN:

كلاهما يعتبر مقياس لمحتوي المادة الغذائية من الطاقة ولكن يختلفان في التعبير عن هذه الطاقة. حيث أن مقياس مجموع المركبات المهضومة الكلية TDN يعبر عن محتوى مادة العلف من الطاقة المهضومة (DE Digestible Energy) حيث أن الـ TDN = DE × ٤٢ ك. كالوري تقريبًا، أما مقياس النشا S. V فيعبر عن محتوى مادة العلف من الطاقة الصافية أو ألـ Net Energy (علي صورة دهن متكون بالجسم).

وعند المقارنة بين مواد العلف الخشنة والمركزة على أساس هذه القيم المقدرة S.V , TDN نجد:

في المواد العلف الخشنة: يوجد فرق كبير حسابيًا بين قيمة الـ TDN. الـ S.V لأن خصم الألياف كبير.

في مواد العلف المركزة: تتقارب حسابيا قيم الـ S.V , TDN لأن خصم الألياف بسيط,.

ويوجه عام يمكن تحويل أي من هذه المقاييس إلي الأخر وهذا يختلف تبعًا لمادة العلف.

في مادة العلف المركزة

معادل النشا ٠,٩٥ TDN تقريبًا (لأن خصم الألياف قليل)

في مواد العلف المركزة: تتقارب حسابيًا قيم الـ TDN، الـ S.V لأن خصم الألياف بسيط.

وبوجه عام يمكن تحويل أي من هذه المقاييس إلي الآخر وهذا يختلف تبعا لمادة العلف.

في مادة العلف المركزة:

معادل النشا ٠,٩٥ TDN تقريبًا (لأن خصم الألياف قليل)

في مادة العلف الخشنة:

معادل النشا في الدريس ٠,٧٠ TDN تقريبًا.

معادل النشا في الأتبان والقش ٠,٤٧ TDN تقريبًا (لأن خصم الألياف كبير).

تحسين القيمة الغذائية لمواد العلف

تتحدد القيمة الغذائية لمادة العلف على ما تحتويه من مركبات غذائية في صورة يسهل على الحيوان هضمها والاستفادة منها. ونظرا لأن معظم مواد العلف التي يتم استخدامها في تغذية الحيوان تعتبر نواتج ثانوية من المزارع أو المصانع خاصة مصانع الأغذية مما يتطلب تدخلا لتعظيم الاستفادة منها وهو ما يسمي"بالمعاملات الغذائية لمواد العلف". وذلك لتحقيق واحد أو أكثر من الأهداف التالية:

أهداف المعاملات الغذائية لمواد العلف:

التخلص من بعض المواد والمركبات المثبطة أو السامة والتي تحد من كفاءة الاستفادة من الغذاء.

تغيير شكل وطبيعة مواد العلف لزيادة قدرة الحيوان على استهلاكها.

تحسين طعم ورائحة مواد العلف وبالتالي زيادة استساغتها.

تحليل جزئي للمركبات الغذائية المعقدة سواء كانت كربوهيدراتية أو بروتينية لتسهيل هضمها بواسطة انزيمات أو ميكروبات القناة الهضمية.

حماية المركبات الغذائية سريعة التحلل وذلك بتكوين معقد يتم تحلله ببطيء يتناسب مع احتياجات الحيوان.

إغناء مواد العلف ببعض المركبات الغذائية مما يزيد من قيمتها الغذائية مثل معاملة مواد العلف الخشنة بالأمونيا"تزيد نسبة النتروجين في مادة العلف.

حفظ مواد العلف أثناء تخزينها لفترات طويلة وحمايتها من العفن والنموات الفطرية مثل المعاملات الكيماوية أو البيولوجية .

تحسين ظروف الهضم الأنزيمي أو الميكروبي من حيث توفير الظروف التي تساعد على زيادة نشاط ميكروفلورا الكرش أو زيادة افراز العصارات الهاضمة.

– تسهيل عمليات تخزين وتداول مواد العلف.

والمعاملات الغذائية على مواد العلف تشمل:

- معاملات طبيعية Physical treatments
- معاملات ميكانيكية Mechanical treatments
- معاملات حرارية Thermal treatments
- معاملات كيماوية Chemical treatments
- معاملات بيولوجية Biological treatments
- معاملات اشعاعية Radiation treatments

أولًا: المعاملات الطبيعية Physical treatments:

التجفيف:

إرتفاع نسبة الرطوبة يحد من قدرة الحيوان على استهلاك مادة العلف بكميات كبيرة وأن ارتفاع نسبة الرطوبة يقلل من كمية المركبات الغذائية الهامة والتي يجب أن يتناولها الحيوان... هذا إلي جانب أن ارتفاع نسبة الرطوبة يساعد على سرعة فساد مواد العلف.

الترطيب:

هناك بعض المواد التي في حالة انخفاض نسبة الرطوبة بها يصعب على الحيوان تناوله لصعوبة مضغها... ويعتبر الترطيب أحد الطرق التي تساعد على رفع معدل استساغة مادة العلف والاستفادة منها. مثل ترطيب مواد العلف الناعمة لتجنب خروج غبار اثناء تناولها.

النقع:

هناك بعض المواد في حالة نقعها في الماء لفترات مختلفة يحدث تحلل مائي لبعض المركبات الغذائية بها مما يسهل من هضمها والاستفادة منها بعد ذلك.

ثانيا: المعاملات الميكانيكية Mechanical treatments:

التقطيع أو الفرم Chopping (لمواد العلف الخشنة):

نظرًا لما تتميز به مواد العلف الخشنة من كبر الحيز الذي تشغلة فإن التقطيع يتيح الفرصة لتخزينها وسهولة التعامل معها مما يساعد على تقليل الفاقد منها أثناء التداول وتغذية الحيوان عليها. كما أن التقطيع يقلل الوقت والمجهود الذي يبذله الحيوان في تناول ومضغ الغذاء وبالتالي زيادة كمية الاستهلاك وتحسين الاستفادة منه ويجب التفرقة بين التقطيع والفرم... حيث أن الفرم غير مرغوب فيه لأنه يقلل معدل الاستفادة من الغذاء نظرًا لسرعة مروره في القناة الهضمية.

الجرش أو الطحن Grinding (لمواد العلف المركزة):

يتم الجرش على الحبوب والمواد المركزة وهو أفضل من الطحن لأن الطحن يسبب صعوبة في تناولة بواسطة الحيوان لما يسببه الغبار الناتج منها أثناء التغذية من مضايقة للحيوان.

التحبيب Pelleting أو التكعيب Cubing:

وهي عملية تتم بعد الطحن لمواد العلف لتجنب الآثار السلبية لتغذية على المواد المطحونة، وهذه العملية تتم باستخدام معدات خاصة في وجود نسبة من الرطوبة أو بعض المواد المساعدة كالمولاس.

وتسمح هذه الطريقة بإضافة بعض الخامات الغذائية الأخري لإغناء مادة العلف الخشنة المطحونة. وقد أكدت العديد من الدراسات زيادة الاستفادة الغذائية نتيجة لتحبيب مواد العلف المطحونه.

ثالثًا:المعاملات الحرارية Thermal treatments وتنقسم إلى:

جدول رقم (٦٠):

أ- المعاملات الحرارية الرطبة (بالبخار) أو الطبخ Steam treatment	ب- المعاملات الحرارية الجافة (التحميص)
حيث تجمع هذه المعاملة بين تأثير الماء والحرارة على تكسير بعض الروابط الكيمائية وكذلك التخلص من بعض المركبات غير المرغوب فيها. وقد تكون هذه المعاملة مصاحبة لمعاملات أخري مثل المعاملات الكيمائية أو المعاملات تحت ضغط. كذلك فإن تأثير المعاملة بالبخار يتوقف على درجة الحرارة المستخدمة وطول فترة المعاملة ونوع مادة العلف المعاملة	هناك بعض مواد العلف التي يمكن أن تتأثر بالمعاملات الحرارية الجافة ويزيد معدل الاستفادة منها خاصة مواد العلف التي تحتوي على مركبات سامة يمكن تكسيرها والتخلص منها بالمعاملات الحرارية مثل المعاملات الحرارية لكسب القطن وكسب فول الصويا.

رابعًا: المعاملات الكيماوية Chemical treatments:

وفيها يتم استخدام المواد الكيماوية بطرق معينة لتحسين هضم المركبات الغذائية خاصة الألياف الخام وبالتالي رفع القيمه الغذائية لمواد العلف.. ومن أهم الكيماويات المستخدمة في هذا لامجال"القلويات"مثل إيروكسيد الصوديوم وإيدروكسيد الكالسيوم والأمونيا وهي الأكثر شيوعا في الاستخدام... كما يمكن استخدام بعض"الأحماض"مثل الأحماض العضوية أو المعدنية، كذلك يمكن استخدام بعض"المواد المؤكسدة"مثل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 .

ويرجع تأثير المعاملة الكيماوية على مواد العلف الخشنة إلي إذابة جزء من الروابط اللجنو سيليلوزية الصعبة وإضعاف جدر الخلايا، ونظرًا لعدم انتشار طريقة المعاملة بالأحماض والقلويات بسبب خطورتهما وصعوبة إجرائهما فسيتم الاقتصار على شرح المعاملة بالأمونيا بالتفصيل وهي الأكثر انتشارًا والأقل تكلفة وضررا. وأكثر مواد العلف الخشنة التي تعامل بالأمونيا هي قش الأرز، وتختلف طريقة

المعاملة تبعا لمصدر الأمونيا (أمونيا غازية . أمونيا سائلة . يوريا) كما يلي:

الأمونيا الغازية Anhydrous ammonia:

حيث أن تركيز الأمونيا بها ١٠٠% لذلك فإنها تستخدم بكميات صغيرة ، كما أنها تستطيع أن تتخلل إلى داخل مواد العلف حتي ولو كانت على صورة بالات مكبوسة.. إلا أنه يعاب عليها احتياجها إلى حاويات ضغط لتحويل الأمونيا إلي غاز.

الأمونيا السائلة Aqueous ammonia:

وهي أمونيا مذابة في المادة بتركيز ٢٥% ويفضل استخدامها مع المواد منخفضة الرطوبة حيث ترش على مادة العلف الخشنة وتغطي وبمرور الوقت تتحلل إلى امونيا غازية وتخترق مادة العلف وتتعامل معها.

اليوريا:

وهي موجودة في صورة صلبة بللورية يمكن استخدامها بعد اذابتها في الماء ثم ترش على مادة العلف وتغطي وتترك فترة من الوقت حيث تتحلل ويخرج غاز الأمونيا ليخترق مادة العلف. وينصح باستخدام اليوريا بتركيز ٢ – ٥% من المادة المعاملة.

وفيما يلي وصفا تفصيليا لطريقة معاملة القش بالأمونيا الغازية (طريقة الكومة Stack):

يجب أولا عمل كومة من بالات القش في مكان منعزل مع مراعاة الحجم القياسي للكومة وهو (٤,٦ م × ٤,٦م × ٢,١م) وهذه الكومة تحتوي على ٤ طن قش أرز (يمكن تقليل أو زيادة حجم الكومة حسب الأطوال) حيث ترص البالات بطريقة تسمح بوجود فراغات بينية وأن تكون متماسكة بحيث تكون على شكل هرمي.

تغطي الكومة بغطاء بلاستيك ويمكن الغلق بالأتربة من جوانب الكومة لمنع تسرب الغاز

تحقن الكومة بالأمونيا بمعدل ٣٠ – ٣٥ كجم غاز/طن قش وتترك فترة من

الوقت تتراوح من ٢ – ٤ اسابيع.

العوامل التي تؤثر على المعاملة بالأمونيا:

كمية الأمونيا:

المستوي الأمثل يتراوح بين ٣ – ٤% من كمية المادة المعاملة مع ملاحظة أن المستوي الأقل تأثيره محدود بينما المستوي الأعلي يمكن أن يسبب أضرار للحيوان.

درجة الحرارة:

بعد حقن الأمونيا ترتفع درجة حرارة الكومة لتصل الي ٤٠ – ٦٠م ثم تنخفض درجة الحرارة بعد ذلك، وقد لوحظ أن ارتفاع درجة الحرارة داخل الكومة يساعد على إحداث التغيرات المطلوبة لذلك فإن درجة حرارة الجو المحيط بالكومة لها تأثير كبير للمحافظة على درجة الحرارة داخل الكومة لذلك فإن الجو الحار يناسب المعاملة بالأمونيا مقارنة بالجو البارد.

مدة المعاملة:

نظرًا لأن الأمونيا مادة كيماوية بطيئة التفاعل فإنها تحتاج إلي وقت لإحداث تفاعلاتها يتراوح بين ٢ – ٤ اسابيع تبعا لدرجة حرارة البيئة المحيطة حيث تقل المدة اللازمة للمعاملة مع ارتفاع درجة الحرارة وتزيد الفترة مع انخفاض درجة الحرارة.

محتوي الرطوبة:

يجب الا تزيد الرطوبة للمادة للمعاملة عن ٢٠% لأن زيادتها يقلل من تأثير الأمونيا على المادة

نوع المادة المعاملة:

حيث تتباين المواد في درجة استجابتها للمعاملة بالأمونيا فكلما كانت المادة أقل هضما كلما زاد تأثرها بالمعاملة بالأمونيا.

وفيما يلي أيضا وصفا تفصيليا لطريقة المعاملة باليوريا:

تمتاز اليوريا عن الأمونيا بسهولة تداولها والتعامل معها كما أن تركيز النتروجين بها عالي ويصل الي ٤٤ – ٤٦%. ويمكن معاملة مواد العلف الخشنة

باليوريا بعدة طرق. أسهلها الطريقة التالية:

يتم فرم مادة العلف الخشنة الي أطوال تتراوح بين ١ – ٢ سم.

تذاب كمية اليوريا المستخدمة والتي تتراوح بين ٢ – ٥ % من المادة الجافة وذلك في كمية محدودة من الماء.

ترش كمية اليوريا المذابة على مادة العلف الخشنة المفرومة وتخطط جديا.

يمكن تغذية الحيوان على مادة العلف المعاملة باليوريا مباشرة أو بعد كمرها لمدة أسبوع ثم التجفيف في الشمس للتخلص من رائحة الأمونيا المتصاعدة.

ويفضل قبل التغذية على مواد العلف الخشنة المعاملة بالأمونيا أو اليوريا تهيئة الحيوان أولا للتغذية على هذه الأعلاف المعاملة وتوفير الظروف الأخري اللازمة لتحسين الاستفادة من الأمونيا أو اليوريا مثل أهمية وجود مصدر سهل للكربوهيدرات، كالمولاس أو مجروش الذرة وكذلك أهمية وجود مخلوط عناصر معدنية.

خامساً: المعاملات البيولوجية Biolgical treatment

وهي من أفضل الطرق والتي زاد انتشارها في الأونة الأخيرة حيث تعتمد على استخدام أنواع معينة من الكائنات الدقيقة (بكتريا . فطر . خميرة) لتكسير الروابط اللجنو سليلوزية.

وتتوقف نتائج هذه المعاملات على اختيار الأنواع المناسبة من الكائنات الدقيقة. وتعتبر الفطريات هي الأكثر انتشارًا في هذا المجال.. حيث تقسم الي ٤ أنواع:

- نوع من الفطريات يحل السليلوز والهيمسليلوز والجنين
- نوع من الفطريات يعمل أساسا على اللجنين
- نوع من الفطريات يعمل أساسا على السليلوز
- نوع من الفطريات يعمل على جميع المركبات الموجودة في جدر الخلايا النباتية

ويعاب على هذه الطريقة ما يلي:

إنها تحتاج لتجهيزات متعددة لتوفير الظروف المثلي لنشاط الكائنات الحية الدقيقة مما يزيد من التكلفة والجهد المبذول.

احتياجها أيضًا إلى وجود أشخاص مدربين للقيام بها ولتحديد نوع الكائن الحي المتناسب مع مادة العلف.

سادساً: المعاملة بالاشعاع Radiation treatment:

حيث تؤدي المعاملة بالإشعاع باستخدام الكوبالت ٦٠ مثلًا بمعدل ١٠ – ١٠ راد Rad إلى زيادة القيمة الهضمية لمواد العلف الخشنة المعاملة معمليًا إلا أن الأمر يحتاج لمزيد من الدراسات من حيث الاستخدام الأمن للمواد الاشعاعية ومدي الكفاءة الاقتصادية لمثل تلك المعاملات.

الاحتياجات الغذائيةNutrient requirements:

الطاقة Energy:

تنتج الطاقة عند هضم العليقة في القناة الهضمية، من ثم تنطلق الطاقة إما في شكل حرارة أو احتجاز كيماوي trapped chemically وتمتص داخل الجسم لأغراض التمثيل الغذائي، ويمكن أن تستمد من بروتين، دهن، كربوهيدرات العليقة، عمومًا الحبوب النجيلية Cereals والدهون توفر معظم طاقة العليقة. الطاقة الزائدة عن الحاجة تتحول إلى دهون وتخزن في الجسم. وتمثل حسابات توفير provision الطاقة أكبر نسبة مئوية من تكاليف العليقة.

يمكن قياس الطاقة الاجمالية (The total energy (gross energy لمواد العلف في المعمل بواسطة حرقها تحت ظروف محكمة خاضعة للرقابة وقياس الطاقة المنطلقه (الخارجة) على شكل حرارة، لا يكتمل الهضم ابدًا في ظل الظروف العملية، ولذلك قياس الطاقة الاجمالية لا يوفر معلومات دقيقة على كمية الطاقة المفيدة للحيوان – والمقياس الأكثر دقة يكون الطاقة المهضومة Digestible energy (DE) الذى يأخذ في الاعتبار حسابات الطاقة المفقودة اثناء عدم تمام عملية الهضم وخروجها في الروث، ولدى المكونات الكيماوية لمواد العلف تأثير كبير على قيم الطاقة المهضومة (DE)، زيادة الدهون يعطى قيم مرتفعة وزيادة الألياف والرماد يعطى قيم منخفضه حيث توفر الدهون حوالى ٢,٢٥ مرة قدر الطاقة التي توفرها المواد الكربوهيدراتية أو البروتينية.

المقاييس الأكثر دقة من الطاقة المفيدة الواردة من مواد العلف تكون الطاقة الممثلة (Metabolizable energy (ME التي تأخذ في الاعتبار الطاقة المفقودة في البول والطاقة الصافية (Net energy (NE التي تأخذ في الاعتبار الطاقة المفقودة كحرارة ناتجة اثناء عملية الهضم.

تجارب متزنة (الموازين) استخدمت لتقدير الطاقة الممثلة ME بسهولة من مقارنات الطاقة في العليقة والطاقة المفقودة في المخرجات (افراز في الزرق)، اخراج الروث والبول معًا في الطيور ميزة مريحة في هذا الصدد، نتيجة لذلك الطاقة الممثلة ME مقياس طاقة شائع الاستخدام في تغذية الدواجن. يمكن الحصول على دقة أكثر في التقويم للطاقة الممثلة ME من ضبط قيم الطاقة الممثلة ME لكمية الطاقة المفقودة أو المكتسبة للجسم في شكل نتروجين البروتين (N). تصحح قيمة الطاقة الممثلة ME للحصول على صفر نتروجين مكتسب أو مفقود وتدل على الـ MEn.

قيم الطاقة الممثلة ME المتحصل عليها بواسطة هذه الطرق تكون قيم ظاهرية apparent ME (AME)، حيث أن كل الطاقات المفقودة في الروث لا تأتى من الغذاء فقط، يأتى بعضها من الافرازات الجسميه endogenous secretions من سوائل الجهاز الهضمى، الخلايا الميتة sloughed-off intestinal cells والبول الذى مصدرة الجسم endogenous urinary secretions ويستخدم مصطلح الطاقة الممثلة الحقيقية True ME (TME) لوصف الطاقة الممثلة المصححة لهذه المفقودات، وتستخدم قيم الطاقة الممثلة الحقيقية TME وقيم الـ TMEn وقدرت لمواد علف معينة واستخدمت في بعض البلدان في تكوين العلائق، المفقودات الجسميه endogenous losses يصعب قياسها بدقة: أحد الأساليب ينطوي على تقدير المفقودات المقدرة من قبل حجب العليقة لفترة قصيرة وافتراض أن الطاقة الموجودة في المخرجات (الفضلات) تمثل المفقودات الجسمية (Sibbald, 1982 endogenous loss).

قيم الطاقة الممثلة MEn تعادل تقريبًا قيم الـ TMEn لمعظم مواد العلف (NRC, 1994)، ومع ذلك، فان قيم MEn، TMEn تختلف اختلافًا جوهريًا لبعض مواد العلف مثل رجيع الكون، مجروش الطحين مع نخالة القمح wheat middlings، نواتج تقطير الاذرة مع السوائل maize distillers grains plus

soluble، وبناء على توصيات NRC, 1994 بخصوص هذه مواد العلف، فإن قيم MEn لا ينبغى أن تكون عشوائية بالتبادل مع القيم الـ TMEn حسب اغراض تكوين العلائق.

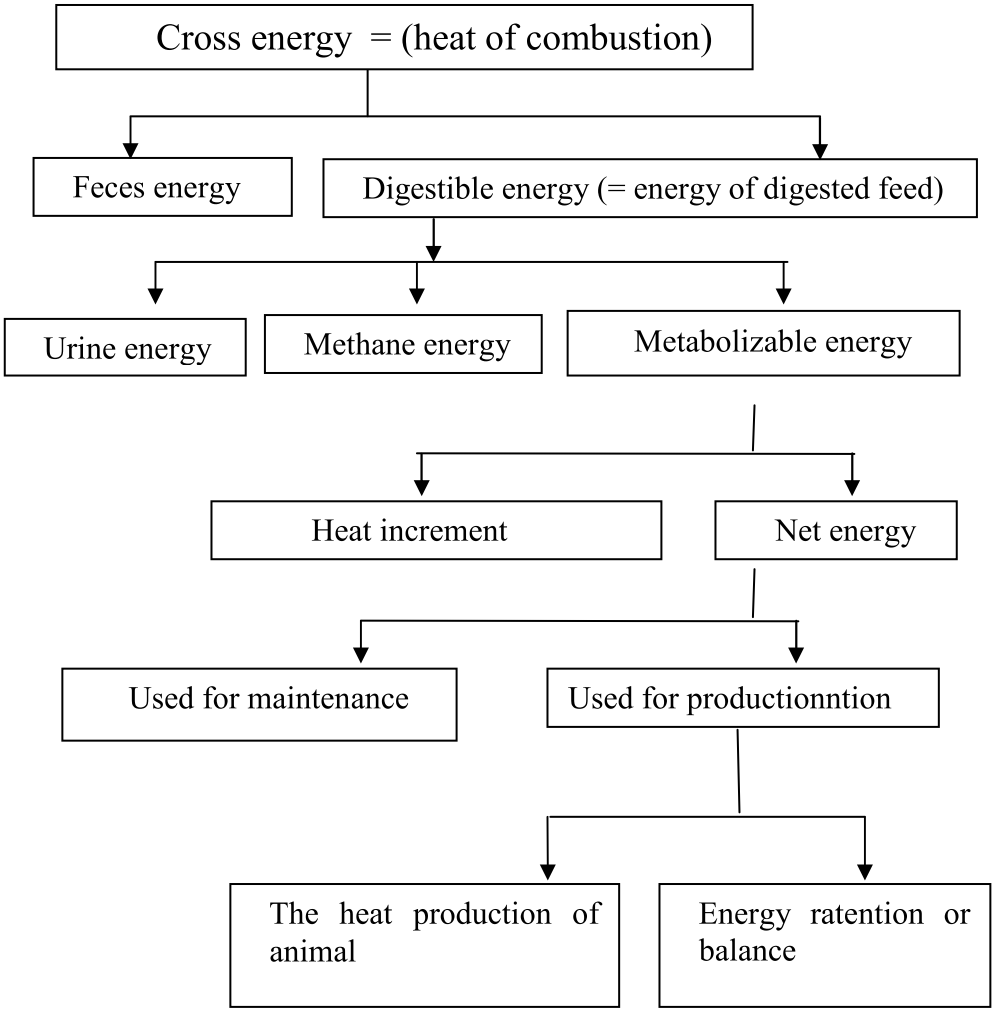
معظم قيم الـ MEn قدرت لمواد العلف المقدرة مع الكتاكيت الصغيرة وقدرت قيمة TMEn مع ذكور الدجاج الكبير في العمر البالغة، وتم تنفيذ عدد قليل من الدراسات لتقدير MEn أو TMEn في الدواجن لمختلف الاعمار، ويلزم مزيد من المعلومات عن MEn و TMEn لعديد من مواد علف الدواجن، والرومى، والدواجن الاخرى لمختلف الاعمار (NRC, 1994). وقد وضع عديد من الباحثين معادلات متطورة لتقدير الـ ME على أساس التحليل الكيماوي للعليقة (NRC, 1994). وهذه الاحتياجات المنشورة والمحسوبة أساسا من احتياجات العناصر الغذائية للدواجن (NRC, 1994) على أساس الـ ME و (AME) يعبر عنها بالكيلو كالورى Kilocalories (Kcal) أو ميجاكالورى/كجم عليقة، Mega calories (Mcal)/kg feed. يستخدم هذا النظام في الطاقة بتوسع في امريكا الشمالية وفي عديد من البلدان الاخرى تستخدم وحدات الطاقة في بعض البلدان على أساس الجول Joules (J) والكيلوجول Kilojoules (KJ) أو ميجا جول megajoules (MJ).

يمكن استخدام معاملات التحويل لتحويل السعرات إلى جولات بمعنى: 1 Mcal = 4.184 MJ; 1MJ =0.239 Mcal ; and 1 MJ = 239 Kcal. ولذلك فان جداول تركيب مواد العلف توضح قيم الطاقة الممثلة ME معبر عنها بـ الميجاجول أو الكيلوجول مثل الكيلو كالورى / كجم MJ or KJ aswell as Kcal/ Kg.

الطاقة القابلة للتمثيلMetabolizable energy :

الطاقة الكلية Gross energy للغذاء المقدرة من المسعر ينتفع الحيوان بجزء منها والجزء الآخر لا ينتفع به وفي الحيوانات بسيطه/وحيدة المعدة فان مصادر الفقد هي حرارة الجزء غير المهضوم الخارج من الروث والحرارة المهضومة وفقد جزء منها

في البول ويبقى جزء الحرارة الذى ينتفع به الحيوان ويسمي الطاقة الفسيولوجية النافعة أو الطاقة القابلة للتمثيل Metabolizable energy وتعرف أيضًا بالمجهود الفسيولوجى النافع.



شكل رقم (٤٢) مصادر الفقد المختلفة في الطاقة الكلية لغذاء الحيوان

الطاقة القابلة للتمثيل Metabolizable energy:

وفيما يلي أهم المعادلات التي يمكن توقع قيمة الطاقة القابلة للتمثيل بالنسبة

للطيور، مقارنة قيم الطاقة القابلة للتمثيل المتوقعة باستخدام معادلات خاصة بالكتاكيت الصغيرة والديوك الكبيرة.

هولندا	
AMEn = 40.4 CP + 86.8 L + 45 S + 59.8 Su	ديوك كبيرة:
AMEn = 41.4 CP + 61.2 L + 38 S + 27.3 Su	كتاكيت صغيرة:

فرنسا	
AMEn = 43.4 CP + 85 L + 39 S + 5.4 Su	ديوك كبيرة:
AMEn = 44.4 CP + 69.6 L + 39.3 S +..5 Su	كتاكيت صغيرة:

CP= Crude protein (%) ; L= Lipid (%); S= Starch (%); Su= free sugars (%)

المعادلات الحسابية للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل في مخلوط الاعلاف.	
Sibbald (1993)	AMEn= 35.2 CP + 78.5 L + 41S + 35.5 Su
Hartel (1997)	AMEn= 36.2 CP + 76.9L +40.6S+ 26.1 Su
Fisher (1982)	AMEn= 39.9CP + 81.9L + 42.7S +44.2 Su
Leclercq et al. (1984)	AMEn= 40.4CP + 85.7L+ 38.5S + 30.6 Su
Cee	AMEn= 37.06CP + 82L + 39.9 S+ 31.1 Su

جدول رقم (٦١): استخدام الجدار الخلوى كقيمة للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل

Predictors		(Kcal/kg)
L, A, CF	3199 + 56.1 L – 45.4 A	74
L, A, CW	3469 + 54.7 L– 42.2 A – 49.2 CW	53
GE, CP, NDF	0.975 GE – 21.5 CP – 47.0 NDF	72
GE, CP, CF	0.913 GE. 18.5 CP – 109.5 CF	70
GE, CP, CW	0.965 GE. 13.4 CP – 54.0 CW	51
L, CP, S, Su	85.7 L+ 40.4 CP +38.5 S +30.6 Su	53
GE, CP, CW	0.914 GE – 14.7 CP – 10 CW 1.5	47
A = ashes (%). CF = crude fibre (%). NDF = neutral detergent fibre (%)		

جدول رقم (٦٢): المعادلات الحسابية الحديثة للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل لمواد العلف

مواد العلف		(Kcal /kg)
مسحوق اللحم	3573 + 59.8 L – 45.6 A	Dry matter
السورجم	3830 – 383 T	30
الشعير	3838 – 121.3	44
كسب بذور اللفت	1810 + 65.6 L	246
الدهون	4340 + 57.1 I	
	3983 + 66.18 I	
	3849 + 32.9 FFA + 75.3 I	
T = tannins (%) ; I = iodide index; FFA = free fatty acids		

وهناك فقد له أهميته من الناحية العلمية في تغذية المجترات التي تنتج غازات قابلة للإحتراق وأهمها الميثان (وقليل من الايدروجين)، وطاقة هذه الغازات لا ينتفع بها الحيوان المجتر ويجب خصمها من الحرارة المهضومة بالاضافة إلى الطاقة التي في البول لإنتاج الحرارة أو الطاقة الفسيولوجية النافعة (القابلة للتمثيل) في حالة الحيوان المجتر والمثال الآتى في الجدول التالى يوضح ذلك في الدواجن والغنم.

جدول رقم (٦٣): الطاقة القابلة للتمثيل للذرة مع الدواجن والدريس مع الغنم

البند	الدواجن مع الأذرة	الغنم مع دريس فول الصويا
الغذاء اليومي بالجرام	١٠٠	١٠٠٠
حرارة في الغذاء كيلو كالوري (أ)	٤٤٣	٤٣٣٣
مقدار الخرج كيلو كالوري (ب)		
حرارة في الروث		٢,٣٣
حرارة في البول	١٤٣,٤	١٩٦
حرارة في الميثان	--	٢,٨
المجهود الفسيولوجي النافع (أ–ب)	٣٠٨,٦	١٨٩٦

من ذلك يتضح أن كل جرام من حبوب الذرة يعطي طاقة كلية هي ٤,٤٣٠ كيلو كالوري وطاقة فسيولوجية نافعة هي٣,٠٨٦ كيلو كالوري مع الدواجن بينما كل جرام من دريس فول الصويا يعطي طاقة كلية مقدراها ٤٣٣٣ كيلو كالوري وطاقة فسيولوجية نافعة مقدراها ١,٨٩٦ كيلو كالورى مع الغنم. ويلاحظ في حالة الدواجن يسهل تقدير الطاقة الفسيولوجية النافعة بسهولة في تجربة هضم عادية واستخدام المسعر مع ملاحظة أن طاقة البول والروث تضم معًا في نفس الطائر ويطلق عليها طاقة الزرق.

وفي حالة الحيوانات المجترة يستلزم الامر تقدير الحرارة المفقودة في الميثان وهذه تحتاج لدقة كبيرة وأجهزة معقدة، الامر الذى جعل كثيراً من الباحثين أن يقدروا الطاقة في الميثان حسابيًا وقدرت في المتوسط بمقدار٤,٢٩ لتر ميثان لكل ١٠٠ جم كربوهيدرات خام مهضومة أي نحو٥٧,٣ كيلو كالوري، وتعتبر الطاقة القابلة للتمثيل مقياسًا ادق من الحرارة المهضومة للتعبير عن القيمة الغذائية، وعادة تسجل لكل

١٠٠جرام غذاء مأكول واحيانًا لكل كيلو جرام على صورة كيلو كالوري أو ميجا كالوري.

المجهود الفسيولوجى النافع للمركبات المهضومة:

أمكن تقدير المجهود الفسيولوجى النافع لكل من البروتين المهضوم والكربوهيدرات المهضومة والدهن المهضوم وبمعرفة ما يعادله من كل مركب يمكن حساب مجهود الفسيولوجي النافع للغذاء بمعرفة المركبات المهضومة.

وتختلف أرقام التحويل حسب مصدر الغذاء وحسب نوع الحيوان وبيبن الجدول التالي معدلات لهذه الأرقام وعلاقتها بالحرارة المهضومة لكل كيلو جرام من المركب الغذائي مقدرة بالكيلو كالوري.

وقد لخص غنيم العلاقة بين الحرارة الكلية لكل كيلو جرام من المركبات الغذائية حسب مصدرها وما يقابلها من الحرارة المهضومة والفاقد منها في الميثان أو في البول والمجهود الفسيولوجى النافع الناتج من كل كيلو جرام مهضوم وهو ينطبق على المجترات وفيما يلي القيمة الحرارية بالكيلو كالوري في الجدول التالي.

جدول رقم (٦٤): الحرارة المهضومة والفسيولوجية النافعة للمركبات في الحيوانات المختلفة

المركب ونوع الحيوان	حرارة كل كيلو جرام مهضوم كيلو كالوري	حرارة فسيولوجية نافعة لكل كجم مهضوم كيلو كالوري	العالم
كربوهيدرات نشا مهضوم:			
بقر	٤١٨٥	٣٧٦١	Killner, 1905
غنم	٤١٨٥	٣٧٦٠	Jockor, 1948
ارنب	٤٢٦٧	٤٢٦٧	Sohurch, 1948
خنزير	٤١٨٥	٤١٨١	Fingerling, 1914
دجاج	٤١٨٥	٤١٨٥	Buchmann, 1946
بروتين مهضوم:			
بقر	٥٧٠٠	٤٦٦٠	Killner, 1905
غنم	٥٧٠٠	٤٥٩٢	Jockor, 1948
ارنب	٥٧٠٠	٤٩٦٣	Sohurch, 1948
خنزير	٥٧٠٠	٤٧٧٣	Fingerling, 1914
دجاج	٥٧٠٠	٤٥١٦	Buchmann, 1946
دهن مهضوم:			
بقر	٨٨٢٠	٨٨٢	O.Killner, 1905
غنم	٩٤٦٥	٨٤٥٦	Jockor, 1948
ارنب	٩١٨٨	٩١٨٨	Sohurch, 1948
خنزير	٩٤٤٦	٩٤٤٦	Fingerling, 1914
دجاج	٩٥٠٠	٩٥٠٠	Buchmann, 1946

جدول رقم (٦٥): القيمة الحرارية الكلية والمهضومة والفاقدة والفسيولوجية النافعة للمركبات الغذائية مع المجترات

المركب الغذائي	قيمة حرارية كلية لكل كجم كيلو كالوري	قيمة حرارية مهضومة لكل كجم كيلو كالوري	قيمة حرارية في البول كيلو كالوري	قيمة حرارية في الميثان كيلو كالوري	مجهود فسيولوجي نافع كيلو كالوري
بروتين	٥٧١١	٥٧١١	١٠١٤	-	٤٦٩٧
دهن بذور زيتية	٩٣٠٠	٨٨٢١	-	-	٨٨٢١
دهن حبوب	٩٥٠٠	٨٥٠١	-	-	٨٥٠١
دهن علف خشن	٨٨٠٠	٩٣٢٢	-	-	٨٣٢٢
كربوهيدرات كالنشا	٩١٩٤	٤١٨٣	-	٤٢٢	٣٧٦١
كربوهيدرات	٤١٨٣	٣٩٥٥	-	٣٧٩	٣٥٧٦
سكر قصب	٣٩٥٥	٤١٨٣٣	-	٤٢٢	٣٧٦١
مستخلص خإلى من الآزوت	٤١٨٣	٤١٨٥	-	٥٨٦	٣٥٩٩
الياف خام	٤٤٢٦	٤٢٢٠	-	-	٣٥٩٩
كربوهيدرات خام	٤١٨٣	٤١٨٤	-	-	-
(ذائبة وألياف)	٤٤٢٢	-	-	٥٧٣	٣٦١١

المجهود الفسيولوجى النافع الاسمى والحقيقي:

ان تقدير المجهود الفسيولوجى النافع في المجترات بعد خصم حرارة البول والميثان من الحرارة المهضومة ينتج الحرارة النافعة التي دخلت جسم الحيوان ليستخدمها للانتاج سواء لحفظ أو لإنتاج لحم ولبن وصوف وبيض وعمل. ولكن في حالة المواد الخشنة التي تحتوي الياف فإنه يذهب جزء كبير أو قليل من المجهود

للمضغ وعمليات الهضم، ويطلق علية"كلنر"مجهود الهضم work of digestion. ولذلك اطلق على المجهود الفسيولوجى النافع قبل مجهود الهضم"المجهود الفسيولوجي النافع الاسمي"وبعد خصم مجهود الهضم يسمى"المجهود الفسيولوجى النافع الحقيقى.

ووجد كلنر من تجاربة على الثيران أن مجهود الهضم يتوقف على طبيعة الألياف الخام في مادة العلف ففي المواد الخشنة الجافة كالاتبان والدريس فان كل كيلو جرام الياف خاتم في العليقة يحتاج ٢١٨٠ كيلو كالوري كمجهود هضم يجب خصمه من الحرارة الفسيولوجية النافعة في العليقة وهذا يعادل ٠,٥٨ كيلو جم نشا مهضوم حرارة فسيولوجيه (٠,٥٨× ٣٧٦ = ٢١٨٠ كيلو كالوري) واذا كانت المواد الخشنة ناعمة جدًا وجد كلنر أن هذا المجهود الهضمي ينخفض إلى ١١٢٨ كيلو كالورى لكل كيلو جرام الياف في مادة العلف (أى مايعادل ٠,٣ كيلو جرام نشا مهضوم) وهذا المجهود يجب خصمه من المجهود الفسيولوجى النافع الاسمى.

وفي المواد الخضراء وجد كلنر أن هذا المجهود الهضمي يختلف حسب نسبة الألياف الخام في مادة العلف ويرتفع كلما زادت نسبة الألياف من ٤% حتى تصل ١٦% في المادة الخضراء ثم يثبت بعد ذلك.

الحرارة المفقودة وتنظيمها:

زيادة عن الحرارة المفقودة من الطاقة الكلية للغذاء في الروث والبول والميثان (وعمل الهضم) لتقدير الطاقة الفعلية القابلة للتمثيل (الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية) فان هناك فقد مستمر في الجسم على صورة حرارة. وذلك لأن كثيرًا من العمليات الفسيولوجية تستلزم عمليات اكسدة لإنتاج طاقة يستعمل الحيوان جزءًا منها في احتياجاته (كالحركة وانتاج الطاقة يلزم مركبات الجسم) والجزء الآخر ينطلق كحرارة التي تعمل أيضًا على حفظ درجة حرارة الجسم ثابته في الحيوانات ذات الدم الحار. وهذه الحرارة المنبعثة من الجسم قد تصل من ٢٥–٤٠% من الطاقة الكلية

في الغذاء المأكول.

وفي أغلب الحالات تكون حرارة الجسم أعلى من حرارة الجو، ومقدار الحرارة التي يسمح الجسم بخروجها يتحكم فيها سرعة مرور الدم إلى الجلد وتنظيم فزيائي Physical regulation للحرارة فاذا احتاج الأمر لسرعة إخراج حرارة من الجسم يزداد سرعة مرور الدم على الجلد مع اتساع في شعيرات الدم على سطح الجلد، وهذا يساعد على خروج الحرارة بالاشعاع وعلى فتح المسام الجلديه الذي يساعد على خروج حرارة التبخير المائي (الحرارة الكامنة للتصعيد)، واذا اريد حفظ الحرارة تنعكس هذه العمليات ويبطؤ مرور الدم وتقفل المسام. وعند انخفاض حرارة الجو كثيرًا فان هناك"تنظيمًا كيماويًا Chemical regulation"يساعد على حفظ حرارة الجسم بحدوث قشعريرة للعضلات لا اراديًا والذى يحتاج لتأكسد مواد الجسم وانطلاق الحرارة.

مسعر التنفس:

وفي مسعر التنفس Respiration calorimeter يمكن قياس الحرارة المفقودة من الجسم مباشرة بالاضافة إلى قيامة بعمل جهاز التنفس ليمكن تقدير حساب الدخل من الغذاء والماء والأكسجين والخرج من المواد الصلبة والسائلة والغازية والحرارة المنبعثة وفي حالة حيوان اللبن يدخل في حساب الخرج اللبن الناتج.

ميزان الطاقة:

يمكن ايجاد ميزان الطاقة Energy balance اثناء تغذية الحيوان بقدر معين من الغذاء في فترة زمنية باستخدام مسعر التنفس والمثل الأدني يوضح تجربة لارمزباي وفرايز سنة ١٩٠٣ H.B Armsbyand J.A Friz على ثور يتغذى على دريس التيموثي ومسحوق كسب الكتان كما في الجدول التالى:

جدول رقم (٦٧): ميزان الطاقة اليومى لثور في مسعر التنفس لارمزياى وفرايز

البند	الدخل كيلو كالوري	الخرج كيلو كالوري
أ- ٦٩٧٨ جم دريس التيموثي	٢٧٧٢٧	
ب- ٤٠٠ جم مسحوق كسب الكتان	١٨١١	
ج- ١٦٦١٩ جم روث (رطب)		١٤٢٤٣
د – ٤٣٥٧ جم بول		١٢١٠
هـ- ٣٧جم بقايا متساقطة		٨٨
و- ١٤٢ جم ميثان		١٨٩٦
ز – حرارة مفقودة		١١٤٩٣
ح- داخل الجسم		٦٠٨
المجموع	٢٩٥٣٨	٢٩٥٣٨

ويلاحظ أن الحرارة المفقودة وهي ١١٤٩٣ كيلو كالوري تبلغ نحو ٤٠% من دخل الطاقة الحرارية اليومية، وحفظ حياة الحيوان.

واستخدام كلنز ميزان الطاقة غير المباشرة مستخدمًا جهاز التنفس لحساب ميزان الطاقة ومعرفة المجهود الفسيولوجى النافع، وفي تجارب كلنر التي كان دخل الغذاء يسمح بالانتاج (في العليقة الحافظة) كلن يخصم كلنر من الحرارة الفسيولوجية النافعة ما يلزم للعليقة الحافظة من مجهود حراري والذي سبق تقديرة على الحيوان في تجارب سابقة بجهاز التنفس يكن فيها ميزان الازوت والكربون محايدًا أو الاقل ما يمكن لإعطاء ميزان ازوت وكربون محايد (نقلًا عن غنيم ١٩٦٤).

كمية الحرارة في الغذاء	=٥٢٩٢٨,٦ كيلو كالوري
كمية الحرارة في الروث	=١٥٩١٥,٨ كيلو كالوري
ج- كمية الحرارة في البول	=١٦٨٦,٢ كيلو كالوري
د- حرارة من الميثان الخارج (٢٥٣,٥جم)	=٣٣٨٢,٧ كيلو كالوري
هـ- مجموع الخرج في الروث والبول والميثان	=٢٠٩٨٤,٧ كيلو كالوري
و- مجهود فسيولوجى نافع (أ – هـ)	=٣١٩٤٣,٩ كيلو كالوري
ز- حرارة لازمة لحفظ الحياة	= ١٧٣٢٠,٣ كيلو كالوري
ح- الباقي للإنتاج (و-ز)	= ١٤٦٢٣,٦ كيلو كالوري
ط- حرارة الناتج (المجهود الصافي لإنتاج ٤٣,٤ جم بروتين اللحم ٨٦٢,٤ جم/دهن)	= ٨٤٣٩,٢ كيلو كالوري
ى- الفقد اثناء الانتاج	=٦١٨٤,٤ كيلو كالوري

ك- نسبة حرارة المجهود الصافي إلى الباقى للإنتاج = ط / ح = (٨٤٢٩,٢ × ١٠٠) / ١٤٦٢٣,٦ = ٥٧,٦ %

ويلاحظ هنا أن الحرارة الفاقدة (لحفظ الحياة والفاقدة اثناء انتاج دهن ولحم) تبلغ ٢٣٥٠٤,٧ كيلو كالوري (١٧٣٢٠,٣ + ٦١٨٤,٤) هذا الجزء سماه أرمزباي وفرايز بالحرارة المفقودة التي قدرها جهاز التنفس مباشرة وهو يبلغ في هذا المثال٤٤,٤ % من حرارة الغذاء وهو قريب من رقم ارمزباى وفرايز (٤٠% من حرارة الغذاء).

الفاقد من الحرارة الفسيولوجية النافعة Heat increment:

لا يوافق ارمزباي على آراء كلنر بأن الفقد في المجهود الفسيولوجى النافع الاسمى هو مجهود الهضم work of digestion فقط السابق ذكرها بل أن هناك فقدًا حراريًا دائمًا من طاقة الغذاء المهضوم يصاحب تناول الغذاء يسمي التأثير الديناميكى النوعي Specific dynamic action للغذاء أو المركب الغذائي الممتص، فلقد وجد أن تناول أغذية نقية سهلة الامتصاص يكون مصحوبًا بزيادة فقد حرارى خاصة في حالة المواد البروتينية وهذا الفقد يقلل رصد الحيوان من الحرارة

الفسيولوجية النافعة الباقية، كما في الشكل التالي الذي يبين تقسيم الطاقة وتوزيعاتها والفاقد منها.

وهناك عوامل أخري تؤثر في كمية الجزء المفقود من الحرارة الفسيولوجية النافعة Heat increment فالتناسب بين المركبات الغذائية في الغذاء له تأثير، فوجد احلال الدهن محل جزء من كربوهيدرات الغذاء يقلل من الفاقد من الحرارة الفسيولوجية النافعة، وبذلك يكون استعمال طاقة الغذاء اكثر اقتصادًا، كما وجد أن نقص الفوسفور أو الريبوفلافين وبعض المعادن والفيتامينات يكون مصحوبًا بزيادة الفقد الحراري من الغذاء، وهذا يشاهد دائمًا في الأغذية غير المتزنة فسيولوجيًا بسبب نقص مركب ضرورى منها. ولقد أثبت التجارب مع الفيران أن الأغذية المتساوية في مستوى الطاقة يتناقص الفاقد من حرارتها كلما زادت نسبة البروتين من ٤ إلى ١٨% في الغذاء وثبت صحة ذلك أيضًا مع الكتاكيت واصبح التناسب بين نسبة البروتين ومستوى الطاق في الغذاء Protein: energy Ratio له أهمية عملية كبيرة في تغذية البداري لأن زيادة البروتين توفر من الطاقة المفقودة على صورة حرارة ترفع كفاءة الغذاء فتزيد الكمية الناتجة منه.

كما وجد أن هذا الفاقد الحراري يزداد كلما ارتفع مستوى الغذاء المأكول، ووجد أيضًا أن نسبة الفاقد الحراري تختلف حسب نوع الانتاج فوجد كلنر مثلًا أن ١٠٠ كالوري كحرارة فسيولوجية نافعة يتحول منها فقط ٦٩ كيلو كاوري في اللبن الناتج، وعند انتاج الدهن في الثيران يتكون نحو ٦٥% فقط، وفي الوقت نفسة فان الخنازير قد يحول ٨٣% منها إلى دهن وفي حالة البيض يتكون فقط نحو ١٠%، وفي حالة اللحم من الحيوان الصغير يتكون ٩٠% وعند انتاج العمل فالناتج نحو ٢٥ إلى ٣٣%.

ومن ذلك يتضح أن نفس المقدار من المركبات المهضومة أو الحرارة الفسيولوجية النافعة يمكن أن تعطى نتائج مختلفة من حيث نوع الانتاج ونوع الحيوان

ونوع الغذاء، هذه الاسباب قد توضح نفس"مقياس الغذاء"الذي يعتمد على الطاقة الصافية في الإنتاج لقياس فعل الأغذية المختلفة وقدرتها على الانتاج.

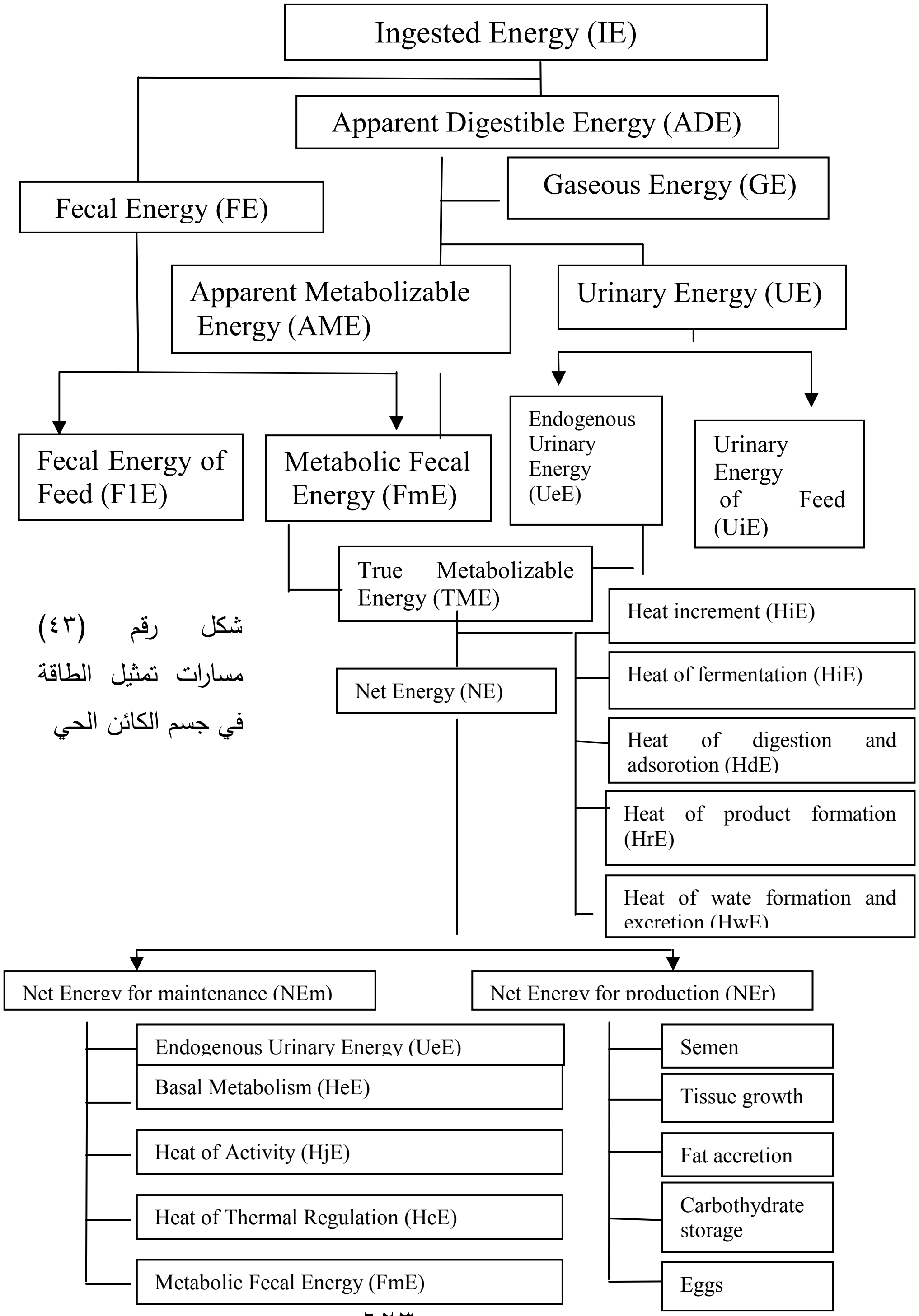
الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقي True ME:

نظام الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقى لتقييم الأغذية

The T.M.E. System of feed evaluation

نطام الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقية

The True Metabolizable Energy



شكل رقم (٤٣)
مسارات تمثيل الطاقة
في جسم الكائن الحي

لتقييم الأغذية يتضمن اختبارات بيولوجية:

True metabolizabie energy TME تمثيل الطاقة الحقيقية.

True available amino acids TAAA الأحماض الأمينية الحقيقية المتاحة.

True available lipids TAL الدهون المتاحة الحقيقية.

True vavilable TAM العناصر المعدنية المتاحة الحقيقية.

وكل اختبار يشمل عمل تصحيحات للفقد التمثيلي علاوة على فقد الهدم الداخلي حيث يتحمل على الجسم وحفظ الحياة Metabolic plus endogenous losses. والفرض بأن هذا الفقد يأتي مباشرة من الغذاء فرض خاطئ، وأهمية عمل التصحيحات للفقد الداخلي للنيتروجين في البراز والبول Metabolic fecal and endogenous urinary nitrogen (Fm N+UeN). خلال تقييم وتقدير بروتين الغذاء، أخذت في الاعتبار منذ زمن بعيد بواسطة (Michell, 1942, J.Biol. Chem. 58:873).

ومثل هذه التعديلات والتصحيحات في مجال الطاقة قد اهتم بها العلماء في الوقت الحاضر، واصطلاح TME يعكس عدم الثقة في القدرة على حساب FmE + UeE والتصحيح لقيم طاقة الزرق Fe + UE لمستوى ميزان ازوت صفر (Fen + UEn) يضبط كثير من الاختلافات في حسابات (FmE + Ue E)، ويعتبر (FmEn+Ue En) اكثر دقة. وقد جاءت تطورات تقدير TME محض صدفة حيث دراسة الاختلافات في قيم AME (الطاقة القابلة للتمثيل الظاهرية) بين الطيور وأظهرت الايام تأثير واضح وإن الملاحظات على الطائر تتغير لأعلى أو اقل بتعاقب الايام. وبالبحث عن اسباب هذة المتغيرات أوضحت تأثير واضح للغذاء المأكول وكميته وقيم AME ولذلك تطور التقدير وتم عمل تعديلات في الحساب وطرق التقدير وامتد إلى عناصر غذائية أخرى.

والتقدير TME يشمل التغذية بدقة لطائر صائم بكمية معلومة من المادة الغذائية المختبرة وجمع كمى للزرق الناتج. ويتم التغذية على مستويين أو اكثر من كل مادة غذائية مختبرة لبيان العلاقة بين العنصر الغذائي الماكول والخارج في الزرق، وللتسهيل يكون احد هذه المستويات عادة صفر، وقد لوحظ أن الطيور في حالة الصيام تهدم بروتين جسمها اكثر من الطيور في حالة التغذية العادية. وهذا يؤثر على الطاقة الخارجة في الزرق وهذا مدخل تقدير TME.

ويلاحظ أن الفقد في بروتين الجسم، محتوى الزرق من الطاقة تتأثر بكمية وجودة بروتين المادة الغذائية المختبرة والمشكلة كيفية عمل التصحيح الدقيق لطاقة الزرق في حالة تغذية الطائر على مستوى ميزان أزوتى صفر، وهناك ضرورة لعمل تصحيحات مماثلة في تقييم TAM, TAAA.

طريقة اجراء التقدير:

تعتمد طريقة التقدير على صيام الطيور لتفريغ القناة الهضمية من بقايا الغذاء ثم يتم تغذية الطيور بدقة بكميات معلومة من المادة المراد تقدير TME لها، ويوضع الطائر كل على حدة في صندوق هضم ملائم يتوفر فيه مياه الشرب للشبع. ويسجل الوقت ويجمع الزرق كميًا لفترة زمنيه محددة. طائر واحد من المكررات لا يقدم له غذاء ويعمل anegative control لتقدير فقد الهدم الداخلي في البراز والبول metabolic + endogenous loss وتجهيز عينات من الزرق والمادة الغذائية المختبرة لتقدير الطاقة الكلية، الأحماض الأمينية، الدهون، والعناصر المعدنية. ويتم الحسابات على الأساس التالي:

$$TX = IX - (FX + UX) + Fm\,X + Ue\,X.$$

العنصر الغذائي المتاح = TX

كمية العنصر في غذاء الطائر = IX

كمية العنصر في زرق الطائر = FX

كمية العنصر في البول الطائر = UX

في زرق الطائر الصائم = mX
في بول الطائر الصائم= UeX

نوع الطائر المستخدم:

والطائر المفضل لهذا التقدير الديوك البالغة لسلالة منتجة للبيض حيث لا يحتاج إلى حصي. والأنواع الأخرى من الطيور قد تستخدم ولكن الكتاكيت لها قدرة محدودة للتغذية بينما الدجاج البياض الصائم ينتج غالبًا بيض بدون قشرة يسهل كسره وتلوثه للزرق. الدجاج البياض قد يكون مفيد في التقدير TAM حيث يفضل الاحتياجات العالية من العناصر المعدنية. والحصى يستبعد لأنه قد يحتجز في القونصة وتخرج في الزرق غير منتظمة، والحصي في الزرق يتلف ماكينات طحن العينات وتعطي اخطاء كبيرة في الحسابات وخصوصًا في موازين العناصر المعدنية القصيرة المدى.

العلائق:

الطيور المستخدمة لابد من حفظها على نفس العليقة. وتركيب العليقة ليس لها أهمية حرجة حيث المفروض أن العليقة ومكوناتها تغطي جميع الاحتياجات الغذائية للطائر. ومعامل كثيرة استخدمت عليقة دجاج بياض بمستوى ١٥% بروتين خلال مدة The maintenance بين التقديرات.

الدور التمهيدى للتجربة:

والصيام التمهيدى لمدة ٢٤ ساعة عادة وقد يحتاج إلى فترة اطول اذا كانت العليقة الحافظة تحتوي كميات أساسية من مواد غير قابلة للهضهم ومنعًا للالتباس ينصح بقياس زمن تفريغ القناة الهضمية للعليقة الحافظة قبل مباشرة التقدير. وزيادة الداخل من المادة المختبرة يقلل من تأثير الخطأ التجريبى ويزيد احتمالات reguritation ووجد أن ٣٠-٤٠جم يكون معقول عادة.

واذا زادت كمية العليقة خاصة في حالة مواد العلف bulky (ذات الحجم

الكبير) يؤدي إلى crop impaction والطيور المصابة بالتحوصل impaction birds يزيد زمن احتجاز بقايا الغذاء وبالتالي يؤدى لنتائج غير دقيقة باستثناء ما سبق أن تقدير TAM الداخل من المادة المختبرة يجب الا يزيد عن احتياجات الطائر بينما الأحماض الأمينية والدهون ومصادر الطاقة الاخرى، العناصر المعدنية الزيادة تخرج في الزرق ويفضل مبدئيًا أن المواد الغذائية المختبرة تكون في صورة Pelletes ولكن ذلك ليس ضرورى إذا كان ساق القمح المستخدم في التغذية قطرة الداخلي حوالي١,٠ سم، ويجب الحرص في تجنب الفقد في المادة الغذائية بعد التصاقها بالقمع. والمواد المترية يجب ارتباطها بمادة حامة Carrier مثل ٩٠% ذرة مجروشة، ١٠% زيت، توزن المادة المختبرة قبل اجراء التقدير وتوضع في زجاجة لحين الاستخدام ويفضل أن تكون الزجاجة من البولى بروبيلين الشفاف (١٣٠ سم) مع غطاء محكم. وتؤخذ عينات من المادة المختبرة وتوزن لتقدير المادة الجافة على نفس وقت تجهيز زجاجات حفظ العينات. وهذا التوقيت مهم لتجنب الاخطاء المرتبطة سواء بفقد العينات ام بتشبعها بالرطوبة أثناء الحفظ، ويتم اجراء باقي التحليلات بعد ذلك على أساس المادة الجافة.

جمع الزرق:

تحفظ الطيور فرديًا في اقفاص سلك مركبة في بطاريات مجهزة وتشرب من خلال نظام حلمات والتغذية بغذايات أمام الاقفاص ويمر الغذاء لكل مجموعة من الاقفاص. عند بداية التقدير يبدأ الصيام بازالة الغذاء من الغذايات واذا كان نظام الشرب من خلال troughs فيجب ازالة بقايا الغذاء الموجودة في مياة الشرب وكذلك يزال بقايا الغذاء الملتصقة بالاقفاص، ويوضع صواني جمع الزرق تحت كل طائر، يفضل أن تكون هذه الصواني من البلاستيك الناعم وتكون أكبر من قاعدة القفص لتقليل فرص فقد الزرق.

ويجب ملاحظة أن مسك الطيور تسبب فقد في الوزن والريش يجعل التقدير

الكمي للزرق في غاية الصعوبة وللتغلب على تلك المشكلة يتم نفخ صواني جمع الزرق بعد ساعة من التسكين للطيور. ويجمع الزرق بعد حوإلى ٢٤ ساعة ومرة اخري بعد ٤٨ ساعة بالضبط بعد التسكين وممكن الاكتفاء بالجمع بعد ٤٨ ساعة مرة واحدة ولكن الجمع المزدوج مفضل حيث يقلل فساد الزرق وتلونة. وقد وجد بالتجربة أن فترة الجمع ٢٤ ساعة غير كافية لتمام ازالة بقايا المواد الغذائية من القناة الهضمية للطائر. ويزال بقايا المواد الغذائية من صواني جمع الزرق. تجمد عينات الزرق من كل طائر وتترك لمعادلة رطوبة الجو مع رطوبة العينة ويطحن جيدًا لتمام التجانس. ويفضل التجفيف بالتجميد حيث تجعل الزرق سهل الطحن.

ولتقدير TME وليس لتقدير TAL أو TAAA تجفف الزرق في فرن التجفيف بدون تأثير على القيم النهائية وفي بعض المعامل الزرق من طيور كثيرة تجمع في عينة واحدة لتقليل العمل والجهد، وهذه الطريقة لا تغير من TAM, TAL, TAAA, TME المحسوبة ولكن تحدد القدرة على تقليل الاختلافات وعمل مقارنة بين العينات. والتجارب الحديثة اوضحت أهمية تصحيح قيم TAE إلى ميزان نيتروجينى صفر (TAM n).

والخطوة الاولى في حسابات تصحيح طاقة الزرق (FE + UE) إلى ميزان نيترجينى صفر (FE n + UE n) كمايلى: (FE n + UE n) = (FE + UE) + K حيث:K = ثابت خاص بقياس محتوى الطاقة الكلية في نواتج الاخراج (الزرق) الناتج من هدم وحده الوزن لنيتروجين الجسم، IN = النيتوجين المأكول كمادة مختبرة، FN = نيتروجين البراز، UN = نيتروجين البول. (IN – FN – UN)

وللطيور الصائمة IN = صفر.

في معظم التقديرات (IN – FN – UN) K سالب وبالتالى فان (FE n + UE n) عادة أصغر من (FE + UE).

وأفضل تقدير لطاقة الزرق المصححة بالنيتروجين في حالة الطائر الصائم كما

يلى (Fm En + Ue En) وتحسب قيم TME كما يلى:

$$TMEn = IE - (FEn + UEn) + (Fm E + Ue En).$$

حيث IE = كمية الطاقة (المادة المختبرة) المأكولة للطائر.

إحتياطات:

القائمة التالية من الاحتياطات وقيم التقديرات على درجة عالية جدًا من الدقة وهذه القائمة تشمل معظم الاسباب الشائعة للقيم الأعلى والأقل من القيم الشائعة:

يجب أن تكون الطيور سليمة صحيًا.

يجب تغذية الطيور المشتركة في التقدير على نفس العليقة الحافظة بين التقديرات.

يجب الا تعتمد الطيور الطيور Grit-free في غذائها على وجود حصي.

المادة المختبرة يجب تقدير المادة الجافة فيها في وقت تجهيزها وتعبئتها كعينات وأيضًا عند تجهيزها لتغذية الطيور.

اذا كانت المادة المختبرة مترية أو هيجروسكوبية يجب تحميلها على Carrier عند التغذية ويجب أن يخضع هذا الـ Carrier للتقدير.

الطيور المشتركة في التقدير يجب أن تصوم لمدة كافية لتفريغ القناة الهضمية من بقايا الغذاء.

يزال الغذاء للصيام تمامًا (يلاحظ أن الأغذية الملتصقة بالاقفاص يتغذي عليها الطائر اذا كان لا يوجد امامة غذاء سوي ذلك الغذاء الملتصق بالقفص).

يجب امداد الطيور بالمياة نقية نظيفة للشبع.

ازالة بقايا الغذاء والريش من صواني جمع الزرق.

فترة جمع الزرق يجب أن تكون متساوية لجميع الطيور المشتركة في التقدير.

في حالة استخدام ديوك بالغة فان كمية الغذاء المأكول ٣٠-٤٠جم وفترة جمع الزرق ٤٨ ساعة تكون كافية.

في حالة استخدام طيور اخرى وبكمية غذاء مختلفة يجب عمل دور تمهيدى

للتجربة لمعرفة طول فترة الجمع للزرق.

جمع الزرق يجب أن يكون كميًا ومحاولة أن يكون نظيفًا خالي من بقايا الغذاء والريش.

الزرق الجاف يجب اتزانه ومعادلته مع رطوبة الجو أو العمل على ثبات رطوبته بين الوزن والتحليل.

أسباب زيادة القيم عن الطبيعى:

عدم تمام ازالة بقايا الغذاء من القناة الهضمية.

عدم تمام جمع الزرق وقد يوجد بقايا زرق لم تزل على صواني الجمع.

اخطاء الوزن أو تجهيز المادة المختبرة.

اخطاء في التحاليل.

أسباب انخفاض القيم عن الطبيعى:

الصيام الابتدائى ليس كافيًا وبقايا العليقة الحافظة قد تأتي من المادة المختبرة.

قد يأكل الطائر اثناء الصيام بعض البقايا الغذائية في الاقفاص.

قد يختلط بقايا الغذاء مع الزرق المجموع.

قد يختلط الريش مع الزرق المجموع.

اخطاء في التجهيز والتحليل.

مدى الاتاحة الحقيقية للأحماض الأمينية True Availabile Amino Acids (TAAA) التقدير الحيوي للطاقة التمثيلية الحقيقية (TME). مدى الاتاحة الحقيقية للأحماض الأمينية True Availabile Amino Acids (TAAA) تشمل هعمل تصحيحات للفقد التمثيلي والهدم الداخلي Correction for metabolic and endogenous losses والتي تقاس على الطيور الصائمة. ومدى صحة تلك التصحيحات غير ثابتة حيث أن الفقد التمثيلى والهدم الداخلى يتأثر بكمية ونوعية الغذاء المستهلك.

من خلال التقدير الحيوى للطاقة التمثيلية الحقيقية وجدت علاقة خطية بين الطاقة الخارجة في الزرق والغذاء المستهلك، كذلك وجد أن التغذية على دكستروز وزيت الذرة فإن كمية الطاقة الخارجه في الزرق تختلف عن الطاقة الخارجية في زرق الطيور الصائمة.

كذلك وجد علاقات خطية بين الحامض الامينى الخارج في الزرق والحامض الامينى في الغذاء. من خلال تقدير مدى الاتاحة الحقيقية للأحماض الأمينية. الاعتراضات الخطية (بين الخطوط) تطابق قيم الحصول عليها من الطيور الصائمه، وعند التغذية على الدكستروز بمفردة فان خروج الأحماض الأمينية في الزرق لا تتغير.

وعند اعادة تقييم البيانات المتحصل عليها بواسطة العالم Sibbald (1979) وجد أن الاعتراضات في انحدار الأحماض الأمينية المفرزة في الزرق على الأحماض الأمينية في الغذاء لاتختلف عن القيم المتحصل عليها في حالة الطيور الصائمة.

من خلال تلك المعلومات اقترح أن التصحيحات اللازمة للأغراض التطبيقية ممكن أن تقوم على أساس زرق الطيور الصائمة. وهناك تدعيم لذلك يأتى من التجارب التي اوضحت أن تخفيف مواد العلف (باستثناء الدهون) بعلائق معلومة قياسية Reference diets لا تتغير قيم TME لها. وحدثيًا وجد أن تناول الديوك البالغة Silica gel يزيد من طاقة الفقد التمثيلى والهدم الداخلي M+E energy output وأيضًا اضافة Silca gel إلى الذرة يقلل من قيم TME.

وهناك دليل أن M+E energy losses تتغير مع استمرارية فترة الصيام، وهذه المعلومة هامة جدًا عن التغيير في صورة العليقة. ومن الواضح أن الطيور الصائمه تعانى من الصيام بشدة بالمقارنة بالطيور العادية التي تصوم لمدة ٢٤ ساعة فقط ثم تتغذى على كمية قليلة من الغذاء.

وقد وجد أن التجارب التي تشتمل على فترة حمع الزرق ٢٤ ساعة، ٤٨ ساعة

فان قيم TME لمواد العلف التي تتخلص القناة الهضمية من بقاياها خلال ٢٤ ساعة لا تتغير معنويًا باستمرارية فترة جمع الزرق.

$$AAA\ (\%) = \frac{AA\ input - (AA\ output - Correction) \times 100}{AA\ input}$$

ويمكن حساب القيم الهضمية للبروتين الحقيقية (TPD True Protein Digestibility) وكذلك قيم الحامض الامينى المتاح الحقيقية (TAAA True Amino Acid Availability) بالمعادلات التالية:

True Protein Values (TPD) and True Amino Acid Availability (TAAA) for each amino acid were calculated using the following equations.

مدى الاتاجة الحقيقية للأحماض الأمينية = (الأحماض الأمينية المأكولة – (الأحماض الأمينية المفرزة في الزرق – معامل التصحيح)) / (الأحماض الأمينية المأكولة) × ١٠٠

$$TPD\ \% = \frac{PI\ (FPf - FPs)}{PI} \times 100$$

$$TAAA\ \% = \frac{AAi - (AAef - AAes)}{AAi} \times 100$$

TPD القيمة الهضمية للبروتين الحقيقية = (البروتين المستهلك في غذاء الطائر –(البروتين الخارج في الزرق–البروتين من زرق الطائر الصائم)) / (البروتين المستهلك في غذاء الطائر) × ١٠٠

TAAA% قيمة الحامض الامينى المتاح الحقيقية = (الحامض الامينى المستهلك في غذاء الطائر –(الحامض الامينى الخارج في زرق الطائر–الحامض الامينى في زرق الطاشر الصائم)) / (الحامض الامينى المستهلك في غذاء الطائر) × ١٠٠

البروتين والأحماض الأمينية Protein and Amino Acids:

البروتين مصطلح يشير عادة إلى البروتين الخام CP (يقاس محتوى البروتين الخام كمحتوى نتروجين ×٦,٢٥) في جداول الاحتياجات، والبروتين مطلوب في العليقة كمصدر للأحماض الأمينية (AAS) والتى تعتبر اللبنات الأساسية لتشكيل الجلد، والانسجة العضلية، والريش، والبيض، الخ.٠٠ تكون بروتينات الجسم في حالة ديناميكية مع التخليق والتحلل (الهدم) التي تحدث باستمرار، وبالتالي يحتاج إلى الأحماض الأمينية (AAS) الغذائية المأكولة وتكون بالكميات الثابتة والمضبوطة والمناسبة لتناول بروتين الغذاء غير مناسب (AAS) ينتج عنه انخفاض أو وقف للنمو أو الانتاجية والتداخل في وظائف الجسم الأساسية.

يوجد عدد ٢٢ حامض امينى في جسم الطائر، منها عشرة أساسيين essential AA (EAA) (الأحماض الأمينية الأساسية): الارجنين، ميثانونين، هستدين، فينايل آلانين، أيزوليوسين، ليوسين، ليسين، ثريونين، تربتوفان، والفالين أي لا يمكن تكوينها من قبل الجسم ويجب أن يكون مصدرها من العليقة. يكون حمض السستين وتيروزين شبة أساسيين semi-essential أي انها يمكن تكونها من الميثايونين والفينايل آلانين على الترتيب، والأحماض الباقية غير أساسية non-essential AA (NEAA) ويمكن أن يكونها الجسم.

حامض الميثايونين هام في تكوين الريش وبشكل عام، هو الحامض الامينى المحدد الاول The first limiting AA ولذلك، فإنه يجب أن يكون على المستوى الصحيح في العليقة، مستوى الحامض الامينى المحدد الاول في العليقة يحدد عادة امكانية استخدام الأحماض الأمينية الأخرى. اذا كان الحامض الامينى المحدد الأول يوجد فقط بنسبة ٥٠% من الاحتياجات فان كفاءة استخدام الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى سوف تكون محددة بنسبة ٥٠%، وهذا يفسر مفهوم لماذا لا يصاحب نقص افراد الأحماض الأمينية علامات نقص معينه وأى نقص في حامض

امينى أساسى EAA ينتج عنه نقص عام في البروتين، تكون العلامة الأساسية عادة انخفاض في الماكول من العليقة مصحوبة بزيادة في هدر العليقة، وضعف النمو والانتاج وغير اقتصادى. ولا يخزن الزيادة في الأحماض الأمينية في الجسم ولكنها تخرج في البول كمركبات نتروجينية. وعلى الرغم من احتياجات البروتين في حد ذاته لم يعد مناسبًا في جداول الاحتياجات فإن اشتراط الإحتياج الغذائي لكل من البروتينات والأحماض الأمينية الأساسية يكون وسيلة ملائمة لتأكيد أن كل الأحماض الأمينية التي يحتاج إليها فسيولوجيًا يجب توفيرها بنسب صحيحة في العليقة (NRC, 1994) في معظم علائق الدواجن، جزء من كل الأحماض الأمينية التي تكون موجودة لاتكون متاحة بيولوجيًا للحيوان، هذا لأن معظم البروتينات لاتهضم بصورة كاملة ولا تمتص الأحماض الأمينية بصورة كاملة، الأحماض الأمينية في بعض البروتينات مثل البيض أو اللبن تكون تقريبًا متاحة حيويًا بالكامل، في حين تلك التي في البروتينات الآخرى مثل بذور نباتات معينه تكون اقل في الاتاحة البيولوجيهً، ولهذا فإن الدقة تكون اكثر عند التعبير عن احتياجات الأحماض الأمينية AA بمصطلحات الاتاحة البيولوجية (أو القابليه للهضم) للأحماض الأمينية.

تختلف الاحتياجات من البروتين والأحماض الأمينية تبعًا للعمر ومرحلة التطور، ويحتاج دجاج اللحم لاحتياجات كبيرة من الأحماض الأمينية لتلبية احتياجات النمو السريع وترسيب الانسجة احتياجات الديوك التامة النمو اقل في الاحتياجات للأحماض الأمينية من دجاج وضع البيض، على الرغم من حجم اجسامها أكبر واستهلاكها من العلف مماثل، ويحدد حجم الجسم، معدل النمو، وانتاج البيض جينات الطيور، وبالتالى فإن احتياجات الأحماض الأمينية تختلف أيضًا بين الأنواع وسلالات الدواجن، وعادة تكون الاحتياجات الغذائية للأحماض الأمينية والبروتين نسب من العليقة، ومع ذلك فان مستوى استهلاك العلف يجب أن يؤخذ في الحسبان لضمان مناسبة المستهلك الاجمالى من البروتين والأحماض الأمينية قيم الاحتياجات من البروتين والأحماض

الأمينية الواردة في NRC (1994) مناسبة للدواجن التي تربى في درجة حرارة معتدلة (١٨ – ٢٤°م) واذا كانت درجات الحرارة خارج هذا النطاق قد تسبب في احداث استجابة عكسية في استهلاك العلف، مثال ذلك أن انخفاض درجة الحرارة، يزيد من استهلاك العلف والعكس بالعكس (NRC, 1994) وبالتالى، فان المستويات الغذائية من البروتين والأحماض الأمينية تعمل على تلبية الاحتياجات التي ينبغى أن تزيد في البيئات الحارة وتنخفض في البيئات الباردة، وفقًا للإختلافات المتوقعة في المستهلك من الغذاء وتهدف هذه التعديلات للمساعدة على ضمان المأكول اليومى من الأحماض الأمينية.

لتحقيق الآداء الأمثل يجب توفير الكميات الكافية من الأحماض الأمينية الأساسية (EAA) والطاقة الكافيه والمركبات الغذائية الضرورية الاخرى في العليقة، تفترض القيم المطلوبة من البروتين الخام (CP) من قبل (NRC, 1994) أن عليقة الاذرة/الصويا ذات معامل هضم مرتفع. من المستحسن ضبط القيم المستهدفة الغذائية عندما تكون العلائق مؤسسة على مواد علف منخفضة في معاملات الهضم وقد قدرت الاتاحة البيولوجية للأحماض الأمينية الأساسية في مدى واسع بواسطة الطريقة الابتدائية بقياس نسبة الأحماض الأمينية الغذائية التي اختفت من القناة الهضمية عند وصول المادة المهضومة في نهاية اللفائفي باستخدام الطيور المعاملة جراحيًا. مع ذلك تكون تفسير البيانات معقدة بعض الشيء. القيم المقاسة بواسطة هذه الطريقة يكون الأصح تسميتها معاملات هضم اللفائفي ileal digestibilities بدلًا من الإتاحة البيولوجية bioavailabilities لأن امتصاص الأحماض الأمينية AAS يكون احيانًا في صورة لا يمكن استخدامها بالكامل في عملية التمثيل الغذائي، وعلاوة على ذلك ما لم يتم تصحيح المفقودات من الأحماض الأمينية الجسميه، تكون القيم ظاهرية أكثر من حقيقية، تقديرات الاحتياجات تؤسس على افتراض أن الـ profile بروفيل الأحماض الأمينية الأساسية المتاحة حيويًا يجب أن تظل ثابتة نسبيًا خلال جميع مراحل النمو، وان البروفيل يختلف قليلًا ليكون اكثر ملائمة لإنتاج البيض، البروفيل المطلوب يسمى البروتين المثإلى ideal protein (IP). يقل الإحتياج من البروتين

الخام عندما يقترب طرز الأحماض الأمينية الأساسية في الغذاء من التي في البروتين القياسى (IP). والأقرب في تركيب الأحماض الأمينية الأساسية (EAA) الموجودة في العليقة من تركيب البروتين القياسى (IP)، هو الأكثر كفاءة في الاستفادة من العليقة والأقل في مستوى النتروجين المفرز. تستخدم الطاقة أيضًا اكثر كفاءة عند هذه النقطة ومن ثم تكون الاستفادة من كل من البروتين والطاقة يكونا إلى اقصى حد.

استعرض Van Cauwenberghe and Burnham (2001) and Firman and Boling (1998) تقديرات مختلفة من النسب المثالية للأحماض الأمينية الأساسية AAS في علائق دجاج التسمين، الدجاج البياض والرومى على أساس المهضوم من الأحماض الأمينية AAS وحامض الليسين كحامض امينى محدد اول جدول (٧٠). مواد العلف الرئيسية في علائق الدواجن هي الحبوب النجيلية (cereal grains) مثل الاذرة، الشعير، القمح، والسورجم وعادة توضع بنسبة ٣٠-٦٠% كاحتياجات كلية من الأحماض الأمينية، ويجب استخدام مصادر اخرى للبروتين مثل مسحوق كسب فول الصويا ومسحوق الكانولا canola meal لتأمين اوضمان الكميات الكافية والتوازن السليم للأحماض الأمينية الأساسية AAS. ويعتبر مستويات البروتين ضرورية لتوفير مأكول مناسب كافي للطائر من الأحماض الأمينية الأساسية AAS وسوف يعتمد على مواد العلف المستخدمه. مواد العلف التي تحتوي على نوعية عالية من البروتين (نمط من الأحماض الأمينية مشابهة لاحتياجات الطيور) أو مخلوط من مواد العلف الذى فيه نمط الأحماض الأمينية لأحد الانماط مكملة للنمط الآخر لضمان توفير الاحتياجات من الأحماض الأمينية الأساسية بأقل مستويات من البروتين الغذائي عن مواد العلف مع أقل الأحماض الأمينية نمطًا مطلوبًا. وهذا امر هام اذا كان احد الاهداف هو تقليل افراز النتروجين.

جدول رقم (٧٠): التقدير المثالى لنمط الأحماض الأمينية الغذائية لدجاج التسمين منسوبًا إلى الليسين في ١٠٠

الأحماض الأمينية	NRC, 1994	Baker and Han, 1994	Lippens et al., 1997	Gruber, 1999	Mack et al., 1999
ليسين	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
أرجنين	١١٤	١٠٥	١٢٥	١٠٨	ND
ايزوليوسين	٧٣	٦٧	٧٠	٦٣	٧١
ميثايونين	٤٦	٣٦	ND	٣٧	ND
ميثايونين + سيستين	٨٢	٧٢	٧٠	٧٠	٧٥
ثريونين	٧٣	٧٠	٦٦	٦٦	٦٣
تربتوفان	١٨	١٦	ND	١٤	١٩
فالين	٨٢	٧٧	ND	٨١	٨١

***– النتروجين المهضوم = غير مقدر.**

جدول رقم (٧١): تقدير النمط المثإلى للأحماض الأمينية الغذائية لدجاج البيض، منسوبًا إلى الليسين في ١٠٠

الأحماض الأمينية	NRC, 1994	CVB, 1994	ISA, 1996/97	MN, 1998
ليسين	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
أرجنين	١٠١	ND	ND	١٣٠
ايزوليوسين	٩٤	٧٤	٨٢	٨٦
ميثايونين	٤٣	٤٥	٥١	٤٩
ميثايونين + سيستين	٨٤	٨٤	٨٨	٨١
ثريونين	٦٨	٦٤	٧٠	٧٣
تربتوفان	٢٣	١٨	٢٢	٢٠
فالين	١٠١	٨١	٩٣	١٠٢

***- النتروجين المهضوم = غير مقدر.**

جدول رقم (٧٢): التقدير المثإلى لنمط الأحماض الأمينية الغذائية لبادئ دجاج البيض، منسوبًا إلى الليسين في ١٠٠

الأحماض الأمينية	
ليسين	١٠٠
أرجنين	١٠٥
هستدين	٣٦
ايزوليوسين	٦٩
ليوسين	١٢٤
ميثايونين + سيستين	٥٩
فينايل الانين + تيروزين	١٠٥
ثريونين	٥٥
تربتوفان	١٦
فالين	٧٦

بروفيل الأحماض الأمينية الأساسية AAS في مادة العلف يكون هو المحدد الرئيسى من قيمته بوصفة مصدر البروتين اذا كان البروفيل قريب إلى المحتوى في البروتين المثالي IP (كما هو الحال في الاسماك واللحوم)، فانه يعتبر ذات جودة عالية من البروتين تصحيح تكوين النظام الغذائي للعليقة يضمن أن الأحماض الأمينية الأساسية الغذائية (يفضل على أساس الاتاحة البيولوجية) تكون أقرب إلى البروتين المثإلى IP بقدر الامكان ومع الحد الادنى من زيادة الأحماض الأمينية الأساسية. الاحتياجات من الأحماض الأمينية المحسوبة في الجدول، على أساس مفهوم البروتين المثإلى IP (NRC, 1994). العوامل التي تؤثر على مستوى استهلاك العلف لها تأثير على الاحتياجات، الحد من المستهلك من الغذاء المتوقع يتطلب زيادة تركيز الأحماض الأمينية الأساسية في الغذاء وتبعًا لذلك يمكن تخفيض تركيز الأحماض الأمينية الأساسية عند زيادة المستهلك من الغذاء.

الطرق المختلفة لتقييم البروتين:

إتضح ضرورة تقييم مادة العلف قبل التغذية عليها بدءًا بإجراء تجربة الهضم وتقدير معامل هضم المركبات الغذائية المختلفة ثم تقدير ميزان النتروجين ثم تقدير محتوي مادة العلف من الطاقة الفسيولوجية النافعة سواء الظاهرية AME أو الحقيقة TME. واستكمالًا للموضوع نستعرض فيما يلي كيفية تقيم الحتوي البروتيني لمادة العلف وخاصة عندما تكون من مواد العلف المركزة مصدر البروتين سواء كانت من أصل نباتي أو من أصل حيواني. وهناك العديد من الطرق المستخدمة لتقييم البروتين نوجزها فيما يلي:

أولًا: طرق تعتمد على تقدير وحساب كمية النتروجين المحتجز داخل الجسم:

ميزان الأزوت Nitrogen Balance (N.B):

حيث تقدر النتروجين في كل من الغذاء المأكول والزرق الجاف الخارج من خلال تجربة هضم ثم يحسب النتروجين المحتجز كنسبة مئوية من النتروجين الماكول.

مثال:

طائر يأكل في المتوسط ١٠٠جم/اليوم من غذاء يحتوي على ٢٠% من البروتين الخام ويخرج زرق جاف متوسطة ٢٥جم/اليوم ويحتوي على ١٤% بروتين خام. احسب النسبة المئوية للنيتروجين المحتجز بالجرام (ميزان الأزوت%).

الحل:

مقدار النتروجين المأكول في الغذاء= (١٠٠×٢٠)÷(١٠٠×٦,٢٥)= ٣,٢٠ جم/اليوم.

مقدار النتروجين الخارج في الزرق الجاف = (٢٥×١٤) ÷ (١٠٠×٦,٢٥) =٠,٥٦ جم/اليوم.

مقدار النتروجين المحتجز بالجسم = ٣,٢٠ –٠,٥٦ =٢,٦٤ جم/اليوم.

النسبة المئوية لميزان الأزوت = (٢,٦٤ × ١٠٠) ÷ (٣,٢٠) = ٨٢,٥%.

القيمة الحيوية للبروتين Biological Value (B.V):

وتقدر من خلال اجراء تجربة الهضم. ويعبر عنها بالنسبة المئوية للنيتروجين المحتجز داخل الجسم منسوبًا الي مقدار المهضوم من نيتروجين الغذاء.

B.V (apparent) = (النتروجين المأكول – النتروجين الخارج في الزرق) × ١٠٠/ (النتروجين المأكول – النتروجين الخارج من الروث)

وهنا يتطلب الأمر فصل الروث أو نيتروجين الروث من الزرق الجاف.

والقيمة الحيوية (B.V) المقدرة بالطريقة السابقة يطلق عليها لفظ القيمة الحيوية الظاهرية Apparent حيث لم يؤخذ في الاعتبار مقدار النتروجين الخارج في كل من الروث والبول ومصدرهما جسم الطائر نفسه ويسمي الجزء الخارج في الروق نيتروجين الروث التمثيلي (FMN) أو Fecal Metabolic Nitrogen أما الجزء الثاني فيسمي نيتروجين البول الداخلي Urinary Endogenous Nitrogen (UEN) وعند أخذهما في الاعتبار كما في المعادلة التالية نحصل على القيمة

الحيوية الحقيقية True.

B.V (True) = [النتروجين المأكول – (نيتروجين الروث – FMN) + (نيتروجين البول – UEN)] × ١٠٠ / [النتروجين المأكول – (نيتروجين الروث – FMN)].

وكما يتضح من المعادلة في حساب القيمة الحيوية الظاهرية لا بد من فصل نيتروجين الروث من الزرق الجاف بالطرق الكيماوية السابق توضيحها عند اجراء تجربة الهضم. كما يتطلب الأمر أيضًا معرفة مقدار كل من FMN، UNE. وفيما سبق كان من السهل حساب الـ FMN على أساس نصف جرام نيتروجين لكل ١٠٠ جرام من المادة الجافة المأكولة أما الجزء الثاني وهو UEN فيساوي ٠,١٤٦ × (وزن الجسم) ٠,٧٥ وحديثًا يمكن تقدير جزئي النتروجين الخارج في الزرق (FMN، UEN) من خلال تجربة هضم يستخدم فيها مجموعة من الطيور الصائمة Fasted أو (no feed) مع تقديم ماء الشرب لها بحرية كاملة كما سبق ذكره عند تقدير الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية TME. وفي هذه الظروف يحتوي الزرق الجاف للطيور الصائمة على كل من نيتروجين الروث FME ونيتروجين البول UEN ومصدرهما جسم الطائر نفسه.

القيمة الاحلالية للبروتين Replacing value (R.V):

وتعبر هذه القيمة (R.V) عن مدى احلال مادة العلف المختبرة محل مادة علف أخري قياسية مثل كازين اللبن أو البيومين البيض Standard ذات المحتوي البروتيني الجيد أو عالي الجودة. وفي هذه الطريقة يستخدم مجموعتين من الطيور متماثلين تمامًا وتحت نفس الظروف حيث تغذي إحدي المجموعتين على مادة العلف المختبرة وتغذي الأخري على مادة العلف القياسية Standard بشرط تساوي مقدار البروتين المأكول للجموعتين. ومن خلال حساب مقدار النتروجين المحتجز بالجسم وكذلك النسبة المئوية لميزان الآزوت يمكن القيمة الاحلالية (R.V) للبروتين في مادة العلف المختبرة.

مثال:

النتائج التالية توضح إجراء تجربة هضم لتقدير القيمة الاحلالية للبروتين في مادة علف (س) باستخدام مجموعتين من الطيور تغذت الأولي على الكازين Casein (مادة قياسية) والمجموعة الثانية على مادة العلف المختبرة (س) كما في التالي.

الجدول رقم (٧٣):

	مجموعة الكازين (القياسية)	المجموعة (س) (المختبرة)
مقدار الغذاء المأكول جم/الطائر/اليوم	٧٥	١٠٠
% بروتين الخام في الغذاء	٨٠	٦٠
مقدار الزرق الجاف جم/الطائر/اليوم	٢٠	٢٥
% للبروتين الخام في الزرق	١٥	١٨

والمطلوب تحديد إلى أي مدي يمكن للمادة الغذائية المختبرة (س) أن تحل محل الكازين أو حساب القيمة الإحلالية لمادة العلف المختبرة (س).

جدول رقم (٧٤): الحل

	مجموعة الكازين (القياسية)	المجموعة (س) (المختبرة)
مقدار البروتين المأكول جم/اليوم	(٧٥×٨٠)÷١٠٠ =٦٠	(١٠٠×٦٠)÷٦٠ =٦٠
مقدار النتروجين المأكول جم/اليوم	(٦٠ ÷٦,٢٥) =٩,٦	(٦٠ ÷٦,٢٥) =٩,٦
مقدار البروتين الخارج جم/اليوم	(٢٠×١٥) ÷ ١٠٠ =٣	(٢٥×١٨) ÷ ١٠٠ =٤,٥
مقدار النتروجين الخارج جم/اليوم	(٣÷٦,٢٥) = ٠,٤٨	(٤,٥ ÷٦,٢٥) =٠,٧٢
مقدار النتروجين المحتجز جم/اليوم	٩,٦-٠,٤٨=٩,١٢	٩,٦-٠,٧٢ = ٨,٨٨
% ميزان الأزوت	(٩,١٢ ×١٠٠)÷(٩,٦) =٩٥%	(٨,٨٨×١٠٠)÷ ٩,٦=٩٢,٥ %

وعلي ذلك فإن القيمة الإحلالية = ١٠٠-١٠٠[(ميزان الأزوت (St.) – ميزان الأزوت (س)]

النتروجين المأكول = ١٠٠-١٠٠ (٩٥-٩٢,٥) / (٩,٦) = ٧٤%.

وهذا الرقم ٧٤% يعني أن المادة المختبرة (س) يمكن أن تحل محل ٧٤% من المادة القياسية Standard أو الكازين للحصول على نمو جيد للطيور أي دون أي تأثير سلبي على النمو وذلك كحد أقصى للإحلال.

ثانيًا: طرق تعتمد على تقدير المحتوى الكلي للجسم من النتروجين:

الاستفادة الصافية للبروتين (NPU) Net Protein Utilization:

في هذه الطريقة يستخدم مجموعتين من الطيور متماثلتين تمامًا. تغذي إحدي المجموعتين على مادة العلف المختبرة (س) أما المجموعتين على مادة العلف المختبرة (س) أما المجموعة الأخري فتتغذى على غذاء خالي تمامًا من النتروجين ويسمي (NFD Nitrogen Free Diet) وذلك بغرض التعرف على مقدار النتروجين اللازم لحفظ الحياة Maintenance.

ومن اهم شروط إجراء هذا التقدير الا يزيد محتوي الغذاء المختبر (س) من البروتين الكلي عن ١٣% وذلك لوجود تناسب عكسي بين البروتين الكلي في الغذاء وقيمة الاستفادة الصافية من محتواه البروتيني NPU حيث ثبت بالتجارب العملية انخفاض قيم الاستفادة الصافية للبروتين NPU بزيادة محتوي البروتين في الغذاء عن ١٣% وقد أكدت الدراسات أيضًا أن أفضل تقدير لقيمة الـ NPU يكون عن مستوي ١٣% من بروتين الغذاء، وفي هذه الطريقة تغذي المجموعتين من الطيور لمدة ١٤ يوم ثم تخنق Killed وتجفف بالـ Freeze Dry ثم يقدر النتروجين الكلي في جسم طيور كل من المجموعتين.

% NPU = ١٠٠ [(محتوي الجسم من النتروجين الكلي (س) – (محتوي الجسم من النتروجين الكلي (NFD)]/النتروجين المأكول في المجموعة (س).

كفاءة البروتين المحتجز (PRE) Protein Retention Efficiency:

في الطريقة السابقة وبدلًا من قتل الطيور Killing وتقدير المحتوي الكلي لنيتروجين الجسم عمليًا.. يمكن فقط تسجيل متوسط وزن الطيور في كل من المجموعتين قبل وبعد نهاية فترة التغذية. ثم تحول الزياة في الوزن (في المجموعة س) أو الفقد في الون (في المجموعة NFD) الي ما يساوية أو يقابلة من نيتروجين داخل الجسم وذلك بمعلومية محتوي الجسم من البروتين الخام وهو في المتوسط = ١٨%.

% PRE = [(الزيادة في وزن الجسم(س)–الفقد في الوزن (NFD)] × ٠,١٨ × ١٠٠ / البروتين المأكول (س).

ثالثاً: طرق تعتمد على النمو:

الكفاءة الغذائية للبروتين PER) Protein Efficiency Ratio):

وهي عبارة عن النسبة بين الزيادة في وزن الجسم ومقدار البروتين المأكول فيى فترة محددة. حيث يقدم لمجموعة من الطيور غذاء عادي متكامل ويغطي كل الاحتياجات الغذائية وذلك لمدة اسبوعين ثم يحدد متوسط وزن جسم الطائر الحي (نقطة البداية). بعد ذلك يقدم لنفس مجموعة الطيور الغذاء المختبر (س) بشرط احتواء هذا الغذاء المختبر على ١٠٠% فقط من مادة العلف المراد تقييمها حيث أثبتت الدراسات وضوح التأثير الإيجابي أو السلبي للبروتين في مادة العلف المختبرة (س) عند المستوى المنخفض منه بينما يختفي هذا التأثير تمامًا عند استخدام المستويات العالية للبروتين. ثم تستمر التغذية لمدة ١٤ يومًا بعدها يقدر أيضًا متوسط وزن الجسم الحي لمجموعة الطيور وكذلك مقدار البروتين المأكول في هذه الفترة.

PER = (الزيادة في متوسط وزن الجسم في الفترة من ١٤–٢٨ يوم) ÷ (البروتين الماكول في هذه الفترة).

الكفاءة الكلية للبروتين TEP) Total Protein Efficiency):

تتشابة هذه الطريقة الي حد كبير مع الطريقة السابقة (PER) وفيها تستخدم مجموعة من الطيور ويقدم لها غذاء عادي متكامل يحتوي على ٢١% من البروتين الخام وذلك من عمر الفقس (عمر يوم) حتي عمر (١٤يوم). ثم تغذي الطيور بدءًا من هذا العمر (١٤ يوم) ولمدة اسبوعين (عمر ٢٨ اسبوع) على الغذاء المختبر (س) بشرط احتواؤه على ١٨% من البروتين الخام على أن يكون ثلثي هذه القيمة (١٢%) من الغذاء المختبر (س) والثلث المتبقي (٦%) من الحبوب ومخلفاتها. بعد

انقضاء المدة توزن الطيور ويحسب متوسط وزن الجسم الحي للطائر.

TPE = (الزيادة في وزن الجسم في الفترة من ١٤–٢٨ يوم) ÷ (البروتين المأكول في هذه الفترة).

تقييم البروتين بتقدير محتواه من الأحماض الأمينية الضرورية:

يقدر محتوي مادة العلف (س) من البروتين ثم محتوي البروتين من الأحماض الأمينية. ومن هذه التقديرات يمكن حساب القيم التالية:

دليل الأحماض الأمينية الضرورية Essential Amino Acid Index (EAAI):

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{aa1}{AA1} x \frac{aa2}{AA2} x \frac{aa3}{AA3} x............\frac{aa_n}{AA_n}}$$

حيث aa:% للأحماض الأمينية في مادة العلف المختبرة (س)، AA:% للأحماض الأمينية في مادة قياسية (بروتين قياسي) كالكازين، n الحماض الأمينية المقدرة.

وقد وجد بالدراسة ارتباط قوي وعالي المعنوية Highly positive correlation بين الـ (EAA) والقيمة الحيوية للبروتين (B.V) بغض النظر عن نوع البروتين القياسي المستخدم سواء كان كازين أو البيومين كما في المعادلات التالية:

B.V. = 1.0747 (EAAI) – 13.74 (r= +0.948)

B.V. = 1.1403 (EAAI) – 8.415

B.V. = 1.0900 (EAAI) – 11.73

الدليل الكيماوي للبروتين: Chemical Score

هو عبارة عن النسبة بين % لكل حامض أميني في الغذاء المختبر (س) وما يقابلها من % لفس الحامض الاميني في البروتين القياسي Standard مثل الكازين. وبعد ذلك يعرف أقل حامض أميني تواجدًا بالحمض الاميني المحدد الأول FLAA أو

First Limiting Amino Acid والذي يلية يسمى SLAA أو Second Limiting Amino Acid والثالث في الترتيب يسمى TLAA وهكذا. وهذه تعطي صورة واضحة عن محتوى المادة المختبرة (س) من الأحماض الأمينية المحددة Limiting خاصة عند استخدامها في التغذية حيث يكون الاهتمام بتغطيتها في المقام الأول تجنباً لأي آثار سلبية على النمو والآداء الانتاجي بوجة عام.

مثال:

عند تقييم مادة علف (س) أُجريت التجارب العملية والتحليلات الكيماوي اللازمة مع المقارنة بمادة أخري قياسية Standard (ST.) وكانت النتائج التالية:

جدول رقم (٧٥):

	المادة المختبرة (س)	المادة القياسية (St.)
مقدار الغذاء المأكول جم/الطائر/اليوم	١٨٠	١٠٠
مقدار الزرق الجاف جم/الطائر/اليوم	٦٠	٢٠
% للبروتين الخام في الغذاء	٥٠	٩٠
% للبروتين الخام في الزرق	١٥	٤,٥
% الليسين	٢,٧	٧,٢
% المثيونين	٢,٢	٨,٠
% الفالين	٤,٥	٩,٠
% الأرجنين	١,٩	٢,٥
% التربتوفان	٥,١	٧,٥

والمطلوب:

الي أي مدي يمكن أن تحل المادة (س) محل المادة القياسية (St.).

احسب الـ Chemical Score أو الدليل الكيماوي للبروتين.

حدد الأحماض الأمينية المحددة الأول والثانى والثالث.

جدول رقم (٧٦):الحل

	المادة المختبرة (س)	المادة القياسية (.St)
مقدار البروتين المأكول	(١٨٠×٥٠)÷١٠٠ =٩٠ جم	(١٠٠×٩٠)÷١٠٠ = ٩٠ جم
مقدار النتروجين المأكول	(٩٠÷٦,٢٥) = ٦١٤,٤ جم	(٩٠÷٦,٢٥) = ١٤,٤ جم
مقدار البروتين الخارج	(٦٠×١٥) ÷ ١٠٠ = ٩,٠ جم	(٢٠×٤,٥) ÷ ١٠٠ =٠,٩ جم
مقدار النتروجين الخارج	(٩÷٦,٢٥) = ١,٤٤ جم	(٠,٩÷٦,٢٥) =٠,١٤٤ جم
مقدار النتروجين المحتجز	١٤,٤–٠,٤٤= ١٢,٩٦ جم	١٤,٤–٠,١٤٤= ١٤,٢٥٦ جم
% لميزان النتروجين	(١٢,٩٦×١٠٠)÷(١٤,٤) = ٩٠%	(١٤,٢٥٦×١٠٠)÷١٤,٤ = ٩٩%
القيمة الإحلالية (R.V)	١٠–١٠٠ (٩٩–٩٠)÷١٤,٤ = ٣٧,٥%	

أي أن المادة المختبرة (س) يمكن أن تحل محل ٣٧,٥% من المادة القياسية دون أي تأثير يُذكر على النمو ووزن الجسم. مثل هذه النتائج يكون لها فائدة اقتصادية عالية وهامة وخاصة عن ارتفاع اسعار مواد العلف ونقصها في الاسواق ويصبح الاختيار للأفضل من الناحيتين الغذائية والاقتصادية في نفس الوقت.

الليسين = (٢,٧ ÷ ٧,٢) × ١٠٠ = ٣٧,٥ %.

الفالين = (٤,٥ ÷ ٩) × ١٠٠ = ٥٠%.

الميثونين = (٢,٢ ÷ ٨,٠٠) × ١٠٠ = ٢٧,٥%.

الأرجنين = (١,٩ ÷ ٢,٥) × ١٠٠ = ٢٧,٥ %.

التربتوفان = (٥,١ ÷ ٧,٥) × ١٠٠ = ٦٨%.

وعلي أن يكون الـ Chemical Score هو القيمة الغذائية للحمض الأمينى الأكثر نقصاً The greastest deficit = ٢٧,٥%.

والحمض الأميني المحدد الأول هو الـ Methionine.

والحمض الأميني المحدد الثاني هو الـ Lysine.

والحمض الأميني المحدد الثالث هو الـ Valine.

الليسين المتاح (المستفاد به) Available Lysine:

معظم البروتينات التي تستخدم في التغذية من نوع البروتينات النباتية وعليه ما يستخرج منها الزيوت بالمعاملات الحرارية والتي تؤثر سلبًا على جودة هذه البروتينات. تحتوي هذه البروتينات أيضًا على جزء كربوهيدراتي مختزل والذي يرتبط تحت تأثير المعاملات الحرارية بمجموعة الأمين الحرة في الأحماض الأمينية مثل الليسين بتفاعل يسمي التفاعل البني أو Browning or Milard reaction ونتيجة لهذا التفاعل أو هذا الارتباط تتكون رابطة قوية وتصبح مقاومة للتحلل أو الهضم الانزيمي وبذلك تقل بل تنعدم الاستفادة من هذه الأحماض الأمينية المرتبطة. ومن الطرق المعملية المتخصصة التي يمكن بها قياس مدي الاستفادة من هذه الأحماض الأمينية وبالتالي تقييم البروتين المحتوي عليها هي طريقة تقدير الليسين المتاح أو الذي يمكن أن يستفيد به الطائر وتسمي Available Lysine وتعزى إلى العالم Carpenter.

وفي هذه الطريقة يتم التفاعل بين مجموعة الامين الحره epsiton في البروتين المختبر (س) والجوهرة الكشاف 1-Fluoro, 2.4 dinitro benzene (FDNB) لتتكون مشتقات الـ Dinitro phenyl للحمض الاميني ليسين والموجودة بصورة حرة وغير مرتبطة (قابل للإستفادة منه) هذه المشتقات الناتجة مركبات ذات لون أصفر يتم استخلاصها بالمذيبات العضوية مثل الايثير Ether ثم يقدر لونيها باستخدام اجهزة قياس الألوان والتي تعتمد أساسا على Peer`s Law حيث يوجد تناسب طردي بين شدة اللون وتركيز أو محتوى المادة المختبرة (س) من الليسين الحر available.

ومن تقدير الليسين الكلي في البروتين المختبر وما سبق من تقدير الليسين المتاح بطريقة FDNB يتضح لنا الجزء المتبقي أو الفرق بينهما وهو عبارة عن الليسين الذي ارتباط مع الكربوهيدرات عن طريق التفاعل البني Browning reaction وأصبح غير مستفاد به نتيجة المعاملات الحرارية المستخدمة لتجهيز

البروتين المختبر للإستخدام في التغذية.

وهناك طرق حديثة تستخدم الآن لتقدير الـ lysine availability وهي طرق معملية ايضاص تعتمد أساسا على الهضم الانزيمي باستخدام انزيمات هضم البروتين مثل الببسين Pepsin بتركيز ٠,٢%.

الاحتياجات من المركبات الغذائية Nutrient Requirements:

تختلف حيوانات المزرعة في قدرتها على تحويل بروتين الغذاء مثلاً إلى بروتين صالح للإستهلاك الآدمي. فقد وجد مثلًا أن ٣٢,٥% من بروتين الغذاء يتحول إلى بروتين صالح لتغذية الانسان على صورة لبن، ٢٣% على صورة بيض، ١٦,٤% على صورة لحم، كما موجد كثير من الباحثين أن كفاءة الدجاجة في تحويل طاقة الغذاء إلى طاقة في البيض تتساوي تقريبًا مع قرة البقرة في تحويل طاقة الغذاء الي طاقة في اللبن، هذا دون الأخذ في الاعتبار مقدار الطاقة اللازم لحفظ حياة الدجاجة. أما إذا أخذ هذا الجزء في الإعتبار فإن الكفاءة التحويلية لطاقة الغذاء في الدجاجة تصل إلى نصف الكفاءة التحويلية لطاقة الغذاء في البقرة جديدة الادرار وهذا يرجع لعدة اعتبارات نذكر منها ما يلي:

تتم جميع العمليات الحيوية في الدجاج بسرعة مرتفعة نسبياً عن باقي حيوانات المزرعة مثل التنفس والدورة الدموية ومعدل النبض وغيرها.

درجة حرارة جسم الدجاجة أعلي من البقرة بمعدل ١٠°ف وهذا يتطلب زيادة في النشاط وعمليات التمثيل الغذائي لامداد الجسم بالطاقة اللازمة لتعويض المفقود من الجسم بالاشعاع radiation.

الدواجن اسرع من باقي حيوانات المزرعة في الاستجابة للمؤثرات المحيطة بالبيئة.

دورة حياة الدجاج أسرع نسبياً من باقي حيوانات المزرعة ومبكرة في النضج الجنسي مما يجعلها تتضاعف في الوزن في فترة زمنية قصيرة.

تركيب البيض مثلاً أكثر تعقيداً من تركيب اللبن.

عند تحويل طاقة الغذاء إلى طاقة في البيض (على صورة دهن) فإن المنصرف أو المفقود من الطاقة في هذه العملية يتجاوز المفقود من الطاقة عند تحويل طاقة الغذاء إلى طاقة صافية في اللبن.

انتاج وحدة الطاقة (الكالوري) في البيضة يتطلب وقتاً اطول من الوقت اللازمة لإنتاج وحدة الطاقة (الكالوري) في اللبن.

نظراً لصغر حجم الدجاجة مقارنة بحجم البقرة فإن النسبة بين مسطح الجسم:الوزن في الدجاج أكبر من هذه النسبة في البقرة وعلى ذلك يزيد معدل الحرارة المفقوة من الجسم بالاشعاع في الدواجن عن الابقار.

كل هذه الاعتبارات تجعل احتياجات الدجاج من الطاقة اللازمة لحفظ الحياة والانتاج أعلي نسبياً عن مثلاتها في باقي حيوانات المزرعة.

حساب الاحتياجات من المركبات الغذائية:

تتقسم الاحتياجات الغذائية إلى قسمين رئيسين هما:

الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة Maintenance:

وتعتمد في حسابها على وزن الجسم أو بمعنى آخر حيز الجسم التمثيلي Metabolic body size.

الاحتياجات اللازمة للإنتاج Production:

هذه الاحتياجات يمكن تقديرها لكل من الطاقة Energy والبروتين Protein والعناصر المعدنية مثل الكالسيوم وغيرها من المركبات الغذائية.

أولاً: الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة Maintenance:

من الطاقة أو المجهود الفسيولوجي النافع Metabolizable Energy (ME)

يعتمد تقرير احتياجات حفظ الحياة من الطاقة على تقدير ما يسمي بالتمثيل القاعدي للطاقة Basal Metabolism(BM) :

BM: هو أقل قدر من الطاقة تلزم لحفظ درجة حرارة الجسم ثابته طوال ٢٤ ساعة وجعل ميزان الطاقة متعادلًا.

ويقدر التمثيل القاعدي للكائن الحي تحت ظروف معينة هي:

٧- أن يكون الطائر قبل اجراء التمثيل الغذائي القاعدي له في حالة صحية وغذائية جيدة بمعني ألا يعاني من أي أعراض مرضية أو اعراض نقص غذائي.

٨- أن يُقدر التمثيل القاعدي في ظروف حرارية محايدة Zone of thermal neutrality لأن ارتفاع الحرارة أو انخفاضها في الظروف البيئية المحيطة بالطائر تؤدي إلى حدوث خلل في عمليات النشاط الداهلي والتمثيل الغذائي للطائر.

٩- يُقدر التمثيل القاعدي للطائر على فترتين في الأولى يكون الطائر قائمًا والثانية والطائر وكل منها ١٢ ساعة حيث وجد أن التمثيل القاعدي يزيد بمعدل ١٠-١٥% في حالته الأولى مقارنة بالحالة الثانية أو حالات الرقود، ثم يؤخذ متوسط الفترتين.

١٠-يُقدر التمثيل القاعدي بعد فترة تصل إلى ولا تقل عن ٦ ساعات أي بعد انتهاء فترة الامتصاص لآخر وجبة غذائية تناولها الطائر وذلك لتجنب ما يسمى بالفعل الديناميكى للغذاء والذي يزيد من معدل النشاط الداخلي والتمثيل الغذائي للطائر Spesific Dynamic Action.

١١-ويُقدر التمثيل القاعدي في جهاز أو مسعر التنفس Respiration Calorimeter الذي يمكن منه قياس الجرارة المفقودة من الجسم فضلًا عن تقدير الداخل للكائن الحي أو الطائر من الغذاء والماء واكسوجين التنفس وكذلك الخارج من المواد الصلبة والسائلة أن وجدت والغازية وبمعنى آخر يمكن بمسعر التنفس تقدير ميزان الطاقة Energy Balane للطائر.

ومن نتائج الدراسات على اجراء التمثيل القاعدي ما يلي:

وجد أن حرارة التمثيل القاعدي (BM) وهي أقل كمية من الحرارة تلزم لحفظ الحياة وجعل ميزان الطاقة متعادلًا ٢٤ ساعة. تتناسب طرديًا مع ما يسمى بحيز الجسم التمثيلي Metabolic Body Size وهذا الحيز التمثيلى هو عبارة عن وزن جسم الطائر (و) مرفوعًا للأس الذي يتراوح بين ٠,٦٧–٠,٨٣ (٠,٧٥ في المتوسط) وقد اطلق لفظ حيز الجسم التمثيلي على الجزء من وزن الجسم الذي يمكن أن يتفاعل (يستجيب) مع المؤثرات المحيطة وعلى ذلك فإن:

BM ∝ و ^{٠,٧٥}

BM = ثاتب × و ^{٠,٧٥}

BM = ٧٠ × و ^{٠,٧٥} ك.كالوري (Kleiber. 1947).

أو BM = ٨٣ × و ^{٠,٧٥} ك.كالوري (Scott. 1976).

أي أن الأرقام ٧٠ أوا ٨٣ تمثل أقل كمية من الحرارة المفقودة من وحدة حيز الجسم التمثيلي لجعل ميزان الطاقة متعادلًا ٢٤ ساعة.

وقد وجد بالدراسة أن الطاقة الفسيولوجية النافعة ME اللازمة لحفظ الحياة تساوي تقريبًا ضعف حرارة التمثيل القاعدي تبعًا للعالم Kleiber بينما وجد Scott أن حرارة التمثيل القاعدي تمثل تقريبًا ٨٢% من الطاقة الفسيولوجية النافعة ME اللازمة لحفظ الحياة.

ME = ٢ × ٧٠ و $^{٠.٧٥}$ ك.كالوري Kleiber

أو ME = (٨٣ × و $^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢ ك.كالوري Scott

واضاف Scott أنه في الظروف العملية يجب أن تزيد هذه الاحتياجات بمقدار ٥٠% إذا كانت الطيور حرة Free أو بمقدار ٣٧% اذا كانت الطيور محبوسة Caged.

مثال:

إحسب الاحتياجات من الـ ME اللازم لحفظ حياة دجاجة تزن ١,٧٥ كجم.

الحل:

تبعًا لـ Scott:ME = (٨٣ × و $^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢

ME = (٨٣ × ١,٧٥ ^{٠,٧٥}) × ١٠٠ / ٨٢

ملحوظة (١):(١,٧٥) $^{٠.٧٥}$ = (١,٧٥×١,٧٥×١,٧٥) ثم إيجاد الجذر التربيعى مرتين = ١,٥٢

ME = (٨٣ × ١,٥٢) × ١٠٠/٨٢ ١٨٩ = ١٥٣,٨ ك. كالوري يزاد عليها ٥٠% منها في حالة الطيور Free أو ٣٧% اذا كانت Caged.

= ١٥٣,٨ + (١٥٣,٨ × ٥٠) ÷ ١٠٠

= ٢٣٠,٧ ك.كالوري Free birds

أو = ١٥٣,٨ + (١٥٣,٨ × ٣٧) ÷ ١٠٠

= ٢١٠,٧ ك.كالوري Caged birds

وهذه الأرقام تعبر عن احتياجات الطائر من الطاقة اللازمة لحفظ حياته ومن البديهي أن هذه الاحتياجات تزيد إذا كانت الطيور حرة Free عنها لو كانت محبوسة Caged حيث زيادة النشاط وعمليات التمثيل الغذائي في الحالة الأولي مقارنة بالحالة الثانية.

ملحوظة (٢): لو كانت هذه الدجاجة من النوع البياض. فإن الأمر يتطلب زيادة الاحتياجات من الطاقة بالقدر الذي يغطي انتاج بيضة قياسية وزنها ٥٦,٠٠ جرام وهذا المقدار من الطاقة = ٨٦ ك. كالوري.

في هذه الحالة ME = ٢٣٠,٧ + ٨٦ = ٣١٦,٧ ك.كالوري Free layers.

أو ME = ٢١٠,٧ + ٨٦ = ٢٩٦,٧ ك.كالوري Caged layers

من البروتين الخام Crude Protein:

يقدر البروتين الخام اللازم لحفظ الحياة عن طريق التمثيل القاعدي أيضًا. وهذا

القدر من البروتين هو عبارة عن أقل مقدار من البروتين يلزم لحفظ الحياة وجعل ميزان الازوت متعادلًا ٢٤ ساعة.

وقد وجد بالدراسة أن هناك تناسبًا طرديًا بين حرارة التمثيل القاعدي ومقدار الازوت التمثيلي الخارج في البول قدره ٢,١ ملليجرام.

MB = ٧٠ × و^{٠,٧٥} ك. كالوري

مقدار الازوت التمثيلي في البول = ٢,١ × ٧٠ × و^{٠,٧٥} ملليجرام (Broody)

مقدار البروتين التمثيلي في البول=٢,١ ×٧٠ × و^{٠,٧٥}×٦,٢٥ ملليجرام (أ)

وقد وجد Broody أيضاً أن بروتين الروث التمثيلي=٤٠% من البروتين التمثيلي في البول (نقلاً عن العبادي ١٩٧٨)

بروتين الروث التمثيلي=٢,١×٧٠× و^{٠,٧٥}×٦,٢٥×(٤٠÷١٠٠) ملليجرام (ب)

بروتين الزرق كله = أ + ب

= ٢,١ × ٧٠ × و^{٠,٧٥} × ٦,٢٥ × (١٤٠÷١٠٠) ملليجرام

هذا المقدار من البروتين الخارج في الزرق يلزم تعويض الجسم عنه باعطائه نفس هذا المقدار في الغذاء.

وحيث أن القيمة الحيوية لمعظم البروتينات = ٥٠% في المتوسط أو بمعني آخر أن المستفاد من البروتين في الغذاء حوالي ٥٠%.

البروتين المهضوم في الغذاء = ٢,١ × ٧٠ × و^{٠,٧٥} × ٦,٢٥ × (١٤٠÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٠) ملليجرام

وحيث أن متوسط معامل هضم البروتين في أغذية وعلائق الدواجن = ٨٠%

البروتين الخام اللازم في الغذاء=٢,١×٧٠× و^{٠,٧٥} × ٦,٢٥×(١٤٠÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٠) × (١٠٠÷٨٠) ملليجرام

= ٣٢١٦ × و^{٠,٧٥} ملليجرام

= ٣,٢١٦ × و^{٠,٧٥} جرام

مثال:

أحسب الاحتياجات من البروتين اللازم لحفظ الحياة لدجاجة وزنها ١,٧٥ كجم.

الحل:

البروتين اللازم لحفظ الحياة = ٣,٢١٦ × (١,٧٥) و ^{٠,٧٥}

= ٣,٢١٦ × ١,٥٢

= ٤,٨٩ جرام

ملحوظة: اذا كانت هذه الدجاجة من النوع البياض وتعطي يوميًا بيضة وزنها ٥٦ جرام وتحتوي على ١٢% بروتين خام.

في هذه الحالة يزاد على البروتين اللازم لحفظ الحياة ما يلزم من بروتين لتغطية انتاج هذه البيضة.

محتوى البيضة من البروتين = ٥٦ × (١٢ ÷١٠٠) = ٦,٧٢ جرام

البروتين اللازم في الغذاء لتغطية هذا القدر من بروتين البيضة (٥٠% معدل تحويل).

= ٦,٧٢ × (١٠٠ ÷ ٥٠) = ١٣,٤٤ جرام

وعليه يصبح اجمالي اللازم لهذه الدجاجة من البروتين

= ٤,٨٩ + ١٣,٤٤ = ١٨,٣٣ جرام

ثانيًا: الاحتياجات اللازمة للنمو Growth:

يعرف النمو بأنه زيادة في عدد خلايا أنسجة الجسم المختلفة مثل العظام، العضلات، الجلد، الريش، العصاب وغيرها وذللك بزيادة مقدار المركبات الغذائية المختلفة بهذه الانسجة. ويتوقف معدل النمو على عوامل متعددة أهمها:

العوامل الوراثية الخاصة بالطائر.

مدى توفر المركبات الغذائية المختلفة بغذاء الطائر.

وعلي ذلك فضلًا عن الناحية الوراثية المتعلقة بالطائر. فكلما كان الغذاء يفي

بالاحتياجات الغذائية المختلفة من بروتين، طاقة، عناصر معدنية، فيتامينات وغيرها، كلما كان النمو أفضل ومن هنا كان ضروريًا معرفة كيفية حساب الاحتياجات الغذائية للطائر أثناء فترة النمو وما يلزمه للأغراض المختلفة مثل حفظ حياته، بناء اللحم، نمو الريش كما يلي:

من الطاقة Energy:

وذلك بتقدير القيمة الحرارية النافعة لوحدة الوزن من الغذاء أو العليقة على صورة مجهود فسيولوجي نافع ME كما سبق عن طريق تجربة الهضم:

ME = (أ×ب) – (جـ×د) ÷ أ (ك.كالوري/جرام) حيث:

أ = مقدار الغذاء المأكول / الطائر / اليوم.

ب = مقدار الطاقة الكلية Gross energy لكل جرام من الغذاء.

ج = مقدار الزرق الجاف / الطائر / اليوم.

د = مقدار الطاقة الكلية لكل جرام من الزرق الجاف.

ويقدر كل من ب، د باستخدام بومبة المسعر Bomb Calorimeter.

وبوجة عام فقد اتفق ومن نتائج الدراسات في هذا الشأن على أن تكون طاقة الغذاء للكتاكيت النامية من عمر الفقس وحتي عمر التسويق (٦ أسابيع) ما بين ٣٠٠٠ الي ٣٢٠٠ ك. كالوري/كيلو جرام وان كان المجلس القومي الأمريكى NRC يفضل مستوي ٣٢٠٠ ك.كالوري/كيلو جرام لضمان تغطية الغذاء لباقي المركبات الغذائية المختلفة اللازمة للنمو.

من البروتين الخام Crude protein:

تحتاج الدجاجة اثناء النمو للبروتين اللازم لتغطية الاحتياجا اللازمة من:

لحفظ الحياة.

لنمو الجسم (بناء اللحم).

لنمو الريش.

البروتين اللازم لحفظ الحياة = ٣,٢١٦ × و^{٠,٧٥} جرام / اليوم.

البروتين اللازم لبناء اللحم = معدل النمو اليومي ×٠,١٨ × ١٠٠/٥٥ جرام / اليوم

(حيث متوسط البروتين بالجسم ١٨% وإن كفاءة الدجاجة في تحويل بروتين الغذاء إلى بروتين بالجسم تصل الي ٥٥% وقد تصل إلى ٦٤% في السلالات السريعة النمو).

ج- البروتين اللازم لنمو الريش = معدل النمو اليومي ×٤(٧) ÷ ١٠٠ × (٨٢÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

(حيث يمثل الريش ٤% من وزن الجسم في الأسابيع الثلاثة الأولى من العمر ويزيد الي ٧% بدءاً من الاسبوع الرابع. وإن هذا الريش يحتوي في المتوسط على ٨٢% من البروتين الخام).

وبذلك يكون البروتين الخام اللازمك للدجاجة اثناء النمو هو مجموع الجزاء الثلاثة أ+ب+ج (بالجرام/اليوم).

وبعد أن عرفنا كيفية حساب الاحتياجات من الطاقة والبروتين اللازمين للطائر أثناء النمو. ونظرًا لأن هناك عوامل عديدة يمكن أن تؤثر على النمو مثلًا السلالة والجنس والعمر والظروف البيئية والغذاء. لذلك يجب معرفة الطرق المختلفة التي يمكن استخدامها للتعبير عن النمو في الدواجن وهي:

سرعة النمو المطلقة Absolute growth rate:

ويقصد بها الزيادة في وزن الطائر في فترة زمنية محددة، هذه الزيادة في وزن الطائر تزيد تدريجيًا بتقدم العمر حتى وقت معين ثم تبدأ في التناقص تدريجيًا مع زيادة الوزن وسبب ذلك هو زيادة الاحتياجات من المركبات الغذائية لحفظ الحياة والتي تتوقف على وزن الجسم وبمعني أدق على حيز الجسم التمثيلي (و^{٠,٧٥}).

معدل الزيادة النسبية في النمو Relative growth rate:

ويقصد بها النسبة المئوية للزيادة في وزن الجسم مقارنة بوزنة قبل الزيادة:

= [(و٢ – و١) / و١] × ١٠٠

حيث و١، و٢ هما وزن الطائر في بداية ونهاية فترة زمنية معينة. هذه النسبة المئوية للزيادة في وزن الجسم تكون مرتفعة من بداية العمر ثم تتناقص تدريجيًا بتقدم العمر لزيادة الجزء اللازم من الغذاء لحفظ الحياة.

الكفاءة التحويلية للغذاء Feed conversion:

وهي عبارة عن كمية الغذاء أو ما يحتويه من مركبات غذائية مهضومة كلية TDN أو ما يحتويه من معادل نشا SV أو طاقة فسيولوجية نافعة ME اللازمة لإنتاج وحدة النمو.

= (المستهلك من الغذاء أو (TDN) أو (SV) أو (ME) ÷ الزيادة في وزن الجسم.

الكفاءة الغذائية Feed efficiency:

وتعبر عن مقدار النمو الذي ينتج من تغذية الطائر على وحدة وزنية من الغذاء أو وحدة وزنية من الغذاء أو وحدة وزنية من المركبات المهضومة الكلية TDN أو معادل النشا S.V أو الطاقة الفسيولوجية النافعة ME أي = الزيادة في وزن الجسم ÷ المستهلك من الغذاء (أي معكوس الكفاءة السابقة).

وبالنسبة لكل من الكفاءة الغذائية والكفاءة التحويلية للغذاء أو TDN أو S.V أو ME نجد في المراحل الأولي من العمر يلزم للطائر كميات بسيطة من الغذاء لإنتاج وحدة نمو وعليه تكون الكفاءة التحويلية جيدة ثم تقل لزيادة كميات الغذاء اللازم لحفظ الحياة بتقدم العمر وبالتالي زيادة كميات الغذاء اللازمة لإنتاج وحدة النمو.

ويلاحظ في الكفاءة التحويلية للغذاء (٢÷١) أفضل من (٢,٥÷١) أفضل من (٣÷١) بينما في الكفاءة الغذائية (٠,٥) أفضل من (٠,٤) أفضل من (٠,٣).

ثالثًا:الاحتياجات اللازمة لإنتاج البيض Egg production:

تتأثر الاحتياجات الغذائية اللازمة للدجاجة البياضة بعدة عوامل منها:

الرعاية المناسبة والجيدة.

حجم الدجاجة ونوع السلالة.

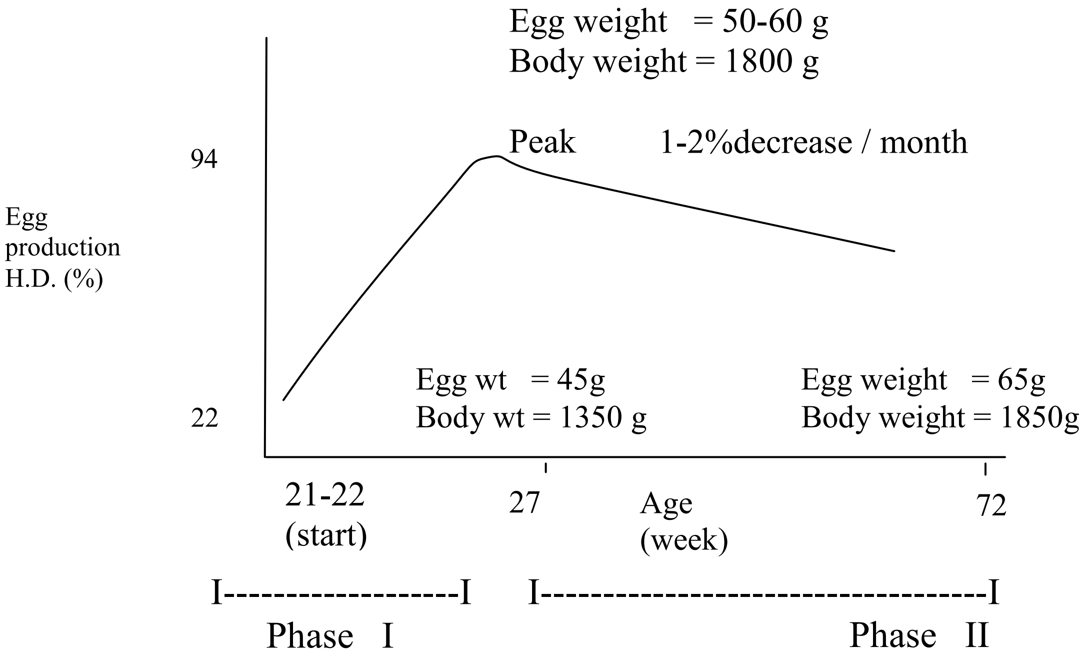
الظروف الجوية المحيطة وخاصة درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية.

مرحلة انتاج البيض.

حيث تبدأ الدجاجة في وضع البيض وعمرها حوالي ٢٢ أسبوع (٥ شهور تقريبًا) ويزداد معدل انتاج البيض تدريجيًا حتى يصل إلى قمة الانتاج (٨٠-٩٠%) عند عمر ٤٢ اسبوع (المرحلة الأولى لإنتاج البيض).

بعد ذلك يبدأ انتاج البيض في الانخفاض تدريجيًا حتى يصل إلى حوالي ٥٠% وذلك عند عمر ٧٢ اسبوع (١٨ شهرًا) ويطلق على هذه المرحلة الثانية لإنتاج البيض.

اما عن وزن الدجاجة عند بداية المرحلة الأولى فيكون حوالي ١,٣٥ كيلو جرام ويصل إلى ١,٨٠ كيلو جرام عند نهاية هذه المرحلة. فضلًا عن زيادة وزن البيضة من ٤٠ جرام في بداية المرحلة إلى ٦٠ جرام تقريبًا في نهايتها. كما في الشكل التالى:



شكل رقم (٤٤): يوضح التغير في معدل انتاج البيض، وزن البيضة، وزن الجسم أثناء فترة الانتاج

مما سبق يتضح أهمية توفير جميع الاحتياجات الغذائية من طاقة وبروتين وعناصر معدنية وغيرها في المرحلة الأولى من انتاج البيض وذلك لتكتسب الدجاجة الصحة والحيوية وكل ما يلزمها لمواجهة متطلبات المرحلة الثانية للإنتاج والتي فيها ينخفض معدل انتاج البيض.

من الطاقة Energy:

نحتاج الدجاجة البياضة للطاقة اللازمة لكل من:

حفظ الحياة.

انتاج البيض.

حفظ الحياة = (٨٣ × و^{٠,٧٥}) × ١٠٠ / ٨٢ ك.كالوري

ويزداد عليها ٥٠% منها اذا كانت الدجاجات مرباة في حظائر أرضية (Free) أو يزداد عليها ٣٧% اذا كانت مرباة في اقفاص (Caged).

انتاج البيض:٨٦ ك. كالوري تبعًا للعالم Scott بينما اتفق المجلس القومي البريطاني ARC على تحديد الطاقة الفسيولوجية اللازمة لإنتاج البيضة القياسية بمقدار ١٢٢ ك. كالوري.

وتبعًا لمجلس القومي الأمريكى NRC فإنه ينصح باحتواء عليقة الدجاج البياض على مستوى من الطاقة يتراوح بين ٢٦٠٠–٢٨٠٠ ك. كالوري لضمان تغطية الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة وانتاج البيض، والجدير بالذكر أنه قد تزيد الاحتياجات من الطاقة اللازمة لحفظ الحياة خاصة في الدجاج البياض من نوع السلالات الثقيلة حيث الوزن اكبر وبالتالي يزيد حجم الجسم التمثيلي (و^{٠,٧٥}). وفي حالات أخري يمكن أن تزيد هذه الاحتياجات أيضًا كما في الجو البارد (شتاء) عن الجو الحار (صيفًا).

من البروتين الخام Crude protein:

يلزم البروتين الخام للدجاجة البياضة لمواجهة ما يلزمها لكل من:

حفظ الحياة:

حفظ الحياة = ٣,٢١٦ × و^٠,٧٥^ جرام / اليوم

الزيادة في وزن الجسم:

= مقدار الزيادة اليومية ×(١٨÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

ج- البروتين اللازم للريش:

=مقدار الزيادة اليومية في الوزن ×(٧÷١٠٠)×(٨٢÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥)جرام/ اليوم

د- البروتين اللازم لإنتاج البيض:

= متوسط وزن البيضة ×(١٢÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

ويصبح اجمالي البروتين الخام اللازم للدجاجة البياضة هو عبارة عن مجموع الأجزاء الأربعة أ+ب+ج+د جرام/اليوم.

الكالسيوم والفوسفور Calcium and phosphorus:

لعناصر الكالسيوم والفوسفور اهمية كبيرة بالنسبة للدجاج البياض وذلك لدورهما الرئيسي في تكوين القشرة واعطائها الصلابة المطلوبة لتقليل نسبة الكسر، ويتوقف مستوى الكالسيوم بعليقة الدجاج البياض على عدة عوامل اهمها:

مقدار الغذاء المستهلك.

عدد البيض الناتج.

ج- مستوى الفوسفور بالعليقة كما في المعادلة التالية:

$$Ca\ (\%) = 1.29\ (P) + \frac{0.41\ E}{F}$$

(Titus and Fritz, 1971)

حيث: Ca = % للكالسيوم في العليقة.

P = % للفوسفور في العليقة.

E = متوسط عدد البيض الناتج للطائر/السنة.

F = كمية الغذاء المستهلك للطائر بالرطل/السنة.

وبوجة عام فإن الطائر يميل دائمًا للحفاظ على مستوى الكالسيوم بالدم ثابتًا عند مستوى ١٠ ملليجرام/١٠٠ سم٣ دم ويساعد على ذلك عدة عوامل منها:

مستوى الكالسيوم بالغذاء.

الممتص من الكالسيوم من القناة الهضمية.

ج – مستوى الفوسفور بالغذاء.

د– النسبة بين الكالسيوم والفوسفور بالغذاء.

هـ – مستوى فيتامين D بالغذاء.

واذا انخفض الكالسيوم الممتص من القناة الهضمية عن اللازم لتكوين قشرة البيض تبدأ الدجاج في سحب الكالسيوم من الهيكل العظمى لها بالمعدل التالي:

إذا علمنا أن مقدار الكالسيوم في قشرة البيضة حوالي ٢ جرام في المتوسط وأن فترة تكوين القشرة برحم الدجاجة حوالي ٢٠ ساعة تقريبًا. فإن هذا يتطلب من الدجاجة سحب قر من الكالسيوم من الهيكل العظمي= ٠,١١٥ جرام في الساعة. وعلى ذلك فإن مقدار الكالسيوم المسحوب من الهيكل العظمى في الفترة كلها =٠,١١٥ × ٢٠ = ٢,٣ جرام.

واذا كانت نسبة الاستفادة من كالسيوم الغذاء = ٥٥%.

فإن الكالسيوم اللازم في الغذاء لتغطية الكالسيوم السابق = ٢,٣ × (١٠٠÷٥٥) أي ٤,١٨ (٤,٠٠جم) تقريبًا /اليوم.

لذلك يجب توفر هذه الكمية من الكالسيوم في غذاء الدجاجة حتي نتجنب قيام الدجاجة بهدم جزء من محتوى العظام من الكالسيوم والفوسفور لتغطية الاحتياجات اللازمة لتكوين القشرة.

ومن مصادر الكالسيوم والفوسفور الجيدة كل من مسحوق العظام ومسحوق الصدف وملح فوسفات الكالسيوم. ولايفضل الحجر الجيرى الناعم أو ملح كربونات الكالسيوم للدجاج البياض وذلك لسهولة ذوبانة في الماء وبالتالي تقل فرصة تواجدة اثناء الليل لفترة طويلة ويصبح غير متوفر اثناء فترة ترسب القشرة. ويحسن أن تكون نسبة الكالسيوم:الفوسفور في علائق الدجاج البياض ما بين ٥:١ إلى ٧:١ (مستوي الكالسيوم = ٣,٥%) بينما تنخفض هذه النسبة إلى ٢:١ تقريبًا للدجاج النامي (مستوى الكالسيوم ١%) مع امكانية استخدام الحجر الجيري أو ملح كربونات الكالسيوم في علائق الكتاكيت النامية. اما بالنسبة للفوسفور فيجب مراعاة أن معظم الفوسفور الموجود بالمصادر النباتية على صورة فيتين phytin غير صالح للاستخدام بواسطة الدواجن(صورة عضوية organic) نظرًا لعدم توفر إنزيم الـ phytase الذي يقوم بتحليل الـ phytin وينفرد الفوسفور الحر على صورة معدنية وقد اجمعيت الآداء على أن ثلث الفوسفور في المصادر النباتية يعتبر صالح تقريبًا للإستخدام. أما الفوسفور في المصادر المعدنية والحيوانية فهو في صورة قابلة للإستخدام Inorganic.

وبعيد عن القواعد الأساسية المتبعة في حساب الاحتياجات الغذائية من الطاقة والبروتين والكالسيوم وغيرها من المركبات الغذائية المختلفة سواء للكتاكيت النامية أو الدجاج البياض. فهناك جداول وضعت بواسطة المجلس القومي الأمريكي (NRC National Research Council) وبناء على دراسات وأبحاث متعددة تصدر متجددة كل ٤ سنوات. وتشمل هذه الجداول الاحتياجات الغذائية لجميع أنواع الدواجن من مختلف المركبات الغذائية فضلًا عن التحليل المتكامل لمواد العلف المختلفة التي يمكن استخدامها في تكوين علائق الدوجن ومن هذه الجداول نذكر ما يتعلق الأمينية الضرورية مثل الميثونين والليسين لكل من الكتاكيت النامية والدجاج البياض.

جدول (٧٧):الاحتياجات الغذائية للنمو وانتاج البيض

المركب الغذائي	الكتاكيت النامية		الدجاج البياض
	الفقس حتي ٤ اسبوع	من ٤ حتي ٦ اسبوع	
الطاقة ك. كالوري/ كجم	٣٢٠٠	٣٢٠٠	٢٨٠٠
البروتين الخام %	٢٣	٢٠	١٧
الكالسيوم %	١,٠٠	٠,٩٠	٣,٢٥
الفوسفور المتاح %	٠,٤٥	٠,٣٥	٠,٤٠
الميثونين %	٠,٥٠	٠,٣٨	٠,٣٥
الليسين %	١,١٠	١,٠٠	٠,٧٠

المصدر: NRC, 1994

ومن هذا الجدول يتضح ما يلي:

النسبة بين الطاقة: البروتين الخام وتسمي Calorie:Protein Ratio (CP) فهي تساوي (٣٢٠٠÷٢٣) = ١٣٩ للكتاكيت النامية في الفترة من صفر ٤ اسبوع وتسمى فترة النمو Growing وتساوي أيضاً (٣٢٠٠÷٢٠) = ١٦٠ لنفس الكتاكيت النامية في الفترة من ٤–٦ اسبوع وتسمي فترة التهيئة (تهيئة الطائر للتسويق) Finishing أما بالنسبة للدجاج البياض فإن الـ C/P = (٢٨٠٠÷١٧) = ١٦٥.

النسبة بين الكالسيوم ولفوسفور المتاح:

Ca حيث تكون (١÷٠,٤٥) أي (٢,٢÷١) أو (٠,٩٠÷٠,٣٥) أي (٢,٦÷١) للكتاكيت النامية في فترتي الـGrowing و الـ Finsishing على الترتيب بينما تكون النسبة أعلى من ذلك (٣,٢٥ ÷ ٠,٤٠) = (٨÷١) للدجاج البياض.

وتعتبر هذه القيم السابقة Av.P, C/P ratio بجانب الأحماض الأمينية الضرورية من المقاييس الهامة والضرورية لتقييم والحكم على جودة الغذاء المقدم للطائر وانه يفي باحتياجاته من المركبات الغذائية المختلفة سواء للنمو أو لإنتاج

البيض مثل هذه الجداول تفيد جدًا عند عمل خلطات أو تركيب علائق الدواجن عمليًا للتغذية عليها في الاغراض المختلفة.

المعادن Minerals:

تؤدى المعادن وظائف هامة في جسم الحيوان وهي ضرورية للنمو السليم والتكاثر. بالاضافة إلى كونها مكونات العظم والبيض والمشاركة في العمليات الأساسية الأخرى، كما أن عدم وجود المعادن في العليقة يمكن أن يؤدى إلى علامات نقص، بمافي ذلك انخفاض استهلاك العلف، انخفاض معدل النمو، مشاكل الساق، تطور نمو الريش الشاذ غير الطبيعى، تضخم الغدة الدرقية، مشاكل التربية والتكاثر وزيادة معدلات النفوق تحتاج الطيور ١٤ عنصراً معدنيًا على الأقل (٧٨)، ومن الممكن أن الأملاح المعدنية الاخرى قد تكون ضرورية أيضًا في الجسم، في الظروف الطبيعية ومن المرجح أن الدواجن يمكن أن تحصل على جزء من احتياجاتها من المعادن بتناولها الاعلاف في المرعى وبنقرها في التربة. ومع ذلك فان هذه المصادر لا تكون مضمونة لتوفير جميع احتياجاتها باستمرار، لذلك يجب أن تستكمل علائق الدواجن باضافات الأملاح المعدينة.

احتياج المعادن بكميات كبيرة فيما يعرف بالعناصر المعدنية الكبرى macrominerals هذه تشمل الكالسيوم والفوسفور والكبريت والصوديوم وكلوريد البوتاسيوم والماغنسيوم. احتياج المعادن في صورة كميات صغيرة تسمى عناصر معدنيه صغرى أو عناصر معدنية نادرة microminerals or trace minerals. وتشمل هذه الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز واليود والسيلينيوم. يكون الكوبلت مطلوب أيضًا، ولكن مطلوب توفيره في صورة عنصر نادر لأنه جزء من فيتامين ب١٢ في العلائق التطبيقية، يكون النحاس والحديد غالبًا موجودان بمستويات كافية بدون اضافة، وظيفة العناصر المعدنية النادرة هي جزء من الجزيئات العضوية الكبيرة.

يكون الحديد جزء من الهيموجلوبين والسيتوكروم cytochromes، ويكون اليود جزء من هرمون الثيروكسين thyroxine وظيفة النحاس والمنجنيز والسيلينيوم والزنك كعوامل ضرورية لازمة للانزيمات. احتياجات من العناصر المعدنية المعينه توفر غالبًا من التركيزات الموجودة في مواد العلف التقليدية، تختلف التربة في محتواها من العناصر المعدنية النادرة وتختلف النباتات في امتصاص هذه المعادن. وبناء على ذلك تنمو مواد العلف في مساحات جغرافية معينة قد تكون حدية أو ناقصة في عناصر محدودة.

وهكذا تحتاج عادة علائق الدواجن للإضافه لضمان كمية كافية من العناصر المعدنية النادرة والأملاح المعدينة المستخدمة على شكل اضافات غذائية عادة لاتكون مركبات نقية ولكنها تحتوي على كميات متغيرة من الأملاح المعدنية الاخرى، من العناصر المعدنية الأساسية، تلك التي يحتمل أن يكون بها نقص في علائق الدواجن هي الكالسيوم والفوسفور والصوديوم والنحاس واليود والمنجنيز والسيلينيوم والزنك. اوجه القصور في العناصر المعدنية الأساسية الاخرى هي اقل شيوعاً والعلائق المستخدمة محتمل أن تحتوي عليهم بكميات كافية، هناك بعض المؤشرات أن الماغنسيوم قد يكون مفيد في حالات معينة.

يمكن تصنيف الاحتياجات من الأملاح المعدنية كالتإلى جدول (٧٨)

Macrominerals	Trace minerals
كالسيوم	كوبلت
كلورين	نحاس
ماغنسيوم	يود
فوسفور	حديد
بوتاسيوم	منجنيز
صوديوم	سيلينيوم
كبريت	زنك

* متضمنة مواد العلف الغذائية، مخلوط الأملاح، الملح المدعم باليود

الكالسيوم والفوسفور Calcium and Phoshprus:

يكون الكالسيوم والفوسفور ضروريان لتشكيل وصيانة الهيكل العظمى. وهم يشكلون معًا اكثر من ٧٠% من محتوى الأملاح المعدنية لجسم الطيور جنبًا إلى جنب مع بعضها البعض أساسا، هذه القيم تشير إلى اهمية الكالسيوم والفوسفور في العليقة، وجود احدهما بكمية غير كافية في العليقة سوف يحدد الاستفادة من الآخر، ويتم مناقشة هذان الملحين المعدنيين مع بعضهم لوجود علاقة وثيقة بينهم، معظم الكالسيوم الموجود في العليقة لنمو الطيور ويستخدم لتشكيل العظام، في حين أنه في دجاج البيض الناضج يستخدم معظم الكالسيوم الغذائي في تكوين قشرة البيضة. وظيفة اخرى للكالسيوم في تخثر الدم، والزيادة من الكالسيوم الغذائي تتداخل مع توافر المعادن الاخرى، مثل الفوسفور، الماغنسيوم والمنجنيز والزنك. وهناك نسبة ما يقرب من ٢ كالسيوم إلى واحد فوسفور غير فيتات (بالوزن) non-phytate phosphrous في معظم علائق الدواجن من المناسب بالنسبة لمعظم علائق دجاج البيض يحتاج إلى مستوى مرتفع جدًا من الكالسيوم لتكوين قشرة البيضة، كنسبة عالية ١٢ كالسيوم إلى ١ فوسفور غير فيتات (بالوزن) وهو اكثر ملائمة لدجاج البيض، الفوسفور بالاضافة إلى وظيفته في تكوين العظام، يحتاج اليه أيضًا في الاستفادة من الطاقة والمكونات الهيكلية للخلايا.

يكون احتمال نقص الكالسيوم عن نقص الفوسفور، الحبوب النجيلية، التي تشكل معظم علائق الدواجن، منخفضة جدًا في الكالسيوم، على الرغم من وجود الكالسيوم في الحبوب النجيلية ومعظم مواد العلف تكون موجودة بنسبة عالية من الفوسفور، البقوليات والمراعى توفر بعض الكالسيوم يكون محتوى الفوسفور في الحبوب النجيلية ومخلفات الحبوب مرتفع، على الرغم من أن حوالى نصف أو اكثر يكون على هيئة فيتات عضوية التي يكون هضمها سيئ في الدواجن، تهضم الطيور فقط حوالى ١٠% من الفوسفور على هيئة فيتات (NRC, 1994). الفوسفور في

المنتجات الحيوانية كاضافات فوسفور عمومًا تعتبر جيدة الاستخدام، الفوسفور في مساحيق البذور الزيتية لديها أيضًا انخفاض في التوافر البيولوجى. وفي المقابل فان الفوسفور من مصادر البروتين التي من أصل حيواني تكون في صورة غير عضوية (معدنية) إلى حد كبير (بمعنى في هذا السياق لا تحتوي على الكربون، بينما المركبات العضوية هي تلك التي تحتوي على كربون)، ومعظم مصارد البروتين من منشأ حيوانى (بمافي ذلك اللبن ومنتجات اللحوم) لديها الفوسفور عالى التوافر البيولوجى. الفوسفور في مسحوق البرسيم المجفف يكون مرتفع التوافر وقد تبين أن عملية التكعيب بالبخار تحسن التوافر البيولوجى للفوسفور الذى من اصل فيتات في بعض الدراسات عن الدراسات الاخرى والفوسفور في اضافات الفوسفور غير العضوي (المعدنى) يختلف أيضاً في التوافر البيولوجي نتيجة لذلك، الاحتياجات الآن تخرج عن مصطلح الفوسفور المتاح available phosphorus أو الفوسفور الذى ليس اصلة فيتات non-phytate phosphorus كمية كافية من فيتامين (د) تكون ضرورية أيضًا لعملية التمثيل الغذائي السليم للكالسيوم والفوسفور، ولكن مستوى عالى جدًا من فيتامين (د) يمكن أن يعبأ (يأخذ) كميات كبيرة من الكالسيوم والفوسفور من العظام.

المعروف قليل عن توفر الكالسيوم في مواد العلف ولكن مستوى الكالسيوم يكون عمومًا منخفض جدًا وان التوافر البيولوجي هو نتيجة لا تذكر الكالسيوم في مصادر تكميلية شائعة مثل مسحوق الحجر الجيرى، محار الصدف وثنائى فوسفات الكالسيوم متاح للغاية. اظهر(Blair et al., (1965 أن توافر الكالسيوم للكتاكيت كان مرتفع في ثنائى فوسفات الكالسيوم عن مسحوق الحجر الجيرى.

علامات نقص الكالسيوم أو الفوسفور تكون مماثلة لتلك في نقص فيتامين (د) (NRC, 1994) تشمل انخفاض النمو وافتقار في معادن العظام، مما يؤدي إلى الكساح في صغار الطيور ولين العظام في الطيور المسنة ازالة الكالسيوم من العظام

لتلبية مطالب انتاج البيض عند استخدام علائق بياض تحتوي على كالسيوم غير كاف. تظهر على الدجاج الصغيرة والكتاكيت التي لديهم عجز اعراض عظام لينة مطاطية التي تكسر بسهولة تحتوي البيضة على حوإلى ٢ جرام من الكالسيوم في القشرة وعلى ذلك يكون احتياج دجاج البيض للكالسيوم مرتفع، وهناك نقص ناتج عن بيض ذو قشرة لينة وانخفاض انتاج البيض ومصطلح الضعف (layer farigue) ضعف دجاج البيض مرتبط أيضًا بنقص الكالسيوم (وكذلك الفوسفور أو نقص فيتامين د)، على الرغم من تقرير العجز في الطيور الحبيسة في اقفاص زيادة الكالسيوم ليس فقط يقلل الاستفادة من الفوسفور ولكن أيضًا يزيد من الحاجة إلى الزنك في وجود الفيتات ويمكن أن يؤدى إلى نقص الزنك. زيادة الكالسيوم يزيد أيضًا من الحاجة إلى فيتامين ك.

الصوديوم، البوتاسيوم والكلوريد Sodium, potassium and chloride

كلوريد الصوديوم، البوتاسيوم والكلوريد هي الأيونات الغذائية الأساسية التي تؤثر على التوازن الكهربى ووضع الأساس الحامضى والتوازن السليم الغذائي للصوديوم، البوتاسيوم والكلوريد ضرورى للنمو، تطور العظام، نوعية قشرة البيض والاستفادة من الأحماض الأمينية. البوتاسيوم هو ثالث العناصر الأكثر وفرة في الجسم بعد الكالسيوم والفوسفور، وأكثر الأملاح وفرة في الانسجة العضلية. تشارك في التوازن المنحل بالكهرباء وظيفة الاعصاب محتوى البوتاسيوم في علائق الدواجن يكون عادة كاف.

يوجد الكلوريد في عصارة المعدة والكلورين يكون جزء من جزئ حامض الهيدروكلوريك (HCL) الذى يساعد في تحلل الغذاء في معدة الطائر. الصوديوم أساسى لتحفيز غشاء العصب والنقل الايوني عبر أغشية الخلايا علامات نقص الصوديوم، البوتاسيوم أو الكلوريد تشمل فقد الشهية، ضعف النمو، الجفاف وزيادة النفوق يمكن للدواجن أن تتحمل مستويات غذائية مرتفعة من كلوريد الصوديوم،

شريطة وجودهم بكميات كبيرة عند وجود مياة الشرب غير المالحة.

تقييم مدى اتاحة الفوسفور في مصادرة النباتية والحيوانية:

يوجد الفوسفور في الجيوب على صورة فيتات phytate (٤٥ إلى ٧٥% من الفوسفور الكلى كما في الجدول التالي) وهذه الصورة تعتبر غير متاحة لتغذية الدواجن لمدة طويلة وبالتالى فانه يوخذ في الاعتبار لنسبة ٣٠% من الفوسفور الكلي من اصل نباتى عند حساب الفوسفور المتاح في تركيبات الاعلاف المختلفة كوسيلة لتبسيط الحسابات وسهولتها. وبعد دراسات عديدة وخاصة دراسات Nelson (1980) فقد وجدت عدة عوامل تؤثر على مدى الاتاحة الحقيقية للفوسفور من أصل نباتي بالنسبة للدواجن وهذه العوامل هي:

طبيعة الكاتيونات Cation (s) المثبتة على اينون الفيتيك phytic anion.

وجود ودرجة نشاط انزيمات الفيتيز phytase enzymes في الحبوب أو في القناة الهضمية للطائر.

العميات الحرارية والميكانيكية التي تتم على الأغذية والاعلاف.

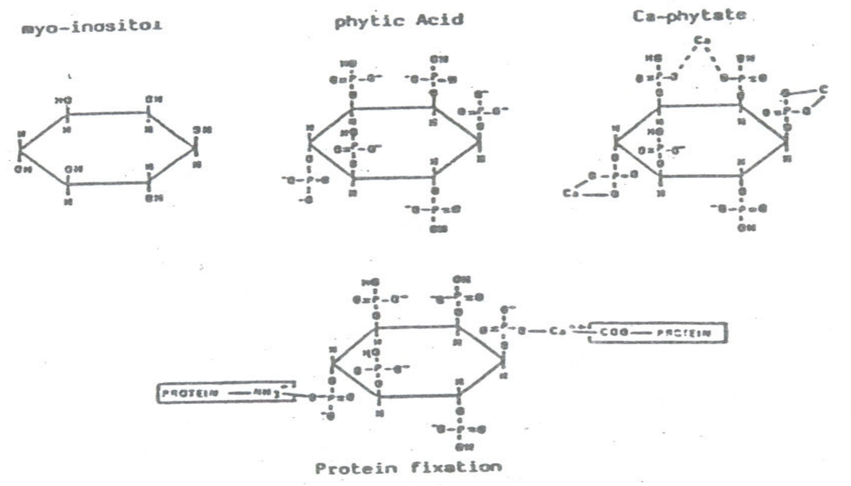
جدول يوضح نسبة الفوسفور ودرجة نشاط إنزيم الفيتيز في مواد العف

مواد العلف Feedstuffs	الفوسفور الكلى (جم/كيلو جرام) Total P (g.kg)	فوسفور الفيتيك % من الفوسفور الكلي phytic P% total P	درجة نشاط الفيتيز
Wheat	3.3.3.5	60-77	+++ +++
Barley	3.3.3.6	56-72	++ +++
Rye	3.4.3.7	65	+++ +++
Oats	3.4.3.8	55	+++
Corn	2.5.2.8	67	++
Sorghom	2.8.3.2	60-74	++
Rice	1.0.1.5	38-60	?
Rapeseed meal	8-11	60.73	?
Soybean meal	6.7	60	++
Cotton seed meal	8.10	70	+
Pea	3.6.5.0	40-50	?
Lupine	3.6.4.5	53-59	?
Field bean	4.6	45-60	?
Wheat bran	10-12	85-90	?

والحبوب يوجد بها الفوسفور في صورة مركبات عضوية غالباً مثل الفوسفوليبيدات والفوسفوبروتينات والكربوهيدرات المحتوية على فوسفور. وكميات صغيرة توجد في البروتينات النووية والتي تحرر حمض الفوسفوريك بتحليلها مائيًا.

ومن اهم المركبات الكربوهيدرات الفوسفورية الشائعة Phosphoric carbohydrate compound حمض الفيتيك Phytic acid or myo-inositol hexa phosphoric acid وهو يحتوى على ستة مجموعات PO_4H مرتبطه بروابط مختلفة مع Cations وفي الجبوب يوجد غالبًا على صورة فيتين phytin وهو مخلوط غير ذائب تمامًا لاملاح مختلفة من Fe_2+, Zn-$_2$+, K+, Ca_2+, Mg_2+ ومعقد من البروتين وحمض الفتيك Protein phytic acid complex ودرجة ثبات هذه المركبات المتكونة مع الكاتيونات الثنائية التكافؤ تكون على الترتيب التالي:

$$Cu^{2+} > Zn^{2+} > Mn^{2+} > Fe^{2+} > Ca^{2+}$$



ويمثل الفيتيز Phytase في الحبوب كمخزن للفوسفور والمعادن والطاقة يستخدم اثناء عمليتي الانبات. والأجزاء الاخري من النبات يحتوى على كميات صغيرة جدًا

ممكن اهمالها من phytase في الماء تؤثر بدرجة كبيرة على فوسفور الفنتيك phytic phosphorus المهضوم المستخدم، فنجد أن كالسيوم الفيتات Calcium phytate اكثرهما غير ذائب بينما صوديوم الفيتات Sodium phytate يكون ذائب ومن المعلوم أن الكالسيوم الفيتات غير الذائب في الحبوب لا يلعب دور هام ولكن تكوين كالسيوم فيتات خلال القناة الهضمية يكون هم الاكثر أهمية ويمثل مشكلة.

تقدير مدى اتاحة الفوسفور من اصل نباتى للدواجن:

Biolgical Availability of plant phosphonus for poultry:

يتم تقييم Phosphorus bio-availability عامة بواسطة:

Bone mineralization test طبقاً لأبحاث وطريقة Yoshids and gisgkk (1977) ويشمل خمس نقاط:

عليقة أساسية ذات محتوى منخفض من الفوسفور.

عليقتان تحتويان على مستويين من مصدر الفوسفور الكونترول Control phosphorus source (مثال ذلك مستوى ٠.١٥ مستوى ٠.٣%).

عليقتان تحتويان على مستويين من مواد العلف المراد اختبارها (حوالي ٠,٠٧ – ٠,١٤% من الفوسفور الكلي في حالة الحبوب).

يحسب Phosphorus availability من النسبة بين معاملي انحدار كلا مستويين الفوسفور في العليقتين على القيم المسجلة لبيانات العظم.استخدام كتاكيت عمر يوم في هذا التقيم تتغذى على علائق خالية من الفوسفور غير العضوي يعتبر مستحيل لزيادة نسب النفوق بمعدلات عالية ولذا يستخدم كتاكيت اعمارها تتراوح بين ٧، ١٧ يوم بعد تغذيتها في الاسبوع الاول من العمر على علائق تحتوي ٠,١% فوسفور غير عضوى. وممكن استخدام Toes, Tibias في الاختبارات Mineralisation testes ومن التجربة ثبت أن Toes أسهل في التقديرات ولا يتم ازالة الدهن منه قبل التقدير.

قيم الفوسفور المتاح في مواد العلف المختلفة Values of phosphorus availability in different feed stuffs موضحة في الجدول التالي:

جدول يوضح محتوى الفوسفور المتاح للدواجن في مواد العلف الرئيسية (جم/كيلوجرام)

Ingredientsمواد العلف	الفوسفور الكلي Total phosphorus	الفوسفور المتاح Available phosphorus
Cereal grains		
Oat	3.4	0.8
Wheat	3.3	1.8
Corn	2.7	0.5
Barley	3.5	1.7
Rye	3.4	1.7
Sorghom	3.0	0.5
Triticale	4.0	2.2
By-products		
Wheat bran	11	6
Corn solubes	7	6
Barley solubles	5	4
Leguminous grains		
Field bean	6.0	1.5
Lupine	4.0	0.8
Pea	4.2	1.5
Alfalfa meal	2.5	2.2
Meals		
Rapesced	10	2.2
Cotton seed	10	1.0
Palm kernel-meal	6.0	0.9
Soya bean	6.5	1.0
Sunflower seed	9.0	1.5
Single cell proteins		
Spiruline algae	10	4
Yeasts	15	10
Pruteen ici	21	14
Animal products		
Fish meal 65 lean	35	30
Fish meal 72 lean	18	15
Meat & bone meal 50 lean	48	39
Meat & bone meal 55 fat	37	30

الماغنسيوم Magnesium:

الماغنسيوم هو عامل مساعد في انظمة عديده من الانزيمات المكونة للعظام يوجد الماغنسيوم في علائق الدواجن عادة بكميات كافية، تشمل علامات نقص الماغنسيوم الخمول، اللهث، التشنجات يليها الموت.

الكبريت Sulfur:

الكبريت هو عنصر أساسي ولكن غير موجود في العليقة بكميات كافية، عمل المكملات غير ضرورى.

العناصر المعدنية النادرة Trace minerals:

وقد تبين انه يوجد ستة معادن نادرة يحتاج اليها كمكملات في علائق الدواجن الحديد، النحاس، الزنك، المنجنيز، اليود، والسيلينيوم نقص السيلينيوم تحت الاكلينيكى محتمل حدوثه بشكل متكرر اكثر مما هو معروف من قبل منتجى الدواجن تعاني بعض الاراضى من نقص طبيعي في العناصر النادرة. بالاضافة إلى ذلك تختلف المحاصيل والنبات في امتصاص هذه المعادن، وبالتالى مواد العلف التي تنمو في مناطق جغرافية معينة قد تعانى من نقص هامشي أو نقص في عناصر معدنية معينة. بعض المناطق في امريكا الشمالية تجربة هطول الامطار عالية مما يؤدي إلى ارتشاح ونقص السيلينيوم بالتربة.

ونتيجة لذلك، لوحظ نقص السيلينيوم في الحيوانات الزراعية في آسيا عند التغذية على الاذرة وكسب فول الصويا المنتج في امريكا ولكن عندما لايتغذون على الاعلاف النامية محليًا.

موردون الاعلاف عادة يكونوا على بينة من المستويات التي بها عجزًا ونقص (والكافية) من العناصر النادرة الموجودة في مواد العلف والتى سوف توفر العناصر النادرة عند خلطها بشكل مناسب.

أظهرت العديد من الدراسات أن حذف العناصر النادرة في علائق الدواجن

خفض الانتاجية وتركيزات المعادن في الانسجة، وجد Patel et al. (1997) أن ازالة اضافات العناصر المعدنية النادرة والفيتامينات من العليقة اثناء فترة ٣٥-٤٢يوم بعد الفقس يخفض الزيادة اليومية في الوزن في ثلاث سلالات دجاج التسمين مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، إزالة اضافة الريبوفلافين من عليقة الناهي ٧ ايام قبل الذبح نتج عنه انخفاض بنسبة ٤٣% في محتوى الريبوفلافين في عضلات الصدر، قرر Shelton and Southern (2006) أن حذف العناصر المعدنية من مخلوط معادن علائق التسمين ليس له تأثير على الانتاجية اثناء المرحلة الاولى من النمو ولكن لديها تأثيرات ضارة بطريقة تقدميه على الانتاجية مع زيادة عمر الطيور. بالاضافة إلى ذلك، ازالة العناصر المعدنية النادرة لدية تأثير سلبى على قوة العظام وتركيزات المعادن النادرة في الانسجة، أُجريت دراسة على الرومى بواسطة Inal et al., 2001 على دجاج البيض اظهرت أن حذف اضافات العناصر المعدنية النادرة والفيتامينات نتج عنه انخفاض انتاج البيض، المستهلك من الغذاء، حجم البيض ومحتوى الزنك في البيض. هذه النتائج ذات اهمية لمنتجى المنتجات العضوية ونظرًا لأهميتها بالنسبة لكفاءة الانتاج وجودة المنتج.

الكوبلت Cobalt:

الكوبلت هو مكون جزئ فيتامين ب١٢ ولكن نقص الكوبلت لم يظهر في الدواجن المغذاه على عليقة كافية من فيتامين ب١٢ لذلك اضافة هذه العنصر ليس من الضرورى عادة، العلائق التي لا تحتوي على عناصر ذات الأصل الحيوانى لا تحتوي على فيتامين ب١٢ لذلك الدواجن المغذاه على علائق كلها نباتية قد تحتاج إلى كوبلت غذائى، إذا لم يضاف للعليقة فيتامين ب١٢. في الممارسة العملية العديد من مصنعى الاعلاف يستخدمون ملح الكوبلت المعالج باليود، لكل الأنواع حيث أن الكوبلت مطلوب في علائق الحيوانات المجترة وغير المجترة وادارج الكوبلت يوفر بعض التأمين في حالة علائق الدواجن التي تفتقر في فيتامين ب١٢.

النحاس Copper:

النحاس مطلوب لنشاط الانزيمات المرتبطة بتمثيل الحديد، الالستين elastin وتكوين الكولاجين Collagen انتاج الميلانين melanin وسلامة الجهاز العصبي المركزي الحديد مطلوب لتكوين خلية الدم الحمراء العادية النحاس أيضًا مطلوب لتكوين العظام، خلايا المخ وهيكل العمود الفقرى، استجابة المناعة، تطور الريش والتلوين يؤدي نقص النحاس إلى تهيئة نقص الحديد، تكوين دم غير طبيعى وانخفاض تخليق الالستين elastin، المايلين myelin والكولاجين collagen ضعف الساق، ومختلف أنواع ودرجات عوج الساق ومما ينتج عنه أيضًا عدم تناسق (عدم اكتمال) العمل العضلي، شذوذ التغضرف الزنبوبى tibial dyschondroplasia كمثال اضطراب الساق في الدواجن الذي يمكن حدوثة بنقص النحاس. نقص تكوين الكولاجين أو الالستين يمكن أن يؤدي أيضًا إلى آفات القلب والاوعية الدموية cardiovascular lesions التمزق الابهرى aortic rupture خاصة في الرومى.

اليود Iodine:

من المعروف من اكثر من ١٠٠ عام أن اليود مطلوب لحسن سير الغدة الدرقية وأن نقص اليود يحدث مرض تضخم الغدة الدرقية goiter. ونتيجة لذلك يستخدم الآن الملح المعالج باليود لمنع هذا المرض في الانسان والحيوانات. التمثيل الغذائي لليود له تأثر كبير عن طريق التغذية بالسيلينيوم، وبالتالي التأثير على معدل التمثيل الغذائي الأساسى والعمليات الفسيولوجية. بعض العوامل الغذائية محدثة تضخم الغدة الدرقية goitrogenic.

تحتوي النباتات من العائلة الصليبية على مواد محتملة لاحداث تضخم الغدة الدرقية في حين أن الـ brassicas والبرسيم الابيض يحتوى على الـ cyanogenetic glycosides التي تحدث تضخم الغدة الدرقية الـ goitrogenic

(Underwood and Sutrle, 1999) مسحوق الكنولا canola meal الناتج من انتخاب بذور اللفت rapeseed التي تكون منخفضة في الـ glucosinolate، تحدث مرض تضخم الغدة الدرقية الشائعة، يوجد أيضًا مواد محدثة تضخم الغدة الدرقية giotrogenic substances في مواد العلف الآخرى مثل الجزر، بذور الكتان، الكسافا Cassava والبطاطا الحلوة، والفاصوليا limabeans، الدخن millet والفول السودانى، بذور القطن وفول الصويا التي تضعف افراز الهرمون من الغدة الدرقية، يمكن أن يحدث مرض تضخم الغدة الدرقية حتى وعلى الرغم من أن مستوى اليود في العليقة قد يبدو كافيًا.

مستوى الكالسيوم في ماء الشرب يكون أيضًا معروف لخفض اليود الممتص ويحدث نتيجة لذلك تضخم الغدة الدرقية، لا سيما اذا كان مستوى اليود الغذائي هو الحد الفاصل، علامات نقص اليود تشمل تضخم الغدة الدرقية (الذى قد لا يكون ملاحظًا بسبب الريش على الرقبة)، انخفاض النمو وانخفاض نسبة تفقيس البيض، في التشريح At necropsy، تضخم ونزف الغدة الدرقية.

معظم مواد العلف تحتوي فقط على مستويات منخفضة من اليود، باستثناء الاعشاب البحرية التي يمكن أن تحتوي على ٤٠٠٠–٦٠٠٠ ملليجرام / كجم من اليود.

الحديد Iron:

يكون معظم الحديد الموجود في الجسم في صورة هيموجلوبين haemoglobin في خلايا الدم الحمراء والميوجلوبين myoglobin في العضلات. والباقى في الكبد، الطحال والانسجة الاخرى، يكون الهيموجلوبين ضرورى لحسن سير العمل في كل عضو وانسجة الجسم. الحديد لدية معدل دوران سريع في الطيور، لذلك يجب توفيره في صورة قابلة للاستفادة العالية من العليقة على أساس يومى. يمكن أن ينتج عن نقص الحديد، وجود كرات دم حمراء صغيرة الحجم microcytic، انخفاض الصبغات وفقر الدم في الدواجن. أي عدوى داخلية قبل الكوكسيديا يمكن أيضًا أن

تتداخل مع امتصاص الحديد وتؤدى إلى نقصه.

تحتوى التربة على الحديد ويمكن أن يتوفر بكميات كافية للدواجن، النشأة في الهواء الطلق على الكلأ (المرعى). ومن المهم مع ذلك، أن تكون التربة خالية من الكائنات المرضية والطفيلية.

المنجنيز Manganese:

المنجنيز ضرورى لتخليق كبريتات شوندروتن chondroitin sulfate الـ mucopolysaccharide التي هي عنصر هام من غضاريف العظام.

المنجنيز أيضًا ضرورى للنشاط الانزيمى اللازم لتخليق السكريات العديدة والجليكوبروتين وعنصرًا رئيسيًا للبيروفات كربوكسيلاز pyruvate carboxylase وهو إنزيم حاسم في عملية التمثيل الغذائي للكربوهيدرات. يعتمد أيضًا التمثيل الغذائي للدهون على المنجنيز، ينتج عن نقص المنجنيز في الدواجن تشوة العظام قصر العظام (chondrodystroply) bone shortening تكوين أجنة مشوهة، ركوع في الساقين وضعف جودة قشر البيض في الدجاج البياض. يحدث أيضًا انخفاض معدل النمو وكفاءة التحويل الغذائي عند نقص المنجنيز.

السيلينيوم Selenium:

السيلينيوم عنصر هام لانزيم الجلوتاثيون بيروكسيديز glutathione peroxidase الذى يدمر الـ peroxidase قبل أن يتمكنوا من أضرار انسجة الجسم، فيتامين هـ فعال أيضًا كمضاد للأكسدة. لذلك على حد سواء كل من السيلينيوم وفيتامين هـ بيمنعا الـ peroxide تدمير خلايا الجسم، وهذا يساعد الجسم على آليات الدفاع ضد الاجهاد، معظم الأعلاف تحتوي على مركبات التي يمكن أن تشكل الـ Peroxides. الأحماض الدهنية غير المشبعة مثال جيد لذلك. يحدث التزنخ في الاعلاف تشكيل لـ peroxides التي تدمر المركبات الغذائية. فيتامين هـ، على سبيل المثال، من السهل أن يدمر بواسطة التزنخ. السيلينيوم يعمل كبديل

(قطعة غيار) كعامل مضادر لأكسدتة. السيلينيوم وفيتامين هـ مرتبطان في وظائفهما البيولوجية، كلاهما مطلوب من قبل الطيور ولهما ادوار التمثيل الغذائي في الجسم، بالاضافة إلى ما يخلفاه من آثار مضادة للأكسدة، وفي بعض الحالات فيتامين هـ يعوض بدرجات متفاوته السيلينيوم، أو العكس بالعكس، ولكن هناك اعراض نقص التي تستجيب فقط إلى السيلينيوم أو فيتامين هـ. على الرغم من أن السيلينيوم لايمكن استبداله بفيتامين هـ، فانه يقلل من كمية فيتامين هـ المطلوبة ويؤخر ظهور علامات نقص فيتامين هـ، يلعب السيلينيوم دورًا هامًا في زيادة الاستجابة المناعية جنبًا إلى جنب مع فيتامين هـ. الموت المفاجئ يكون شائع مع نقص السيلينيوم. تلعب الـselenoprotein الاخرى في الدواجن دورًا هامًا في الوقاية من exudative diathesis (انتاج أو ربما oedema شديدة أو زيادة ملحوظة في نفاذية الشعيرات الدموية يسبب اتلاف الخلية) والحفاظ على وظيفة البنكرياس الطبيعى والخصوبة. افات التشريح الاجمإلى من نقص السيلينيوم مماثلة لتلك التي عند نقص فيتامين هـ (NRC 1994) وتشمل الـ exudative diathesis واعتلال عضلى في القونصة. شحوب وضمور في عضلات الهيكل العظمى (مرض ابيضاض العضلات) يكونا شائعين. الاصابة ودرجة نقص السيلينيوم قد يزداد بواسطة اجهاد البيئة. السيلينيوم بصفة عامة مدرج في مخلوط الأملاح المعدنية. المصادر الشائعة للاضافات علائق الدواجن تكون زيلونيت الصوديوم sodium selenite وسيلينات الصوديوم sodium selenate تستخدم أيضًا خميرة السيلينيوم في العلائق التقليدية.

زيادة السيلينيوم الغذائي والتى ينبغى تجنبها بسبب احتمال سميتها عند المستويات المرتفعة في العليقة ولوائح الأعلاف مصممة على أساس منع حدوث هذا.

الزنك Zinc:

موزع الزنك على نطاق واسع خلال الجسم ويوجد في العديد من الانظمة الانزيمية التي تشارك في عملية التمثيل الغذائي، مطلوب في تخليق البروتين الطبيعى وتمثيله

الغذائي ويكون أيضًا عنصر في الانسولين بحيث يعمل على التمثيل الغذائي للكربوهيدرات، يلعب الزنك دور هام في الدواجن، خاصة في الدجاج البياض كعنصر من العناصر المكونة لعدد من الانزيمات مثل carbonic analydrase، الذى يكون ضرورى لتكوين قشرة البيضة في غدة القشرة، وغيرها من انزيمات الزنك الهامة في الدواجن تشمل carboxypeptidases and DNA polycrases.

تلعب هذه الانزيمات دور هام في الاستجابة المناعية في الجلد، التئام الجروح وانتاج الهرمونات. دلائل كلاسيكية على وجود نقص الزنك في الدواجن تشمل: قمع النظام المناعى، انخفاض تكوين الريش، التهاب جلد القونصة، انخفاض التفقيس وانخفاض جودة القشرة. يخفض امتصاص الزنك مع العلائق المرتفعة في الكالسيوم أو الفيتات. الزنك في كسب فول الصويا، كسب القطن، كسب السمسم واضافات البروتينات الاخرى لديها توافر منخفض، يرجع ذلك إلى وجود الفيتات في مواد العلف التي تتحد مع الزنك لتكون فيتات الزنك.

الفيتامينات Vitamins:

الفيتامينات هي مركبات عضوية (المحتوية على الكربون) مركبات عادية مطلوبة للنمو والمحافظة على حياة الحيوان، غياب فيتامين معين في العليقة، أو ضعف امتصاصه أو الاستفادة منه، ينتج عنه أمراض نقص معينة أو متلازمة Syndrome تعريف مقبول عمومًا للفيتامين هو مركب عضوي مكون من المواد الغذائية الطبيعية أو العلفية ولكن يختلف عن الكربوهيدرات، الدهون، البروتين والماء.

وموجود في الاعلاف بكميات ضئيلة.

وضرورى من اجل التطور الطبيعى للأنسجة والصحة، النمو والصيانة.

وعند غيابه في العلائق، عدم امتصاصها بشكل صحيح أو استخدامها، ينتج عن ذلك مرض نقص معين أو متلازمة syndrome.

ولا يمكن تخليقها بواسطة الحيوان، وبالتالى يجب الحصول عليها في العليقة.

هناك استثناءات على ما تقدم، معظم أو جميع الفيتامينات يمكن تخليقها كيميائيًا، يمكن تخليق فيتامين د في جلد الحيوانات بواسطة تعريض الحيوانات للأشعة فوق البنفسجية وحامض النيكوتينك (Nicotinic acid) يمكن تخليقة في الجسم من الحامض الامينى التربتوفان Tryptophan على الرغم من أن الفيتامينات مطلوبة بكميات صغيرة، والا إنها لها وظائف ضرورية للمحافظة على النمو الطبيعى والتكاثر، بعض الفيتامينات يمكن للطائر تخليقها بكميات كافية لمقابلة احتياجاته. بعضها يوجد بكميات كافية في مواد العلف الشائعة الاستخدام في علائق الدواجن، والأخرى يجب اضافتها.

على الرغم من أن إجمالى كمية الفيتامين تبدو إنها كافية، بعض الفيتامينات يوجد في أشكال مرتبطة أو غير متاحة. تكون الأضافات من ثم ضرورية.

تصنيف الفيتامينات Classification vitamins

تكون الفيتامينات إما قابلة للذوبان في الدهون أو قابلة للذوبان في الماء وعادة ما تصنف بهذه الطريقة، كان فيتامين أ اول فيتامين يكتشف وهو ذائب في الدهن، الفيتامينات الأخرى اكتشفت مؤخرًا (حديثًا) في هذه المجموعة فيتامين د، هـ، و، ك.

يتم امتصاص الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهن في الجسم مع الدهون الغذائية، من خلال عمليات مماثلة، يتأثر امتصاصهم بواسطة نفس العوامل المؤثره على امتصاص الدهون.يمكن تخزين الفيتامينات التي تذوب في الدهون بكميات ملموسة في اجسام الحيوانات، وعندما تفرز من الجسم فانه تظهر في الفضلات (الزرق).

اكتشف اول فيتامين ذائب في الماء وسمى فيتامين ب للتمييز بين فيتامين أ. وفي وقت لاحق من ذلك اكتشفت فيتامينات ب وأعطيت اسماء مثل فيتامين ب١، ب٢،..الخ، تستخدم الآن الاسماء الكيميائية المعنية في التمييز بين الفيتامينات التي

تذوب في الدهون، فان الفيتامينات التي تذوب في الماء لايمتص مع الدهون ولا تخزن في كميات ملموسة في الجسم (مع احتمال استثناء فيتامين ب١٢ والثيامين). الزيادة من هذه الفيتامينات تخرج بسرعة في البول، الامر الذى يتطلب امدادات غذائية ثابتة.

جدول رقم (٧٩): ملخص لصفات الفيتامينات الذائبة في الدهون والذائبة في الماء

	Fat-Soluble	Water-Soluble
Chemical composition occurrence in feeds	C, H, O only provitamins or precursors may be present	C,k H, O + N, S and Co No precurknown (except tryptophan can be converted to niacin)
Function	Specific roles in structural units. Exist as several similar compounds	Energy transfer; all are required in all cells, as coenzymes. One exact compound
Absorption Storage in body	Absorbed with fats Substantial; primarily in liver, adipose tissue; not found in all tissues	Simple diffusion Little or no stirage (except vitamin B12 and possibly thiamin)
Excretion	Faecal (exclusively)	Urinary (minly); bacterial products may appear in faeces
Importance in diet	All animals	Non-ruminants only(generally)
Grouping	A, D, E, K	B complex, C, Choline

تحتاج الدواجن إلى ١٤ فيتامين، ولكن ليست كلها متوفرة في العليقة قدم Scott el al. (1982) وصف جيد لتأثيرات نقص فيتامين ج في الدواجن ووجد أن الدواجن لا تحتاج لفيتامين ج في علائقهم لأن انسجة الجسم يمكن أن تخلق هذا الفيتامين. يجب أن توفر باقي الفيتامينات الأخرى في العليقة بكميات مناسبة للدواجن للنمو والتكاثر، يحتوي البيض عادة على فيتامينات كافية لامداد احتياجات تطور الجنين، لهذا السبب فإن البيض يكون أحد افضل المصادر الحيوانية للفيتامينات في أغذية الإنسان.

جدول رقم (٨٠): احتياجات الدواجن من الفيتامينات*

Fat-soluble vitamins	**Water–soluble vitamins**
Vitamin A	Biotin
Vitamin D	Choline
Vitamin E	Folacin
Vitamin K	Niacin
	Pantothenic acid
	Riboflavin
	Thiamin
	Pyridoxine
	B_{12} (cobalamin)
	Vitamin C (ascorbic acid)

*- توفير الاحتياجات في صورة اضافات غذائية

الفيتامينات التي تذوب في الدهون Fat-soulble vitamins:

يجب توفير فيتامين (أ) أو مولداته في العليقة. يوجد هذا الفيتامين في أشكال مختلفة (Vitamins): الريتينول (الكحول)، ريتينال (الدهيد) وحمض ريتينويك وفيتامين (أ) بالميتات (استر). يعبر عادة عن الاحتياجات من فيتامين (أ) بالوحدات الدولية (IU) لكل كيلو جرام من العليقة.

المقاييس (المعايير) الدولية لنشاط فيتامين أ تكون كما يلى:

واحد وحدة دولية من فيتامين (أ)٠ نشاط فيتامين (أ) من ٠,٣ ملليجرام من فيتامين (أ) الكحول رينتول retinol، ٠,٣٤٤ ملليجرام من فيتامين (أ) استبدال acetate او٠,٥٥ ملليجرام من فيتامين (أ) بالمتات palmitate.

واحدة وحدة دولية من نشاط فيتامين (أ) تعادل نشاط ٠,٦ ملليجرام للـ B-carotene، بالتبادل 1 mg B-carotene = 1667 IU vitamin A (للدواجن)

فيتامين (أ) له ادوار أساسية في الرؤية، العظام ونمو العضلات، التكاثر وصيانة الانسجة الطلائية صحية. توجد طبيعيًا مولدات فيتامين (أ) في بعض البذور، والخضروات الورقية الخضراء والاعلاف الخضراء مثل البرسيم.

الشكل الشائع للمولد يكون بيتا كاروتين الذى يمكن أن يتحول إلى فيتامين (أ) جدار الامعاء الدقيقة، يوجد الكاروتين بكميات كبيرة في المراعى، وتبن البرسيم أو مسحوق البرسيم، والاذرة الصفراء والكاروتين وفيتامين (أ) يدمرا بسرعة عند التعرض للهواء، الضوء والتزنخ خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة، نظرًا لأنه من الصعب تقييم كمية فيتامين (أ) في العليقة، ينبغى استكمال العلائق من هذا الفيتامين.

اعراض النقص في الدواجن تشمل:عدم تناسق العضلات، ترسيب حامض اليوريك في الحالبين والكليتين وعمومًا Unthriftiness.

يستقبل الدجاج كميات كافية من فيتامين (أ) لإنتاج عدد قليل من البيض الذى لا يفقس، علامات اخرى للنقص في الدواجن تشمل انخفاض المستهلك من العليقة، التعرض لالتهابات الجهاز التنفسى وغيرها، وفي نهاية المطاف الموت.

تحتاج الطيور إلى فيتامين (د) للامتصاص وترسيب الكالسيوم، وتكون تأثيرات النقص شديدة ولاسيما في الطيور الصغيرة. تستقبل الطيور العلائق الناقصة أو المنخفضة في فيتامين (د) يتطور بسرعة الكساح مشابهة للذى ينتج عن نقص الكالسيوم أو الفوسفور. فشل في نمو العظام عادة في التكلس وتأخر في النمو، وفي كثير من الاحيان غير قادرة على المشي الدجاجات المغذاة على علائق بها نقص من فيتامين (د) تضع بيض رقيق القشرة تدريجيًا بتقدم العمر حتى توقف الانتاج، وعدم اكتمال تطور الجنين، وربما الآن الجنين لا يمكن أن يمتص الكالسيوم من قشرة البيض.

مثل غيرها من الفيتامينات التي تذوب في الدهون، يمتص فيتامين (د) في القناة الهضمية مع غيرها من الدهون اثنين من المصادر الطبيعية الرئيسية لفيتامين (د)

تكون (فيتامين د٣ الشكل الحيوانى cholecalciferol، فيتامين د٢ الشكل النباتى ergocalciferol، الدواجن يمكن أن تستفيد من الشكل د٣ بكفاءة في حين أن الخنازير والحيونات الاخرى يمكن استخدامها على حد سواء، معظم مواد العلف باستثناء sun-cured hays تكون منخفضة في هذا الفيتامين، وبالتالى يصبح من الضرورى التكملة وخصوصًا خلال فصل الشتاء، يمكن تخليق فيتامين د في الجسم بفعل اشعة الشمس على المولد 7-dehydrocholesterol على الجلد الذى في الصيف يمكن توفير كل الاحتياجات من فيتامين (د) للدواجن المرباه في الهواء الطلق. الاشعاع في حزمة الاشعة فوق البنفسجية (UVB; 290 – 315 nm) جزء من الطيف الشمسى الذي يعمل على 7-dehydrocholesterol في الجلد لإنتاج طليعة فيتامين د٣ (previtamin D3) الذي من ثم يتحول في الجسم إلى أشكال نشطة من الفتامين. خط العرض والفصل من السنة تؤثر على كل من كمية ونوعية الاشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض وخصوصًا في المنطقة فوق البنفسجية من الطيف.

اظهرت دراسات (Webb et al., 1998) أن 7-dehydrocholesterol في جلد الانسان المتعرض لأشعة الشمس في ايام صافية في بوستن (42.2 ºN) من نوفمبر – فبراير لإنتاج طليعة فيتامين د٣ (previtamin).

في ادمونتون (52 ºN)، وهذا غير فعال في فترة الشتاء التي تمتد من اكتوبر حتى مارس، وإلى الجنوب (٣٤ درجة شمالًا و ١٨ درجة شمالًا) ضوء الشمس يحول ضوئيًا بكفاءة الـ 7-dehydrocholesterol إلى طليعة فيتامين د٣ (Previtamin D3) في منتصف الشتاء من المفترض أن تسود حالة مماثلة في جنوب نصف الكرة الغربى. اظهرت هذه النتائج تأثيرات درامية من التغيرات من الاشعاع الشمسى فوق البنفسجى على تركيب فيتامين د٣ في الجلد، وبيان تأثير خط العرض على طول فيتامين (د) خلال فصل الشتاء الاضافات الغذائية من هذا

الفيتامين ضرورية لإيواء الدواجن في الهواء الطلق. منتجي الدواجن العضوية بحاجة إلى أن تدرك من هذه النتائج، بدون اضافات هناك تقلبات موسمية في مخازن الجسم من الفيتامين في الدواجن الساكنة في الهواء الطلق. وتتطلب الاضافات الغذائية خلال فصل الشتاء، يتعرف على النقص لمرة واحدة، الإضافة مع فيتامين د اصبح ممارسة شائعة. قياس فعالية مصادر فيتامين د بالوحدات الدولية (International Units IU) أو (International Chick Units ICU) وحدة دولية واحدة من فيتامين (د) تعرف على انها تعادل نشاط Crystalline D3 ٠,٢٥ ملليجرام.

فيتامين د مطلوب للنمو الطبيعى والتكاثر، يكون المصدر الطبيعى الهام هو الفا توكوفيرول α-tocopherol الموجود في الزيوت النباتية والبذور، الشكل الاستر (أي أن فيتامين د خلات Vitamin E acetate) يمكن تخليقه واستخدامه من الاضافات الغذائية، تعرف الوحدة الدولية الواحدة كأنها تعادل نشاط واحد جرام DL-α-tocopherol. الدور الغذائي لفيتامين د يكون مترابط ترابط وثيق مع السيلينيوم ويشارك بشكل رئيسى في حماية الاغشية الدهنية مثل جدران الخلايا من التلف التأكسدي. ورغم أن هذه العلامات هي مماثلة لتلك التي تظهر في نقص السيلينيوم، ليس من الممكن أن يحل السيلينيوم محل فيتامين د تمامًا، كل المركبات الغذائية مطلوبة في العليقة.

في الكتاكيت النامية، النقص يمكن ينتج في:

لين الدماغ encephelomal acid أو مرض الكتكوت المجنون.

exudative diathesis والناجمة عن افراط في نفاذية الشعيرات الدموية.

ضمور العضلات، يحدث لين الدماغ أو مرض الكتكوت المجنون عندما تحتوي العليقة على دهون غير مشبعة التي هي عرضة للتزنخ.

بعض المواد المضادة للأكسدة، بالاضافة إلى فيتامين هـ تكون مؤثرة (فعالة) أيضًا ضد لين العظام، يمنع مرض Exudative diathesis بواسطة عليقة

السيلينيوم وضمور العضلات مرض معقد يتأثر بفيتامين هـ، السيلينيوم، والأحماض الأمينية الميثايونين والليسين، تحدث انخفاض نسبة التفريخ عندما تكون علائق تربية دجاج البيض بها عجز في فيتامين هـ. لمنع نقص فيتامين هـ الممكن، علائق دواجن النمو ودجاج التربية تكون عادة مضاف اليها مصدر فيتامين هـ وربما مضادات اكسدة مناسبة ويوجد فيتامين ك طبيعيًا في عدة أشكال: Phylloquinone (K1) الفيلوكينون (ك١) في النبات و Menaquinone (K2) الميناكينون (ك٢) الذي يتم تصنيعة في القناة الهضمية بواسطة الميكروبات. فيتامين ك هو الذى يشارك في تركيب البروثرومبين في الكبد عامل تخثر الدم، ومن هنا اشتق اسمه كفيتامين تخثر الدم أو مضاد للنزف. الدجاج أو الكتاكيت المغذاه على عليقة بها نقص في هذا الفيتامين تكون عرضة للنزف من أثر كدمة أو أصابه أي جزء من الجسم، وربما النزف حتى الموت. الطيور الناضجة ليست بالسهولة أن تتأثر ولكن عندما تغذى دجاجات التربية على علائق ناقصة من فيتامين ك فإن الكتاكيت لديها احتياجات من الفيتامين وعلى ذلك تكون عرضة لنزيف حاد لفترات طويلة من الوقت إلى حد كبير لـ bloodclotting. بعض اضافات الاعلاف قد يكون بها زيادة من احتياجات فيتامين ك. عند الحاجة، يضاف عادة فيتامين ك إلى علائق النمو ودجاج التربية بإعتبارها النموذج الاصطناعى لشكل الفيتامين القابل للذوبان في الماء.

الفيتامينات الذائبة في الماء Water- soluble vitamins :

ثمانية فيتامينات مهمة في تغذية الدواجن، عمومًا يشاركون في التفاعلات الكيماوية الحيوية كعوامل مساعدة للأنزيم الذى يؤثر في الغالب لنقل الطاقة.

فيتامين ب (B) :

يلعب البيوتين Biotin دورًا في تركيب الدهون وتمثيل الجلوكوز وعلائق الدواجن في مناطق استخدام القمح كمصدر رئيسى للحبوب النجيلية (كندا الغربية، استراليا والدول الاسكندنافية) تحتاج عادة اضافات مع هذا الفيتامين، المصادر

الجيدة لهذا الفيتامين تشمل كسب فول السودانى، كسب القرطم، الخمائر، مسحوق البرسيم، مسحوق الكانولا، مسحوق السمك وكسب فول الصويا. نقص البيوتين في عليقة الكتاكيت الصغيرة ينتج عنه الآفات الجلدية مشابهة لتلك الملاحظة في نقص حامض البنتوثينيك Pentothenic acid، يصبح القدمين خشنة ومتصلبة وفي وقت لاحق فتح الـ Crack وتصبح النزف، الآفات في نهاية المكان تظهر في زوايا الفم والاجفان تصبح حبيبيه، لوحظ نقص البيوتين أيضًا في الرومى، وتتطلب اضافات، الدجاج أو الكتاكيت المغذاه على البيض الخام (النيئ) يتطور نقص البيوتين لأن البيوتين يكون غير نشط بواسطة افيدين avidin، احد بروتينات زلال البيض. طهي البيض لا يحدث هذا التأثير يشارك البيوتين أيضًا في الوقاية من تشوة العظام وضرورى لنسبة الفقس الجيدة للبيض. الكمية المطلوبة للصحة الجيدة وانتاج البيض في الدجاجات الناضجة منخفضة جدًا.

الكولين Choline:

ليس فيتامين بالمعنى الدقيق للكلمة، ولكنها شملت بصفة عامة المجموعة القابلة للذوبان في الماء. وهو مكون للخلايا الهيكلية ويشارك في نبضات الأعصاب جنبًا إلى جنب مع الميثايونين وهو بمثابة مصدر هام من مصادر مجموعات الميثيل، التي تعتبر ضرورية في عملية التمثيل الغذائي.

تخلق الدواجن هذا الفيتامين لكن العملية غالبًا ما تكون غير فعالة في صغار الكتاكيت، مما يجعل الاضافات ينصح بها لدجاج التسمين والرومى. الطيور المسنة قادرة على تخليق الكولين بكمية كافية، المصادر الغذائية الجيدة تشمل زوائب الاسماك fish soluble مسحوق السمك، كسب فول الصويا والمقطرات distillers والذوائب soluble جنبًا إلى جنب مع المنجنيز، حامض الفوليك، حامض النيكوتينيك، البيوتين والكولين هو ضرورى لمنع تشوة العظام (انزلاق الوتر slipped tendon) في صغار الكتاكيت والكتاكيت. نقص الكولين أيضًا ينتج عنه تأخر في

النمو وانخفاض الاستفادة من الغذاء.

كوبالامين (فيتامين ب١٢) يرتبط ارتباطًا وثيقًا مع حمض الفوليك في تمثيله الغذائي. جميع النباتات والفواكة والخضروات والحبوب خالية من هذا الفيتامين. تنتج الكائنات الحية الدقيقة كل الكوبالامين الموجودة في الطبيعة، أي جروح في مواد النبات ينتج عنه تلوث ميكروبي، لذلك فإن علائق الدواجن التي لاتحتوى على منتجات حيوانية تحتاج إلى اضافات وبالتالي لا توجد منتجات حيوانية تتطلب اضافات. كفاية فيتامين ب١٢ يكون اكثر اهمية للدجاج النامى والكتاكيت ودجاج التربية. علامات النقص تشمل بطء النمو، تشوة العظام في القطعان صغيرة العمر. انخفاض كفاءة الاستفادة من الاعلاف، ارتفاع نسبة الوفيات وانخفاض نسبة فقس البيض.

الفولاسين (حمض الفوليك) مطلوب في عملية التمثيل الغذائي والتخليق الحيوى للبيورين والبيريميدين Purines ans pyrimidnes. يكون فيتامين مستقر جدًا ولكن لا تحدث طبيعيًا في مواد العلف. بدلًا من ذلك فانة يحدث انخفاض في أشكال polygutamates التي تكون جاهزة للأكسدة.

هذه الأشكال تتحول إلى حامض فوليك في الجسم، العلائق الشائعة تحتوي على كمية كافية من الفولاسين ولكن هذه ليست مضمونة. وعلى ذلك الفولاسين يكون عادة موجود في اضافات الفيتامينات التي تضاف إلى علائق الدواجن لضمان كفايته هناك نقص في الدجاج الصغير أو الكتاكيت ينتج عنه تأخر في النمو، ضعف الترييش وضعف وتشوه العظام. ريش ملون قد يكون ناقص في الصبغة وتوجد أيضًا اعراض الانيميا، اعراض اضافية توجد عند النقص في الرومي هي الشلل.

النياسين (حمض النيكوتينيك) يكون مكون من اثنين من الانزيمات المساعدة (NAD and NADP)، والهام في عملية التمثيل الغذائي، غالبًا ما يكون ناقص في العلائق لأن اعلاف الحبوب (خاصة الاذرة) تحتوي على النياسين في صورة غير متاحة في معظمها للدواجن، تكون البقوليات مصادر جيدة، وأيضًا الخميرة،

ونخالة القمح ونواتج وسطية، مخلفات عملية التخمير وبعض الحشائش.

يمكن تخليق هذا الفيتامين بواسطة الطيور من الحامض الامينى التربتوفان، ولكن كفاءة التحويل منخفضة. نقص الفيتامين في الدجاج الصغير والكتاكيت ينتج عنه أساسا ضعف النمو، تضخم مفصل العرقوب وتشوه العظام. والرومى معرض بوجة خاص لاضطرابات العرقوب. علامات اخرى من النقص هي التهابات ولون غامق للسان وتجويف الفم، فقدان الشهية وضعف الترييش. تصبح الكتاكيت المصابة عصبية وسريعة الأنفعال. مع انخفاض في استهلاك العلف، وتراجع النمو كثيرًا، الشكل المخلق من حامض النيكوتينيك يستخدم عمومًا في الاضافات العلفية.

حامض البانتوثينيك Pantothenic acid:

حامض البانتوثينيك مكون من المرافق الانزيمى A (COA) تكون غالبًا العلائق بها نقص في هذا الفيتامين حيث أن الحبوب والبروتينات النباتية هي مصادر فقيرة في هذا الفيتامين. المصادر الجيدة تشمل خميرة الـ brewer، البرسيم ومخلفات عمليات التخمر.

الدجاج الصغير والكتاكيت المغذاه على عليقة بها نقص في حامض البانتوثينيك تظهر أعراض نمو بطئ، وخشونة الريش، تظهر آفات الجرب في زوايا الفم، على حواف الجفن وحول فتحة المخرج، في الحالات الحادة تحدث أيضًا على القدمين. النقص في قطعان التربية ينتج عنه انخفاض الفقس والكتاكيت المفرخة كثيرًا ما تظهر ارتفاع معدل النفوق المبكر. بنتوثينات الكالسيوم calcium pantothenate شائعة الاستخدام في الاضافات الغذائية.

البيريدوكسين Pyridoxine:

يكون البيريدوكسين مكون لأنظمة عدة للإنزيمات تشارك في التمثيل الغذائي للنتروجين، عمومًا العلائق التي بها كميات مناسبة في شكل حر أو جنبًا إلى جنب مع الفوسفات. بعض مواد العلف مثل بذور الكتان وبعض اصناف من الفول قد

تحتوي على مضادات البيريدوكسين، البيريدوكسين يكون واحد من الفيتامينات التي تعانى اثناء عملية تصنيع الاعلاف، ٧٠-٩٠% من المحتوى في القمح يفقد اثناء طحن القمح (Nesheim, 1974).

النقص الحاد ينتج حركات تشنجية، بلا هدف حول الحركة، تليها تشنجات واستنفاذ والموت. في الطيور الناضجة يوجد فقدان الشهية تليها فقدان الوزن والموت، انخفاض انتاج البيض وانخفاض نسبة الفقس يمكن ملاحظاتها.

الريبوفلافين Riboflavin:

الريبوفلافين قابل للذوبان في الماء، وهو واحد من أكثرها عجزًا في علائق الدواجن، حيث أن الحبوب والبروتينات النباتية مصادر فقيرة في الريبوفلافين. لذلك جميع علائق الدواجن بحاجة إلى أن تستكمل من هذا الفيتامين، تم استخدام منتجات الألبان في علائق الدواجن التقليدية كمصدر جيد للريبوفلافين. المصادر الجيدة الآخرى هي الاعلاف الخضراء ومنتجات عملية التخمير، مطلوب الريبوفلافين كما هو مكون من اثنين من الانزيمات المساعدة الهامة (FAD and FMN) وعند استقبال الدجاج والرومى علائق ناقصة من هذا الفيتامين نمو ضعيف وتطور غالبًا ما يسمى عرج الاصابع وشلل دجاج التربية يحتاج إلى اضافات من الريبوفلاقين في العليقة، وإلا سوف لا يفقس بيضها بشكل صحيح. العلائق تكون عادة مدعمة أو مضاف اليها مصدر اصطناعى من هذا الفيتامين.

الثيامين:Thiamin

الثيامين مهم كعنصر من العناصر المكونة للمرافق الانزيمى بيروفوسفات الثيامين.(thiamin pyrophosphate (TPP) (CoCarboxylase المصادر الجيدة تكون البرسيم الحبوب والخميرة، كثيرًا ما واجه نقص اقل من اوجة القصور من الفيتامينات الأخرى، حيث أن الثيامين يوجد بكثرة في الحبوب الكاملة التي تشكل جزء رئيس في علائق الدواجن٠ العليقة التي بها نقص في الثيامين ينتج عنها

اضطرابات عصبية في كل من الطيور الصغيرة والمسنة، وفي نهاية المطاف شلل الأطراف العصبية التهاب الاعصاب.

حمض الاسكوربيك (فيتامين ج):Ascorbaic acid:

حمض الاسكوربيك (فيتامين ج) يكون فيتامين قابل للذوبان في الماء ولكنه ليس جزء من مجموعة ب بل يحتاج اليه في التمثيل الغذائي لكل الأنواع ولكن يكون احتياج غذائى فقط لتلك التي تفتقر إلى الإنزيم المطلوب تخليقة (قرود، خنازير، غينيا، طيور معينة، الاسماك) لذلك لا يكون مطلوب في علائق الدواجن، فإنه يتضمن في التكوين وصاينه الانسجة بين الخلايا التي لديها الكولاجين (collagen) أو المواد التي ذات صلة كمواد قاعدية. استجابة لعلامات نقص الفيتامين Response to signs of vitamin deficiency.

تكون علامات نقص الفيتامين محدود إلا نادرًا. هكذا اذا نقص أ، د أو هـ يكون مشابهه، فمن المستحسن التحقيق مع متخصص التغذية أو الطبيب البيطرى ادارة جميع الثلاثة المكملة للعلف أو ماء الشرب (بإستخدام نموذج المياه غير القابلة للإمتزاج).

إذا اشتبه في نقص فيتامين ب، فمن المستحسن التحقق مع خبير التغذية أو الطبيب البيطرى وادارة مجموعة فيتامين ب المركب من خلال استكمال العلف أو بفضل في مياة الشرب، حيث أن هذه الفيتامينات تكون قابلة للذوبان والدواجن لا تأكل جيدًا عندما يوجد عجز في فيتامينات ب. المعايير العضوية السائدة قد تسمح بحقن الفيتامينات لتصحيح النقص، ولكن هذا يجب أن يحقق من خلال الوكالة الموثقة.

الماء Water:

يكون الماء أيضًا مركب غذائي مطلوب، يكون الاحتياجات حوالى ٢-٣ مرة من وزن المأكول. أهمية الأخذ في الاعتبار مع الدواجن لضمان أنه يوجد امداد كافي

متجدد وغير ملوث من المياة المتوفرة في جميع الافات.

يجب أن يكون الماء متاح دائمًا adlibitum في مساقى مصممة للدواجن نوعية المياه تكون هائمة، وتستند المبادئ التوجيهية بشأن المواد الصلبة الذائبة (المواد الصلبة الذائبة) تصل إلى ٥٠٠٠ ملليجرام / كجم والرقم الهيدروجين (pH) بين ٦ و ٨ عمومًا يكون مقبول. الطيور هي أيضًا حساسة جدًا لدرجة حرارة مياه الشرب، مفضلة الماء البارد على المياه التي هي فوق درجة الحرارة المحيطة هذا يمكن أن يؤثر على تناول العلف.

تحليل الاعلاف Feed analysis:

يمكن تحليل مواد العلف والعلف كيميائيًا لتوفير المعلومات على محتويات العناصر التي نوقشت اعلاه. عمومًا هذا لا يوفر معلومات على كمية المركب الغذائي للاتاحة أو التوفير البيولوجى للحيوان.

يكون التحليل الذاتى (التقربى) هو نظام تحليل وضع اصلًا في عام ١٨٦٥ بواسطة محطة تجارب Henneberg and Stohmann of Weende في المانيا لتحليل المكونات الرئيسية. غالبًا تشير في كثير في الاحيان على أنها قد تم تنقيح نظام weende وعلى مر الزمن، ويتألف النظام من تقديرات الماء (الرطوبة)، الرماد، الدهن الخام (مستخلص الاثير)، البروتين الخام والألياف الخام، أنها محاولات لفصل الكربوهيدرات إلى قسمين تصنيفات رئيسية هي:CF الألياف الخام (الكربوهيدرات غير المهضومة) و N-Free extract (NFE, or digestibile carbohydrates والمستخلص الخإلى من النتروجين (الكربوهيدرات المهضومة) ويقاس المستخلص الخالي من النتروجين NFE بواسطة الفرق بدلًا من التحليل المباشر.

المعلومات المكتسبة تكون على النحو التالي:

الرطوبة (المياه) Moisture (water) يعتبر هذا يمكن أن يكون بمثابة المكون الذي يخفف محتوى المركبات الغذائية ويوفر تقديره معلومات أكثر دقة على

محتويات المركبات الغذائية.

المادة الجافة (dry matter) هذه تكون كمية المادة الجافة الموجودة بعد خصم محتوى الرطوبة (الماء).

الرماد (Ash) هذا يوفر معلومات عن المحتوى المعدنى. مزيد من التحليلات يمكن أن توفر معلومات دقيقة عن وجود معادن معينة.

المواد العضوية (Organic matter) هذا هو مقدار الكربوهيدرات والمواد البروتينية الموجودة بعد خصم الرماد من المادة الجافة.

البروتين الخام (Crude protein) تحديد هذا المحتوى كما هو ن × ٦,٢٥ وهو مقياس البروتين الحإلى، استنادًا إلى افتراض أن متوسط محتوى النتروجين يكون ١٦ جرام من / ١٠٠ جرام من البروتين. بعض النتروجين في معظم الاعلاف يوجد كبروتينات غير نتروجينية ((non-protein N (NPN) لذلك فان القيمة المحسوبة يضرب ن×٦,٢٥ تشير على انها خام (Crude) بدلًا من بروتين حقيقى (treue protein) يتكون البروتين الحقيقى من الأحماض الأمينية (AAs) التي يمكن قياسها باستخدام تقنيات متخصصة.

مواد غير آزوتية Non-nitrogenous material:

الألياف Fiber:

يتم الحصول عليها كألياف خام. جزء من هذا الكسر قابل للهضم ولهذا طرق اكثر دقة لتحليل الألياف طورت لاحقًا بواسطة Van Soest and associates. أحد الطرق تفصل الأعلاف إلى جزئين (أ) محتويات الخلية النباتية، هذا الجزء قابل للهضم بدرجة كبيرة ويتكون من السكريات، النشويات والبروتين، البكتين القابل للذوبان والدهون. و(ب) مكونات الجدار الخلوى وهو جزء متغير في معامل الهضم ويتألف من البروتين غير المهضوم، هيميسيليولوز chemicellulose السيليولوز cellulose، لجنين lignin ومقيد النتروجين (bound N) تشمل الطريقة على

غليان العينة في محلول منظف محايد. الجزء القابل للذوبان يسمى جزء قابل للذوبان محايد (NDS, cell contents) ومتبقى ليفي يسمى محايد الألياف المنظفات (NDF, cell Wall Constituents). لا يشبه الألياف الخام CF و NFE، كل من NDS و NDF يتنبأ بدقة النسب الاكثر والاقل للأجزاء القابلة للهضم على التوالى، وجد أن مدى واسع من مواد العلف.

الطريقة الثانية تكون هي تحليل الألياف بالمنظفات الحمضية acid detergent fiber (ADF) التي يقسم الـ NDF إلى جزء قابل للذوبان في المقام الأول والذى يحتوى على هيمسيليولوز وبعض البروتينات غير قابلة للذوبان والجزء غير قابل للذوبان يتكون من سيليولوز cellulose، اللجنين lignin ومرتبط (معقد) النتروجين اظهر اللجنين أنه عاملًا رئيسها في التأثير على معامل هضم الاعلاف الخضراء جداول تكوين مواد العلف على نحو متزايد لقيم نصيب (حصة) NDF و ADF بدلًا من قيم الألياف الخام (CF) حيث أن هذه المعلومات تشير بواسطة بعض خبراء تغذية الحيوان، ومن المهم أن نلاحظ، مع ذلك أن الألياف الخام (CF) تكون ولاتزال مكونات ليقية تستخدم بواسطة (NRC, 1994) وهو مكون مطلوب من قبل السلطات المنظمة للأعلاف للتأسيس على التاج (tag) (وهي الورقة على الجوال المكتوب عليها المحتوى من المركبات الغذائية) التي تم شراؤها على الاقل في امريكا الشمالية.

المستخلص الخإلى من النتروجين Nitrogen-free extract:

ويشمل هذا على الكربوهيدرات القابلة للهضم أي النشا والسكريات.

الدهن Fat:

يقاس هذا كما هو في الدهن الخام (احيانًا يسمى زيوت أو مستخلص الاثير حيث يستخدم الاثير في عملية الاستخلاص)٠ وتحاليل تفصيلية اكثر يمكن عملها لقياس الأحماض الدهنية الغروية.

لاتقاس الفيتامينات مباشرة في نظام (weende) ولكن يمكن قياس الفيتامينات في المستخلص الناتج من عملية اذابة الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون أو القابلة للذوبان في الماء بالطرق المناسبة.

في نهاية المطاف، طرق سريعة استنادًا إلى تقنيات مثل القريبة من الاشعة تحت الحمراء Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) من المتوقع أن تحل محل الطرق الكيماوية لتحليل الاعلاف روتينيًا، ومن المتوقع أن التوافر البيولوجى أن يستمر القياس في دراسات حيوانية.

منشورات على الاحتياجات الغذائية:

Publications on Nutrient Requirements

الاحتياجات الغذائية في امريكا الشمالية مؤسسة على توصيات المركز القومى للبحوث اكاديمية العلوم القومية، واشنطن، العاصمة.

وتشمل التوصيات الخنازير، الدواجن، ماشية الألبان، الخيول، حيوانات المعمل، وغيرها ويتم نشرها على شكل سلسلة من الكتب وكل الأنواع يتم تحديثها كل عشرة سنوات، الاحتياجات الغذائية الحالية للدواجن تكون عام ١٩٩٤ طبعة منقحة لجنة مختصة من الخبراء تجتمع لنشر نتائج البحوث لاشتقاق تقديرات الشرط. هذه هي من ثم كما نشرت التوصيات وتستخدم هذه المعلومات على نطاق واسع من قبل صناعة الاعلاف في امريكا الشمالية ومناطق أخرى عديدة.

لا توجد توصيات مماثلة موجودة في بلدان اخرى. اعدت معايير (مقاييس) الاحتياجات الغذائية من قبل المملكة المتحدة في الماضى من قبل لجان قومية (على سبيل المثال مركز البحوث الزراعية ARC, 1975). وحتى الآن لم يتم التحديث نشرت المقاييس الغذائية الاسترالية عام ١٩٨٧ (SCA, 1987 – هيئة السلع التموينية ١٩٨٧) ولكنها لم تنقح بعد، في الاونة الاخيرة تم نشر فرنسى على الاحتياجات هو المعهد الوطنى للبحوث الزراعية (INRA) تم نشرها عام ١٩٨٤،

الذى يغطى الخنازير، الدواجن والارانب. واحدة من القيود المفروضة على نشر الاحتياجات تكون هذه الاحتياجات قابلة للتطبيق والاستخدام بصورة عامة، فعلى سبيل المثال، المسألة الرئيسية هي التأثير على الاحتياجات الغذائية للطاقة، الأحماض الأمينية في الطيور النامية وهي قدرة التركيب الوراثى (genotype) في مسألة الترسيب في الانسجة العجاف كما في طيور النمو حتى مرحلة النضج أو القدرة على التكاثر. الاستجابات للتركيزات الغذائية العالية من الأحماض الأمينية سوف تكون ايجابية فقط في الطيور التي لديها امكانية جنينية لترسيب (لايداع) في الأنسجة العجاف بدلًا من الدهون أو لإنتاج عدد كبير من البيض، ونتيجة لذلك، فمن الصعب تحديد المقاييس الغذائية للأحماض الأمينية التي يمكن تطبيقها بشكل عام على جميع الطرز. لهذا السبب فإن مصانع الاعلاف لطيور التسمين التقليدية ودجاج وضع البيض في أوروبا، آسيا، استراليا وأمريكا الشمالية عادة ما تستخدم نماذج الاحتياجات الغذائية استنادًا إلى بيانات الاحتياجات ولكن مصممة لسلالات معينة من التراكيب الوراثية genotypes للدواجن. هذه النماذج (الموديلات) تتطلب معلومات دقيقة عن بيانات الداخل والخارج وخارج نطاق متوسط المنتج العضوي، لا يوجد حاليًا أي مجموعة من المقاييس الغذائية التي صممت خصيصًا للدواجن العضوية. وستكون هذه المقاييس مستمدة من المقاييس القائمة على الدواجن التجارية.

واحدة من الانتقادات للمنشورات الصادرة عن المركز القومى للبحوث NRC هو أن بعض البيانات قديمة وليس لها بيانات لأن البحث في المسألة اجرى على بعض منها منذ فترة ماضية، أيضًا، أن الفترة الزمنية الفاصلة في الاشتقاق من نتائج البحوث الجديدة، لاستعراض الاقران ونشرها في المجلات العلمية وتأسيسها في توصيات المركز القومى للبحوث NRC يجعل المعلومات أقل في التطبيق للتراكيب المتفوقة وراثيًا، ومع ذلك فإن هذا الانتقاد هو أقل أهمية لمنتجى العضوية. استخدم منتجى

المنتجات العضوية العديد من السلالات والأنواع التقليدية للدواجن التي لم تخضع للضغوط المفروضة على اختيار التراكيب الوراثية الرائدة المستخدمة في الانتاج التقليدى. وبالتالى، فإنها ينبغي أن توجد في منشورات المركز القومى للبحوث NRC دليلًا مفيدًا للاحتياجات الغذائية، وعلاوة على ذلك، قيل أن تقديرات الاحتياجات الغذائية المختلفة المتاحة، وتقديرات مركز البحوث الزراعية ١٩٧٥ (ARC, 1975) هي الأكثر انطباقًا على الانتاج العضوي بسبب التراكيب الوراثية المستخدمة في اشتقاق بيانات لهم، ولكن غير مكتملة، ومن غير المؤكد ما إذا كان جداول الاحتياجات الغذائية مثل تلك التي ينتجها المركز القومى للبحوث (NRC) ومركز البحوث الزراعية (ARC) قابلة للتطبيق في البلدان النامية، على سبيل المثال، قال Presten and Leng, (1987) انه في البلدان النامية يجب أن يكون الهدف هو تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة وتقليل استخدام المكونات المستوردة، في ظل هذه الظروف من الصعب جدًا تطبيق الاحتياجات الغذائية الصادرة عن المركز القومي للبحوث NRC ومركز البحوث الزراعية ARC اقتصاديًا والانتاج الأمثل يكون نتيجة لذلك أقل من الحد الاقصى.

يأخذ هذا المنشور منظور الاحتياجات الغذائية للمركز القومي للبحوث NRC وهي من الاولية لمصلحة منتجي الدواجن العضوية في جميع انحاء العالم. بناءًا على ذلك اقترح تعيين الاحتياجات الغذائية (من جداول المركز القومى للبحوث)٠

جدول رقم (٨١): المركز القومى للبحوث (NRC, 1994) الإحتياجات الغذائية المقدرة لدجاج اللجهورن النامى

الكمية /الكيلو جرام عليقة (على أساس نسبة الرطوبة ٩٠%)

المرحلة	دجاج البيض الأبيض				دجاج البيض البنى			
	٠-٦ اسبوع	٦-١٢ اسبوع	١٢-١٨ اسبوع	١٨ اسبوع اول بيضة	٠-٦ اسبوع	٦-١٢ اسبوع	١٢-١٨ اسبوع	١٨ اسبوع اول بيضة
وزن الجسم النهائى (جرام)	٤٥٠	٩٨٠	١٣٧٥	١٤٧٥	٥٠٠	١١٠٠	١٥٠٠	١٦٠٠
الطاقة الممثلة الظاهرية (كيلو كالورى)	٢٨٥٠	٢٨٥٠	٢٩٠٠	٢٩٠٠	٢٨٠٠	٢٨٠٠	٢٨٥٠	٢٨٥٠
بروتين خام (جرام)	١٨٠	١٦٠	١٥٠	١٧٠	١٧٠	١٥٠	١٤٠	١٦٠
أحماض أمينية (جرام)								
أرجينين	١٠	٨,٣	٦,٧	٧,٥	٩,٤	٧,٨	٦,٢	٧,٢
سيستين + سيرين	٧	٥,٨	٤,٧	٥,٣	٦,٦	٥,٤	٤,٤	٥
هستدين	٢,٦	٢,٢	١,٧	٢	٢,٥	٢,١	١,٦	١,٨
ايزوليوسين	٦	٥	٤	٤,٥	٥,٧	٤,٧	٣,٧	٤,٢
ليوسين	١١	٨,٥	٧	٨	١٠	٨	٦,٥	٧,٥
ليسين	٨,٥	٦	٤,٥	٥,٢	٨	٥,٦	٤,٢	٤,٩
ميثايونين	٣	٢,٥	٢	٢,٢	٢,٨	٢,٣	١,٩	٢,١
ميثايونين + سيستين	٦,٢	٥,٢	٤,٢	٤,٧	٥,٩	٤,٩	٣,٩	٤,٤
فينايل الانين	٥,٤	٤,٥	٣,٦	٤	٥,١	٤,٢	٣,٤	٣,٨
فينايل الانين +	١٠	٨,٣	٦,٧	٧,٥	٩,٤	٧,٨	٦,٣	٧,٠

تيروزين								
ثريونين	٦,٨	٥,٧	٣,٧	٤,٧	٦,٤	٥,٣	٣,٥	٤,٤
تربتوفان	١,٧	١,٤	١,١	١,٢	١,٦	١,٣	١,٠	١,١
فالين	٦,٢	٥,٢	٤,١	٤,٦	٥,٩	٤,٩	٣,٨	٤,٣
أملاح معدنية (جم/ كيلوجرام)								
كالسيوم	٩	٨	٨	٢٠	٩	٨	٨	١٨
فوسفور (غير الفيتات)	٤	٣,٥	٣	٣,٢	٤	٣,٥	٣	٣,٥
كلورين	١,٥	١,٢	١,٢	١,٥	١,٢	١,١	١,١	١,١
ماغنسيوم	٠,٦	٠,٥	٠,٤	٠,٤	٠,٥٧	٠,٤٧	٠,٣٧	٠,٣٧
بوتاسيوم	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥
صوديوم	١,٥	١,٥	١,٥	١,٥	١,٥	١,٥	١,٥	١,٥
الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)								
نحاس	٥	٤	٤	٤	٥	٤	٤	٤
يود	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣	٠,٣٣
حديد	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	٧٥	٥٦	٥٦	٥٦
منجنيز	٦٠	٣٠	٣٠	٣٠	٥٦	٢٨	٢٨	٢٨
سيلينيوم	٠,١٥	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١٤	٠,١	٠,١	٠,١
زنك	٤٠	٣٥	٣٥	٣٥	٣٨	٣٣	٣٣	٣٣
فيتامينات (وحدة دولية)								
فيتامين أ	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٤٢٠	١٤٢٠	١٤٢٠	١٤٢٠
فيتامين د٣	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٣٠٠	١٩٠	١٩٠	١٩٠	٢٨٠
فيتامين هـ	١٠	٥	٥	٥	٩,٥	٤,٧	٤,٧	٤,٧
فيتامينات (ملليجرام)								
بيوتين	٠,١٥	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١٤	٠,٠٩	٠,٠٩	٠,٠٩
كولين	١٣٠٠	٩٠٠	٥٠٠	٥٠٠	١٢٢٥	٨٥٠	٤٧٠	٤٧٠
فولاسين	٠,٥٥	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٥٢	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٢٣
نياسين	٢٧	١١	١١	١١	٢٦	١٠,٣	١٠,٣	١٠,٣

حامض البنتاثوينك	١٠	١٠	١٠	١٠	٩,٤	٩,٤	٩,٤	٩,٤
بيرويدوكسين	٣	٣	٣	٣	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨
ريبوفلافين	٣,٦	١,٨	١,٨	٢,٢	٣,٤	١,٧	١,٧	١,٧
ثيامين	١	١	٠,٨	٠,٨	١	١	٠,٨	٠,٨
فيتامين ك	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٤٧
فيتامينات (ميكروجرام)								
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	٩	٣	٣	٤	٩	٣	٣	٣
حامض لينوليك	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠

مؤسس على عليقة أذرة / صويا. بعض القيم اعلاة في الجدول مقدرة (معينة) ككونها مؤقتة (غير نهائية – تجريبية)

كأساس لوضع مقاييس (معايير) غذائية معمول بها لمتوسط قطعان الدواجن العضوية، الطيور المنتجة (المسحوبة) من الأنواع والسلالات التقليدية. من ناحية أخرى استخدم المنتجون العضويون الهجن الحديثة التي قد يجدو قيم احتياجاتهم الغذائية الموصى بها من قبل الشركة خاصة التركيب الوراثي حتى تكون أكثر فائدة لقيم المركز القومي للبحوث NRC.

جدول رقم (٨٢): الاحتياجات الغذائية المقدرة للدجاجات البياضة من النوع اللجهورن، الكميات / كيلو جرام عليقة

(على أساس نسبة الرطوبة ٩٠%) والكمية في اليوم

المرحلة	كميات/ كجم عند الاستهلاكات المختلفة في العليقة:دجاج البيض الأبيض			الكمية في اليوم		
				سلالات التربية ذات البيض الابيض	دجاج البيض الأبيض	دجداج البيض البنى
المقدم من الغذاء (جم / يوم)	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٠٠	١٠٠	١١٠
بروتين خام (جم)	١٨٨	١٥٠	١٢٥	١٥	١٥	١٦,٥
أحماض أمينية (جرام)						
أرجينين	٨,٨	٧	٥,٨	٠,٧	٠,٧	٠,٧٧
هستدين	٢,١	١,٧	١,٤	٠,١٧	٠,١٧	٠,١٩
ايزوليوسين	٨,١	٦,٥	٥,٤	٠,٦٥	٠,٦٥	٠,٧٢
ليوسين	١٠,٣	٨,٢	٦,٨	٠,٨٢	٠,٨٢	٠,٩
ليسين	٨,٦	٦,٩	٥,٨	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٧٦
ميثايونين	٣,٨	٣,٠	٢,٥	٠,٣	٠,٣	٠,٣٣
ميثايونين + سيستين	٧,٣	٥,٨	٤,٨	٠,٥٨	٠,٥٨	٠,٦٥
فينايل الانين	٥,٩	٤,٧	٣,٩	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٥٢
فينايل الانين + تيروزين	١٠,٤	٨,٣	٦,٩	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٩١
ثريونين	٥,٩	٤,٧	٣,٩	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٥٢
تريبتوفان	٢	١,٦	١,٣	٠,١٦	٠,١٦	٠,١٨
فالين	٨,٨	٧	٥,٨	٠,٧	٠,٧	٠,٧٧
أملاح معدنية (جم)						
كالسيوم	٤٠,٦	٣٢,٥	٢٧,١	٣,٢٥	٣,٢٥	٣,٦
فوسفور (غير	٣,١	٢,٥	٢,١	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٨

الفيتات)						
كلورين	١,٦	١,٣	١,١	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٥
ماغنسيوم	٠,٦٣	٠,٥	٠,٤٢	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٦
بوتاسيوم	١,٩	١,٥	١,٣	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٧
صوديوم	١,٩	١,٥	١,٣	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٧
الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)						
نحاس	ND	ND	ND	ND	ND	ND
يود	٠,٠٤٤	٠,٠٣٥	٠,٠٢٩	٠,٠١	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤
حديد	٥٦	٤٥	٣٨	٦	٤,٥	٥,٠
منجنيز	٢٥	٢٠	١٧	٢	٢,٠	٢,٢
سيلينيوم	٠,٠٨	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٠٦	٠,٠٠٦	٠,٠٠٦
زنك	٤٤	٣٥	٢٩	٤,٥	٣,٥	٣,٩
فيتامينات (وحدة دولية)						
فيتامين أ	٣٧٥٠	٣٠٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٣٠
فيتامين د٣	٣٧٥	٣٠٠	٢٥٠	٣٠	٣٠	٣٣
فيتامين هـ	٦	٥	٤	١	٠,٥	٠,٥٥
فيتامينات (ملليجرام)						
بيوتين	٠,١٣	٠,١	٠,٠٨	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١١
كولين	١٣١٠	١٠٥٠	٨٧٥	١٠٥	١٠٥	١١٥
فولاسين	٠,٣١	٠,٢٥	٠,٢١	٠,٠٣٥	٠,٠٢٥	٠,٠٢٨
نياسين	١٢,٥	١٠,٠	٨,٣	١	١	١,١
حامض البنتاثوينك	٢,٥	٢	١,٧	٠,٧	٢	٠,٢٢
بيرويدوكسين	٣,١	٢,٥	٢,١	٠,٤٥	٠,٢٥	٠,٢٨
ريبوفلافين	٣,١	٢,٥	٢,١	٠,٣٦	٠,٢٥	٠,٢٨
ثيامين	٠,٨٨	٠,٧	٠,٦	٠,٠٧	٠,٠٧	٠,٠٨
فيتامين ك	٠,٦	٠,٥	٠,٤	٠,١	٠,٠٥	٠,٠٦

فيتامينات (ميكروجرام)						
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	٤	٤	٤	٨	٠,٤	٠,٤
حامض لينوليك	١٢,٥	١٠	٨,٣	١	١	١,١
على أساس عليقة الأذرة / الصويا بعض القيم (قدرت) ككونها مؤقتة (غير نهائية)						

جدول رقم (٨٣): الاحتياجات من الطاقة الممثلة المطلوبة لكل دجاجة بيض لكل يوم وعلاقتها مع وزن الجسم ومعدل

انتاج البيض (من المركز القومى للبحوث ١٩٩٢ – NRC 1994)

وزن الجسم (كجم)	نسبة انتاج البيض (%)					
	٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
١ طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	١٣٠	١٩٢	٢٠٥	٢١٧	٢٢٩	٢٤٢
١,٥ طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	١٧٧	٢٣٩	٢٥١	٢٦٤	٢٧٦	٢٨٩
٢ طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢١٨	٢٨٠	٢٩٢	٣٠٥	٣١٧	٣٣٠
٢,٥طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢٥٩	٣٢١	٣٣٣	٣٤٦	٣٥٨	٣٧١
٣ طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢٩٦	٣٥٨	٣٧٠	٣٨٣	٣٩٥	٤٠٨

جدول رقم (٨٤): الاحتياجات الغذائية المقدرة لدجاج التسمين، الكميات / كيلو جرام عليقة تبعًا إلى المركز القومى للبحوث ١٩٩٤ (NRC, 1994)

(٩٠٠ جم / كيلو جرام على أساس المادة الجافة)

	بادىء من.-٣ اسبوع	نامى من ٣-٤ اسبوع	ناهي
الطاقة الممثلة الظاهرية (كيلو كالورى)	٣٢٠٠	٣٢٠٠	٣٢٠٠
بروتين خام (جرام)	٢٣٠	٢٠٠	١٨٠
أحماض أمينية (جرام)			
أرجينين	١٢,٥	١١	١٠
جلايسين + ثيرين	١٢,٥	١١,٤	٩,٧
هستدين	٣,٥	٣,٢	٢,٧
ايزوليوسين	٨	٧,٣	٦,٢
ليوسين	١٢	١٠,٩	٩,٣
ليسين	١١	١٠	٨,٥
ميثايونين	٥	٣,٨	٣,٢
ميثايونين + سيستين	٩	٧,٢	٦
فينايل الانين	٧,٢	٦,٥	٥,٦
فينايل الانين + تيروزين	١٣,٤	١٢,٢	١٠,٤
ثريونين	٨	٧,٤	٦,٨
تربتوفان	٢	١,٨	١,٦
فالين	٩	٨,٢	٧
أملاح معدنية (جم/ جرام)			
كالسيوم	١٠	٩	٨
فوسفور (غير الفيتات)	٤,٥	٣,٥	٣
كلورين	٢	١,٥	١,٢
ماغنسيوم	٠,٦	٠,٦	٠,٦
بوتاسيوم	٣	٣	٣
صوديوم	٢	١,٥	١,٢

الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)			
نحاس	٨	٨	٨
يود	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٣٥
حديد	٨٠	٨٠	٨٠
منجنيز	٦٠	٦٠	٦٠
سيلينيوم	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٥
زنك	٤٠	٤٠	٤٠
فيتامينات (وحدة دولية)			
فيتامين أ	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠
فيتامين د٣	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠
فيتامين هـ	١٠	١٠	١٠
فيتامينات (ملليجرام)			
بيوتين	٠,٠١٥	٠,١٥	٠,١٢
كولين	١٣٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
فولاسين	٠,٥٥	٠,٥٥	٠,٥
نياسين	٣٥	٣٠	٢٥
حامض البنتاثوينك	١٠	١٠	١٠
بيرويدوكسين	٣,٥	٣,٥	٣
ريبوفلافين	٣,٦	٣,٦	٣
ثيامين	١,٨	١,٨	١,٨
فيتامين ك	٠,٥	٠,٥	٠,٥
فيتامينات (ميكروجرام)			
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	١٠	١٠	٧
حامض لينوليك	١٠	١٠	١٠
المستوى المستخدم من الطاقة الممثلة المماثل في العلائق التقليدية، قدرت بعض القيم تكونها مؤقتة (غير نهائية).			

الطاقة الحيوية وعلاقتها بتفسير وشرح مصطلحات الطاقة

Biological Energy Interrelationships And Glossary of Energy Terms

الكالورى:Calorie (Cal)

اصطلاح يستخدم في مجال علوم التغذية ويعرف الكالورى الصغير Small calorie كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من ١٤,٥°م إلى ١٥,٥°م ومن خلال الحرارة الخاص بتغير درجات حرارة الماء فمن الممكن تعريف اكثر دقة للكالورى حيث يساوى ٤,١٨٦٠ جول دولى International joules.

ودائمًا يكتب حرف c صغير لنفرقة عن حرف C كبير والذى يعرف بأنه يعادل ١٠٠٠ كالورى صغير، ولذا فعادة لا تبدأ الجملة في الكتابة بالكالورى لأن الجملة تبدأ حرف كبير وهذا يؤدي إلى عدم التعبير ويختلط المعنى بالكالورى الكبير.

كيلو كالورى:Kilo calorie (Kcal)

كيلو كالورى يعادل ١٠٠٠ كالورى صغير ويكتب بحرف C كبير.

ميجا كالورى Megacalorie (Mcal):

ميجا كالورى تعادل ١٠٠٠ كيلو كالورى أو ١٠٠٠٠٠٠ كالورى صغير، وأيضًا تعادل الثرم Therm ويكتب Megacalorie.

الطاقة الكلية Gross energy:

وهي عبارة عن كمية الحرارة المقاسة بالكالورى المنطلقة عند تمام أكسدة المادة في مسعر التنفس Bomb calorimeter يحتوى على ٢٥ إلى ٣٠ ضغط جوي من الأكسجين وتعريف آخر للطاقة الكلية هي حرارة الاحتراق (الحرق) Heat combustion.

حيز الجسم التمثيلى Metabolic body size ($W^{0.75}$):

عبارة عن وزن الجسم مرفوع للأس 0.75 أو ¾

ويمكن حساب:

$$W^{0.75} = \sqrt{W \times W \times W} \quad \sqrt{W \times W \times W}$$

Explanation of terms under conventional seheme and true energy distribution scheme.

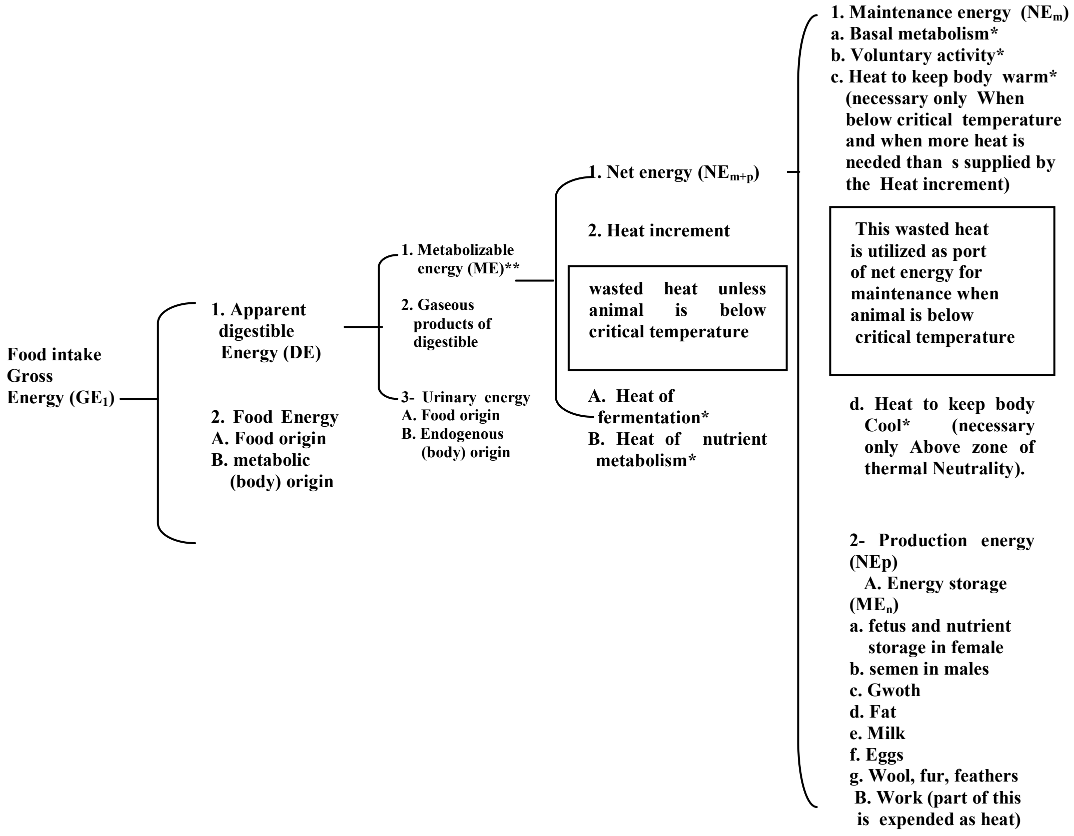
شرح المصطلحات خلال الظروف والبرامج المناسبة:

مسارات توزيع الطاقة الحقيقية:

تعبر مقاييس الطاقة المختلفة عادة على أساس الفترة الزمنية مثال ٢٤ ساعة ولكن من الممكن التعبير عن أي فترة زمنية باستخدام عوامل مناسبة، وفي حالة تصميم جداول تركيب الأغذية والأعلاف فيعبر عن مقاييس الطاقة على أساس لكل وحدة عادة، بمعنى وحدة الطاقة لكل وحدة وزنية (كيلو جرام، جم، رطل،..إلخ.

ويفضل ذكر التركيب على أساس خالي من الرطوبة Moisture أو كما هو مأكول As fed ويجب ذكر المادة الجافة على أساس As fed.

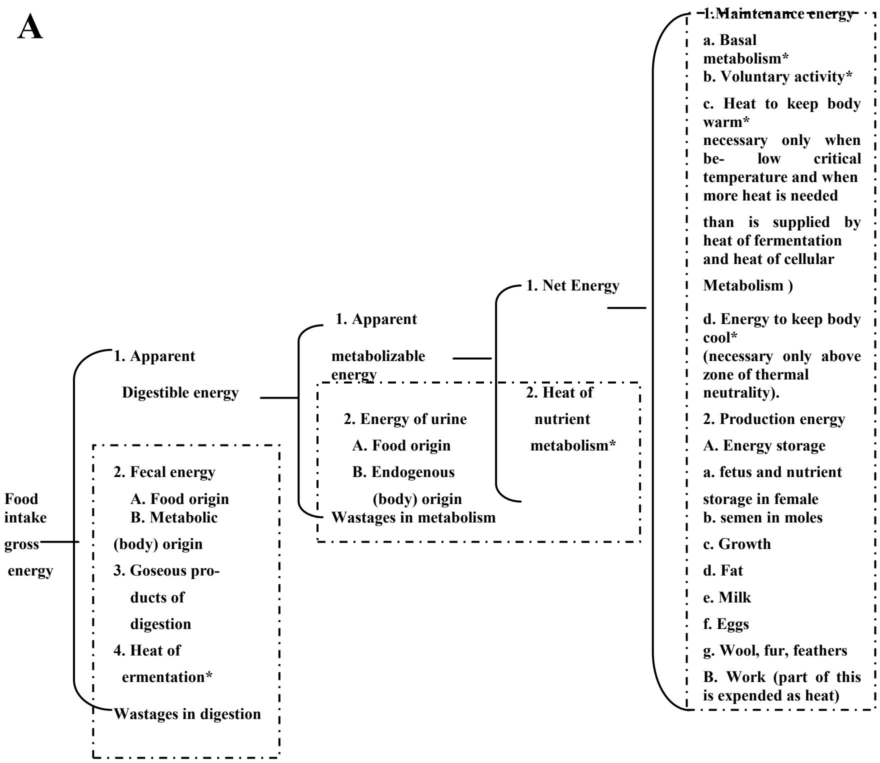
إذا عبرنا عن الاحتياجات على أساس moisture free basis فذلك يجعل الحسابات للعلائق ايسر وأسهل سواء الحسابات اليدوية أو من خلال linear programming وبالنسبة للكفاءة Efficiency value يعبر عنها كنسبة مئوية من جزئية الطاقة مثال ذلك الطاقة المهضومة Digestible energy، الطاقة القابلة للتمثيل Metabolizable energy أو الطاقة الصافية Net energy. ويستخدم في حالة الدواجن الطاقة القابلة للتمثيل أو الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينيًاN-corrected metabolizable energy.



شكل رقم (٤٥) استخدامات الطاقة (المسارات العادية الطبيعية)

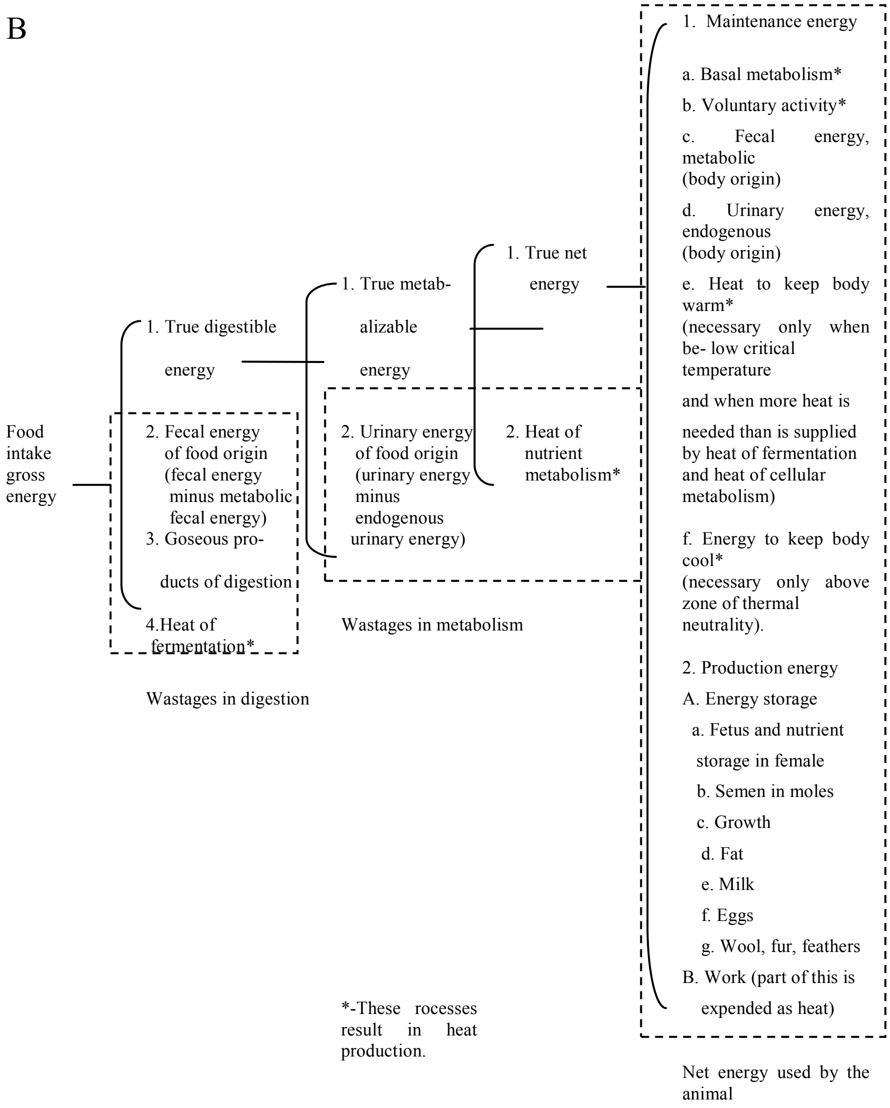
The utilization of energy (conventional scheme)

يوضح الشكل توزيعات استخدام الطاقة لحساب الطاقة المهضومة والقابلة للتمثيل والصافية وفي هذا الشكل يعبر عن طاقة الزرق التمثيلي وطاقة البول التمثيل الداخلى كجزء من الفقد في عملية الهضم والتمثيل.



***- These processes result in heat production net energy used by the animal.**

شكل رقم (٤٦) استخدام الطاقة (المسارات الموضحة لمنشأ أنواع الطاقة المختلفة)



شكل رقم (٤٧)

وفي الشكل السابق في توزيعات الطاقة الحقيقية يعبر عن طاقتى الزرق

التمثيلى والبول التمثيلى الداخلى جزء من احتياجات الطاقة الحافظة*

وهذا الشكل ينقسم لجزئين الجزء الأول A يوضح التوزيعات في حالتي الهضم والتمثيل بينما الجزء الثاني B يوضح الطاقة المهضومة الحقيقية والقابلة للتمثيل الحقيقية والصافية الحقيقية.

من هذه الحقيقة تكون الطاقة المهضومة والقابلة للتمثيل والقابلة للتمثيل المصححه نيتروجينيًا والصافية والحافظة كلها ظاهريًا تحت ظروف المسارات العادية الطبيعية.

وقديماً لم يكن يستخدم لفظ ظاهريًا في حالة استخدامات الطاقة مع استثناء ممكن بالنسبة للطاقة المهضومة حيث تحذف لتسهيل هذا الاصطلاح وتجعلها مثالية ومتفقة مع القيم السابقة في الأبحاث، عند تصحيح الطاقة القابلة للتمثيل لإتزان النتروجين فيجب استعمال لفظ أو اصطلاح N-corrected metabolizble energy.

المسار العادى الطبيعى Conventional Scheme

طاقة الغذاء المأكول الكلية= ——————————

Food Intake Gross Energy (GEi)

عبارة عن الطاقة الكلية للغذاء المأكول.

GEi = الطاقة الكلية للغذاء لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء المأكول الجاف.

طاقة الزرق (FE) Fecal energy:

عبارة عن الطاقة الكلية للزرق المفرز، وتشمل طاقة محتويات الغذاء غير المهضوم وأيضًا طاقة الجسم التمثيلة في الزرق.

FE = الوزن الجاف للزرق × طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف.

---

* جزء من طاقة الزرق من مصدر تمثيلى وجزء من طاقة البول من مصدر تمثيل داخلى وبالتالى فان مسارات الطاقة فى شكل (١٠) تعدل لتصحيح شكل (١١) ، حيث طاقة التمثيل والتمثيل الداخلى جزء من احتياجات الطاقة الصافية لذا تعتبر هذه المدلولات او القيم من الطاقة جزء من احتياجات الطاقة الحافظة.

الطاقة المهضومة الظاهرية (Apparent Digestible Energy (DE:

عبارة عن الطاقة الكلية للغذاء المستهلك المأكول مطروحًا منه طاقة الزرق. ومن الممكن أن يعبر عنها بمصطلحات أخرى مثل الطاقة الممتصة ظاهريًا أو طاقة الغذاء المهضوم ظاهريًا

Apparent absorbed energy or energy of apparently digested food.

DE= (طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء المأكول الجاف)-(طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الزرق الجاف).

DE=معامل الهضم = [(طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف ×وزن الغذاء الجاف) – (طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الزررق الجاف)] / [طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء الجاف] ×١٠٠

نواتج الهضم الغازية (Gaseous Products of Digestion (GPD:

تشمل الغازات القابلة للاحتراق الناتجة من القناة الهضمية نتيجة تخمر العليقة، وتقدر طاقة هذه الغازات بتقدير طاقة المحتويات الكلية، ويمثل غاز الميثان المكون الأكبر من هذه الغازات القابلة للاحتراق المنتجة، والحيوانات المجترة تنتج معظم الميثان وأيضًا الحيوانات غير المجترة تنتج ميثان ولكن بكميات قليلة جدًا وكذلك ينتج الهيدورجين والكربون مونو اكسيد، الاسيتون، الاثيان وهيدروجين سلفيد بكميات قليلة جدًا، لذا فإن الفقد في الطاقة كغاز الميثان يمثل قيمة معنوية فقط في حالة المجترات.

طاقة البول (Urinary Energy (UE:

عبارة عن طاقة البول الكلية، وتشمل طاقة محتوى الجزء غير المستخدم من العناصر الغذائية الممتصة، والطاقة الموجودة في جزء التمثيل الداخلى للجسم في البول.

الطاقة القابلة للتمثيل (Metabolizable Energy (ME:

هي الطاقة الكلية للغذاء المأكول (GEi) مطروحًا منه طاقة الزرق (FE) والنواتج الغازية (GPD) والبول (UE).

$$ME = GEi - FE - GPD - UE$$

ميزان النتروجين (الأزوت) (Nitrogen Balance (NB:

هو نيتروجين الغذاء المأكول (NI) مطروحًا منه نيتروجين الزرق (FN) ونيتروجين البول (UN). ومن الممكن أن يطلق عليه اصطلاح النتروجين المحتجز Nitrogen retention.

$$NB = NI - FN - UN$$

وهذه المعادلة تستخدم في حسابات ميزان الأزوت وهذه القيم ضرورية لضبط الطاقة القابلة للتمثيل لحساب النتروجين المحتجز في الجسم أو المفقود من أنسجة الجسم، وفي حالة الدقة المتناهية يؤخذ في الاعتبار النتروجين المفقود خلال العرق أو إفرازات البشرة، وفي بعض الأحيان لا بد من الأخذ في الحسبان نيتروجين النواتج الحيوية مثل اللبن والبيض والصوف.

الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينياً:

N-corrected Metabolizable Energy

وهي الطاقة الكلية للغذاء المأكول مطروحًا منه طاقة الزرق والنواتج الغازية للهضم والبول ويتم التصحيح بالنيتروجين المحتجز أو المفقود من الجسم، وفي حالة الطيور أو الحيوانات وحيدة المعدة فإن نواتج الهضم الغازية غير ضرورية ولاتؤخذ في الاعتبار.

وفي الثدييات يتم التصحيح باضافة ٧,٤٥ كيلو كالورى للطاقة القابلة للتمثيل لكل جرام من النتروجين المفقود من الجسم (مساوى لميزان النتروجين السالب)، وأيضًا يتم التصحيح بطرح ٧,٤٥ كيلو كالورى من الطاقة القابلة للتمثيل لكل جرام نيتروجين محتجز في الجسم (مساوى لميزان النتروجين الموجب). وهذه القيم تم الحصول عليها من خلال تجارب على الكلاب وقد لاتطبق على باقي الحيوانات، وفي حالة الحيوانات المنتجة لبعض النواتج مثل اللبن والبيض فلا يتم عمل تصحيح للنيتروجين على هذه النواتج، وقد يطلق على اصطلاح الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينيًا اصطلاح طاقة الهدم Katabolizable energy.

$$MEn = GEi - FE - GPD - UE \pm (NB \times 7.45\ Kcal).$$

بالنسبة للطيور يستخدم عامل التصحيح ٠.٨٢٢ كيلو كالورى غالبًا حيث تمثل الطاقة المكافئة لحمض اليوريك لكل جرام نيتروجين، وقد يستخدم عامل ٠.٨٧ كيلو كالورى لأنه يعطي متوسط محتوى الطاقة في البول تقريبًا لكل وحدة نيتروجين، وهناك فرق بسيط نسبيًا بين هذه العوامل للتصحيح بين الأنواع المختلفة لا بد من أخذه في الاعتبار، ولا بد من فحص هذه العوامل لتقيم صحتها.

الفاقد في الحرارة الفسيولوجية النافعة أو الفاقد في الطاقة القابلة للتمثيل

Heat increment (HI):

عبارة عن الزيادة في طاقة الإنتاج التالية لاستهلاك الغذاء عندما يكون الحيوان في ظروف وحالة المدى الحراري المحايد (أو الاتزان الحراري) Thermo neutral Environment وتشمل زيادة حرارة أو طاقة التخمر وأيضًا ميتابوليزم العناصر الغذائية، وهناك استهلاك قليل للطاقة في عمليات المضغ Mastiating وهضم الغذاء. وهذه الطاقة مفقودة باستثناء إذا كانت حرارة الظروف المحيطة أقل من الحرارة الحرجة، وهذه الطاقة قد تستعمل لحفظ الجسم دافئ، وبهذه الطريقة تصبح هذه الطاقة جزء من احتياجات الحرارة الصافية لحفظ الحياه (شكل رقم ٤٨) والمعادلة التالية لحساب HI:

HI للغذاء المأكول = الطاقة الناتجة عند تغذية الحيوان – الطاقة الناتجة من الحيوان عند الصيام

في حالة عدم امكانية صيام الحيوان يمكن حساب طاقة الانتاج بالتغذية على مستوين أو اكثر من العنصر الغذائي المأكول وحساب الفرق في طاقة الانتاج، وهذه المستويات المأكولة يجب أن تكون قريبة بعض الشئ من الاحتياجات الفعلية للعمليات الفسيولوجية.

وبذلك يمكن تقدير أو حساب Heat increment لعنصر ما وهذه تشير بالخطأ إلى ما يسمى Specific dynamic effect وهناك اصطلاح مرادف HI

هو Thermogenic action, Calorigenic effect واحياناً Specific dynamic effect

طاقة التخمر Heat of fermentation (HF):

عبارة عن الطاقة الناتجة في القناة الهضمية نتيجة الفعل الميكروبى.

طاقة تمثيل العنصر الغذائي Heat of Nutrient Metabolism (HNM):

عبارة عن الطاقة الناتجة من استخدام العناصر الغذائية الممتصة.

الطاقة الصافية Net energy (NE):

هي الفرق بين الطاقة القابلة للتمثيل (ME), Heat increment (HI)

وتشمل كمية الطاقة المستخدمة سواء في حفظ الحياه فقط أو في حفظ الحياة والانتاج. ومن الممكن التعبير عن الطاقة الصافية بانها الطاقة الكلية المحتجزة في الانسجة أو في النواتج المتكونة علاوة على طاقة احتياجات حفظ الحياه، وتحت الحرارة الحرجة فإن HI تعتبر جزء من الطاقة الصافية (شكل ٤٩) ولذا فانه من الضرورى عند ذكر أو كتابة الطاقة الصافية ذكر العوامل المؤثرة عليها في حساباتها Functions مثال ذلك الطاقة الصافية لحفظ الحياة والانتاج (NEm + P) وأيضًا الطاقة الصافية لحفظ الحياه فقط (NEm)، الطاقة الصافية للإنتاج فقط (NEp) وهذه الرموز السفلية اسفل الحروف أو الأدلة تحت الحروف ضرورية لحساب الطاقة الصافية المطلوبة دون ارباك.

الطاقة الصافية لحفظ الحياه Net energy for maintenance (NEm) :

هي جزء من الطاقة الصافية تستهلك لحفظ الحيوان في اتزان حرارى، وفي ذلك لا زيادة أو نقص في الطاقة في انسجة الجسم، والطاقة الصافية لحفظ الحياه في حالة الحيوان المنتج قد تختلف عنها في حالة الحيوان غير المنتج وبنفس الوزن الحي، وذلك راجع إلى تغيرات في كميات الهرمونات الناتجة وأيضًا إلى الاختلافات في الأنشطة الاختيارية Voluntary activity وهذه الاختلافات قد توجه إلى حفظ

الحياه وعمليات توجه عادة إلى احتياجات الانتاج.

الطاقة الصافية للإنتاج Net energy for production (NEp):

هي جزء من الطاقة الصافية ضرورية بالاضافة إلى احتياجات حفظ حياة الجسم المستخدم في العمل أو زيادة الانسجة (النمو أو انتاج الدهن)، أو تكوين الجنين واللبن والبيض والصوف والشعر والفرو والريش ولابد من ذكر نوعيه المنتج عند التقدير والحساب.

التمثيل القاعدي Basal metabolism (BM):

هو التغير الكيماوي الحادث في خلايا جسم الحيوان في حالة الصيام وفي حالة الراحة عند استخدامه طاقة كافية للحفاظ على حيوية الانشطة الخلوية وعمليات التنفس والدورة الدموية والذى يتم قياسة بمعدل التمثيل القاعدى.

عند قياس التمثيل القاعدي لا بد أن يكون الحيوان تحت ظروف أساسية تعرف بانها تشمل حالة اتزان حرارى (تحت ظروف مدى حرارى محايد) وراحة وحالة Postabsorptive state وفي حالة وعي Consciousness وهدوء quiescence واسترخاء جنسى Sexual repose وفي حالة المجترات قد يكون هناك صعوبة في التقدير خاصة عند الوصول لحالة Postabsrptive state يفضل المصطلحات التالية (مع الاخذ في الاعتبار طول فترة الصيام):

حرارة الانتاج في حالة الصيام: fasting heat production *

* fasting heat Catabolism= FHP + urinary energy lost during fast

طاقة أو حرارة الهدم في حالة الصيام (حرارة الانتاج في حالة الصيام + طاقة البول المفقودة في حالة الصيام).

ملحوظة: يوخذ في الاعتبار طول فترة الصيام وتجريبيًا ممكن اعتبارها من ٤٨ إلى ١٤٤ ساعة بعد الاكل للوصول إلى نسبة تنفسية لغير البروتين المكافئة للنسبة التنفسية لهدم الدهن، وعمليًا تكون فترة الصيام ٤٨ إلى ٧٢ ساعة بعد الأكل للحصول على قيم تمثيل الصيام.

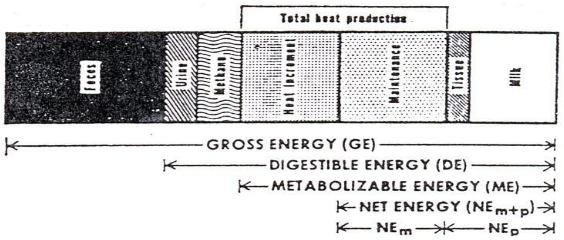
طاقة النشاط الاختيارى Energy of voluntary activity (VA):

عبارة عن كمية الطاقة اللازمة للحيوان لامداده بالطاقة المحتاج اليها مثال ذلك الاستيقاظ والوقوف والحركة للحصول على الغذاء، الرعى، شرب المياه والاسترخاء. (تراجع الطاقة الصافية لحفظ الحياه والفرق بين الحيوانات المنتجة وغير المنتجة).

الطاقة اللازمة لحفظ الجسم دافي Heat to keep body warm (HBW):

هي الطاقة الاضافية اللازمة لحفظ جسم الحيوان دافئ عندما تكون حرارة البيئة المحيطة أقل من درجة الحرارة الحرجة، ومن الممكن استخدام Heat increment لهذا الغرض (شكل ٤٨).

تعرف درجة الحرارة الحرجة لحيوان يتغذى على عليقة معينة بانها درجة حرارة الهواء المحيط اقل من طاقته الانتاجية تزيد اذا اصبحت البيئة المحيطة باردة.



شكل رقم (٤٨) الطاقة اللازمة لحفظ الجسم دافئ

الطاقة اللازمة لحفظ الجسم بارد Heat to keep body cool:

هي طاقة الزرق التي يستهلكها الحيوان عندما تكون درجة حرارة الظروف المحيطة أعلى من المدى الحراري المحايد للحيوان، وفرق درجة حرارة الهواء الحرجة للحيوان فان معدل التمثيل يبقى ثابت مع ارتفاع درجة حرارة الهواء حتى يصبح الهواء ساخن ليزيد درجة حرارة الجسم، وهذا يسبب طاقة انتاجية عالية خلال سرعة عمليات الجسم الحيوية والتى تتضمن اللهث Panting، معدل التنفس، معدل نبض وضربات القلب بالرغم من أن الحيوان يكون ساخن جدًا. اذا عانى الحيوان من الحرارة لدرجة فقد الشهية فانه قد ينتج حرارة كلية قليلة بسبب انخفاض Heat increment.

طاقة الانتاج الكلية Total heat production (HP):

طاقة الانتاج الكلية لحيوان يستهلك غذاء في حالة ظروف محيطة حرارية محايدة تجمع Heat increment (حرارة التخمر + حرارة تمثيل العنصر الغذائي) + طاقة حفظ الحياه (التمثيل القاعدي + طاقة النشاط الاختياري)

$$HP = HI + BM + VA.$$

BM في حالة الحيوانات المجترة قد يكون حرارة الانتاج في حالة الصيام. وتقاس الطاقة الانتاجية HP مباشرة أو غير مباشرة كلاريمتريا، في حالة القياس بطريقة مباشرة تقاس HP باستخدام Animal calorimeter مسعر التنفس. أو المسعر الحراري والقياس بطريقة غير مباشرة يتم الحساب بالمعادلة التالية:

HP (كالورى) = ٣,٨٦٦ (O_2 لتر)+ ١,٢(CO_2 لتر) −٠,٢٢٩ (نتروجين البول جم × ٦,٢٥) − ٠,٥١٨ (ميثان لتر)

هذه المعادلة ممكن استخدامها في حالة المجترات والحيوانات وحيدة المعدة والطيور مع حذف جزئية الميثان لقلته في حالة وحيدة المعدة والطيور.

وممن الممكن قياس HP باستخدام Comparative slaughter technique والمعادلة التالية: $HP = ME - NEp$

وباستخدام طريقة الذبح المقارن The comparative slaughter ممكن قياس الطاقة الصافية للانتاج (NEp) وتجارب التمثيل والهضم لتقدير الطاقة القابلة للتمثيل ME وأيضًا الطاقة الانتاجية، ومن الممكن تقدير وحساب جزء الطاقة الانتاجية الكلية المستخدم في حفظ الحياه (NEm) بالتغذية على مستويين اواكثر مع عمل امتداد للنتائج إلى صفر طاقة مأكولة. وأيضًا يمكن تقدير الطاقة الانتاجية من ميزان الكربون والنتروجين بنفس الاسلوب.

العلاقة بين درجة حرارة الظروف البيئية المحيطة والطاقة الانتاجية

:Relation of environmental temperature to heat production

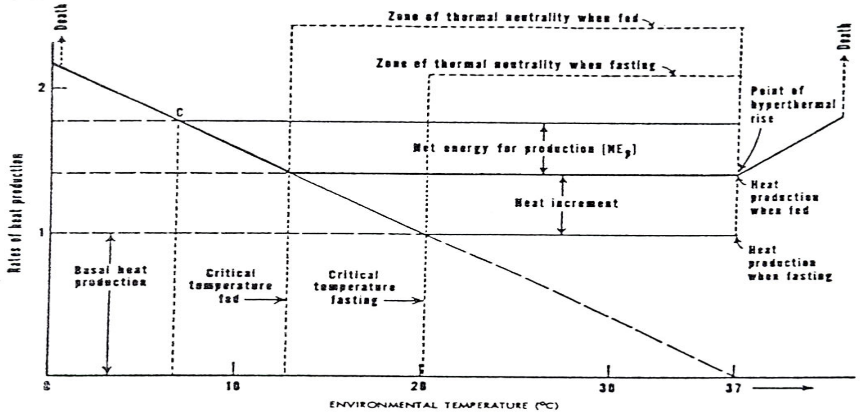
يوضح شكل (٤٩) توضيح مبسط للعلاقة الافتراضية بين درجة حرارة الظروف المحيطة ومعدلات الطاقة الانتاجية للحيوانات، وتختلف القيم الحقيقية مع نوعية الحيوان ونوع العليقة المأكولة.

– ومنطقة أو المدى الحراري المحايد The zone of thermal neutrality هي منطقة بين درجة الحرارة الحرجة ونقطة الارتفاع الحراري المفرط Hyper thermal rise، وتختلف تبعًا لكمية واتزان الغذاء المأكول والتى تعكس كمية Heat increment وتمثل درجة حرارة الظروف المحيطة عندما لا يستخدم الحيوان الطاقة ليحفظ جسمه دافئ (HBW = O) أو بارد (HBC = O).

– عندما تكون درجة حرارة الظروف المحيطة أقل من درجة الحرارة الحرجة في حالة الحيوان الصائم فان HI للغذاء تقل بالتناسب مع انخفاض الحرارة لأن جزء من هذه الحرارة تستخدم كجزء من الطاقة الصافية للحيوان. ويستخدم HI كاملة عندما تكون اقل حرارة للحيوان الذى تم تغذيته (HI + AV + BM) تقابل الاحتياجات الحرارية المنتظمة (شكل (٤٩) لا يوضح A) وهذه تحدث عند درجة الحرارة الحرجة في الحيوان الذى تم تغذيته، واقل من درجة الحرارة الحرجة يزيد معدل الطاقة الانتاجية بالتناسب مع انخفاض درجة حرارة الظروف المحيطة ويتبعها الاحتياجات الحرارية المنتظمة.

يتضمن شكل (٤٩) أيضًا مساحة توضح الطاقة الصافية للانتاج والتى تعتبر جزء من الطاقة الكلية المأكولة المستخدمة في النمو وانتاج اللبن والبيض، وخلال منطقة المدى الحراري المحايد فإن معدل الإنتاج (طاقة) يكون مستقل عن التغيرات في درجة حرارة البيئة المحيطة.

عند انخفاض درجة حرارة البيئة المحيطة بالحيوان الذى تغذى ينخفض معدل الإنتاج (مع ثبات كمية الغذاء المستهلك)، وعند استمرار انخفاض درجة الحرارة إلى ثلث درجة الحرارة الحرجة (اقل حرارة للإنتاج) يقل الإنتاج إلى الصفر.



شكل رقم (٤٩) يوضح مساحة توضح الطاقة الصافية للإنتاج

في شكل (٥٠) توجد نقطة C تتقاطع عندها خط الطاقة الصافية للإنتاج (خط علوى) مع خط احتياجات الطاقة، وتحت هذه درجة الحرارة (اقل درجة حرارة للإنتاج) يفقد الحيوان مواد الجسم ويجوع حتى الموت ورغم ذلك يأكل حسب قدرته وهذه القدرة غير كافية لمقابلة احتياجاته من الطاقة المنتظمة وعند زيادة درجة الحرارة المحيطة فوق المدى الحراري المفرط يكون الحيوان غير قادر على تشتيت أو يبدد الحرارة dissipate heat وينتهي ذلك بالموت، وعمليا يقل استهلاك الحيوان الغذاء عادة عندما يزيد الحرارة إلى نقطة المدى الحراري المفرط.

ميزان الطاقة Energy balance (EB):

هي العلاقة بين الطاقة الكلية للغذاء المأكول إلى الطاقة المفقودة في الإخراج، ويطلق عليها أيضًا اصطلاح الطاقة المحتجزة Energy retention ويتم الحساب كما يلي:

$$EB = GEi - FE - UE - GPD - HP$$

ميزان الطاقة = الطاقة الكلية المأكولة – طاقة الزرق – طاقة البول – هضم

النواتج الغازية – طاقة الانتاج

ولدقة الحساب يجب طرح طاقة التنفس وإفرازات البشرة من الطاقة الكلية المأكولة، فاذا كانت EB موجبة فان الحيوان يكون في حالة ميزان طاقة موجب وإذا كانت سالبة فان الحيوان يكون في حالة ميزان طاقة سالب، وفي حالة حفظ الحياة يكون EB = صفر. في حالة الحيوانات وحيدة المعدة والطيور فان النواتج الغازية للهضم لا تؤخذ في الاعتبار.

ميزان الكربون (CB):

هي العلاقة بين كربون الغذاء المأكول إلى الكربون المفرز في الإخراج ويحسب كالتالي:

CB = محتوى كربون الغذاء المأكول – الكربون في الروث والبول ومنتجات الهضم الغازية وثاني أكسيد الكربون

ولدقة الحساب يجب طرح محتوى الكوبون في عمليات التنفس والإفرازات من البشرة من محتوى كربون الغذاء، فاذا كان CB موجب يكون الحيوان في ميزان كربون موجب ويحجز كربون في صورة أنسجة – أجنة – بيض – لبن وصوف. واذا كانت المنتجات مثل البيض أو اللبن في حالة إنتاج مستمر فعادة يكون الجسم في حالة ميزان كربون مستمر ومع ذلك اذا فقد الحيوان وزنه يكون الجسم في حالة ميزان كربون سالب، اذا كان ميزان الكربون سالب فان الحيوان يفقد كربون من جسمه، وفي حالة الطيور والحيوانات وحيدة المعدة لا يؤخذ في الاعتبار نواتج الهضم الغازية.

نسبة العنصر الغذائي إلى الكالورى Nutrient to calorie ratio:

من المقبول أن احتياجات الحيوانات من الطاقة ومن العناصر الغذائية ترتبط ببعضها كمياً، وهذا لايعنى بالضرورة انها علاقة سبب وتأثير مباشر Direct cause – and effect relation ولكن تعنى أن هناك اتزان مثإلى بينهم، والإحتياج

لهذه العناصر الغذائية لتمثيل الطاقة تعتبر منطقيًا كمية الطاقة التي تمثل هي تقدير لهذه الاحتياجات، وبالتالى فمن المنطقى أن يعبر عن العناصر الغذائية بالوزن لكل وحدة طاقة يحتاجها، مثال ذلك يقترح أن نسبة البروتين إلى الكالورى يعبر عنها بروتين بالجرام (نتروجين × ٦,٢٥) لكل ١,٠٠٠ كيلو كالورى طاقة قابلة للتمثيل (بروتين جم / ١,٠٠٠ كيلو كالورى ME). اذا تم تصحيح ME بالنتروجين المحتجز أو المفقود من الجسم فان نسبة بروتين إلى الكالورى تكون بروتين بالجرام / ١,٠٠٠ كيلو كالورى MEn) وهذه القياسات من السهل استخدامها في العناصر الغذائية الاخرى كالسيوم جم / ١,٠٠٠ كيلو كالورى أو ريبوفلافين جم / ١,٠٠٠ كيلو كالورى.

اذا كان من المفضل التعبير عن التركيز بنسبة مئوية من العنصر الغذائي في وزن الغذاء أو مخلوط العلف أو العليقة من البداية حساب وزن الغذاء بوحدات الوزن بالجرام أو الكيلو جرام التي تمثل ١,٠٠٠ كيلو كالورى ME أو الكيلو كالورى الكلى الذى يحتاجه.

كمية العنصر الغذائي الذى يحتاجة لكل ١,٠٠٠ كيلو كالورى ME أو احتياجات العنصر الغذائي الكلى يقسم على وزن الغذاء المحتوى ١,٠٠٠ كيلو كالورى ME اويقسم على وزن الغذاء المحتوى Kcal ME الكلى، ومن الممكن توضيح تلك الحسابات كما في المثال التالى:

جدول رقم (٨٥): احتياجات بقرة وزنها ٥٠٠ كيلو جرام تنتج ٢٠ كيلو جرام لبن يحتوى ٤% دهن زبدة٠

	كلى	لكل ١٠٠٠٠ كيلو كالورى ME
طاقة (ME)	٢٩,١٨٠ كيلو كالورى	١,٠٠٠ كيلو كالورى
بروتين مهضوم	١,٢٢٠ جم	٤٢ جم
فوسفور	٤٦ جم	١,٦ جم
وزن علف جاف:		
١,٨٠٠ كيلو كالورى / كجم	١٦,٢ كجم	٥٦ كجم
احتياجات البروتين المهضوم	٧,٥ %	٧,٥ %
احتياجات الفوسفور	٠,٢٨ %	٠,٢٨ %

لتحويل البروتين المهضوم إلى بروتين خام % (نسبة مئوية) يتم بالقسمة على معامل هضم البروتين مائة مرة، ويفضل في حالة الدواجن حساب الاحتياجات على أساس البروتين الخام الكلى بدلًا من الأساس البروتين المهضوم.

مسارات توزيع الطاقة الحقيقية True energy – distribution scheme :

تحديد أساس توزيع مكونات الطاقة في المسارات الطبيعية موضحاً في الشكل التالى ورغم عدم توفر طرق قياس وتحديد كل من مكونات الطاقة حتى الآن فهناك بعض الاصطلاحات المحدة وتعريفات مناسبة توخذ في الاعتبار، ومن خلال نظام توزيع الطاقة الحقيقية يعتبر طاقة الروث التمثيلى وطاقة البول التمثيلى الداخلى (الهدم الداخلى) جزء من احتياجات حفظ الحياه.

طاقة الروث التمثيلى Fecal energy, metabolic (FEm):

هي كمية الطاقة الموجودة في جزء الجسم التمثيلى في الروث (الكشطات المخاطية من الامعاء، سوائل الهضم) والتى لا تأتى من بقايا الغذاء غير الممتص، وهذه الطاقة تقيس جزء من احتياجات حفظ الحياه والتى تستبدل باستمرا، وحيث أن الحيوانات المنتجة تستهلك غذاء اكثر من الحيوانات غير المنتجة فان جزيئة طاقة الروث التمثيلى تكون اكبر مع ثبات القيم الهضمية للعليقة، وعمليا هذا الفرق ممكن

اعتباره جزء من احتياجات الانتاج.

الطاقة المهضومة الحقيقية(True digestible energy (TDE:

هي طاقة الغذاء المأكول مطروحًا منها طاقة الروث من اصل الغذاء (FE – FEm) – طاقة نواتج الهضم الغازية – طاقة التخمر

$$TDE = GEi - (FE - FEm) - GPD - HF$$

Or $$TDE = \underbrace{GEi - FE}_{\text{جزء من احتياجات حفظ الحياه}} + FEm - GPD - HF$$

طاقة البول التمثيل الداخلى(Urinary energy, endogenous (UEe:

هي كمية الطاقة الموجودة في جزء الجسم التمثيلى الداخلى في البول الكلى، وتتكون من طاقة البول التي لا تأتى مباشرة من الغذاء، هذه الجزئية تقيس جزء من احتياجات الطاقة والتى تستبدل باستمرار. اذا كان التحكم الهرمونى (التنظيم الهرمونى) يزيد من التمثيل القاعدى (BM) في الحيوانات المنتجة فهذه الجزئية من الطاقة تكون اكبر.

الطاقة التمثيلية الحقيقية(True metabolizable energy (TME:

هي طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحًا منها طاقة الروث من اصل الغذاء (EE – FEm) – طاقة نواتج الهضم الغازية – طاقة التخمر – طاقة البول من اصل الغذاء (UE-UEe).

$$TME = GEi - (FE - FMm) - GPD - HF - (UE - UEe)$$

Or $$TME = GEi - FE + F\underbrace{Mm) - GPD - HF - UE + (U}_{\text{جزء من احتياجات حفظ الحياه}}Ee)$$

الطاقة التمثيلية الحقيقية المصححة بالنتروجين N- Corrected true metabolizable energy (TMEn) :

هي طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحًا منها طاقة الروث من اصل الغذاء (EF – FEm) – طاقة نواتج الهضم الغازية – طاقة التخمر – طاقة البول من

اصل الغذاء (UE-UEe).

والناتج الاجمإلى يصحح بالنتروجين المحتجز أو المفقود من الجسم.

TMEn= GEi – (FE – FEm) – GPD – HF – (UE-UEe) ± (N.B.O 7.45 Kcal).

Or

TMEn = GEi – FE + FEm – GPD – HF – UE+UEe ± (N.B.O 7.45 Kcal).

ملحوظة:يراعى في حالة الدواجن استخدام العامل ٠.٨٢٢ كيلوكالورى بدلًا من ٧.٤٥ كيلو كالورى وذلك بسبب انها تمثل الطاقة المكافئة لحمض اليوريك لكل جرام نيتروجين واحيانًا يستخدم عامل ٠.٨٧ كيلو كالورى حيث تمثل متوسط تقريبى لمحتوى الطاقة في البول لكل وحدة نتروجين.

الطاقة الصافية الحقيقية(True net energy (TNE:

هي طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحًا منها طاقة الروث من اصل الغذاء ($FE-FE_m$) – طاقة نواتج الغازية – طاقة التخمر – طاقة البول من اصل الغذاء (UE – UEe) – طاقة تمثيل النتروجين.

$$TNE = GEi - (FE - FE_m) - GPD - HF - (UE - UEe) - HNM$$

Or

$$TNE = GEi - FE + FE_m - GPD - HF - \underbrace{UE + UEe - HNM.}_{}$$

جزء من احتياجات حفظ الحياة

الطاقة الصافية لحفظ الحياة الحقيقية:

True net energy for maintenance (TNEm):

هي مجموع ما يحتاجة من طاقة للتمثيل القاعدى (BM) والانشطة الاختيارية وطاقة الروث التمثيلى (من اصل الجسم) وطاقة البول التمثيلى الداخلى (من اصل الجسم)، الطاقة الصافية للحيوانات المنتجة قد تختلف عن الطاقة الصافية للحيوانات غير المنتجة نفس الوزن.

$$TNE_m = BM + VA + FE_m + UEe$$

وتحت درجة الحرارة الحرجة وفوق درجة المدى الحراري المفرط تؤخذ في الاعتبار الحرارة اللازمة لحفظ الجسم دافئ اوبارد (شكل (٤٨)، (٤٩).

قيم الوقود الفسيولوجية Physiological Fuel Value (PFV):

يعبر عن قيم الوقود الفسيولوجية بالكالورى وهي وحدات تستعمل في الولايات المتحدة الامريكية لقياس طاقة الغذاء في تغذية الانسان، وقد تطور تقدير قيم الوقود الفسيولوجية من خلال الابحاث التي اجراها W.O. Atwater ومساعدوه في ولاية كونكتكت في محطة التجارب الزراعية على الانسان، وقد قدروا قيم الوقود الفسيولوجية لمدى واسع لأنواع مختلفة من الأغذية، والطريقة الشائعة لحساب قيم الطاقة للأغذية تشمل تقدير متوسط كمية البروتين والدهن والكربوهيدرات في واحد جرام من الغذاء، ويقدر محتوى البروتين والدهن بالتحليل الكيماوي بينما النسبة المئوية للكربوهيدرات يتحصل عليها بالفرق المتبقى بعد خصم مجموع الدهن والبروتين والرماد والرطوبة من المائة وهذا الفرق يطلق عليه الكربوهيدرات الكلية والتى تشمل الكربوهيدرات والألياف وأيضًا متبقيات موجودة غير كربوهيدراتية٠ وممكن حساب قيم الوقود الفسيولوجية في مائة جرام عينة من الغذاء باستخدام قيم ٤-٩-٤ (كيلو كالورى قيم وقود فسيولوجية لكل جرام كربوهيدرات ودهن وبروتين على الترتيب)، وهذه الطريقة تفترض قيم هضمية ثابتة للبروتينات والدهون والكربوهيدرات لكل الأغذية (جدول رقم ٨٦).

قيم الطاقة في الجدول عبارة عن قيم متوسطة من جميع المصادر لكل عنصر غذائى – بروتينات – دهون – كربوهيدرات، وهذه الطريقة لا تستخدم المسعر الحراري لقياس الطاقة Bomb calorimeter لقياس حرارة الاحتراق لكل غذاء.

وفي الاصل يتم خصم ١,٢٥ كيلو كالورى من كل جرام بروتين مهضوم لقياس قيم الوقود الفسيولوجية بالكيلو كالورى لكل جرام كما يلى:لكل جرام نتروجين في البول يوجد مواد عضوية غير مؤكسدة كافية لإنتاج ٧,٩ كيلو كالورى، وعلى فرض أن كل

الطاقة في البول تأتى من البروتين فانه يتم احلال البروتين المهضوم نتروجين البول في نسبة كالورى إلى نتروجين بضربها في ٦,٢٥

حيث بفرض أن جرام واحد من النتروجين في البول يمثل هدم ٦,٢٥ جرام بروتين مهضوم مستهلك، سوف تكون ٧,٩ كيلو كالورى طاقة مفقودة في البول أو ٧,٩ / ٦,٢٥ = ١,٢٦٤ كيلو كالورى / جرام بروتين مهضوم، وتقرب هذه القيم إلى ١,٢٥ مثل معظم القيم تقرب إلى أقرب ٠,٠٥ وهذه ١,٢٥ كيلو كالورى تقدر لجرام وحد من النتروجين الممتص وهذه القيم لابد من ضربها في معامل الهضم (فرضياً ٩١%) ليتم تطبيقها لهذه الجزئية من البروتين المهضوم والممتص، لذلك كيلو كالورى بروتين مهضوم ٥,١٤ مطروحًا منه ١,١٤ = ٤,٠٠ كيلو كالورى وهذا العامل يختص بالبروتين المستهلك كما في الجدول التالي.

جدول رقم (٨٦): أساس حساب قيم الوقود الفسيولوجى لكل جرام من غذاء الانسان

المركب الغذائى	متوسط الطاقة الكلية كيلو كالورى /جم	معامل الهضم فرضيًا	الطاقة المهضومة كيلو كالورى/جم	فقد في البول كيلو كالورى فرضيًا	قيم الوقود الفسيولوجى كيلو كالورى/جم
بروتين	٥,٦٥	٩١	٥,١٤	(١,٢٥×٠,٩١=١,١٤)	٤
دهون	٩,٤٠	٩٦	٩,٠٢	لايوجد	٩
كربوهيدرات	٤,١٥	٩٦	٣,٩٨	لايوجد	٤

في عام ١٩٤٧ تم التوصل إلى نظام Atwater واعتمد قيم الوقود الفسيولوجى للأغذية ونشر بعناية من بيت خبرة لمنظمة الأغذية والزراعة – الامم المتحدة والقيم المستخدمة مرضية ويستخدم كأساس للقيم الحرارة في جدول تركيب الأغذية التي تنشرها المنظمة.

الطاقة الحيوية Bioenergetics

الطاقة الحيوية Bioenergetics أو الكيمياء الحيوية الديناميكية الحرارية هي دراسة في تغيرات الطاقة مصاحبة للتفاعلات الكيمائية، وتضع اسس وقواعد تفسير سبب حدوث بعض التفاعلات وعدم حدوث الاخرى، وفي الانظمة غير الحيوية تستخدم الطاقة الحرارية لاداء عمل ولكن في الانظمة الحيوية تكون أساسا Isothermic وتستخدم الطاقة الكيماوية لاداء وتنشيط العمليات الحيوية.

الأهمية الطبية الحيوية:Biomedical importance

الإحتياج إلى الوقود المناسب لامداد الحيوان بالطاقة التي تمكنه من القيام بالعمليات الحيوية العادية، وكيفية حصول الكائنات الحية على هذه الطاقة من غذائها هي الأساس لفهم ودراية التغذية العادية السليمة وتمثيلها، ويحدث الموت من الجوع عندما يقل مخازن الطاقة المتاحة وحدوث صور من نقص التغذية Malnutrition مصاحبة بعدم اتزان الطاقة Marasums وهو ما يعرف بالهزال التدريجى.

ويمكن ضبط والتحكم في معدل انطلاق الطاقة والمقاس بـ The metabolic rate بواسطة هرمونات الغدة الدرقية والتى اذا حدث بها خلل تسبب الامراض، وينتج عن تخزين الزائد من الطاقة ما يعرف بالسمنة Obesity وهو واحد من اكثر الامراض شيوعًا في المجتمعات الغربية Occidental society.

الطاقة الحرة هي أفضل طاقة في النظام: Free Energy is the useful energy in a system

التغيرات في الطاقة الحرة (ΔG) هي ذلك الجزء من تغيرات الطاقة الكلية في النظام والمتاحة لاداء عمل. وتعرف الطاقة المفيدة في الانظمة الكيماوية الجهد الكيماوي Chemical potential.

توافق / تطابق الانظمة البيولوجية مع القوانين العامة للديناميكية الحرارية:

Biologic systems conform to the general laws of thermodynamics

ينص القانون الأول للديناميكية الحرارية أن طاقة النظام الكلية والمتضمنة ما يحيط بها تبقى ثابتة وهذا أيضًا هو قانون حفظ الطاقة أو بقاء الطاقة، ومن المفهوم ضمنًا انه خلال النظام الكلى أن الطاقة اما تفقد أو تزيد خلال أي تغير، ومع ذلك

خلال هذا النظام الكلى قد تنتقل أو يتحول الطاقة من مكان ما إلى آخر أو من صورة إلى صورة اخرى، مثال ذلك قد تتحول الطاقة الكيمائية إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربية أو طاقة اشعاعية أو طاقة ميكانيكية في الانظمة الحية.

وينص القانون الثاني للديناميكية الحرارية أن (الانتروبيا:عامل رياضى يعتبر مقياس للطاقة) Total entropy للنظام يجب زيادته اذا كانت العملية (التفاعل / التحور / النقل) يحدث تلقائيًا ويمثل Entropy مدى الخلل أو العشوائية في النظام وتبلغ اعلى معدلاتها في النظام عندما يقترب من الاتزان الحقيقى، وفي حالات درجات الحرارة الثابتة والضغط الثابت فان العلاقة بين تغير الطاقة الحرة (ΔG) في نظام التفاعل وتغير في(ΔS) Entropy يمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية والتى تتضمن القانون الأول والثانى للديناميكية الحرارية:

$$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$$

ΔH = التغير في Enthalpy (الحرارة)

T = درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature

وفي حالة تفاعلات الكيمياء الحيوية حيث ΔH مساوية تقريبًا ΔE (التغير الكلى في الطاقة الداخلية للتفاعل) فتعبر عن العلاقة السابقة بالمعادلة التالية:

$$\Delta G = \Delta E - T\,\Delta S$$

اذا كانت ΔG علامتها سالبة فان التفاعل يتجه تلقائيًا إلى فقد في الطاقة الحرة يطلق على التفاعل Exergonic واذا كان ΔG لها قيمة كبيرة فان التفاعل يكتمل ولا يكون عكسيًا أساسا، وعلى الجانب الأخر اذا كان ΔG موجبة فان التفاعل يتم فقط اذا اكتسب طاقة حرة ويطلق عليه Endergonic واذا كان ΔG لها قيمة كبيرة فان النظام يبقى ثابت مع ميل قليل لحدوث التفاعل أو عدمه.

اذا كانت ΔG = صفر فان النظام يكون في حالة اتزان ولايحدث تغيرات صافية، وعندما يكون تركيز المواد المتفاعلة ١,٠ مول / لتر تكون $\Delta G°$ = تغير

الطاقة الحرة القياسى Standard free energy change.

وفي التفاعلات الكيماوية الحيوية يكون pH الحالة القياسية يساوى ٧,٠ ويرمز للتغير في الطاقة الحرة القياس $\Delta G°$، ويحسب من اتزان الثوابت K` eq.

$$\Delta G°` = - 2.303\ RT\ \log K`eq$$

R = ثابت الغاز Gas constant

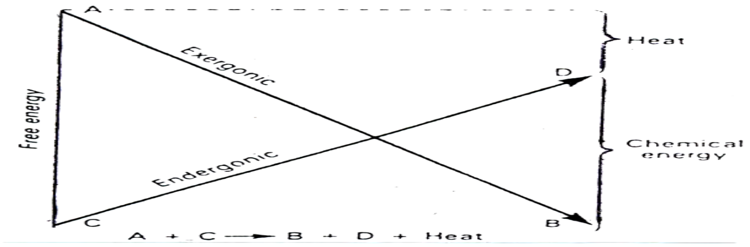
T = درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature

ومن الضرورى معرفة أن ΔG فد تكون اكبر أو اصغر من $\Delta G°`$ ويعتمد ذلك على تركيزات مختلف المواد المتفاعلة، وفي نظام تفاعلات الكيمياء الحيوية فمن المفضل أن يسرع الانزيمات فقط من الوصول إلى الاتزان، ولايمكن تغير التركيزات النهائية للمواد المتفاعلة عند الاتزان.

ازدواج عمليات البناء وعمليات الهدم

Endergonic processes proceed by coupling to exergonic processes

تتحصل العمليات الحيوية (تفاعلات البناء وانقباض العضلات، ونبض الاعصاب والنقل النشط، على الطاقة بالاتحاد الكيمائى أو الارتباط لتفاعلات الاكسدة وفي صورتها المبسطة هذا النوع من الارتباط يوضحه الشكل التالى:



شكل رقم (٥٠) ازدواج تفاعلات الهدم والبناء

Coupling of an exergonic to an endergonic

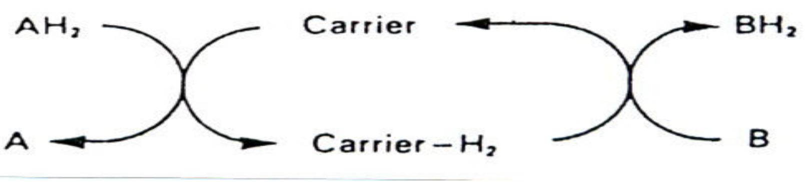
يحدث تحويل مركب تمثيلى A إلى مركب تمثيلى B مع اطلاق طاقه حرة، وترتبط مع تفاعل آخر يحتاج إلى طاقة حرة لتحويل مركب تمثيلى C إلى مركب تمثيلى D، وتنتقل بعض الطاقة التي تتحرر وتنطلق في تفاعلات الهدم إلى

تفاعلات البناء في صورة غير الحرارة وهذه التفاعلات لا يطبق عليها المصطلحات الكيمائية العادية Exothermic and Ebdothermic وبالنسبة للمصطلحات Exergonic and Endergonic تستعمل لبيان أن العملية تصاحب فقد أو اكتساب طاقة حرة بالتعاقب، بغض النظر عن صورة الطاقة، وعملياً لاتتم عملية البناء Endergonic process مستقله ولكنها لابد أن تكون مكون a coupled exergonic / endergonic system نظام الهدم والبناء حيث التغير الصافي الكلى يكون Exergonic، ويطلق على تفاعلات exergonic مصطلح الهدم Catblolism (تكسير أو اكسدة حزيئات الوقود Fuel molecules بينما تفاعلات Synthetic والتى تبنى مواد يطلق عليها anabolism، وجميع عمليات الهدم والبناء هي التمثيل الغذائي metabolism.

اذا كان التفاعل يتجه من اليسار إلى اليمين فان العملية الكلية لابد أن تصاحب بفقد طاقة حرة كحرارة، وأحدى ميكانيكية الازدواج Coupling الممكنة ممكن تخيلها اذا كان المركب الوسيط الاجبارى (I) يدخل في هاذين التفاعلين:مثال:

$$A + C \longrightarrow I \longrightarrow B + D$$

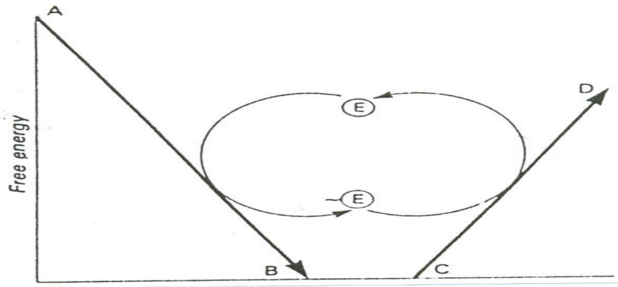
بعض تفاعلات الهدم والبناء في الانظمة الحيوية تزدوج في هذا الطريق ويفضل هذا النوع من النظام الذى له ميكانيكية البناء للانضباط الحيوى في معدل ما يسمح بحدوث الاكسدة الحيوية، حيث دخول المركب الوسيط الاجبارى الشائع يسمح بمعدل استخدام ناتج طريق Synthetic path (D) لتقدير بـ Mass action المعدل الذى يتأكسد معه A، وبالفعل تعطى هذه العلاقات الأساس للضوابط التنفسية Respiratory control، هذه العملية التي تمنع الكائن الحى من عدم الانضباط والحرق غير المنضبط العشوائى، ويمتد الازدواج بتفاعلات ازالة الهدروجين dehydrogenation reactions التي تزدوج مع الهيدرجة بحامل المركب الوسطى Intermediate carrier.



شكل (٥١) ازدواج تفاعلات ازالة الهيدروجين مع تفاعلات الهيدرجة بحامل المركب الوسطى

Coupling of dehrogenation and hydrogenation reactions by an intermediates

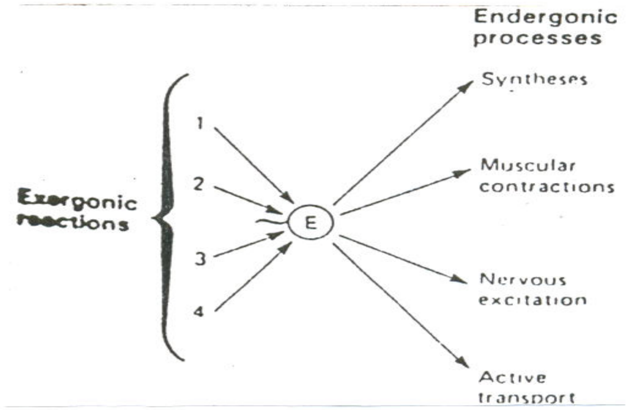
والطريقة البديلة لازدواج عملية الهدم والبناء بتكوين مركب ذو جهد طاقة عالي high-energy potential في تفاعل الهدم ولارتباط هذا المركب الجديد في تفاعل البناء وهذا يؤدى إلى نقل الطاقة الحرة من طريق الهدم إلى البناء وفي الشكل التالى:



شكل (٥٢): نقل الطاقة الحرة من تفاعل الهدم إلى البناء خلال مركب وسطى عالى الطاقة

Transfer of free energy from an exergonic to an endergonic reaction via a high –energy intermediate compound

E ~ مركب ذو جهد طاقة عالي، E ~ المركب المطابق ذو جهد طاقة منخفضة، والميزة البيولوجية لهذه الميكانيكية هي E ~ وعلى غير التفاعلات الداخلية أو الهدم exergonic rections إلى مجال واسع متكافئ للتفاعلات الداخلية أو الهدم أو العمليات الحيوية Endergonic reactions or processes كما في الشكل التالى:

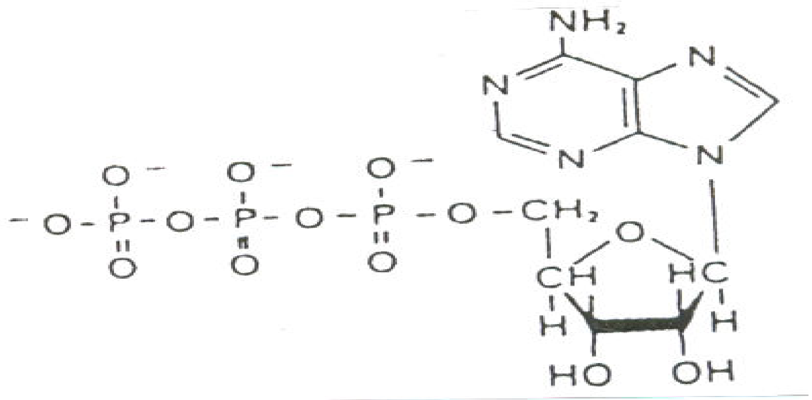


شكل رقم (٥٣): تحويلات الطاقة خلال المركب الغنى بالطاقة الشائع إلى عمليات تحتاج طاقة (Endergonic) Transduction of energy through a common high energy compound to energy – requiring (endergonic) processes

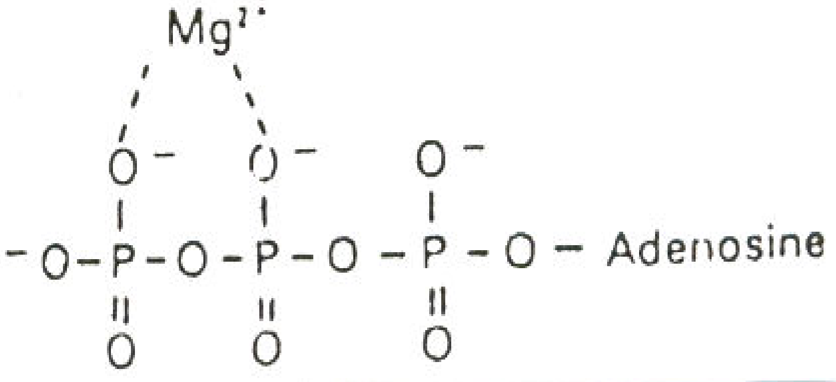
في الخلايا الحية المركب الحامل او الوسطى الأساس الغنى في الطاقة (يرمز له E ~) هو ادينوزين تراى فوسفات (ATP).

تلعب مركبات الفوسفات الطاقة العالية دور مركزى في حجز الطاقة ونقلها لكى يتم المحافظة على العمليات الحيوية في جميع الكائنات الحية لابد من الحصول على مصادر طاقة حرة من البيئة المحيطة بهم، والكائنات ذاتية التغذية Autotrophic organisms تعمل على ازدواجية تمثيلها الغذائي مع بعض عمليات الهدم وسط محيط تواجدها، مثال ذلك تستخدم النباتات الخضراء طاقة ضوء الشمس وبعض البكتريا ذاتية التغذية تستخدم تفاعل الحديدوز Fe-2 الحديدك Fe-3 وعلى جانب آخر تتوصل الكائنات عضوية التغذية على الطاقة الحرة بازدواجية تمثيلها الغذائي مع هدم حزيئات معقدة عضوية في البيئة المحيطة بها، في جميع هذه العمليات الحيوية يلعب ATP دور مركزى في نقل الطاقة الحرة من عمليات الهدم إلى عمليات البناء فان مركب ATP عبارة عن نيكلوتيد متخصص يحتوى أدنين، ريبوز، ٣ مجموعات فوسفات، وفي تفاعلات الخلية يكون عمله كـ Mg-2

.complex



أدينوزين تراى فوسفات Adenosine triphosphate



معقد ATP مع المغنسيوم

The magnesium complex of ATP (Mg-ADP)

واصبحت اهمية الفوسفات في المركبات الوسطية للتمثيل الغذائي واضحة جلية مع اكتشاف التفاصيل الكيميائة الدقيقة في دورة الجليكوليسيس Glycolysis مع دورة مركبات ATP , ADP والفوسفور غير العضوي في العمليات الحيوية، ويعتبر ATP كأصل ناقل للفوسفات في عمليات الفسفرة Transferring phosphate radical in the process of phosphorylation ويتضح دور الـ ATP في عمليات نقل الطاقة الكيماوية الحيوية في أن ATP وكرياتنين فوسفات يهدما خلال

انقباضات العضلات ويعتمد اعادة بنائهما على الامداد بالطاقة من عمليات الاكسدة في العضلات، وهذا من خلال مفهوم فوسفات الطاقة العالية الذى له دور في هذه المركبات في نقل الطاقة.

القيمة الوسطية للطاقة الحرة في تحليل ATP مقارنة بمركبات الفوسفات العضوية التي لها فعالية معنوية هامة في نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها الطاقة الحرة القياسية في تحليل عدد من مركبات الفوسفات الهامة كيمائيًا وحيوياً الجدول التالي:

جدول رقم (٨٧)

standard free energy of hydrolysis of some organo phosphates of biochemical importance.

Compound	> G°~	
	KJ/mol	Kcal/mol
Phosphoenolpyruvate	-61.9	-14.8
Carbamoyl phosphate	-51.4	-12.3
1,3-Bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	-49.3	-11.8
Creatine phosphate	-43.1	-10.3
ATP → ADP + Pi	-30.5	-7.3
ATP → ADP + Pi	-27.6	-6.6
Pyrophosphate	-27.6	-6.4
Glucose 1-phosphate	-20.9	-5.0
Fructose 6-phosphate	-15.9	-3.8
AMP	-14.2	-3.4
Glucose 6-phosphate	-13.8	-3.3
Glycerol 3-phosphate	-9.2	-2.2

Krebs and Kornberg (1957).

يتم تقدير الميل المقارن لكل من مجموعات الفوسفات في النقل إلى مستقبل مناسبًا من $\Delta G^{\circ\prime}$ للتحليل (القياس على درجة ٣٧°م)، ومن الجدول يتضح أن قيمة تحليل الفوسفات الطرفية لمركب ATP – ٣٠,٥ كيلو جول / مول تنقسم إلى مجموعين:

- مجموعة Low-energy phosphates مثل استرفوسفات (المركب الوسطى في دورة glycolysis) له قيم ΔG°` اقل من ATP.

- مجموعة nigh-energy phosphates تكون القيمة اكبر من ATP، والمركبات في هذه المجموعة والتى تحتوي أيضًا ATP، ADP تكون عادة اندريدات Anhydrides (مثال ذلك ١- فوسفات لمركب ١، ٣ ثنائى فوسفوجلسريدات) اينول فوسفات enolphosphates (مثال فينول بيورفات) فوسفوجواندينات (مثال كرياتين فوسفات، ارجنين فوسفات).

ويسمح موقع ATP الوسطى ليلعب دور هام في نقل الطاقة، ومركبات اخرى هامة بيولوجيًا التي تعرف بالمركبات غنية بالطاقة مثل استرات الثيول Thial esters والتى تشتمل Conenzyme A (مثل أستيل COA)، بروتين حامل الاكيل acyl carrier protein واسترات الحمض الامينى التي تدخل في تكوين البروتين (Active methionine)

UDPGLC (uridine and PRPP (5-phosphoribosyl-1-pyrophosphate), S-adenosyl methionine diphosphate glucose).

ويرمز لمجموعة الفوسفات الغنية الطاقة بالرمز P~

~High- Energy phosphates are designated by the symbel P

لبيان وجود مجموعة فوسفات غنية الطاقة ادخل Lipmann الرمزP~ موضحًا رابطة الفوسفات الغنية بالطاقة، والرمز يوضح أن المجموعة مرتبطة بالرابطة، عند النقل إلى مستقبل مناسب وينتج نقل كميات كبيرة من الطاقة الحرة، ولهذا السبب فان مصطلح Group transfer potwntial يفضله البعض عن مصطلح high-energy bond وبالتالى فان ATP يحتوى مجموعتين فوسفات غنية الطاقة وبينما ADP يحتوى مجموعة واحدة وبالنسبة لمجموعة الفوسفات في AMP (ادينوزين مونوفوسفات) هي نوعية فقيرة الطاقة وهي رابطة استر عادية.

مجموعة الفوسفات غنية الطاقة تعمل كعملة طاقة"سيولة"في الخلية نتيجة

لموضعها (ATP) المتوسط اسفل قائمة الطاقة الحرة القياسية الناتجة من تفاعلات التحليل فان ATP قادرة على أن تعمل كمعطى لمجموعة فوسفات غنية الطاقة للمركبات الاقل منها في الجدول (القائمة)، وأيضًا تجعل الميكانيكية الانزيمية الضرورية متاحة.

ويمكن للمركب ADP أن يستقب غنية الطاقة لإنتاج ATP من المركبات الأعلى من ATP في القائمة، وبالتالي فإن دورة ATP / ADP cycle تربط العمليات التي تولد أو تكون P ~ ولذلك فان ATP تستهلك ويعاد انتاجه باستمرار.

هناك ثلاثة مصادر رئيسية P~ تساهم في حفظ الطاقة أو Energy conservation or capture.

(١) Oxidative phosphoryation

أكثر مصاد P~ في الكائنات الهوائية وتأتي الطاقة الحرة لدفع هذه العملية من سلسلة الاكسدة التنفسية في الميتوكوندريا.

(٢) Glycolysis

تنتج مجموعتين P~ صافية عند انتاج لاكتات من جزئ جلوكوز واحد يتولد في تفاعلين ينشط بانزيم فوسفوجليسرات كينز وانزيم بيروفات كينيز على الترتيب.

(٣) The citric acid cycle

تتوالد مجموعة واحدة من P~ مباشرة في الدورة في خطوة سكنيل ثيوكينز وهناك مجموعة مركبات اخرى:

- فوسفاجينات Phosphagens تعمل كصورة مخزنة من فوسفات غنية طاقة وهذه تشمل كيرياتين فوسفات وتحدث في عضلات ومخ الفقاريات Vertebrate.

- ارجنين فوسفات Arginine phosphate تحدث في عضلات اللافقاريات in vertebrate.

في حالة الظروف الفسيولوجية تسمح الفوسفاجينات phosphagens أن تحافظ

على تركيزات ATP في العضلات عند استخدام ATP بسرعة كمصدر للطاقة عند انقباض العضلات، ومن جهة اخرى عند توفر ATP فان تركيزاته تتوالد وتزيد ليعمل كمخزن للفوسفات غنى الطاقة.

في العضلات يحدث a creatine phosphate shuttle ويوصف بنقل الفوسفات الغنى الطاقة من الميتوكوندريا إلى Sarcolemma ويعمل كمنظم للفوسفات غنى الطاقة. في myocardium هذا المنظم من الاهمية في الحماية السريعة التلقائية ضد تأثيرات infarction.

عندما يعمل ATP كمعطى للفوسفات لإنتاج هذه المركبات الاقل في طاقة التحليلات الحرة فان مجموعة الفوسفات تتحول إلى واحد من الاقل طاقة كما يلى:

جدول رقم (٨٨):

Standard free energy of yhdrolysis of some organophosphates of biochemical inportance

Table 12–1. Standard free energy of hydrolysis of some organophosphates of biochemical importance.*†

Compound	ΔG°' kJ/mol	ΔG°' kcal/mol
Phosphoenolpyruvate	−61.9	−14.8
Carbamoyl phosphate	−51.4	−12.3
1,3-Bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	−49.3	−11.8
Creatine phosphate	−43.1	−10.3
ATP → ADP + P_i	−30.5	−7.3
ADP → AMP + P_i	−27.6	−6.6
Pyrophosphate	−27.6	−6.6
Glucose 1-phosphate	−20.9	−5.0
Fructose 6-phosphate	−15.9	−3.8
AMP	−14.2	−3.4
Glucose 6-phosphate	−13.8	−3.3
Glycerol 3-phosphate	−9.2	−2.2

ATP يسمح بازدواجية تفاعلات الديناميكية الحرارية غير المفيدة بالتفاعلات المفيدة المطلوبة

سبق توضيح ازدواجية التفاعلات هذه التفاعلات هي البداية في مسار glycoltic pathways، حيث فسفرة الجلوكوز إلى جلولكوز–٦– فوسفات والذى يعتبر تفاعل بنائى جدًا highly endergonic ولايمكن استمرار هذا التفاعل كما هو تحت الظروف الفسيولوجية.

(1) Glucose +P1 $\longrightarrow$ Glucose 6-phosphate + H_2O
($\Delta G°` = +13.8$ KJ/mol)

ولاستمرار التفاعل يجب أن يزدوج بتفاعل آخر More exergonic اكثر من فسفرة الجلوكوز، هذا التفاعل هو تحليل الفوسفات النهائية في ATP.

(2) ATP $\xrightarrow[\text{Hexo}]{}$ ADP + P1 $G°` = -30.5$ KJ/mol)

عند ازدواج (١)، (٢) في التفاعل ينشطه إنزيم hexokinase، واستمرار فسفرة

الجلوكوز في تفاعل high exergonic تحت الظروف الفسيولوجية بعيد تمامًا عن الاتزان وبالتالى يحدث تفاعل عكسى للأغراض التطبيقية.

$$\text{Glucose} + \text{ATP} \longrightarrow \text{Glucose 6-phosphate} + \text{ADP}$$

$(\Delta G°` = -16.7\ \text{KJ/mol})$

ويتبع ذلك تفاعلات تنشيط.

أدينيلات كينيز تسمح بتحويل متبادل نيوكلوتيدات الادنين

يوجد إنزيم ادينيلات كنيز (بيوكينز) في معظم الخلايا وينشط التحويل المتبادل AMP , ATP في اتجاه ADP في الاتجاه الآخر.

$$\text{ATP} + \text{AMP} \xrightarrow[\text{ادينلات كينز}]{} 2\ \text{ADP}$$

هذا التفاعل يسمح بثلاث وظائف:

(١) يسمح باستخدام الفوسفات غنية الطاقة في ADP لتكوين ATP.

(٢) يسمح باعادة استخدام AMP المتكون نتيجة عدة تفاعلات نشطة تشكل ATP، باعادة فسفرته إلى ADP.

(٣) تسمح بزيادة تركيز AMP عند نقص ATP ويعمل كاشارة تمثيلية. Metabolic or allosteric signal لزيادة معدل تفاعلات الهدم لنمو وتزايد ATP.

متى يتفاعل ATP ليكون AMP، فوسفور غير عضوى

When ATP reacts to form AMP, inorganic phosphate (PP1) is formed

هذا يحدث مثلًا عند تنشيط الأحماض الدهنية طويلة السلسلة الكربونية.

$$\text{ATP} + \text{COASH} + \text{R. COOH} \xrightarrow[\text{synthetase}]{\text{Acyl-COA}} \text{AMP} + \text{PP1} + \text{R-CO-SCOA}$$

يصاحب هذا التفاعل فقط طاقة حرة كحرارة والذي يضمن ويؤكد على اتجاه هذا لتفاعل النشط ناحية اليمين ويساعده أكثر التحليل وانفصال PP1 والذي ينشطه إنزيم بيروفوسفاتز غير العضوي وهذا التفاعل $(\Delta G°` = -27.6\ \text{KJ/mol})$ هذا

التنشيط في مسار بيوفوسفات ينتج فقد P ~ ٢ اكثر من P ~ ١ الذى يتم عندما يتكون ADP, P1.

$$PP1 + H_2O \longrightarrow 2\ P1$$

ارتباط هذه التفاعلات تجعل من الممكن للفوسفات أن تعيد تكوينها وتحت تغيرات بنكلوتيدات الادنين.

مشاركة نيوكلوسيدات ترى فوسفات اخرى في نقل فوسفات غنية الطاقة:

من الممكن تكوين نيوكلوسيد ترى فوسفات مشابه لـ ATP ولكن يحتوى على قاعدة بديلة للأدينين وذلك من فوسفات ثنائى الفوسفات لها باستخدام إنزيم نيوكلوسيد دى فوسفات كينز:

$$ATP + UDP \xrightarrow[\text{Kinase}]{\text{Nucleoside diphosphate}} ADP + UTP$$

(Uridine triphosphate)

$$ATP + GDP \xrightarrow[\text{Kinase}]{\text{Nucleoside diphosphate}} ADP + GTP$$

(Guanosine triphosphate)

$$ATP + CDP \xrightarrow{\text{Nucleoside diphosphate}} ADP + CTP$$

ادينوزين تراى فوسفات

(Cytidine triphosphate)

جميع هذه الفوسفات الثلاثية تشارك في عمليات الفسفرة في الخلية. وكما سبق فان إنزيم نيكلوسيد مونوفوسفات كينيز المختص لكل نيكلوسيد سواء بيورين أو بريمدين ينشط تكوين نيكلوسيد دى فوسفات من مونوفوسفات المطابق له.

$$ATP + Nucleoside - P \xrightarrow[\text{Monophosphate kinase}]{\text{Spesific nucleoside}} ADP + Nucleoside\ P{\sim}P$$

– ادنيلات كينيز متخصص للمونوفوسفات كينيز.

الاكسدة البيولوجيه Biological Oxidation

تعرف عملية الاكسدة كيميائيًا بأنها عملية ازالة الالكترونات، بينما عملية الاختزال هي اكتساب الالكترونات، مثال ذلك اكسدة ايون الحديدوز إلى ايون الحديديك.

$$Fe^{2+} \xrightarrow{\quad e^- \text{ (electron)} \quad} Fe^{3+}$$

ودائمًا تتبع عملية الاكسدة بعملية الاختزال لمستقبل الالكترون، وهذه أساسيات عمليات الاكسدة والاختزال وتتم بالتساوى في انظمة الكيمياء الحيوية وتعتبر مفهوم هام وضرورى لفهم طبيعة الاكسدة البيولوجية، ويفضل مشاركة العديد من الاكسدة البيولوجية بدون اشتراك جزئى الاكسجين مثل عمليات الهيدرجة.

الأهمية الطبية الحيوية Biomedical importance:

رغمًا عن بكتريا معينة (لاهوائيه) تعيش في غياب الاكسجين، الا أن حياة الحيوانات الراقية تعتمد مطلقًا على وجود الاكسجين، والاستخدام الأساسى للأكسجين في عملية التنفس والتى يمكن تعريفها بأنها عملية دفع طاقة للخلايا في صورة ATP من التفاعل المحكم والمضبوط للهيدروجين مع الاكسجين لإنتاج ماء، بالاضافة إلى أن الاكسجين الجزئى يرتبط مع العديد من المواد بالانزيمات والتى تعرف اوكسيجينيز Oxygenases عديد من الادوية وملوثات البيئة والكيماويات المسرطنه Chemical carcinogens (xenobiotics) يتم تمثيلها بواسطة الانزيمات تحت قسم Oxygenases وتعرف بنظام Cytochrome P – ISO System.

واستخدام الاكسجين كمنقذ للحياه في حالة معالجة الامراض التنفسية أو فشل الدورة الدموية وبالمناسبة فاستخدام أو منح الاكسجين تحت ضغط عالٍى Hyperbaric Oxygen therapy له قيمة عالية رغم انه قد ينتج عن ذلك تسمم بالاكسجين.

في انظمة الاكسدة والاختزال ممكن أن يطلق على تغيرات الطاقة الحرة لفظ جهد الاكسدة والاختزال:

In redox systems free energy changes can be expressed in terms of redox potential.

في التفاعلات التي تتضمن عمليات الاكسدة والاختزال تتناسب تبادل الطاقة الحرة مع ميل المواد المتفاعلة لتعطى أو تستقبل الالكترونات، بالاضافة إلى التعبير عن تغير الطاقة الحره بالرمز $\Delta G0$\` فمن الممكن بطريقة مشابهة أن يعبر عنها رقمياً بجهد الاكسدة والاختزال.

Oxidation – reduction or redox potential (Eo\`).

وعادة يتم مقارنة جهد الاكسدة والاختزال للنظام redox potential of a system (Eo). مقابل جهد الكترود الهيدروجين Potential of the hydrogen electrode حيث عند درجة PHO يرمز له.0 volts.، ومع ذلك فان الانظمة البيولوجية عادة تعبر جهد الاكسدة والاختزال The redox potential (Eo\`) عند درجة pH ٧.٠ حيث pH جهد الاكترود لاكترود الهيدروجين –٠.٤٢ فولت.

جهد الاكسدة والاختزال The redox potentials لبعض انظمة redox system المميزة في الكيمياء الحيوية للثدييات موجود ومعروض في الجدول التالى، وقائمة جهد الاكسدة والاختزال الموجودة بالجدول تسمح بالتنبوء على اتجاه تدفق الالكترونات من أحد redox couple لأخر:

جدول رقم (٨٩):

Some redox potentials of special interest in mammalian oxidation systems

System	E° volts
Sucinate; α-Ketoglutarate	-0.67
H+ / H2	-0.42
NAD / NADH	-0.32
Lipoate; ox/red	-0.29
Acetoacetate / B-hydroxybutyrate	-0.27
Pyruvate / lactate	-0.19
Oxaloacelate / malate	-0.17
Flavoprotein – old yellow enzyme; ox/red	-0.12
Fumarate / succinate	+0.03
Cytrochrome b; Fe3+ / Fe2+	+0.08
Ubiquinone; ox/red	+0.10
Cytrochrome c; Fe3+ / Fe2+	+0.22
Cytrochrome a; Fe3+ / Fe2+	+0.29
Oxygen/water	+0.82

تعرف الانزيمات المتضمنة في الاكسدة والاختزال بالمصطلح أو اكسيدوردكتيز

Enzyme involved in oxidation of rreduction are designated oxidoreductases

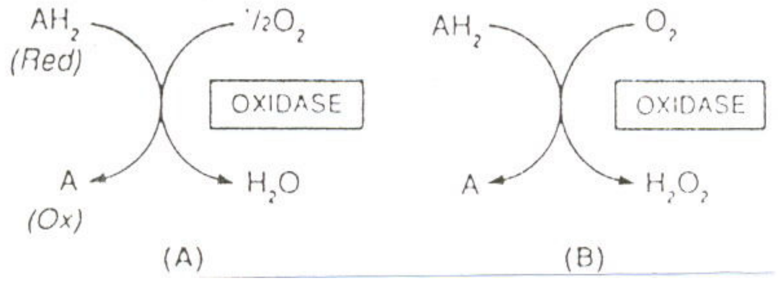
تقسم انزيمات اكسيدوردكتيز إلى اربعة اقسام:

اكسيديز (Oxidases) – ديهيدروجينيز (dehydrogenases) – هيدروبيروكسيديز (hydro peroidases) – اوكسجينز (oxygenases).

انزيمات الاوكسديدز تستخدم الأكسجين كمستقبل للهيدروجين

Oxidases use oxygen as a hydrogen acceptor

انزيمات الاوكسيديز تعمل وتنشط ازالة الهيدروجين من المادة باستخدام الاكسجين كمستقبل للهيدروجين (في بعض الاحيان يستخدم مصطلح Oxidases ليشمل جميع الانزيمات التي تدخل وتعمل في التفاعلات المحتوية Molecular oxygen، وهذه الانزيمات تكون ماء أو بيروكسيد الايدروجين كناتج للتفاعل.



شكل رقم (٥٤):

Oxidation of a metabolite catalyzed by an oxidase (a) forming H_2O. (b) forming H_2O_2

بعض انزيمات اكسيديز تحتوي على النحاس

Some oxidases contain copper:

إنزيم سيتوكروم اوكسيديز عبارة عن هيم بروتين Hemoprotein وتنتشر بتوسع كبير في العديد من النباتات وانسجة الحيوانات، وهي مكون نهائى لسلسلة حوامل تنفسيه موجودة في الميتوكوندريا وبالتالى فهي مسئولة عن التفاعل المختص بانتاج الالكترونات من اكسدة جزيئات المادة بانزيمات الديهيدروجينيز والتى تنتقل حتى مستقبلها النهائى (الاكسجين)، ويتسمم الإنزيم بالكربون مونواكسيد، السيانيد، وسلفيد الهيدروجين.

ومن الممكن تسميته Cytochrome a3، ويفترض أن إنزيم سيتوكروم a وسيتوكروم a3 هي مركبات منفصلة حيث كل منها لها adistinct spectrum وخواص مختلفة من حيث تأثير كربون مونواكسيد والسيانيد، واظهرت الدراسات الحديثة أن 2 cytochromes يرتبطان في نفس البروتين وهذا المعقد يعرف cytochrome a a3 وهي تحتوي على جزئين من الهيم Heme كل واحد يحتوى ذرة حديد واحدة تتذبذب o scillates بين Fe_3+ , Fe_3+ خلال الاكسدة والاختزال، كذلك توجد ذرتين من النحاس كل واحدة تشارك مع وحدة الهيم.

إنزيم فينوليزPhenolase:

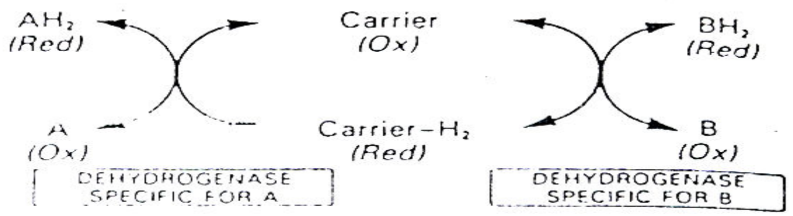
(تيروزينيز – بولى فينول اكسيديز – كاتيكول اوكسيديز) عبارة عن إنزيم يحتوى على النحاس broad specificity، والانزيم قادر على تحويل monophenols أو o-diphenols إلى O-quinones وتوجد العديد من الانزيمات الاخرى تحتوي على نحاس.

الانزيمات الاخرى عبارة عن فلافوبروتينات Other oxidases are flavoprotiens

تحتوى انزيبمات الفلافوبروتينات على فلافين مونونيوكلويتد (FMN) أو فلافين ادنين دى نيوكلوتيد (FAD) as prosthetic groups، وهذه المركبات نتيجتها الجسم من فيتامين B_2 الريبوفلافين.

وعادة FMN، FAD مرتبطه جدًا مع بروتين ابو إنزيم لها apoenzyme protein تحتوي العديد من انزيمات الفلافوبروتين على واحد أو اكثر من المعادن كعوامل أساسية وتعرف ميتالوفلافوبروتين metallo flavoproteins. وانزيمات هذه المجموعة من الاكسيديز تشمل L-amino acid oxidase.

توجد FMN-linked enzyme في الكلية وتختص عامة بالاكسدة وازالة مجموعة الامين oxidative deamination التي تحدث طبيعيًا للأحماض الأمينية من نوعية (.L).



شكل رقم (٥٥):

Oxidation of a metabolite catalyzed by dehydrogenises, not involving a respiratory chain

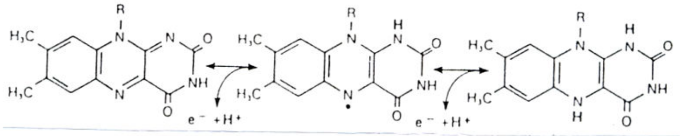
:Xanthine oxidase

ينتشر بتوسع وخاصة في اللبن والامعاء الدقيقة والكلية والكبد، ويحتوى على الموليبدنيوم ويلعب دور مهم في تحويل قاعدة البيورين إلى حمض يوريك، وهذا له اهمية معنوية عالية في كبد وكلية الطيور حيث تفرز حمض اليوريك كمنتج تمثيلى نهائى أساس ليس فقط في ميتابوليزم البيورين ولكن أيضًا في هدم البروتين والأحماض الأمينية.

:Aldehyde dehydrogenase

عبارة عن إنزيم مرتبط FAD (FAD – linked enzyme) وموجود في كبد الثدييات، وهو ميتالوفلابروتين يحتوى موليبدينوم وحديد من غيرهم non heme iron ويعمل على الالدهيدات والمواد N-hetero cyclic substrates. وهذا مفيد لاستخدامه في تقدير الجلوكوز اكسيديز FAD – specific enzyme ويحضر من الفطريات.

وميكانيكية الاكسدة والاختزال لهذه الانزيمات معقدة، ومع ذلك أدلة اختزال حلقة isoalloxazine تشارك في خطوتين خلال مركب وسطى Semi quinine (free radical).

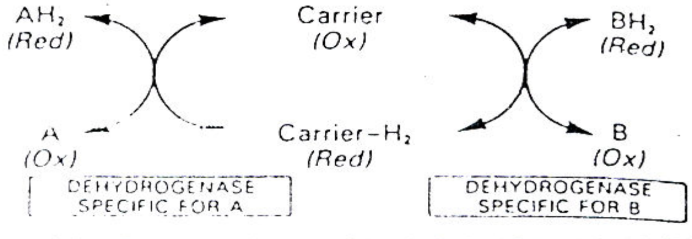


شكل رقم (٥٦): Reduction of isoalloxazine ring in flavin nucleotides

انزيمات الهيدريوجينيز لاتستخدم الأكسجين كمستقبل للهيدروجين : Dehydrogenases cannot use oxygen as a hydrogen acceptor

يوجد عدد كبير من الانزيمات في هذا القسم، وتؤدى تلك الانزيمات وظيفتين أساسيتين:

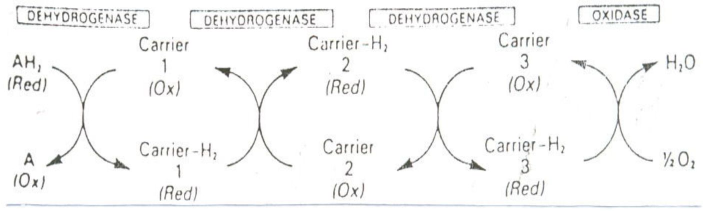
نقل الهيدروجين من أحد substrate إلى آخر في تفاعل مزدوج للأكسدة والاختزال.



شكل رقم (٥٧): Oxidation of a metabolite catalyzed by dehydrogenises, not involving a respiratory chain

هذه الانزيمات الديهيدروجيميز متخصصه للمواد التي تعمل عليها their substrates ولكن تستخدم غالبًا نفس قرين الإنزيم Co enzyme أو حامل للهيدروجين hydrogen carrier مثل باقي الهيدروجينيز، وكما أن التفاعلات عكسية فان هذه الخواص تمكن المكافئات المختزلة للنقل الحر خلال الخلية، هذه النوعية من التفاعل التي تجعل المادة substrate تتأكسد على حساب الاخرى وهذا عامة مفيد في جعل امكانية حدوث عمليات الاكسدة في غياب الاكسجين.

(٢) نقل مركبات في سلسلة الألكترونات التنفسية من المادة إلى الاكسجين.



شكل رقم (٥٨):

Oxidation of a metabolite by dehydrogenises and finally by an oxidase in a respiratory chain

بعض انزيمات الديهيدروجينيز تعتمد على قرائن انزيمات بنكوتيناميد:

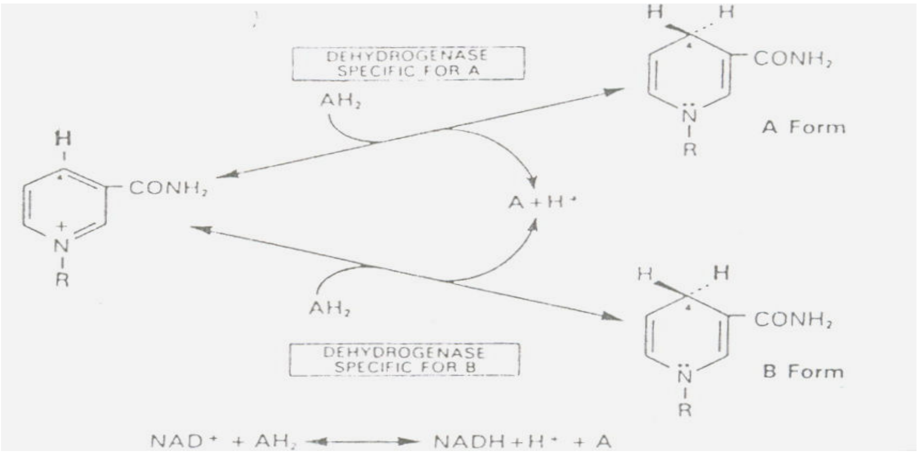
Some dehydrogenases are dependent on nicotinamide co

enzymes

عدد كبير من انزيمات الديهيدروجينيز تقع تحت هذه النوعية من الانزيمات، وهي متخصصة لكل من ينكوتيناميد ادينين دى نيكلوتيد (NAD^+) أو نيكوتيناميد ادنين دى نيكلوتيد فوسفات ($NADP^+$) كقرائن انزيمات.

ومع ذلك فان بعض انزيمات الديهيدروجينز يمكنها استخدام أي من NAD^+ أو $NADP^+$ وينتج هذان القرائن الانزيمات في الجسم من فيتامين النياسين، وهذان القرينان يختزلا ب The specific substrats للهيدروجينيز ويعاد اكسدتهما بمستقبل الكترونات مناسب، كما انهما

The may freely and reversibly discociats from their respective apoenzyme.



شكل رقم (٥٩): Mechanism of oxidation and reduction of nicotinamide coenzyme. There isstereospecificity about position 4 of nicotinamide when it is reduced by a substrate AH2. One of the hydrogen atoms is removed from the substrate as a hydrogen nucleus with 2 electrons (hydride ion, H-) and and is transterred to the 4 position, where it may be attached in either the A or the B position according to the specificity determined by the particular dehydrogenase catalyzing the reaction. The remaining hydrogen of the hydrogen pair removed from the substrate remains free as a hydrogen ion.

انزيمات الديهيدروجينيز المرتبط بـ NAD ينشط تفاعلات الاكسدة والاختزال في مسارات الاكسدة في التمثيل الغذائي وخاصة في دورة الجليكوليسيس Glycolysis وفي دورة حمض الستريك وفي السلسلة التنفسية للميتوكوندريا.

وتوجد انزيمات الديهيدروجينيز المرتبطة بـ NADP بصفة خاصة في عمليات الاختزال reductive syntheses في المسارات الزائدة للميتوكوندريا لتكوين الأحماض الدهنية والأستيرولات. وتوجد أيضًا كقرائن لانزيمات الديهيدروجينيز في دورة النبتوزفوسفات، وتوجد بعض الانزيمات التي تعتمد على نيكوتيناميد قرائن انزيمات الديهيدروجينيز تحتوي على الزنك مثل alcohol dehyrogenases في الكبد، وأيضًا جلسرالدهيد – ٣ – فوسفات ديهيدروجينيز في العضلات. ولايمكن اعتبار مشاركة ايونات الزنك في الاكسدة والاختزال.

بعض انزيمات الديهيدروجينيز تعتمد على الريبوفلافين:

Other dehydrogenases are dependent on ribo flavin

تتشابه مجموعات الفلافين المرتبطة بهذه انزيمات الديهيدروجينيز مجموعات FAD، FMN الموجودة في انزيمات الاكسيديز، وهي عامة ترتبط بشدة بالابوانزيمات الخاصة بها their apoenzymes اكثر من قرائن الانزيمات النيكوتيناميد.

معظم انزيمات الديهيدروجينيز المرتبطة بالريبوفلافين تختص بنقل الالكترونات في أو إلى السلسلة التنفسية، ويعمل ديهيدروجينيز NAD^+ وهو احد افراد السلسلة التنفسية كحامل للألكترونات بين NADH والمركبات الاكثر الكترونات موجبه، وانزيمات الديهيدروجينيز الاخرى مثل:

Succinat dehydrogenase, acyl-CoA dehydrogenase, and mitochondrial glycerol-3-phosphate dehydroganese.

تنتقل المكافئات المختزلة reducing equivalents مباشرة من المادة Substrate إلى السلسلة التنفسية respiratory chain ودور اخر لانزيمات الديهيدروجينيز المعتمدة على الفلافين عملية الهيدرجه (بواسطة دى هيدروليبويل ديهيدروجينيز Dihydrolipoyl

the في وسطى كمركب reduced lipoate لللبيوات المختزل (dehydrogenase oxidative decarboxylation للبيروفات، الفاكيتوجلوتارات، في هذه الحالات الخاصة لقلة جهد الاكسدة والاختزال تلعب الفلافوبروتين (FAD) كحامل للهيدروجين من الليبوات المختزل إلى NAD والفلافوبرتين الناقل للألكترونات Electron-transfering flavoprotein مركب وسطى حامل للألكترونات بينacyl-COA dehydrogenase والسلسلة التنفسية.

ممكن اعتبار السيتكرومات كانزيمات الديهيدروجينز:

Cytrochromes may also be regarded as dehydrogenases

باستثناء السيتوكروم اكسيديز تدرج السيتوكرومات كانزيمات الديهيدروجينيز والتعرف عليها ودراستها ممكن بوجودها في الحالة المختزلة لروابط الامتصاص التي تختفي عند الاكسدة، والسيتكرومات تعمل في السلسلة التنفسية كحامل الكترونات من الفلافوبروتينات في احد الاتجاهات إلى السيتكروم اكسيديز في الاتجاه الاخر والسيتكرومات عبارة عن Iron-containing hemoproteins حيث ذرة الحديد تذبذب oscillates بين Fe^{2+}، Fe^{3+} خلال الاكسدة والاختزال، والعديد من السيتوكرومات المعروفة توجد في السلسلة التنفسية مثل سيتكرومات b,c,c,a and a3 (سيتكروم اكسيديز)، ومنها سيتكروم C ذائب، وبجانب السلسلة التنفسية توجد السيتكرومات في اماكن اخرى مثل ((cytochromes p. 450 and B3 اندوبلازم الشبكية في معدة المجترات The endoplasmic reticulum والخلايا النباتية والبكتريا والخمائر.

انزيمات الهيدروبيروكسيديز تستخدم هيدروجين بيروكسيد أو بيروكسيد عضوى substrate:

Hydroperoxidases use hydrogen peroxide or an organic peroxide as substrate

نوعية من الانزيمات تقع تحت نوعية انزيمات البيروكسيديز، كتاليز، وتوجد

كلاهما في الحيوانات والنبات، انزيمات الهيدروبيروكسيديز تحمى الجسم ضد البيروكسيدات الضارة كما أن تراكم البدوكسيدات تؤدى إلى توالد الأصول الحرة free radicals وبالتالى تلف أو تمزق الاغشية disrupt membranes وقد تؤدى إلى السرطان وتصلب الشرايين.

انزيمات البيروكسيديز تختزل البيروكسيدات باستخدام مواد عديدة كمستقبل الكترونات:

Peroxidases reduce peroxides using several substances as electron acceptor

بالرغم من أن انزيمات البيروكسيديز تعتبر في الاصل انزيمات نباتية الا انها وجدت في اللبن وفي كريات الدم البيضاء Leukocytes وفي الصفائح الدموية platelets وانسجة اخرى تشمل على ميتابوليزم eicosanoid والبروتوهيم Protoheme هي The prosthetic group حيث على غير الحال في معظم hemoprotiens، فهي ترتبط ارتباط ضعيف فقط مع ابوبروتين The apoprotein.

في التفاعل الذى يحفزه البيروكسيديز، يختزل الهيدروجين بيروكسيد على حساب عديد في المواد التي تعمل كمستقبلات للألكترونات مثل الاسكوربات والكنيونات quinones والسيتكروم C وهذا التفاعل الذى يحفزه البيروكسيديز معقد والتفاعل عامة كما يلى:

$$H_2O + AH_2 \xrightarrow{\text{PEROXID}} 2\,H_2O + A$$

وفي كرات الدم الحمراء erythrocytes وانسجة اخرى يحتوى إنزيم جلوتاثيون بيروكسيديز السلنيوم كـ Prosthetic group ويحفز هدم بيروكسيد destruction of H_2O_2، Lipid hydroperoxides باختزال الجلوتاثيون ويحمى دهون الغشاء membrane lipids والهيموجلوبين ضد الاكسدة بواسطة البيروكسيدات.

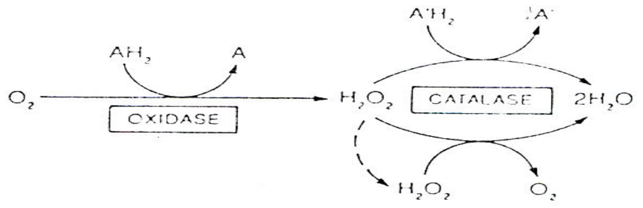
انزيمات الكتاليز يستخدم هيدروجين بيروكسيد كمعطى الالكترونات ومستقبل لها:

Catalase uses hydrogen peroxide as electron doner and electron acceptor

انزيمات الكتاليز عبارة عن هيموبروتين hemoprotein يحتوى اربعة مجموعات هيم heme بالاضافة إلى عملية تنشيط البيروكسيديز فهي قادرة لاستخدام جزئى واحد من البيروكسيد H_2O_2 كمعطى للألكترونات substrate electron donor والجزئى الآخر من البيروكسيديز H_2O_2 كمؤكسد أو مستقبل الكترونات oxidant or electron acceptor، وفي معظم الاحوال Invivo فان The peroxidase activity of catalase ممكن توفيره to be favered.

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + O_2$$

يوجد الكتاليز في الدم، bone marrow، الاغشية المخاطية mucous membranes والكلية والكبد ودورها وتأثيرها يفترض انها لهدم هيدروجين بيروكسيد الناتج من تأثير انزيمات الاكسيديز، وتوجد الميكروبوديز الاجسام الصغيره أو البيروكسيسوم microbodies or peroxisomes في كثير الانسجة منها الكبد، وهي غنية في انزيمات الاكسيديز وفي الكتاليز ويقترح وجود مميزات حيوية في مجموعة أو تجميع الانزيمات التي تنتج H_2O_2 مع الانزيمات التي تهدم بها، بالاضافة إلى انزيمات The peroxisomal enzymes وكذلك mitochondrial and microsomal electron transport systems مثل زانثين اكسيديز يجب اعتبارها مصدر H_2O_2.



شكل رقم (٦٠): Role of catalase in the destruction of hydrogen peroxide

انزيمات الاكسجينيز يحفز النقل المباشر وتربط الاكسجين بجزئى المادة substrate

Oxygenases catalyze the direct transfer and incorporation of oxygen into a substrats molecule

انزيمات الاكسجينيز تختص بتكوين اوتكسير عديد من الأنواع المختلفة للمركبات التمثيلية metabolites اكثر من المشاركة في تفاعلات هدفها تدبير احتياطى الطاقة Provision في الخلية. انزيمات هذه المجموعة تحفز ربط الاكسجين في جزئى الـ substrate، وهذه تتم في خطوتين:

ربط الأكسجين إلى الإنزيم في مكان نشط The active site.

التفاعل يتم باختزال الأكسجين المربوط أو النقل إلى substrate.

وتقسم انزيمات الاكسيجيز إلى مجموعتين:

انزيمات دى اكسجنيز (اكسى ترانس فيريز، واكسجينيز الحقيقية) يربط كل من ذرات الاكسجين إلى الـ substrate:

Dioxy genases (oxygen transferases, True oxygenases) Incorporate both oxygen atoms into the substrate

التفاعل الرئيسى:

$$A + O_2 \longrightarrow AO_2$$

وأمثلة هذه النوعية من الانزيمات التي تحتوي على حديد مثل هوموجبنتيسات دى اكسيجينيز homogentisate dioxygenese، ٣-هيدرواكسانثرارنيلات دى اكسجينيز 3-hydroxyanthranilate dioxygenase من حزء السائل العلوى من الكبد the supervatant fraction of the liver. وتستخدم الانزيمات الهيم Heme مثل L-tryptophan dioxygenase من الكبد.

انزيمات مونواكسجينيز (تأثير مخلوط اكسيديز وهيدروكسيلز) تربط فقط درة واحدة من الاكسجين إلى substrate:

Monooxygenases (mixed-function oxidases, hydroxylases)

incorporate only one atom of oxygen into the substrate

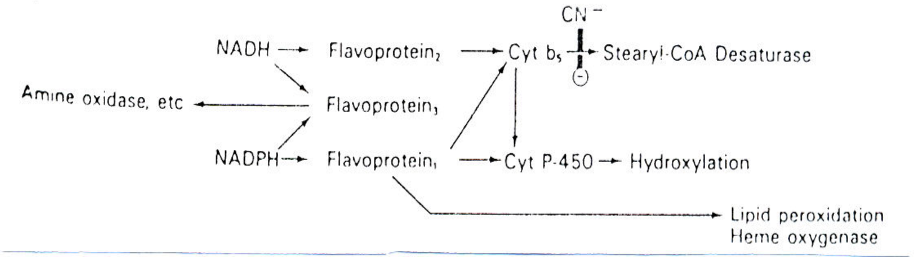
تختزل ذرة الاوكسيجن الاخرى إلى ماء، بالاضافة إلى انها معطى للأكترونات أو cosubstrate وهذه ضرورة لهذا الغرض.

$$A - H + O_2 + ZH_2 \longrightarrow A\text{-}OH + H_2O + Z$$

انظمة ميكروسومال سيتكروم P – 450 مونو اكسيجينيز هامة جدًا لهيدروكسله عديد من الادوية:

Microsomal cytochrome P-450 mono oxygenase systems are important for the hydroxylation of many drugs

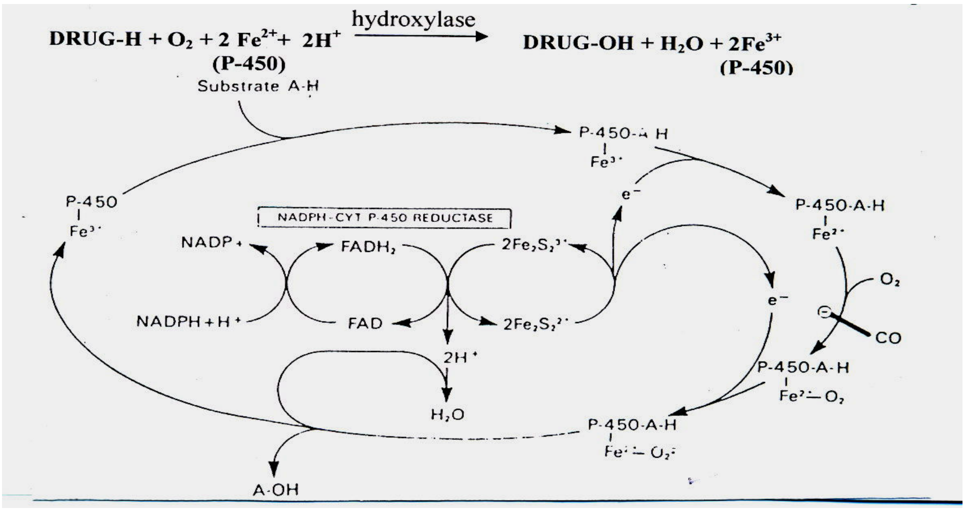
هذه المونواكسجينيز موجودة في الميكروسومات الكبد مع سيتكروم P – 450 وسيتكروم b5، كل من NADPH , NADH يعطى مكافئات اختزاليه لاختزال هذه السيتوكرومات والتى بالتإلى تتأكسد بواسطة substrates.



شكل رقم (٦١): Electron transport chain in microsomes. Cyanide (CN) inhibits the indicated step

في سلسلة تفاعلات انزيمية تعرف The hydroxylases cycle

$$DRUG\text{-}H + O_2 + 2Fe_2{+}+ 2H+ \xrightarrow{\text{hydroxylase}} DRUG\text{-}OH + H_2O + 2Fe_3{+}(P\text{-}450)\ (P\text{-}450)$$



Cytochrome P.450 hydroxylase cycle in microsomes. **شكل رقم (٦٢):**

The system shown typical of steroid hydroxylases of the adrenal cortex. Liver microsomal cytochrome P.450 hydroxylase does not require the iron-sulfur protein Fe2S2. Carbon monoxide (CO) inhibits the indicated step.

من خلال الادوية التي تمثل بواسطة هذا النظام:

Benzpyrene, aminopyrine, aniline, morphine and benz phetamine.

كثير من الادوية مثل Phenobarbital لها القدرة على انتاج انزيمات الميكروسومال والسيتوكروم P-450.

انظمة الميتوكوندريا سيتكروم P-450 مونو اوكسجينيز يحفز هيدروكسلة الأستيرويدات:

Mitochondrial cytochrome P-450 monooxygenase systems catalyze steroidal hydroxylations

هذه الانظمة موجودة في الانسجة الاسيتروجتيك مثل قشرة الادرينال adrenal cortex والخصيه testis، المبيض ovary والمشيمة placanta وهي تختص بتكوين هرمونات الاستيرويدات Steriod hormones من الكوليسترول (هيدروكسيله في C_2O، C_{22} عند كسر السلسلة الجانبيه عند 11 B and 18

positions، ١١ بيتا، ١٨ موضع).

كما أن انظمة الكلية Renal systems يحفز

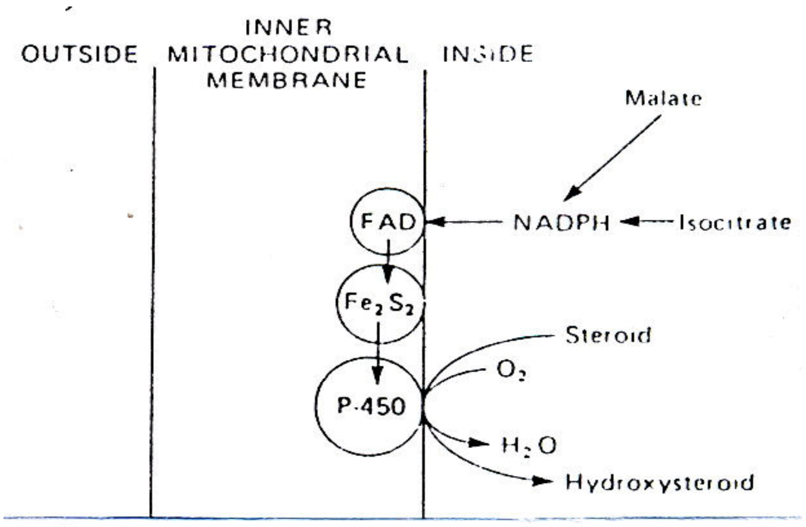
1 α – and 24 – hydroxylation of 25-hydroxy cholecalciferol.

– في الكبد يحفز 26 hydroxylation in bile acid biosynthesis .

– في قشرة الادرينال، ميتوكوندريال سيتكروم P-450 يكون ستة مرات اكثر من السيتوكرومات للسلسة التنفسية.

– نظام مونو اكسجينيز يتكون من ثلاث مركبات موضوعة في داخل الغشاء الداخلى للميتوكوندريا.

- NAD – specific FAD containing flavoprotein.
- Fe2 S2 protein (adrenodoxin).
- Cytochrome P-450.



شكل رقم (٦٣): Mitochondrial cytochrome P.450 monooxygenase system Fe_2S_2. iron-sulfur protein (adrenodoxin) not that because NADP(H) cannot penetrate the mitochondrial membrane. Sources of reducing equivalents are confined to substrates such as malate and isocitrate for which there are intramitochondrial NADP. Specilic dehydrogenases

السوبر اكسيد الأصول الحرة قد تسبب سمية الأكسجين:

The superoxide free radical may account for oxygen toxicity

الاكسجين مادة سامة، هذه السمية تعزى إلى تكوين H_2O_2 وحديثًا الحالة التي يمكن أن يختزل الاكسجين في الانسجة إلى انيون سوبر اكسيد الأصول الحرة The superoxide anion free radical (O`2) وأيضًا وجود superoxide dismutase في الكائنات الهوائية (رغمًا عدم الظروف اللاهوائية الاجبارية) يقترح أن سيمة الاكسجين ترجع إلى تحويله إلى سوبر اكسيد، ومع ذلك لا يوجد ادلة مباشرة لسمية السوبر اكسيد.

ويتكون السوبر اكسيد عند اختزال الفلافينات الموجودة مثال في الزاثين اكسيديز يعاد الأكسدة احادية التكافؤ univaletly بالاكسجين الجزئى، وممكن تتكون خلال اكسدة احادى التكافؤ univalent oxidations مع الأكسجين الجزئى molecular oxygen في السلسلة التنفسية.

$$Enzh_2 + O_2 \longrightarrow Enzh + O`_2 + H^+$$

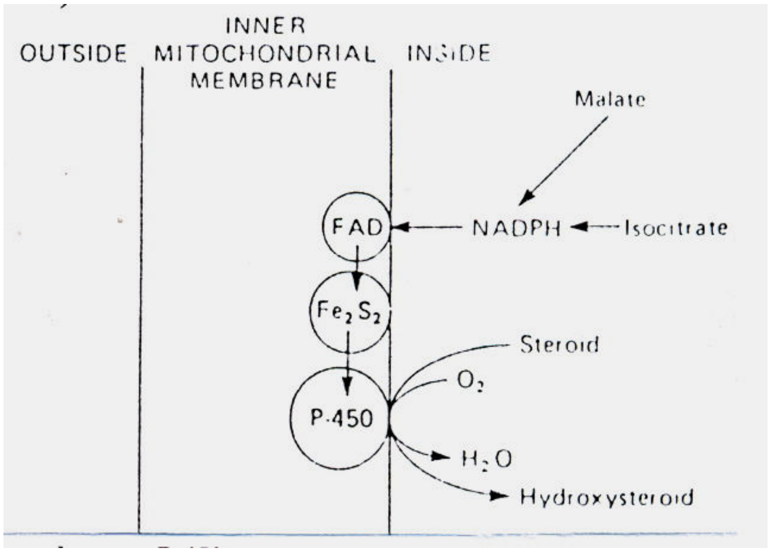
السوبر اكسيد ممكن يختزل السيتكروم C.

$$O`_2 + Cyt\ c\ (Fe^{3+}) \xrightarrow[\text{Dismutase}]{\text{Superoxide}} O_2 + Cyt\ c\ (Fe^{2+})$$

او يزال بوجود الإنزيم المختص بسوبر اكسيد ديسميتيز.

$$O`_2 + O`_2 + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2$$

في هذا التفاعل يعمل السوبر اكسيد كعامل مؤكسد وأيضًا عامل مختزل، وتوضح التأثيرات الكيماوية للسوبر اكسيد في الانسجة بسلسلة تفاعلات الأصول الحرةFree-redical chain reactions وهي تفترض أن O`2 المرتبطة بالسيتكروم P-450 مركب وسطى في تنشيط الاكسجين في تفاعلات الهيدروكسلة hydroxylation.



شكل رقم (٦٤): Mitochondrial cytochrome P.450 monooxygenase system Fe2S2. iron-sulfur protein (adrenodoxin) not that because NADP(H) cannot penetrate the mitochondrial membrane. Sources of reducing equivalents are confined to substrates such as malate and isocitrate for which there are intramitochondrial NADP. Specilic dehydrogenases

تأثير superoxide dismutase قد يكون حماية الكائنات الهوائية ضد التأثيرات السلبية للسوبربيروكسيد، ويوجد الإنزيم في كثير من المركبات والتراكيبات المختلفة في الخلية، ويتركب The cytosolic enzyme من وحدتين متماثلتين كل واحدة تحتوي على مكافئ واحد من -Cu_2، -Zn_2، بينما انزيمات الميتوكوندريا تحتوي على -Mn_2 مثل الإنزيم الموجود في البكتريا.

وهذا يؤكد الافتراض أن الميتوكوندريا تتطور من Prokaryote التي تدخل بالتكافل symbiosis مع Protoceukaryote.

يوجد إنزيم The dismutase في جميع الانسجة الهوائية الكبرى، رغم تعريض

الحيوانات لجو يحتوى ١٠٠% اكسجين بسبب اقلمة زائدة للأنزيم، خاصة في الرئتين، والتعرض الطويل يؤدى لتدمير وتلف الرئة والوفاة، وتعمل مضادات الاكسدة مثل الفاتوكوفيرول (فيتامين هـ) كعامل انقاذ من الأصول الحرة مثل O_2- وتقلل سمية الاكسجين.

٤ نقاط رئيسية توجز الاكسدة البيولوجية:

4- major points summarize biological oxidation

١- في الانظمة البيولوجية مثل الانظمة الكيماوية لابد ودائمًا تصاحب الاكسدة (فقد الكترونات) الاختزال (مستقبل الكترونات).

٢- Oxidoreductases تقسم إلى ٤ مجموعات:

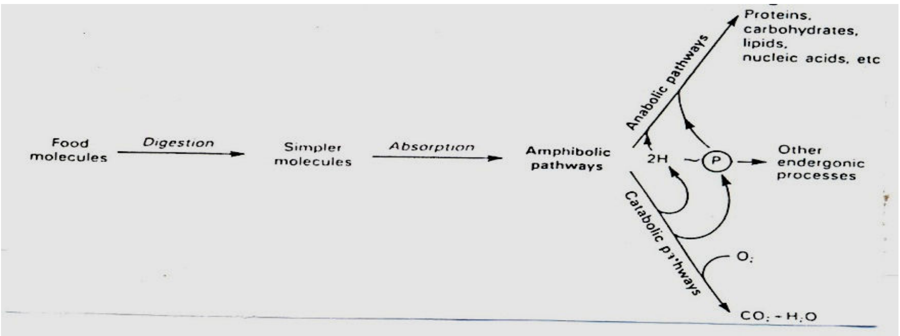
Oxidases, dehydrogenases, hydroperoxidases and oxyenases.

٣- انزيمات الاوكسيديز والهيدروجينيز لها ادوار متنوعة في التمثيل الغذائي وكلاهما يلعب دورًا هامًا في عملية التنفس

٤- انزيمات الهيدروبيروكسيديز تحمى الجسم ضد التلف بالأصول الحرة وانزيمات اكسجينيز وسيط في تفاعلات الهيدروكسيلية للأدوية.

رؤية في تمثيل المركبات الوسطية Overview of intermediary metabolism

مصير مكونات الغذاء بعد عمليات الهضم والامتصاص تكوين مركبات تمثيل وسطية intermediary metabolism، وتشمل encopasses مدى أو مجال واسع ليس فقط البحث في وصف مسارات التمثيل للجزيئات منفردة با أيضًا محاولات لفهم علاقتها وميكانيكية تنظيم تدفق المواد الممثلة خلال المسارات المختلفة، وتقع مسارات التمثيل في ثلاث نماذج Categories:



شكل رقم (٦٥)

(١) مسارات البناء Anabolic pathways :

وتتضمن تكوين المركبات في الجسم سواء في تركيبة أو حركته ومنها تكوين البروتين والطاقة الحرة اللازمة لهذه العمليات والتى تأتى من النموذج أو المسار التالى.

(٢) مسارات الهدم Catabolic pathways :

وتشمل عمليات الاكسدة التي تطلق طاقة حرة في صورة فوسفات عإلى الطاقة أو مكافئات الاختزال، مثل السلسلة التنفسية والاكسدة الفوسفورية.

(٣) مسارات امفيبوليه Amphibolic pathways :

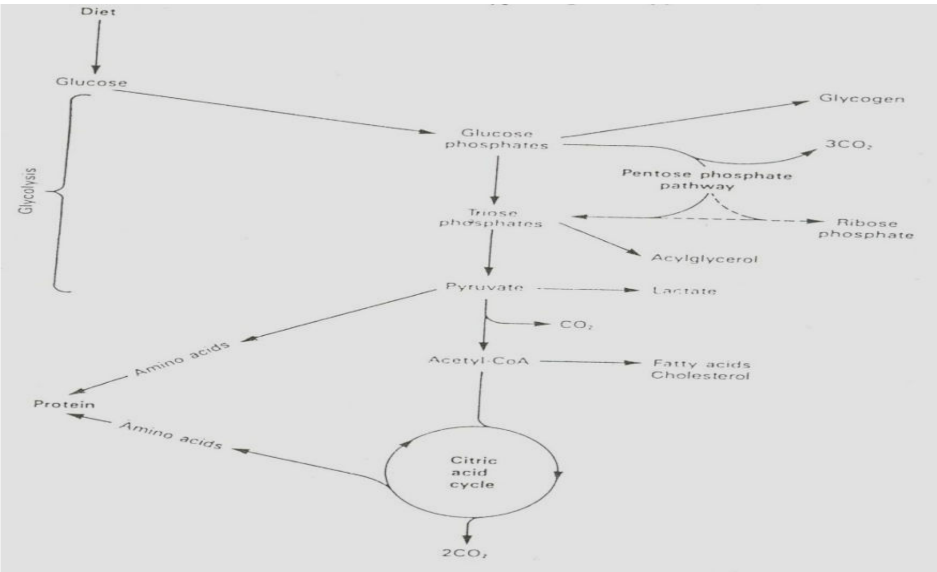
لها اكثر من تأثير واحد وتحدث في مسارات فرعية متقاطعة مع المسارات الرئيسية للتمثيل وتعمل كرابط بين المسارات البناء والهدم مثل دورة حمض الستريك.

الاهمية الطبية الحيوية Biomedical importance:

معرفة الميتابوليزم في الحيوان العادى شرط أو متطلب a prerequisite لفهم العديد من الحالات الخاصة، والتمثيل العادى يشمل التغيرات والاختلافات والاقلمة في التمثيل والراجع إلى فترات الصيام والاجهاد والحمل والرضاعة، والتمثيل غير الطبيعى ينتج من النقص الغذائي ونقص الانزيمات والافراز غير الطبيعى للهرمونات، وأهم مثال للمرض الناتج من التمثيل غير العادى مرض a metabolic disease مرض السكر diabetes mellitus.

مسارات التمثيل الأساسية لإنتاج نواتج الهضم الرئيسية The basic metabolic pathways process the major products of digestion:

يحدد طبيعة الغذاء النموذج التمثيلى الأساسى في الانسجة، تحتاج الثدييات مثل الانسان لعملية امتصاص نواتج الهضم الكربوهيدرات – دهون – بروتين الغذاء وهذه غالبًا جلوكوز وأحماض دهنيه وجليسرول وأحماض أمينية على الترتيب في المجترات (وإلى مدى اقل العشبيات الاخرى herbivores)، تهضم سليلوز العليقة بمعايشة الكائنات الدقيقة تبادل منفعة أو التكافل Symbiotic إلى الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة الكربونية (حمض الخليك، بروبيونك، بيوتريك)، وتتأقلم تمثيل الانسجة في هذه الحيوانات لاستخدام الأحماض الدهينة قصيرة السلسلة كـ Major substrates، جميع هذه نواتج هضم تخضع Processed لمساراتها التمثيلية الخاصة بها إلى النواتج العادية Acetyl COA حيث تتأكسد كلية بواسطة دورة حمض الستريك.



شكل رقم (٦٦) تمثيل الكربوهيدرات يختص بقدر الجلوكوز:

Carbohydrate metabolism is concerused with the fate of glucose

يتمثل الجلوكوز إلى بيروفات ولاكتات في جميع خلايا الثدييات بواسطة مسار دورة glycolysis، والفسفرة phosphorylation ضرورية للجلوكوز للدخول في هذا المسار وتحدث دورة glycolysis في غياب الأكسجين (لاهوائى)، عندما يكون الناتج النهائى هو اللاكتات فقط، والانسجة التي من الممكن أن تستخدم الاكسجين (هوائى) تكون قادرة على تمثيل البيروفات إلى أستيل COA التي يمكن أن تدخل دورة حمض الستريك للأكسدة الكاملة إلى ثانى اكسيد الكربون والماء مع تحرير طاقة حرة كثيرة مثل ATP في عملية الاكسدة الفوسفورية، ويعتبر الجلوكوز هو الوقود الأساسى لانسجة كثيرة، ولكن يشارك في عمليات اخرى:

(١) تحويل إلى مخزونه من البلمرة، جليكوجين، خاصة في العضلات والكبد.

(٢) دورة فوسفات البنتوز والتى تتم من المركبات التمثيلية الوسطية في دورة الجليكوليسيس glycolysis وهي مصدر لمكافئات الاختزال (2H) للتكوين الحيوى للأحماض الدهنية وهو أيضًا مصدر للريبوز وهو هام في تكوين النيكلوتيد

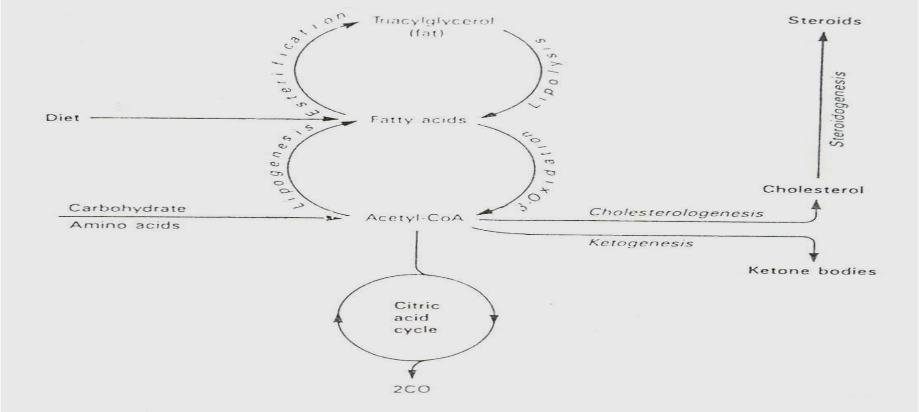
والأحماض النووية.

(٣) تريوزفوسفات يعطى جزئى للجليسرول للأكيل جليسرول gives rise to glycerol moiety of a cylglycerols (fat)

(٤) البيروفات والمركبات التمثيلية الوسطية في دورة حمض الستريك تعطى الهيكل أو التراكيب الكربونية في تكوين الأحماض الأمينية، وتعتبر أستيل COA هي الأساس البنائى للأحماض الدهنية ذات السلسة الكربونية الطويلة والكوليسترول والذى يعتبر the precursor في تكوين جميع الاستيرولات في الجسم.

يختص تمثيل الدهون أساسا بالأحماض الدهنية والكوليسترول Lipid metabolism is concermed mainly with fatty acids and cholesterol:

مصدر الأحماض الدهنية ذات السلسلة الكربونية الطويلة تكون اما de novo synthesis من أستيل COA الناتج من الكربوهيدرات، أو من دهن الغذاء، وفي الانسجة قد تتأكسد الأحماض الدهنية إلى أستيل COA (بيتا – اكسدة β – oxidation) أو يحدث لها استرة إلى acylglycerols حيث triacylglycerol ثلاثى اكيل الجليسرول (الدهن) هو المخزون الرئيسى للطاقة في الجسم the body`s main calories reserve.



شكل رقم (٦٧)

وتتكون أستيل COA من β – oxidation ولها اهمية كبيرة:

(١) في حالة انتاج أستيل COA من الكربوهيدرات فهي تتأكسد كاملة إلى $CO_2 + H_2O$ خلال دورة حمض الستريك، تنتج الأحماض الأمينية طاقة بقدر مقبول في عملية β–oxidation ودورة حمض الستريك وبالتالى فهي وقود انسجة مؤثر جدًا.

(٢) هي مصدر ذرات الكربون في الكوليسترول لالاستيرولات الاخرى.

(٣) في الكبد تنتج اسيتو استات أساس الاجسام الكيتونية Ketone body وتعتبر الاجسام الكيتونية بدائل وقود الانسجة الذائبة في الماء water soluble tissue fuels والتى تصبح مصدر هام للطاقة تحت الظروف المؤثرة مثل الجوع.

تميثل العديد من الأحماض الأمينية يشمل عملية نقل مجموعة الامين:

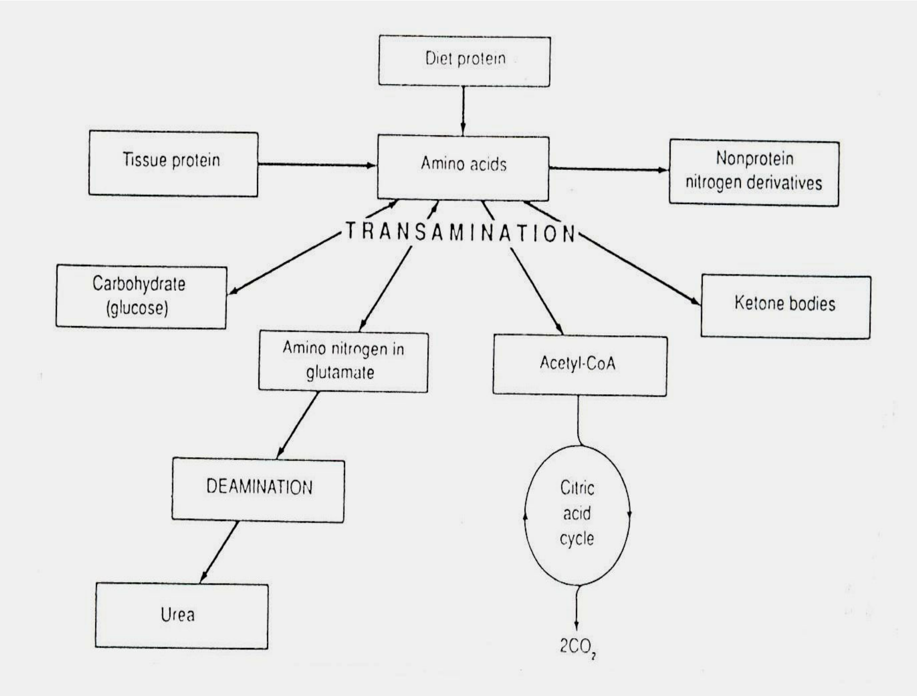
Much of amino acid metabolism involves transamination:

الأحماض الأمينية ضرورية لتكوين البروتين، بعضها لابد من الامداد بها خاصة في الغذاء (الأحماض الأمينية الضرورية)، حيث الانسجة غير قادرة لتكوينها، والباقى (الأحماض الأمينية غير الضرورية) تعطى أيضًا في الغذاء ولكن من الممكن تكوينها من المركبات الوسطية التمثيلية من خلال عملية نقل مجموعة الامين باستخدام النتروجين الامينى الزائدة الاخرى، وبعد عملية ازالة الامين يزال نتروجين امينى كثير في صورة يوريا، والهيكل الكربونى المتبقى بعد عملية نقل الامين:

(١) يؤكسد إلى CO_2 خلال دورة حمض الستريك.

(٢) ينتج جلوكوز (gluconeogenesis).

(٣) تكوين اجسام كيتونية Ketone bodies.



شكل رقم (٦٨)

بالاضافة إلى الاحتياجات للأحماض الأمينية لإنتاج وتكوين البروتين فان الأحماض الأمينية تكون Precursors للعديد من المركبات الهامة الاخرى مثل البيورينات، بريميدينات، الهرمونات مثل ابينفرين والثيروكسين.

قد تدرس المسارات التمثيلية على مستويات مختلفة من المنظومة:

Metabolic pathways may be studies at different level of organization:

دائمًا ننظر للتمثيل الغذائي وحدوثه في الكائن ككل، ويظهر مكان وتكامل المسارات التمثيلية بدراسة المستويات الادنى في المنظومة مثال ذلك:

١- مستوى النسيج أو العضو – يتم معرفة طبيعة المادة الداخلة والمركبات الوسطية التمثيلية الخارجة من الانسجة أو الاعضاء وأيضًا يوصف كميتها عامة.

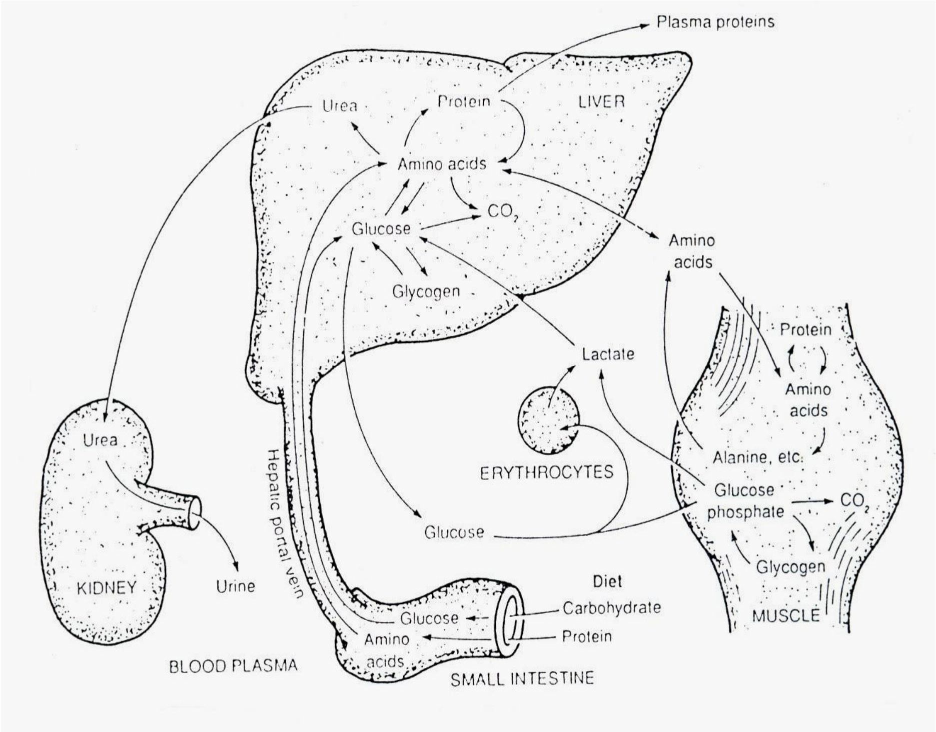
٢- على مستوى اقل Sub cellular–كل خلية اما عضوية (he mitochondrion)

أو جزء مستقل (the cytosol) Compartment تلعب دور كيميائى لتكوين جزء من النموذج sub cellular للمسارات التمثيلية

على مستوى النسيج أو العضو – تتكامل تمثيل الدورة الدموية:

At the tissue and organ level the blood circulation integrates metabolism:

الأحماض الأمينية Amino Acids الناتجة من هضم بروتين الغذاء وكذلك الجلوكوز الناتج من هضم الكربوهيدرات تشارك في الطريق العادى للامتصاص خلال الوريد البابى الكبدى the hepatic portal vein، وهذا يؤكد أن كلا هاذان المركبات الوسطية التمثيلية ونواتج الهضم الذائبة في الماء الاخرى تتوجه اوليًا إلى الكبد.



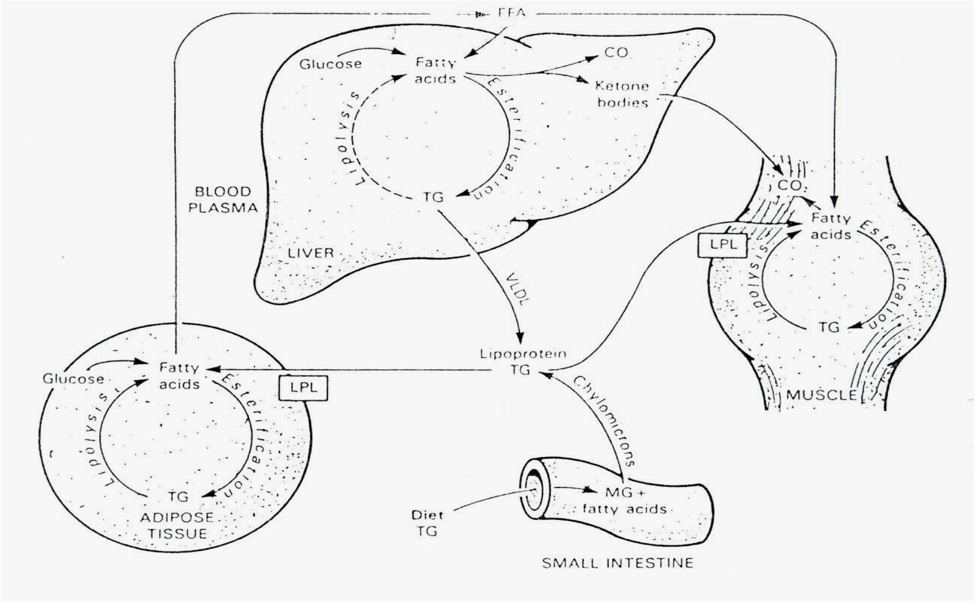
شكل رقم (٦٩)

الكبد لها تأثير وفعل تمثيلى مبدئى لتنظيم تركيز الدم من معظم المركبات الوسطية التمثيلية خاصة الجلوكوز والأحماض الأمينية، في حإلى الجلوكوز يصل إلى ذلك بسحب كمية جلوكوز زائد ويحوله إلى جليكوجين (glycogensis) أو إلى دهن (lipogenosis).

بين الوجبات يمكن التركيز على مخازن الجليكوجين لزيادة مسوى الجلوكوز في الدم (glycogenolysis) أو يصاحب مع الكلية لتحويل مركبات وسطية تمثيلية غير كربوهيدراتية مثل اللاكتات والجليسرول والأحماض الأمينية إلى الجلوكوز (gluconeogensis). الحفاظ على تركيز مناسب من جلوكوز الدم حيوى للأنسجة وهي شئ اجبارى مثل المخ وكرات الدم الحمراء، والكبد لها أيضًا دور في تكوين بروتينات البلازما الأساسية (مثل الالبيومين) وعملية ازالة مجموعة الامين للأحماض الأمينية الزائدة عن الاحتياجات وتكوين يوريا والتى تنتقل خلال الدم إلى الكلية للأخراج.

تستخدم العضلات skeletal muscle جلوكوز كوقود وينتج لاكتات، CO_2. وتخزن الجليكويجن كوقود للاستخدام عند انقباض العضلات وتكوين بروتينات العضلات من الأحماض الأمينية في البلازما، وتقدر العضلات بحوإلى ٥٠% من كتلة الجسم وبالتالى يمثل مخزون بروتين مناسب ممكن استخدامه لامداد البلازما بالأحماض الأمينية خاصة عند حالة النقص الغذائي.

الليبيدات Lipids ينتج من الهضم مونواكيل جليسرولات monoacylglycerols والأحماض الدهنية، وهذه يعاد اتحادها في خلايا الامعاء الدقيقة مع البروتين وتفرز أساسا إلى النظام الليمفاوى Lymphatic system وإلى الدورة الدموية كليبوبروتين يعرف بـ chylomicron. جميع hydrophobic ونواتج الهضم الذائبة في الدهون (مثل الكوليسترول) تنتج الليبوبروتينات التي تسهل نقلها بين الانسجة في ظروف مائية البلازما.



شكل رقم (٧٠)

وعلى غير الجلوكوز والأحماض الأمينية، لا تسحب من الكبد Chylomicron triacyl glycerol وتمثل بواسطة extrahepatic tissues لتوفير إنزيم Lipoprotein lipase والذى يحلل triacylglycerol وتنطلق وتتحرر الأحماض الدهنية التي ترتبط في ليبيدات الانسجة أو تتأكسد كوقود، والمصدر الرئيسى الاخرى للأحماض الدهنية ذات سلسلة كربونية طويلة تتكون من الكربوهيدرات (lipogenesis) وأساسا في الانسجة الضامة adipose tissue والكبد.

Adipos tissue triacyl glucerol هو احتياطى الوقود الأساسى في الجسم، ويعقب التحليل (Lipolysis) تتحرر الأحماض الدهنية إلى الدورة الدموية كأحماض دهنية حرة، ويتم سحبها بمعظم الانسجة (ليس المخ أو كرات الدم الحمراء) ويتم استرتها إلى acylglyserol أو اكسدتها كوقود رئيسى إلى CO_2.

يحدث مساران هامان في الكبد:

(١) Triacyl glycerol الزيادة من كلًا من Lipogenesis والأحماض

الدهنية الحرة، تفرز في الدورة الدموية كليبوبروتين قليل جدًا الكثافة Very low density lipoprotein (VLDL) وهذه Triacyl glycerol تصل لقدر مماثل للـ chylomicrons.

(٢) اكسدة جزيئة للأحماض الدهنية الحرة تؤدى إلى انتاج اجسام كيتونية (Ketogenesis). هذه الاجسام الكيتونية تنتقل extrahepatic tissues حيث تعمل كمصدر رئيسى آخر للوقود.

على المستوى تحت الخلوى – دورة الجليكوليسيس في السيتوسول ودورة حمض الستريك في الميتوكوندريا:

At the sub cellular level, glycolysis is found in the cytosol and the citiric acid cycle in the mitochondria:

معظم الخلايا تتخصص في تأثيراتها وتميل إلى تفسير المسارات التمثيلية وتنظيم المسارات الأخرى في الخلايا البرانشيمية في الكبد وتفسير خاص لموقعها الخلوى.

والـدور الـمركزى للميتوكوندريا Mitochonderia ظاهرة حيث تـعمل كـ The focus and crossroad of carbohydrate , lipid, and amino acid metabolism.

خاصة انها تسكن الانزيمات في دورة حمض الستريك في السلسلة التنفسية، ATP synthase، β-oxidation للأحماض الدهنية، انتاج الاجسام الكيتونية، بالاضافة إلى انها نقطة تجمع للهيكل الكربونى للأحماض الأمينية بعد نقل مجموعة الامين وتمد بهذه الهياكل لتكوين الأحماض الأمينية غير الأساسية. وتحدث دورة الجليكولسيس ودورة البنتوزفوسفات وتكوين الأحماض الدهنية في السيتوسول، ومن الملاحظ أن gluconeogensis حتى المواد مثل اللاكتات والبيروفات التي تنتج في السيتوسول لابد من دخولها الميتوكوندريا وتنتج اوكسالواسيتات قبل تحويلها إلى جلوكوز.

وتحتوى اغشية the endoplasmic reticum انظمة انزيمية لتكوين

acylglycerol والريبوسومات مسئولة عن تكوين البروتين. ومن المناسب أن نقل المركبات الوسطية التمثيلية بمختلف الاحجام والشحنات والذوبان خلال الأنسجة وتنفصل organelles تشمل ميكانيكية معقدة.

تدفق المركبات التمثيلية الوسطية في المسارات التمثيلية يجب تنظيمها بطريقة راسخة:

The flux of metabolites in metabolic pathways must be regulated in a concreted manner:

تنظيم التدفق الكلى the overall flux للمسارات التمثيلية غالبًا تختص بضبط واحد فقط أو ربما اثنين من التفاعلات key reaction في المسار ويحفز بواسطة انزيمات تنظيمية requlatory enzymes، والعوامل الفيزويفوكيماوية تضبط وتحكم معدل الإنزيم المحفز للتفاعل (مثل تركيز المادة) مهمة جدًا في ضبط المعدل الكلى للمسارات التمثيلية، ومع ذلك فان درجة الحرارة، درجة تركيز ايون الايدروجين pH، عوامل ممكن أن تؤثر على فعالية الإنزيم وتبقى ثابتة في الفقاريات ذات الدم الحار warm – blood vertebrates.

بعض المعادلات المستخدمة في تغذية الدواجن والاسماك

(١) الدواجن:

القيمة الغذائية:

- Chemical analysis, protein quality and metaboilzable energy

Force feeding assay was carried out for determination of AAAD and TAAD as well as AME, AMEn, TME and TMEn of PBPM. The method was performed according to Sibbald (1986) and McNab (1990; 1994) using 42 d old male chicks. Amino acid contents were determined at BASF AG, Germany using biochrom 20 Amino Acid Analyzed (Amershan Pharmcia, USA) based on the method described by Spackman et al., (1958). Methionine and Cystine were determined in samples oxidized with acid (Moore, 1963). Gross energy value was determined using an adiabatic bomb calorimeter (IKA-Calorimeter C4000).

The determination for AAAA and TAAA and AME, TME, AMEn, TMEn of rice bran were carried out employing the force-feeding assay according to the methods of Sibbald (1986) and mcNAB (1990; 1994).

Sibbald, I. R. (1986). The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, Feed composition data and bibliography. Animal Research Center Contribution 85-91, Research Branch, Agric. Canada. Attawa, Ontairo, Canda.

mcNAB, J. M., (1990). Apparent and true metabolisable energy of poultry diets. Pages 41-54 in: Feedstuff Evaluation, 1st edn. T. Wiseman and D. J. A. Cole, Eds, Butterworths, London, UK.

mcNAB, J. M., (1994).Amino acids digestibility and availability studies with poultry. Pages 185-203 in: Amino Acids in Farm Animal Nutrition, 1st edn., J. P. F. D`Mello Eds. CAB International Wallingford, Oxon, UK.

- 15-d old male chicks were randomly chosen to evaluate the

protein quality of PBPM, using TPE technique (Patrick and Schaible, 1981). Chicks were wing banded and fed a commercial starter diet contained 21% CP and 2950 kcal ME/kg diet during 1-14 d of age. Thereafter, chicks were randomly distributed into two isocaloric diets (2900 kcal/kg) containing 12% CP based on either SBM or PBPM as a sole protein supplement. Each diet was fed to four replicates of ten virds each. In this experiment as well as the next one, chicks were provided with free access to water and mash from of feed and kept under similar managerial and hygienic conditions in electrically heated brooding batteries. Birds were illuminated with 24 hr lighting schedule, Individual BW and feed intake/replicate were recorded during the experimental period from 15 to 35 d of age.

McNab, J. M. (1990). Apparent and true metabolisable energy of poultry diets. Pages 41-54 in: Feedstuff Evaluation, 1st edn. T. Wiseman and D.J.A. Cole, Eds, Butterworths, London, UK.

McNab, J. M. (1994). Amino acid digestibility and Availability Studies with poultry. Pages 185-203 in: Amino Acids in Farm Animal Nutrition 1st edn. J.P.F.D Mello Eds. CAB, International, Wallingford, Oxon, UK.

Moore, S. (1963). One the determination of cystine as cysteic acid. J. Biol. Chem., 235-238.

Patrick H. and P. J. Schaible (1981). Poultry: Feeds and Nutrition. 2nd Edn. Avi publishing company, Inc. Westport, Connecticut, USA.

- Nutritive values were calculated expressed as:

Total Digestible Nutrients (TDN) was calculated using 1, 2.25 and 1 factors for CP, EE and crude carbohydrates (CF and NFE), respectively.

Metabolizable Energy (ME Kcal/g) was calculated as 4.2 per gram TDN.

Titus, H.W. (1961): The scientific feeding of chickens. 5th

ED. Danvil, Illinois, U.S.A.

ME= Metabolizable Energy values were calculated according, on DM basis as follows:

ME (Kcal/Kg)= 35.3 x CP% + 79.5 x EE% + 40.6 x NFE + 199.

Carpenter K.J. and Clegg K. M. (1956): the metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. J. Sci. Food Agric., 7: 45-51.

- Proximate analysis of CGF, purchased from National Company for Maize Products was determined according to the methods of (AOAC, 1985). Amino acids profile was performed by ion-exchange chromatography (Spackman et al., 1958 and Spitzm, 1973). Metabolizable energy (ME) of the tested material was conducted by the method of Vorha et al., (1982) as follows:

ME = ME (Kcal/g) basal diet + ME (Kcal/g) tested diet – ME (Kcal/g) basal diet (g. tested material/ g tested diet)

A.O.A.C. (1985). Association of official analytical chemists (1985). Official method of analysis. 14th ed. Published by the A.O.A.C. Washington. D.C., USA.

Spackman, D. H.; Stein, W. H., and Moore, S. (1958). Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids Analyt. Chemist. 30:1190

Spitzm H. H. (1973). A new approach for sample preparation of protein hydrolyzates for amino acid analysis. Anal. Biochem. 56: 66-73.

Vorha, P.: chami, D. B., and Oyawoye (1982). Determination of metabolizable energy by fast method. Poultry Sci. 61:766-769.

- to evaluate the metabolizable energy (ME) value, Hubbard broiler chicks at seven weeks of age were used. The chicks were reared in individual metabolic cages which were located in centrally heated room. Five replicates were assigned to each of the four dietary treatments. The chicks were given water and diets ad libitum during three days pre-experimental period.

Feed intake was measured and excreta was collected over the following three days period. The excreta samples were dried and grinned. The samples of diets and excreta were assayed for gross energy using chemical method (O`shea and Maguire, 1962), also nitrogen was determined by the method of Kjeldahl (A.O.A.C., 1990). In addition, the samples were analyzed for their dry matter content. From the previous results recorded, the estimation was made on dry matter basis using the formula given by El-Lakany (1969).

- The metabolizable energy values (Kcal/g. dry diet) of the diets on a dry matter basis and coorected for nitrogen retention:

$$ME = GE - \frac{\text{(K cal / g. excreta) (g. excreta)}}{\text{g. dry diet consumed}} + 8.22^{*}\ \text{(g. N2 retened per g. dry diet consumed)}$$

* 8.22 is the energy in k cal/g. of uric acid nitrogen

- The nitrogen retained per gram diet consumed:

$$\text{g. N2 retained/ g. dry diet consumed} = \text{g. N/ g. diet} = \frac{\text{(g. N2/g. excreta) (g. excreta)}}{\text{g. dry diet}}$$

- The metabolizable energy values (K cal lg.) of the test ingredients (t. i.) on a dry matter basis.

$$\text{ME t, i.} = \text{ME (Kcal /g.) basal diet} + \frac{\text{ME (k cal/ g) tested diet} - \text{ME (K cal /g.) basal diet}}{\text{(g. tested ingredient / g. tested diet)}}$$

A.O.A.C., (1990). Association of Official Analytical Chemists"Official Methods of Analysis"15th Ed. Published by the AOAC. Washington. D.C.

El-Lakany S. (1969). Studies of the effects of different treatments on the metabolizable energy value of wheat. MSc. The Univ. of B.C.

O`shea and Maguire, (1962). Determination of caloritic value of feedstuffs by chromic acid oxidation. J. Sci. Food Agric. 13:530-533.

$$F1 = (3.56\ W + \Delta\ W + X\ E) / 100$$

Where:

F1 = calculated food / bird/day (g). W= mean live-weight of bird (g).

Δ W = Live-weight change/100 bird/day (g) X = average egg weight (g).

E = number of egg/100 birds/day.

To get the efficiency index (EI), the calculated food/day (g) was divided by the average of observed food consumption/hen/day (g) obtained from the experimental feeding records.

- Total protein efficiency (TPE): Assay of ingredient was evaluated according to the procedure described by Woodham et al., (1972), where 40 chicks 14-day old were divided into two groups with 4 replicates of 5 birds each using experimental diets.

TPE = Body Weight gain, g. / Total protein consumed, g.

Woodham, A.; S., Savi; B. J. Ayyash, and S. I. Gordon, (1972). Evaluation of barley as a source of protein for chichs. I I. Nutritional assessment of barley of differing variety and composition as complements to protein concentrates. J. Sci. of Agric. 23: 1055.

- Growth performance: Birds individual live body weight (LBW) and pen feed consumption (FC) were weekly recorded and morality was daily observed Body weight gain (BWG), feed conversion ratio (FCR), crude protein conversion (CPC) and caloric conversion ratio (CCR) were calculated. At the end of the study, economic studies of experimental treatment were estimated using two ways: 1) Economic efficiency (EEf) of the product which was calculated from the input-output analysis based upon the difference in both growth rate and feeding cost; 2) European productive efficiency factor (EPEF) which was calculated according to Kamar and Sami (1982) using the following formula:

$$EPEF = \frac{\left[\frac{AFLBW\ (kg) \times TFBWS\ (kg)}{SNC}\right]}{\left[\frac{AMA\ (days) \times TFC\ (kg)}{FNE}\right]} \times \left[\frac{10000}{2.2}\right]$$

Where:
EPEF = European Productive efficiency factor
AFLBW = Average final live body weight
TFBWS = Total final live body weight sold
SNC = Starter number of chicks
AMA = Average marketing age
TFC = Total feed consumption
FNC = Final number of chicks

$$\frac{1000}{2.2} = \text{Constant factor}$$

Kamar, G.A. and M.S. Sami (1982). Commercial broiler production. Recent book center, Kuwait. PP: 114-115. (Arabic text book).

- A total of 60 white single Comb Lohmann laying hen 80 wks of age were used. Bird were housed individually one per cage and were fed a comlete layer ration, ad libitum and allowed full access to water. Egg production was monitored to ensure that all hens were healthy and activity producing. After acclimation for 2 weeks the bird were exposed to the molting procedure. The hens were divided into 3 treatment groups with 2 birds per treatment: non molted control given full layer ration feed, group 2 hens fed on 90% alfalfa and 10% layer ration for 9 days (Kwon et al., 2001) while in the third group (Zinc molt

group) hens were fed on layer ration containing 20.000 ppm of zinc as zinc oxide for 9 days according to North and Bell (1990).

Hens were placed on an artificial lighting program of 8 hour L:16D during molt induction period (9 days) then returned to control layer ration and 16 h L: 8h D/d.

Feed intake was measured by weighing each diet prior to the start of molt and after the 9-days molt period. During molt, birds weights were monitored at 2, 5, 10 and 35 days.

At the end of the motl, 24 birds were slaughtered (8 birds from each group), and the ovaries, oviducts and spleens were excised and weighed and expressed as relative weight (% of B.W.). Egg production was measured daily (% of hen-day), whereas egg quality parameters were measured twice per week. Egg weight (recorded to the nearest..01g), egg length, yolk height and yolk diameter with a caliper and recorded to the yolk samples were collected before the induction of molting (premolt), and 5 and 10 days after relaying and at return to 50% egg production.

Determinate of NDV antibodies titer:

Serum samples from layers at 24, 28, 32, 36 and 40 wks of age and from posthatch chick were used for determination NDV antibodies liter, using methods described by (Liu, 1999), yolk samples at 28, 32, 36 and 40 wks of age were used for determination the same analysis.

Blood sampling:

All hens were bled via the wing vein, and 4 ml of blood was collected using a 5-ml syringe with a 23-gauge needle. Two ml of blood for each hen was centrifuged to separate serum which was collected and stored frozen until analysis, while heparin was added to the remaining 2 ml blood to be used for estimation of total leukocyte count and differential leukocyte count. Blood sampling was done on the 2nd , 5th , 10th and 35 days after molt induction and at the return to 50% of pre molt egg production.

Purification of IgY from egg yolk:

To extract immunoglobulin from the egg yolk, a chloroform-based method described by Polson (1990) was used. The egg yolk was taken out of the eggshell and placed in a clean Petri dish. The egg yolk membrane was washed with distilled water and then cut with the forceps. The yolk was allowed to run into a measuring cylinder, and its volume was noted. Twice the volume of phosphate buffer saline (PBS) was added, and the contents were mixed thoroughly by shaking. Chloroform equal to the volume of egg yolk and PBS was then added, and the contents were mixed vigorously, which resulted in the production of a thick emulsion. The emulsion was then centrifuged at 300 rpm for 30 min at room temperature. After centrifugation, the mixture was separated into 3 distinct layers in the centrifuge tube: an orange-colored solution at the bottom a semisolid emulsion of yolk in chloroform in the middle, and a watery phase of chicken serum protein on top. The watery phase on the top containing the Ig was removed, aliquoted, and stored at -20°C until analysis.

Assay of serum and Yolk IgY

Serum and egg yolk IgY were determined by rapid enzyme immunoassay method according to Blais and Yamazaki (1991). A commercial ELISA kit was used and the instructions of the manufacturer were followed. Absorbance at 492 nm values was measured using an ELEISA plate reader. Results were expressed as the ratio between the optical density (OD) generated by the serum or yolk sample being tested (S) and the OD in a well containing a positive-control sample (P). values were expressed in mg/ml sample.

Statistical analysis: Data were analyzed using the GLM procedure of SAS software (2001). Differences in parameters among treatment groups, when significant, where compared using Duncan`s multiple range test (Duncan, 1955).Kwon et al.,

2001

Blais, B.W. and Yamazaki, H. (1991). Rapid enzyme immunoassay of chicken egg yolk IgY. Immunol Invest 20(1). 83-88.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F. test. Biometrics. 11: 1-42.

Polson, A. (1990). Isolation of IgY from the yolks of eggs by a chloroform polyethylene glycol procedure. Immunoil. Invest. 19,253-258.

SAS Institute. (2001). SAS/STAT User`s Guide: Statistics. Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Rectal Temperature (RT) and Respiration Rate (RR):

Nine birds were randomly taken from each group (3 birds / replicate / group) for measuring rectal temperature and respiration rate. These parameters were measured just before treatment period termination at 10 weeks of age. Rectal temperature was obtained gently by thermometer inserted into the cloaca and respiration rate by counting the body wall movement for one minute using stop watch and a counter.

Atmospheric ammonia:

Air ammonia (NH3) concentration inside the experimental pens were taken biweekly intervals by using NH3 detector tubes (Dragger Gas Detector). NH3 measurements were taken at approximately 2 cm above the litter and at the level of bird of bird in randomly three different locations at approximately the same time (10 am).

Serum samples were collected from each treatment every 4 wks intervals throughout the entire experimental period and stored at – 20 °C for analyses. At 39 wks, artificial insemination was applied, fertile eggs laid during the 40 wks of age, were collected to estimate egg fertility and hatchability percentages. Hatched chick were weight, and then serum samples were collected.

Semen characteristics:

At 44 wks of age semen was collected from 48 well trained cocks (1 cocks from each treatment) by massage method. Semen sample were examined for the following characteristics.

Ejaculate volume was measured to the nearest..01 ml by using graduated syringe.

Mass motility score (From 1 to 5 grades).

Sperm concentration was measured by hemocytometer in counting the sperm per cubic millimeter.

Live sperm. The differentiation of live from dead sperms was done by a buffered brom-phenol blue and nigrosine solution technic.

Semen pH was determined using comparative pH papers.

Semen color was also determined.

The previous characteristics were determined according to (Kalamah et al., 2000).

Kalamah, M.A.; El-Nadi, M.M.; Gohar, L.M. and Soliman, M.M. (2000). Some factors affecting fertility and hatchability using artificial insemination in Norfa chickens. 3rd All Africa Conference on Animal Agric. And 11th Conference of the Egyptian Society of Animal Production, Alex. Egypt, 6-9 November, 597-605.

Fertility and hatchability:

At 44 wks of age four cocks from each treatment were selected and confined with 40 hens (1 cock/10 hens) received the same corresponding treatment. Eggs produced by each experimental group were collected at 42. 43 and 44 wks of age. The eggs of each treatment were incubated of each treatment and hatched separately to determine fertility percent (number of fertile eggs/number of eggs set x 100) and hatchability percent (number of hatched chicks/number of total eggs set x 100).

Egg and shell quality:

At the end of experimental period, eggs were collected from each treatment to examine egg and shell quality measurements. Egg dimension (Length and width) were measured in mm to calculate egg shape index according to Romanoff and Romanoff (1949) using the following equation: Egg shape index = egg width (mm) / egg Length (mm) x 100

Yolk and albumen index were calculated according to Funk et al., (1958) as yolk and albumen height divided by yolk and albumen diameter, respectively. The weight of yolk was estimated after the separation of albumen while, albumen weight was calculated by subtracting the weight of yolk and shell from the egg weight. Albumen, yolk and shell percentages were calculated. The shell without membrane was weight and a micrometer measured its thickness.

Funk E.M., Fronig, G., Grottes, F.R anf Kinder, J. (1958). Quality of eggs laid by caged layer. World poultry Sci.J., 15:207.

- The present study was carried out at the poultry Research farm Hy-Line laying hens aged 60 weeks were randomly chosen from a large commercial flock. All hens were approximately of an equal body weight (Mean ± S.E) and similar performance. Birds were leg banded, and divided into three groups. Birds of the first group were fed ad-libitum and adding considered as control. The second group was force molted by adding 1% zinc oxide on diet for 14 days. While birds of the third group were force molted by feed restriction (25%) for 7 days, then fasting fore subsequent 7 days. When hens of second and third group completely ceased egg production, nine experimental groups of 100 hens each were formed and treated as the following table to detect the response of molted hens to the hormonal treatments investigated. All groups were housed in floor pens at a density of 5 hens/m2. All birds were reared under the same managerial and hygienic conditions and fed laying rations.

Bird were individually weighed at the beginning of the experiment at two weeks of molt treatments and at monthly intervals after molting up to the end of the experimental period which lasted sixteen weeks.

Experimental design and number of birds :(٩٠) جدول رقم

Molt induction methods	Post-molt hormonal treatments
Non molted (n=30)	Control
1% dietary zinc oxide for 14 days (n=120)	Injection with 1 ml distilled water (d.w.) for 6 days (n=30) Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) estradiol 17 β for 6 days (n=30) Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) indomethacin for 3 days followed by 10 mg Bromoriptine for 3 days (n=30) Injection with Human Chorionic Gonadotrophin (HCG) 50 IU for 6 days (n=30).
Feed restriction (25%) for 7 days followed by fasting for further 7 days (n=120)	Injection with 1 ml distilled water (d.w.) for 6 days (n=30) Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) estradiol 17 β for 6 days (n=30) Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) indomethacin for 3 days followed by 10 mg Bromoriptine for 3 days (n=30) Injection with Human Chorionic Gonadotrophin (HCG) 50 IU for 6 days (n=30).

Feed consumption and conversion, egg production, egg weight and egg mass were determined.

Heparinized blood samples were obtained from wing vein of four hens chosen randomly per each treatment for the determination of plasma Estrogen, Progesterone, T3 and T4 levels and T3/T4 ratio. Hormonal assays measured before molt, at the 2nd week of molt treatments and at 4, 8, and 12 weeks

after molt. Radioimmunoassay of plasma samples of tetraiodothyronine (T4), triiodothyronine (T3), estrogen (E2) and progesterone (P4) were carried out at the laboratories of endocrinology research unit. Radiobiology department, nuclear research center, Atomic Energy Authority. Tetraiodothironine (T4) Radioimmunoassay (RIA) was estimated according to EL-Banna et al., 1992 a and b.

Plasma progesterone (P4) Radioimmunossay was estimated according to El-Banna and Gamal (1986), and plasma estradiol (E2) Radioimmunoassay was estimated according to EL-Banna et al., (1988).

All data were analyzed using the general linear model procedure (GLM) of SAS program (1996) according to the following model:

Where:

Yμ = the observation of the Jth individual in the ith treatment: μ = the overall mean; T1 = The effect of the ith treatment; e ij = the random error.

Test of significance for differences were done using Duncan (1955) multiple comparison option in SAS

Duncan, D. B., (1955). Multiple range and multiple F test. Biometrics, 33:1-42.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H. A., Ragab, M. T. and Barakat, M. (1992a). Productionof specific thyroxine antiserum for radioimmunoassay using drevatized immunogen. Isotope and Rad. Res. 24(1): 15-2.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H. A., Ragab, M. T. and Barakat, M. (1992b). A provision radio iodination technique for the production of Ta-1 and T4-125 for sensitive radioimmunoassay. Isotope and Res. In press.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H A. and Gamalo, M. H. (1988). An improved method for estradiol-17B radioimmunoassay. Isotope and Rad. Res, 20 (2): 141-144.

ElBanna, I. M. and Gamal, M. H. (1986), Miniature system for progesterone radioimmunoassay: Economy versus sensitivity and precision. Alex. J. Agric. Res. 31(3): 101-113.

SAS (1996). SAS Procedure Guide."Version 6.12 Ed". Institute Inc., Cary, N.C. USA.

- A total of 1600 hatching egg from both strains were used for detection hatching traits, besides eighty eggs were used for minerals determination in shell membranes of fertile and infertile eggs. Eggs were incubated in forced draft-type incubator (Egyptian made) at 99.5 °F temperature and 55% relative humidity in the setter and 98.6°F temperature and 5% relative humidity in hatcher unit. All eggs were individually weight before setting in the incubator as zero time and then they were weight again on, 5th, 18th and at first time of pipping to obtain egg weight loss percentages.

Egg weight loss percentage was calculated for each egg within a certain incubation interval as a percentage of the initial egg weight as follow:

$$\text{Egge weight loss\%} = \left[\frac{\text{Weight of egg on a certain day of incubation period}}{\text{Initial egg weight}} \right] \text{x}100$$

Egg that failed to hatch a [1 the end of incubation and having full opportunity were broken out and then examined macroscopically to estimate the embryonic development and assigned to their time of death during the intervals (0-5), (5-18), (18-pipping), (0-18), and (0-Pipping) days. Fertility was calculated as the percentage of fertile egg from total setting eggs. Hatchability was calculated as the perecentage of sound chicks that hatched from either total or fertile eggs.

Mineral concentration (ca, Mg, Na and K) of fertile and infertile eggs were detected on zero, 5th, 18th days and at the for both chicken strains egg. Eggs were first signs of pipping

randomly selected from both fertile and infertile eggs for each mentioned incubation date. The inner eggshell membrane and part of the outer shell membrane, which may have adhered to the inner membrane, were removed from the eggs and then washed three times in deionized water, and dried as described by Tranter et al., (1983). The dried membranes were weight to the nearest..01mg and wet-ashed in 8 ml of in hydrochloric acid plus 12 ml of methanol for 4 days at room temperature. An aliquot of the resulting mineral solution was placed in a..5 lanthanum chloride solution in deionized water. The aliquot was diluted appropriately to determine Ca, Mg, Na and K concentration using atomatic-absorption sepectrophotometry (Solar, AA series, thermo Elemental). The relative mineral concentration of each eggshell membrane was computed by dividing the observed concentration of each mineral by the dried membrane weight (milligrams of mineral per gram of dried membrane weight).

Tranter, H.S; Sparks, N.H.C.. and Board, R.G. (1983). Change in structure of the limiting membrane and in oxygen permeability of the chicken egg integument during incubation. Br. Poutl Sci. 24: 537-547.

- egg quality measurements were performed at 43, 51 and 59 weeks of age on egg produced through three days, where three fresh eggs per replicate were randomly collected. Shape and yolk index were determined according to Romanoff and Romanoff (1949). Egg shell thickness was measured using a micrometer to the nearest..01 mm at the equator. Egg yolk visual color score was determined by matching the yolk with one of the 15 bands of the 1961, Roche Improved yolk color fan. Shell weight per unit of surface area (SWUSA) was then calculated according to the equation of Carter (1975). SWUSA (mg/cm2) = (SW"mg"x 1000)/SA"cm2"surface area (SA) was calculated by the equation of Nordstrom and Ousterthout (1982) as follow: SA (cm2) = 2.978 x (fresh egg weight0.7056).

Yolk total lipid and cholesterol were determined by using commercial hits according to the method of Fisher and Leveille (1957) and Allain et al., (1974). Fatty acids of yolk carried out by gass liquid chromatography (GLC) according to the procedure of Radwan (1978).

Allain, C. C,; Poon, L. S. and Richmond, W. (1974). Fu P.C. Clin Chem., 20:470.

Carter, T. C., (1975). Estimation of shell area and egg volume using measurements of frech egg weight and shell length and breadth alone or in combination. Br. Poult. Sci., 1:514-543.

Fisher, H. and Leveille, G. A. (1957). Observations on the cholesterol, linoleic and linolenic acid content of eggs as influenced by dietary fats. J. Nutrition 63:119-129.

Nordstrom, J. O., and L. W. Ousterhout (1982). Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg specific gravity and egg weight. Poult. Sci., 61: 1991-1995.

Romanoff, A. L. and Romanoff, A. L. (1949). The avian egg. John Wiley and Sons. Inc New York.

Radwanm S. S. (1978). Coupling of two-dimensional thin layer chromatography with gas chromatography for the quantative analysis of lipids classes and their constituent fatty acids. J. Chromatog. Sci. 16: 538-542.

Woodham, A.; S., Savi; B. J. Ayyash, and S. I. Gordon, (1972), Evaluation of barley as a source of protein for chicks. II. Nutritional assessment of barley of differing variety and composition as complements to protein concentrates. J. Sci of Agric. 23::1055.

Egg traits and quality

Eggs were daily collected and weight. Averages of egg number (EN)m egg weight (EW), egg mass (EM) and feed conversion ratio (FCR) per EM were weekly calculated per each replicate for a 90-day laying period. Egg quality was assessed on 5 eggs collected per replicate during 3 days at the end of the 90-

day period. Egg shape index (ESI) was determined according to Stadleman (1977). Eggs were broken out and the liquid content were put a side and shell plus membranes washed to remove adhering albumen. After drying. Shell weight % measured. Shell thickness (STh) was measured by using a micrometer as an average of 3 points (top, medial and base). Egg analysis including albumin protein %, yolk protein % yolk protein %, ether extract % and cholesterol (mg/gm yolk) were performed according to Washburn and Nix (1974).

Stadleman, W. J. (1977). Quality identification of shell egg in: Egg Science and Technology. 2nd Ed by W. J. Stadleman and O. J. Cotterill pub by AVI publishing company Inc. Connecticut USA.

Washburn, K.W. and D.F. Nix (1974). A rapid technical for extraction of yolk cholesterol. Poult. Sci. 53: 1118-1122.

Performance traits:

Egg production (number and weight) was recorded daily per replicate. Within each replicate weekly feed intake was determined and feed conversion (feed:egg) was then calculated.

Egg and shell quality:

At the end of experimental period, six eggs were collected from each treatment to examine egg and shell quality measurements.

Egg dimension (length and width) were measured in mm to calculate egg shape index according to Romanoff and Romanoff (1949) using the following equation:

Egg shape index = egg width (mm) / egg length (mm) x 100

Yolk and albumen index were calculated according to Funk et al., (1958) as yolk and albumen height divided yolk and albumen height divided by yolk and albumen diameter, respectively. The weight of yolk was calculated after the separation of albumen while, albumen weight was calculated by subtracting the weight of yolk and shell from the egg weight.

Albumen, yolk and shell percentages were also calculated. The shell without membrane was weighed and a micrometer also calculated. The shell without membrane was weight and a micrometer measured its thickness.

Economic efficiency:

Economical efficiency of eggs production was calculated from input-output analysis which was calculated according to the prices of the experimental diets and egg produced during the year of 2008. The values of economical efficiency were calculated as follows:

$$\text{Economic efficiency (EE)} = \frac{\text{Net revenue (LE)}}{\text{Total feed cost (LE)}}$$

Romanoff, A.L. and Romanoff A.J. (1949). The avian egg. John Wiley and cons, In., N.Y.

Funk E. M., Fronig, G, Grottes, F.R. and Kinder, J. (1958). Quality of eggs laid by caged layers. World poultry Sci. J., 15:207.

النمو والأداء الانتاجى Performance:

- Performance index (PI) PI = [live body weight (kg) / feed conversion ratio] x 100

Production efficiency factor (PEF)

PEF=[Livability x Mass (kg) /FCR x Age in days] x 100

Where: Livability = 100 – Mortality rate (%)

Mass (kg) = Final live body weight.

North, M.O. (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition, Av., Publishing company I.N.C. West post. Connecticut, USA.

Feed conversion ratio (FCR):

$$FCR = \frac{\text{Average FC (g)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

Crude protein conversion (CPC):

$$CPC = \frac{\text{CP cons. (g)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

Caloric conversion ratio (CCR):

$$CCR = \frac{\text{ME cons. (Kcal)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

European productive efficiency factor (EPEF):

$$EPEF = \frac{\dfrac{\text{AFLBW (kg) x TFBWS (kg)}}{\text{SNC}}}{\dfrac{\text{AMA (days) x TFC (kg)}}{\text{FNC}}} \times \frac{10000}{2.2}$$

Where: EPEF = European productive efficiency factor
AFLBW (kg) = Average final live body weight
TFBWS (kg) = Total final live body weight sold
SNC = Starter number of chicks
AMA (days) = Average marketing age

TFC (kg) = Total feed consumption
FNC = Final number of chicks
10000 = Constant factor

—
2.2

Kamar, G.A. and M.S. Sami (1982): Commercial broiler production. Recent book center, Kuwait. PP:114-115. (Arabic text book).

Urinary organic matter (UOM) = Urinary N x 2.62

The percentage of urinary organic matter in the feces was added to the sum of the other components (fecal CP% + EE% + CF% + Ash%) to calculate the fraction of NFE by difference.

NFE% = 100 – (Fecal CP% + EE% + CF% + Ash% + UOM%)

Jakobson, D.E.; S.K. Gertovey and H. Nielson (1960): Digestibilty trails with poultry. Husdryrbugsudvaly- Kobengaven. 56: 1-34.

Abou Raya, A.K. and A.G. Galal (1971): Evaluation of poultry feeds in digestion trials with reference to some factors involved. A.R.E, J. Anim. Prod., 11(1): 207-221.

عام ٢٠٠١:

مصر تنتج ٣٤٢ مليون بداري تسمين.

٣٣ مليون دجاجة بياض.

٧٤٩,٦٣٤ طن زرق سنويًا.

بمعدل ١,٢٢٧ كجم زرق جاف / دجاجة تسمين.

١٠ كجم زرق جاف / دجاج بياض.

الفوسفور ٢,٧١% في الزرق.

الفوسفور ٢٠,٠٠٠ الف طن سنويًا.

تكلفة ذبح الدجاجة في مجزر ٣ آلاف طائر / ساعة:

	القيمة بالألف جنيه
أجور	٩٢
كهرباء	١٠٠
سولار	٣٠
اهلاك	٥٠
تعبئة وتغليف	١٥
	ــــ
اجمالي	٢٨٧ ألف جنيه

تكلفة ذبح الدجاجة = (٢٨٧ ألف جنيه) / (٣٠٠٠ طائر/ساعة × ٧ ساعة × ٣٠ يوم) = ٤٥,٥ قرش/الطائر.

ملحوظة: هذه الأسعار خاصة عام ٢٠٠١

اختبارات الذبح Slaughter test:

- At the end of the experiment birds of each treatment, representing the average group weight, were slaughtered in a horizontal position to reduce the antiperistalsis movement to the intestinal segments and regurgitation of the food.

The gut was clumped with artery forceps at the end of oesophagus, proventriculus, (Stomach) jejunum, gizzard, duodenum and ileum, then the contents of the stomach, duodenum and jejunum were separately collected, weight and kept in equal volumes of buffer saline solution. The contents were then individually centrifuged (6000 rpm for 10 min) and the supernatant fluids were decanted and used for the

determination of some digestive enzymes activity. Amylase activity was determined by using the method described by Pinchasov and Noy. (1994) lipase activity according to Skalan, et al., (1975) and both Trypsine and Chemotrypsin according to Skalan, and Helevy (1985).

Pinchasov, Y. and Y. Noy (1994). Early postnatal amylolysis in the gastrointestinal tract of turkey poults. Comp. Biochem. Physiol., 106: 221-225.

Skalan, D. S. Hurwitz, P. Budowski, and I, Ascarelli (1975). Fat digestion and absorption in chicks fed raw or heated soybean meal. J. Nutr., 105: 57-63.

Skalan, D. and O. Helevy (1985). Protein digestion and absorption along the ovine gastrointestinal tract. J. Dairy Sci., 68: 1678-1681.

تقدير جودة اللحم والماء المنفصل:

- Meat tenderness and water holding capacity (WHC) were determined according to the method of volovinskaia and Kelman (1962). Color intensity, as measured by optical density of meat, was determined colorimetrically according to the methods of Husani et al., (1950). While, pH value was measured by pH meter as described by Aitken et al., (1962).

تحليل الدم:

- Blood samples were collected from the ten slaughtered birds in nonheparinized tubes. The blood samples were centrifuged at 3000 rpm for 15 min. and serum obtained was stored at -20ºC unit analysis. Serum total protein, albumin total lipids, total cholesterol, uric acid, creatinine. Aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and minerals (calcium and phosphorous) were determined calorimetrically by using available commercial kits purchased from Diamond Diagnostics company. The globulin values were calculated by subtracting the values of albumin from the

corresponding values of total protein. Serum concentration of triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) were determined using commercial enzyme immunoassay test kit purchased from taytec Incorporation (7278 Aldercrest Dr., Mississauga, No. L5N 7N8, Canada).

- Blood sample were collected at 98 d of age from four birds as two of each gender in heparinzed tube and plasma was separated by centrifugation at 3000 rpm for 10 minutes and stored at -18^{o}C until analysis Concentration of plasma total protein (Weichselbaum, 1946; Henry et al., 1974), albumin (Doumas et al, 1977) total lipids (Chabrol and Charonnat, 1973), triglycerides (Jacobs and Van Den Mark, 1960; Trinder, 1969), total cholesterol (Waston, 1960), AST and ALT (Retiman, and Frankel, 1957), Calcium (Sendroy; 1944), phosphorous (Gomorri, 1942) were estimated. Whilst plasma globulin was calculated by subtracting albumin from total protein.

Volovinskaia and Kelman (1962).

Husani. S. A.; F. B. Deartherage and L. E. Kunlkle (1950). Studies on meat. 11. Observations on relation of biochemical factors to change in tenderness. Feed Technology 4: 366-369.

Aitken, A; J. C. Casey; I.F Penny and C. A. Volys (1962). Effect of during temperature in the accelerated freeze drying of pork. J. Feed Sci., 13:439.

Jakobsen. P.E.; K. Gertov and S.H. Nilsen (1960). Frdjelighed frogmed fierbrae."Digestibility trails with poultry"Bereting fra for sogslaboriet, Kabenhaven, 56:1-34.

Weichselbaum, T. E. (1946). Methods for determination of total protein in serum blood. America J. Clinical Pathological 16:40.

Henry, R. J.; D. C. Cannon and J. W. Winkelman (1974). Clinical Chemistry. Principles and Techniques. 2nd ed. Harper and Row.

Doumas, B. T.; D. Waston and H.G. Biggs (1977). Albumin

standards and the measurement of blood albumin with bromocrisol green. Chem. Acta., 31:87.

Chabrol, E. and R. Charonnat (1973). Determination of total lipids. Press Medical, 45: 1713-1720.

Jacobs, N. L. and P. J. Van Den Mark (1960). Archive Biochemistry Biophysiology, 88: 250-255.

Trinder, P. (1969). Annals clinical Biochemistry. 6:24-27.

Waston, D. (1960). Determination of cholesterol in blood. Chemistry Acta, 5: 637.

Retiman, S. and S. Frankel (1957). Calorimetric method for the determination of blood, aminotransferase enzymatic activities. AM. J. Clin. Pathol. 25:56-63.

Sendroy, J. Jr. (1944). Determination of Calcium in Plasms. J. Biological Chemistry, 152:539.

Gomorri, G. (1942). Determination of inorganic phopsphorus in plasma. J. Laboratory Clinical Meolical, 27: 955.

- Serum total protein was determined according to Biuret method (Henery 1964), albumin according to Doumas et al., (1971). Serum globulin was calculated by subtracting albumin from total protein. Serum total lipids was determined according to Knight et al. (1972) and total cholesterol accoding to Watson (1960). Fatty acids were analyzed in oils and egg yolk lipid samples according to Metcalfe et al. (1961) Using gas-liquid chromatography technique.

Henery R. J. (1964). A calorimetric method for the determination of the total protein. Clinical chemical Harper and row Publisher New York, 1946.

Knight, J.; A. Andersonis and J. M. Rawal (1972). Chemical basis of the sula-phosphate vanillin reaction for estimating totasl serum lipid. J. Biol. Chem., 226-497.

Doumas, B., W. Waston, and H. Biggs, (1971). Albumin standard and measurements of serum albumin with bromocresol green. Clin. Chem. Acta., 31:87-88.

Watson D.(1960).A simple methods for the determination of serum cholesterol.Clinical Chemical,5: 637.

Metcalfe, L. D., A. Smitz and Pelka (1961). The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatography. Ann. Chem., 33: 363-364.

الكفاءة الاقتصادية:

- The economical efficiency (EEf):EEf=A-B/B x 100.

where A is selling cost of obtained gain (LE per kg) and B is the feeding cost of this gain.

The performance index (PI)

PI= Live body Weight (kg) x 100/Feed conversion.

North, M.O. (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition, Av., Publishing company I.N.C. West post. Connecticut, USA.

(٢) الأرانب:

انتاج اللبن:

- In recent years there is a noticeable improvement of the litter size as a result of genetic selection of commercial strains. However, these strains present a high mortality of litters because of low viability during first days of life, which may be due to deficient thermoregulation or to an insufficient milk production (Pascual et al., 1999). During lactation period, milk yield of does determines the viability and growth of litters because they almost depend on the maternal milk only during the first 21 days of age (Kowalska and Bielanski, 2004). Moreover, the intensification of reproduction becomes widespread (mating from 1 to 11 days after parturtition), which put more stress on the pregnant and lactating does. In this case, nutrient requirements of reproductive does are very high and voluntary feed intake is often insufficient to supply fetal growth and milk production (FortunLamoth, 1977 and Xiccato et al., 2002), especially under the hot temperature.

- Numerous works tried to increase milk yield by using concentrated energetic diets, based on increasing the carbohydrate content regardless of the maximal level of starch or minimal level of dietary fiber, which caused an increase in digestive disorders especially in rabbits (Blas and Gidenne, 1998). Previous experiments have shown that fat supplementation in growing rabbit does decreased feed intake, improve DE intake and feed conversion rate, with no significant effect on growth rate (Fernandez and Fraga, 1996 and Bhatt and Swain, 2003). The addition of high fat level in diets of rabbit does resulted in significant increased milk yield, litters weight gain at weaning and significantly decreased mortality of suckling pups (Pascual et al., 1999; Fernandez et al., 2000 and Kowalska and Bielanski, 2004).

Pascual, J. J.; Cervera, C.; Blas, E. and Fernandez-carmona, J. (1999). Effect of high fat diets on the performance, milk yield and milk composition of multiparous rabbit does. Anim. Sci., 68: 151-162.

Kowalska, D. and Bielanski, P. (2004). Effect of supplemental dietary fat for rabbits on milk composition and rearing performance of young rabbits. Proc. Of 8 the World Rabbit Congress, Puebla Mexico, pp. 869-873.

Fortun-Lamoth, L. (1977). Effects of dietary fat on reproductive performance of rabbit does. World Rabbit Sci., 5(1): 33-38.

Xiccato, G.; Trocino, A.; Sartori, A. and Queaque, P. I. (2002). Effect of dietary starch level and source on performance, caecal fermentation and meat quality in growing rabbits. World Rabbit Science, 10 (4): 147-157.

Blas, E. and Gidenne, T. (1998). Digestion of starch and sugars. In: The Nutrition of the Rabbit. (Edit. De Blas, J.C. and Wiseman, J.), CABI, Wallingford, pp. 17-38.

Fernandez-Carmona, J. and Fraga, M. J. (1996). The effect

of dietary fat inclusion on growth carcass characteristics and chemical composition of rabbits. J. Anim. Sci. 74: 2088-2094.

Bhatt, R. S. and Swain, N. (2003). Effect of graded level of fat supplementation on the growth performance in the rabbits. World Rabbit Sci., 11(1): 33-40.

Fernandez-Carmona, J.; Pascual, J. J. and Cervera, C. (2000). The use of fat in rabbit diets. Pro. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain. 29-59.

- Lactating rabbit does (five per diet) were selected at random and used to measure milk production and milk composition, rabbit does were separated from their pups after parturition. Litter size of eight pups was kept constant throughout lactation and dead pups were replaced daily by pups of a similar weight and age provided from nurse does. Milk production was estimated daily from weight loss of rabbit does during suckling. Suckling took place once a day, (around.9.00) in the nest box, for a short period (8 to 10 min). Feed intake of rabbit does was recorded daily and the weight of litters was measured weekly. Litters were weaned at 30 days of age.

- Milk samples were used to determine the effect of fat level on composition of milk and were taken at 7th , 4th , 21st and 28th day of lactation. Pups were separated from their mothers to prevent suckling for a period of 24 hours before samples collection in the morning. Each doe was injected intravenously with 5ml oxytocin to enhance maximum contraction of myoepith cells and milk was collected manually by gently massaging the mammary glands. The milk samples (30 to 40 ml per doe) were obtained from all mammary glands and stored at -20°C until analysis.

القيمة الهضمية والغذائية:

- Apparent nutrient digestibility was determined on control, pregnant (from 23 to 28 days of gestation) and on lactating (from 16 to 21 day of lactation) rabbit does, rabbit does of each

group (six per diet) were allowed at random to the diets. Animals were housed in metabolic cages that allowed separation of faeces and urine. Faeces produced daily were collected in polyethylene bags and stored at -20°C (Perez et al., 1995) for five consecutive days according to the European reference method for rabbit digestion trials.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3: 41-43.

The total digestible nutrients (TDN)

TDN= DCP+DCF+DNFE+(DEEx2.25)

Where: DCP = Digestible Crude protein, DCF= Digestible crude Fiber, DNFE= Digestible NFE. DEE= Digestible Ether Extract,

Cheeke, P. R., N.M. Patton and G.S. Tempelton (1982). Rabbit production. 5th.

- The digestible energy (DE) = DE (Kcal/Kg)=4253-32.6 (CF%)-144.4 (Total ash%).

Fekete and Gippert (1986). Digestibility and nutritive value of nineteen important feedstuffs for rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 9 (3): 103-108.

- Nutrient digestion coefficient and nutritive values in terms of total digestible nutrients (TDN), digestible crude protein (DCP) and digestible energy (DE) were calculated as described by Perez et al., (1995).

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha;

Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3: 41-43.

- Caecotroply trial:

At the end of the experimental (14 weeks), soft (SF) and hard (HF) feces excretion were determined using nine caecotrophy trials (six rabbits in each trial). Plastic neck collars were used to percent coprophagy. Soft and hard feces were collected according to the methods described by Carabano et al., (1989). The daily feed intake was recorded after deducing the scattered amounts.

Carabano, R.; Fraga, M. J. and De-Blas, J. C. (1989). Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive performance of fattening rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 12: 201-204.

Soft and hard feaces of each rabbit were collected every day for three days and the samples of daily faeces (20%) of each rabbit were taken for chemical analysis. The daily faeces samples collected were sprayed with 1% boric acid solution to prevent ammonia losses during drying. Feaces samples were dried at 60-70 °C for 48h. the dried feaces observed from each rabbits during the collection period was weighted, mixed, ground and kept until analysis.

- At 56 d of age, as well as at 98 d of age, a digestibility trials were conducted using total collection method in which excreta was quantitatively collected each 12 hr for three successive days. Fecal nitrogen was separated following the method of Jakobsen et al., (1960).

Chemical analysis was carried out for diets, soft and hard faces, caecal content meat samples according to methods of AOAC (1995) for ash, DM, CP, CF and EE. Gross energy was determined in an adiabatic bomb calorimeter. Digestibility coefficients and nutritive values of nutrients in terms of total

digestible nutrient (TDN), digestible crude protein (DCP) and digestible energy (DE) were calculated as described by Perez et al., (1995). Relative contribution of soft faeces to dry matter and crude protein intake were calculated according to Fraga et al., (1991) as follows:

(١) المساهمة النسبية للروث الناعم الطرى في كمية المادة الجافة المأكولة

Relative contribution of soft faeces to DM intake

$$\frac{\text{(افراز المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم)}}{\text{(المادة الجافة المأكولة جم / يوم + افراز المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم)}} \times ١٠٠$$

$$\frac{\text{(soft faeces excretion , g DM/day)}}{\text{(feed intake, g DM/day + soft faeces excretion, g DM/day)}} \text{ X } 100$$

Fraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabafio, R. M. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbits. J. Anim. Sci, 69: 1566-1574.

(٢) المساهمة النسبية للروث الطرى في كمية البروتين الخام المأكولة

Relative contribution of soft faeces to CP intake

$$\frac{\text{(افراز البروتين الخام للروث الطرى جم / اليوم)}}{\text{(بروتين خام مأكول جم / يوم + افراز البروتين الخام للروث الطرى جم / اليوم)}} \times ١٠٠$$

$$\frac{\text{(CP excretion in soft faeces , g / day)}}{\text{CP ingested in feed , g DM/day + CP excretion in soft}} \text{ X } 100$$

faeces, g /dayFraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabafio, R. M. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbits. J. Anim. Sci, 69: 1566-1574.

(٣) معدل دورة امتلاء وتفريغ الأعور: Caecal turnover rate

$$\frac{\text{كمية المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم}}{\text{محتوى الأعور من المادة الجافة بالجرام}} \times ١٠٠$$

$$\frac{\text{soft faeces production (g DM/ d)}}{\text{Caecal content (g DM)}} \times 100$$

Garcia, J.; De Blas, J, C.; Carbanor, R. and Garcia, P. (1995). Effect of type of luceme on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. Reprod. Nutr. Decelopment, 35:267-275.

Carabans, R, Fraga, M. J., Santoma, G, and DeBlas, J. C. (2011). J. Animal Sci. October, 3. WWW.asas.org.

(٤) دليل الحرارة – الرطوبة: The temperature – humidity index

THI = db°F – (0.55 –.055 R#) (db°F – 58)

db°F = Dry Bulb Temperature in Fahrenheit

RH = Relative humidity (RH % / 100)

The THI value were classified as follow:

Iess than 82 = Absence of heat stress.

82 to < 84 = Moderate heat stress.

84 to < 86 = Severe heat stress.

Over 86 = very severe stress.

Live stock and Poultry Heat Stress Indices Agricultural

Engineering Technology Guide Clemson University. Clemson, Sc 29634 , USA.

(٥) معدل النمو :Growth rate (GR)

- Growth rate (GR) = FBW – IBW /..5 (FBW + IBW) X 100

معدل نمو= وزن الجسم النهائى – وزن الجسم في البداية / ٠,٥× (وزن الجسم النهائى + وزن الجسم في بداية) × ١٠٠

(٦) دليل الآداء The performance index (PI) :

- The performance index (PI) = (Live body weight (kg) / feed conversion) x 100

North, M.O., (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition; AV, Publishing company I.N.C., West post Connecticut, USA.

دليل الآداء = وزن الجسم الحى (كجم) / الكفاءة الغذائية (معدل التحويل الغذائي) × ١٠٠

٧) معامل كفاءة الانتاج :The production efficiency factor (PEF)

- The production efficiency factor (PEF) =
(Livability (%) x mass (kg) / FCR x Age in days) x 100

معامل كفاءة الانتاج [(١٠٠ – معدل النفوق %) × الجسم الحى النهائى (كجم) / معدل التحويل الغذائي × عدد الايام)×١٠٠]

Emmert, J. (2000). Efficiency of phytase feeding in broiler. Proceeding, Califonia Animal Nutrition conference, May 10-11. Fresno, California, U.S.A.

(٨) القيمة النشوية – معادل النشا The starch value (SV) :

- The starch value (SV) was calculated according to Abou – Raya (1969):

SV = Digestible CP % x..85 + digestible EE% x 2.24 +digestible CF% + digestible NFE %.

Abou-Raya, A.K., Raafat, M.A., Hathout, M.K., and Khafagi, E.A. (1969). Methods of evaluating clover hay Trifolium Alexandrinum from different localities, I: The nutritive analysis and feeding value as TDN and SV. Agric. Res. Rev., Cairo, 47(6): 116-130.

(٩) الطاقة المهضومة DE :

- DE was calculated according to cheeke (1987)

DE, Kcal/g = 4.36 –0.0491 x NDF %

NDF % = 28.92 +0.657 x CF %

(١٠) الطاقة القابلة للتمثيل ME:

- ME (Kcal / Kg DM) = 239 (0.588 +0.164 X)

X = Dry matter digestion coefficient of the diet.

Ceeke, P. R. Patton, N.N. and Templeton, G. S. (1987). Rabbit production. The Institute Printers & Publishers, Danville, Illiois, USA. (First edition).

الاجترار الكاذب في الارانب Coprophage :

كلمة Coprophage أو Pseudorumination هي يونانية من مقطعين (Kopros الروث) و (Phago اكل) والأرنب له قدرة على تشكيل البراز بشكل خاص والذى يأخذه مباشرة من الشرج وظاهرة Coprophagy لها دورًا هامًا في الجهاز الهضمى وهو سلوك طبيعى عند الارانب يقوم فيه بانتاج كرات تشبه الزبل ولكن طرية وينتجها بالليل بعد حوالى ست ساعات بعد آخر وجبه، وتبقى على حالها عدة ساعات قبل أن تلين أو تتفكك تدريجيًا ويتغذى عليها وهي مواد غنية بمجموعة فيتامين B وتنتجها الميكلوفلورا الموجودة في الاحشاء الخلفية.

عمليات الهضم في الارانب Digestive Processes in the Rabbit:

الارانب من الحيوانات الوحيدة المعدة آكلة العشب ذات معدة بسيطة وامعاء خلفية متضخمة (الاعور والقولون) وقد كان يظن أن الاعور يشبه في عمله كرش الحيونات المجترة، الا أن يظن هذا ليس صحيحًا، وان وجد بعض التشابه بينهما، ففي المجترات لا توجد الحاجة للأحماض الأمينية الأساسية في الغذاء لان بكتريا الكرش تقوم بتخليقها، اما في الارانب فان البروتين البكتيرى المتكون في الامعاء الخلفية لا يسهم كثيرًا في سد حاجة الارانب من البروتين، وبالتالى فهو يعتمد على وجود الأحماض الأمينية الأساسية في الغذاء.

وتستطيع الابقار هضم الأغذية ذات الألياف العالية لان بكتريا الكرش تفرز إنزيم السليوليز الذى يكسر السليلوز بينما لا تهضم الارانب الألياف بكفاءة، وفي الواقع فان هضم الألياف في الارانب اقل من معظم الحيوانات الأخرى وحيدة المعدة، مثل الفئران، وتتشابه الارانب والمجترات في خاصية واحدة متعلقه ببكتريا الامعاء، فالبكتريا الموجودة في الكرش وتلك الموجودة في الامعاء الخلفية للارانب يمكنها تكون كميات مناسبة من فيتامين B، كما أن كلًا من الحيوانات المجترة والارانب تحتاج في متطلباتها الغذائية إلى فيتامينات A, D, K اما غيرها من الفيتامينات فتكونها البكتريا بكميات كافية.

بعد تناول الارانب لغذائها واجراء عمليات المضغ والترطيب بخلطة باللعاب تتم عليمة بلع الغذاء حيث يصل إلى المعدة ذات الوسط الحامضى بفعل حامض الايدروكلوريك المفرز من الغدد المعدية، تبدأ عملية هضم هذا الغذاء بفعل تأثير العصارة المعدية والتى تفرز من غدد خاصة في المعدة بعد فترة من وجود الغذاء في المعدة تبدأ عضلات المعدة في الانقباض لتدفع بالغذاء النصف مهضوم إلى الامعاء الدقيقة حيث يفرز عليه العصير المعوى والعصير البنكرياسى وكذلك الصفراء من الحوصلة الصفراوية بالكبد فتتم عملية الهضم الانزيمى للغذاء وبعدها

تحدث عمليات الامتصاص للغذاء المهضوم من الامعاء إلى تيار الدم وبذلك يستطيع الحيوان استخدام هذه المركبات الغذائية الممتصة في تغطية كافة احتياجاته للقيام بالعمليات الفسيولوجية المختلفة وتحتاج الامعاء إلى السوائل لحسن سير عمليات الهضم والامتصاص فيها وهذا يوضح اهمية توفير مياه الشرب للأرانب بصورة دائمة وبعد اتمام عمليات هضم وامتصاص الغذاء خلال جدر الامعاء تبدأ عضلات الامعاء الدقيقة في الانقباض لدفع مخلفات الغذاء غير المهضوم إلى الامعاء الغليظة حيث يصل إلى أول اجزاء الامعاء الغليظة وهو الأعور أو ما يسمى المصران الغليظ وهو عبارة عن انبوبة لها فتحة واحدة تفتح في الامعاء الغليظة متسعة اتساع كبير حيث انها تشغل حوالى ٣٥% من حجم القناة الهضمية ويحدث في هذا الجزء عمليات الهضم الميكروبى لمخلفات الغذاء غير المهضوم فينتج عن ذلك بعض العناصر الغذائية المفيدة مثل الفيتامينات وبعض الأحماض الدهنية الطيارة والأحماض الأمينية ثم تتحرك هذه المركبات بفعل الانقباضات العضلية للأعور إلى الامعاء الغليظة والتى يوجد بها نوعين مختلفين من النشاط هما انتاج الزبل اللين أو الرطب وانتاج الزبل الصلب حيث نجد في ساعات الصباح المبكر تقوم الارانب باخراج كتل من الروث اللين التي تقوم الارانب بالتقاطها عن طريق الفم مباشرة وقبل سقوطها إلى ارضية القفص حيث انه لا يتناولها مطلقًا اذا سقطت على ارضية القفص ويتم اخراجه في شكل تجمعات عنقودية محاطة بغشاء جيلاتينى وكثيرًا ما يوجد ملتصقًا في الجزء الامامى للمعدة في الحيوانات التي يجرى تشريحها، وبعد التقاطها يقوم بابتلاعها بدون مضغ أو خلط باللعاب حتى تصل إلى المعدة فتختلط مع الأغذية الاخرى الموجودة في المعدة وتحدث عليها عمليات الهضم والامتصاص ويطلق على هذه الظاهرة في الارانب اسم الاجترار الكاذب، ورغم أن هذا الروث اللين لا يساهم الا بحوالى ٥–٨% من احتياجات الارانب الا أن له اهمية كبيرة في توفير الاحتياجات من الفيتامينات وفي اثناء فترة ما بعد الظهيرة فان

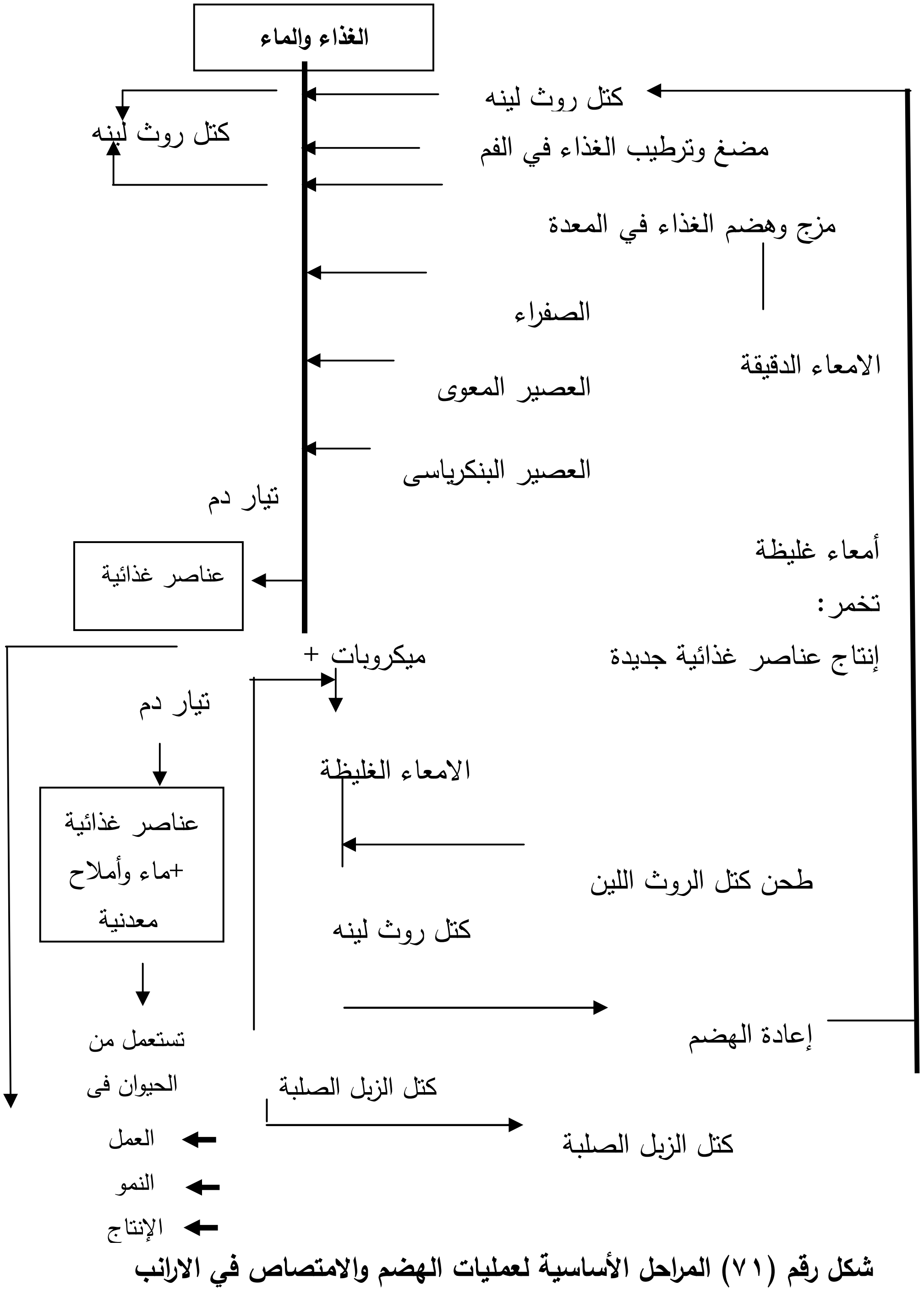
المخلفات الغذائية تمر إلى الامعاء الغليظة حيث يحدث لها بعض الامتصاص للماء مع بعض العناصر المعدنية مما يؤدى إلى جفاف هذه المخلفات والتى تشكل الزبل الصلب الذى يمر من خلال فتحة الشرج إلى خارج الجسم والذى يمثل مخلفات عملية هضم وامتصاص الغذاء التي نجدها على ارضية اقفاص الارانب. ونلاحظ أن الارانب لا تجرى عملية الاجترار الكاذب الا اثناء الصباح الباكر حيث الهدوء التام لان أي ازعاج للارانب يؤدى إلى اضطراب علميات الهضم لهذا يجب على المربى منع الزيارات إلى عنابر الارانب بقدر الامكان وكما يمنع دخول الكلاب والقطط والدجاج إلى عنابر الارانب منعًا للضوضاء.

الارانب من الحيوانات الاختيارية لغذائها حيث نجد انها تختار الاوراق دون السيقان في النبات وكما انها تختار النباتات الغضة عن النباتات الكبيرة العمر وتميل إلى تناول النباتات الخضراء عن الجافة ومعنى هذا انها تختار العلائق العالية في محتواها من البروتين والطاقة المهضومة قليلة الألياف بالاضافة إلى أن الارنب يزهد الغذاء ويعافه بسرعة اذا حدث تلوث للغذاء أو تغير تركيبه.

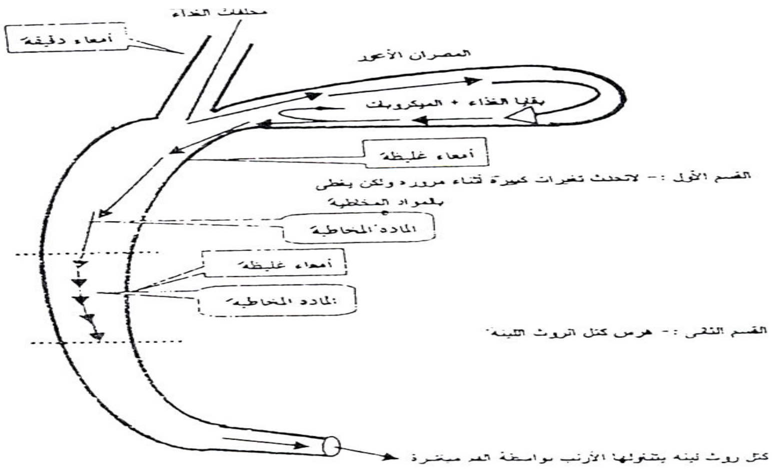
لايستطيع الارنب اتمام عملية الاجترار الكاذب الا بعد بلوغة عمر ٢٠ يوم. تكون امعاء الارانب خالية تمامًا من أي ميكروفلورا قبل عمر ١٥ يوم وذلك لوجود مواد مطهرة في لبن الام إلى هذه الفترة ثم تزيد الميكروفلورا حتى عمر ٢٥ يوم ثم تقل حتى عمر ٣٥ يوم ثم تعود لتزيد مرة اخرى. (دور الميكروفلورا في الهضم عند الارنب تكميلى وبمعنى آخر نصف الهضم يعتمد على الميكروفلورا)، حيث وجود ظاهرة الاجترار الكاذب في الارانب توفر جزء من احتياجاتها من البروتين والفيتامينات مما يقلل تكلفة التغذية.

تتميز الارانب بظاهرة اعادة استخدام ناتج الاخراج (الاجترار الكاذب) حيث يكون للأرنب نوعان من المخلفات احدهما العادى الذى يشاهد تحت الاقفاص (روث صلب) والآخر عبارة عن كريات صغيرة ناعمة تقوم الارانب بتناولها من المخرج

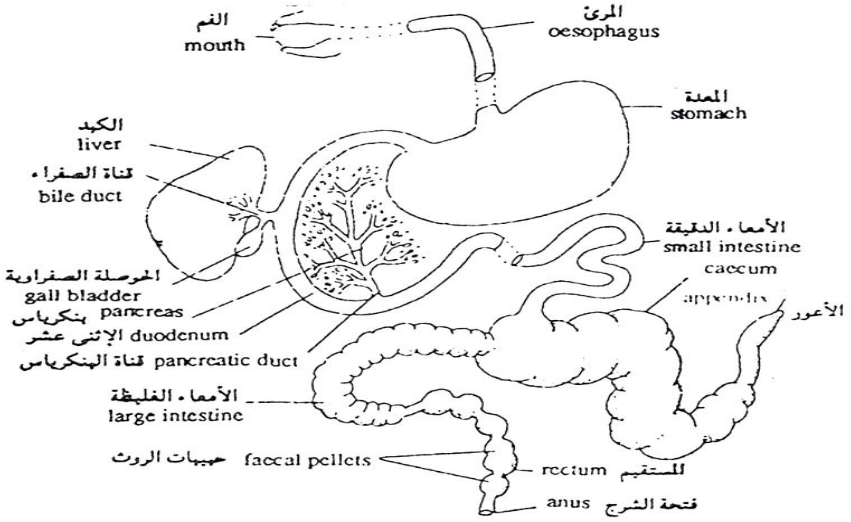
مباشرة بفمها وتبلعها بدون مضغ حيث يعاد هضمه مرة اخرى وهي ظاهرة طبيعية في الارانب، وتتميز هذه الكريات بتركيز عإلى من البروتين البكتيرى والفيتامينات وانخفاض محتواها من الألياف وارتفاع محتواها من الماء، وهذه الكريات طرية ولينه ويتم انتاج الكريات ليلًا أو خلال فترات الراحة، وكثيرًا ما تسمى متعلق بالليل nocturnal.



شكل رقم (٧١) المراحل الأساسية لعمليات الهضم والامتصاص في الارانب



شكل رقم (٧٢) عمل الامعاء الغليظة وانتاج الروث اللين (الرطب)



شكل رقم (٧٣) رسم توضيحى للقناه الهضمية في الارانب

الهضم ومعامل الهضم Digestion and Digestibility :

الهضم عبارة عن اعداد المركبات الغذائية في الغذاء للامتصاص، والامتصاص عملية نقل نواتج الهضم من القناة الهضمية إلى الدم، وفي اثناء الهضم تتفتت

الجزيئات الكبيرة كالبروتين والنشا بواسطة الانزيمات الهاضمة إلى الوحدات الأساسية التي صنعت منها (الأحماض الأمينية بالنسبة للبروتين وسكر الجلوكوز بالنسبة للنشا).

وفي الارانب تحدث معظم عمليات الهضم في الامعاء الدقيقة، وتتم بواسطة انزيمات الهضم التي يتم افرازها في القناة الهضمية، ويقوم بافراز هذه الانزيمات البنكرياس وتمر خلال القناة البنكرياسية إلى الامعاء الدقيقة، كما توجد بعض التخمرات في الاعور والقولون (الهضم البكتيرى) علمًا بأن هذه العملية الاخيرة ليست على جانب من الاهمية كما كان الاعتقاد سائدًا.

اما معامل الهضم فهو اسلوب فنى يستخدم لقياس ما يستطيع الحيوان أن يهضمه من غذاء معين، ولتقدير معامل الهضم فلابد من تقدير الغذاء المأكول وقياس الخرج من الروث، وبذلك يكون الفرق بينهما هو الكمية المهضومة والممتصة من الغذاء، توضع الحيوانات في صناديق التمثيل الغذائي وهي مصممة بحيث يمكن فصل البول عن الروث مع جمع كل منهما، وتقدير معامل الهضم للغذاء مهم جدًا لانه يمكننا من حساب القيمة الغذائية لهذه الأغذية، فاذا احتوى غذاء ما على ٨٠ جم بروتين معامل هضمه ٣٠% فان هذا الغذاء يعادل ٢٤% فقط من البروتين المهضوم، ٧٠% مما يحتويه من بروتين يخرج في الروث.

هضم البروتين Protein Digestion:

يتم هضم البروتين أساسا في الامعاء الدقيقة بواسطة انزيمات يفرزها البنكرياس ويعتبر التربسين والكيموتربسين الانزيمين الرئيسيين في هضم البروتين، وتتم عملية الهضم بتكسير الروابط الببتيدية التي تربط الأحماض الأمينية معًا في البروتين، وبالتالى يتحلل البروتين الغذائي إلى وحدات من الأحماض الأمينية التي يتكون منها، وهذه بدورها يتم امتصاصها، والبروتين الذى لايتم هضمه بهذه الطريقة ينتقل إلى الامعاء الخلفية، حيث يتعرض لنشاط الانزيمات البكتيرية.

وتقوم البكتريا في الامعاء الخلفية بتخليق أحماض الأمينية تدخل في مكوناتها البروتين الخاص بها، وهذا البروتين البكتيرى يكون في متناول الارانب حيث تلتهم الروث الطرى الذى تفرزه ليلًا، ومع ذلك فقد دلت الابحاث التي أُجريت على عملية التمثيل الغذائي للنيتروجين والبروتين في الارانب أن البروتين البكتيرى الذى تتناوله الارانب من خلال روثها لا يساهم الا بقدر بسيط في تغطية احتياجاتها من بروتين وأحماض أمينية، ويعتمد الارانب في تغطية احتياجياته من البروتين والأحماض الأمينية على نوعية عالية من الغذاء.

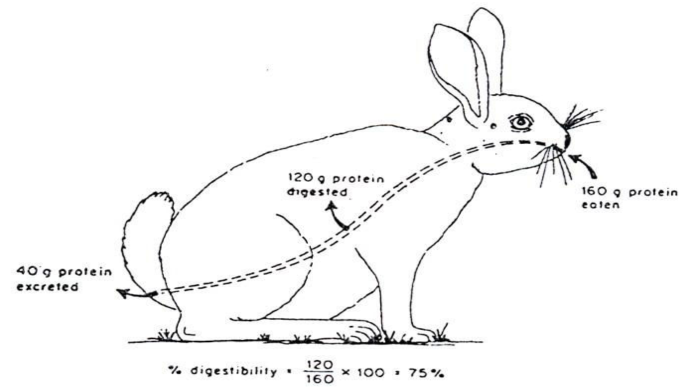
وفي الابقار وباقى المجترات فان البكتريا في الكرش تقوم بتخليق البروتين من مصادر النتروجين مثل اليوريا، ويطلق على هذه المصادر بالنيتروجين غير البروتينى، وبالاضافة إلى ذلك فان بكتريا الكرش تحول البروتينات منخفضة القيمة والفقيرة في الأحماض الأمينية الأساسية إلى بروتين بكتيرى عإلى القيمة، ويعتبر ذلك من الناحية الاقتصادية ميزة كبيرة وذلك لان البروتينات منخفضة القيمة، وكذلك مصادر النتروجين غير البروتينى تكون ارخص سعرًا من البروتينات عالية القيمة.

ونظرًا لاحتواء الارانب على عدد من البكتريا في الاعور والقولون فمن المفيد معرفة ما اذا كان للأرانب المقدره على استعمال البروتينات منخفضة البروتين بكفاءة، وكذلك مدى كفاءته في استخدام مصادر النتروجين غير البروتينى مثل اليوريا، وقد اظهرت عدة دراسات عدم امكان اتباع هذه التغذية، حيث أن اليوريا ليس لها قيمة للأرانب كمصدر لتخليق البروتين.

وعند المقارنة بالحيوانات وحيدة المعدة الاخرى نجد أن الارانب تهضم البروتين الموجودة في الحشائش بكفاءة عالية، فالخنزير الذى يتغذى على البرسيم الحجازى يهضم اقل من ٥٠% من البروتين، وعلى عكس الارانب التي تهضم ٧٥-٨٠% من بروتين البرسيم، وبالرغم من انها تهضم الألياف اقل كفاءة من الخنازير، وقد يكون سبب ذلك تناول الارانب للروث الرطب بالاضافة إلى أن الهضم والامتصاص يتم

بكفاءة اكبر، وهذا من اهم الاسباب التي تفسر سبب تقديم البرسيم الحجازى بكميات كبيرة للارانب بالاضافة إلى غيرة من اعلاف المراعى حيث يكون المصدر الرئيسى للبروتين.

وفي المستقبل ومع تناقص المتاح من الحبوب لتغذية الحيوان ومع زيادة الاعتماد على اعلاف المراعى لتغذية الماشية تصبح مقدرة الارانب على استعمال بروتين الاعلاف بكفاءة ذات اهمية خاصة، ويصير الارانب مهمًا جدًا لقدرته على استخدام هذه الاعلاف بكفاءة.



شكل رقم (٧٤) يوضح تقدير معامل هضم بروتين الغذاء في الارانب

تقدير معامل هضم بروتين الغذاء:

الطريقة:

وضع الارانب في صندوق التمثيل الغذائي، ثم جمع عينات الروث وتقدير المأكول من الغذاء، ثم تحليل هذه العينات لتقدير نسبة البروتين فيها، وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلى:

يحتوى الغذاء على نسبة بروتين ١٦%

يحتوى الروث على نسبة بروتين ١٠%

مقدار المستهلك من الغذاء ١٠٠٠ جرام

مقدار الروث الخارج من الارانب ٤٠٠ جرام

طريقة الحساب:

١ – كمية البروتين المأكول = $\frac{١٦ \times ١٠٠٠}{١٠٠}$ = ١٦٠ جم

٢ – كمية البروتين في الروث = $\frac{١٠ \times ٤٠٠}{١٠٠}$ = ٤٠ جم

٣- البروتين المهضوم = ١٦٠ – ٤٠ = ١٢٠ جم

٤ – معامل هضم البروتين = $\frac{١٢٠}{١٦٠} \times ١٠٠$ = ٧٥%

هضم الكربوهيدرات Carbohydrate Digestion :

الكربوهيدرات في الغذاء نوعان الأول عبارة عن مصادر سهلة الهضم مثل النشا والسكروز والنوع الثاني صعب الهضم نسبيًا مثل السليلوز والهيميسليلوز، والنشا هو المكون الأساسى لكربوهيدرات الحبوب، بينما السليلوز والهيميسليوز هما المكونان الرئيسيان لجزء الألياف في اعلاف المراعى.

ويتم هضم النشا في الامعاء الدقيقة في الارانب بواسطة إنزيم اميليز الذى يفرزه البنكرياس ويقوم هذا الإنزيم بتكسير النشا إلى جزيئات سكر الجلوكوز التي يتكون منها ويتم بعد ذلك امتصاص الجلوكوز إلى الدم خلال الامعاء الدقيقة لتستعمله الارانب كمصدر الطاقة، ونظرًا للسرعة العالية التي يمر بها الغذاء في الامعاء الدقيقة فان كميات كبيرة من النشا غير المهضوم تصل إلى الامعاء الخلفية، حيث تتخمر بواسطة البكتريا، واذا تناول الارانب الحبوب بنسبة عالية فقد تتسبب في زيادة

عبء الكربوهيدرات على الأمعاء الخلفية والزيادة من النشا تجعل مجاميع البكتريا تنفجر، فاذا وجدت بكتيريا منتجه لاى مواد سامة تكون النتيجة تسمم الحيوان ونفوقه وعلى ذلك فان نوعية الكربوهيدرات الغذائي وكميته تتحكم في حدوث مشكلة مرضية رئيسية في الارانب.

وهضم الألياف في الارانب منخفض وفي الجدول التالى بيان معامل هضم الألياف في عديد من حيوانات المزرعة.

جدول رقم (٩١) يوضح معامل هضم الياف دريس الفاللفا في الحيوانات المختلفة

الحيوان	معامل هضم الألياف (%)
الابقار	٤٤
الاغنام	٤٥
الماعز	٤١
الحصان	٤١
الخنزير	٢٢
الأرنب	١٤

وهناك تساؤل وهو انه اذا كانت الارانب تهضم الألياف بمثل هذا الضعف فكيف يمكنها الاستفادة من الأغذية الليفية بكفاءة ؟ يمكن تفسير مثل هذا التناقض بملاحظة أن الألياف تمثل ٢٠ – ٢٥% فقط من علف المراعى، وعلى ذلك فالبرسيم الحجازى يحتوى على ٧٥–٨٠% مواد اخرى غير الألياف.

ويقوم الارنب بهضم الاجزاء الليفية بكفاءة مثل هضم البروتين والكروبوهيدرات الذائبة وتخرج الألياف غير المهضومة في الروث، وتفترض الابحاث التي تمت في اوروبا وجود فاصل بين الجزيئات الصغيرة والكبيرة في الاعور، فتحتجز الجزيئات الصغيرة لمزيد من عملية الهضم بينما يتم اخراج الجزيئات الكبيرة بسرعة فائقة.

وترجع مقدرة الارانب على الاستفادة من العلائق الغنية في البرسيم الحجازى وغيره من اعلاف المراعى إلى الكمية الكبيرة التي يتناولها من هذه العلائق منخفضة

الطاقة، مع سرعة اخراج الألياف وهضم المواد غير الليفية هضمًا جيدًا.

ويوجه الاهتمام في كثير من البلدان إلى انتاج مركزات من بروتين الاوراق (LPC) كغذاء للانسان والحيوان، وفي هذه العملية يتم حش الحشائش وتقطع وهي مازالت خضراء وتعصر لاستخراج العصير منها، والذى يحتوى على نسبة عالية من البروتين ويترك العصير بعد ذلك حتى يغلظ قوامه ثم يكشط ويجفف، والمستحضر الناتج مصدر جيد للبروتين يساوى في القيمة البروتين الموجود في كسب فول الصويا. وتعتبر الارانب وسيلة بيولوجية لإنتاج (LPC) حيث تقوم بفصل بروتين الاعشاب بكفاءة عالية من الألياف وتخرج الألياف في الروث بينما يتحول البروتين إلى لحم في جسمها عإلى الجودة، وفي كثير من البلدان قد يكون انتاج الارانب اكثر فعالية من الناحية الاقتصادية والتكنولوجية للاستفادة من اعلاف المراعى بدلًا من الانتاج الميكانيكى لمركزات بروتين الاوراق.

وبينما لايبدو للألياف ايه فائدة للأرانب كمصدر للطاقة فانها مكون هام في علائق الارانب وقد اظهرت عديد من الدراسات أن العلائق الفقيرة في الألياف تسبب النزلات المعوية المتزايدة، وقد يكون للألياف تأثير وقائى معين، حيث تقوم بتخشين الامعاء من الداخل والحفاظ عليها في حالة صحية جيدة، وزيادة مستوى الألياف في العليقة يسبب نقص الكمية المأكولة من الكربوهيدرات الذائبة، مما يعمل على تخفيف عبء الكربوهيدرات الواقع على الامعاء الخلفية، كما أن تقديم الألياف في الغذاء يساعد أيضًا على تجنب مضغ الفراء في الارانب.

هضم الدهن Fat Digestion:

يتم هضم الدهون في الامعاء الدقيقة بواسطة إنزيم ليبيز الذى يفرزه البنكرياس، كما يقع على الصفراء المفرزة من الكبد عبء استحلاب الدهون (تفتيت الدهون إلى حبيبات صغيرة) في الوسط المائى الموجودة في الامعاء ويميل الرأى الشائع بأن الغذاء الغنى في الدهن بنسبة عالية قد يصعب هضمه، وهذا ليس صحيحًا في

الارانب، فالدهون سريعة الهضم، وقد امكن تغذية الارانب على عليقة بها ٢٥% دهن دون حدوث تأثيرات سيئة.

وفي التغذية العملية تكون نسبة الدهون ٣–٥% هي الاكثر شيوعًا واذا زادت عن ذلك فقد تقل نوعيات الحبيبات مسببة تعجن حبيبات الغذاء في القناة الهضمية ويوضح جدول (٩٢) معاملات هضم المركبات الغذائية في اغذية الارانب.

هضم المعادن والفيتامينات Digestion of Minerals and Vitamins:

لا تحتاج العناصر المعدنية والفيتامينات إلى هضم، حيث انها توجد في الغذاء في شكل قابل للامتصاص المباشر، وبالتالى فان عملية الهضم تنطبق فقط على الاقسام الرئيسية للغذاء وهي البروتين والكربوهيدرات والألياف والدهون.

جدول رقم (٩٢) يوضح معاملات هضم المركبات الغذائية في تغذية الارانب

	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract
Bluegrass	74	41	13	41
Clover, green	74	73	15	80
Clover, dried	75	44	84	68
Ladino clover, green	87	54	65	89
Ladino clover, dried	84	55	64	86
Alfalfa (Lucerne), green	80	70	64	81
Orchard grass, green	80	43	28	42
Orchard grass, dried	75	42	37	48
Sudan grass	68	49	27	64
Tall fescue, green	84	53	23	40
Tall fescue, dried	81	52	26	41
Mixed grasses with clover, green	77	46	49	66
Mixed grasses with clover, dried	62	26	26	56
Clover hay	63	82	20	67
Alfalfa (Lucerne) hay	72	16	18	63
Meadow hay (good)	50	45	33	55
Nettle hay	90	32	42	79

Oat hay, green	61	54	10	36
Timothy hay	47	44	11	51
Vetch hay	78	63	11	72
Wheat hay, green	78	50	22	53
Oat straw	30	30	25	35
Artichoke tops	68	59	56	77
Beet tops, fresh	83	72	89	92
Beet tops, dried	67	69	69	85
Cabbage	99	83	88	103
Gout weed	73	54	82	85
Marrowstem kale	86	72	33	88
Sow thistle, green	75	63	77	93
Fodder beets	66	80	100	96
Carrots	86	79	56	98
Celery	77	91	93	99
Potatoes, steaned	68	85	83	98
Turnips	91	103	82	101
	75	89	28	91
Barley	85	106	12	89
	81	92	45	92
Maize	84	93	146	92
	81	92	19	79
Oats	79	98	24	79
Sorghum	72	69	103	91
Rye	69	81	25	92
	79	82	54	93
Wheat	83	92	28	95
	85	100	28	97
Wheat bran	83	77	24	65
Burdock seed meal	90	97	33	58
Groundnut cake	91	101	49	96
Linseed oil cake	86	99	20	81
Mustard seed meal	75	100	32	87
Rapeseed cake	76	95	64	70
Sesame cake	91	101	73	84
Soya beanoil cake	90	96	52	96
Fishmeal	75	100	-	48
Dried bread	95	98	-	101
Kitchen waste	70	80	50	80

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995)

Official Methods of Analysis (16th edition (ed. By Helrich), AOAC. Arlington. VA.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3:41-43.

- Analysis methods:

Chemical composition of the control and experimental diets (SBM, NSM and SFM), and feces were analyzed according to A.O.A.C. (1990).

Relative contribution of soft faeces to dry matter crude protein intake were calculated according to Fraga et al., (1991) as follows:

Relative contribution of SF to dry matter intake = (SF excretion, g DM/day) ÷ (feed intake, g DM / day + FS excretion, g DM/day) x 100.

Relative contribution of SF to crude protein intake =

(CP excreted in soft faeces, g/day) ÷ (CP ingested in feed, g/day + CP excreted in soft feces, g/day) x 100.

Caecal turnover rate calculated according to Garcia et al., (1995) as follows:

Caecal turnover rate =

[SF production (g DM / d) ÷ caecal contents (g DM)] x 100.

A.O.A.C. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis. 15th Edition. Washington D.C.

Fraga, M. J.; Preez de Ayala, P; Carabano, R. and De-Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the4 contribution of soft feces to nutrient intake of finishing

rabbit. Journal Animal Science, 69: 1566-1574.

Garcia, J.; De-Blas, C.; Carabano, R. and Gracia, P. (1995). Effect of type of luecern on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. Reproduction Nutrition Development, 35: 267-275.

- Heat digestibility:

NZW adult males rabbits weighing 3-3.5 kg were fitted with a single T glass cannula in the terminal of ileum according to the technique described by Gidenne (1988). Each three cannulated rabbits were kept in individual metabolic wire cages (45x45x35 cm).

After 7 days of adaptation (ad libitum) to each experimental diets, rabbit were housed in a special hammock with an opening to admit cannula Plastic neck collars were used to prevent coprophagy.

Fekete, S. and Gippert, T. (1986). Digestibility and nutritive value of nineteen important feedstuffs for rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 9 (3) 103-108.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3:41-43.

Gidenne, T., (1988). Ileal digestibility measures on cannulated rabbits. The 4th Congress of W.R.S.A. Budapest, Hungary, 345-350.

A series of six collections of ileal digesta (ileal flow) were performed during three days (2 collection / day) with a time interval such to cover a 24 h cycle. Ileal apparent digestibility coefficient (IADC) was calculated according to Gidenne (1992) as follows:

$$IADC = (DI + SFI - IF) \times 100 / DI.$$

Where:

DI = Diet intake (g)

SFI = Soft faeces intake (g)

IF = Ileal flow (g)

Gidenne, T., (1992). Effect of Fiber level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbits. British Journal Nutrition, 67, 133-146.

- Faecal digestibility:

Digestibility was carried out using male NAW rabbits (rabbits in each group). Rabbits were kept individually in metabolic cages that allowed collecting faece and urine separately. Rabbits of each group were offered one of the experimental diets. After 14 days of adaptation period to each diet, the actual consumed feed and faeces output were measured during 5 consecutive days according to European reference method for rabbit digestion trials (Perez et al., 1995). Samples of daily faeces (20%) of each rabbit were collected every day, dried at 60 – 70 °C for 48 h, bulked, mixed finally ground and kept for chemical analysis.

تقدير الألياف:

- Dried samples were analyzed for fiber fractions, natural detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) using Tecator Fibretic System according to Goering and Van Soest (1970) Procedures. Hemicellulose was calculated as the different between NDF and ADF, while cellulose was calculated as the difference between ADF and ADL.

Goering, H. K. and P.T. Van Soest (1970). Forage fiber analysis (apparatus, reagent, Procedures and some applications). ARS, US. Dept. Agr. Handbook, Washington, DC. 20402.

The Effect was calculated according to the following equation: EEf=A-B/B X100

Where A is selling coast of obtained gain (LE per kg) and B is the feeding coast of this gain. The

DE Kcal/g = 4.36 –..0491 x NDF %.

NDF % = 28.924 +..657 x CF%.

Cheeke, P.R (1987).

Rabbit feeding and nutrition. Academic Press, Oriando, Florida, USA.

-Determinations of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL), were carried out in dried samples by Van Soest et al., (1991). Relative contribution of soft faeces to dry matter and CP intake were calculated according to Fraga et al., (1991). Caecal turnover rate was calculated according to Garcia et al., (1995).

Van Soest, P. J.; Robertion, J. B.; and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597).

Fraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabano, R. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbit. J. Anim. SAci., 69: 1566-1574.

اختبارات الذبح:

- Rabbits (rabbits per each group) were randomly slaughtered at the end of the 14th week of age (marketing age). Rabbits were weight and slaughtered after fasting for 12 hours (Lukefahr et al, 1992). Carcass trails were evaluated according to Blasco et al. (1992) after slaughtering and complete bleeding (Within 30 minutes) K Hot carcass weight (HCW) including liver, Kidneys, head, lungs, esophagus, trachea, thumus and heart was ontained after slaughter.

Dresing percentage was estimated as hot carcass weight (HCW) relative to pre-slaughter body weight. Giblets weight (liver, kidneys, heart and spleen) and carcass components were

obtained and their proportion to the live body weight were calculated. Cold carcass weight (CCW) was obtained after refrigerating the hot carcass between. and 4 °C for 24 hors.

Drip loss percentage was calculated as [(HCW – CCW / HCW] x 100.

The chemical composition of rabbits meat was carried out according to A.O.A.C. methods (1990).

Energy values (EV) of rabbit meat (cal/100g) were calculated according to winton and Winton (1958) as follows:

EV (cal/100g) = 4.1 (% Protein + % Carbohydrates) + 9.3 (% Fat).

Lukefahr, S.D.; Van-Vleck, L.D. and Roberts, J. D. (1992). Estimates of components of variance and covariance of carcass traits in rabbits using animal model.

A.O.A.C. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis. 15th Edition. Washington D.C.

Winton, A. L. and Winton, K. B. (1958). Okaloffs Magnesium Oxide Distillation Volumetric Method. The Analysis of Foods, pp. 848. John Wiley, New York, Chapman Hall, Ltd. London.

- At the end of the experimental period, rabbits from each group were randomly taken, fasted for 12 hours and slaughtered to evaluated carcass characteristics. Heart, Kidneys, Liver and other organs were weighed and percentages were calculated according to Steven et al., (1981). Carcass composition and meat/bone ratio of hind leg were recorded.

Steven, W.D., W.D. Hohenboken, P.R. Cheeke, N.M. Potton, and W.H. Kennich (1981). Carcass and meat characteristics of Flemish giant and New Zealand White purebred and terminal cross rabbits, Journal of Applied Rabbit Research, 4:66-71.

تحليل الدم:

- Blood samples were taken at the time of slaughter from the ear vein from each rabbit. Total protein was determined according to Doumas and Biggs (1972) and albumin by colorimetric method of Doumas et al. (1971). Globulin value was obtained by subtracting the value of albumin from the corresponding value of total protein. Creatinine was determined by the colorimetric method of Bartles et al. (1972) and total cholesterol by the method of Richmond (1973). AST and ALT values were determined calorimetrically according to Reitman and Franke (1957).

Doumas, B.T. and H.G. Biggs (1972). The colorimetric determination of total protein in serum or plasma. Standard Methods of Clinical Chemistry, Vol.(7). Academic Press. New York.

Doumas, B.T., W. Wabson and H.G. Biggs (1971).Albumin standards and measurement of plasma albumin with bromocresol green. Clin. Chem. Acta., 31:87.

Bartles, H., M. Bohmer and C. Heirli. (1972). Determination of creatinine in blood plasma by colorimetric kinetic method. Clin. Chem. Acta., 37:193

Richmond, W. (1973). Preparation and properties of a cholesterol oxidase from Nocardia sp. And its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. Clinical of Chem., 19:1350.

Reitman, S. and S.I. Franke (1957). Determination of AST and ALT in serum. American Journal of Clinical Pathology, 28:56-59.

Inernal fat weight (%).

Meat / bone ratio.

Blood samples were taken from male rabbits of each diet to determine urea and ammonia by using commercial kits and colorimetically methods, following the same steps as described by manufactures. The microbial content of the caecum of same

slaughtered rabbit (6 rabbits/diet) was estimated in their selective media, as described by Bryany and Robinson (1961) for total microbial count, Hungate (1957) for Cellulolytic bacteria, Difco (1971) for ureolytic bacteria and DE man and Sharpe (1960) for Lactobacilli, Technique of colony forming unit (CFU) was adopted. Incubation took place at 30°C for 2-7 days. Data of growth experiment, digestibility, nitrogen balance, caecal microbial count and blood were statistically analyzed for the effect of dietary treatments using the General Linear Model Program of SAS (1990), Duncan`s multiple range test was performed (Duncan, 1955) to detect significant differences means.

Bryant, M. P. and Robinson, I. M. (1961). An improved nonselective culture medium for ruminal bacteria and its use in determining diurnal variation in numbers of bacteria in the rumen. J. Dairy Sci., 44: 1446.

Hungate, R.E. (1957). Micro-organisms in the rumen of cattle fed a constant ration. Canadian J. of Mictobiol. 3: 289-311.

Difco, M. (1971). Dehydrated culture media and reagent for microbiological clinical Laboratory Procedures.

SAS Institute (1990). SAS User`s Guide: Statistics Version, Fifth Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11:1-42.

Emmert, J. (2000). Effeciency of phase feeding in broilers. Proceeding California Animal Nutrition Conference, May 10-11. Fresno California, USA.

(٣) الأسماك:

القيمة الهضمية والغذائية:

- All ingredient were first ground to a small particle size (approximately 250 μm) in a Wiley mill. Dry ingredients were thoroughly mixed prior to adding water to 40% moisture. Diets were passed through a mincer with die into 3-mm diameter

spaghetti-like strands, sun dried and stored in airtight containers. Proximate composition of the experimental diets was determined according to A.O.A.C (1995), while crude fiber in fish diets was determined according to methods of Berdon and Juko (1961). Total carbohydrate content (NFE) of diets was calculated by difference. (100- (moisture + crude protein + crude fat + crude ash + crude fiber)). Gross energy (GE) was calculated using the gross energy values for the macronutrients (23.4 kj g-1 protein, 39.8 kj g-1 fat and 17.2 kj g-1 carbohydrate, fiber was not included in calculation) according to Lovell, 1989.

A.O.A.C (1995). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 16th edition, AOAO, Arlington, VG, USA.

Berdon, R. M. and C. D. Juko (1961). A semi-micro technique for crude fiber determination. Journal Science Food and Agricultutre 12, 196-201.

Lovell, R. T. (1989). Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold. New York, New York USA. Sci., 3: 41-43.

- The energy value of each diet was calculated using the gross energy values for the macronutrients (5.6 kcal/g protein, 9.5 kcal/g fat and 4.1 kcal/g carbohydrate, fiber was not included in calculation). The experimental diets were pelleted, dried and stored at -20°C until used as described in a previous work of El-Saidy and Gaber (2001). The calculated essential amino acid concentrations in the experimental diets met or exceeded those recommended by Santiago and Lovell (1988). For digestibility tests..5% Chromic oxide was included in the diets as an inert indicator (Cho and Kaushik, 1990). Each diet was given to triplicate groups of fish. The feeding rates ranged from 4% of fish weight at the begining to 2% at the end of the feeding trial (NRC 1993).

El-Saidy, D.M.S. and Gaber, M. M. A. (2001). Linseed meal-its successful use as a partial and complete replacement for

fish meal in practical diets for Nile tilapia, Oreochromis niloticus L. Second Inter. Conf. on Animal Prod. and Health in Semi-Arid Areas.

Santiago, C. B. and Lovell, R. T. (1988). Amino Acid requirement for growth of Nile tilapia. Journal of Nutrition, 188: 1540-1546.

Cho, C. Y. and Kaushik, S. J. (1990). Nutritional energetics in fish: protein and energy utilization in rainbow trout. In Bourne, G. H. (ED), Aspects of Food Production, Consumption and Energy Values, Word Rev. Anim. Nutr., Vol. 61: 132-172.

NRC (National Research Council) (1993): Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes, National Academy of Sciences, Washington, DC, 102 pp.

Apparent nutrient digestibility:

- After one month from beginning of the experiment, the feces were collected from each aquarium every morning before start feeding for one month period. The feces were collected on filter paper for drying and subsequent chemical analysis according to AOAC (1995) was performed. Apparent nutrient digestibility were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969).

Apparent nutrient digestibility (%) =

$$100-(100\times \frac{\%\ Cr_2O_3 \text{ in feed}}{\%\ Cr_2O_3 \text{ in feces}} \times \frac{\%\ \text{N utrient in feces}}{\%\ \text{Nutrient in feed}}$$

AOAC (1995)

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (1969). Animal nutrition,

6th edition Mc Graw-Hill, New York, NY, 613 PP.

- The apparent digestibility coefficients (ADC) for Protein, lipid, ash and energy were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969).

ADC = 100 x { 1-(% dietary Cr_2O_3/fecal Cr_2O_3 x % fecal nutrient/ % dietary nutrient)}.

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

Growth response, production and feed utilization parameter were calculated as follows:

SGR (%day-1) = 100 (Ln final weight – Ln initial weight)/ days; Total production = final biomass (kg/m3); Net production = final biomass – initial biomass (kg/m3); Gain in weight (g/fish) = mean body weight – mean initial body weight; Gain in total length=mean final body total length-mean initial total length (cm/fish); Condition factor (k) = 100 (wt/L3), where Wt is fish body weight (g), L is total length (cm) ; Feed conversion ratio (FCR)= total dry feed fed (g)/total wet weight gain (g); Feed intake (g/fish) was recorded daily and calculated at the of the experiment. Net income was determined by the difference between the sale price of the fish after harvest and the costs of fingerlings and food according to Hengsawat, et al., (1997).

Hengsawat, K.; F.J. Ward and P. Jaruratjamorn (1997). The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (Clarias gariepinus Burchell. 1822) culture in cages. Aquaculture 152, 67-76.

- Apparent digestibility coefficients (ADC) were measured at the end of the experiment using three aquaria for each treatment supplied with fresh declorinated water; about one third of the water volume in each aquarium was replaced daily with aerated fresh water after cleaning and removing the accumulated excreta. All aquaria were aerated. A photoperiod of 12h lights, 12h dark (08:00 to 17:00h) was applied. Illumination was

supplied by fluorescent ceiling lights. Feces samples were collected from each aquarium every morning before feeding. The feces were collected by filtering net and collected on filter paper for drying and subsequent chemical analysis through the experimental period. Apparent digestibility coefficients (ADC) for protein, lipid , ash and energy were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969):

ADC=100 x { 1-(% dietary Cr_2O_3 / fecal Cr_2O_3 x % fecal nutrient / % dietary nutrient)}.

Golterman H.L, Clymo R.S. and Ognstad M.A.M. (1978). Methods of physical and c chemical analysis of fresh waters, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 214 pp.

Maynard, L. A. and Loosli, (1969). Animal Nutrition, 6th edition. McGraw Hill Bew York, USA.

Fish were homogenized for whole body composition and frozen at - 18°C until analyzed. Samples were analyzed as follows: dry matter after desiccation in an oven (105°C for 24h), crude protein (micro kjeldahl, Nx 6.25), crude lipid (ether extraction by soxlhet method), crude fiber (AOAC, 1995) and gross energy (Ballistic bomb calorimeter, Gallenkamp, England).

AOAC (Association of Official Chemists), (1995). Official methods of analysis, 16th edition, AOAC, Arlington, Virginia.

جدول رقم (٩٣):

Items %	Protein Sources		
	Soybean Meal (SBM)	Nigella seed Meal (NSM)	Sunflower Meal (SFM)
Dry matter (DM) On DM basis %	92.46	93.47	90.98
Organic matter (OM)	95.11	94.58	92.99
Crude protein (CP)	44.21	34.21	31.97
Crude fiber (CF)	1.67	3.07	9.29
Ether extract (EE)	1.45	8.81	5.62
Nitrogen free extract (NFE)	47.78	48.49	46.11
Ash	4.89	5.42	7.01

The digestible energy (DE) was calculated as described by

Fekete and Guppert (1986):

DE (kcal/kg DM) = 4253 – 32.6 (CF %) – 144.4 (Ash %).

Seneory analysis

Sensory analysis was carried out on meat stored in a freezer at - 16°Cfor 1 month. Meat samples were boiled in water for 30 min. A trained 12 panel members evaluated the samples using a scale of 1 to 10, Where: 1 was the lowest and 10 being the highest intensity for all. The parameterswere color, taste, flavor, appearance, texture and overall acceptability (Kjos et al, 2000).

Kjos, N. P.; Herstad, O.; Overl and M. and Skred, A., (2000). Effects of dietary fish silag and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. Cand.

سيلاج السمك:

- Fish silage was prepared using trash fish of unmarke table size, which is unused for human composition, the fish were collected from the local market in kafr El-Sheikin city and well washed, minced and homogenized. One and half percent from each of conce. Sulphuric and cocn. Formic acid were added to the homogenized fish mixture according to Jackson et al. (1984). The fish mixture was transferred thereafter to plastic bags and stored at room temperature for 24 weeks. The chemical analysis of the produced fish silage after 24 weeks storage period is reported in Table (1).

Plankton communities:

- Phytoplankton: phytoplankton was estimated according to methods reported by APHA (1985). The phytoplankton organisms were counted after fixing and preserving the eater sample (on liter) by Lugol`s solution, at a ration of 30 ml to 100 ml sample.

Each sample was allowed to settle overnight, then the supernatant was siphoned off and the volume was adjusted to

100 ml from the fixed sample, then 1 ml was drawn and placed into sedgwich-Rafter cell. It was then microscopically examined for counting by means of a binocular microscopic.

Zooplankton: representative samples, each of 10 liters, were taken from 5 site in each pond and filtered through plankton net (55 micro mesh diameter). The precipitate was transferred into 50 ml water filtrate in a glass bottle and preserved with few drops of 4% formalin solution.

Subsequent microscopic quantatitave analysis for zooplankton organisms was conducted by using a glass counting tray of 3 x 5 x 0.5cm. the results were expressed as number of organisms in one liter of the pond (organisms/L) according to APHA (1985).

Metabolic growth rate (MGR) was calculated as live gain (g) / (initial weight+final weight (g)/2x1000)0.8 / duration period in days). The MGR was calculated according to Cho and Kaushik (1985)..

Cho, C. Y. and Kaushik, S. J. (1985). Effect of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In C. B. Cowey, A. M. Macki & J. G. Bell (Editors), Nutrition and Feeding in Fish. Acadmeic Press, London, PP. 95-117.

Average weight gain (g/fih) (AWG):

WG = W2 – W1

Where: W1 = the initial weight (g)

W2 = the final weight (g)

Average daily gain (ADG):

Average daily gain (ADG) was estimated according to the following formula.

$$ADG = \frac{W2-W1}{T}$$

Where: W1 = the initial weight (g)
W2 = the final weight (g)
T = Experimental period (d)

Specific growth rate (SGR)

Specific growth rate (SGR) was estimated according to the following equation:

$$SGR = \frac{Ln.\ W2- Ln.\ W1}{Period\ (days)}$$

Where: Ln = Natural Logarithm (log)-10
W1 = Mean initial weight (g)
W2 = Mean final weight (g)

Relative growth rate was calculated according to the following equation

$$RGR = \frac{W2-W1}{W1} \times 100$$

Where: W1 = the initial weight (g)
W2 = the final weight (g)

Feed conversion ratio (FCR)

$$FCR = \frac{Dry\ feed\ intake}{Live\ weight\ gain\ (g)} \times 100$$

Protein efficiency ration (PER)

$$PER = \frac{Live\ weight\ gain\ (g)}{Protein\ intake\ (g)} \times 100$$

The apparent nutrient digestibilities of the experimental diets

The fish were fed their last respective meal at 2000 hours, and the feed were collected the next day at .800 hours. The collected feces were immediately frozen at -20° C until analyzed. These samples of feces were used to determine the apparent digestibility coefficient. The apparent digestibility coefficients (ADC) for nutrients were calculated using the following formula:

ADC nutrient = { 1-(% dietary Cr_2O_3/ % fecal Cr_2O_3 x % fecal nutrient / % dietary nutrient)} x 100.

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

Experimental setup

- During the experiment, the aquaria were supplied with fresh water (chlorine free). Water in aquaria was changed daily after determination of water quality parameters (at 8 h.). IIlumination, from head fluorescent lights, was set to a 14 hours lights: 10 hours dark cycle. Each group of fish was weighed at the beginning and every week throughout the experimental period. Feces were collected during the last month of the experiment and divided into three samples. The samples were used to determine apparent digestibility coefficients (ADC) for protein, lipid and energy according to Maynard and Loosli (1969).

The ADC = 100x[1-(%dietary Cr_2O_3/%fecal Cr_2O_3 x % fecal nutrient/ % dietary nutrient)].

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

النمو والاداء الانتاجى:

- At the end of the feeding trial, the fish were weighed and data collected included weight gain %, feed conversion ratio(FCR), protein efficiency ratio (PER) and protein deposition (PD%). FCR, PER and PD (%) were calculated as follows:

FCR = Total feed intake (g) / (Final body weight-initial

body weight)(g).

PER = (Final body weight-Initial body weight)(g)/ Total protein intake (g).

PD (%) = 100 x (Final body weight x final body protein – Initial body weight x initial body protein)/ Total feed intake x dietary protein.

Performance were determined according to Cho and Kaushik (1985) as following:

SGR (Specific growth rate) = (Ln final weight – Ln intial weight / No of days experiment).

FER (feed efficiency ratio) = wet weight gain (g) / dry feed intake (g).

FCR (feed conversion ratio) = dry feed intake (G) / wet weight gain (g).

PER (protein efficiency ratio) = weight gain (g) / protein intake (g).

PPV % (protein productive value) = [(final body N – initial body N) / N feed] x 100

ABV (apparent biological value) = PPV / ADC protein

Cho. C. Y. and Kaushik. S. J. (1985). Effect of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: C.B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Edittors), Nutrition and feecinf in Fish. Academic Press, London, PP. 95-117.

- Five fish were randomly sampled from each aquaria at the end of the experiment. They were pooled, ground and freeze-dried, and the body crude protein, lipid, moisture and ash content were determined according to AOAC methods (Association of Official Analytical Chemists, 1995).

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995) Official Methods of Analysis (16th edition (ed. By Helrich), AOAC. Arlington. VA.

- Growth response production and feed utilization

parameters were calculated as follows: SGR (specific growth rate) (% day-1) = 100 (Ln final weight-Ln initial weight /days; net production = final biomass – initial biomass (kg tank -1); gain in weight (g fish-1) – mean final body weight – mean initial body weight; gain in total length = mean final body total length – mean initial total length (cm fish-1); condition factor (k) = 100(Wt/L3). Where Wt if fish body weight (BW) (g). L is total length (cm); feed conversion ratio (FCR) = total dry feed fed (g)/total wet weight gain (g); Feed intake (g fish-1) was recorded daily and calculated at the end of the experiment. Net income was determined by the difference between the sale price of the fish after harvest and the costs of fingerlings and food according to Hengsawat, Ward and Jaruratjamorn (1997).

Hengsawat, K., Ward and Jaruratjamorn P. (1997). The effect of stocking density on yield. Growth and mortality of African catfish (Clarias garieplnus Burchell 1822) cultured in cages. Aquaculture 152, 67-76.

جودة المياه:

- Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day (at 8:0 a-m) using titration method (Golterman et al., 1978). Dissolved oxygen was ranged between 4.14 to 5.05 mg/l. Total ammonia, nitrate and nitrate were measured using spectrophotometer (Spectronic 601, USA). Alkalinity was monitored twice weekly using titration method of Golterman et al. (1978), pH was monitored daily using an electronic pH meter (pH pen: Fisher Scientific. Cincinnati, Ohio, USA).

Golterman, H. L.; Clymo, R. S. and Ohnstad, M. A. M. (1978). Methods of physical and chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientific Piplication, Oxford, 214 pp.

- Samples of water were taken weekly from each equarium for determination of water temperature using a water thermometer (daily), water pH value using digital pH meter (Orient Research Model 201), dissolved oxygen concentration

using an oxygen meter (model 9070).

Analysis of NO_2, NO_3 and Hardness were carried out using Kits (Hach international Co., Cairo, Egypt). Analysis of alkalinity was performed using a kit (LaMotte International Co., Cairo, Wgypt).

The water temperature was recorded daily in one tank using mercury thermometer suspended at 30 cm water depth.

dissolved oxygen were measured daily using a YSI oxygen meter (YSI Model 58 Yellow Springs. OH).

Total ammonia. nitrite and nitrate were measured twice weekly using a DREL, 2000 Spectrophotometer. (Hach, LoveLand, Co, USA).

pH was monitored daily using an electronic pH meter (pH pen: Fisher Scientific. Cincinnati, Ohio, USA).

alkalinity and salinity at monthly intervals in one tank per dietary treatment according to Golterman et al. (1978).

Sampling was performed between.700 and.800 h before any exchange of water.

- Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day using YSI model 58 oxygen meter (Yellow Spring Instrument, Yellow Spring, OH, USA). Total ammonia and nitrite were measured once weekly using a DREL 2000 spectrophotometer (Hach, Loveland, Co, USA). Total alkalinity and chloride were monitored once a week using the titration method and pH was monitored twice weekly using an electronic pH meter (pH pen, Fisher Scientific, Cincinnati, OH. USA). During the 28-we3e; feeding trial, the average water quality parameters (±SD) were: water temperature, 27.5±0.7°C; dissolved oxygen, 5.2±0.5 mgL-1; total ammonia 0.2±0.1; nitrite..05 ±0.03 mgL-1; total alkalinity. 182±45 mgL-1; chlorides, 550 ± 120 mgL-1 and pH 7.6±0.16.

- Water quality parameters (temperature, dissolved oxygen, pH, ammonia nitrate and nitrite) were monitored to ensure water

quality remained well within limits recommended for common carp. Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day using an YSI Model 58 oxygen meter. Total ammonia and nitrate was measured weekly using spectronic 601 spectrophotometer. Alkalinity was monitored twice weekly using the titration methods of Golterman et al. (1978). pH was monitored twice weekly using as electronic pH meter. During the feeding trail, the water quality parameter averaged (±SD): water temperature 27.8±0.8; dissolved oxygen 4.8±0.4; pH 7.4±0.6; ammonia..01±0.04 mg/L; nitrite..01±0.05 mg/L; nitrate 1.5±0.2 mg/L; alkalinity 181±46 gm/L.

الكفاءة الاقتصادية:

- Economic evaluation of the experimental diets has been calculated by evaluation the feed cost in Egyptian pounds (L.E) needed to produce 1 kg of alive weight gain of each experimental fish group.

Feed cost (L.E) = (feed cost /kg) X (food consumption)

Price of one kg in weight (Le) (LE/gain"kg") = feed cost /kg) x FCR.

Table:The carcass traits of Tilapia جدول رقم (٩٤)

Criterion	Value range
Final body weight (g.) وزن الجسم النهائى	98.00 – 115.50
Condition Factor (1) عامل الوزن إلى الطول	1.94 – 2.05
Head percentage (%) نسبة الرأس المئوية	18.83 – 24.23
Viscera percentage (%) نسبة الاحشاء المئوية	6.83 – 8.70
Final percentage (%) نسبة القشور المئوية	3.11 – 4.00
Bons percentage (%) نسبة العظم المئوية	4.50 -.49
Dressing % (2) نسبة التصافي المئوية	64.34 - 70.52
Flesh % (3) نسبة التشافي المئوية	58.08 – 6.70

Condition factor = wet body weight (g.) / cubic length (cm)

x 100.

According to Weatherly (1972). Growth and ecology of fish Populations. Acdemic Press, New York, N.Y.

Dressing percentage = Body weight – (head weight + fins weight + viscera weight) / Body weight x 100.

Flash percentage = Body weight – (head weight + fins weight + Viscera weight + bone weight) / Body weight x 100.

(٤) النعام:

- The present study was carried out on a total number of 1000 ostrich eggs weighed between 1300 and 1500g. eggs were obtained from two local farms during the peak egg production (from May to July 2003) to study the effect of egg shell physical characteristics and its mineral content on hatchability.

Egg Collection:

- Eggs were collected daily as soon as possible after laying from the breader stock, cleaned and disinfectant immediately as described by Deeming (1997). Each eggs was numbered and identified with a permanent marker. Eggs were stored for up to 7 days in a clean storage room at 18°C and 69% relative humidity as recommended by Gonzalez et al., (1999).

Egg Incubation:

- Eggs were set in metal – farmed egg trays in a vertical position placed in a commercial multistage incubator with a maximum capacity of 500 ostrich eggs. Eggs were artificially incubated at 36.5 °C and 25% RH and were turned 90° every 3 hours (8 times a day) up to 39 days. Eggs were candled at 14, 21 and 39 days of incubation and unfertile eggs were excluded. On day 39, the fertile eggs were transferred to plastic hatcher baskets in the hatcher up to 45th day. The temperature and humidity profile during hatch were 36 °C and 40% RH. Eggs were candled and checked during hatching period. Eggs were allowed to hatch as possible, although some chicks which had piped were helped by using the method described by Deeming et

al., (1993).

The following parameters were measured on each egg:

Egg Weight: the egg weight at day 1 of incubation (at the time setting) was recorded with an electronic digital balance with accuracy of ±..01g.

Egg Size: The egg maximum length (long axis, L) and width (short axis, W) were measured in cm by using caliber (1 mm accuracy).

Egg Fertility: Fertility was calculated by the following formula:

(All setting eggs – Infertile eggs)

Fertility % = ―――――――――――― X 100

All setting eggs

Egg hatchability %: Hatchability (%) from fertile eggs were calculated by the following equation:

Number of hatched eggs

Hatchability % = ―――――――――――――――― X

100

Number of fertile eggs

Percentage of egg weight loss during incubation:

Percentage of egg weight loss (EWL%) during incubation was determined according to Gonzatez et al., (1999) by the following formula:

(Egg weight day1 – Egg weight day 40)

EWL % = ―――――――――――― X 100

Eggs weight day 1

Egg shell parameters:

- At the end of incubation period (45 days) the fertile eggs were classified into two groups; hatched and non-hatched eggs. The eggs shells of each group were collected, cleaned of adhering shell membrane washed with distilled water to remove all albumin and dried over night at 60 °C then ached. The following parameters were determined:

Eggshell percent:

- The eggshell percent was calculated according to equation of Christensen et al (1996).

$$\text{Egg shell \%} = \frac{\text{Egg shell weight}}{\text{Eggs weight}} \times 100$$

Christensen, V. L., Davis, G.S., and Lucore, L.A. (1996). Eggshell conductance and other functional qualities of astrihc eggs. Poult. Sci., 75: 1404-1410.

Egg shell porosity:

- Egg shell porosity was determined by averaging pore count obtained from discretionary sampling at 5 independent 1cm2 sites on an egg surface. The sites were chosen approximately equidistant along the equator to better visualize and facilitate a more accurate counting of porosity. Each selected site was dyed with a food-gard blue dye, before counting. A clear dichotomy of pore size, small and large, was observed according to Gonzatea et al., (1999).

Egg shell thickness:

- Egg shell thickness was obtained by averaging thick measurement made at the same five shell sites used to determined porosity. A slip clutch micrometer was used to make individual thick estimate to the nearest..01 mm.

Egg shell mineral content:

- The egg shell contents of Ca, Mg, Zn and Mn, were determined by using Atomic Absorption Spectrophotometer (Buck Scientific, Model 210 VGP). Shell P was determined using the calorimetric technique of Goldenberg and Fernandez (1966).

Post-hatch chisck`s weight:

- Post-hatch chicks were weighed just after completely hatched using an electronic balance accurate to ±..01 g. the non-hatched eggs were opened at the 43rd day when candling revealed that the chick was died and weighed after removal of all membranes.

Deeming, D.C. (1997). Ratite egg incubation. A practical Guide. Ratite Conference, Buckingjam shire., UK.

Gonzalez, A., Satterlee, D. G., Moharerm F., and Cadd. (1999). Factors affecting astrish egg hatchability. Poult. Sci., 78: 1257-1262.

Goldenberg, J., and Fernandez, A. (1966). A implified method for estimation of inorganic phosphorus in body fluids. Chin. Chem. 12:871-876.

(٥) قياس الحرارة والرطوبة في الحيوان

- Ambiement templerature (Ta) and relative humidity (RH%) were recorded simultaneously while measuring the physiological responses using the method described by hertig (1968). The temperature-Humidity index (THI) was calculated from ta and RH according to Hahn et al. (2003):

THI = ((TDB*1.8)+32)-((0.55*(RH/100)))*(TDB*1.8)+32-58).

Where:

TDB = Dry bulb temperature in °C.

RH= Relative humidity in %.

- The physiological parameters were taken twice daily, at maximum Ta from 12.00 to 14.00 and at minimum Ta at night from.5.00 to.7.00. Rectal temperature (RT, °C) was measured

using a clinical thermometer. Skin temperature (ST, °C), ear temperature (ET, °C) and coat surface temperature (CST, °C) were measured using the Minolta/Land Cyclops Compac 3 portable infrared thermometer. Respiration rate (RR) was measured by counting the flank movements in one minute. Respiratory minute volume as I/minute (GV) was measured by Dry Gas Meter. Tidal volume was calculated by diving GV/RR. Heat production (HP), measured as fasting metabolic rate, Kcal/BW0.75 Per day, was calculated using the equation of Brouwer (1965). The measurement of oxygen consumption (VO2) and carbon dioxide production (VCO2) were made using the open-circuit technique according to Yousef and Dill (1969). Oxygen consumption was calculated from the oxygen dficit in expired air using oxygen analyzer (Servomex 570). The rate of carbon dioxide production was calculated from the CO2 increased in expired air obtained from infrared GAS Analyzer (Model-AR-411). hertig (1968).

Brouwer, E., (1965). In energy metabolism (ed). K.L. Blaxter, PP. 441-443. Proceedings of 3rd symposium of Energy Metabolism. London, Academic Press.

Hahn, G. L., T.L. Mader and R.A. Eigenberg, (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. Interactions between climate and animal production. EAAP Technical Series No. 7, 31-45.

Yousef, M. K. and Dill, (1969). Energy Expenditure in desert walks: man and Burro, Equus asinw. J. Appl. Physiol., 27: 681.

- Temperature humidity index (THI) is commonly used as an indicator of the degree of climatic stress on animals where a THI of 72 and below is considered as no heat stress (cool), 73-77 as mild heat stress, 78-89 as moderate and above 90 as severe (Fuquay, 1981).

- Rectal temperature (RT, °C) was measured using a clinical

thermometer, THI was calculated based on Thorm (1959) equation. Respiration rate (RR) was measured by counting the flank movements in one minute. Respiratory minute volume (Mv, I/ minute) was measured by Dry Gas Meter. Tidal volume was calculated by dividing GV/RR. Heat Production (HP) (measured as fasting metabolic rate, kcal/BW0.75 per day) was calculated using the equation of Brouwer (1965). the measurement of oxygen consumption (VO2) and carbon dioxide production (VCO2) were made using the open-circuit technique according to Yousef and Dill (1969). Oxygen consumption was calculated from the oxygen deficit in expired air using oxygen analyzer (Servomex 570). The rate of carbon dioxide production was calculated from the CO2 deficit in expired air obtained from infrared Gas Analyzer (Model-AR-411).

- Bligh and Johnson (1973) defined the UCT as the ambient temperature above which thermoregulatory evaporative heat loss processes of a resting thermoregulating animal are recruited. They defined TNZ as the range of ambient temperature within which metabolism rate is at a minimum, and within which temperature regulation is achieved by nonevaporative physical processes alone.

Bligh, J. and Johnson, K. G., (1973). Glossary of terms for thermal physiology. J. Apple. Physiol., 35:941-961.

Brouwer, E., (1965). In energy metabolism (ed). K.L. Blaxter, PP. 441-443. Proceedings of 3rd symposium of Energy Metabolism. London, Academic Press.

Fuquay, J. W., (1981). Heat stress as it affects animal production. J. Animal Sci. 52, 164-169.

Yousef, M. K. and Dill, (1969). Energy Expenditure in desert walks: man and Burro, Equus asinw. J. Appl. Physiol., 27: 681.

- Rectal (RT). Skin (ST) and ear (ET) temperatures were measured using telethermometer (Model 43 TD, Yellow Springs Instrument Co. Ohio, USA). Respiration rate (RR) was

measured by counting flank movements per minute. Respiratory minute ventilation (MV) was measured by a wet test meter (Model GCA/Precision Scientific), from which tidal volume (TV) was calculated (MV/RR). The rate of oxygen uptake (VO2) was measured using Taylor servomex (Type.A272) and the rate of carbon dioxide output (VCO2) was measured by a carbon dioxide analyzer (Model AR-400). Respiratory gases were collected from each animal using a muzzle-mask technique (Yousef and Dill, 1969). Blood hemoglobin concentration (Hb) and hematocrit (Hct) value were determined according to Bauer (1970). Plasma total protein (TP) according to the Biuret method (Gornall et al., 1949) and albumin (A) by the colorimetric method of Doumas et al., (1971). Plasma globulin (G) was calculated by the subtraction of albumin from total protein. Plasma concentrations of T4 and T3 were measured using RIA kits (Immunotech, A Beckman Coulter Company, France).

Bauer. J.D. (1970). Haematology. Gradwoll Clinical Laboratory Methods and Diagnosis edited by Frankel S. Reiman S. and Sonnen A.C. (The CV Mosby Co., USA). PP. 403-495.

Doumas. B.T., W. A. Watson and H. G. Biggs (1971). Albumen standard and the measurement of serum albumen with bromocresol green. Clin. Chem. Acta. 31:87-96.

Gornall, A. G. C.J Bardawill and M. M. David (1949). Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. J. Biol. Chem., 177:75-79.

Yousef, M. K. and D. B. Dill, (1969). Resting energy metabolism and cardio respiratory activity in the burro, Equus asinus, J. Appl. Physiol., 27:299-232.

دراسات عملية

على التمثيل الغذائي

دراسات عملية على التمثيل الغذائي*

تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية:

المحتويات:

- تعريف الطاقة ووحدات قياسها.
- مسار الطاقة داخل جسم حيوان وحيد المعدة وحيوان مجتر.
- تقدير الطاقة باستخدام المسعر الحراري (تركيب الجهاز، طريقة العمل، المميزات، خطوات الحساب، أمثلة ومسائل).
- **طرق دراسة التمثيل الغذائي (تجارب الهضم):**

  تجارب الهضم In-Vitro & In-Vivo.

  تجارب الهضم Markers & In-Situ.
- **طرق أخذ العينات وحفظها للتحليل:**

  عينات الكرش.

  عينات البول.

  عينات الروث.

  عينات الدم.

  عينات اللحم.

  عينات البيض.

  عينات اللبن.

* إعداد: د. إسلام عماره أستاذ مُساعد تغذية الدواجن، د. عادل عيد، أستاذ مُساعد تغذية الحيوان- د. هانى رمضان، مدرس تغذية الدواجن (قسم الإنتاج الحيوانى- كلية الزراعة- جامعة القاهرة)

- **التمثيل الغذائي وعلاقته بالأمراض:**

تقدير سكر الجلوكوز عمليا– وظائف الكبد، القلب والكلية.

التسمم الناتج عن عمليات التمثيل الغذائي ونزع هذه السمية.

- **الانزيمات والتمثيل الغذائي:**

دراسة نشاط الانزيمات (تعريف نشاط الإنزيم).

- العوامل التي تؤثر على نشاط الإنزيم (تركيز الإنزيم، تركيز مادة التفاعل، تأثير درجة الحرارة، تأثير الوقت، تاثير درجة PH وتأثير المثبط الانزيمى).

١– الهدف من دراسة التمثيل الغذائي للطاقه:

معرفة مدى استفادة الحيوان أو الطائر من الغذاء وبالتالى يمكن المفاضله بين مادتين غذائيتين.

٢– الكشف عن بعض الامراض المرتبطه بالتمثيل الغذائي وبالتالى معرفة الاسلوب الامثل للعلاج.

تعريف التمثيل الغذائي للطاقة:– Metabolism يوجد تعريفين:

الأول: هو جميع العمليات الحيوية التي تتم على الغذاء منذ الدخول عن طريق الفم حتى الخروج من الجسم من خلال المخارج الطبيعية له.

الثانى: يقصد به جميع الخطوات المتتالية للعمليات البيوكيميائية التي تحدث داخل الكائن الحى على الغذاء المهضوم والممتص من خلال عمليتين:

(١) عملية البناء Anabolism:

وهذه العملية عبارة عن بناء مركبات معقدة من مواد أبسط في التركيب، أي أن هذه العملية تحتاج إلى طاقة وتسمى"Endergonic".

(٢) عملية الهدم Katabolism:

وهذه العملية عبارة عن تكسير مركبات معقدة لمواد أبسط في التركيب، أي أن هذه العملية ينتج منها طاقة ويطلق عليها"Exergonic ".

ويتم ذلك في وجود مركبات وسيطة لنقل هذه الطاقة من مكان لآخر بالجسم , وهذين العمليتين يحدثان مع بعض لأن الطاقة الناتجة من الهدم تتجه إلى البناء.

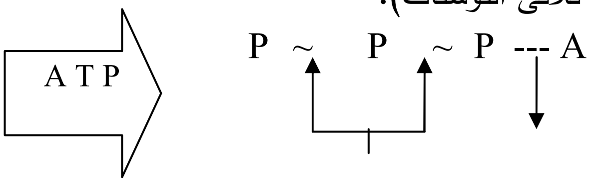
وينتج عن ذلك:

أ) الطاقة التي يستفيد منها الحيوان (حفظ الحياة , الإنتاج).

ب) بعض المواد الضارة بالجسم (اليوريا) يتم التخلص منها بخروجها في البول كما أن هناك مواد أخرى يتم التخلص منها عن طريق العرق أو التنفس.

س.. ما الذى ينقل الطاقة من الهدم إلى البناء ؟!

يتم النقل عن طريق مركبات ناقلة للطاقة تسمى بالمركبات الوسيطة ومن اشهرها هو مركب " ATP"(أدينوزين ثلاثى الفوسفات).



رابطة عالية الطاقة　　　　رابطة عادية

طاقتها ١٣٠٠٠ ك ك　　١٣٠٠٠　　طاقتها ٢٠٠٠ ك ك

** وإذا تم حرق الـ ATP يعطى ٢٨,٠٠٠ كيلو كالورى أي مجموع طاقة هذه الروابط.

تقدير الطاقة

الطاقة ليست مركب غذائى ولكنها خاصية من خواص مواد العلف المحتوية عليها عند أكسدتها خلال عمليات التمثيل الغذائي، ومحتوى الطاقة في مواد العلف أو في العليقة الكاملة يمكن أن يعبر عنه بطرق مختلفة تتضمن وحدات القياس لكل شكل من الأشكال المقدره للطاقة (مثل الطاقة المهضومة أو الطاقة الممثلة..) ولأن الطاقة الممثلة تعتبر هي الشائعة أو المستخدمة لتقدير الطاقة المتاحة بالنسبة للدواجن فهناك عدد من الطرق لتقديرها وذلك عن طريق التقدير الحيوى المبنى على تحليل الغذاء والروث.

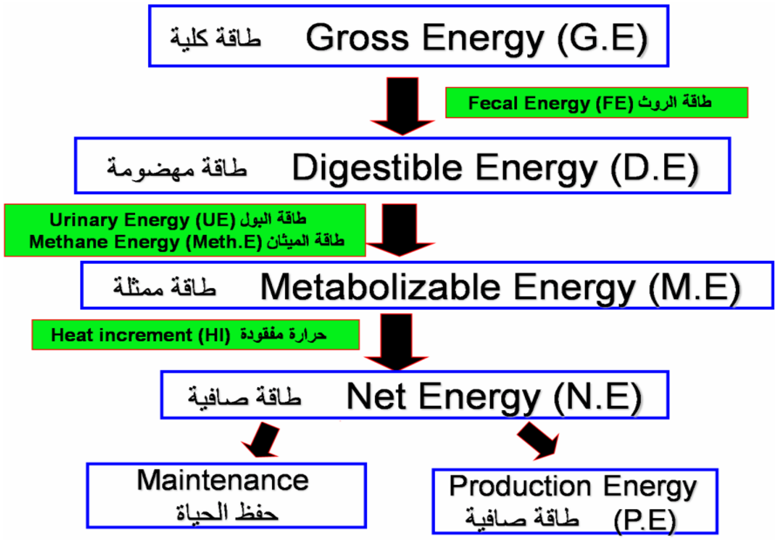
– تعريف الطاقة

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل وهي اللازمة لإتمام الحياة.
- كل مكونات الغذاء تستهدف في إنتاج.

مصادر الطاقة:

- الكربوهيدرات.
- الدهن.
- البروتين.

يلجأ الحيوان إلى تحويل البروتين إلى طاقة في حالات خاصة.



شكل رقم (٧٤): يوضح مسار الطاقة داخل الجسم

الطاقة الكلية (E Gross energy): هي كمية الحرارة الناتجة عن الحرق الكامل للمادة الغذائية وأكسدة المادة الغذائية بالكامل إلى CO_2، وماء وهي عمومًا تقاس باستخدام ضغط جوى ٢٥- ٣٠ وذلك في جهاز Bomb Calorimeter .

الطاقة المهضومة الظاهرية Apparent digestible energy (DE) وهي ناتج طرح طاقة الغذاء وطاقة الروث.

الطاقة الممثلة metabolizable energy (ME):عبارة عن الطاقة الكلية في الغذاء المستهلك مطروح منها الطاقة الكلية في الزرق (البول + الروث) وكذلك الإنتاج الغازى نتيجة عملية الهضم ويلاحظ في الدواجن أن الإنتاج الغازى يهمل ولكن يلاحظ في الحيوانات ينتج غاز الميثان المحتوى على طاقة.

الطاقة الصافية Net energy (NE) : عبارة عن الطاقة الممثلة مطروح منها الطاقة المفقودة داخليًا heat increment والطاقة الصافية (NE) تتضمن الطاقة اللازمة لحفظ الحياه فقط (ME) أو الطاقة اللازمة لحفظ الحياة والطاقة الإنتاجية (ME + PE).

تقسيم الطاقة في الغذاء Disposition of dietary energy:

الشكل التالى يوضح أقسام الطاقة المختلفة حيث أن الطاقة تقسم إلى مراحل مختلفة ومثال على ذلك تغذية دجاجة على ١ كيلو جرام مادة غذائية تحتوي على طاقة كلية ٤٠٠٠ كيلو كالورى.

حيث يلاحظ في الشكل التالى أن جزء حوالى ٢٩٠٠ قادر الطائر على تمثيله وحوالى ٢٣٠٠ كيلو كالورى متاح لحفظ المياه والانتقال بين خلايا أنسجة الجسم والبيض (الطاقة الصافية) كما في الشكل التالى:

البيض والأنسجة	الطاقة اللازمة لحفظ الحياة	الطاقة المفقودة داخليًا	بول	روث
٨٠٠	١٥٠٠	٦٠٠	٣٠٠	٨٠٠
٤٠٠٠ كيلو كالورى طاقة كلية				
٣٢٠٠ كيلو كالورى طاقة مهضومة				
٢٩٠٠ كيلو كالورى طاقة ممثلة				
٢٣٠٠ كيلو كالورى طاقة صافية (لحفظ المياه + الانتاج)				

شكل رقم ٧٥ يوضح تقسيم الطاقة فى الغذاء

تقدير الطاقة الممثلة:

يتم تقدير الطاقة الممثلة بعده طرق حيويه:

حيث يتم حساب كمية العليقة المأكولة وكذلك يتم تجميع الروث لفترة تتراوح ما بين ٢–٥ أيام. ويتم تقدير الطاقة الممثلة من خلال التقدير الفعلى لكمية الغذاء المأكول وكذلك الروث والإفرازات الخارجة.

أو يتم تقديرها بتقدير النسبة بين المادة الجافة المأكولة وبين الإفرازات الخارجة بإستخدام دليل مثل أكسيد الكروم CrO_3 إلا أن هذه الطريقة بإستخدام الدليل قد تؤدى إلى بعض الإنحرافات عند تقدير قيم الطاقة المُمثلة.

هناك طريقة حساب الطاقة الممثلة بإستخدام معادلات التنبؤ.

صور الطاقة:

١) الطاقة الضوئية:

الأساس فيها الشمس حيث تعتبر المصدر الأول للطاقة وتتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية بصورة عالية جدًا أثناء عملية البناء الضوئى في النبات.

مثال: لتكوين ١ مول من السكر يلزمه كمية من الضوء تعادل ٤٨ كوانتم"Quantum"والسكر المتكون يمكن أن يستفيد منه الكائن الحى في العمل الميكانيكى أو نقل النبضات الكهربية...... إلخ.

٢) الطاقة الكهربية: مثل الموجودة في العصب البصرى.

٣- الطاقة الصوتية: مثل التي تنتج في عظام الأذن الوسطى.

٤- الطاقة الإشعاعية: تتكون نتيجة لتغير الجزيئات أو الأيونات.

٥- طاقة الغذاء: حيث تستخدم الغذاء كمصدر للطاقة.

٦- الطاقة الكيميائية: نتيجة للتفاعلات الكيميائية وعلى ذلك تنقسم التفاعلات الكيميائية إلى:-

أ) تفاعل ماص للحرارة: Endergonic

ويسمى تفاعل بناء $A + Energy \xrightarrow{Endergonic} B$

وهنا طاقة A أقل من طاقة B

ب) تفاعل طارد للحرارة: Exergonic

ويسمى تفاعل هدم $A \xrightarrow{Exergonic} B + Energy$

وهنا طاقة A أكبر من طاقة B

ج) تفاعل متزن: Equilibrium

ومثل هذه التفاعلات طاقة A تساوى طاقة B.

طرق التعبير عن الطاقة

١- بالنسبة للمجترات:

Starch value = S.V معادل النشا.

Total Digestible Nutrients = TDN المركبات الكلية المهضومة.

TDN = (Digestible Fat *2.25) + (Digestible Protein*1) + (Digestible Fiber + Digestible Nitrogen Free Extract *1)

SV = (Digestible Fat *2.20) + (Digestible Protein*1) + (Digestible Fiber *0.94) + (Digestible Nitrogen Free Extract *1)

S.V = TDN *0.95

TDN= SV *1.05

علل:قيمة الـ S.V أقل دائما من قيمة TDN.

لانه يتم خصم مجهود هضم الألياف منه.

٢-بالنسبة للطيور الداجنة:-

ME الطاقة القابلة للتمثيل (الطاقة الممثلة).

٣-بالنسبة للأرانب:-

DE الطاقة المهضومة أو الطاقة الممثلة.

الوحدات المستخدمة في قياس الطاقة:

الكالورى:- هي كمية الحرارة الأزمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية ١٤.٥°- ١٥.٥° مئوية.

كيلو كالورى = ١٠٠٠كالورى.

ميجا كالورى = ١٠٠٠ كالورى – مليون كالورى = ا ثيرم Therm.

الجول Jule: وهو وحدة كهربية وهو عبارة عن كمية الحرارة اللازمة لزيادة سرعة كتلة مقدارها ١ جرام ١سم/ثانية.

حيث أن الجول = ا فولت * ا أمبير * ا ثانية

والكالورى = ٤,١٨٥ جول وبالتالى الجول يساوى0.239 كالورى.

تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية: Energy metabolism in relation to nutrition

- تمثيل الطاقة Bioenergetics:عمليات نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها ويدرس هذا المصطلح بعدة طرق:

الكيمياء الحيوية Biochemical: وهو يهتم بنقل الطاقة الحرة الناتجة من التفاعلات الكيميائية التي تتم داخل الكائن الحى.

الفسيولوجى Physiological: وهو يهتم بدراسة الناحية الهرمونية العصبية مثل تنظيم درجة الحرارة وتركيز السكر أو أي مادة أخرى قابلة للتمثيل داخل الجسم.

ج) التغذية Nutritional: يهتم بتوقعات إحتياجات الكائن الحى للطاقة وتقدير إحتواء مواد العلف المختلفة من الطاقة لمواجهة هذه الإحتياجات.

أ – حساب الطاقة بطريقة غير مباشرة:

- وذلك عن طريق حساب كلاً من TDN أو SV ثم منها يتم حساب التالى:

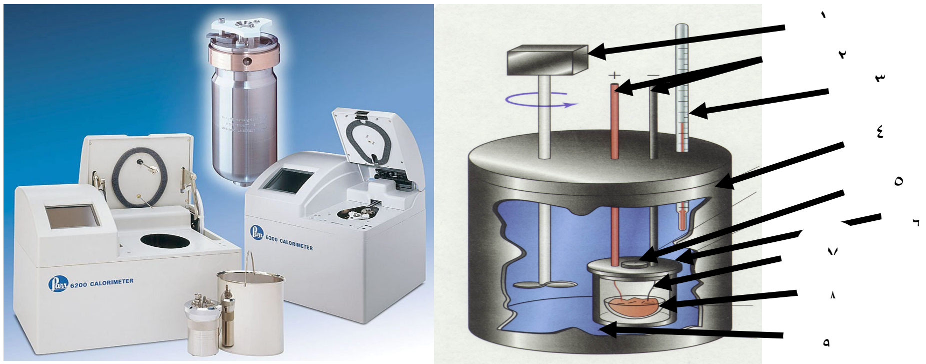
$$ME = TDN * 4.200$$
$$= SV * 3.761$$
$$= 0.63 \text{ of } GE$$

- كم أنه توجد علاقة بين الطاقة الممثلة ME والطاقة الإنتاجية PE وهي:

$$PE = 0.65 \text{ of } ME$$

(ب) تقدير الطاقة في عينة من (مادة علف – زرق – روث – بول – لبن- ميثان) بطريقة مباشرة

يتم التقدير بواسطة المسعر الحراري Bomb Calorimeter



١٠ ←قطاع طولى في المسعر الحراري

شكل ٧٦ يوضح جهاز المسعر الحراري إلى اليسار وإلى اليمين قطاع طولى في المسعر الحراري

١. موتور (محرك كهربى).
٢. بطارية (مصدر للتيار الهربى).
٣. ترمومتر باكمان.
٤. القميص الخارجى.
٥. فتحة ضخ الكسجين.
٦. بمبة المسعر.
٧. السلك الذى يولد الشرارة الكهربية اللازمة لحرق العينة.
٨. بوتفة إحتراق.
٩. وعاء التسعير به ماء.
١٠. قطاع طولي في المسعر الحراري.

خطوات العمل:

توزن عينة من الغذاء أو الزرق المجفف أو الروث في حدود ١جم.

تكبس العينة في المكبس الآلي لتصبح في صورة قرص ثم توزن بالضبط ثم يلف حوله سلك من البلاتين ثم يوضع في البوتقة.

توضع البوتقة داخل البومبة ويوصل طرفي السلك البلاتين بقطبي مصدر كهربي.

يملأ الإناء الداخلي بحوالى٢ لتر من الماء المقطر البارد ثم يغلق من أعلى.

يمرر تيار من الـ O_2 إلى داخل الإناء تحت ضغط ٢٠- ٢٥ ضغط جوى.

يفرغ الماء البارد داخل الإناء بالمقلب وتلاحظ درجة حرارة الماء باستخدام الترمومتر الذي يجب إلا يلامس الجدار الداخلي خوفا من كسره.

يوصل التيار الكهربي فتحدث شرارة كهربائية فينصهر على أثارها سلك البلاتين وبالتالي تحترق العينة وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة الماء.

باستخدام ساعة إيقاف تعطى رنين كل ٣٠ ثانية تسجل درجة حرارة الماء مع كل رنين باستخدام ترمومتر باكمان حتى الوصول إلى درجتين متتاليتين متساويتين.

مراحل الحساب:

١- المرحلة الإبتدائية:

عبارة عن ٦ قراءات

٢- المرحلة الأساسية:

عبارة عن عدة قراءات يتحدد عددها بالوصول إلى قراءتين متتاليتين متساويتين علما بان أول قراءة في هذه المرحلة هي أخر قراءة في المرحلة التمهيدية.

٣- المرحلة النهائية:

تتكون من ٦ قراءات والقراءة الأولى هي الأخيرة في المرحلة الأساسية.

*- ملحوظة:-

كل قراءة تمثل ارتفاع أو انخفاض في حرارة الماء داخل الإناء نتيجة احتراق العينة.

خطوات الحساب:

١- (المرحلة الإبتدائية):

t (متوسط القراءات)= $\frac{\text{مجموع القراءات الستة}}{٦}$

V (إنحراف القيم)= $\frac{\text{القراءة الأخيرة – القراءة الأولى}}{٥}$

n = عدد قراءات المرحلة الأساسية ماعدا الأولى والأخيرة.

$$nt = n * t$$

$$nv = n * v$$

٢ – المرحلة الأساسية:

T= مجموع قراءات المرحلة الأساسية ماعدا الأولى والأخيرة + متوسط القراءة الأولى والأخيرة – nt.

$$T = \frac{\Sigma t - (T0 + Tn) - nt}{2}$$

٣- المرحلة النهائية:-

t= $\frac{\text{مجموع القراءات الستة}}{٦}$

v = $\frac{\text{القراءة الأولى – القراءة الأخيرة}}{٥}$

– خطوات الحساب:

$$K = \frac{(v` - v)}{(t` - t)}$$

عامل تصحيح الماء Cooling Correction (CC)= TK + NV

١. الإرتفاع الملحوظ= tn–t5

٢. الزيادة المصححة =الإرتفاع الملحوظ (1) + (CC)
٣. التغير في حرارة البمبة= الزيادة المصححة * المكافئ المائى للمسعر
٤. التغير في حرارة الماء = الزيادة المصححة × وزن الماء
٥. معامل التصحيح للأحماض والسلك
٦. القيمة الحرارية الحقيقية = التغير في حرارة البمبة + التغير في حرارة الماء – معامل التصحيح للأحماض والسلك
٧. حرارة ١ جم = القيمة الحرارية الحقيقية / وزن العينة
٨. حرارة ١ جم مادة جافة تماماً= حرارة ١ جم × مقلوب المادة الجافة

ملحوظة:

يجب أن تجرى هذه التجربة عدة مرات وأخذ رقم متوسط.

أسئلة:

أذكر وظيفة كلاً من:

كريات الفلين: تعمل كعازل.

ترمومتر باكمان: قياس التغير في درجة حرارة الماء.

الترمومتر العادى: قياس الفقد الحراري أثناء احتراق العينة.

الموتور: تجانس درجة حرارة الماء المحيط بالبومبة (٢ لتر ماء).

سلك البلاتين: يولد أول شرارة لاحتراق العينة.

– فائدة المرحلة الإبتدائية والنهائية:

– تصحيح للحسابات:فقد الحرارة من البمبة يمكن معرفته وإضافته للبمبة (المرحلة النهائية) والعكس عند إكتساب البمبة حرارة من الجو فتطرح من حرارة البمبة (المرحلة الإبتدائية)

– المكافئ المائى للمسعر:

– كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة المسعر درجة واحدة مئوية وهو رقم ثابت (٤٤٠).

– ويتم تقديره بحرق وزن معلوم من مادة معلومة المحتوى من الطاقة مثل حامض البنزويك أو السلسيليك.

– البنزويك الجرام الواحد ٦,٢٢٧ ك.ك

– السلسيليك الجرام الواحد ٤,٦٥ ك.ك

– معامل تصحيح حامض الكبريتيك، النيتريك، السلك السليولوزى:

– تعطى كثوابت ويتم تخصيمها من حرارة البمبة.

تقدير الطاقة في المادة السائلة

١– بإستخدام ورقة الترشيح:

وزن ورقة الترشيح.

حرقها لمعرفة طاقتها.

نحضر ورقة الترشيح وينقط عليها المادة السائلة (لبن – بول –.......).

حرقها وحساب طاقتها (وذلك بتجفيف ورقة الترشيح بالعينة).

طاقة العينة السائلة = الطاقة الكلية – طاقة ورقة الترشيح.

٢– بإستخدام أقراص من النشا:

أقراص النشا معروفة الطاقة (ا جم نشا يعطى ٤,٥ ك.ك).

يؤخذ وزنة معينة من النشا في صورة قرص.

ينقط عليها المادة السائلة.

تجفف ثم تحرق.

طاقة العينة السائلة = الطاقة الكلية – طاقة قرص النشا.

مثال ١: عند تقدير الطاقة الكلية في عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة في ١٠٠ جم جافة تمامًا من العينة في ضوء المعلومات التالية:

	P1		P2		P3
0	1.14	5	1.70	0'	2.43
1	1.14	6	1.90	1'	2.42
2	1.60	7	2.22	2'	2.40
3	1.60	8	2.25	3'	2.39
4	1.70	9	2.29	4'	2.38
5	1.70	10	2.30	5'	2.38
		11	2.35		
		12	2.37		
		13	2.40		
		14	2.42		
		15	2.43		
		16	2.43		

% Secondry Moisture % الرطوبة الثانوية = 10.0

Sample weight (SW) وزن العينة = 2.0

Water Equilibirum (WE) المكافئ المائى للمسعر = 440

Correction of acid & wire © = عامل تصحيح الحامض والسلك = 500

Weight of Water (WW) وزن الماء = 2000

t =	1.48	n =	10	t' =	2.40
v =	0.112	T =	10.20	v' =	0.010
nt =	14.80	K =	-0.111		
nv =	1.120				

١- معامل تصحيح التبريد= nv + TK = Cooling Correction   -0.010

٢-الإرتفاع الملحوظ =Observed Rise = tn - t5   0.73

٣ الإرتفاع المصحح = Corrected Rise = ١ + ٢   0.720

٤- التغير في حرارة البمبة = Heat Developed in Calorimeter الخطوة رقم ٣ * WE =   317

٥- التغير في حرارة الماء = Heat Developed in Water الخطوة رقم ٣ *WW =   1439.4

٦- القيمة الحرارية الحقيقية = True Calorific Value =٤+٥- © =   1256.0

٧- حرارة ١ جرام = Calorific Value per gram =٦/ SW =   628.0

٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تمامًا Calorific Value per gram DM =٧*(١٠٠/١٠٠-moisture%) =   697.8

٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تمامًا Calorific Value per 100 gram DM = ٨ × ١٠٠ =   69779.5

مثال ٢: عند تقدير الطاقة الكلية في عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة في ١٠٠ جم جافة تمامًا من العينة في ضوء المعلومات التالية:

P1		P2		P3	
0	1.50	5	1.80	0'	2.50
1	1.50	6	1.90	1'	2.49
2	1.70	7	2.00	2'	2.48
3	1.75	8	2.10	3'	2.46
4	1.80	9	2.20	4'	2.45
5	1.80	10	2.30	5'	2.45
		11	2.35		
		12	2.38		
		13	2.40		
		14	2.45		
		15	2.50		
		16	2.50		

للرطوبة الثانوية% % Secondry Moisture			=		15.0
وزن العينة Sample weight (SW)			=		1.5
المكافئ المائى للمسعر Water Equilibirum (WE)			=		440
معامل تصحيح الحامض والسلك Correction of acid & wire ©			=		500
وزن الماء Weight of Water (WW)			=		2000
t =	1.68	n =	10	t' =	2.81
v =	0.060	T =	7.98	v' =	0.010
nt =	16.75	K =	-..044		
nv =	0.600				

١- معامل تصحيح التبريد Cooling Correction= nv + TK = 0.247

٢-الإرتفاع الملحوظ Observed Rise = tn - t5 = 0.70

٣- الإرتفاع المصحح Corrected Rise = ٢ + ١ = 0.947

٤- التغير في حرارة Calorimeter = ٣ * WE = 417

٥- التغير في حرارة الماء Heat Developed in Water =٣ * WW = 1893.8

٦- القيمة الحرارية الحقيقة True Calorific Value= ٤+٥- © = 1810.4

٧- حرارة ١ جرام = Calorific Value per gram =٦/ SW = 1207.0

٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تمامًا Calorific Value per gram DM

=٧*(١٠٠/١٠٠-moisture%) = 1420.0

٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تمام Calorific Value per 100 gram

DM = ٨ ×١٠٠ = 141995.5

مثال ٣: عند تقدير الطاقة الكلية في عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة في ١٠٠ جم جافة تمامًا من العينة في ضوء المعلومات التالية:

	P1		P2		P3
0	2.41	5	2.46	0'	3.00
1	2.42	6	2.50	1'	2.99
2	2.43	7	2.60	2'	2.98
3	2.45	8	2.65	3'	2.97
4	2.46	9	2.70	4'	2.96
5	2.46	10	2.80	5'	2.85
		11	2.90		
		12	2.95		
		13	2.97		
		14	2.99		
		15	3.00		
		16	3.00		

رطوبة الثانوية % Secondry Moisture = 20.0

وزن العينة Sample weight (SW) = 1.80

المكافئ المائى للمسعرWater Equilibirum (WE) = 500

معامل تصحيح الحامض والسلك Correction of acid & wire © = 600

وزن الماء Weight of Water (WW) = 2000

t =	2.44	n =	10	t' =	2.98
v =	0.010	T =	6.41	v' =	0.008
nt =	24.38	K =	-..004		
nv =	0.100				

١- معامل تصحيح التبريد Cooling Correction= nv + TK = 0.076

٢-الإرتفاع الملحوظ Observed Rise= tn - t5 = 0.54

٣- الإرتفاع المصحح Corrected Rise = ٢ + ١ = 0.616

٤- التغير في حرارة البمبة Heat Developed in Calorimeter =٣ * WE = 308

٥- التغير في حرارة الماء Heat Developed in Water = ٣ * WW = 1232.4

٦- القيمة الحرارية الحقيقيةTrue Calorific Value = ٤+٥- ©= 940.5

٧- حرارة ١ جرام Calorific Value per gram =٦/ SW = 522.5

٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً Calorific Value per gram DM

=٧*(١٠٠/١٠٠-moisture%) = 653.1

٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً Calorific Value per 100 gram DM

=٨ × ١٠٠ = 65312.2

مثال ٤: عند تقدير الطاقة الكلية في عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة في ١٠٠ جم جافة تماماً من العينة في ضوء المعلومات التالية:

P1		P2		P3	
0	0.95	5	0.99	0'	1.52
1	0.96	6	1.00	1'	1.51
2	0.97	7	1.20	2'	1.50
3	0.98	8	1.30	3'	1.49
4	0.99	9	1.35	4'	1.47
5	0.99	10	1.80	5'	1.47
		11	1.42		
		12	1.43		
		13	1.46		
		14	1.50		
		15	1.52		
		16	1.52		

%للرطوبة الثانوية % Secondry Moisture = 8.0

وزن العينة Sample weight (SW) = 3.00

المكافئ المائى للمسعر Water Equilibirum (WE) = 450

معامل تصحيح الحامض والسلك Correction of acid & wire © = 550

وزن الماء Weight of Water (WW) = 2000

t =	0.97	n =	10	t' =	1.49
v =	0.008	T =	5.50	v' =	0.010
nt =	9.73	K =	-0.004		
nv =	0.080				

١– معامل تصحيح التبريد	= Cooling Correction = nv + TK =	0.101
٢–الإرتفاع الملحوظ	= Observed Rise = tn - t5 =	0.53
٣– الإرتفاع المصحح	= Corrected Rise = ١ + ٢ =	0.631
٤– التغير في حرارة البمبة	= Heat Developed in Calorimeter = WE*٣ =	284
٥– التغير في حرارة الماء	= Heat Developed in Water = WW*٣ =	1262.3
٦– القيمة الحرارية الحقيقية	= True Calorific Value = ٤+٥– © =	996.3
٧– حرارة ١ جرام	= Calorific Value per gram = SW /٦ =	332.1
٨– حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً Calorific Value per gram DM	=٧*(١٠٠/١٠٠–moisture%) =	361.0
٩– حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً Calorific Value per 100 gram DM	=٨ *١٠٠ =	36099.4

مثال ٥: ضع مثال من عندك افترض فيه قراءات الترمومتر في المراحل المختلفة وافترض كلًا من:

معامل التصحيح.

المكافئ المائي للمسعر.

حجم الماء المستخدم.

% للرطوبة الثانوية.

طرق دراسة التمثيل الغذائي للطاقه:

– هناك عدة طرق للدراسه منها:

(١) معاملات الهضم ومنها:

(أ) In-vivo ⟵ دراسه تتم على الحيوان نفسه.

(ب) In-vitro ⟵ دراسه تتم في المعمل في ظروف مشابهة لجسم الحيوان.

(ج) In-situ ⟵ دراسه تجمع بين الطريقتين السابقتين.

(د) Marker ⟵ المرقم.

(٢) قياسات الكرش:

- الأحماض الدهنيه الطيارة: ناتج هضم الكربوهيدرات.
- الامونيا:ناتج هضم البروتين.
- الـ PH: مؤشر لحموضة الكرش.

(٣) قياسات الدم:

تقدير المكونات الخلويه (الهيماتوكريت).

تقدير الهيموجلوبين.

تقدير البروتين الكلى "TP"

تقدير وظائف الكبد.

تقدير GOT – GPT، ALT-AST

تقدير الالبيومين"A ".

تقدير الجلوبيولين "TP – A = G".

وظائف الكلية.

الكرياتين والكرياتينين.

(٤) النظائر المشعة:

هي عناصر ذات طاقه إشعاعيه معينه يمكن الكشف عنها ومن هذه العناصر C14, Ca45, N14 كما إنه يتمكن تتبعها، وهي افضل الطرق في التمثيل الغذائي للعناصر المعدنيه ويعاب عليها:

أ) صعوبة وغلاء الامكانيات المطلوبه.

ب) بعض الاخطار الاشعاعيه. ومن أشهرهذه الطرق [RIA] Radio Immuno Assay.

(٥) دراسة صفات الذبيحه:

مثل دراسة التصافي والتشافي ونسبة الدهن، ونسبة البروتين،.......... وتختلف هذه الدراسه بإختلاف نوع الحيوان.

أ) تحليل الذبيحه كلها: في الفئران، الكتاكيت، والدجاج، والسمك.

ب) النصف الطولى للذبيحه: في المجزات الصغيره (الاغنام والماعز).

ج) الثلاث ضلوع الأخيرة والعضلة العينية , والتى تمثل الجسم كله للمجترات الكبيرة (اللأبقار والجاموس).

- والان سيتم دراسة كل طريقة على حده من هذه الطرق السابقة:

معاملات الهضم:

(ا) **تجربة الـ In-vivo**: أو طريقة In-vivo ← طريقه مباشرة / طريقه غير مباشرة

- يتم فيها إجراء تجارب الهضم والنمو وتحليل الذبيحة.

* بالنسبه لتجارب الهضم:-

- تتم مثل هذه التجارب في صناديق الهضم في تجربة هضم تستمر لمدة شهر

* نوع الحيوان المختبر:-

- فئران - خنازير غنينا - الاغنام - الماغز - الابقار - الجاموس - الجمال

* مواصفات الحيوان:-

- ذكر مخصى ولكن في الجمال لا يفضل الذكور وذلك لان العضو الذكرى قريب من فتحة إخراج الروث

*** الهدف من إجراء تجارب الهضم:-**

تقدير معاملات الهضم للمواد المختبرة وقيمتها الغذائيه.

تقدير الموازين الغذائيه للوصول لافضل النتائج مثل تقدير ميزان الازوت وميزان الكربون.

تقدير موازين العناصر المعدنيه.

تقدير بعض قياسا ت الكرش والدم وتحليل الذبيحه.

* عيوب هذه الطريقه:-

- تستغرق وقت طويل حوالى شهر وذلك لوجود طورين (الطور التمهيدى والطور الرئيسى)

** ملحوظة:يتم معرفة أو الرجوع إلى كيفية اجراء التجربة ومعرفة طريقة الحساب .

س:ماهي العينات التي تؤخذ في تجارب الـ In – vivo وطرق أخذها وما يقدر بها ؟... يوضح ذلك في الجدول رقم (٩٥) التالى:

نوع العينة	طرق أخذ العينة	مايقدر بالعينة
١) الروث	- من خلال صندوق الهضم - Bags - Swapm جهاز يدخل في مستقيم الحيوان ويتم أخذ العينة.	-الرطوبة - الرماد (السليكا) - الألياف - البروتين - الدهن - NFE المستخلص الخالى من الازوت"
٢) البول	- زجاجات جمع البول - الاسترة:عن طريق تركيب أنبوبة في المثانة البولية	- النتروجين - اليوريا - العناصر المعدنية مثل Fe , Cu في صورة نقية.

٣) سائل الكرش	– اللى المعدى stomach tube – فاستيولا الكرش حيث يتم عمل فتحة في كرش الحيوان	– الامونيا - NFA الأحماض الدهنية الطيارة
٤) الدم	– في المجترات.. من الوريد الوداجى. – الارانب..كمية الدم صغيرة تؤخذ من صوان الاذن ولو كبيرة تؤخذ بالذبح – في الدواجن.. بالذبح أو عن طريق وريد الجناح أو القلب	* Hematology وتقدر فيه الهيموجلوبين والمكونات الخلوية (كرات الدم الحمراء , والبيضاء , الصفائح الدموية) * Blood Biochemistry يقدر فيه السيرم لايتم اضافة موانع تجلط وزنك للحصول على السيرم لاجراء التقديرات الأتية...

تقدير الجلوكوز والكلويسترول.

مادة الهيدروجين (للكشف عن نشاط الصفراء).

تقدير الانزيمات الدالة على نشاط الكبد مثل الـS-GOT,S-GPT, وايضا لتقدير اليوريا لتوضيح نشاط الكليتين.

تقدير بعض الهرمونات الموضحة لنشاط بعض الغدد مثل هرمونات T3 , T4 ويوضحا نشاط الغدة الدرقية.

– تعتبر تجارب الـ In-vivo من اكثر الدراسات دقه لتوضيح كمية الطاقه المحتجزه في الجسم.

– في النهايه يوجد معامل الهضم= $\frac{\text{الهضم}}{\text{المأكول}}$ ×١٠٠ وهنا يكون معلوم معامل الهضم للماده الجافه (×)

* هل من خلالها يمكن معرفة معامل الهضم (م. هـ) أي عنصر:

– يمكن ذلك باستخدام المعادله التاليه:

% للعنصر (×) في الروث

معامل هضم العنصر (×) = ١٠٠- (ـــــــــــــــ) (١٠٠- م.هـ الماده الجافه)

% للعنصر (×) في الغذاء

- مثال:إذا كان معامل هضم الماده الجافه ٥٠% ولنسبة الأَلياف في العليقه ٢٠% وفي الروث ٢٥% فما هو معامل هضم الأَلياف ؟

% للالياف في الروث

معامل هضم الأَلياف = ١٠٠- [ــــــــــــــــــــ] [١٠٠- م.هـ الماده الجافه]

% للالياف في العليقه

٢٥

معامل هضم الأَلياف = ١٠٠- (ـــ) (١٠٠- ٥٠)

٢٠

معامل هضم الأَلياف = ٣٧,٥%

- يمكن ايضا من خلال تجارب الـ In-vivo إجراء تحليل للذبيحه كما يلى:

يتم فيها تقدير نسبة التصافي والتشافي وعند الرغبه في التحليل الكيماوي في اللحم فانه يجب اخذ عينه ممثله لجميع اجزاء الحيوان وهي (العضله العينيه) وهي عباره عن الضلوع ٩ و ١٠ و ١١ وتجفف وتطحن ويقدر منها التحليل الكيماوي وهو يستغرق مده طويله.

(٢) طريقة الـ In-vitro:

- اسباب إستخدام هذه الطريقه:

(ا) في حالة اختيار عدد كبير من العينات.

(ب) في حالة قلة عدد الحيوانات لتجارب الهضم"In-vivo".

(ج) لضيق الوقت حيث تستغرق طريقة In-vitro من ٢:٣ ايام.

(د) في حالة استخدام بعض المواد السامه.

ما المقصود بتجارب الهضم الـ In-vitro:

هو توفير ظروف متشابهه لظروف الهضم في جسم الحيوان وهي:

الحراره (٣٨-٣٩م).

التهويه (لاهوائيه).

الحركه (إهتزاز).

تتابع الهضم ⟵ في المجترات (ميكانيكى ثم ميكروبى ثم إنزيمى).

- طرق الـ In-vitro:-

يوجد طريقتين هما:

Batch method

Continous flow method

Batch method: وفيها تحضن الماده المختبره مع سائل الكرش والمحلول المنظم في انابيب خاصه تحت ظروف لا هوائيه (CO_2) ودرجة حراره ٣٨-٤٠م ولمدة ٢٤:٤٨ ساعه.

- ومن عيوب هذه الطريقه:

(ا) تراكم نواتج التمثيل والتخمرات المختلفه دون التخلص منها كما هو الوضع في حالة الكرش الطبيعى مما قد يؤدى إلى تثبيط نشاط الكائنات الحيه الدقيقه.

(ب) لا يتوفر في هذه الطريقه الحركه المستمره كما هو الوضع في حالة الكرش الطبيعى.

Continous flow method:وهي تعديل للطريقه السابقه حيث يتم تدفق المحلول المنظم بصفه مستمره على العينه وبالتالى يتم إخراج نواتج التمثيل والتخمر بصفه مستمره وكذا الحركه المستمره كما هو في حالة الكرش الطبيعى.

- **كيفية الاجراء أو خطوات العمل:**

يتم طحن العينه المراد تقدير معامل هضمها معمليا، حيث تم بالمنخل سعة عيونه ١ميش وفيها يتم تقدير OM،DM .

يؤخذ حوالى ¼ جرام من هذه الماده وتوضع في انبوبه الهضم المعملى ويضاف عليها ٢٠سم من المحلول المنظم الذى يسمى باللعاب الصناعى.

وهذا اللعاب الصناعى عباره عن:

مجموعه من الأملاح يتم إذابتها في لتر من الماء المقطر بحيث تصبح درجة الـPH لهذا المحلول هي ٦,٨ قرب التعادل، ثم يضاف ½ سم محلول يوريا تركيزه (٠.١٢٦ جرام يوريا /اسم ماء مقطر)

يتم اضافة ٥سم من سائل الكرش قريبه من التعادل، اما اذا تغذى على ماده مركزه هذا يجعل الـ PH الكرش حامضى.

علل: يتم استخدام سائل الكرش من تجارب الهضم المعمليه من حيوان تم تغذيته على الدريس؟

وذلك للحصول على سائل الكرش ذو درجه PH قريبه من التعادل.

يتم ضخ كميه من CO_2 في الوسط الموجود داخل الانبوبه مما يجعل الظروف لا هوائيه لكى تكون ملائمه لنشاط الميكروفلورا.

يتم وضع الانابيب في حمام مائى على درجة حراره من ٣٨:٤٠°م ويتم التحضين لمدة ٤٨ ساعه، يتم خلال هذه الفتره إجراء رج الانابيب من فترة إلى أخري، إما باستخدام الهزاز أو بالطريقه اليدويه.

بعد انتهاء ٤٨ ساعه يتم إضافة حولى ٨ سم من محلول HCL تركيزه ١٠% مما يسبب انخفاض درجة الـ PH لتصل إلى ١,٢ فيتوقف نشاط المكروفلورا ثم إضافة كميه من إنزيم الببسين ٠,١ جرام /انبوبه، ثم يتم التحضين للأنابيب على نفس درجة الحراره لمده ٤٨ ساعه لتمام الهضم الانزيمى.

بعد انتهاء فتره التحضين الاخيره يتم ترشيح مكونات الانبوبه على ورقة ترشيح ذو مواصفات خاصه، معلوم الوزن الجاف، ثم بعد ذلك يتم تجفيف ورقه الترشيح ومكوناتها على درجة حراره ٦٠°م لمدة ١٢ ساعه ثم على درجة حراره ١٠٥°م لمدة ٣ ساعات ثم الوزن وبالتالى

يتم تحديد الجزء المهضوم ويطلق على النتيجه [IVDMD] In-vitro Dry Matter Disappearance

خطوات الحساب:

الجزء المتبقى: ← غير المهضوم. ← بعض شوائب الكرش

– يجب وجود ما يسمى بالبلانك" Blank "

حيث تاتى بالأنبوبه ونضع بها كل المكونات فيما عدا العينه ونجرى نفس الخطوات وترشح وتوزن

– صفر ← لا يوجد شوائب

– رقم ← تطرح من الموجود

س ١:ما هي فائدة البلانك في تجارب الـ In-vitro ؟

وذلك للتخلص من الشوائب الموجوده في الكرش عند إجراء الحسابات.

حساب:DM1، OM1:

الماده قبل الهضم تجفف في الفرن ثم توزن فنعرف المتبقى

الوزن المتبقى A= (وزن الورقه + العينه) – وزن الورقه

$$\text{المختفي ظاهريا "DM"} = \frac{\text{DMO} - \text{DM 1}}{\text{DM}} \times ١٠٠$$

$$\text{المختفي حقيقيا} = \frac{\text{المختفي ظاهريا} - \text{البلانك}}{\text{DM 1}} \times ١٠٠$$

$$\text{IVDMD \%} = \frac{\text{وزن العينه} - (\text{وزن المتبقى} - \text{وزن المتبقى للبلانك})}{\text{وزن العينه "DM"}} \times ١٠٠$$

– يمكن إجراء نفس العمليه على المواد العضويه بعد تقدير الرماد بها حيث يقدر الرماد بالعينه ويطرح من العينه الكليه فنحصل على الماده العضويه(OM) فيعطى بما يسمى In-vitro Organic Matter Dis appearance [IVOMD].

وهذه الطريقه مفضله لانه يقوم بحساب ادماء والمادة العضوية

$$OM = DM - Ash$$

$$\text{المختفي ظاهريا "OM"} = \frac{OM\,1 - OM}{OM} \times ١٠٠$$

$$\text{المختفي حقيقيا} = \frac{\text{المختفي ظاهريا} - \text{البلانك}}{OM\,1} \times ١٠٠$$

$$IVOMD\ \% = \frac{\text{وزن العينه} - (\text{وزن المتبقى} - \text{وزن المتبقى للبلانك})}{\text{وزن العينه}\ (OM)} \times ١٠٠$$

– ويمكن تقدير البروتين عن طرق ايقاف نشاط الكائنات الدقيقه في الانبوبه عن العمل ثم اضافة إنزيم البنسينى فيهضم العينه ما بها من بروتين واجراء تحليل كيميائي فيتم تحديد معامل هضم البروتين.

– بواسطة طريقة In vitro يتم قياس:

(١) الماده الجافه"DM"

(٢) الماده العضويه"OM"

(٣)معامل هضم البروتين

– هناك علاقه بين الـ In-vivo والـ In-vitro حيث:

$$y = 1.5x + 8$$

حيث ان:y : هي الـ In-vivo ، x : هي الـ In-vitro

س:لماذا دائما الـ In-vivo اكثر كفاءه من In-vitro ؟

وذلك لأن الـ In vitro به مشكله وهي تراكم نواتج التمثيل الغذائي وبالتالى يحدث انخفاض في الهضم.

علل:انخفاض الهضم المعملى للماده الغذائيه عن الهضم الحقيقى للحيوان ؟

وذللك نتيجة لتراكم نواتج التمثيل الغذائي في الوسط مما يؤثر بالسلب على نشاط الميكروفلورا فينعكس ذلك على انخفاض الهضم.

– مسألْه:

في تجربه لتقدير IVDMD كان وزن الانبوبه فارغا ١٢,٥٤٣٦ جرام وكان وزن الانبوبه وبها العينه ١٢,٨٤٣٦ جرام. فان وزن الانبوبه ومحتوياتها بعد انتهاء التجربه ١٢,٦٤٣٦، وكان وزن انبوبه البلانك بعد انتهاء التجربه ١٢,٥٥٣٦ فما هي القيمه الحقيقيه لـ "IVDMD"

وزن الانبوبه الفارغ = ١٢,٥٤٣٦ جرام

وزن الانبوبه + العينه = ١٢,٨٤٣٦ جرام

وزن العينه =٠,٣٠٠٠ جرام

وزن المتبقى من العينه (الاسمى) = ١٢,٦٤٣٦ – ١٢,٥٤٣٦ =٠,١٠ جرام

وزن المتبقى من البلانك = ١٢,٥٥٣٦– ١٢,٥٤٣٦=٠,٠١ جرام

وزن المتبقى من العينه (الحقيقى) = ١٠٠٠ ,– .١٠٠,=.٩٠٠, جرام

وزن المختفي الحقيقى = ٣٠٠٠ ,– .٩٠٠, = ٢١, جرام

$$\% \text{ IVDMD} = \frac{\text{وزن العينه – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينه "DM"}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٠,٣ - (٠.١ - ٠,٠١)}{٠,٣} \times ١٠٠$$

$$IVDMD = \frac{٠,٣ - ٠,٠٩}{٠,٣} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٠,٢١}{٠,٣} \times ١٠٠$$

IVDMD = ٧٠ %

(٣) طريقة الـ In-situ

مميزات استخدام هذه الطريقه:

التغلب على طول فترة التجربه الموجوده في الـ In-vivo.

التغلب على تراكم نواتج التمثيل الغذائي الموجود في In-vitro.

قريبه إلى حد كبير من طريقة الـ In-vivo مع ارتفاع معامل الارتباط

*وقد يطلق على الـ In-situ مصطلح "Nylon bags tech"

<u>اسلوب الاكياس النايلون:</u>

*** متطلبات التجربه:**

١- حيوان ذو فاستيولا.

٢- اكياس ذو مواصفات خاصه، مصنوعه من قماش يسمى "داكرون" ويكون خالى من الزوايا والاركان ويكون بهذا الشكل U.

٣- توفير خيط بلاستك.

علل: يتم تصميم الاكياس المستخدمه في تجارب الـ In-situ بحيث تكون خاليه من أي زوايا أو أركان

وذلك لتجنب تراكم أي جزء من العينه في هذه الاركان أو الزوايا.

** خطوات اجراء التجربة

١) يتم اجراء فاستيولا في كرش الحيوان

٢) بعد تصميم الاكياس المخصصة لتجربة الـ In-situ ويتم غسلها جيدا , وتجفيفها ووزنها ثم يوضع بها قدر معلوم من العينة المطلوبة، ويعاد وزنها مرة اخرى ثم تربط جيدا بواسطة الخيط البلاستيك وتدلى داخل كرش الحيوان من خلال الفاستيولا.

٣) ثم تاخذ وتترك فترة من الزمن على حسب فترة أو مدة التجربة , وتاخذ العينات للتحليل مع مراعاة وضع عدد من الاكياس داخل كاس يحتوى على ماء.

** يمكن أخذ عينة كل ٢– ٤ – ٦ – ٨ – ١٢ – ٢٤ ساعة ٣٦ كيس لكل حيوان على ٦ ازمنة.

٤) بعد انتهاء مدة التحضين يتم اخراج الاكياس وتجفيفها ووزنها ويتم حساب معدل الاختفاء وبمعلومية معدل الاختفاء في الماء يتم حساب الاختفاء الحقيقى .

مثال رقمى:بفرض أن معدل الاختفاء في الكرش هو ٦٠ % ومعدل الاختفاء في الماء هو ١٠ % فما هو معدل الاختفاء الحقيقى.

٦٠

الاختفاء الحقيقى = ــ × ١٠٠ = ٦٦.٦ %

** هناك علاقة بين الـ In-vivo و In-situ

$Y = .0.78\ x - 1.24$

حيث y هي الـ In-vivo و x هي الـ In-situ

** هذه الطريقة لا يمكن بواسطتها تقدير معامل هضم البروتين.

طريقة الحساب:مثل الطريقة السابقة (In-vitro).

$$ISDMD = \frac{\text{وزن العينة – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{" DM وزن العينة"}} \times 100 \quad (١)$$

$$(٢) \quad \frac{\text{وزن العينة– (وزن المتبقى– وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينة" OM}} \times ١٠٠$$

- مثال:

في تجربة لتقدير قيمة الـ IS-DMD لعينة من التبن القمح كانت البيانات التالية:

وزن الكيس الفارغ = ٥,٢٤٤٢ جرام

وزن الكيس + العينه = ٩,٢٤٤٢ جرام

وزن الكيس ومحتوياته بعد التجربه (٤٨ ساعه) الاسمى = ٧,٢٤٤٢ جرام

وزن الكيس ومحتوياته بعد البلانك (٤٨ ساعه) = ٥,٤٤٤٢ جرام

فما هي الـ ISDMD وما هو معامل هضم ال INVIVO

الحل

وزن العينه =٩,٢٤٤٢ – ٥,٢٤٤٢= ٤,٠٠٠ جرام

وزن المتبقى من العينه (الاسمى) = ٩,٢٤٤٢ – ٧,٢٤٤٢ = ٢,٠٠٠ جرام

وزن المتبقى من العينه (البلانك) = ٥,٤٤٤٢ –٥,٢٤٤٢ = ٠,٢ جرام

وزن العينه الحقيقى = ٢,٠٠٠ – ٠,٢ = ١,٨٠٠ جرام

$$ISDMD = \frac{\text{وزن العينه} - (\text{وزن المتبقى} - \text{وزن المتبقى للبلانك})}{\text{وزن العينه} - (DM)} \times ١٠٠$$

$$ISDMD = \frac{٤-(٢-٠,٢)}{٤} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٤ - ١,٨}{٤} \times ١٠٠$$

ISDMD = 55%

$Y = 0.78\ X - 1.24$

$= 0.78\ (55) - 1.24$

$Y = 41.66\%$

(٤) طريقة المرقمات: Markers

تعريف المرقم:هو عباره عن ماده يمكن خلطها بالغذاء المأكول ، ولا تحدث لها هضم وتخرج كلها في الروث.

* مواصفات المرقم أو ما هي شروط الماده إلى يمكن استخدامها كمرقم:

١- أن تكون الماده خامله (لا تهضم ولا تمتص) وبا لتإلى كما تدخل الجسم تخرج في الروث.

٢- الا يحتوى عنصر من عناصر الغذاء

٣- يمكن خلطه جيدا با لغذاء ويفضل الملون لسهولة التعرف عليه.

٤- يمكن تقديره بدقه وسهوله.

٥- ألاّ يكون له تاثير فسيولوجى أو سهام على الحيوان.

٦- رخيص الثمن.

٧- ان يكون لهاخصائص فيزيقيه وكيميائيه تمكنها من الانتشار في اجزاء القناه الهضميه اثناء عملية الهضم.

*** اسباب إستخدام طريقة المرقم:**

(ا) في حالة التقييم الغذائي لنباتات المراعى. حيث لا يمكن تحديد الكميه الماكولة.

(ب) في التقييم الغذائي مع عدم وجود صناديق للهضم وكذا بالنسبه للحيوانات الكبيره والتى لا يمكن تحديد كمية الروث لها.

*** تقسيم المرقم أو نوع المرقم:للمرقم نوعان**

(ا) مرقم طبيعى.

(ب) مرقم صناعى.

التقسيم الاول (المرقم الطبيعى)

"داخلى"

يعتبر من مكونات الغذاء مثل:

اللجنين الغير ذائب.

"خارجى"

هي مواد تضاف إلى العليقه ومنها:

السيلكون الصبغات.

التقسيم الثاني "المرقم الصناعى"

"عناصر"

هي عباره عن عناصر خامله

"مركبات "

مثل:اكسيد الكروميوم

مثل:البوتسيوم والسليزيوم المشع

"يوجد حيوانين"

""B

A""

اعطى عليقه بها مصدر كربوهيدارت D

اعطى عليقه بها مصدر كربوهيدرات C

بعد فتره تتم اخذ جزء من سائل الكرش، ثم حقنه في جهاز يسمى"GLC" وهو جهاز يقيس الأحماض الدهنيه الطياره"VFA" فوجد انها ثابته في الاثنين.

* فهل كفاءة C ، D متساويه ؟

– لا لانها تختلف على حسب كمية سائل الكرش وهنا تاتى اهمية المرقم.

* فوائد المرقم:

١) يمكن من خلاله معرفة كمية سائل الكرش وذلك عن طريق صبغه تسمى" Anti Pyrine" لكى نحدد حجم سائل الكرش ناخذ حجم معلوم بتركيز معلوم ويحقن في الحيوان ثم نحسب جزء من سائل الكرش ثم تقاس بعد ذلك.

2) يمكن من خلاله معرفة كمية الماده الجافه في الروث.

* بما أن المرقم ماده خامله.

اذا كميه المرقم في الغذاء = كمية المرقم في الروث

DM الماكوله × DM% للمرقم للغذاء = DM% للروث الجاف× للمرقم الروث.

DM للروث الجاف   % للمرقم في DM المأكول.

―――― = ――――

DM الماكول   % للمرقم في DM الروث.

* مسأله:

اذا كان متوسط ما يخرجه عجل صغير هو ٤٠ جرام روث يحتوى على ١٢ % لجنين، وكانت نسبة اللجنين في الماده الجافه من البرسيم ٤ % الذى يحتوى على ٩٠ % رطوبه. احسب كمية البرسيم الاخضر الماكول يوميا.

DM الروث الجاف   % للمرقم في DM المأكول

―――― = ――――

DM المأكول   % للمرقم في DM للروث

٤٠٠ / DM المأكول = × ٤ / ١٢

– كمية البرسيم الجاف الماكول = (١٢×٤٠٠) / ٤ = ١٢٠٠ جرام

اخضر	جاف
١٠٠	١٠
س	١٢٠٠

كمية البرسيم الاخضر الماكول = ١٢ كيلو جرام برسيم اخضر يومي

* طريقة اخذ العينات وحفظها Sampling and storage:يتم اخذ العينات

المختلفه المطلوبه للتحليل خلال فترة الدور الرئيسى (دور الجمع Collection Period) حيث يمكن اخذ تللك العينات أو بعضها .

***- واهم هذه العينات البيولوجيه:**

- عينات الغذاء.
- عينات البول.
- عينات الروث.
- عينات الكرش.
- عينات الدم.
- عينات البيض.
- عينات اللبن.
- عينات اللحم والانسجه والاعضاء.
- عينات الصوف والسعر والوبر.

عينات البول:Urine Samples

** طرق اخذ العينه:

١- وضع الحيوان في صندوق الهضم ــ كما في حيوانات التجارب والمجزات الصغيره.

٢- عمل قسطره للمثانه مباشرة ــ كما في الحيوانات الكبير.

٣- اجراء عمليه جراحيه ــ كما في اناث الابل.

** اهم التقديرات التي تتم على البول:-

يتم جمع عينة البول بغرض اجراء التقديرات الاتيه:

تقديرات وصفيه:-"Qualitative"

مثل اللون والنقاوة وغيرها.

تقديرات كمية:-"Quantitative":- مثل:-

- الازوت الكلى لتقدير ميزان الازوت.
- تقدير ميزان العناصر المعدنيه.
- تقدير اليوريا والكرياتين.
- تقدير الحجم الكلى.

** وتبعا لنوع التقدير يختلف نظام اخذ عينه البول:-

في التحليلات الوصفيه:-

تؤخذ عينة بول عشوائيه"Random"

في التحليلات الكميه:-

يتم اخذ الحجم الكلى للبول خلال ٢٤ ساعه ثم تؤخذ منه عينه تمثل ١/٢٠

أو (٢٠ %) من الحجم الكلى لاجراء التقدير الكمى.

** اهم التغيرات التي تحدث في البول عند حفظه:-

يرجع التغير في مكونات البول إلى احد السببين الآتيين:-

فعل الكائنات الدقيقه:-"Microorganisms"

-نتيجة تلوث العينه أو حتى تلك التي تنزل معه من الحيوان.

(٢) الفقد بالتطاير:-" Volatilation"

-لبعض المركبات مثل تطاير الامونيا، لذلك يجب أن يجمع البول في وعاء نظيف و يحفظ في مكان بارد لمنع تطاير مكوناته.

-ويفضل أن يجمع البول تحت التولوين حيث يعمل كسطح عازل Barir لمنع التلوث بالبكتريا ومنع تطاير مكونات البول القابله للتطاير لذلك يفضل اجراء التقديرات باسرع ما يمكن.

* التغيرات التي تحدث في عينة البول:-

(ا) يرجع التاثير السيء للبكتريا إلى انها تفرز إنزيم اليوريز الذى يحمل اليوريا إلى كربونات امونيوم.

ومثل هذا البول لا يصلح لتقدير الامونيا أو اليوريا أو PH.

"إنزيم اليوريز"

اليوريا ـــــــــــــــــــ كربونات امونيوم

"من كائنات البول الموجوده اصلا أو التلوث"

كذلك يمكن لهذه الميكروبات وبعض الفطريات والخمائر أن تحلل الجلوكوز.

ترسيب الفوسفات في الوسط القلوى.

في الجو البارد يحدث تجمع لجزيئات حامض اليوريك واليوريا في جزيئات كبيره (كريستالات) وتترسب في قاع الزجاجه ويمكن اعادة ذوبانها بتدفئه الزجاجه في حمام مائى مع التقليب الجيد.

وعند الرغبه في تقدير الازوت الكلى في البول (لعمل ميزان الازوت) فانه يفضل جمع عينة البول في وجود حامض كبريتيك (١:١ حيث يضاف ٥٠ سم^{3} في زجاجة الاستقبال مع وجود زجاجه اخرى (التى يؤخذ بها العينه للتيحليل).يوجد بها ٢٠ سم^{3} تولوين لمنع تطاير الامونيا.

ووظيفة الحامض هو منع تطاير الامونيا لانه يربط النتروجين الكلى للبول في صورة كبريتات امونيوم غير قابله للتطاير.

** حفظ عينة البول:–

ان طريقة حفظ عينات البول تعتمد على نوع التقدير ومن اكثر المواد الحافظه استخداما ما يلى:–

حامض H_2SO_4:–

يستخدم حامض H_2SO_4 بتركيز (١:١) اوحامض HCL (٢ع) بنسبة ٥٠ سم^{3} في اناء استقبال البول.

حيث يرتبط H_2SO_4 مع الامونيا ويكون كبريتات امونيوم غير قابلة للتطاير وهي طريقه جيده لحفظ البول لتقدير اليوريا أو النتروجين الكلى أو الكالسيوم.

كما يمكن استخدام:-

الكلوروفورم- التولين – الثيمول – الفورمالين وان كان لهذه المواد بعض العيوب منها.

التولوين:- يكون طبقه رقيقه على سطح البول مما يلوث الماصه المستخدمه في نقل البول، ويمكن التغلب على هذا العيب بوضع البول في قمع فصل واخذ الطبقه السفلى (البول).

الكلورفورم:- له بعض العيوب حيث يتداخل مع بعض التقديرات مثل الجلوكوز حيث يختزل محلول فهلنج.

*- الكلوروفورم يختزل محلول فهلنج وبالتالى يعوق تقدير الجلوكوز في البول.

٤ – الثيمول:- يمكن استخدامه في صورة بعض البلورات أو كمحلول بتركيز ١٠% (١٠ جم ثيمول / تستكمل إلى ١٠٠ سم³ بكحول ايزوبروبانول) ويكفي ٥ سم³ من هذه المحلول لحفظ لتر بول.

-ويستخدم الثيمول في حالة تقدير كل من:-

*الصوديوم.

*البوتاسيوم.

*البروتين.

*الكلوريد.

*الكرياتينين.

*الكتيونات.

٥ – الفورمالين:- يمكن استخدامه أو استعماله كمحلول بمعدل ٣: ٤ نفط/١٠٠مل³ بول ويحذر زيادتة حيث يتداخل مع تقدير السكر.

٦- حامض الاسكوربيك:- يستخدم كمحلول ١٠% وكذلك يستخدم حمض الخليك أو الميتانوفوسفوريك.

٧- وفي كل الاحوال اذا جمع البول بطريقة صحيحه بدون تلوث وحفظ بالتجميد فيعتبر كافيا لحفظ مكوناته دون تغير لفتره طويله.

* ملاحظه هامه:- الكميه في الجميع (١٠%) ماعدا الفورمالين من ٣: ٤ نقط.

عينات الروث Faces Samples

** تتكون عينة الروث من المكونات الاتيه:-

١. المواد المهضومه غير الممتصه.
٢. المواد الغير مهضومه التي مصدرها الغذاء
٣. المواد المفرزه من القناه الهضميه مثل:- (الانزيمات- الصبغات - العصارات).
٤. الخلايا المتساقطه من جدر الجهاز الهضمى وبعض كرات الدم الحمراء.
٥. جدر البكتريا والبروتوزوا وبعض الطفيليات.
٦. الماء.
٧. المواد الغريبه الملوثه للطعام.

** طرق جمع عينة الروث:-

١-من صناديق الهضم:- جمع كمى خلال ٢٤ ساعه لتقدير الموازين الغذائيه.

٢- من خلال اكياس الروث:- في الحيوانات التي ترعى أو الحيوانات الكبيره.

٣- اخذ عينه من المستقيم مباشرة.

** وتئخذ يوميا عينه ممثله نسبتها ١٠% من كمية الروث التي اخرجها الحيوان خلال فترة الجمع (اثناء الدور الرئيسى).

** طرق حفظ عينة الروث:-

بالتجفيف الاولى على٦٠:٧٠°م لمدة ٢٤ ساعه.

التجميد وهي طازجه ياستخدام"Deep Freezing" ولا تحفظ العينه في جو الثلاجه العادى حتى لا تصاب بنمو العفن وبعض الفطريات فتفسد العينه.

**** بالنسبه لعينات زرق الدواجن حيث البول مختلط مع الروث:-**

فيتم فصل البول عن الروث عن طريق:-

١. الطريقه الميكانيكية.
٢. الطريقه الكيمياوية.
٣. الطريقه الجراحية.

طرق الحصول على سائل الكرش:Rumin liquer

ا- طريقة اللى المعدى Stomach Tube

ب-طريقة فتحة الكرش المستقيمه الصناعيه Fistula.

طريقة اللى المعدى:-

من مميزاتها:- انها لا تحتاج إلى اجراء جراحة للحيوان.

من عيوبها:-

١-احتمال تلوث العينه باللعاب (قلوى التاثير).

٢- احتمال الحصول على عينه غير ممثله لسائل الكرش.

طريقة فتح الكرش الصناعيه:-

من مميزاتها:-

امكانية الحصول على عينه ممثله وبكميه كبيره.

لا يوجد احتمال لتلوث العينه باللعاب.

من عيوبها:-

تحتاج إلى اجراء جراحه للحيوان وقد يتسبب ذلك في تلوث الجرح خاصة

عند عدم الاهتمام بتطهيره بصفة مستمرة.

** اهم القياسات بسائل الكرش:–

١–حموضة الكرش"PH"(حيث تقاس في الحال بعد اخذ العينه).

٢– الامونيا:– (حيث تقاس في الحال بعد اخذ العينه).

٣–الأحماض الدهنيه الطياره الكليه وتصنيفها [TVFA's]
Total Volatile Fatty Acids

٤– Fraction Volatile Fatty Acids [FVFA's]

٥– الميكروفلورا (بكتريا وبروتوزا) ـ العدد الكلى – تصنيفها – نشاطها.

٦– معدل التخمر "Fermentation Rate"

** طرق حفظ سائل الكرش

– يجب عند قياس أو تقدير كلا من الحموضة الـ PH و الامونيا مباشرة دون حفظ أي بمجرد الحصول على العينة وذلك لسهولة حدوث تغير في قيمتها ولا يجب تقديرهما بعد الحفظ

– يمكن حفظ العينة بالتجميد freezing لاجراء تقديرات الأحماض الدهنية الطيارة وتصنيفها , أو في حالة الضغط الاسموزى والعناصر المعدنية.

– ففي حالة تقدير [TVFA's] الأحماض الدهنية الطيارة الكلية

يؤخذ ٢ سم^{٣} سائل كرش مصفي(SRL+ ٢سم^{٣} حامض اورثوفوسفوريك مركز + ١سم^{٣} حامض يدكل Hcl) س/١٠) ثم حفظ العينة في الثلاجة لفترة محدودة أو في الديب فريزر لفترات طويلة لمنع تطاير تلك الأحماض، ويتم الحفظ تحت تجميد لحين التقدير بجهاز ميكرو كلداهل البروتين.

– في حالة تقدير "FVFA" وظائف الأحماض الدهنية الطيارة .

– يؤخذ عينة مقدارها ٥سم^{٣} من سائل الكرش المصفي SRL +١سم^{٣} من حامض الميتا فوسفوريك ٢٥% ثم الطرد المركزى وفصل الجزء الرائق

supernatant ويوضع في زجاجة بنسلين ويوضع في الثلاجة أو الديب فريزر حسب مدة الحفظ لحين القياس بإستخدام جهاز GLC .

- في حالة تقدير قياسات الميكرو فلورا:
- تحفظ العينة بإستخدام ١) محلول فورمالين ١٠%. ٢) محلول اليود .

لوقف نشاط الميكروبى (الميكرو فلورا) بمجرد الحصول على العينة.

- معدل التخمر Fermentation rate

زجاجة ال In vitro + جهاز البلانوميتر

عينات الدم: Blood Sample

** وقت اخذ العينة

- حسب نوع الدراسة والهدف منها والتقديرات التي تتم عليها
- وهناك عينات تؤخذ قبل التغذية أو اعطاء المعاملة وتسمى غالبا بال Zero time والباقى على فترات Intervals قد تكون 2,4, and 6 hrs أو غيرها .

** مكان اخذ العينة:

- الوريد الوداجى في الماشية والاغنام والماعز والجمال
- وريد الاذن أو من الذيل في الفئران
- وريد الجناح أو العين (مقابل الملتحمة) في الطيور
- وريد الاذن في الارانب

* تؤخذ عينة الدم من مناطق مختلفة من الحيوان

- طرق اخذ العينة

١) سرنجة طبية نظيفة

٢) الانبوبة المفرغة

٣) الانابيب الشعرية (الهيما توكريت)

٤) الذبح العادى

- ملاحظات هامة:-

١) الانابيب المفرغة Evacuated tube حيث ضغط الهواء بداخلها اقل من الضغط داخل الوريد فيتدفق الدم اليها بسرعة وسهولة وهذه الانابيب في الغالب تحتوي على الهيبارين.

٢) بعد الحصول على عينة الدم الكامل يأتى القرار بفصل البلازما أو تركه يتجلط لفصل السيرم أو الحفاظ عليه كما هو والفيصل في اتخاذ هذا القرار هو نوع التقديرات المراد اجرائها فبعضها يتم في الدم الكامل واخرى تتم في السيرم وثالثة في البلازما.

**** مكونات الدم:-**

١) المكونات الخلوية:

عند ترك الدم الكامل يتجلط ينفصل سائل شفاف رائق تتكون جلطة أو خثرة Clot فالجزء الرائق يمثل السيرم اما الجلطة (المكونات الخلوية) تتكون من:

- كرات الدم الحمراء + كرات الدم البيضاء + الصفائح الدموية + الفيبرينوجين + الثرومبين + فيتامين ك+ عنصر الكالسيوم.

٢) بلازما الدم:

تحتوى على الفيبرين حيث يضاف إلى الدم مضاد للتجلط Anti coagulst فلا تتكون الجلطة وبالطرد المركزى يمكن فصل البلازما (سائل اصفر اللون) يحتوى على السيرم + بروتين الفيبرين.

- س: ماهو الفرق بين السيرم والبلازما ؟

- السيرم يحتوى على المكونات الخلوية فقط

- البلازما تحتوي على المكونات الخلوية و بروتين الفيبرين (السيرم+ الفيبرين)

* ويأتى في هذا المقام شرح كيفية تكوين الجلطة الدموية .. كيفية تكوين الجطلة الدموية ؟

Mechanism of Clot formation

Prothrombinogen —(Vit K, Ca ++)→ Prothrombin —(Prothrombinase)→ thrombin

thrombin ↓ Liquid blood protein → Solid Protein
Fibrin = Blood Clot

"Liver"

ويجب أن تكون عينات كلا من البلازما والسيرم خالية من اللون الاحمر الذى يدل على تكسر كرات الدم الحمراء Hemolysis ويرجع حدوث هذا التحلل نتيجة لاحد هذه الاسباب:

١) زيادة كمية مانع التجلط في حالة الرغبة في فصل البلازما

٢) التناول الخاطئ لعينة الدم (كأن ترج بشدة قبل الفصل)

تتكون الخثرة أو الجلطة خلال ساعتين من سحب العينة لذلك يجب عمل التقديرات اللازمة خلال خمس ساعات من جمع العينة والا فيجب حفظها عل درجة حرارة من ٢ :٤°م لمدة ٢٤ ساعة واذ لم يتم التقدير خلال ٢٤ ساعة فيجب حفظها بالتجميد على درجة حرارة لاتزيد عن –١٢ م ثم يجرى لها اسالة thowing على درجة حرارة ٣٧ :٤٥°م في حمام مائى ولا تزيد الدرجة عن ذلك حيث قد تؤدى إلى التغير في طبيعة البروتينات Denaturation وبالتالى صعوبة تقديرها.

**** مضادات موانع التجلط Anti coagulants**

١) الهيبارين Heparin

هي اكثر المواد المانعة للتجلط استعمالا حيث يقوم بتثبيط تكوين الثرومبين من البروثرومبين ولا يؤثر على مكونات الدم لانه يوجد به طبيعا في جسم الانسان والحيوان ويستخدم الهيبارين بنسبة:

٢مجم / ١٠سم^{3} دم (نقطة على جدار الانبوبة وترج جيدا لتوزيعها)

٢) اكسالات الصوديوم والبوتاسيوم Na and K Oxalate

تقوم بالتفاعل مع الكالسيوم وترسبه وهي اكثر استخداما في صورة اكسالات بوتاسيوم لانها اكثر ذوبانا وتستعمل بمعدل:١٠– ٢٠ مجم / ١٠سم٣ دم وتستخدم في صورة مسحوق أو يحضر محلول ٣٠ % ثم تعادل وتضبط درجة الحموضة لتصبح PH = 7.4 بإضافة NaoH ثم يؤخذ ١, سم٣ لكل ١٠سم٣ دم

٣) مخلوط من اكسالات الامونيوم والبوتاسيوم:

يستخدم بنسبة ٢:٣ ويضاف للانبوبة بمعدل ٢مجم /١٠سم٣ دم ولايجب استخدام اوكسالات الامونيوم في أي تقدير خاص بالنيتروجين حتى لا يحدث تداخل بين كلا من نيتروجين العينة ونيتروجين اوكسالات الامونيوم.

٤) سترات الصوديوم

السترات لاترسب الكالسيوم ++Ca ولكن تحوله إلى صورة غير ايونية (يرتبط بالسترات فلا يصبح حرا فلا تتكون الجلطة)

٥) كلوريد الصوديوم:

يستخدم بمعدل ١٠٠ مجم/١٠سم٣ دم ولا يستخدم في حالة تقدير الانزيمات

٦) " EDTA " Ethylin Di-amin Tetra Acetic Acid

** أهم التقديرات التي تتم على الدم:

١) اولا:تقديرات تتم في الدم الكلى

- الامونيا – الكربوكس هيموجلوبين
- الهيموجلوبين – الجلوكوز
- اللكتات – الرصاص
- النتروجين الكلى – البيروفات
- اليوريا – المكونات الخلوية الكلية (الهيماتوكريت) أو يطلق عليها "PCV" Packed cell Volume

- عدد كرات الدم البيضاء -عدد كرات الدم الحمراء

٢) ثانيا:التقديرات التي تتم في البلازم:

١) البروتين الكلى TP والالبيومين A وبالطرح نحسب الجلوبولين Tp - A

٢) وبالنسبة ALG حسابيا والأحماض الأمينية واليوريا

٣) بعض الانزيمات مثل (الاميليز والليبيز) والـ GPT , GOT (وظائف الكبد)

٤) بعض الهرمونات مثل (الـ T3 و الـ T4) لدراسة نشاط الغدد الدرقية

٥) العناصر المعدنية مث الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم

٦) الدهون الكلية والكوليسترول والكرياتين والكرياتينين(لقياس وظائف الكلى)

٧) الفيتامينات مثل فيتامين (A)

٨) Bilirobin (وظائف الصفراء)

ثالثا: تقديرات تتم في السيرم

البيكربونات - كلوريد

حامض الاسكوربيك - النتروجين

**** مرسبات البروتين Protein Precipitant**

- تعتبر ازالة البروتين من الدم اول خطوة في معظم التقديرات بالدم (البروتين ذو الوزن الجزئى الكبير فيعيق التقديرات بالطرق الضوئية)

- ولهذا الغرض يوجد العديد من المركبات التي تستخدم للترسيب مثل:

١) حمض التنجستين: بتركيز ١٠% (صوديوم تنجستين يذاب في حمض كبريتيك ٣/٢ عيارى)

٢) تراى كلورو اسيتك اسيد" TCA "تركيز ١٠% .

٣) املاح الزنك القلوية:١٠% كبريتات زنك + محلول NAOH نصف عيارى

٤) بعض المذيبات العضوية:

مثل مخلوط ايثير– ايثانول لترسيب البروتينات لاستخلاص الدهون والكوليسترول.

**** التغيرات التي تحدث في عينة الدم عند حفظها:**

١) فقد ثانى اكسيد الكربون: حيث محتوى البلازما من الـ CO_2 اكبر منه في الهواء لذلك يحدث فقد من الCO_2 البلازما إلى الجو المحيط.

ولتقليل فقد CO_2 من البلازما يجمع الدم تحت برافين سائل وتفصل البلازما في الحال.

٢) تحول الجلوكوز إلى حامض لاكتيك .

– يمكن منع تحول الجلوكوز إلى حامض لاكتيك بإضافة كلوريد صوديوم

٣) زيادة كمية الفوسفات غير العضوي (المعدنى)

– وهذا يتكون من استر فوسفات الخلايا العضوي الموجود في الخلايا استر فوسفات الخلايا (العضوي) الفوسفات الغير لعضوى (المعدنى)

– ولتفادى ذلك تفصل البلازما من الخلا يا بأسرع مايمكن

– ٤) تكوين الامونيا من المواد الازوتية:

وذلك بواسطة إنزيم اليوريز الذى يحول اليوريا إلى امونيا وثانى اكسيد الكربون

٥) مرور بعض مكونات الخلايا إلى البلازما:

مثل البوتاسيوم الذى يوجد بتركيز اعلى من الخلايا عن البلازما ولتفادى ذلك يتم فصل البلازما من الخلايا بأسرع مايمكن ويتم انتقال البوتاسيوم من الخلايا إلى البلازما بدرجة أسرع عند ٤°م عنه في درجة حرارة الغرفة

٦) تحول البيروفات إلى لاكتات:

ولذلك يجب خلط الدم في الحال بمرسب للبروتين والفصل السريع للبلازما.

**** حفظ عينة الدم**

الجلطة (الخثرة) تتكون تماما خلال ساعتين فيجب سرعة العمل مع استخدام

مانع تجلط والانتهاء من العمل المطلوب خلال ٥ ساعات على الاكثر

الحفظ على درجة حرارة ٢: ٤°م لمدة ٢٤ ساعة

التجميد في درجة حرارة لاتزيد عن -١٢°م.

**** بعض تقديرات الدم:**

الهيموجلوبين:" Hb" Hemoglobin

– مقدمة:–

– يوجد الهيموجلوبين داخل كرات الدم الحمراء (عملية التنفس بحمل الاكسجين)

وهو عبارة عن مركب بروتينى معقد ذو وزن جزيئى كبير (٦٧,٠٠٠ الف دالتون)

يتكون الهيموجلوبين من:

الجلوبين (٩٦ %) + الهيم (٤%) المحتوى على ذرة الحديد الثنائية التكافؤ

تختلف خواص الهيموجلوبين في الحيوانات المختلفة (شكل البللورات) والقدرة على الاتحاد مع الأكسجين ويرجع ذلك إلى نوع الجلوبين

تختلف نسبة الهيموجلوبين في الدم على حسب:

العمر

الجنس

التغذية

النشاط العضلى

الاصابة بالامراض

– نسبة الهيموجلوبين في الحيوانات حديثة الولادة اكبر منها في الحيوانات البالغة والحيوانات العالية الادرار (٤٧,٥ %) أعلى منها في منخفضة الادرار (٤٤,٥%)

- تقدير الهيموجلوبين:

$$\text{Haemoglobin} \xrightarrow[\text{Pot cyanide}]{\text{Pot – ferri – cyanide}} \text{Methamoglobin} \rightarrow \text{Cyan – Methaemoglobin}$$

يتم تقدير الهيموجلوبين كما يلى:

٢٠ ميكرو ليتر من الدم + ٥سم^{٣} من الدليل

يترك بعد الخلط الجيد لمدة ٥ دقائق

ثم يتم القياس على طول موجى ٥٠٤ نانوميتر مع استخدام البلانك

اذا تركيز الهيموجلوبين (جرام / ١٠٠مل دم) = قراءة الجهاز * ٣٦,٨ (٤سم^{٣} دليل)

تركيز الهيموجلوبين (جرام / ١٠٠مل دم) = قراءة الجهاز * ٤٦ (٥سم^{٣} دليل)

الاهمية الاكلينيكية لتقدير الهيموجلوبين:

له علاقة مباشرة بصحة الحيوان (فقر الدم – الانيميا)

** تقدير المكونات الخلوية (PCV)

% للمكونات الخلوية = طول عمود المكوانات الخلوية/طول عمود الكلى للدم ×١٠٠

١) المكونات الخلوية

٢) البلازما (عمود الدم الكلى)

** الأهمية الاكلينيكية: لها علاقة مباشرة بصحة الحيوان (مكونات الدم عامة)

- بروتينات البلازما:أنواع بروتينات البلازما

١ – البيومين ٢- جلوبيولين (ألفا-١ , ألفا-٢ , جاما , بيتا) ٣- فبرينوجين

** وتختلف نسبها وخصائصها باختلاف الحيوانات:جدول رقم (٩٦)

الحيوان	بروتين كلى	البيومين	جلوبيولين	فبرينوجين
الحصان	٦,٤٨	٣,٢	٣,٢٥	٠,٣٤
البقرة	٨,٣٢	٣,٦٣	٣,٩٨	٠,٧٢
الاغنام	٥,٧٤	٣	٣,٣١	٠,٣٦
الماعز	٧,٢٧	٣,٩٦	٢,٧١	٠,٦٠
الانسان	٧,٣٥	٤,٨٠	٢,٣٠	٠,٣٠

** الكبد المصدر الأساسى والوحيد للفبرينوجين والالبيومين ومعظم الجلوبيولين بالاضافة إلى الجاما جلوبيولين التي تنشأ من خلايا البلازما و الانسجة الليمفاوية.

** توجد علاقة مباشرة بين كمية ونوع بروتين الغذاء وتكوين بروتينات البلازما.

** وظائف بروتينات البلازما:

١- الفيبرونوجين هام لتكوين الجلطة الدموية

٢- تعطى الدم درجة لزوجته (ضغط الدم)

٣- تتوقف سرعة ترسيب كريات الدم الحمراء على النسبة بين الالبيومين إلى الجلوبيولين

٤- تكوين الاجسام المناعية الجاما جلوبيولين

٥- تعمل كاناقل انزيمى Carrier

٦- الحفاظ على حموضة الدم.

** المواد الازوتية غير البروتينية يتم التخلص من معظمها عن طريق الكليتين بالبول

وهي نواتج وسيطة ونهائية لتمثيل البروتين (اليوريا النسبة الكبرى , حمض

اليوريك,الكرياتين,الكرياتينين,املاح الامونيا)

توجه بنسبة ٠,٢٠% في البلازما(٢ :٣%من النتروجين الكلى بالدم)

توجد علاقة مباشرة بين مستواها بالدم ومدى نشاط الكليتين في أداء وظيفتها

**** تقدير البروتين الكلى Tp**

- : Test ٤ سم٣ من الدليل + ٠,١ سم٣ من البلازما

-: Stander ٤ سم٣ من الدليل + ٠,١ سم٣ البيومين

*يتم الخلط الجيد في كلا من Test , Stander

*الانتظار لمدة نصف ساعة

*القياس على طول موجى (٥٥٠ nm)

% للبروتين الكلى Tp = قراءة الجهاز للعينه الـ Test / قراءة الجهاز للعينة الـ Stander × ١٠٠

**** تقدير الالبيومين: A**

- Test

٥ سم٣ من الدليل+ ٠,١ سم٣ من البلازما

- Stander

٥سم٣ من الدليل + ٠,١ سم٣ البيومين

- يتم الخلط الجيد لكلا من العينتين Test , Stander كلا على حده..

- الانتظار لمد ١٥ دقيقة.

- القياس على طول موجى nm ٠,٦٢٨

N% "A"= قراءة الجهاز للعينة الـ Test /قراءة الجهاز للعينة الـ Stander × ١٠٠

** تقدير الجلوبيولين G""

- بالفرق

- % للجلوبيولين =% للبروتين الكلى- % للالبيومين

%G = % Tp - % A

**** سادساً: عينات اللحم والانسجة والاعضاء.**

(١) عينات اللحم لدراسة نسبة التصافي والتشافي ونسبة الدهن ونسبة البروتين تختلف هذه الدراسة بإختلاف نوع الحيوان كما يلى:

١) تحليل الذبيحة كله كما في الفئران والكتاكيت والدجاج والسمك

٢)النصف الطولى للذبيحة كما في المجترات الصغيرة (الماعز والاغنام).

٣) الضلوع رقم (١٢ , ١٣ , ١٤) بالاضافة إلى العضلة العينية (في الضلوع رقم (٩ , ١٠ , ١١) كما في المجترات الكبيرة مثل (الجاموس والابقار) وهذه تمثل صفات الذبيحة إلى حد كبير.

هذه الدراسة إما

وصفية طبيعية كمية

- الطراوة
- المرمرية
- التحليل الكيماوي
- الفقد بالطبخ
- التذوق
- رطوبة الفقد بالضغط
- رماد
- دهن
- بروتين

** الرطوبة والرماد والدهن تطرح من١٠٠ لتقدير البروتين مبدئيا (تقريبا)

(٢) عينات الاعضاء:

كالكبد والكليتين والقلب (استخلاص بعض الانزيمات) والهرمونات التي تفيد

في الدراسة

(٣) عينات الغدد: يتم اخذ بعض الغدد من الجسم مثل الدرقية أو النخامية وعمل مستخلص واختبارها في حيوانات التجارب.

(٤) عينات الانسجة:

أخذ انسجة من الجسم وتجميدها للعرض وتقطيعها إلى شرائح للفحص الميكروسكوبى ولكل منها احتياطات واجراءات خاصة بها.

** سابعا عينات اللبن: Milk Samples

– يجب أن تكون عينات البن ممثلة اليوم الكامل حيث يحلب الحيوان مرة واحدة في اليوم وتؤخذ منه عينة ممثلة أو أن يحلب اكثر من مرة في اليوم وفي كل مرة تؤخذ عينة ممثلة

** طرق الحصول على عينات اللبن:

١) الطريقة العادية:

* مجموعة كنترول *مجموعة المعاملة الأولى *مجموعة المعاملة الثانية

– حيث يجب أن تكون ظروف كل المجموعات واحدة بحيث لايقل العدد عن ٢٠ حيوان ومتوسط الوزن والعمر والنوع وموسم الحليب لا يقل عن الثالث ولا بد أن تؤخذ العينات خلال فترة المثابرة Peak

٢) طريقة عود إلى بدء: Swing Over Method

– حيث يتم اختيار مجموعة واحدة متماثلة في الظروف (العمر والوزن وموسم الحليب النوع ومتوسط الادرار) ويتم معاملتها بالطريقة التالية

Control	T1	T2	Control
Control	T2	T1	Control

حيث تستمر كل معاملة لمدة 21 يوم منها ١٤ يوم تمهيدى و٧ ايام جمع وتؤخذ العينة في اليوم الرابع

**ومن التقديرات المختلفة التي تتم على اللبن

تقدير حموضة اللبن

تقدير كثافة اللبن

تقدير دهن اللبن

.تقدير رماد اللبن

تقدير الجوامد الكلية (المادة الجافة)

تقدير بروتين اللبن

تقدير الجوامد اللا دهنية S.N.F

تقدير لاكتوز اللبن

** تقدير حموضة اللبن:–

– يؤخذ ٥٠سم^{٣} من اللبن + ١٠ نقاط من الدليل الفينول فثالين في بودقة إحتراق نظيفة يتم ملئ السحاحة بالصودا الكاويه (معلومة العامل) ثم يتم المعايرة حتى ظهور اللون الوردى الواضح

– حموضة اللبن = عدد سم^{٣} الصودا الكاوية × العامل × ٢ / ١٠٠

** تقدير كثافة اللبن يتم تقدير كثافة اللبن باستخدام اللاكتوميتر

قراءة اللاكتوميتر =٢٨,٥

كثافة اللبن = ١,٠٢٨٥

**تقدير دهن اللبن

– يتم تقدير دهن اللبن باستخدام انبوبة جربر

– حيث يوضع بها١٠سم^{٣} حامض الكبريتيك مركز+١١ سم^{٣} عينة اللبن باستخدام ماصة اللبن +١,٥سم^{٣} كحول ايمايل ثم التقليب وبرفق ثم اجراء الطرد المركزى ثم قياس عمود الدهن .

** تقدير رماد اللبن

- يتم وزن بوتقة احتراق فارغة وبها قصاصات من ورق الترشيح
- يوضع ١٠سم٣ لبن
- ثم يتم وزن البوتقة وبها اللبن (ثم حساب وزن اللبن)
- يتم الحرق بالبوتقة ومحتوياتها في فرن احتراق ثم التجفيف على ٦٠°م
- ثم حساب النسبة المئوية للرماد

** تقدير المادة الجافة (الجوامد الكلية) Total Solid (T.S) بالوزن العادى

باستخدام القانون جـ = ١,٢+٢,٦٦٥((١٠٠ث-١٠٠)/ث)

اوباستخدام القانون جـ =١,٢ د+درجة اللبن/٤+٠,٢٥

لإيجاد درجة اللبن لابد من معرفة كثافة اللبن فمثلا كثافة اللبن ١,٠٣١٥ اذا درجة اللبن ٣١,٥

**تقدير بروتين اللبن Tp

يتم التقدير بطريقة مايكرو كلداهل أو طريقة كلداهل العادية

(هضم العينة من ٤: ٥ جم لبن)

تقطير

معايرة

بضرب الازوت × ٦,٤

جاموسة ٤,٥		بقرى ٣,٨	
↓		↓	
٠,٩	٣,٦	٠,٧	٣,١
البيومين وجلوبيولين	كازين	البيومين وجلوبيولين	كازين

Fibrin = Blood Clot الجوامد اللادهنية = الجوامد الكلية -% للدهن

الجوامد اللادهنية = جـ – % د

* تقدير لاكتوز اللبن

% للاكتوز = جـ – (% للدهن+ % للبروتين+ % للرماد)

** حفظ عينة اللبن:

بالبسترة.

بالتجميد ثم الإسالة في حمام مائى.

دراسة نشاط الإنزيمات

التمثيل الغذائي:

بناء – هدم (خطوتان متلازمتان).

نواتج عملية الهدم لها تأثير ضار إذا زاد تركيزها (من الممكن أن تسبب سمية) فلابد من التخلص من هذه المركبات السامة.

أهم الطرق الموجودة في الجسم للتخلص من المواد الضارة هي الإنزيمات

مثال توضيحى:

$$H_2O + O_2 \longrightarrow H_2O_2$$

إنزيم الكتاليز يقوم بتكسير هذه المادة (التى لها تأثير ضار) إلى ماء و أوكسجين

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

أى تفاعل إنزيمى لكى يتم يلزم له ثلاث شروط:

١– معرفة الإنزيم نفسه.

٢– معرفة مادة التفاعل.

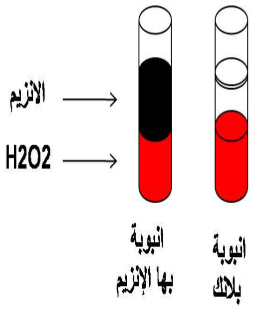
٣– معاون الإنزيم.

قارن بين التفاعل الإنزيمى والتفاعل الكيماوى:

وجه المقارنة	التفاعل الكيماوى	التفاعل الإنزيمى
مادة التفاعل	بمجرد إنتهائها يتوقف التفاعل	التفاعل مستمر لفترة طويلة لأن الإنزيم مادة حيوية
أساس التفاعل	على أساس الأوزان المكافئة	على أساس قوة الإنزيم (١ مول إنزيم كتاليز يقوم بتكسير ٥ مليون مول من H_2O_2 على درجة صفر مئوى)

دراسة نشاط الإنزيم:

لكي يتم دراسة نشاط الإنزيم يتم الحصول على مستحضر الإنزيم ويضاف لمادة التفاعل ثم ننتظر حتى يظهر الإنزيم أثره.



الإنزيم يقوم بتكسير مادة التفاعل.

يتم المعايره بالبرمنجانات قبل وبعد عمل الإنزيم بخمس دقائق.

قراءة السحاحة قبل عمل الإنزيم= ٧ سم.

قراءة السحاحة بعد عمل الإنزيم= ٤ سم.

اذن نشاط الإنزيم= ٧- ٤= ٣سم.

تعريف نشاط الإنزيم:

هو عباره عن الجزء الذي قام الإنزيم بتكسيره من مادة التفاعل.

لكي يتم نشاط الإنزيم يلزم لذلك عدة تحضيرات أو مستحضرات (المستحضرات الانزيمية أو الكيماوية).

<u>١- مستحضرات الإنزيم:</u>

ا) يتم اخذ عينة من كرات الدم الحمراء.

ب) غسل الاصبع الابهام بقطنة مبللة بالكحول.

ج) يتم احضار دبوس ابرة ويتم تعقيمه جيدا ثم يتم عمل شق في الاصبع الابهام.

د) يتم جمع ٢ نقطة من الدم على الابهام يتم سحب الدم بماصة الدم.

هـ) يضاف الدم الموجود بالماصة في انبوبة اختبار مملوءة بالماء المقطر وترج الانبوبة جيدا وبالتالي اصبح لون الانبوبة احمر لوجود كرات الدم الحمراء.

و) اذا ترك في الجو العادي والحراره مرتفعة يفسد الإنزيم وبالتالي يتم احضار كاس وبة قطع ثلج مجروش ليحتفظ الإنزيم بدرجة حرارته.

<u>٢- مادة التفاعل:</u>

فوق اكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز ٠,٢٤%

H_2O_2 بتركيز ٣٠% لكي يتم عمل منها محلول بتركيز ٠,٢٤% من H_2O_2 (٨ سم في لتر ماء مقطر).

<u>٣- حامض الكبريتيك:</u>

بتزكيز ٢ عياري وهو يستعمل لوقف نشاط الإنزيم.

<u>٤- برمنجنات البوتاسيوم</u>

تركيزها س/٢٠.

العوامل المختلفة التي تؤثر على نشاط الإنزيم:

١- تركيز الإنزيم

٢- تركيزمادة التفاعل

٣- درجة الحرارة

٤- الوقت

٥- درجة الـ PH

٦- تأثير المثبط الإنزيمى.

<u>١- تركيز الإنزيم:</u>

يتم إحضار ٦ أنابيب إختبار ويضاف في كل أنبوبة ٢ سم من مادة التفاعل H_2O_2.

الأنبوبتين رقم ١، ٦ لا يضاف إليهم الإنزيم لأنهم يعتبروا بلانك للمعايرة.

الأنابيب الباقية:

٢ يضاف إليها ½ سم من الإنزيم.

٣ يضاف إليها ١,٠ سم من الإنزيم.

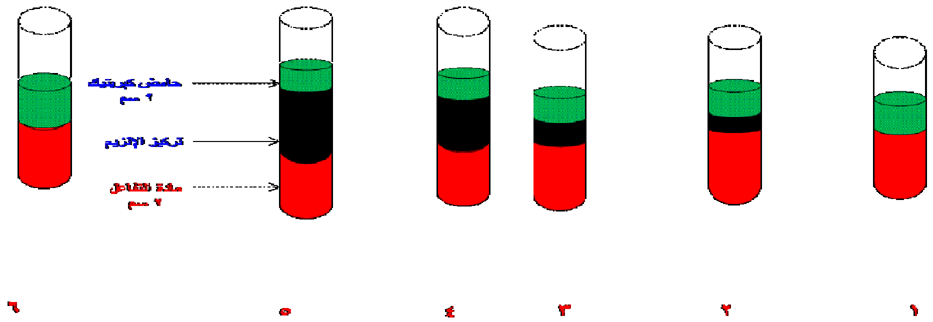
٤ يضاف إليها ١,٥ سم من الإنزيم.

٥ يضاف إليها ٢,٠ سم من الإنزيم.

بعد إضافة الإنزيم تترك الأنابيب لمدة ٥ دقائق.

يتم إضافة ٢ سم حامض كبريتيك لإيقاف نشاط الإنزيم.

تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم س/٢٠ للأنابيب وحساب نشاط الإنزيم.



يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2
1	2	-	2	6.0	
2	2	0.5	2	5.0	1
3	2	1.0	2	4.0	2
4	2	1.5	2	3.0	3
5	2	2.0	2	2.0	4
6	2	-	2	6.0	

من الجدول يتضح أن نشاط الإنزيم يزداد بزيادة تركيز الإنزيم.

<u>٢– تركيز مادة التفاعل:</u>

يتم إحضار ٦ أنابيب إختبار.

١، ٢ يوضع بهم ٢ سم من مادة التفاعل H_2O_2 .

٣، ٤ يوضع بهم ١ سم من مادة التفاعل H_2O_2 + ١ سم ماء مقطر.

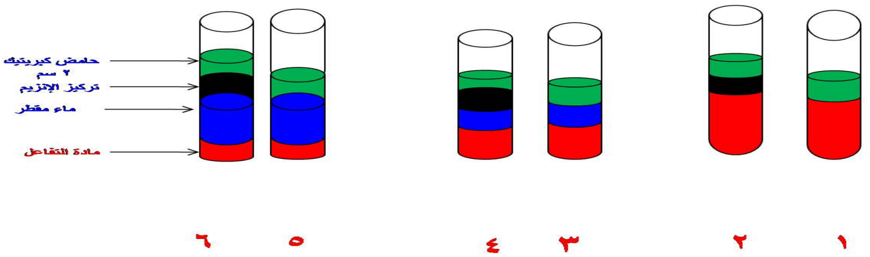
٥، ٦ يوضع بهم ½ سم من مادة التفاعل H_2O_2 + ١,٥ سم ماء مقطر.

كل زوج من الأنابيب: الأنبوبة الأولى لا يوضع بها إنزيم والثانية يوضع بها ½سم إنزيم

بعد إضافة الإنزيم تترك الأنابيب لمدة ٥ دقائق.

يتم إضافة ٢ سم حامض كبريتيك لإيقاف نشاط الإنزيم.

تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم س/٢٠ للأنابيب وحساب نشاط الإنزيم.



يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	H_2O_2	H_2O	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO^4$	H_2O_2
1	2	-	-	2	6.0	4
2	2	-	0.5	2	2.0	
3	1	1.0	-	2	5.0	3
4	1	1.0	0.5	2	2.0	
5	0.5	1.5	-	2	3.0	2
6	0.5	1.5	0.5	2	1.0	

من الجدول يتضح أن نشاط الإنزيم يزداد بزيادة تركيز مادة التفاعل.

<u>٣– درجة الحرارة:</u>

الهدف من دراسة تأثير درجة الحرارة:

الوصول لدرجة الحرارة المثلى التي يكون نشاط الإنزيم فيها أعلى ما يمكن، وتتم التجربة في درجات حرارة أعلى وأقل من درجة حرارة الغرفة وتتم التجربة كما يلى:

يتم إحضار ٨ أنابيب إختبار وتقسم إلى ٤ أزواج (٤ مجموعات):

يتم وضع الأنبوبتين (١)، (٢) على درجة حرارة الغرفة.

يتم وضع الأنبوبتين (٣)، (٤) في درجة حرارة ١٥°م.

يتم وضع الأنبوبتين (٥)، (٦) في درجة حرارة ٤٠°م.

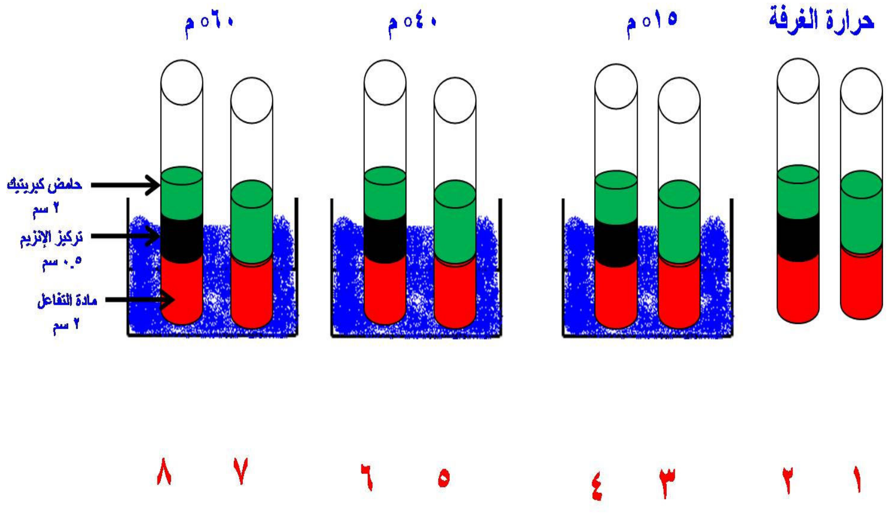
يتم وضع الأنبوبتين (٧)، (٨) في درجة حرارة ٦٠°م.

بعد ضبط درجة الحرارة في جميع الأنابيب تضاف مادة تفاعل بمقدار ٢,٠ سم.

في كل زوج من الأنابيب نجعل أنبوبة مقارنة Control لا يوضع بها إنزيم والأخرى يضاف بها ½ سم من مستخلص الإنزيم.

بعد ٥ دقائق يضاف ٢ سم من حامض الكبريتيك على جميع الأنابيب.

تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم ثم تسجل قراءة السحاحةويتم تسجيل القراءات



في جدول. يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	Temp.	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2
1	Room	2	-	2	6.0	4
2	Room	2	0.5	2	2.0	
3	15	2	-	2	5.0	2
4	15	2	0.5	2	3.0	
5	40	2	-	2	4.0	1
6	40	2	0.5	2	3.0	
7	60	2	-	2	3.0	0.5
8	60	2	0.5	2	2.5	

من الجدول يتضح أن أفضل نشاط للإنزيم في درجة حرارة الغرفة حيث أن أعلى أو أقل منها قد يحدث موت أو قلة نشاط الإنزيم.

<u>٤ – الوقت (الزمن):</u>

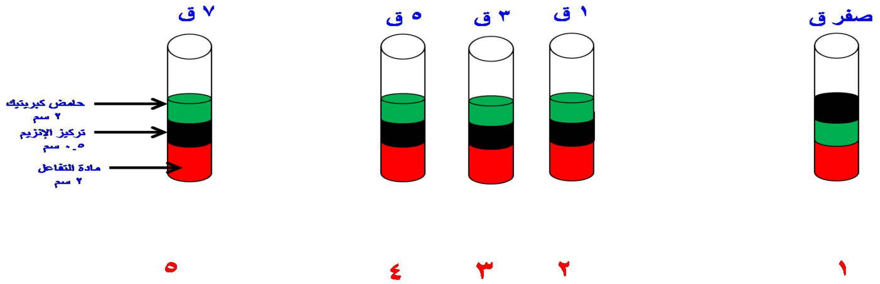
كلما زادت الفترة كلما قل معدل التفاعل وبالتالى يقل نشاط الإنزيم.

يتم إحضار ٥ أنابيب إختبار ونضع بهم ٢ سم من مادة التفاعل:

الأنبوبة الأولى لجعل الوقت صفر يتم إضافة حامض الكبريتيك أولًا ثم إضافة ½ سم من الإنزيم.

باقى الأنابيب (٢)، (٣)، (٤)، (٥) يتم إضافة الإنزيم أولًا ثم إضافة الحامض.

تتم المعايرة وأخذ القراءات وتسجيلها في الجدول.



يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	Time minute	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2
1	0	2	0.5	2	10.0	–
2	1	2	0.5	2	8.0	2
3	3	2	0.5	2	7.0	1
4	5	2	0.5	2	6.0	0.8
5	7	2	0.5	2	5.0	0.7

من الجدول يتضح أن معدل نشاط الإنزيم يقل بزيادة الوقت.

٥- درجة الـ PH:

نحضر محاليل مختلفة من الـ PH من الوسط الحامضى والقلوى.

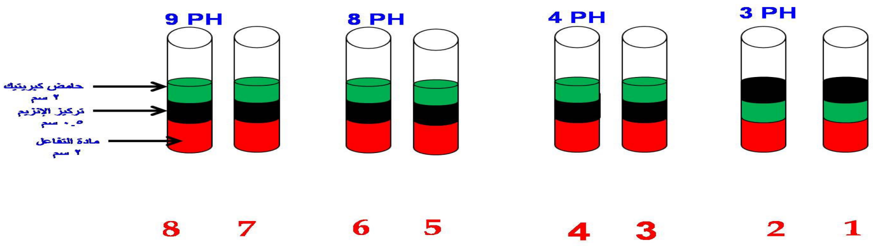
يتم إحضار ماء مقطر الـ PH له = ٧ (متعادل).

يتم إضافة حامض على الماء ويقاس الـ pH بجهاز الـ PH meter ثم يتم عمل محاليل مختلفة من الـ PH بإضافة كميات مختلفة من الحامض.

يتم إضافة قلوى على الماء ويقاس الـ PH بجهاز الـ PH meter ثم يتم عمل محاليل مختلفة من الـ PH بإضافة كميات مختلفة من القلوى.

يتم إحضار ٨ أنابيب إختبار وتقسم الأنابيب إلى مجاميع (كل مجموعة تحتوي على زوج من الأنابيب).

يتم إضافة مادة التفاعل والإنزيم ثم إضافة حامض الكبريتيك والمعايرة.



يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	PH	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2
1	7	2	0.5	2	6.0	2
2	3	2	0.5	2	4.0	
3	7	2	0.5	2	6.0	3
4	4	2	0.5	2	3.0	
5	7	2	0.5	2	6.0	3
6	8	2	0.5	2	3.0	
7	7	2	0.5	2	6.0	2
8	9	2	0.5	2	4.0	

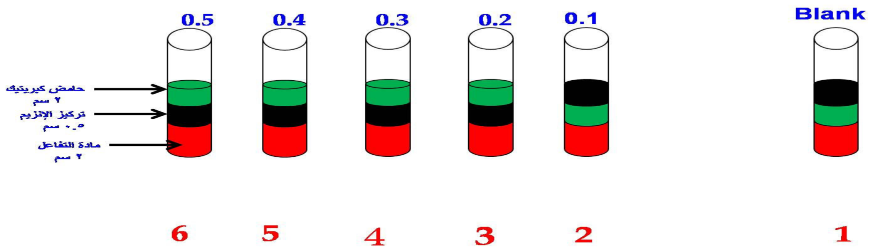
من الجدول يتضح أن أفضل نشاط للإنزيم في درجة PH المتعادل وأن إنخفاضها أو إرتفاعها يؤدى لإنخفاض نشاط الإنزيم.

المثبط الإنزيمى:

يتم تحضير المادة المثبطة من سيانيد الوتاسيوم KCN بتركيزات مختلفة منها: ٠,١ ، ٠,٢ ، ٠,٣ ، ٠,٤ ،٠,٥%.

يتم إحضار الأنابيب ويوضع كل تركيز من التركيزات السابقة في أنبوبة إختبار.

يتم إضافة مادة التفاعل ثم الإنزيم ثم الحامض ثم المعايرة.

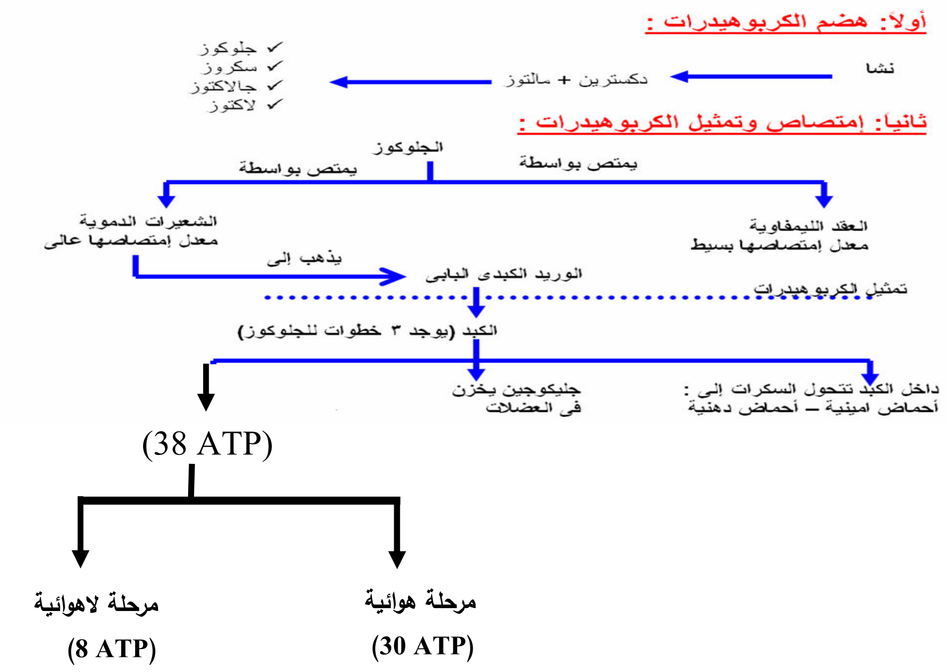


يتم وضع النتائج في جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	المثبط الإنزيم	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2 المختفي
1	0	2	0.5	2	6.0	0
2	0.1	2	0.5	2	2.0	4
3	0.2	2	0.5	2	3.0	3
4	0.3	2	0.5	2	4.0	2
5	0.4	2	0.5	2	5.0	1
6	0.5	2	0.5	2	6.0	0

من الجدول يتضح أن معدل نشاط الإنزيم يقل بزيادة تركيز المواد المثبطة.

مقاييس التمثيل الغذائي للكربوهيدرات



*- مقاييس نسبة السكر في الدم:

١) النسبة السليمة في التحاليل ٨٠-١٢٠ ملجم /١٠٠ مللى دم.

٢) أقل من ٨٠ مللجم Hypoglycemia

٣) أكثر من ١٢٠ ملجم Hyperglycemia

*- كيف يتم معرفة مدى إستفادة الجسم من الكربوهيدرات:

تصويم الكائن الحى لمدة ١٢ ساعة.

حقن عينة من الجلوكوز بمعدل ١ جم/ كجم وزن حى.

أخذ عينات من الدم على فترتين:

أ) بعد ١ ساعة من الحقن (نسبة السكر أكبر من ١٢٠ وهي في الوضع الطبيعى لا يعتبر مرتفع).

ب) بعد ٢ ساعة إذا كانت نسبة السكر أكبر من ١٢٠ يكون السكر مرتفع.

*- ماهي الهرمونات المسئولة عن ضبط نسبة السكر في الدم:

الأنسولين: يخفض نسبة السكر في الدم.

الجلوكاجون: يرفع نسبة السكر في الدم.

*- كيف يتم رفع نسبة السكر في الدم:

١. التغذية على وجبة غنية بالكربوهيدرات والدهون Imduer hyperglycemia

٢. الحقن بمادة الـ Doxome التي تثبط خلايا β المسئولة عن إفراز الأنسولين.

٣. نزع البنكرياس.

٤. الحقن بهرمون الأدرينالين.

*– تقدير نسبة السكر في الدم:

١– عن طريق ترسيب البروتين (Preceptation)

يتم التقدير بترسيب البروتين وذلك لأن البروتين يعتبر أكبر مادة داخل الجسم من حيث الوزن الجزئى فتعيق أي تقدير.

حيث يتم نزع جزئ الماء أو تغيير درجة ال pH، أي يتم إدخال مواد تعمل على تغير في طبيعة البروتين. ويتم ترسيب البروتين بالطرق التالية:

- حامض TCA. – كبريتات الكادميوم
- Folm Reagent – NaOH + كبريتات الزنك
- المذيبات العضوية

٢) عن طريق عمليات إختزالية (Reduction)

الجلوكوز له القدرة على إختزال أي مادة

جلوكوز + كبريتات نحاس $CuSO_4$ ← أكسيد نحاسوز CuO (أحمر طوبى) ↓

جهاز Spectrophotometer (450 mm)

عيوب الطريقة الإختزالية:

– بعض المواد تختزل عن طريق الجلوكوز وتدخل في العمليات الإختزالية فترفع من نسبة السكر مثل (اليوريك أسيد – الجلوتاثيون – الثريونين) لذلك ينصح بإستخدام الطرق الإنزيمية (اللونية).

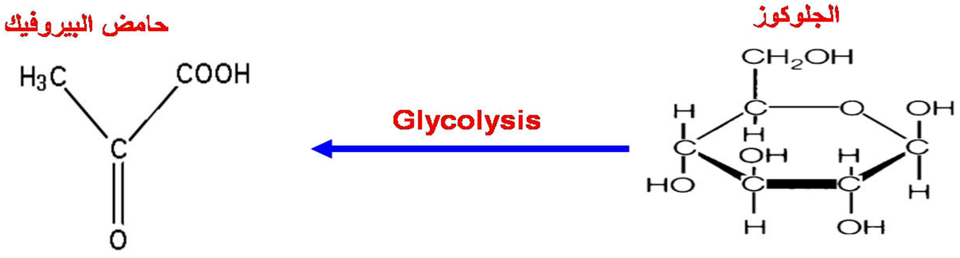
٣) الطريقة اللونية (Colormetric)

أكسيد النحاسوز + حامض الفوسفومولبيدنك ← لونه أزرق ↓

جهاز Spectrophotometer (450 mm)

*– علل: لا ينصح بترك عينة الدم على درجة حرارة الغرفة عند تقدير نسبة السكر بها.

وذلك لأن:-



ولذا يتم إضافة أكسالات الصوديوم وفلورين البوتاسيوم بنسبة ٢٠مللجم/٥مللى دم

* ١٥ ملجم أوكسالات صوديوم

له تأثيرين:

يثبط التمثيل الغذائي لكرات الدم الحمراء

يوقف نشاط البكتريا.

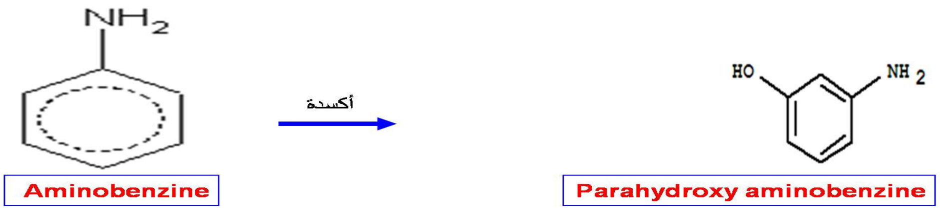
* ٥ ملجم فلورين البوتاسيوم

وتأثيره:

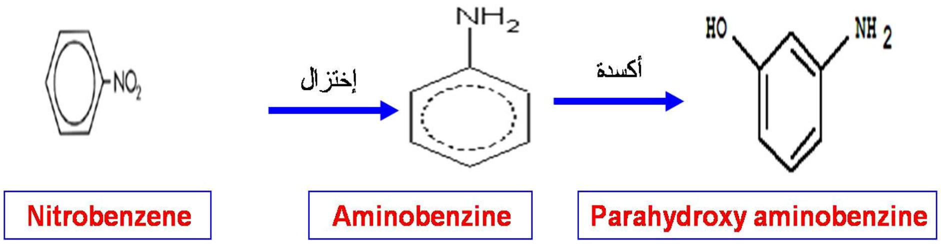
أنه يوقف نشاط كل الإنزيمات على درجة حرارة الغرفة.

*- نزع السمية (DeToxication):

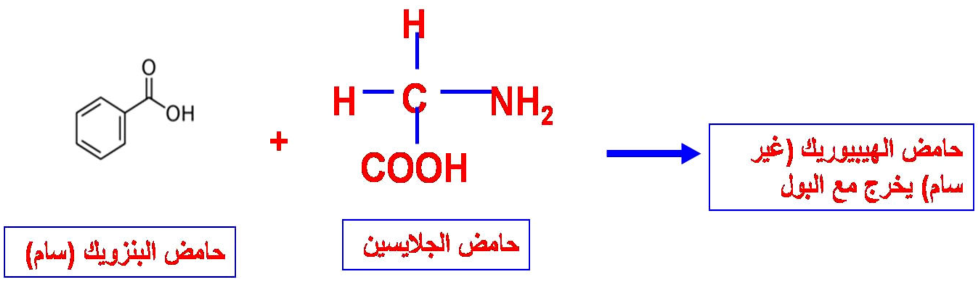
١- الأكسدة:



٢- الإختزال:



٣- الإختزال ثم الأكسدة:



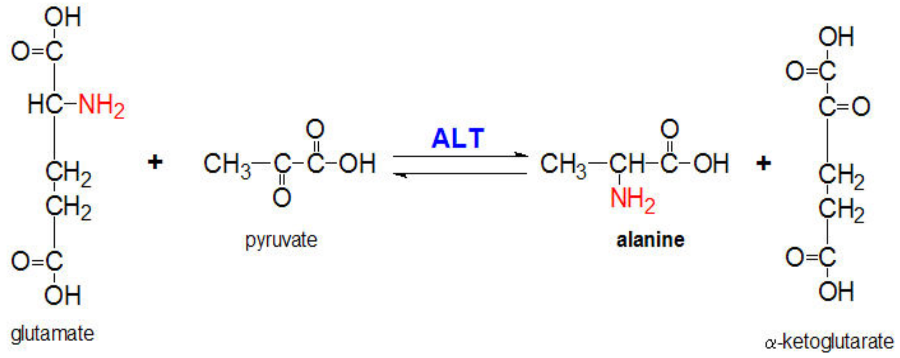
4- الربط:

كيف نحكم على وظائف الكبد والكلى: عن طريق تقديرين هما:

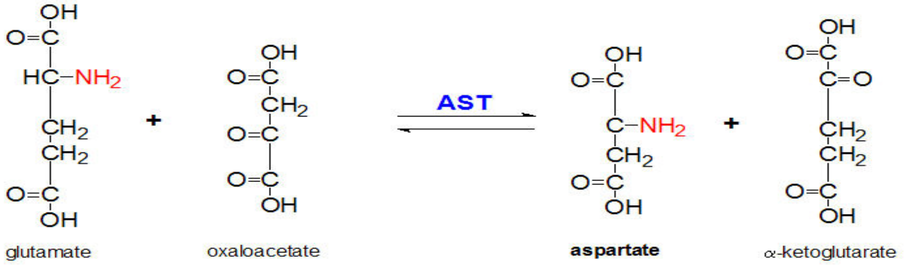
GOT			GPT		
T	O	G	T	P	G
Trans aminase	Oxal acetic	Glutamic-acid	Trans aminase	Pyrophic	Glutamic-acid
إنزيم نقل مجموعة الأمين من الجلوتاميك إلى الأوكسال أسيتيك (خاص بالكبد)			إنزيم نقل مجموعة الأمين من الجلوتاميك إلى البيروفيك (خاص بالكبد)		

أذكر الأساس النظرى لتقدير كلًا من GPT و GOT و الكرياتين والكرياتينين:

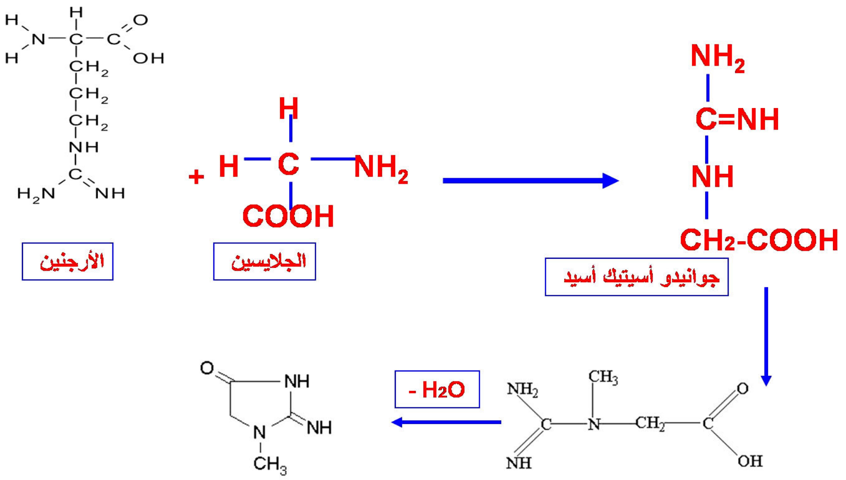
١- GPT:



٢- GOT:



٢- الكرياتين والكرياتينين (خاص بالكُلى):



مقاييـــــــــــــــــــــس

CONVERSION FACTORS, ABBREVIATIONS, AND UNIT SYMBOLS

CONVERSION FACTORS TO SI UNITS

To convert from	To	Multiply by
acre	square meter (m^2)	4.047×10^{3}
angstrom	meter (m)	1.0×10^{-10}†
are	square meter (m^2)	1.0×10^{2}†
astronomical unit	meter (m)	1.496×10^{11}
atmosphere, standard	pascal (Pa)	1.013×10^{5}
bar	pascal (Pa)	1.0×10^{5}†
barn	square meter (m^2)	1.0×10^{-28}†
barrel (42 U.S. liquid gallons)	cubic meter (m^3)	0.1590
Bohr magneton (μ_B)	J/T	9.274×10^{-24}
Btu (International Table)	joule (J)	1.055×10^{3}
Btu (mean)	joule (J)	1.056×10^{3}
Btu (thermochemical)	joule (J)	1.054×10^{3}
bushel	cubic meter (m^3)	3.524×10^{-2}
calorie (International Table)	joule (J)	4.187
calorie (mean)	joule (J)	4.190
calorie (thermochemical)	joule (J)	4.184†
centipoise	pascal second (Pa · s)	1.0×10^{-3}†
centistokes	square millimeter per second (mm^2/s)	1.0†
cfm (cubic foot per minute)	cubic meter per second (m^3/s)	4.72×10^{-4}
cubic inch	cubic meter (m^3)	1.639×10^{-5}
cubic foot	cubic meter (m^3)	2.832×10^{-2}
cubic yard	cubic meter (m^3)	0.7646
curie	becquerel (Bq)	3.70×10^{10}†
debye	coulomb meter (C m)	3.336×10^{-30}
degree (angle)	radian (rad)	1.745×10^{-2}
denier (international)	kilogram per meter (kg/m)	1.111×10^{-7}
	tex‡	0.1111
dram (apothecaries')	kilogram (kg)	3.888×10^{-3}
dram (avoirdupois)	kilogram (kg)	1.772×10^{-3}
dram (U.S. fluid)	cubic meter (m^3)	3.697×10^{-6}
dyne	newton (N)	1.0×10^{-5}†
dyne/cm	newton per meter (N/m)	1.0×10^{-3}†
electronvolt	joule (J)	1.602×10^{-19}
erg	joule (J)	1.0×10^{-7}†
fathom	meter (m)	1.829
fluid ounce (U.S.)	cubic meter (m^3)	2.957×10^{-5}
foot	meter (m)	0.3048†
footcandle	lux (lx)	10.76
furlong	meter (m)	2.012×10^{-2}
gal	meter per second squared (m/s^2)	1.0×10^{-2}†
gallon (U.S. dry)	cubic meter (m^3)	4.405×10^{-3}
gallon (U.S. liquid)	cubic meter (m^3)	3.785×10^{-3}
gallon per minute (gpm)	cubic meter per second (m^3/s)	6.309×10^{-5}
	cubic meter per hour (m^3/h)	0.2271
gauss	tesla (T)	1.0×10^{-4}
gilbert	ampere (A)	0.7958
gill (U.S.)	cubic meter (m^3)	1.183×10^{-4}
grade	radian	1.571×10^{-2}
grain	kilogram (kg)	6.480×10^{-5}
gram force per denier	newton per tex (N/tex)	8.826×10^{-2}
hectare	square meter (m^2)	1.0×10^{4}†
horsepower (550 ft · lbf/s)	watt (W)	7.457×10^{2}
horsepower (boiler)	watt (W)	9.810×10^{3}
horsepower (electric)	watt (W)	7.46×10^{2}†
hundredweight (long)	kilogram (kg)	50.80
hundredweight (short)	kilogram (kg)	45.36
inch	meter (m)	2.54×10^{-2}†
inch of mercury (32 °F)	pascal (Pa)	3.386×10^{3}
inch of water (39.2 °F)	pascal (Pa)	2.491×10^{2}
kilogram-force	newton (N)	9.807
kilowatt hour	megajoule (MJ)	3.6†

CONVERSION FACTORS TO SI UNITS

To convert from	To	Multiply by
kip	newton (N)	4.448×10^3
knot (international)	meter per second (m/S)	0.5144
lambert	candela per square meter (cd/m^3)	3.183×10^3
league (British nautical)	meter (m)	5.559×10^3
league (statute)	meter (m)	4.828×10^3
light year	meter (m)	9.461×10^{15}
liter (for fluids only)	cubic meter (m^3)	$1.0 \times 10^{-3\dagger}$
maxwell	weber (Wb)	$1.0 \times 10^{-8\dagger}$
micron	meter (m)	$1.0 \times 10^{-6\dagger}$
mil	meter (m)	$2.54 \times 10^{-5\dagger}$
mile (statute)	meter (m)	1.609×10^3
mile (U.S. nautical)	meter (m)	$1.852 \times 10^{3\dagger}$
mile per hour	meter per second (m/s)	0.4470
millibar	pascal (Pa)	1.0×10^2
millimeter of mercury (0 °C)	pascal (Pa)	$1.333 \times 10^{2\dagger}$
minute (angular)	radian	2.909×10^{-4}
myriagram	kilogram (kg)	10
myriameter	kilometer (km)	10
oersted	ampere per meter (A/m)	79.58
ounce (avoirdupois)	kilogram (kg)	2.835×10^{-2}
ounce (troy)	kilogram (kg)	3.110×10^{-2}
ounce (U.S. fluid)	cubic meter (m^3)	2.957×10^{-5}
ounce-force	newton (N)	0.2780
peck (U.S.)	cubic meter (m^3)	8.810×10^{-3}
pennyweight	kilogram (kg)	1.555×10^{-3}
pint (U.S. dry)	cubic meter (m^3)	5.506×10^{-4}
pint (U.S. liquid)	cubic meter (m^3)	4.732×10^{-4}
poise (absolute viscosity)	pascal second (Pa · s)	$0.10^\dagger$
pound (avoirdupois)	kilogram (kg)	0.4536
pound (troy)	kilogram (kg)	0.3732
poundal	newton (N)	0.1383
pound-force	newton (N)	4.448
pound force per square inch (psi)	pascal (Pa)	6.895×10^3
quart (U.S. dry)	cubic meter (m^3)	1.101×10^{-3}
quart (U.S. liquid)	cubic meter (m^3)	9.464×10^{-4}
quintal	kilogram (kg)	$1.0 \times 10^{2\dagger}$
rad	gray (Gy)	$1.0 \times 10^{-2\dagger}$
rod	meter (m)	5.029
roentgen	coulomb per kilogram (C/kg)	2.58×10^{-4}
second (angle)	radian (rad)	$4.848 \times 10^{-6\dagger}$
section	square meter (m^2)	2.590×10^6
slug	kilogram (kg)	14.59
spherical candle power	lumen (lm)	12.57
square inch	square meter (m^2)	6.452×10^{-4}
square foot	square meter (m^2)	9.290×10^{-2}
square mile	square meter (m^2)	2.590×10^6
square yard	square meter (m^2)	0.8361
stere	cubic meter (m^3)	$1.0^\dagger$
stokes (kinematic viscosity)	square meter per second (m^2/s)	$1.0 \times 10^{-4\dagger}$
tex	kilogram per meter (kg/m)	$1.0 \times 10^{-6\dagger}$
ton (long, 2240 pounds)	kilogram (kg)	1.016×10^3
ton (metric) (tonne)	kilogram (kg)	$1.0 \times 10^{3\dagger}$
ton (short, 2000 pounds)	kilogram (kg)	9.072×10^2
torr	pascal (Pa)	1.333×10^2
unit pole	weber (Wb)	1.257×10^{-7}
yard	meter (m)	$0.9144^\dagger$

† Exact.
‡ This non-SI unit is recognized by the CIPM as having to be retained because of practical importance or use in specialized fields.

المراجــع الأجنبية

Ackman RG and Cummane SC. In: Advances in Applied Lipid Research. Padley FB, ed. London: JAI Press Ltd., 1992, PP. 167-215.

Budowski P, et al., World Rev Nutr Diet, 1994; 75:105-108.

D.C.Church, (1991). Livestock feeds & Feeding,. Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall, INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey.7632. 3rd ed.

Davidson, V. L. and Sittman, B.D. (1994) Biochemistry. 3rd edition, Mass publishing CO., Dokki, Giza, Cairo.

Dhiman, T.R., 2000. Conjugated linoleic acid: A food for cancer prevention. Feedstuffs, May, 72:24-32.

Du, M., D.U. Ahn, and J. L. Sell, 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the composition of egg yolk lipids. Poultry Science 78: 1639-1645.

Emken EA, 1995. In: Proceedings From the Scientific Conference on Omega-3 Fatty Acids in Nutrition, Vascular Biology, and Medicine. Dallas, TX: American Heart Association, 1995, PP. 9-18.

Ferretti A and Flanagan VP., 1996. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 1996: 54:451-445.

Gunstone, F. D. and Norris, F. A. (1983). Lipids in Foods (Chemistry, Biochemistry and Technology) Pergamon Press, Oxford. New York, Toronto, Sydeny, Paris, Frankfurt.

Horrobin DF and Manku MS. In: Omega-6 Essential Fatty Acids. Horrobin DF, ed. New York, NY: Alan R. Liss, 1990, PP. 21-53.

Houwelingen AC v and Hornstra G. World Rev Nutr Diet. 1994; 75: 175-178.

Institute of Shortening and Edible Oils, Inc., 1994. Food Fats and Oils. Washington, DC.

Kenneth Lyon blaxter (1967). The energy metabolism of

ruminants

Kinsella, J. E, Lokesh, B. and Stone, R. A. (1990). Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and a melioration of cardiovascular disease; Possible mechanisms, Am. J. Nutr. 52, 1-28.

Murase, T., Ioki, M., Tokimitsu, I., 2005. Supplementation with alpha-linolenic acid rich diacylglycerol suppresses fatty liver formation accompanied by an upregulation of β-oxidation in Zucker fatty rats. Biochimica et Biophysica Acta, 1733 (2–3), 224–231.

Natinal Academy Press, 1989. Food and Nutrition Board, National Research Council. In: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC, PP. 44-51.

Ratnayake WMN and Chen Z-Y. Lipids. 1996; 31(Suppl): S279-S282.

Reynolds, C.K. Dept. Agric. Centre for Dairy Research, the University of Reading, Earley Gate, Reading Berkshire, U.K. J.Animal Sci. 80, E74-E84,2002.

Robert Horton et al., 2006. Principles of biochemistry. Fourth ed. Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Salem Jr N and Pawlosky RJ. World Rev Nutr Diet. 1994; 75:114-119.

Salem Jr N, 1996. Lipids, 31(Suppl): S 153-S 156. 16. Brossard N, et al. AM J Clin Nutr. 1996; 64: 577-586.

Wan, P. J. (1991). Introduction to Fats and Oils Technology. American Oil Chemists, Society, Champiagen, Illinois.

المراجــع العربيـــة

أحمد عنيم: كتاب القواعد والنظريات الأساسية في تغذية الحيوان، الطبعة الثامنة ١٩٥٨،

أحمد غنيم:كتاب تغذية الحيوان (المقننات الغذائية والعلائق الاقتصادية – مطبعة العلوم – القاهرة ١٩٦٧.

رضوان صدقى فرج (١٩٩١). كيمياء الليبيدات. مركز النشر لجامعة القاهرة.

رضوان صدقي فرج وأخرون، ١٩٩٨. الكيمياء الحيوية – مطبعة كلية الزراعة – جامعة القاهرة – ١٩٩٨

عادل عيد محمد "أستاذ مساعد"– هانى محمد رمضان "مدرس" (قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة).

عبد المنعم يوسف ابراهيم (٢٠٠٣) – كيمياء الألياف النباتية.

عبد الوهاب إسماعيل عيسي ود. محمد عدلي دياب، ١٩٧٧، محاضرات في أسس الكيمياء الحيوية – كلية الزراعة – جامعة المنوفية – ١٩٧٧.

عبد الوهاب إسماعيل عيسي، ٢٠٠٢. محاضرات في كيمياء الإنزيمات — كلية الزراعة – جامعة المنوفية.

محمد بسيم عطا وحبيب السيد مصطفي (١٩٩٨). تكنولوجيا الزيوت والدهون. كلية الزراعة بطنطا.

محمد بسيونى زويل (١٩٦٥) الزيوت والدهون. دار المعارف الطبعة الثالثة. مكتبة العلوم الزراعية.

المواقــع الإلكترونيـة

1- Hexoses -"http://en.wikipedia.org/wiki/Hexose"

2- Pentoses http://en.wikipedia.org/wiki/Pentose

3-Hyaluronic http;//en.wikipedia.org/wiki/hyaluronanhttp://en.wikipedia.org/wiki/Hyaluronan"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Hyaluronan"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Hyaluronan"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Hyaluronan"

4-Glycogen http://en.wikipedia.org/wiki/GlycogenRetrieved from"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"Retrieved from"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

Retrieved from"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

"http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen"

5-Christie, W.W. What is a lipid? Lipidlibrary.aocs.org. April 18th, 2011.

6-Christie, W.W. Fatty acids and eicosanoids. Lipidliprary.aocs.org. April 1st , 2011.

7- BCH PLS PPA 609 Lecture Eleven B Web Notes.htm.

8- file://K:\cellulase-wikipedia, the free encyclopedia.htm. 17/12/2007.

9- George A.Mclaren, West Virginia Univ., Morgantown Downloaded from Jas. Fass. Org by guest on July 10, 2011.Http://Jas.fass.org/content/23/2/577American Society of Animal Science www.asas. Org. J.Animal Sci.