تغذية الحيوان Animal Nutrition

تشمل التغذية النشاطات الكيميائية والفسيولوجية المختلفة التي ينتج عنها تحويل العناصر الغذائية الى عناصر جسمية .

الغذاء Feed ، هو المادة التي يتمكن الحيوان بعد تناولها من هضمها وامتصاصها والاستفادة منها.

وان مكونات المادة الغذائية التي يمكن للحيوان الاستفادة منها يطلق عليها العناصر الغذائية Nutrients .

يعتبر الكيمياوي الفرنسي لافوازيه بحق مؤسس علم التغذية ، حيث انه اسس القواعد الكيمياوية للتغذية خلال تجارب التنفس التي اجراها قبل انطلاق الثورة الفرنسية ، لهذا فقد اصبحت الكيمياء اداة مهمة في دراسات التغذية .

بينما نتجت غالبية معلوماتنا من الملاحظات المباشرة للمشاكل الصحية والغذائية الواضحة في الانسان والحيوان . الا ان اكتشافات مهمة جاءت من الدراسات الاساسية لوظائف اعضاء الحيوان ودراسة التغيرات الفسيولوجية والحيوية فيها وكذلك تأثير مختلف العناصر الغذائية .

ان التطور الواسع في حقل التغذية نتج من تطبيق معلومات العديد من العلوم المختلفة ، فقد عمل علماء الفسلجة والكيمياء الحيوية معاً لفترة طويلة لدراسة احتياجات الجسم من الغذاء ولدراسة كيفية تمثيل هذا الغذاء . وقد تخلف تشخيص الفيتامينات الى ان اهتم علماء الكيمياء العضوية بعزل وتكوين هذه الفيتامينات .

كما اوضح لنا الفيزياويين كيفية استخدام الاشعة السينية والنظائر والكروماتوكرافي واجهزة الطيف لتطوير علم التغذية .

ان التقدم الحاصل في العقود الاخيرة اوضح بجلاء اهمية البحوث المكثفة وفائدتها للانسان والحيوان على حد سواء وذلك لحل مشاكل التغذية . وبهذا فأن علم التغذية سيستمر في التوسع وذلك لتطوير الصناعات الحيوانية وبالتالي سعادة الانسان .

الهضم Digestion

ان عدد كبير من المكونات العضوية في الغذاء تكون على شكل جزيئات كبيرة غير ذائبة وتحتاج الى ان تنكسر او تتفكك الى مركبات ابسط قبل ان تتمكن من المرور خلال الغشاء المخاطي للقناة الهضمية الى الدم واللمف ، ان عملية تفكك او تحلل الغذاء سميت بالهضم ، وان مرور المواد الغذائية المهضومة خلال الغشاء المخاطي سميت بالامتصاص .

يمكن تصنيف العمليات المهمة في الهضم الى عمليات ميكانيكية وكيمياوية وميكروبية . ان النشاطات الميكانيكية هي عبارة عن المضغ والتقلصات العضلية للقناة الهضمية . اما الفعل الكيمياوي الرئيسي فيتم بواسطة افراز الانزيمات في العصير الهضمي للحيوان . اما الهضم الميكروبي للغذاء فهو كذلك انزيمي ويتم بواسطة البكتريا والبروتوزوا والاحياء المجهرية الاخرى الذي يلعب دوراً خاصاُ في هضم المجترات ، اما في الحيوانات ذات المعدة البسيطة فأن النشاط الميكروبي يحدث في الامعاء الغليظة .

وبالنظر لآهمية القناة الهضمية في الاستفادة من العناصر الغذائية المختلفة فمن الضروري معرفة تشريحها ووظائفها حتى يكون بالامكان اختيار المواد العلفية الملائمة وتكوين العلائق التي تتناسب مع طبيعة الجهاز الهضمي .

تختلف القناة الهضمية للانواع المختلفة من الحيوانات بصورة كبيرة مما ادى الى تقسيم الحيوانات عموما الى حيوانات بسيطة المعدة (وحيدة المعدة) والطيور والمجترات .

تشمل القناة الهضمية في الحيوانات بسيطة المعدة الفم والتراكيب المصاحبة له والغدد اللعابية والمريء والمعدة والامعاء الدقيقة والامعاء الغليظة والبنكرياس والكبد. تقوم هذه الاعضاء والغدد والتراكيب المختلفة الاخرى بمضغ الغذاء وابتلاعه وهضمه وامتصاص العناصر الغذائية اضافة الى القيام بالتخلص من بعض الفضلات .

وفي المجترات تكون المعدة اكثر تعقيداً مما في الانواع الاخرى من الحيوانات ، حيث تنقسم المعدة الى اربعة اقسام هي الشبكية ، الكرش ، الورقية والمعدة الحقيقية.

اشتقت كلمة مجترات Ruminants من الكلمة اللاتينية Ruminare والتي تعني اعادة المضغ ثانية . تصنف المجترات الى ، مجترات كاذبة Pseudo ruminants لأن المعدة مقسمة الى ثلاثة اجزاء رئيسية فقط هي الكرش والشبكية والمعدة الحقيقية ومثالها الجمال والحيوانات المشابهة لها . ومجترات حقيقية True ruminants مثل الابقار والجاموس والاغنام والماعز والتي تقسم معدتها الى اربعة اجزاء رئيسية هي الكرش Rumen ، الشبكية (القلنسوة) Reticulum ، الورقية (ام التلافيف) Omasum والمعدة الحقيقية Abomasum (او المنفحة في العجول الصغيرة).

يختلف شكل المعدة كما يختلف حجمها النسبي في الحيوانات المختلفة حيث تكون المعدة كبيرة نسبياً وتشكل حوالي 4٪ من وزن الجسم في الانسان البالغ . وتعد معدة المجترات كبيرة نسبياً مقارنة بوزن الجسم او بالقناة الهضمية اجمعها ، حيث تشكل معد الاغنام والماشية 25 - 28٪ من وزن الجسم كما تشكل حوالي 37-45٪ من القناة الهضمية .

اكتسبت الشبكية تسميتها من شكل بطانتها التي تشبه خلية النحل ، تعتبر الجزء الأمامي والأصغر لمعدة المجترات ويقع أغلب هذا الجزء في الجانب الأيسر خلف الحجاب الحاجز مباشرة مقابل القلب تقريباً ، تمتاز بأنها تحجز جميع المواد المعدنية أو الغريبة التي قد تدخل مع الغذاء وتكون بموضع لأن تنفذ إلى القلب .

اما الكرش فيكون مبطناً بالحلمات التي تغطي معظم سطوحه ولكنها تكون اكثر كثافة في الاجزاء البطنية مما في الاجزاء الاخرى ، ويكون الكرش مقسماً جزئياً الى اكياس مختلفة بواسطة اعمدة تعمل على السيطرة على تقلصاته ، وهو كيس عضلي كبير يمتد من الحجاب الحاجز إلى الحوض ويملأ تقريباً كل الجانب الأيسر من التجويف البطني .

والورقية هي عبارة عن عضو كروي مضغوط من الجانبين مملوء بصفائح عضلية تشبه صفحات الكتاب تحمل حلمات ناتئة منتظمة بشكل يسمح للغذاء بأن يتحرك من الفتحة (الشبكية – الورقية) إلى الفتحة (الورقية – المعدة الحقيقية)، تقع الورقية إلى يمين الكرش والشبكية ، تعمل كمصفاة للكتلة الغذائية ويحصل بها امتصاص كبير للماء ، وتفرغ الورقية في المعدة الحقيقية .

المعدة الحقيقية وهي أول جزء غدي في الجهاز الهضمي للمجترات ، عبارة عن كيس كمثري الشكل تقع بصورة رئيسية فوق أرضية التجويف البطني وتمتد على الجانب الأيمن للكرش ، تشابه في وظائفها معدة الحيوانات البسيطة المعدة ، حيث تنتج العصارات الهضمية الاعتيادية لكنها تختلف من الناحية الفيزياوية عن المعد البسيطة نتيجة لاحتوائها على حوالي 12 طية حلزونية تمتد حولها من الداخل حيث تعمل هذه على زيادة المساحة السطحية لانتشار الغدد المعدية . تكون معظم المعدة مبطنة بالخلايا المخاطية التي تنتج المخاط الذي يعمل على حماية المعدة من الإفرازات المعدية ، يوجد في الجزء الوسطي من المعدة الغدد المعدية التي تنتج إفرازات خليطة من حامض الهيدروكلوريك والانزيمات والمخاط ، وتعد الإفرازات المعدية فعالة في بدء الهضم في المعدة .

الهضم في الحيوانات بسيطة المعدة

يكون الهضم في الفم بصورة رئيسية هضم ميكانيكي ، فالمضغ يساعد على تقطيع وتكسير اجزاء الغذاء الكبيرة وخلطها مع اللعاب الذي يعمل كمخفف للاحتكاك ويساعد في الانزلاق . وخلال عمليات المضغ يضاف اللعاب من ثلاثة ازواج جانبية من الغدد اللعابية حيث يساعد اللعاب في تكوين لقمات يمكن ابتلاعها بسهولة كما يقوم بعدد من الوظائف الاخرى مثل الحفاظ على رطوبة الفم والمساعدة على التذوق وتزويد بعض الانزيمات التي تسهم بالعمليات الهضمية .

وفي المعدة تواصل العصارات المعدية العمليات الهضمية التي تبتدئ بالمضغ والخلط باللعاب في الفم . ويزود حامض الهيدروكلوريك PH ملائم لعمل الانزيمات التي تقوم بالابتداء بهضم البروتين كما تقوم بهضم الدهون في بعض اللبائن الصغيرة ، ويسمى الغذاء المهضوم جزئياً في هذه المرحلة بالكيموس ، حيث يمر الى الاثني عشري ويتعرض الى فعل العصارات المعوية والصفراء التي تقوم برفع الاس الهيدروجيني PH الى المدى القاعدي .

كذلك تساعد الصفراء في استحلاب الدهون وهي خطوة مهمة في اذابتها وامتصاصها وتواصل انزيمات البنكرياس الهضم الانزيمي للبروتينات والدهون والكربوهيدرات ، حيث تكمل الانزيمات الاضافية التي تنتج من قبل الغدد الموجودة في جدار الاثني عشري هذه العملية .

وتستمر الفعالية الانزيمية حتى مرور الغذاء الى الصائم واللفائفي وهي من المقاطع الاخرى للامعاء الدقيقة حيث تكون معظم العناصر الغذائية العضوية قد امتصت في الوقت الذي تصل فيه المواد المهضومة الى الاعور.

تنمو البكتريا في اللفائفي والاعور والامعاء الغليظة حيث توجد مجاميع كبيرة منها في منطقة الاعور . وتعتمد نوعيتها واعدادها على نوع الحيوان وطبيعة غذائه ،

ويحدث امتصاص لبعض الحوامض العضوية والمركبات العضوية مثل الامونيا في الاعور والامعاء الغليظة، كذلك تمتص كميات كبيرة من الماء في الامعاء الغليظة .

تقوم القناة الهضمية اضافة الى عمليات الهضم والامتصاص بلفظ بعض المركبات الى خارج الجسم . وينطبق هذا بصورة خاصة على الصفراء التي تنتج من الكبد حيث يعد الكبد من المواقع النشيطة جداً في ازالة سم العديد من المركبات السامة التي توجد في النباتات او الميكروبات او العقاقير التي تعطى الى الحيوان . كذلك يقوم الكبد بلفظ العديد من العناصر اللاعضوية ويعد موقع تجزئة ولفظ العديد من المركبات المختلفة اضافة الى المواد الكيمياوية التي تزال سميتها عن طريق الصفراء . وتلفظ بعض العناصر اللاعضوية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والفسفور في الامعاء الغليظة .

ومن الفعاليات المهمة الاخرى التي تحدث في القناة الهضمية تخليق العناصر الغذائية ، حيث ان المجاميع الميكروبية المختلفة الموجودة في الاعور والامعاء الغليظة تكون قادرة على تخليق عدد من الفيتامينات الذائبة في الماء وعدد من المركبات العضوية الاخرى التي توجد في الانسجة الميكروبية مثل الحوامض الامينية والبروتينات والكربوهيدرات المختلفة وبعض اللبيدات .

امتصاص المواد الغذائية

ان العضو الرئيسي في اللبائن وحيدة المعدة لأمتصاص العناصر الغذائية هو الامعاء الدقيقة ، وهو مكيف للأمتصاص من خلال المساحة السطحية الداخلية التي تزداد بالتلافيف ووجود الزغب.

- ان هضم الكربوهيدرات بواسطة الانزيمات يؤدي الى انتاج السكريات الاحادية والتي تنتقل بصورة نشطة عبر الخلية وتحمل بواسطة جهاز الدوران الى الكبد.

■ ان النواتج النهائية لنشاط اللايبيز (على الدهون) هي احادي وثنائي الكليسرايد واحماض دهنية تكون موجودة على شكل مستحلب دقيق تمتص بالانتشار عبر الزغب .

■ ان النواتج الرئيسية لهضم البروتين هي الاحماض الامينية والموقع الرئيسي لأمتصاصها هو الامعاء الدقيقة والتي تعبر منها الى الدورة الدموية ومن ثم الى الكبد .

■ ان امتصاص العناصر المعدنية في القناة الهضمية يتأثر بعدة عوامل ولكن اهمها هو درجة اذابة العناصر التي تحتك بالغشاء الممتص . في حالة الكالسيوم والفسفور فأن اي زيادة في احدهما يؤثر على امتصاص الاخر ومن المعروف ان فيتامين د V.D يساعد في امتصاص الكالسيوم والفسفور .

ان امتصاص الحديد لايعتمد بدرجة كبيرة على المصادر الغذائية فمن الصعوبة ان يفرز الحيوان من جسمه اي كمية من الحديد ، في الحيوانات البالغة يكون امتصاص العنصر بصورة عامة واطئ ولكن بعد نزيف حاد وخلال الحمل يزداد الاحتياج للحديد وبذلك يزداد امتصاص العنصر . يجب ان يكون الحديد على هيئة حديدوز قبل حدوث الامتصاص ، كما ان بعض العوامل المختزلة الطبيعية مثل V.C يشجع على امتصاص الحديد وذلك بأختزال ايون الحديديك الى حديدوز .

الخارصين يشابه الحديد من حيث انه قليل الامتصاص من القناة الهضمية ومن المعتقد ان الكالسيوم يمنع امتصاص الخارصين .

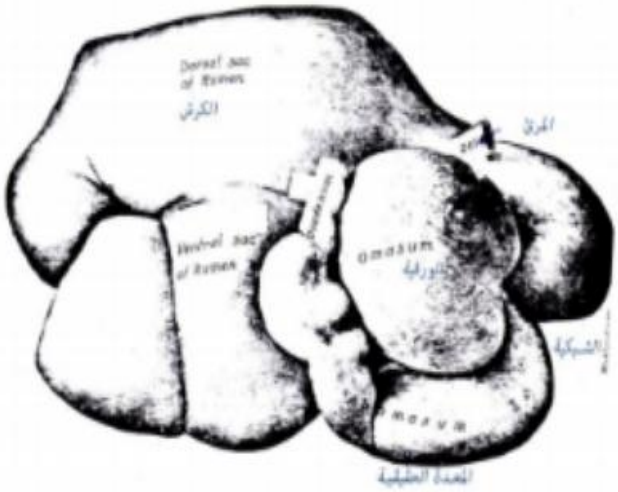
اليود موجود بصورة رئيسية كأيوديد لاعضوي في النباتات بينما في الأغذية الحيوانية يكون جزئياً موجود على شكل عضوي ، وان اليود العضوي اقل امتصاصاً من اليود اللاعضوي .

■ فيتامين A يمتص بصورة اكبر في القناة الهضمية من الكاروتين . ان الموقع الرئيسي لأمتصاص الكاروتين هو الامعاء الدقيقة كما تلعب املاح الصفراء دوراًمهماً في هذه العملية . وان امتصاص V.D,E,K تتأثر ايضاً بوجود الصفراء . ان امتصاص V.B12 يعتمد على وجود العامل الحيوي الذي يفرز من قبل المعدة .

■ يمتص الماء بسرعة من جميع اجزاء الامعاء الدقيقة ويبدو ان امتصاصه يعتمد على امتصاص الالكتروليتات وعلى كل حال فأن الموقع الرئيسي لأمتصاص الماء هو الصائم . ينتقل الماء عبر الغشاء المخاطي المعوي بكلا الاتجاهين من الامعاء الى الدم ومن الدم الى تجويف الامعاء.

جدول يبين الانزيمات الرئيسية في القناة الهضمية

المادة الغذائية	الانزيم	المصدر	المادة الناتجة
الكربوهيدرات النشا،الكلايكوجين، دكسترين	اميليز	اللعاب ، البنكرياس	المالتوز ، الكلوكوز
مالتوز	مالتيز	الامعاء الدقيقة	الكلوكوز
لاكتوز	لاكتيز	الامعاء الدقيقة	الكلوكوز ،الكالاكتوز
سكروز	سكريز	الامعاء الدقيقة	الكلوكوز ، الفركتوز
الدهون والزيوت اللبيدات	لايبيز	البطانة المخاطية في المعدة البنكرياس	الكليسريدات الاحادية الكليسيرول ، الاحماض الدهنية
البروتينات بروتين الحليب	رنين	البطانة المخاطية في المعدة (عجول صغيرة)	تخثر بروتين الحليب
البروتينات	ببسين	البطانة المخاطية في المعدة	الببتيدات المتعددة
نواتج هدم البروتينات	تربسين	البنكرياس	الببتايدات ،البروتيوسس
	كيموتربسين	البنكرياس	الببتايدات
	كاربوكسي ببتايديز	البنكرياس	الببتايدات ، الاحماض الامينية
	امينوببتايديز	الامعاء الدقيقة	الببتايدات ، الاحماض الامينية
بروتينات نووية	ثنائي ببتايديز	الامعاء الدقيقة	الاحماض الامينية
	نيوكليوتايديز	الامعاء الدقيقة	نيوكلوتايدات ، نيوكلوسايدات
	نيوكلوسايديز	الامعاء الدقيقة	بيورينات ، حامض الفسفوريك



منظر أين لمعدة البقرة

الهضم في المجترات

نجد في الحيوان وحيد المعدة ان الهضم يتم جزئياً في المعدة ثم يكمل في الامعاء ، بينما في المجترات بعد ان يدخل الطعام الى الكرش يعود ثانية الى الفم حيث تحصل عملية الاجترار Rumination .

وخلال عملية الاجترار فأن المواد الموجودة في النهاية الامامية للكرش تعود الى الفم بواسطة التقلصات التموجية وعند هذه النقطة فأن اي سائل قد عاد الى الفم سوف يبتلع ثانية ولكن المواد الخشنة تبقى لتطحن قبل ان تعود الى الكرش .

ان الوقت الذي يصرفه الحيوان في عملية الاجترار يعتمد على محتوى الغذاء من الالياف ففي ابقار الحليب تبلغ حوالي 8 ساعات او نفس الوقت الذي تصرفه في الرعي ، وأن كل مضغة من الغذاء ترتد الى الفم تطحن 40- 50 مرة .

يتعرض الغذاء الموجود في القناة الهضمية للمجترات الى تخمرات كثيفة قبل دخوله الى المعدة الحقيقية ، حيث تتخمر معظم المواد الغذائية المستهلكة بواسطة الاحياء المجهرية الموجودة في الكرش قبل ان تتعرض الى المواد الكيمياوية والانزيمات التي تفرز في المعدة الحقيقية والامعاء .

تعمل الشبكية والكرش على تزويد بيئة ملائمة لنمو وتكاثر الاحياء المجهرية حيث توفر لها الرطوبة والدفء ومصادر العناصر الغذائية وتضمن ازالة المواد المتخمرة والنواتج النهائية للهضم بصورة مستمرة .

ويحتوي الكرش على نوعيات عديدة ومتباينة من البكتريا حيث تتراوح اعدادها بين 52- 80 بليون / مل . بالاضافة الى ذلك يحتوي الكرش على اكثر من ثلاثين نوعاً من الهدبيات حيث تتراوح اعدادها بين 200- 500 الف/ مل . وقد يحتوي الكرش في بعض الاحيان على اعداد كبيرة من الخمائر ، اضافة الى الانواع الاخرى من الاحياء المجهرية ولكن البكتريا والبروتوزوا تعد من اهم الاحياء المجهرية الموجودة في الكرش. وتمر الاحياء المجهرية للكرش الى المعدة الحقيقية والامعاء حيث يتم هضمها والاستفادة منها من قبل الحيوان المضيف .

ويكون تأثير هذه المجاميع من الاحياء المجهرية واضحاً على احتياجات الحيوان من العناصر الغذائية وايضه ، حيث يتم هضم المواد العلفية الليفية بكفاءة اكبر في الكرش مما في الامعاء الغليظة او الاعور ويتم هضم السليلوز من قبل الاحياء المجهرية بينما لاتمتلك الحيوانات الانزيمات الضرورية لهضمه .

اضافة الى ذلك تستطيع البكتريا الاستفادة من الصور البسيطة من النتروجين مثل اليوريا لتخليق بروتيناتها الخلوية ، ويؤدي هذا الى تقليل اعتماد الحيوان على البروتينات العلفية المرتفعة النوعية كما يسمح باستخدام المركبات النتروجينية مثل اليوريا بدلاً من البروتين . كما تعمل البكتريا على تخليق جميع الفيتامينات باستثناء V. A, D, E في الكرش ونتيجة لذلك لا يعتمد الحيوان على المصادر العلفية لهذه الفيتامينات .

تنحصر المساوئ الرئيسية للتخمرات بتجزئة معظم البروتينات واستخدام الامونيا الناتجة في اعادة تخليقها بصورة بروتينات ميكروبية ، وتعد هذه من العمليات غير الكفوءة عند استخدام المصادر البروتينية جيدة النوعية .

اضافة الى ذلك فأن الكربوهيدرات سريعة التيسر مثل السكريات والنشويات تتجزء بسرعة وبصورة كلية نتيجة للتخمرات في الكرش حيث ينتج عنها الحوامض الدهنية الطيارة وهي حامض الاسيتك وحامض البروبيونك وحامض البيوتيريك . وبالرغم من استخدام هذه الحوامض بسرعة من قبل انسجة الحيوان غير انها تستخدم بكفاءة اقل في تزويده بالطاقة مقارنة بالمصادر الاصلية للكربوهيدرات . اضافة الى ذلك تؤدي التخمرات الى تحول نسب تصل الى 8-10 ٪ من الطاقة المستهلكة الى ميثان وهو من الغازات التي لا تستطيع الحيوانات الاستفادة منها حيث تفقد عن طريق التجشؤ .

وتوضح هذه العوامل المختلفة انخفاض التحويل الغذائي في المجترات مقارنة بالحيوانات بسيطة المعدة ، حيث يكون التحويل الغذائي (وحدات العلف المستهلك / وحدة من الانتاج) للمجترات عادة ضعف التحويل الغذائي للحيوانات بسيطة المعدة ، وفي بعض الاحيان يكون اكثر من ضعف التحويل .

وتكون النتيجة النهائية لتخمرات الكرش مقدرة الحيوانات على العيش والانتاج باستخدام المواد العلفية الاقل تعقيداً او الاقل نوعية مقارنة بتلك المستخدمة في تغذية الحيوانات بسيطة المعدة ومن جانب اخر فأن الحيوانات المجترة تستخدم المواد العلفية الجيدة النوعية بكفاءة اقل من الحيوانات بسيطة المعدة .

ويرتبط مع تخمرات الكرش انتاج كميات كبيرة من اللعاب ربما تصل الى اكثر من 150 لتر/ يوم في الابقار البالغة ، ويحتوي اللعاب على كميات كبيرة من بيكاربونات الصوديوم التي تعد ضرورية للحفاظ على القيم الملائمة للاس الهيدروجيني في الكرش حيث تقوم هذه بدرء الحوامض المنتجة ، وكذلك يعد اللعاب مهماً في الحفاظ على الرطوبة المثلى في الكرش .

لاتحتوي المجترات في لعابها على الاميليز والسبب هو ان الكتلة الغذائية لاتمكث في الفم فترة طويلة لهضم النشا بينما في الحيوانات بسيطة المعدة يمكث الطعام بالفم فترة قبل ان يصل المعدة .

■ يعد التجشؤ من الميكانيكيات المهمة بالنسبة للمجترات ، حيث تؤدي التخمرات الميكروبية في الكرش الى انتاج كميات كبيرة من الغازات (ثاني اوكسيد الكاربون والميثان بصورة رئيسية) التي يجب التخلص منها ، ويتم هذا عن طريق التقلصات التي تحدث في الاكياس العليا للكرش حيث تجبر الغازات على المرور الى اسفل المرئ ويؤدي تمدد هذه الاكياس الى هروب الغازات حيث يصل معظمها الى القصبات الهوائية والرئتين وتطرد بعد ذلك عن طريق المنخرين .

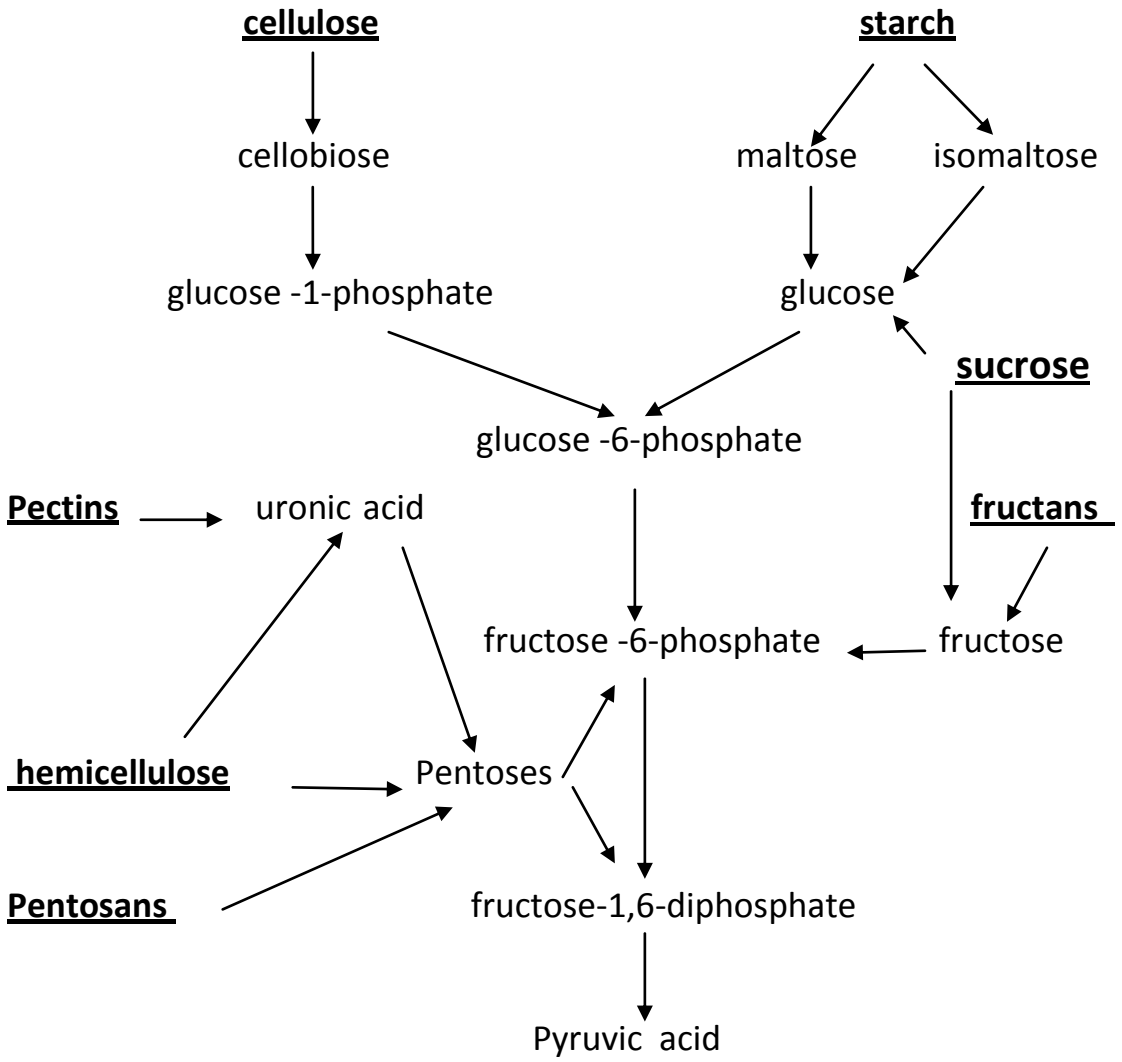
■ ويعد النفاخ من المشاكل الشائعة في المجترات ، وهي من الحالات التي تحدث في معظم الاحيان نتيجة لتكوين الرغوة في الكرش خاصة بعد استهلاك بعض انواع البقوليات . وعند وجود الرغوة في المناطق التي يدخل فيها المرئ الى الكرش تتوقف عمليات التجشؤ لمنع وصول الرغوة الى الرئتين . وقد تكون حالات النفاخ شديدة جداً في الماشية مما يؤدي الى ارتفاع نسبة الهلاكات او انخفاض الانتاج .

■ وفي المجترات الصغيرة العمر تكون الشبكية والكرش والورقية غير متطورة حيث تعتمد الحيوانات اثناء فترة الرضاعة على المعدة الحقيقية والامعاء في القيام بالوظائف الهضمية ، وتتطور هذه الاجزاء بسرعة بعد ابتداء الحيوان باستهلاك المواد الصلبة حيث تصل الى حجومها البالغة . ومما يثير الانتباه عند تشريح المجترات وجود تركيب يدعى بأخدود المرئ حيث يبتدئ هذا الاخدود عند النهاية السفلى للمرئ وعند غلقه فأنه يكون انبوباً يمتد من المرئ الى الورقية ويسمح هذا التركيب بمرور الحليب مباشرة من المرئ الى الورقية دون المرور في الكرش والتعرض للتخمرات الميكروبية وذلك اثناء الرضاعة ويفقد هذا التركيب فعاليته في الحيوانات الاكبر عمراً مالم تستمر تغذيتها على العلائق السائلة عن طريق الرضاعة .

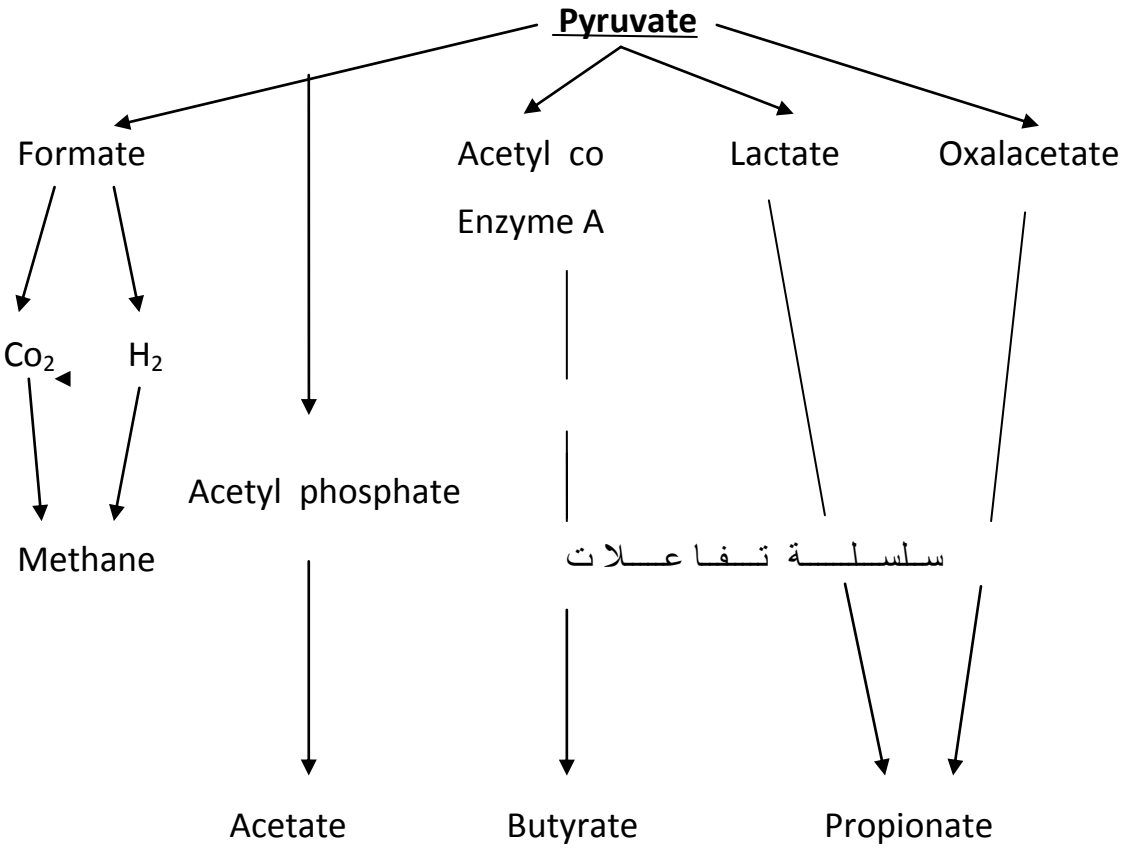
هضم الكربوهيدرات

تحتوي عليقة المجترات على كميات كبيرة من السليلوز والهميسليلوز والنشا والكربوهيدرات الذائبة في الماء .

تهضم الكربوهيدرات المعقدة الى سكريات بسيطة وهذه تتم بواسطة انزيمات ميكروبية مشابهة لهضم الكربوهيدرات في غير المجترات . وان السكريات البسيطة التي تنتج من هضم الكربوهيدرات في الكرش نادراً ما تظهر في سائل الكرش لان هذه النواتج تؤخذ مباشرة وتمثل في داخل الخلايا بواسطة الاحياء الدقيقة . ان الناتج النهائي الرئيسي لتمثيل الكربوهيدرات بواسطة الاحياء الدقيقة هو حامض الاستيك والبروبيونيك والبيوتيريك وثاني اوكسيد الكاربون والميثان ومركبات وسطية اخرى ، وهذه النواتج تعتبر المصدر الرئيس للطاقة .



- المرحلة الاولى لهضم الكربوهيدرات المعقدة -



- المرحلة الثانية لهضم الكربوهيدرات المعقدة –

يتضح من ذلك ان نواتج هضم الكربوهيدرات هي الاحماض الدهنية الطيارة ، وتكون نسبها التقريبية بالشكل التالي:

1- حامض الخليك 70٪ Acetic acid CH_3COOH

2- حامض البروبيونك 20٪ Propionic acid CH_3CH_2COOH

3- حامض البيوتيريك 10٪ Butyric acid $CH_3(CH_2)_2COOH$

تكون نسب هذه الاحماض على حسب طبيعة الغذاء.

تمتص نواتج الهضم هذه قبل وصولها الى الامعاء ، ويبقى القليل جداً من هذه الكربوهيدرات كي تمتص في الامعاء .

■ في الحيوانات صغيرة العمر المغذاة على الحليب والحيوانات الاكبر عمراً المغذاة على علائق مرتفعة بمحتوياتها من الحبوب قد تمر كميات كبيرة من السكريات والنشا الى الامعاء . ان الجزء العلوي من الامعاء الدقيقة له قابلية كبيرة على امتصاص السكريات البسيطة . الاثني عشري والصائم يحدث فيه امتصاص اقل ، كذلك يحدث بعض الامتصاص في المعدة والامعاء الغليظة ولكنه نسبياً غير ذي اهمية .

هضم الدهون

تحلل الدهون الى الكليسرول والاحماض الدهنية ، وانه لايوجد ما يدل على ان هناك عملية اكسدة في الكرش تقوم بتحليل الاحماض الدهنية وان الذي يحدث هو عملية تحويل الاحماض الدهنية المشبعة الى غير مشبعة وبالعكس . لذلك يمكن اضافة الدهن الى العليقة بصورة سائلة او صلبة ، بينما في الحيوانات بسيطة المعدة تضاف المواد الدهنية بصورة صلبة وذلك لعدم وجود البكتريا او البروتوزوا التي تقوم بالتحويل ، وهكذا يستمر هضم المواد المعقدة التركيب بواسطة الانزيمات التي تفرزها البكتريا .

$$\text{Lipids} \xrightarrow{\text{Lipase}} \text{Glycerol + F. A} \longrightarrow \text{Pyruvic} \longrightarrow \text{V . F . A}$$

$$\text{Unsaturated F . A} \xrightarrow{\text{Protozoa}} \text{Saturated F . A}$$

$$\text{Saturated F . A} \xrightarrow{\text{Bacteria}} \text{Unsaturated F . A}$$

يدخل لبيد العليقة الى الامعاء وهو في حالة احماض دهنية حرة مغطياً جزيئات العلف على هيئة طبقات رقيقة ، وكذلك يدخل الامعاء لبيد العلف غير المتأثر بالاحياء المجهرية ولبيد خلايا الاحياء المجهرية التي تدخل الامعاء مع الكتلة الغذائية ، فيجري عليها الهضم بفعل املاح الصفراء وافرازات البنكرياس والامعاء من انزيمات .

غير ان اغلب الامتصاص يحدث في الثلاث ارباع الاخيرة من الصائم ، وان اللبيد يترك خلايا الغشاء المخاطي للامعاء الى الاوعية اللمفاوية على شكل قطيرات صغيرة .

هضم البروتين

ان البروتينات والمواد النتروجينية غير البروتينية المتناولة تتحلل في الكرش بفعل الاحياء المجهرية الى احماض امينية وامونيا (وقسم من هذه الاحماض الامينية يتحلل ابعد من ذلك الى امونيا واحماض عضوية وثاني اوكسيد الكاربون واحماض دهنية طيارة) ، تستعمل هذه النواتج من قبل الاحياء المجهرية في الكرش لفعالياتها الحيوية في بناء خلاياها وبذلك تتكاثر ويزداد عددها ، قسم منها يموت ويتحلل ويستعمل بروتينها كمصدر نتروجيني للاحياء المجهرية الاخرى ، فمثلاً البروتوزوا تلتهم البكتريا او البروتوزوا الاخرى وتستفيد منها كمصدر بروتيني . وهكذا تستمر الدورة الى ان تترك الكتلة الغذائية الكرش الى المعدة والامعاء حيث تهضم كبروتين حقيقي .

في الحقيقة ليس جميع بروتين العلف يتحلل في الكرش وانما يمكن القول بأن معظم البروتين المتناول يتحلل في الكرش والبعض الاخر يعبر الى المعدة والامعاء وهنا تجري عليه عمليات الهضم والامتصاص ، حوالي 50- 90٪ من البروتين الذي يصل الامعاء هو بروتين الاحياء المجهرية في الكرش والباقي هو بروتين الغذاء الذي لم يتحلل في الكرش ولم تعمل عليه الاحياء المجهرية وكميته تكون اكثر كلما كان نوع البروتين المتناول اقل ذوباناً وبذلك يقاوم عمل الاحياء المجهرية .

ان بروتين (البكتريا او البروتوزوا) يعتبر من البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية ويعتبر افضل من اغلب البروتينات النباتية ولكنه اقل نوعية من البروتينات الحيوانية . لذا فأنه يمكن ان يقال بأن الاحياء المجهرية في الكرش تقوم بتحسين بروتين الاعلاف الخشنة واطئة النوعية ، وفي الوقت نفسه تقوم بتحفيض نوعية بروتين الاعلاف المركزة ذات النوعية الجيدة ، لذا يلجأ في بعض الاحيان الى حماية بروتين العلف الجيد النوعية من التحلل في الكرش اما بمعاملته كيمياوياً (بالفورمالين مثلاُ) او بأعطائه مع سوائل تؤدي الى غلق اخدود المرئ وبذلك لايدخل البروتين الى الكرش وانما يعبره الى الورقية مباشرة .

من المميزات المهمة للحيوانات المجترة ان الاحياء المجهرية في الكرش تستطيع تصنيع الاحماض الامينية الاساسية وغير الاساسية غير المتوفرة في العليقة (من امونيا وسلسلة كاربونية او من احماض امينية اخرى) لغرض بناء بروتين خلاياها وبذلك تصبح متوفرة للحيوان .اي ان المجترات لاتتأثر كثيراً بنوع المصدر البروتيني المستعمل في العليقة ، لذلك في تغذية الحيوانات المجترة لاتعتبر نوعية البروتين المستعمل في العليقة ناحية مهمة كما هي الحالة في تغذية الحيوانات ذات المعدة البسيطة.

ان المركبات النتروجينية غير البروتينية والبروتينات المتناولة تتحلل في الكرش الى (امونيا واحماض دهنية طيارة) ، ان بعض من هذه الامونيا الناتجة تستعمل من قبل الاحياء المجهرية في الكرش لتكاثرها والبعض الاخر يمتص من الكرش الى الدم ثم يذهب الى الكبد حيث يستعمل البعض منه في تصنيع الاحماض الامينية غير الاساسية بواسطة عملية تثبيت مجموعة الامين بتوفر السلسلة الكربونية المناسبة وبعضه يدخل الى الكرش عن طريق شرايين جدار الكرش والبعض الاخر يحول الى يوريا ، قسم من هذه اليوريا يطرح خارج الجسم عن طريق الادرار (وهو القسم الاكبر) والقسم الاخر يعود الى الكرش عن طريق اللعاب .

انصب الاهتمام فيما بعد على الاستفادة من قابلية الاحياء المجهرية في الكرش بأستعمال المواد النتروجينية اللابروتينية في نموها وتكاثرها لتغذية المجترات كأستخدام اليوريا واملاح الامونيا للنمو وانتاج الحليب والتكاثر . هناك الكثير من المركبات النتروجينية غير البروتينية التي استعملت في تغذية الحيوانات المجترة مثل اليوريا Urea ، البايوريت Biuret ، املاح الامونيوم للاحماض العضوية مثل خلات الامونيوم وسكسينات الامونيوم ، ثايويوريا Thiourea ، هيدرازين Hydrazine .

ولكن من الناحية الاقتصادية والطعم والسمية تعتبر اليوريا افضل من الناحية العملية او التطبيقية عند تغذية الحيوانات .

يعتبر حامض اليوريك مركب نتروجيني لابروتيني يمكن الاستفادة منه من قبل بكتريا الكرش ومن ثم المجترات وهو موجود بتراكيز عالية في فضلات الدواجن وهذه تجمع احياناً وتجفف وتخلط مع عليقة المجترات .

اليوريا Urea

تستعمل اليوريا على نطاق واسع في تغذية المجترات لكي تحل محل جزء من بروتين العليقة ، وهي ليست ضرورية في عليقة هذه الحيوانات لكنها تستعمل لرخص ثمنها مقارنة بمصادر البروتين الاخرى ، ومن الجدير بالذكر هو ان لافائدة من استعمال اليوريا كبديل لجزء من بروتين العليقة اذا كانت اسعار اليوريا اعلى من اسعار مصادر البروتين المحلية . تحتوي اليوريا النقية على 46.6٪ N وهذا يعادل 291٪ بروتين خام (46.6χ 6.25) اي ان كيلو غرام واحد من اليوريا يعطي N بمقدار مايعطيه 2.91 كغم بروتين . عند تصنيع اليوريا تخلط مع مواد اخرى تقلل من معادل البروتين الخام الى 282 او 262 بدلا من 291 . وتحلل اليوريا بسرعة الى امونيا و ثاني اوكسيد الكاربون بواسطة انزيم Urease الذي تنتجه الاحياء المجهرية الموجودة في الكرش وتتحد هذه الامونيا المتحررة مع حوامض الفا – كيتو (∝ -Keto acids) لتكوين الاحماض الامينية التي تدخل في بناء بروتين الاحياء المجهرية . عند اضافة اليوريا الى عليقة تحتوي كمية منخفضة من البروتين الحقيقي فأن الاستفادة من اليوريا تكون افضل مما لو اضيفت اليوريا الى عليقة تحتوي كمية عالية من البروتين وذلك لأن الاحياء المجهرية في الكرش تفضل الحصول على نتروجينها من البروتين الحقيقي .

عند احلال اليوريا محل جزء من احتياجات الحيوان للبروتين يجب اضافة املاح معدنية الى العليقة وذلك للتعويض عن تلك المزالة عند استبدال مصادر البروتين الحقيقي باليوريا . ويمكن سد احتياجات الحيوانات لهذه الاملاح عن طريق وضع مكعبات الاملاح المعدنية وجزء من حجر الكلس كما يجب اضافة الكبريت الى علائق الحيوانات هذه وذلك لغرض تصنيع الاحماض الامينية التي تحتوي على الكبريت مثل المثيونين .

تقدم اليوريا للحيوانات بعدة طرق ، اما تخلط مع مصدر للطاقة مثل النشا والاملاح المعدنية والفيتامينات وتعمل على شكل مكعبات كبيرة ويسمح للحيوانات بلحسها .

اوتمزج مع المولاس واملاح معدنية وفيتامينات وتعمل على شكل سائل يوضع في وعاء يسمح للحيوان بتناوله . او يعمل على شكل اضافات بروتينية تخلط مع العلف المركز بحيث تشكل اليوريا في العليقة من 1- 3 ٪ .

ان التسمم باليوريا في الحقيقة هو تسمم بالامونيا . وان علامات التسمم باليوريا تظهر على الحيوان عندما تصل الامونيا بالدم الى 1 ملغم ٪ .

من علامات التسمم باليوريا هي كثرة حركة الحيوان وزيادة افراز اللعاب وظهور الشلل العضلي والنفاخ وعدم انتظام التنفس والتنكرز ومن ثم موت الحيوان .

وفي الحالات الاضطرارية يمكن تجريع الحيوان المتسمم غالوناً من الخل الذي سيؤدي الى خفض الاس الهيدروجيني لمحتويات الكرش وبذلك تتحول الامونيا NH_3 الى NH^+_4 وبذلك يتوقف امتصاصها من خلال جدار الكرش .

النفاخ Bloot

هو حالة واسعة الانتشار ويشكل مشكلة مهمة في الابقار والاغنام . تتميز هذه الحالة بتراكم الغازات في الكرش وغالباً ما تحدث عند رعي الحيوانات على الجت والبرسيم وينتج تراكم الغازات من تكون رغوة ثابته في الكرش خلال عملية التخمر وتمنع تسرب الغازات . من العوامل التي تساعد على تكوين الغازات خاصة البروتينات الذائبة الموجودة في العلف الاخضر الطازج كذلك البروتين المخاطي Muco protein ومادة السابونين Saponin والبكتريا التي تفرز مواد رغوية .

ان التجريع الوقائي ضد الرغوة مثل الدهون له تأثير جيد ولكن لفترة قصيرة . وكذلك رش مواد ضد الرغوة على العلف الاخضر والطازج .

التمثيل الغذائي او الايض Metabolism

يطلق على سلسلة من التفاعلات الكيمياوية التي تحدث في جسم الكائنات الحية ، تتطلب بعض هذه التفاعلات تكسير المركبات المعقدة الى مواد بسيطة ويطلق على هذه التفاعلات بعمليات الهدم Catabolism . اما العمليات الحيوية التي تصنع بواسطتها المركبات المعقدة من مواد بسيطة فتدعى بعمليات البناء Anabolism . تتجمع عادة المواد الثانوية الناتجة من عمليات الايض لأجل طرحها خارج الجسم وان عملية طرح هذه المواد تتطلب معاملات كيمياوية لذلك تعتبر جزء من الايض . وكنتيجة لعمليات الايض المختلفة فأن الطاقة ستصبح جاهزة ليستفيد منها الجسم في القيام بالاعمال الحركية والكيمياوية . ان المواد الناتجة عن عملية هضم الغذاء هي نقطة البداية لعمليات التمثيل او الايض .

■ يمكن اعتبار ان الناتج النهائي لعملية هضم الكربوهيدرات في الحيوانات ذات المعدة البسيطة هو الكلوكوز مع كميات قليلة جداً من الكالاكتوز والفركتوز ، وهذه النواتج ستحمل بواسطة دم الوريد البوابي الى الكبد .

اما في المجترات فأن القسم الاعظم من كربوهيدرات الغذاء سوف يتكسر الى وحدات صغيرة في الكرش وتنتج كميات من حامض الاستيك والبروبيونك والبيوتيريك مع كميات صغيرة جداً من الحوامض الدهنية الطيارة . يتحول حامض البيوتيريك الى حامض بيتا هيدروكسي بيوتيريك (BHBA) عند عبوره من خلال جدران الكرش الى الدورة الدموية لتنقله الى الكبد .

اما حامض الاستيك والبروبيونك يمتصان من جدران الكرش بدون اي تغير ويذهبان بواسطة الدورة الدموية الى الكبد ايضاً .

ثم ينتقل حامض الاستيك و (BHBA) من الكبد بواسطة الدورة الدموية ليتوزعا الى اعضاء وانسجة الجسم المختلفة حيث تستخدم هذه الحوامض والحوامض الدهنية كمصادر للطاقة .

اما حامض البروبيونك الموجود في الكبد فأنه يتحول الى كلوكوز يضاف الى الكلوكوز الكلي للجسم وقد يتحول الكلوكوز الى كلايكوجين ويخزن او يتحول الى الفا كليسرول فوسفيت الذي يستخدم في تصنيع الكليسريدات الثلاثية ، وينتقل الكلوكوز المتبقي بواسطة الدورة الدموية الكبرى الى انسجة الجسم المختلفة حيث يستخدم كمصدر للطاقة وكمصدر للانزيمات المساعدة Co enzymes الاختزالية المهمة في عملية الحوامض الدهنية .

- ان تحول الكلوكوز الى كلايكوجين يتم من خلال سلسلة تفاعلات تدعى تخليق الكلايكوجين Glycogenesis يمكن تلخيصها كالآتي :

$$\text{glucose} \underset{}{\overset{\text{ATP}}{\rightleftharpoons}} \text{glucose -6-P} \rightleftharpoons \text{glucose-1-p} \underset{\text{UTP}}{\rightleftharpoons} \text{glycogen}$$

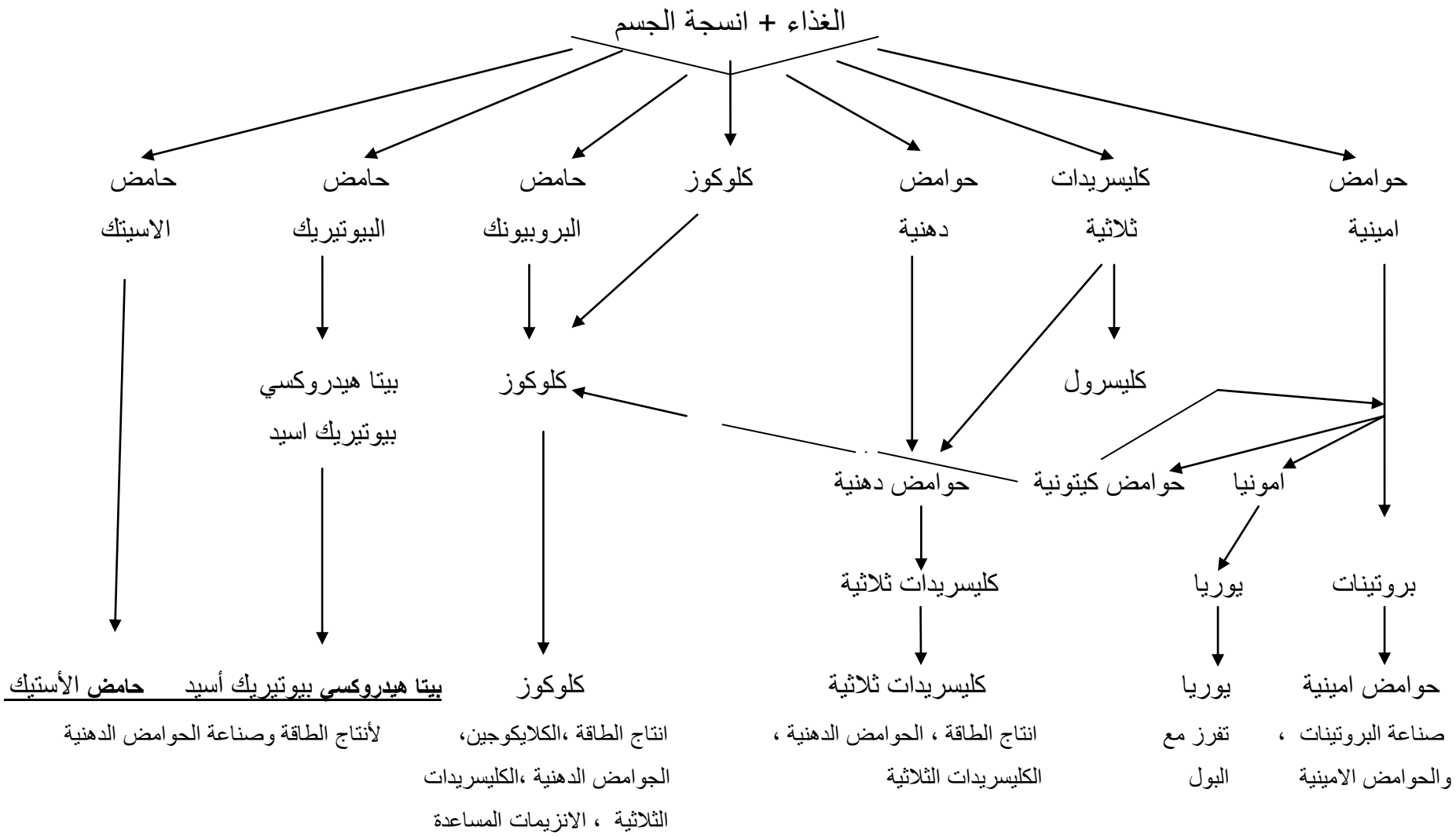
ويتحول الكلايكوجين الى كلوكوز عن طريق سلسلة من التفاعلات تدعى التحلل المائي للكلايكوجين glycogenolysis .

■ ينتج عن هضم البروتينات كميات من الحوامض الامينية والتي تمتص عن طريق الزغابات في الامعاء الدقيقة وتنتقل الى الكبد بواسطة الوريد البوابي الكبدي . وفي الكبد تضاف الحوامض الامينية الممتصة الى الحوامض الامينية للجسم ، وقد تستخدم هذه الحوامض في صناعة البروتينات والمواد النتروجينية الاخرى والتي لها وظائف بايولوجية مهمة . اما الحوامض الامينية الفائضة عن الحاجة فأنها تتكسر في الكبد وتتحول الى الامونيا والحوامض الكيتونية والتي قد تستخدم في صناعة حوامض امينية جديدة او لأنتاج الطاقة . اما الامونيا فيستخدم جزءاً منها في عملية Amination والجزء الاكبر منها يتحول الى يوريا تفرز مع البول . تمتص كميات قليلة من الامونيا في منطقة الكرش في المجترات لتنتقل الى الكبد حيث تتحول الى يوريا تفرز عن طريق البول .

■ ان معظم المواد الدهنية تمتص الى اللمف على هيئة كيلومايكرون Chylomicron وبعدها تنتقل الى الدم ، وهي عبارة عن كريات دهنية صغيرة يبلغ قطر الواحدة منها 500 نانوميتر تغطيها بروتينات دهنية رقيقة .

تتحلل كميات قليلة من الكليسريدات الثلاثية في القناة الهضمية وينتج عنها تحلل الكليسرول والحوامض الدهنية ذات الوزن الجزيئي الواطئ ، تمتص هذه النواتج مباشرة الى الدم الوريدي للوريد البوابي الكبدي .

ان الحوامض الدهنية الناتجة من تحلل الدهون مع الحوامض الحرة التي يمتصها الكبد من الدورة الدموية فأنها جميعاً قد تهدم لأستخدامها كمصدر للطاقة ، او تستخدم في انتاج الكليسريدات الثلاثية وبعدها تنقل هذه الى الاعضاء والانسجة الجسمية المختلفة بواسطة الدورة الدموية وتستخدم لصنع الكليسريدات الثلاثية ولأنتاج الطاقة او لصناعة الحوامض الدهنية .



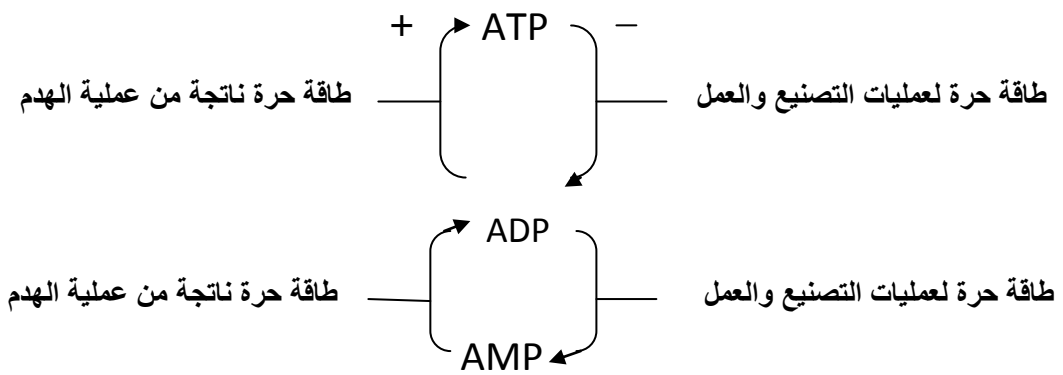
- مخطط ايض مصادر العناصر الغذائية-

ايض الطاقة

ان المخازن الرئيسة للطاقة في الجسم هي الدهون المترسبة وكميات قليلة من الكربوهيدرات على صورة كلوكوز ، وقد تستخدم البروتينات تحت ظروف خاصة كمصدر لأنتاج الطاقة ايضاً .

وبالاضافة الى هذه المخازن للطاقة الموجودة بالجسم فأنه يقوم ايضاً بالاستفادة المباشرة من طاقة العناصر الغذائية التي تمتصها القناة الهضمية . ويعتبر الكلوكوز واحداً من اهم مصادر الطاقة المباشرة المجهزة لجسم الحيوان .

يصاحب عمليات الهدم تحرر الطاقة التي كانت كامنة في تركيب الجزيئات العضوية الكبيرة المعقدة وان هذه الطاقة المتحررة تحفظ بشكل طاقة كيمياوية وغالباً ما تكون بشكل ATP . وفي عمليات البناء يتم تحويل الجزيئات البسيطة والصغيرة بواسطة تفاعلات انزيمية الى مكونات جزيئية ضرورية للخلية الحية مثل الاحماض النووية والبروتينات والدهون والسكريات والهرمونات وغيرها لذا تحتاج هذه العمليات الى طاقة تجهز بتفكك ATP الموجود في الخلية .



مسارات او حاملات الطاقة (اوالمركبات الوسطية) في جسم الحيوان

ادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP = adenosine triphosphate

ادينوسين ثنائي الفوسفات ADP = adenosine diphosphat

ادينوسين احادي الفوسفات AMP = adenosine monophosphate

نيكوتين امايد ادنين ثنائي النيوكليوتيد

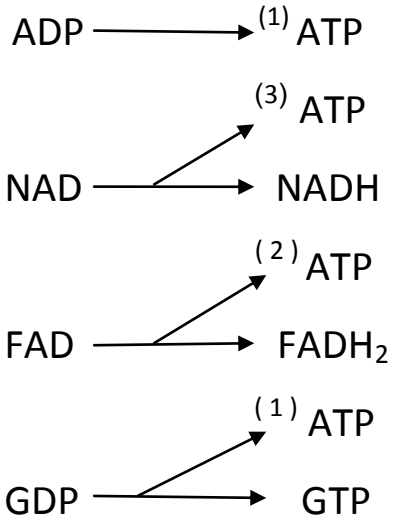
NAD = Nicotin amide adenine dinucleotid

فلافين ادنين ثنائي النيوكليوتيد FAD = Flavin adenine dinucleotide

جوانوسين ثنائي الفوسفات GDP = Guanosine diphosphate

جوانوسين ثلاثي الفوسفات GTP = Guanosine triphosphate

كل مول ATP ⟸ 6 – 8 كيلو سعرة



مواد مؤكسدة

■ الكلوكوز كمصدر للطاقة

يمر الكلوكوز اثناء التأيض الهدمي بسلسلة من التفاعلات المعقدة ينتج عنها الطاقة وتعرف هذه بمسارات امدن ومايرهوف Embden – Meyerhof pathway وذلك لمساهمة هذين العالمين في ايجاد هذه المسارات في مطلع القرن العشرين .

والتي يمكن ايجازها بمرحلتين متعاقبتين :

الاولى تعرف بـــ تحلل االكلوكوز اللاهوائي anaerobic glycolsis (كلايكوليسز) وينتج عنها طاقة اقل بكثير مقارنة بما يتيسر للخلية من طاقة عن طريق المسارات المرتبطة بالمرحلة الثانية .

وبعد سلسلة من التفاعلات الايضية الهدمية بواسطة الانزيمات المختلفة فأن المركبات المتكونة اخيراً تنتج حامض البيروفيك . والذي يمكن اما ان يدخل دورة كربس للاكسدة ومايليها ، او يختزل عكسياً فيكون حامض اللاكتيك . ويمكن ان يسلك اي طريق يعتمد على الاحتياج الخلوي الايضي .

اما المرحلة الثانية فتدعى بألتايض الهوائي للكلوكوز aerobic metabolism فأن جزيء الكلوكوز يجب ان يتحلل الى حامض البيروفيك قبل ان يدخل في سلسلة من التفاعلات الكيمياوية والتي تعرف بدورة حامض ثلاثي الكاربوكسيل (T C A) Tricarboxylic acid cycle وقد سميت بهذا الاسم ذلك لأن العديد من المركبات الوسطية لهذه الدورة لها ثلاث مجموعات كاربوكسيل وقد سميت ايضاً بدورة حامض الستريك Citric acid cycle او بدورة كربس Krebs cycle نسبة الى العالم كربس H . Krebs الذي افترض ميكانيكية هذه الدورة عام 1937 .

تمثل دورة TCA المسار الرئيسي لأكسدة حامض الاستيك (بشكل اسيتايل - CoA) كلياً الى جزيئتي CO_2 وثمان ذرات H لتحرر طاقة بشكل ATP .

$$CH_3COOH + 2H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 8H$$

- حيث يتأكسد حامض البيروفيك الى CO_2 و H_2O مع تحرر طاقة على هيئة ATP وتعد عمليات الاكسدة المصاحبة التي تحدث بخطوات متعاقبة من المركبات الوسطية المتكونة خلال الدورة من اهم السبل الكفيلة بأنتاج ATP والتي تعرف بالفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation .

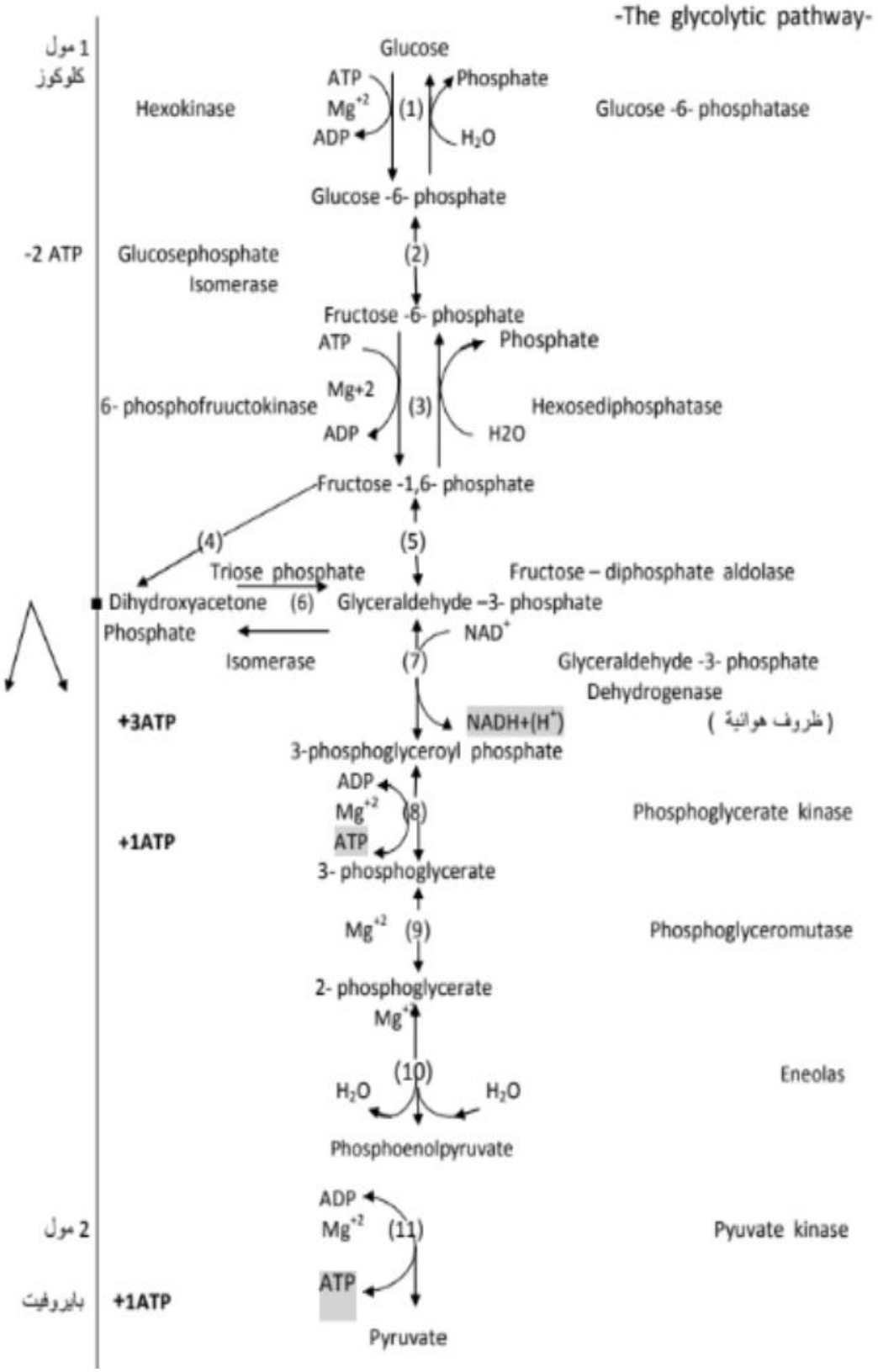
ان تأكسد الكلوكوز الى حامض اللاكتيك بعملية الكلايكوليسز يؤدي الى تحرير كمية محدودة من الطاقة 2ATP لكل جزيء كلوكوز (متأكسد لاهوائياً) قد تفي بحاجة الخلايا اللاهوائية محدودة النشاط (مثل العضلات البيضاء) .

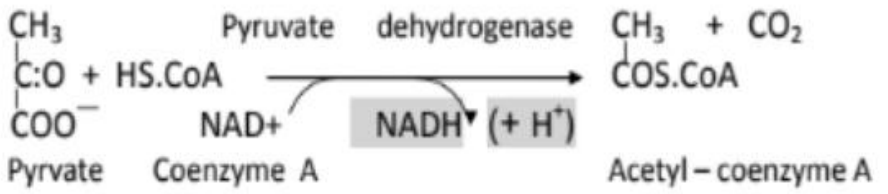
غير انه في الخلايا الهوائية حيث تكون فعالياتها متنوعة ودائمية الاستمرار فأن حاجتها الى الطاقة كبيرة (مثل القلب والرئتين). وبهذا فأن تأكسد الكلوكوز الى بايروفيت بواسطة الكلايكوليسز يكون عملية تمهيدية يتـ،م بعدها الحصول على المزيد مـن الطاقة (38 جزيء ATP لكل جزيء كلوكوز متأكسد هوائياً) من خلال الاكسدة الهوائية للبايروفيت الى CO_2 و H_2O عبر دورة T C A .

صافي الطاقة 38 χ 8 = 304 كيلو سعرة

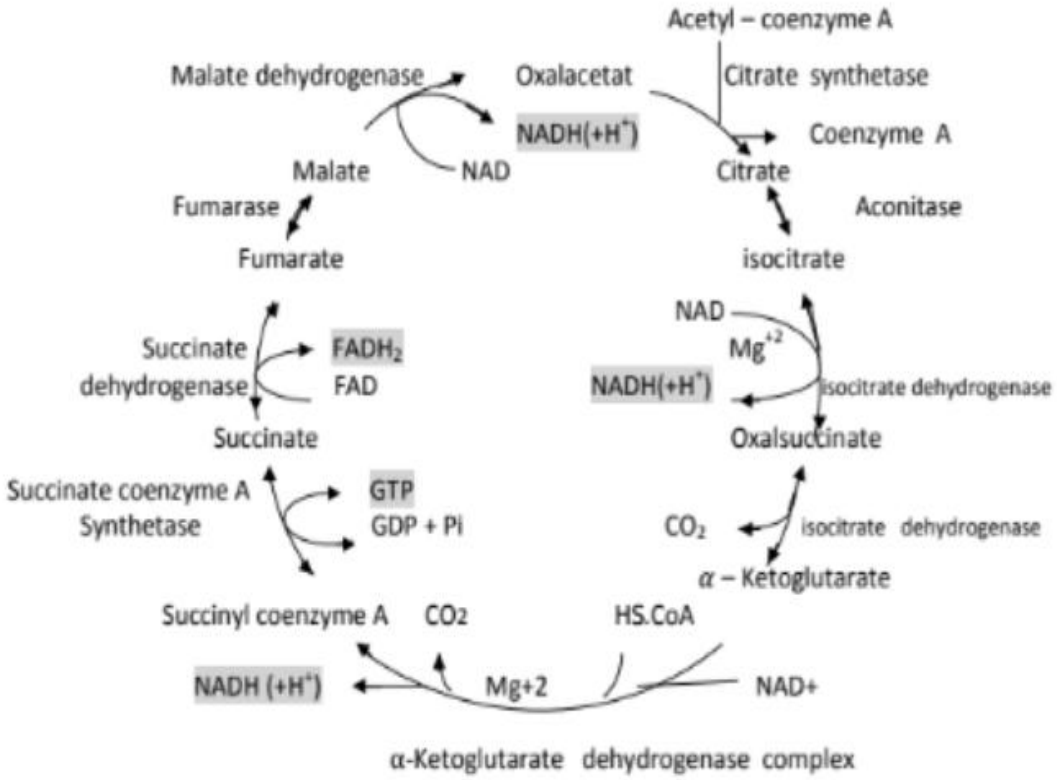
(1 مول كلوكوز ← 2 مول بايروفيت)

هناك مسارات اخرى يمكن ان يمر بها الكلوكوز اثناء تأيضه في الجسم مثل مسار فوسفات البنتوس pentose phosphate pathway (PPP) ومسار فوسفات الهكسوز hexose phosphate shunt (HPS) وغيرها ، حيث ينتج عنها مركبات وسطية ذات اهمية حيوية لفعاليات الجسم . البيروفيك هو المركب الوسطي الشائع الذي يعمل كحلقة رابطة للعمليات الحيوية (كلايكوليسز و TCA) وايض الاحماض الامينية واكسدة الاحماض الدهنية .


-The glycolytic pathway-
1 مول
كلوكوز
Glucose
ATP
Mg+2
ADP
(1)
Phosphate
H2O
Hexokinase
Glucose -6- phosphatase
Glucose -6- phosphate
-2 ATP
Glucosephosphate
Isomerase
(2)
Fructose -6- phosphate
ATP
Mg+2
ADP
(3)
Phosphate
H2O
6- phosphofruuctokinase
Hexosediphosphatase
Fructose -1,6- phosphate
(4)
(5)
Triose phosphate
Fructose – diphosphate aldolase
Dihydroxyacetone
Phosphate
(6)
Glyceraldehyde –3- phosphate
NAD+
Isomerase
(7)
Glyceraldehyde -3- phosphate
Dehydrogenase
+3ATP
NADH+(H+)
(ظروف هوائية)
3-phosphoglyceroyl phosphate
ADP
Mg+2
ATP
(8)
Phosphoglycerate kinase
+1ATP
3- phosphoglycerate
Mg+2
(9)
Phosphoglyceromutase
2- phosphoglycerate
Mg+2
(10)
H2O
H2O
Eneolas
Phosphoenolpyruvate
ADP
Mg+2
ATP
(11)
Pyuvate kinase
2 مول
بايروفيت
+1ATP
Pyruvate



	Moles +	ATP -
1 mole of glucose to 2 moles of pyruvate	10	2
2 moles of pyruvate to 2 moles acetyl – CoA	6	0
2 moles acetyl – CoA to $CO_2 + H_2O$	24	0
Total per mole of glucose (net)	38	



-The tricarboxylic acid cycle -

● بالنسبة للمجترات فأن الكربوهيدرات تهضم في الكرش وتتحول الى احماض دهنية طيارة اهمها اسيتيك وبروبيونك وبيوتيريك ، تمتص هذه الاحماض من قبل خلايا جدار الكرش .

■ حامض الاسيتيك كمصدر للطاقة

يعتبر حامض الاسيتيك الناتج الرئيسي لهضم الكربوهيدرات في الحيوانات المجترة، ويستخدم هذا الحامض في الكثير من الانسجة الجسمية كمصدر للطاقة .

1 مول من حامض الاسيتيك ينتج 10 مول ATP اي 80 كيلو سعرة

■ حامض البروبيونك كمصدر للطاقة

تنتج كميات من حامض البروبيونك من تكسر الكربوهيدرات في كرش المجترات وينتقل الحامض بواسطة الدورة الدموية ليصل الكبد ويتحول الى كلوكوز داخل الكبد .

1 مول من حامض البروبيونك ينتج 17 مول ATP اي 136 كيلو سعرة

■ حامض البيوتيريك كمصدر للطاقة

يتحول حامض البيوتيريك الناتج في الكرش الى بيتا هيدروكسي بيوتيريت خلال عبوره من جدران الكرش وقد يستعمل كمصدر للطاقة في عدة انسجة مثل العضلات الهيكلية .

1 مول من حامض البيوتيريك ينتج 25 مول ATP اي 200 كيلو سعرة

■ الكلايكوجين كمصدر للطاقة Glycogenolysis

ان عملية تحرير الطاقة من الكلايكوجين تتطلب تكسيره الى كلوكوز والذي سيتكسر ثانية لأجل انتاج الطاقة . ان الكبد لديه كلايكوجين مخزون يكفي لتزويد الجسم بالكلوكوز لفترة 12 – 24 ساعة . ينطلق الكلوكوز الى مجرى الدم لرفع مستوى الكلوكوز في الدم اثناء هبوطه عند الصيام مثلاً وكذلك لغرض تزويد الطاقة اللازمة لتقلص العضلات .

ان الناتج الصافي عن تكسير الكلايكوجين هو glucose -6- phosphate الذي يدخل دورة امدن – مايرهوف من دون ان يحتاج الى صرف ATP لذلك فأن الطاقة الناتجة عن تحلل الكلايكوجين تكون بكفاءة اكثر بقليل من الطاقة الناتجة من تحلل الكلوكوز. (40 ATP)

■ الدهون كمصدر للطاقة

يتحلل خزين الكليسريدات الثلاثية في الجسم لأجل انتاج الطاقة ، وينتج عن التحلل كل من الكليسرول والحوامض الدهنية .

ان الكليسرول مشابه للكلايكوجين لذلك يدخل دورة TCA بصورة داي هيدروكسي اسيتون فوسفيت وبعد ذلك ينتج الكلوكوز الذي يستخدم لأنتاج الطاقة .

والناتج الصافي لكل 1 مول كليسرول 21 مول ATP

تمثل الاحماض الدهنية القسم الرئيسي للطاقة الموجودة بالدهون ، وان الطريقة الشائعة لأكسدة وتكسير الحوامض الدهنية هي طريقة β - oxidation .

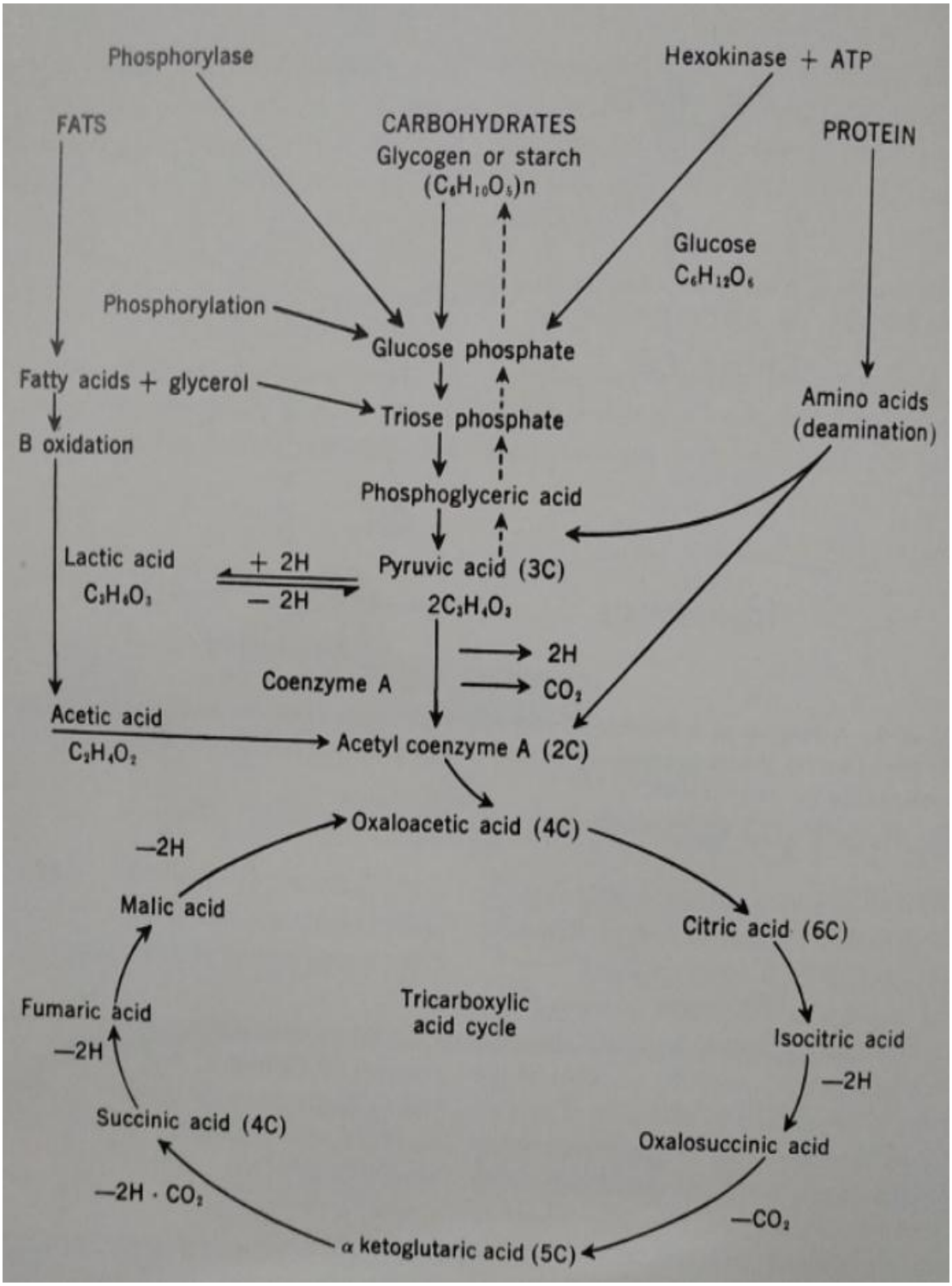
والناتج الصافي لكل 1 مول من حامض البالمتيك 129 مول ATP

■ الحوامض الامينية كمصدر للطاقة

عند زيادة كمية الحوامض الامينية عن احتياجات جسم الحيوان ، او عند اضطرار الحيوان الى هدم بعض الانسجة الجسمية لأدامة فعالياته الحيوية الاساسية ، ففي هذه الحالات يقوم الجسم بتكسير الحوامض الامينية لأجل انتاج الطاقة .

والخطوة الاولى في هذه العملية هي ازالة مجموعة الامين من الحوامض الامينية وتجري هذه العملية بدرجة رئيسية في الكبد وقد تجري احياناً في الكليتين . وتعتبر الامونيا احد المنتجات الرئيسية لعملية هدم الحوامض الامينية ، وهذه يجب طرحها مباشرة الى خارج الجسم كونها من المواد السامة جداً .

والناتج الصافي لكل 1 مول من حامض الكلوتاميك 23 مول ATP



- العلاقة بين ايض الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات –

السيطرة على عملية التمثيل

ان التفاعلات الداخلة في عملية الايض يجب ان تحدث بطريقة تجعل بالامكان توفير ناتج التفاعل المعين بالوقت الصحيح والمحدد وبكميات كافية تضمن استمرار بقية التفاعلات اللاحقة . وبنفس الوقت يجب توفير الطاقة اللازمة لتفاعلات البناء في الوقت والمكان المناسب وبالشكل المضبوط ولهذا فمن الواضح بان الوصول الى هذه الاهداف يتطلب وجود سيطرة مضبوطة على عمليات الايض . وان فشل السيطرة على ميكانيكية عمل احد التفاعلات سيؤدي الى عدم انتظام الايض وقد يؤدي هذا الوضع الى ظهور امراض متعددة.

ويتم التنظيم عادة عن طريق الهرمونات التي تسيطر على سرعة جميع التفاعلات . ويمكن قياس السيطرة على عمليات الايض المختلفة عن طريق قياس مستوى العناصر الغذائية او نواتج التفاعلات النهائية في الدم .

فعلى مستوى الخلية مثلاً يمكن السيطرة على سرعة التفاعلات بصورة جزئية عن طريق تنظيم سرعة دخول العناصر الغذائية (التي ستستخدم بالتفاعلات) الى الخلية ، وتأتي هذه السيطرة عن طريق خاصية النفوذ الانتقائي لأغشية الخلية ، او بواسطة ميكانيكية الانتقال الفعال للمواد عبر اغشية الخلية . والميكانيكية التنظيمية الاخرى هي اخماد او اطلاق عملية صنع الانزيمات كنتيجة لوجود النواتج النهائية او المواد الاولية الداخلة بالتفاعل .

كذلك فأن فعالية الانزيم الموجود داخل الخلية قد ترتفع عند وجود المادة الاولية الداخلة بالتفاعل ، او قد تهبط فعالية الانزيم عند وجود النواتج النهائية للتفاعل الذي يدخل فيه الانزيم كمادة مساعدة ، ويطلق على هذه الميكانيكية الاخيرة Feed back inhibitiom ، وهذه تعتبر من الميكانيكيات الاكثر شيوعاً في السيطرة على التفاعلات الداخلة في عمليات الايض .

ارتفاع السكر وانخفاضه

ان كلوكوز الدم يأخذ بالارتفاع بعد تناول وجبة الاكل ولكن هذا المستوى من الكلوكوز يأخذ بالانخفاض ويصل الى المستوى الطبيعي بعد عدة ساعات ، فمثلاً يكون مستوى الكلوكوز في دم الانسان بعد 12- 14 ساعة من تناول وجبة الاكل 60 – 90 ملغم / 100 مل وقد يصل الى 130 ملغم / 100 مل من الدم او اكثر بعد تناول وجبة اكل غنية بالكربوهيدرات .

(ان ارتفاع كلوكوز الدم عن المستوى الطبيعي يدعى Hyperglycemia) فعند ارتفاع مستوى الكلوكوز في الدم يحفز البنكرياس على افراز هرمون الانسولين الذي يحفز على زيادة اكسدة الكلوكوز من قبل الخلايا وكذلك يحفز على تحول الكلوكوز الى كلايكوجين وتكوين الدهن لكي يخفض من مستوى الكلوكوز في الدم ، (عند انخفاض مستوى كلوكوز الدم عن المستوى الطبيعي يدعى Hypoglycemia) فأنه سوف يحفز الغدة الادرينالية لتزيد من افرازاتها من هرمون الابينفرين في الدم الذي يحفز الكبد وكذلك العضلات على تحويل الكلايكوجين الى كلوكوز وكذلك يزيد الكبد من تصنيع الكلوكوز من الاحماض الامينية ومواد اخرى غير كربوهيدراتية .

ان انخفاض مستوى كلوكوز الدم عن المستوى الطبيعي ايضاً يحفز البنكرياس على افراز هرمون الكلوكاكون الذي يحفز الكبد فقط على تحويل الكلايكوجين الى كلوكوز .

وهكذا يقوم الجسم بالمحافظة على مستوى كلوكوز الدم ليس فقط عن طريق الهرمونات التي ذكرت بل هناك هرمونات وعوامل اخرى تتداخل في المحافظة على هذا المستوى .

الحالة الديناميكية للدهن بالجسم

كان يعتقد في السابق ان دهن الانسجة الدهنية ثابت لايتبدل الاعند الحاجة ولكن باستعمال الاحماض الدهنية المعلمة (labeled) في تجارب تغذية الحيوانات ، ظهر بأن الاحماض الدهنية في الانسجة الدهنية هي في حالة تبدل مستمر حيث ان دهن الانسجة الدهنية يتحلل ويستعمل للطاقة وفي نفس الوقت يقوم الجسم بالتعويض عن الدهن المستعمل من دهن الغذاء المتناول .

وسوف يكون الجسم في حالة تعادل اذا كان المتناول من الطاقة يساوي المستهلك من قبل الجسم (الدهن المتحلل من الانسجة الدهنية يعادل كمية الدهن المتناول) .

اما اذا كان المتناول من الطاقة اقل من المستهلك من قبل الجسم فأنه يتسبب في سحب الدهن من الانسجة الدهنية لغرض سد حاجة الجسم من الطاقة ، والعكس صحيح اذا كان المتناول من الطاقة اكثر من المستهلك من قبل الجسم فأنه يؤدي الى خزن الدهن في الانسجة الدهنية .

على مستوى الخلية هناك نوعان من اللبيد ، الدهن الذي يدخل في تركيب غشاء الخلية والاجزاء الاخرى من الخلية ، والدهن المتعادل neutral fat المخزون في خلايا الانسجة الدهنية (في هذه الخلايا يخزن الدهن على شكل قطيرات في السايتوبلازم)، وهذا الدهن هو الذي يستعمل وقت الحاجة (الجوع مثلاً) اما الدهن الذي يدخل في تركيب اجزاء الخلية فلا يستعمل في مثل هذه الحالات .

هناك عدة انسجة في الجسم تستطيع تصنيع الاحماض الدهنية من اسيتيل – كو A غير ان الكبد والغدة اللبنية والانسجة الدهنية تعتبر الموضع الرئيس لتصنيع الاحماض الدهنية والكليسريد الثلاثي ، وان الكبد يعتبر العضو المركزي لتحويرات اللبيدات المتناولة وايضها.

ويمكن تلخيص ما يقوم به الكبد من فعاليات في ايض اللبيدات بما يلي :
تصنيع الاحماض الدهنية من الكربوهيدرات والاحماض الامينية ، تصنيع الكوليسترول من اسيتيل – كو A ، تصنيع الفوسفولبيدات والليبوبروتينات ، تصنيع الاجسام الكيتونية (اسيتون ، حامض بيتا هيدروكسي بيوتيريك وحامض اسيتواستيك) ، تكسير الاحماض الدهنية ، والفوسفولبيدات ، رفع الفوسفولبيدات والكوليسترول من الدم ، زيادة وتقصير ، تشبيع او عدم تشبيع السلسلة الكاربونية للاحماض الدهنية ، السيطرة على خزن الدهن في الانسجة الدهنية وخزن الدهن في الكبد .

الكيتوزية Ketosis

الاجسام الكيتونية Ketone bodies هي (حامض بيتا هيدروكسي بيوتيريك ، حامض اسيتواستيك والاسيتون) وهي المسؤولة عن اعراض ما يسمى بالكيتوسز ، وبتراكم هذه الاجسام في الدم ينتج الاسيتونيميا Acetonemia وبزيادة هذه المواد في البول تنتج اسيتونوريا Acetonuria حيث تظهر الاعراض السريرية للخلل في الايض الغذائي .
في حالات الجوع مثلاً ، حيث ينخفض مستوى السكر في الدم تحدث عملية تعبئة الشحوم الى احماض دهنية تمد الكبد والكليتين بالطاقة . ان الميتوكوندريا لخلايا هذه الانسجة تكون محدودة القابلية في تحويل كمية الاحماض الدهنية الى CO_2 و H_2O بسبب وجود كميات قليلة من اوكزالواسيتيت في مثل هذه الظروف ونتيجة لذلك تتكون كميات كبيرة من الاجسام الكيتونية ، وعموما فأن اياً من الظروف التي تؤدي الى تحديد ايض الكربوهيدرات مع زيادة في ايض الدهون لتجهيز الجسم

بالطاقة اللازمة تسبب ما يدعى بالكيتوسز . وحيث ان اثنين من الاجسام الكيتونية تعتبر من الاحماض القوية فأن الزيادة في انتاجها يعمل على استهلاك المخزون القاعدي للدم مسبباً حموضة الدم Acidosis ونتيجة لذلك تقل قدرة الدم على التخلص من CO_2 وبالتالي تقل الاكسدة الخلوية ، وهذه الحالة خطرة حيث انها قد تسبب الاغماء والنفوق في الحالات الشديدة .

والكيتوسز هي حالة فسيولوجية مسؤولة عن اثنين من المشاكل الخطرة ، ففي ابقار الحليب تسبب الاسيتونيميا وفي الاغنام تسبب امراض الحمل diseases Pregnancy وفي كلا النوعين يتسبب مستويات عالية من الكيتونات في الدم والبول ومستوى منخفض من سكر الدم وبالتالي استهلاك احتياطي الكلايكوجين علاوة على فقدان الشهية . وفي الابقار الحلوب يحدث نقص حاد في انتاج الحليب ، وان الحقن بالكلوكوز هي معاملة فعالة لزيادة مستويات كلايكوجين الكبد وسكر الدم وخفض مستويات الكيتونات . واقترحت معاملة اخرى ناجحة هي هرمون الكورتيزون Cortisone التي تؤدي الى انتاج كلايكوجين من هدم البروتين . كما تم الحصول على نتائج ناجحة وذلك بالتغذية على صوديوم بروبيونيت Sodium propionate او بروبيلين كلايكول Propylene glycol وهذا يعتمد على ان حامض البروبيونك هو مكون الكلوكوز فهو لذا يكون مضاد لمسببات الكيتوسز .

الهدم الداخلي والهدم الخارجي للبروتين

في عام 1905افترض Folin فولين نظرية ، تنص على ان هناك شكلين لهدم البروتين ، وهذان الشكلان مستقلان ومختلفان تماماً عن بعضهما البعض . والشكل المتغير الذي سماه بالهدم الخارجي Exogenous catabolism يعتمد على مستوى البروتين المستهلك. اما النوع الثابت وهو الهدم الداخلي Endogenous catabolism يتناسب مع حجم الجسم وبعض العوامل الجسمية الاخرى .

وتبعاً لهذه النظرية فأن الهدم الداخلي يمثل العمليات التمثيلية والتي تعتبر ميزة هامة للخلايا الحية ، ويمكن توضيحها بأفراز النتروجين بالرغم من التغذية على علائق خالية من النتروجين ولكنها كاملة المحتوى من العناصر الاخرى ، وهذا يعكس العمليات التمثيلية الاساسية للحياة ، والنواتج التي تفرز في الفضلات تميل لأن تكون ثابتة لكل وحدة من حجم الجسم ، وهذا لايتأثر بخواص او كميات بروتين الغذاء ، ونتروجين الهدم الداخلي يطرح خارج الجسم يمثل خسارة يجب تعويضها بالبروتين الغذائي وذلك لأدامة سلامة الانسجة النتروجينية في الجسم .

ومن ناحية اخرى فأن الهدم الخارجي يمثل هدم المركبات النتروجينية الغذائية الممتصة والتي لم تدخل في بناء بروتين الجسم .

عارض بعض الباحثين نظرية فولين ، وفي هذا الصدد فأن Mitchell , 1955 توصل الى صحة نظرية فولين وانه لاتوجد اكتشافات علمية واضحة تعارض هذه النظرية .وهذه المسألة مهمة لدارسي التغذية لأنها احدى طرق معرفة احتياجات البروتين لأدامة جسم الحيوان وهي كذلك الطريقة الاوسع انتشاراً لتقدير القيمة الحيوية للبروتين .

السيطرة على الافرازات الهضمية

تخضع افرازات القناة الهضمية للسيطرة الهرمونية والعصبية مما يؤدي الى حدوث سلسلة من الفعاليات الافرازية والحركية التي تسهم بتنسيق التعاقب الصحيح للعمليات الهضمية حيث تؤدي الحركة العضلية المتناسقة الى خلط المواد المهضومة ونقلها . اما بالنسبة لهرمونات المعدة والامعاء فقد تمت دراستها بصورة مكثفة وامكن عزل وتشخيص العديد منها .

الهرمونات البنائية والهدمية

يمكن تقسيم الهرمونات استناداً الى تأثيرها في العمليات الايضية العامة الى مجموعتين ; الهرمونات البنائية والهرمونات الهدمية (التقويضية) .

الهرمونات البنائية : وهي الهرمونات التي تسرع التفاعلات التكوينية مثل تفاعلات تكوين البروتين واللبيد وكذلك الكلوكوز ، مثالها هرمون الانسولين والثايروكسين ، وهرمون النمو والاندروجين والاستروجين .

الهرمونات الهدمية : وهي الهرمونات التي تحفز التفاعلات الهدمية وتتضمن الكلوكاكون ، الابنفرين والنورابنفرين والكورتيزول .

وفيما يلي عرض لبعض الهرمونات ودورها في عمليات الهضم والايض واصلها ووظائفها:

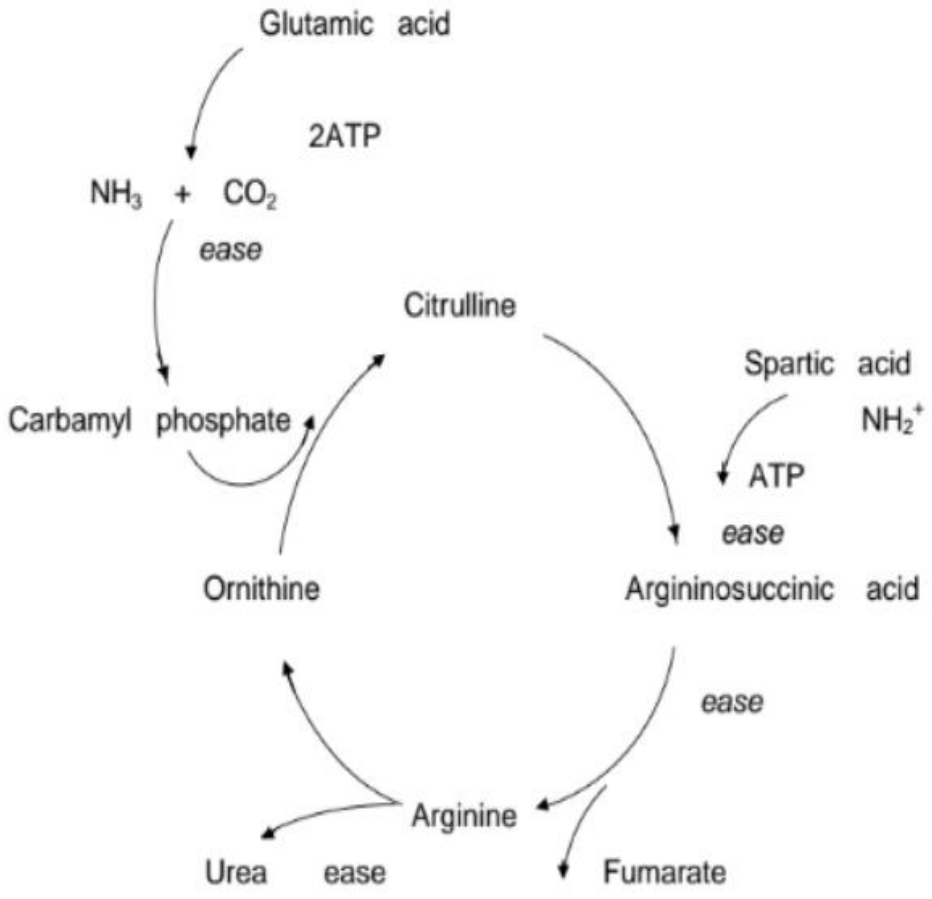
الهرمون	الاصل	الوظيفة
	القناة الهضمية	
●المعدين Gastrin	البواب (المعدة)	افراز HCl من قبل الغدد المعدية .
●الانتروجسترون	الاثني عشري	منع الافرازات المعدية وحركة المعدة.
●البنكريوزايمين Pancreozymin	الاثني عشري	يحفز افراز البنكرياس (الانزيمات) .
●السكريتين Secretin	الاثني عشري	يحفز افراز البنكرياس (لمحلول بيكاربونات الصوديوم) وكذلك مادة الصفراء .
●الانتروكرنين	الصائم	تحفيز الافرازات المعوية.
	البنكرياس	
●الانسولين Insulin	جزر لانكرهانز β - cells	اكسدة الكلوكوز لتكوين الكلايكوجين ويحفز تكوين اللبيد .
●الكلوكاكون Glucagon	جزرلانكرهانز $\propto$ - cells	تحويل الكلايكوجين الى كلوكوز وتحرر الدهون .
	الغدة الكظرية	
●الابنفرين Epenephrine	اللب	تحويل الكلايكوجين الى كلوكوز ، تصنيع الكلوكوز من الاحماض الامينية.
● الكلوكوكورتيكويد Glucocorticoid	القشرة	تحويل البروتينات الى كربوهيدرات كمصدر للطاقة .
● الالدوستيرون Aldosterone	القشرة	تنظيم السيطرة على امتصاص الصوديوم وافراز البوتاسيوم .
	الغدة الدرقية	
●الثايروكسين Thyroxine	الغدة الدرقية	تعجيل سرعة التمثيل الغذائي .
●كالسيتونين Calcitonin	الغدة الدرقية	تنظيم ايض الكالسيوم والفسفور .
	الغدة النخامية	
●الفاسوبرسين Vasopressin	الفص الخلفي	اعادة امتصاص الماء (المانع للادرار).
● هرمون النمو Somatotrophin	الفص الامامي	زيادة تكوين البروتين وتعبئة الدهون وزيادة مستوى سكر الدم .

دورة اليوريا

يجب التخلص من الامونيا التي تنطلق من عمليات عزل مجموعة الامين من الاحماض الامينية الفائضة عن احتياج الجسم ، حيث يحول الى حامض كلوتاميك Glutamic acid وبما ان الامونيا مادة سامة جداً لخلايا الجسم عليه يجب التخلص منها ، وذلك عن طريق الادرار ويتم هذا التحويل في الكبد عن طريق سلسلة من التفاعلات يطلق عليها دورة اليوريا The urea cycle او دورة Ornithine – arginine cycle او دورة كربس يوريا Krebs urea cycle .

حيث تقترن الامونيا NH_3 مع CO_2 بوجود 2ATP وبتحفيز انزيم Carbamyl synthetase phosphate لتكوين مركب فوسفات الكاربامیل Carbamyl phosphate الذي يتحد بدوره مع الحامض الاميني اورنيثين Ornithine لتكوين السترولين Citrulline . وبأضافة جزيء اخر من الامونيا (مصدره الحامض الاميني السبارتيك Spartic acid) مع السترولين لتكوين Argininosuccinic acid بعد ان يتزود بالطاقة من ATP ، الذي ينفلق الى ارجنين وحامض الفيوماريك ومن ثم يتحلل الارجنين بوجود انزيم Argininease لينتج اليوريا والاورنثين ، وهكذا تعاد الدورة .

ان استعمال 2ATP في تكوين الكاربامیل فوسفات ضروري لجعل التفاعل غير عكسي ولأبقاء تركيز الامونيا في الانسجة وسوائل الجسم عند مستوى واطيء جداً ، ولأنتاج جزيئة واحدة من اليوريا من جزيئة امونيا تحتاج لأربعة جزيئات من ATP .



- دورة اليوريا -

مكونات جسم الحيوان

قام العالمان البريطانيان لويس وكلبرت Lawes & Gilbert قبل فترة طويلة بتحليل الجثث الكاملة للحيوانات وهذا اتاح لنا الفرصة بمعرفة تركيب انواع مختلفة من الحيوانات، بأعمار مختلفة وبمستويات غذائية متباينة .

فالمكونات الرئيسية لجسم الحيوان هي الماء ، البروتين ، الدهن ، المعادن وكمية صغيرة من الكربوهيدرات ، ونسب كل من هذه المكونات تختلف بأختلاف النوع ، العمر ، الجنس وحالة الحيوان . هذا وان النسبة المئوية التقريبية لمكونات عدة انواع مختلفة من الحيوانات (بدون ادخال محتوى الجهاز الهضمي) تتراوح من 50 - 60 ٪ ماء ، 15 - 20 ٪ بروتين ، 17 - 25 ٪ دهون و 3 - 5 ٪ مواد معدنية ، اما الكربوهيدرات فلم تذكر لقلة وجودها في جسم الحيوان اذ ان نسبتها اقل من 1 ٪ (بعكس النباتات والمواد العلفية) . النباتات الخضراء تكون مشابهة لجسم الحيوان بأحتوائها على ماء اكثر من اي مادة ثانية لكنها تختلف عن الحيوان كونها تحتوي على كمية كبيرة من الكربوهيدرات وكمية قليلة من البروتينات والدهون والمعادن .

تقل كمية الماء في الجسم كل ما تقدم الحيوان بالعمر فمثلاً يحتوي جنين البقرة على 95 ٪ ماء ويصبح 75 - 80 ٪ عند الولادة ويصبح 60 - 72 ٪ بعمر 5 اشهر و50 - 60 ٪ عند البلوغ ، ومن جهة اخرى تزداد نسبة الدهن في الجسم مع تقدم الحيوان في العمر وهذا بدوره يقلل من نسبة الماء ، على ان تغير نسبة الدهن والماء في مراحل العمر المختلفة تتأثر بشكل محسوس ايضاُ بالحالة الغذائية للحيوان .

وفي ماعدا الدهون ومحتويات الجهاز الهضمي فأن مكونات الجسم الحي تكون حوالي 75 ٪ ماء ، 20 ٪ بروتين ، 5 ٪ مواد معدنية ، واكثر المواد المعدنية وجوداً في جسم الحيوان هي الكالسيوم ، الفسفور ، البوتاسيوم ، الصوديوم ، الكبريت والمغنيسيوم .

ذكر العالم Rubner ان الجسم يستطيع ان يفقد جميع مايحتويه من دهن واكثر من نصف مايحتويه من بروتين ويستمر في الحياة ، بينما اذا فقد 1/10 ما يحتويه من ماء يكون مصيره الموت ، اي ان موت الحيوان يكون اسرع بسبب نقص الماء من موته جراء نقص اي عنصر غذائي .

ومن الجدير بالذكر ان مكونات جسم الحيوان ليست موزعة بصورة منتظمة او متساوية داخل الجسم اذ يلاحظ ان توزيعها يكون حسب وظيفة الجهاز او الجزء فمثلاً يحتوي بلازما الدم على 90 ٪ ماء والعضلات 72 - 80 ٪ والعظام حوالي 10 ٪ .

اما البروتين فيوجد في كل خلية بالجسم ويعتبر لذلك اهم مكونات الجسم بعد الماء ويوجد في العضلات وانسجة الجسم المختلفة ، بينما يتركز الدهن في النسيج الشحمي او الدهني في طبقات دهنية تحت الجلد او حول الامعاء ، ويوجد في العضلات والعظام ولكن نسبته قليلة ، اما الكربوهيدرات فتوجد في الكبد والدم .

دور الماء واحتياجه في جسم الحيوان

من الناحية الغذائية والفسيولوجية يعتبر الماء ضروري جداً للجسم فلا حياة بدون الماء ، ومن اهم وظائف الماء الفسيولوجية :

1 – يذيب الاملاح المعدنية والمواد العضوية حتى يمكن ان تقوم الانسجة بعمليات التمثيل الغذائي .

2 – يسهل التفاعلات الكيمياوية داخل الجسم لسهولة تأينه .

3 – تمكن حرارته النوعية العالية من امتصاص الحرارة الناشئة عن التفاعلات الكيمياوية في الخلايا .

4 – ينظم درجة حرارة الجسم .

5 – لا تتم عمليات الهضم والامتصاص والتمثيل والافراز دون الماء .

6 – يدخل في تركيب كافة السوائل الجسمية كالدم والهرمونات والعصارات الهضمية والانزيمات .

7 – يوجد مرتبط مع البروتينات والكربوهيدرات والدهون .

ومما تجدر الاشارة اليه ان مصادر تجهيز الجسم بالماء هي :

1 – ماء الشرب .

2 – الماء الداخل في مكونات المواد الغذائية .

3 – الماء الناتج من اكسدة المواد الغذائية داخل الجسم (الايض) Metabolic او Oxidative water يسمى بالماء الايضي او التأكسدي .

ان اكسدة 100 غم من الكربوهيدرات ينتج عنها 60 غم من الماء .

وان اكسدة 100 غم من الدهون ينتج عنها حوالي 108 غم من الماء .

وان اكسدة 100 غم من البروتينات ينتج عنها حوالي 42 غم من الماء .

ان عليقة المجترات عادة تحتوي على اكثر من 4 ٪ دهن ، ولكن اكسدة الاحماض الدهنية الطيارة الناتجة من التخمر الذي يحدث في الكرش والامعاء ينتج عنه 67 – 93 غم من الماء لكل 100 غم من الحامض . دلت الدراسات التي اجريت على الماشية والخيول ان الماء الايضي يشكل حوالي 5 – 10 ٪ من مجموع الماء المتناول ، يختلف الماء الايضي هو الاخر باختلاف نوع الحيوان ونوع الغذاء .

يلعب الماء الايضي دوراً هاماً في بعض الظروف الفسلجية التي تمر فيها بعض الحيوانات خاصة التي تمر في فترة سبات (خلال الفترة التي يكون فيها ميزان الطاقة سالباً) ، حيث ان الماء الايضي الناتج من الاكسدة يكون كافياً لسد احتياجات الجسم عما يفقده خلال عمليات التنفس والتبخر .

صور الماء الموجود داخل الجسم :

أ- الماء الحر Free water ، الماء الموجود على هيئة محلول متصل كيميائياً بأي مادة ويمكن تجميده .

ب- الماء المرتبط Bound water ، الماء المرتبط كيميائياً بالمواد .

ج- ماء التمثيل Metabolic water ، الماء الناتج من التفاعلات الحيوية داخل الجسم كالاكسدة .

فقدان الماء

يحدث فقدان في ماء الجسم عن طريق الادرار والبراز والحليب والتبخر (عن طريق الرئتين والجلد ويسمى الفقد غير المحسوس) . ان عمل الماء في الادرار هو اذابة المواد التي يراد طرحها عن طريقه ، وهناك فروقات كبيرة جداً بين انواع الحيوانات من ناحية فقدان الماء عن طريق الادرار (وذلك يعود الى اختلاف طبيعة الناتج النهائي لأيض البروتين) فبعض انواع الحيوانات لها القابلية على تركيز الادرار الى درجة كبيرة اكثر من الانواع الاخرى المتأقلمة للعيش في الجو الرطب .

هناك عدداً من العوامل التي لها تأثير واضح على فقدان الماء عن طريق الادرار ، ربما اهمها درجة حرارة الجو ، فمن الطبيعي ان الحيوانات اذا تناولت كميات كبيرة من الماء اثناء الجو الحار فأن فقدان الماء عن طريق الادرار سوف يزداد كثيراً . ومن العوامل الاخرى هي المادة الجافة المتناولة والمادة الجافة المهضومة والكمية المتناولة من الدهن والبوتاسيوم والفسفور والكلور والنتروجين (البروتين) ، كما هو معروف فأن ما زاد عن احتياجات الجسم للادامة والانتاج من بروتين يجب ان يتخلص الجسم منه فيتم تخفيفه وطرحه خارج الجسم عن طريق الادرار ولذ يحتاج الى ماء اكثر اضافة الى قلة الماء الايضي الناتج من هدم البروتين مقارنة بالماء الايضي الناتج من هدم الدهن او الكربوهيدرات .

هناك فروقات معنوية بين انواع الحيوانات من ناحية نسبة الماء الموجود في البراز ، فالماء المفقود عن طريق البراز عادة يكون اكثر بكثير في المجترات عنه في الانواع الاخرى من الحيوانات وهذا الماء يكون تقريباً مساوياً لكمية الماء المفقود عن طريق الادرار . الحيوانات التي تتناول علائق ذات محتوى عالٍ من الالياف تطرح في البراز نسبة اعلى من الماء . الحيوانات التي يكون برازها على شكل قطع صغيرة (مثل الاغنام والجمال) عادة يحتوي برازها ماءً اقل من الانواع الاخرى من الحيوانات التي لايكون برازها على شكل قطع صغيرة . ويعتقد بأن الحيوانات التي يكون روثها على شكل قطع صغيرة تمتص امعائها الماء اكثر لذلك فهي افضل تأقلماً او تكيفاً للاجواء الاكثر جفافاً ، واكثر تحملاً للعطش في حالة قلة ماء الشرب ، وبصورة عامة تتراوح نسبة الماء في فضلات الاغنام من 50 – 70 ٪ وفي روث الابقار بحدود 68 - 80٪ .

الفقد غير المحسوس من مجموع الماء المفقود مبدئياً يكون كبير بسبب الفقد عن طريق الرئتين وخاصة في الجو الحار جداً ، حيث ان هواء الشهيق ربما يكون جافاً بينما يكون هواء الزفير مشبعاً 90 ٪ بالماء ، وهذا الفقد يزداد بدرجة كبيرة من خلال زيادة سرعة التنفس عند زيادة النشاط الفيزياوي للحيوان وذلك عندما يكون الجو حاراً . اوضحت بعض التجارب ان معدل الفقد في ابقار الحليب كان حوالي 1133 و 1174 غم ماء / ساعة في درجة حرارة 18 و 39 م° على التوالي وان الفقد الاعظم في الاغنام قد يصل الى حوالي 95 مل / م^3 / ساعة .

فقدان الماء عن طريق العرق يختلف كثيراً باختلاف انواع الحيوانات ، فالحيوانات المتأقلمة للعيش في المناطق الحارة تكون الغدد العرقية فيها متطورة التكوين واكثر كفاءة وهذا احد اسباب كون الابقار الاسيوية (Bos indicus) اكثر تحملاً للحرارة من عروق الابقار الاوربية (Bos taurus) .

لقد وجد في عروق مختلفة من الابقار ان اقصى سرعة لفقدان الماء من الجلد هي ثلاثة اضعاف الكمية المفقودة عن طريق الرئتين . وفي ابقار الزيبو يكون الفقد عن طريق التعرق هو ستة اضعاف مما هو عن طريق التنفس . غير ان ابقار الشورتهورن التي تمتلك جهاز للتعرق اقل كفاءة وجد بأن النسبة هي 3 أو 4 الى 1 ، بينما في الاغنام وجد ان كمية الماء المفقود عن طريق التنفس هي ثمانية اضعاف كمية الماء المفقود عن طريق التعرق ، وهذه النسبة العالية من الفقد عن طريق التنفس تعود الى كون الاغنام تعرق قليلاً جداً . ان الفقد عن طريق التعرق يزداد بزيادة النشاط العضلي ودرجات الحرارة وسرعة الرياح ورطوبة الجو .

تحديد الماء

من الواضح ان اخذ الحيوانات للماء يكون متقطعاً او على وجبات بينما يكون فقدان الماء من الجسم مستمراً . علماً بأن كمية وسرعة فقدان الماء تكونان مختلفتين وليس للجسم طريقة لخزن الماء كالطريقة التي يخزن فيها الدهون . ان فقدان شيء من ماء الجسم يعتبر عملاً طبيعياً ، وعند تحديد ماء الشرب للحيوان لأي فترة من الوقت فأن رد فعل الحيوان بتحديد فقد الماء من الجسم او تقليل احتياجه للماء يكون عن طريق تقليل كمية العلف المتناول لتقليل الفقدان عن طريق البراز (قلة كمية الفضلات او الروث بسبب قلة المادة الجافة المتناولة) ، او خفض فقدان الماء عن طريق الادرار او خفض الانتاج . وفي التحديد الاكثر للماء يحدث فقد في وزن الجسم بسبب فقدان ماء البلازما وفقدان الماء من داخل وخارج خلايا الجسم . ان الكرش والاجزاء الاخرى من القناة الهضمية تستطيع ان تعطي ايضاً بعضاً من مائها لبعض الوقت ، لكن جميع هذه الكميات من الماء يجب ان تعوض والا فان العمليات الفسيولوجية الطبيعية ستتأثر .

تختلف الحيوانات بصورة واضحة من حيث تأثرها بتحديد الماء او تحملها للعطش ، وهناك امثلة كثيرة تظهر فيها بأنه يمكن تقليل كمية الماء المتناول من قبل الحيوان اذا تم تقليل عدد مرات شرب الماء ، ولكن نتائج النتروجين المحجوز والغذاء المتناول تدل على ان مثل هذا التحديد والفقد في وزن الجسم هو ضار بالانتاج ، ويجب ان لا تزيد نسبة الفقد في وزن الجسم عن 10 ٪ لكي نتجنب قلة الانتاج ويمكن ان تكون الـ 5 ٪ اكثر مناسبة ، غير ان الجمل على سبيل المثال يتحمل تحديد الماء لحد فقد 30 ٪ من وزن الجسم او اكثر ، وان اغلب الحيوانات لا تستطيع ان تتحمل مثل هذا الفقد في الوزن جراء العطش .

بعض الاسباب التي تجعل هذا النوع من الحيوانات يتحمل العطش هي درجة حرارة الجسم حيث يمكن ان تتغير درجة حرارة الجمل الى حد بعيد نتيجة تشتت بعض من حرارة جسمه اثناء الليل عندما تكون درجة حرارة الجو منخفضة ، وايضاً ان الجسم الدافئ يأخذ حرارة اقل من الجو المحيط به ، وان فروة الجسم تعتبر عازلاً مهماً ، والعرق يتبخر من على سطح الجلد وليس من على نهايات الفراء (الوبر) ، وان الجمل لا يلهث فهو لذلك يقلل من فقدان الماء عن طريق التنفس ولهو قابلية كبيرة على تركيز البول بما لا يقل عن ضعف قابلية الماشية .

جودة الماء

قد تؤثر جودة الماء مباشرة على استهلاك العلف لأن النوعية الرديئة من الماء عادة لا يقبل الحيوان على شربها او سوف يقلل من ذلك ولذا سيقل استهلاك العلف وينخفض الانتاج . ان المواد التي تقلل من تقبل شرب الحيوان للماء تشمل املاحاً مختلفة وعند شرب كميات كبيرة من هذا الماء فمن المحتمل ان تسبب هذه الاملاح تسمماً . والمواد التي يمكن ان تكون سامة دون ان يظهر لها طعم في الماء او تأثير على درجة تقبله هي النترات والحديد اضافة الى املاح العناصر الثقيلة . ومواد اخرى يمكن ان تؤثر في مذاق الماء او تكون سامة تشمل الاحياء المجهرية

المرضية المختلفة ، الاشنات ، البروتوزوا ، الهيدروكاربونات ومواد زيتية اخرى ، مبيدات الحشرات المختلفة ومخلفات المصانع الكيمياوية التي تلوث الماء .

ان تحمل الحيوانات للاملاح في الماء يعتمد على عدة عوامل ، مثل الاحتياجات من الماء ، نوع وعمر الحيوان ، الحالة الفسيولوجية ، موسم السنة وكمية الاملاح الموجودة في العليقة ، اضافة الى كمية ونوعية الاملاح الموجودة في الماء . ان الماء الذي يحتوي على كمية كبيرة من الاملاح عادة يسبب ضرراً للحيوان عن طريق التأثير الازموزي اكثر منه بسبب التسمم بأحد مكوناته ، اضافة الى ذلك فأن زيادة الملوحة ربما تسبب اضطرابات مختلفة مثل قلة في شرب الماء وتناول العلف واضطرابات معدية ومعوية واسهال وتوقف ادرار الحليب وفقدان ماء الجسم والموت .

ان الاملاح القلوية تعتبر اكثر ضرراً من الملح المتعادل والكبريتات اكثر ضرراً من الكلوريدات وكلوريد المغنيسيوم يعتبر ضاراً اكثر من كلوريد الكالسيوم او كلوريد الصوديوم .

بصورة عامة فأن الاغنام اكثر تحملاً للمحاليل المالحة من الابقار وربما يعود جزء من ذلك الى انها تستهلك ماء اقل لكل وحدة علف . ان معظم الحيوانات يمكنها ان تتحمل مستويات من 1.3 - 1.7 ٪ من مجموع المواد الصلبة المذابة في الماء او ما يعادل 15 -17 غم / لتر ، لكن هذا التحمل يكون على حساب انتاج الحيوان ان كان ادرار حليب او زيادة وزنية او غير ذلك . كذلك تعتمد درجة تحمل الحيوان على نوع مكونات المواد الصلبة المذابة في الماء ، بالنسبة للكبريتات فأن مستوى اكثر من 1 غم/ لتر ربما يسبب الاسهال وفي حالة النترات فأن مستويات من 100- 200 جزء بالمليون تكون سامة اما الفلوريدات فأن الابقار والاغنام تستطيع ان تتحمل الى حد 10 ملغم / لتر بدون تأثير كبير ، ومن الصعب تحديد المستوى السام للاملاح لأن سميتها تتأثر بالتأقلم ونوع العليقة ونوع وعمر الحيوان وكمية الماء المستهلك .

التسمم بالماء

مثلما تحديد الماء يسبب اضراراً للجسم فأن كثرة الماء يمكن ان تكون ضارة ايضاً ، ويمكن ان يحدث التسمم بالماء في بعض انواع الحيوانات نتيجة شرب كميات من الماء مرة واحدة، على سبيل المثال فالعجول تكون معرضة للموت في حالة عدم تأقلم الكلية لكثرة الماء المتناول . ويظهر بأن العجلات خاصة معرضة لهذه الحالات لانها عادة يمكنها ان تشرب ما يقارب 35- 50 ٪ من مجموع ماء جسمها خلال فترة نصف ساعة وهذا يحدث عندما تكون العجلات شديدة العطش وانها تتغذى على الحليب .

والسبب الثاني هو ان الابقار التي حرمت من شرب الماء لفترة من الزمن تكون غير قادرة على التكيف السريع الى وجود كمية كبيرة من الماء في انسجتها ، والاعراض الاعتيادية التي يمكن ان تظهر على الحيوان تشمل هيموكلوبينوريا (البول الاحمر) ، مغص ، اسهال ، عدم انتظام ضربات القلب ، توسع الاوردة الدموية السطحية ، انتصاب شعر الجسم وكثرة افراز اللعاب . ويبدأ تجمع السوائل في الانسجة الملساء الرخوة تحت الجلد وعادة يكون ذلك ملحوظاً تحت الجفون والتي تكون منتفخة ، وفي حالات اكثر شدة تظهر الحالة العصبية على الحيوان ، وربما تظهر حركة ارتعاشيه وزيادة في حك ولحس الجسم وتصبح شيئاً مألوفاً . وغالباً ما تتخذ الحيوانات وضعاً يكون الرأس والرقبة فيه ممدودين كما ان الخمول والضعف في القوى الحيوية يتطور الى اغماء .

بالرغم من ان الحيوانات المحرومة من الماء بشدة والتي شربت كميات كبيرة من الماء تموت عادة ، الا انه يمكن علاج ذلك بحقنها في الوريد بمحلول مركز من الكلوكوز او محلول ملحي في محاولة لإزالة الماء الزائد من الانسجة .

في بعض الحالات المرضية يحتجز الماء الزائد في الانسجة والتجويف البطني ومناطق اخرى مسبباً تورمات مائية Edema .

العناصر اللاعضوية (المعادن)

اظهرت الدراسات التي اجريت على مختلف انواع الحيوانات حاجتها الى سبعة عشر عنصراً لاعضوياً في الاقل . ويمكن تقسيم هذه العناصر الى مجموعتين بالاعتماد على الكميات النسبية التي يجب توفرها في العليقة وهما :

مجموعة العناصر اللاعضوية الكبيرة (Macro minerals) ، اذ تشمل الكالسيوم والفسفور والصوديوم والكلور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكبريت .

وتكون الحاجة لبعض من هذه العناصر مثل الكالسيوم والفسفور بصورة مكونات تركيبية للهيكل العظمي بينما تكون الحاجة لعناصر اخرى مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلور للحفاظ على التوازن الحامضي – القاعدي .

ومجموعة العناصر اللاعضوية النادرة (Micro minerals) ، وتشمل الكوبلت واليود والحديد والنحاس والخارصين والمنغنيز والسلينيوم والكروم والفلور والمولبيدنوم والسليكون .

تعمل هذه العناصر بصورة منشطات للانظمة الانزيمية او مكونات للمركبات العضوية ، لذلك تكون الحاجة اليها بكميات صغيرة مثل الخارصين والنحاس .

علماً بأن للعديد من العناصر اللاعضوية اكثر من وظيفة ، وتعد بعض العناصر اللاعضوية سامة للحيوانات عند استهلاكها بتراكيز منخفضة ، كذلك فأن العناصر اللاعضوية الاساسية قد تكون سامة عند استهلاكها بتراكيز مرتفعة .

العامل المساعد Cofactor

توجد بعض المعادن كمادة منشطة لفعل الانزيمات مثل الحديد Fe^{2+} والنحاس Cu^{2+} الموجود في السايتوكروم اوكسيديز Cytochrom oxidase وان هذا مهماً في ايض الخلية ويدخل كانزيم نهائي في عملية الاكسدة الفسفورية وان نقص النحاس يسبب انخفاض فعالية هذا الانزيم مما يؤدي الى فقدان القابلية لأتمام عملية الاكسدة الفسفورية. والمغنيسيوم Mg^{2+} عامل مساعد لأنزيمات تستخدم ATP . الخارصين Zn^{2+} عامل مساعد لأنزيم لاكتيت ديهايد روجينيز Lactate

dehydrogenase . الموليبدنوم Mo^{6+} في انزيم زانثين اوكسيديز Xanthine oxidase ، وخلال عمليات نقل المجموعات الوظيفية المختلفة ضمن العمليات الحياتية غالباً ما يتغير تكافؤ العوامل المساعدة لكنها تعود لحالتها الاصلية بعدئذٍ .

جدول يبن دور العناصر المختلفة في تركيب ووظائف الكائن الحي

العنصر	صنفه	٪ من وزن الجسم	الاهمية
C كاربون H هيدروجين O اوكسجين N نتروجين	عناصر اولية	٪ 96	يدخل في تركيب جميع المركبات العضوية في الجسم . كالسابق ويدخل في تركيب الماء . كالسابق ويدخل في تركيب الماء وضروري للتنفس الخلوي (تحرير الطاقة) . يدخل في تركيب البروتينات والقواعد النتروجينية والمركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية .
K بوتاسيوم Na صوديوم Cl كلور Ca كالسيوم Mg مغنيسيوم P فسفور S كبريت	عناصر ثانوية	٪ 3.99	ضروري لجهد الغشاء وعمل الجهازالعصبي والتقلص العضلي . كالسابق وضروري لأمتصاص الكلوكوز في الامعاء . كالسابق . ضروري للتقلص العضلي والانتقال العصبي الكيميائي وتجلط الدم وتنشيط بعض الانزيمات ويدخل في تركيب الهيكل العظمي . ضروري لتنشيط بعض الانزيمات . يدخل في تركيب القواعد النتروجينية الضرورية لصنع الاحماض النووية والمركبات ذات الطاقة العالية . يدخل في تركيب بعض الاحماض الامينية .

Fe حديد			يدخل في تركيب الهيموكلوبين والسايتوكرومات وبعض الانزيمات .
Co كوبلت			يدخل في تركيب فيتامين B_{12} .
Ni نيكل			اهميته موضع شك .
Cu نحاس			ضروري في عملية صنع الهيموكلوبين ويدخل في تركيب سايتوكروم اوكسيديز ويوجد في الهيموسيانين .
Zn خارصين			يدخل في تركيب بعض الانزيمات والانزيم المهم كاربونيك انهيدريز .
V فانديوم			يسرع في نمو الفئران .
Cr كروم	عناصر اثرية	٪ 0.01	ضروري لعمل الانسولين في المساعدة على اخذ الكلوكوز من قبل الانسجة .
Mn منغنيز			ضروري لنمو العظام ولعمل الخصى والمبايض وينشط بعض الانزيمات .
Mo مولبيدنوم			يدخل في تركيب زانثين اوكسيديز .
Si سليكون			ضروري لصنع الهيكل الكولاجيني في الدجاج .
As زرنيخ			ضروري للنمو في الجرذان .
Se سلينيوم			ضروري للكبد والعضلات ولعمل فيتامين E المهم في التكاثر .
F فلور			ضروري للنمو الطبيعي في الجرذان ويجعل الاسنان اكثر مقاومة للتسوس .
I يود			يدخل في تركيب هرمونات الغدة الدرقية .

تداخل العناصر الغذائية

تشمل التداخلات المعروفة بين العناصر الغذائية تلك التي تحدث بين البروتين والطاقة وبين الكالسيوم والفسفور ، بين الكالسيوم والفسفور وفيتامين D ، بين الكالسيوم والخارصين ، بين النحاس والموليبدنوم والكبريت ، بين السلينيوم وفيتامين E ، بين الخارصين وفيتامين A وغيرها من التداخلات .

- ان 99 ٪ من الكالسيوم و 80 ٪ من الفسفور و70 ٪ من المغنيسيوم الموجود في الجسم يوجد في الهيكل العظمي .
- يساعد فيتامين D على زيادة معدل امتصاص Ca وP من خلال جدار الامعاء وكذلك يؤثر على العلاقة الموجودة بين الكالسيوم الممتص والكالسيوم الموجود في الدم والعظام والكالسيوم المطروح في البول .
- اذا كانت نسبة الدهون مرتفعة في الغذاء يقل امتصاص الكالسيوم بدرجة ملحوظة وبالتالي تحتاج الحيوانات الى نسبة عالية من هذا العنصر .
- يوجد اغلب الصوديوم والبوتاسيوم والكلور في الانسجة الطرية وسوائل الجسم المختلفة وذلك بخلاف الكالسيوم والفسفور والمغنيسيوم .
- ان وجود الصوديوم بتركيز مرتفع في العليقة يعيق امتصاص Ca و Mg ويعتقد ان هذا التأثير المثبط للصوديوم يرجع الى التنافس على مواقع الامتصاص .
- يعتبر Na^{+} و K^{+} مضاداً لـ Ca^{+2} و Mg^{+2} في حين يعمل الكالسيوم على الاقلال من حساسية الاعصاب والعضلات بينما يقوم كل من K و Na بزيادة هذه الحساسية .
- يضاد فعل الكبريت كل من النحاس والكالسيوم والمغنيسيوم والسلينيوم ، فإذا زاد تركيز الكبريت كثيراً في الغذاء لوحظ انخفاض النحاس في الجسم .
- لوحظت العلاقة بين النحاس والموليبدنوم لأول مرة عند حدوث حالات اسهال في الابقار ناشئة من الاصابة بالتسمم المزمن بالموليبدنوم والتي امكن السيطرة عليها بإعطاء الابقار كميات كبيرة من النحاس .

ويستعمل المولبيدنوم في علاج التسمم بالنحاس في الاغنام ، وهذه تفترض ان المولبيدنوم قد يعارض دخول النحاس الى خلايا الكبد او خلايا الجسم الاخرى . والمولبيدنوم يرتبط مع النحاس لكي يكون معقد مما يقلل من كمية النحاس المتوفرة لإتمام ايض الخلية .

- تناول الحيوان لكميات كبيرة من الكالسيوم يختزل ويضعف من ايض الكوبلت في الجسم.

- ان انخفاض امتصاص الكالسيوم من الامعاء الذي تسببه التراكيز العالية من الفلور يؤدي الى زيادة معدل تحريك الكالسيوم من العظام للحفاظ على مستوى الكالسيوم في دم العجول.

- علاقة الحديد والنحاس والكوبلت (الموجود في B_{12}) في تخليق الهيموكلوبين وتكوين خلايا الدم الحمر .

- يتعارض وجود فائض من الحديد اوالالمنيوم او المغنيسيوم مع امتصاص الفسفور نتيجة لتكوين الفوسفات غير الذائبة .

- ان وظيفة السلينيوم تنظيمية لفيتامين E اي انه يسرع انتقال وتحريك فيتامين E في حالات احتياج الجسم الضروري والفوري له .

الفيتامينات Vitamins

هي مركبات عضوية ضرورية لإنجاز الوظائف الحيوية بالصورة الصحيحة ، لا تعطي طاقة ولا تدخل في تركيب بنية الكائن الحي لكنها اساسية لنقل الطاقة وتنظيم الفعاليات الجسمية كما انها ضرورية لصحة الكائن الحي والنمو الطبيعي . وعموماً تقسم الفيتامينـات الى قسمين رئيسيـين حسـب نوع المذيـب قطبي (الماء) او غير قطبي (مذيب عضوي) وأول من وضع اساس هذا التقسيم هو العالم موكولم Mocollum عام 1915 . ضم القسم الاول الفيتامينات الذائبة بالدهون Fat soluble vitamins وتشمل فيتامين (A, D, E, K) ، ويضم القسم الثاني الفيتامينات الذائبة في الماء Water soluble vitamins وتشتمل على مجموعة فيتامين B و C .

على العكس من الفيتامينات الذائبة بالدهون فإن الفيتامينات الذائبة في الماء (باستثناء فيتامين B_{12}) لاتخزن بكميات كبيرة في الجسم ، ويجب تزويدها في العلائق على اساس يومي في الحيوانات التي لايشكل فيها التخليق الميكروبي في قنواتها الهضمية حالة بارزة.

وفي المجترات تسد الاحتياجات من الفيتامينات الذائبة في الماء بصورة كلية تقريباً نتيجة للتخلق الميكروبي في الكرش والجزء الاسفل من القناة الهضمية ، اما في الحيوانات التي تتغذى على النباتات (الاعشاب) مثل الخيول والارانب فيحدث التخليق الميكروبي للفيتامينات الذائبة في الماء في القولون والاعور ولذلك تركز اهتمام علماء التغذية على تزويد حيوانات المعدة البسيطة والدواجن بالمصادر الغذائية لها .

تكون الحاجة لمعظم الفيتامينات الذائبة في الماء بكميات صغيرة ، ويعمل معظمها بصورة محفزات ايضية (Coenzymes) ويؤدي نقص اي منها الى شذوذ كبير في العمليات الايضية ، ومن غير المحتمل حدوث حالات تسمم حادة بهذه الفيتامينات بسبب لفظها السريع الى خارج الجسم عن طريق الكلية .

يتم امتصاص الفيتامينات الذائبة في الماء هي او مولداتها حرة ذائبة في الامعاء ، اما مجموعة الفيتامينات الذائبة بالدهون فتمتص على هيئة مستحلب في الامعاء وهي بذلك تحتاج الى الصفراء لأمتصاصها .

اذا اعطيت بكميات زائدة عن حاجة الحيوان للاستهلاك والتخزين فأن الفائض عن حاجة الحيوان يخرج مع الروث في حالة الفيتامينات الذائبة بالدهون ويخرج مع البول في حالة الفيتامينات الذائبة في الماء ، ويقوم الجسم بتنظيم عمليات الامتصاص والاخراج والتخزين طبيعياً . ليس هناك عضو معين في الجسم يختص بتخزين الفيتامينات وغالباً ما يتم التخزين ان وجد في جميع اجزاء الجسم تقريباً ولو انه يتركز نسبياً في مناطق دون اخرى كالكبد والكلى وغيرهما .

ان فيتامين D له علاقة بزيادة امتصاص الكالسيوم والفسفور من الامعاء وترسيبها في الهيكل العظمي .

الدور المشترك لفيتامين E والسلينيوم في حماية الافراخ من مرض الاهبة النضحية (تجمع سوائل تحت الجلد) .

علاقة الكالسيوم وفيتامين K في تكوين الجلطة الدموية .

دخول بعض المعادن في تركيب الفيتامين مثل الكبريت مع الثيامين B_1 ، والكوبلت مع الرايبوفلافين B_2 .

لابد من فسفرة بعض الفيتامينات لجعلها نشطة وهذه يلزمها الفسفور لعملية الفسفرة كما في الرايبوفلافين .

ان الثيامين يتأثر بالتراكيز المختلفة لكل من الحديد والمغنيسيوم والكالسيوم والكوبلت والزنك والخارصين .

مرافقات الانزيمات Coenzymes

هي مركبات عضوية غير بروتينية ، تقترن بالانزيم لتساعد في عملية نقل مجموعات وظيفية معينة ضمن العمليات الحيوية المختلفة ، وهي قد لا تقترن بالانزيمات بقوة ولهذا فمن السهل فصلها عنه ، غير انه عند اقترانها بالانزيم بقوة فإنها تعد مجموعة مترابطة مع الانزيم . وفي حالات عديدة تعمل الفيتامينات (وخاصة الذائبة في الماء) كمكونات حيوية لبعض مرافقات الانزيمات او للمجموعات المترابطة مع الانزيمات . وهكذا فإنها تساهم في تحفيز الافعال الحيوية الضرورية المختلفة . وخلال عمليات نقل المجموعات الوظيفية المختلفة ضمن العمليات الحيوية غالباً ما يتغير تركيب المرافقات الانزيمية لكنها تعود لحالتها الاصلية بعدئذٍ .

جدول يبين دور الفيتامينات في وظائف الحيوان

الفيتامين	الاهمية	اعراض النقص
A	- من مكونات الصبغة البصرية في شبكية العين . - يديم الانسجة الطلائية	العشو الليلي وجفاف الجلد
B_1 ثيامين Thiamin	مرافق انزيمي لتفاعلات ازالة الكاربوكسيل Decarboxylation .	مرض البري بري والتهاب الاعصاب
B_2 رايبوفلافين Riboflavin	يحول الى FAD وهذا الاخير مهم في التنفس الخلوي كنافل للالكترونات .	التهاب اللسان وتشقق اللثة
B_3 حامض بانتوثنيك Pantothenic acid	من مكونات الانزيم المشارك Co A المهم في التنفس الخلوي والتحولات الايضية الاخرى .	التهاب الجلد ، التهاب الامعاء وعجز القشرة الادرينالية
B_5 نياسين Niacin	يدخل في تركيب كل من NAD^+ و$NADP^+$ المهمان كناقلان للالكترونات في التنفس الخلوي .	مرض الفقراء (بلاكرا)

B_6 بايريدوكسين Pyridoxine	يكون مجاميع بديلة لبعض الانزيمات المزيلة للكاربوكسيل او الناقلة للامين .	اختلاجات وفرط اثارة
H بيوتين Biotin	يساعد في تثبيت CO_2 في عملية تخليق الاحماض الدهنية وغيرها .	التهاب الجلد والتهاب الامعاء
B_9 حامض الفوليك Folic acid	مشارك انزيمي لنقل ذرة كاربون واحدة كما في تفاعلات المثيلة .	فقر الدم
B_{12} سيانوكوبال امين Cyanocobal amine	مشارك انزيمي مهم في ايض الاحماض الامينية ، يحفز على صنع كريات الدم الحمر .	فقر الدم الخبيث
Cحامض الاسكوربك Ascorbic acid	ضروري لأضافة مجاميع الهيدروكسيل الى اللايسين في عملية تخليق الكولاجين .	مرض الاسقربوط وتشقق جدران الاوعية الشعرية
D	يزيد من امتصاص الكالسيوم والفوسفات في الامعاء .	الكساح
E	مواد ضد التأكسد ، ربما عوامل مشاركة في نقل الالكترونات في سلسلة السايتوكرومات .	ضمور عضلي ، موت الجنين
K	يساعد على تخليق البروثرومبين وعدد من عوامل تخثر الدم الاخرى .	ظواهر نزف

البروتينات Proteins

البروتينات مركبات عضوية معقدة ذات اوزان جزيئية عالية تشترك مع الكربوهيدرات والليبيدات بأحتوائها على عناصر الكاربون والهيدروجين والاوكسجين اضافة الى ذلك فأن جميع هذه المركبات تحتوي على النتروجين وبصورة عامة على الكبريت وبعضها يحتوي على الفسفور والحديد .

وحيث ان البروتين مركب اساسي للاعضاء والانسجة الطرية في جسم الحيوان ، فمن الضروري تزويد الجسم بكميات مستمرة منه في الغذاء للنمو وترميم الانسجة ، لذلك فأن تغيير بروتين الغذاء الى بروتين جسمي يعتبر جزءاً هاماً جداً من العمليات الغذائية . ان مصطلح البروتين يشمل مجموعة كبيرة من المواد المتشابهة كثيراً ولكن لكل منها خواصاً فسيولوجية مميزة .

تصنيف البروتينات Classification of Proteins

لقد اتفقت كل من الجمعية الفسيولوجية الامريكية والجمعية الامريكية للكيمياء الحيوية على وضع التصنيف المختصر التالي :

اسس التصنيف	التصنيف	الخواص او الوظيفة	المثال
أولاً- التركيب	أ- البسيطة ب- المرتبطة 1 - بروتينات صبغية 2- بروتينات كربوهيدراتية 3- بروتينات فسفورية 4- بروتينات دهنية 5- بروتينات نووية ج- المشتقة	تعطي بالتحلل المائي احماضاً امينية او مشتقاتها فقط . بروتينات بسيطة ترتبط مع جذرغيربروتيني . صبغات ملونة كربوهيدرات فسفور دهون النيوكليوتيدات مشتقات بروتينية اولية او ثانوية .	(الليفية والكروية) البومين ، انسولين ، كلوبيولين ، كلوتنين . هيموكلوبين ميوسين اللعاب كازين الليسثين ، كوليسترول DNA , RNA ميتا بروتين
ثانياً- الشكل	1- كروي 2- ليفي	قرصي او بيضوي الياف بروتين الانسجة الرابطة بروتين الروابط والاوتار شعر ، صوف ، اظلاف ، اظافر بروتين العضلات مسؤول عن تخثر الدم	البومين البيض ، لاكتوكلوبيولين (بروتين الحليب) كولاجين ايلاسين كيراتين ميوسين فايبرينوجين

ثالثاً- الذوبان	1- البومين 2- كلوبيولين 3- هستون 4- كلوتلين 5- برولامين 6- سكلروبروتين	يذوب في الماء والمحلول الملحي. غير ذائب في الماء ، يذوب في المحلول الملحي . لايتصلب بالحرارة ، يحتوي على كميات عالية من الاحماض الامينية القاعدية (بروتينات قاعدية) . غير ذائب في الماء والكحول ، يذوب في محلول مخفف حامضي او قاعدي . يذوب في 70 - 80 ٪ كحول اثيلي. غير ذائب في معظم المذيبات .	البومين المصل كلوبيولين المصل تشترك مع DNA كلوتنين الحنطة زين (بروتين الذرة) جميع البروتينات المصنفة تحت الشكل الليفي .
رابعاً- الوظيفة	1- انزيمات 2- هرمونات 3- توكسينات 4- الحماية 5- النقل 6- الانقباض والانبساط 7- الخزن	عوامل مساعدة في التفاعلات الحيوية للجسم . موصلات كيمياوية . مواد سامة عادة تنتج من قبل الاحياء المجهرية . بروتينات تنتج من قبل الجسم لحمايته . نقل O_2 من الرئتين الى الانسجة نقل O_2 في العضلات نقل اللبيدات في الدم خويطات في Myofipril بروتين بياض البيض بروتين الحليب بروتين حبوب الذرة	جميع الانزيمات بصورة عامة (تربسين) . هرمونات الجسم بصورة عامة (انسولين) . Botulinum toxin الاجسام المضادة كاما – كلوبيولين . هيموكلوبين مايوكلوبين بيتا – لايبوبروتين ميوسين ، اكتين البومين البيض كازين زين

الاحماض الامينية الاساسية وغير الاساسية

الاحماض الامينية عامة هي احماض عضوية تحوي مجموعة امين ، ويعدالحامض الاميني كلايسين من ابسط انواع الاحماض الامينية ، تتولد الاحماض الامينية نتيجة التحلل المائي للبروتينات .

يختلف اعتبار الاحماض الامينية على انها اساسية او غيـر اساسية بأختلاف انواع الحيوانات ، وتختلف كذلك في النوع الواحد بأختلاف عمر الحيوان والغاية التي من اجلها تستعمل الاحماض الامينية (نمو او ادامة) .اي ان بعض الاحماض الامينية تعتبر اساسية لنوع من الحيوانات لكنها تصنف غير اساسية للنوع الاخر ، فمثلاً الارجـنين يعتبر غـير اساسي بـالنسبة للانسـان البالـغ ويعـتبر اساسـي للجرذي النامـي ، وكـذلك الكلايسين يعتبر اساسي بالنسبة للطيور وغيراساسي للبائن . ومن ناحية عمر الحيوان فـأن الكلايسين يعتبر اساسي لافـراخ الدواجـن ولكنه غيـر اساسي للدجاج البالغ (حيث يصنع في الجسم ولكنه ليس بالمعدل الكافي لغرض الحصول على نمو طبيعي) ، كذلك يعتبر الارجنين اساسي للحصول على افضل نمو في الجرذان الصغيرة ولكنه غير اساسي للجرذي البالغ (لغرض الادامة).

بعض الاحماض الامينية غير الاساسية يمكن تصنيعها فقط من احماض امينية اساسية معينة لذا اذا تم توفير هذه الاحماض الامينية غير الاساسية فأن الاحتياجات للاحماض الامينية الاساسية لتصنيع هذه الاحماض الامينية غير الاساسية سوف يقل ، مثلاً السستين (حامض اميني غير اساسي) يصنع في الجسم من الميثايونين فقط ، ولكن عند توفر السستين في العليقة فأن الكمية الواجب توفرها من الميثايونين في العليقة سوف تكون اقل . كذلك التيروسين (حامض اميني غير اساسي) يصنع فقط من الفنيل النين ، وعند توفر التيروسين في العليقة فأن كمية الفنيل النين الواجب توفرها في العليقة تكون اقل .

تقسم الاحماض الامينية الى :

1- احماض امينية اساسية : Essential Amino Acids

هي الاحماض التي لايمكن الاستغناء عنها والتي يجب توفرها دائماً او تواجدها في العليقة لعدم استطاعة الجسم من تكوينها .

2- احماض امينية غير اساسية : Nonessential Amino Acids

اي الاحماض التي يستطيع الجسم تكوينها وليس من الضروري توفرها في العليقة .

الاحماض الامينية الاساسية	الاحماض الامينية غير الاساسية
لايسين	كلايسين
تربتوفن	النين
هستدين	سيرين
فنيل النين	سستين
ليوسين	تايروسين
ايزوليوسين	حامض الكلوتاميك
ثريونين	برولين
ميثايونين	هيدروكسي برولين
ارجنين	سترولين
فالين	حامض الاسبارتك

الكربوهيدرات Carbohydrates

تطلق الكربوهيدرات على المركبات الكيمياوية المتعادلة ، والتي تتكون من ذرات الكاربون والهيدروجين والاوكسجين وان نسبة H : O كنسبتهما بالماء 2 : 1 .

تصنيف الكربوهيدرات Classificacion of Carbohydrates

يمكن تقسيم الكربوهيدرات الى الاصناف الاتية :

اولاً – السكريات البسيطة اوالاحادية Monosaccharides

وتشمل

- بنتوز ويضم
  - رايبوز– وهو احد مكونات الاحماض النووية.
  - ارابينوز – يوجد في السايلج ، صمغ الاشجار (الصمغ العربي) .
- هكسوز ويضم
  - كلوكوز – سكر القصب ، في عصير العنب والدم وغيرها.
  - فركتوز – في الفواكه والعسل .
  - كالاكتوز – احد مكونات سكر الحليب .
  - مانوز– في الكلايكوبروتين ، الخمائر والأعفان والبكتريا .

ثانياً- السكريات قليلة الوحدات Oligosaccharides

(مكونة من وحدتين الى عشر وحدات)

وتشمل

- سكريات ثنائية وتضم
  - سكروز – (مكون من كلوكوز+ فركتوز) (سكر المائدة) ، سكرالقصب ، البنجرالسكري.
  - مالتوز – (مكون من كلوكوز + كلوكوز) في الشعير .
  - لاكتوز – (مكون من كلوكوز+ كالاكتوز)، في الحليب .
- سكريات ثلاثية وتضم ← رافينوز– (مكون من كلوكوز+ كالاكتوز+ فركتوز) ، في بذور القطن .
- سكريات رباعية ← في بذور البقوليات .

ثالثاً- السكريات المتعددة Poly saccharides

وتشمل

- المتجانسة وتضم
  - بنتوزان – في الصمغ والانسجة النباتية الخشبية والليفية (الدريس والتبن) وكسب البذور الزيتية .
  - هكسوزان ،
    - نشا – النباتات
    - سليلوز – جدران الخلايا النباتية
    - كلايكوجين (النشا الحيواني) – الكبد والعضلات .
- غير المتجانسة وتضم
  - هميسليلوز – جدار الخلية ، الاوراق ، والاجزاء الخشبية من النباتات .
  - بكتين – في الحيز الموجود بين الخلايا النباتية (التفاح والليمون) .
  - الصمغ – من جروح النباتات ، اوراق او سيقان (الصمغ العربي) .

رابعاً – مركبات متخصصة

وتشمل

- كايتين ——— الهيكل الخارجي للحشرات والقشريات والمفصليات الاخرى .
- لكنين ——— جدار الخلية والمسافات الموجودة بين الخلايا في النباتات المتقدمة بالعمر في الاجزاء المتخشبة (التبن ، كوالح الذرة ، الياف الجذور والسيقان والأوراق) .

اللبيدات (الدهون) Lipids

عبارة عن مجموعة مختلفة من المركبات العضوية ، يتغير تركيبها من جزيئات بسيطة شبيهة بالسلسلة الى تراكيب حلقية مغلقة ذات سلاسل جانبية مختلفة من حيث مكوناتها ودرجة تعقيدها . تحتوي على الكاربون والهيدروجين والاوكسجين بنسب تختلف عما هو في الكربوهيدرات ، حيث ان جزيء اللبيد يحتوي على نسب اكبر من الكاربون والهيدروجين من جزيء الكربوهيدرات . بعض اللبيدات تحتوي على النتروجين والفسفور ، كما ان العديد من اللبيدات الموجودة في الطبيعة تكون مرتبطة بالبروتينات بصورة مركبات ، وجميعها من المواد غير القابلة للذوبان في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية كالإيثر والكلوروفورم والاسيتون والبنزين .

تصنيف اللبيدات Classification of Lipids

لا يوجد نظام واحد متفق عليه لتصنيف اللبيدات ولكن التصنيف الذي سنورده يستند الى بعض التشابه في التراكيب الكيمياوية ، وان اغلب اللبيدات المصنفة تحته ذات اهمية غذائية .

وتقسم اللبيدات الى ثلاثة مجاميع رئيسية :

1 – اللبيدات البسيطة ؛ هي استرات احماض دهنية مع كحولات مختلفة ، وتشمل:

أ- كليسريدات ثلاثية : تتكون من كليسرول وثلاث احماض دهنية .

ب- الشموع : وهي استرات احماض دهنية مع كحولات ذات سلسلة طويلة .

2 – اللبيدات المركبة ؛ هي استرات احماض دهنية تحتوي على مجاميع اخرى بالاضافة للكحول والاحماض الدهنية ، وتشمل :

أ- فوسفولبيدات (الدهون الفسفورية) : هي استرات احماض دهنية وكليسرول تحتوي على الفسفور والنتروجين ، مثل اللسيثين ، السيفالين والسفنكومايلين .

ب- كلايكولبيدات (الدهون الكربوهيدراتية) : مركبات مكونة من احماض دهنية وكربوهيدرات ومركبات نتروجينية ولاتحتوي على حامض الفسفوريك ، مثل Cerebrosides .

ج- ليبوبروتين (الدهون البروتينية) : مركبات من اللبيدات والبروتين .

3 – اللبيدات المشتقة ؛ وهي مجموعة من المركبات المختلفة ، عبارة عن مواد مشتقة من المواد السابقة (عند تحللها) ، وتشمل ستيرولات ، صبغات نباتية (كاروتينويدات) ، الهرمونات وفيتامين D .

الاحماض الدهنية The Fatty Acids

تعتبر الاحماض الدهنية المكون الاساسي للدهون والمواد الشبيهة بها (اللبيدات) وتؤثر خواص الاحماض الدهنية في طبيعة وخواص الدهون الداخلة في تركيبها ، والاحماض الدهنية شائعة الوجود في دهون النبات والحيوان .

عادة لاتوجد الاحماض الدهنية بصورة حرة في انسجة النبات والحيوان ولكنها تكون مرتبطة بالمكونات الاخرى .

تدعى الاحماض الدهنية التي لاتحتوي على اواصر مزدوجة في سلاسلها الكاربونية بالاحماض الدهنية المشبعة Saturated Fatty Acids .

وتدعى الاحماض الدهنية التي تحتوي على اصرة مزدوجة واحدة او اكثر بالاحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated Fatty Acids ، وهي عبارة عن احماض دهنية ذات سلاسل كاربونية طويلة (16 - 20 ذرة كاربون) تحتوي من اصرة واحدة مزدوجة الى اربعة اواصر مزدوجة بين ذرات الكاربون موزعة على طول السلسلة الكاربونية الواحدة .

الاحماض الدهنية المشبعة	الاحماض الدهنية غير المشبعة
بيوتريك	بالميتواوليك
كابرويك	اوليك
كابريلك	لينوليك
كابريك	لينولينيك
لوريك	ارجيدونيك
مايرستيك	
بالمتيك	
ستياريك	
اراجيديك	

الاحماض الدهنية الاساسية Essential Fatty Acids

تحتاج العديد من الحيوانات الى بعض اللبيدات التي تحتوي على واحد او اكثر من احماض دهنية معينة (وهي عادةً ؛ لينوليك C18 : 2 ، لينولينيك C18 : 3 ، اراجيدونيك C20 : 4) لمنع ظهور اعراض نقصها التي تتميز بصورة عامة ، اضرار للجلد ، التحرشف ، ضعف نمو الشعر وانخفاض معدلات النمو والتناسل وانتاج الحليب . وفي حالة افراخ الدجاج فأن اعراض نقصها تشمل ضعف معدلات النمو وتكوين الريش وزيادة نسبة الهلاكات في الاسابيع الاولى من حياة الافراخ .

ان الاحماض الدهنية الاساسية المذكورة لا يمكن للحيوانات ذات المعدة البسيطة (دواجن ، خنازير ، عجول رضيعة) من تخليقها او يمكن تخليقها بكميات غير كافية لأحتياجات فعاليات الجسم لذا وجب توفيرها في علائق هذه الحيوانات .

حيث ان انسجة الجسم تستطيع تصنيع الحامض الدهني غير المشبع اوليك (C18: 1) ذا الاصرة المزدوجة الواحدة من الحامض الدهني المشبع ستياريك (C18 : 0) ولكنه لا يستطيع تصنيع الحامض الدهني لينوليك (C18 : 2) ذا الاصرتين المزدوجتين على الرغم من ان انسجة الجسم تستطيع تصنيع الحامض الدهني

لينولينيك (C18 : 3) ذا الاواصر الثلاثة المزدوجة والحامض الدهني اراجيدونيك (C20 : 4) ذا الاربعة اواصر المزدوجة .

وبالنسبة للمجترات حيث انها تعتمد على الحشائش في تغذيتها لذا فأنها تحصل على كفايتها من حامض اللينوليك واللينولينيك على الرغم من انهما معرضان للتغير من قبل الاحياء المجهرية في الكرش ، وانها نادراً ما تصاب بنقص في الاحماض الدهنية الاساسية بسبب ما توفره لها الاحياء المجهرية من احماض دهنية اساسية ، غير ان العجول والحملان الرضيعة تحتاج الى هذه الاحماض الدهنية .

توجد الاحماض الدهنية الاساسية في الكثير من اللبيدات الموجودة في الطبيعة وتعتبر البذور الزيتية وكذلك زيت الذرة من المصادر الجيدة لحامض اللينوليك ، لذا فأن الحيوانات الحقلية تأخذ كفايتها من الاحماض الدهنية الاساسية عن طريق المواد العلفية الشائعة الاستعمال في تغذية هذه الحيوانات .

يجب الالتفات الى ان هناك مضار من زيادة تناول الاحماض الدهنية الاساسية حيث ان هذه الاحماض بسبب كونها غير مشبعة فأنها تكون سريعة التأكسد ، مما تؤدي الى زيادة الاحتياجات من فيتامين E الذي يقوم بوظيفة مضاد للاكسدة في الجسم وظهور اعراض نقص هذا الفيتامين مثل ضمور العضلات .

الطاقة الغذائية Feed Energy

يمكن تعريف الطاقة بالقدرة على اداء العمل . تعتبر الطاقة المصدر الاساس الذي يحتاجه الحيوان لتوليد الحرارة في جسمه لغرض الادامة والانتاج كأنتاج العضلات (اللحم) وانتاج الحليب والبيض والصوف والشعر وغيرها من المنتجات ، اضافة الى ذلك تحتاج اعضاء الجسم المختلفة للطاقة للقيام بالفعاليات الحيوية المختلفة . يستخدم الحيوان الغذاء كمصدر للطاقة اللازمة حيث يقوم بأكسدة المركبات الغذائية وتحويلها الى طاقة ، وعليه فأن قابلية المواد الغذائية (العلفية) على تجهيز الجسم بالطاقة تعتبر من الاسس المهمة في التقييم الغذائي ، حيث تختلف المواد العلفية بقابليتها على تجهيز الحيوان بالطاقة حسب قيمتها الغذائية .

تقاس الطاقة بالسعرات الحرارية Calories والسعرة الحرارية ؛ عبارة عن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة (من 14.5 الى 15.5 م°) . اما كيلو سعرة (K cal) فتساوي 1000 سعرة حرارية وهي المتداولة ، او ميكا كالوري Mega calorie وتختصر (M cal) وهي تساوي 1000 K cal اي مليون سعرة حرارية . وقد اتفق علماء التغذية حديثا على استخدام وحدة لقياس الطاقة بدلا من Calorie تعرف بالجول Joule حيث ان السعرة الواحدة تساوي 4.184 جول (J) ومن ثم يمكن التعبير على اساس هذه الوحدة كيلو جول وميكا جول .

ويمكن تقسيم الطاقة الى :

■ الطاقة الكلية Gross Energy (G . E)

ويقصد بها كمية الحرارة الناتجة من اكسدة المادة الغذائية خارج الجسم اكسدة كاملة او بعبارة اخرى حرق المادة بوجود الاوكسجين فقط .

تحتوي الدهون على طاقة كلية تقدر بـ 2.25 مرة اكثر مما هو موجود في الكربوهيدرات وهذا يرجع الى التركيب الكيمياوي لجزيء الكربوهيدرات والدهن

حيث ان نسبة الكاربون والهيدروجين الى نسبة الاوكسجين في الدهون اعلى مما هي عليه في الكربوهيدرات مما يعطي الدهون فرصة اعلى للتأكسد وبالتالي تحرير كمية عالية من الطاقة .

كما تحتوي البروتينات على طاقة كلية اكثر مما تحتويه الكربوهيدرات بحوالي 1.39 . ونظرا لتفوق الكربوهـيدرات على البروتينات والدهون من حيث كمـية وجـودها في المواد العلفية لذلك فأن الطاقة الكلية للمواد العلفية المختلفة تكون متقاربة ولا تفرق عن بعضها الا قليلاً عدا المواد العلفية الغنية بالدهون مثل كسبة بذور الكتان التي تحتوي على 9٪ دهن فتكون الطاقة الكلية لها اعلى من المواد العلفية الاعتيادية . على ذلك نجد ان قيمة الطاقة الكلية لمواد العلف عموما تقدر بـ 4.4 كيلو سعرة / غم مادة جافة .

■ الطاقة المهضومة Digestible Energy (D . E)

تعتبر الطاقة الكلية في المواد العلفية تقدير غير دقيق لكمية الطاقة المفيدة للحيوان لأنه لا تؤخذ في الحساب كميات الطاقة المفقودة اثناء عملية الهضم والتمثيل . فالطاقة المهضومة تمثل الطاقة الكلية مطروحاً منها الطاقة الناتجة في روث الحيوان . فأول نوع من الفقد يتمثل بمقدار الطاقة الموجودة في الروث (البراز) ، وهذه تمثل الطاقة القابلة للهضم ظاهريا .

■ الطاقة الممثلة Metabolizable Energy (M . E)

فالطاقة الممثلة لمادة غذائية أو علفية تساوي الطاقة المهضومة مطروحاً منها مجموع الطاقة المفقودة في الادرار (البول) والغازات الناتجة من هضم وتخمر المركبات الغذائية في الكرش . طاقة البول موجودة في المركبات النتروجينية مثل اليوريا وايضا في المركبات غير النتروجينية مثل Citric acid والغازات المفقودة من الكرش يتكون معظمها من غاز الميثان.

العوامل التي تؤثر على قيمة الطاقة الممثلة :

تعتبر مصادر فقدان الطاقة كالروث والبول والغازات من العوامل الرئيسية التي تؤثر على قيمة الطاقة الممثلة وان فقدان الروث يكون اهمها واكثرها تأثيرا. وحتى المواد العلفية العالية بمعامل هضمها مثل الشعير وجد بأن كمية الطاقة المفقودة في الروث تساوي ضعف الطاقة المفقودة في البول وغاز الميثان .

تتغير قيمة الطاقة الممثلة لمادة علفية معينة تبعاً لاختلاف نوع الحيوان ففي الحيوانات الغير مجترة يكون مقدار الطاقة المفقودة بشكل غاز الميثان ضئيلا وهذا يعني ان مثل المواد العلفية المركزة التي تهضم تقريباً بنفس الدرجة من قبل المجترات وغير المجترات ستكون الطاقة الممثلة لها اعلى في حالة الحيوانات الغير مجترة ، ويمكن توضيح ذلك بمقارنة قيمة الطاقة الممثلة للشعير لأنواع مختلفة من الحيوانات فوجد ان هذه القيمة كانت 3.19 للطيور و 3.29 للخنازير و 2.92 كيلو سعرة لكل غم من المادة الجافة للابقار .

تكون قيمة الطاقة الممثلة للمادة العلفية متغيرة تبعاً لمدى استفادة الحيوان من الاحماض الامينية التي حصل عليها نتيجة استهلاك تلك المادة العلفية في تكوين البروتينات في جسمه وتبعاً لمدى عدم الاستفادة منها خلال عملية فصل الامينات deamination وطرح نتروجين تلك الاحماض الامينية في البول بشكل يوريا او يوريك اسيد . ان 1 غم من النتروجين المطروح خارج الجسم بشكل يوريا يكافيء 5.4 كيلو سعرة واذا كان بشكل مركبات اخرى مثل حامض اليوريك 8.22 كيلو سعرة .

طريقة تحضير المواد العلفية قد تؤثر في بعض الحالات على قيمة الطاقة الممثلة بالنسبة للمجترات طحن الاعلاف الخشنة وصناعتها بشكل اقراص تؤدي الى زيادة فقدان الطاقة في الروث . الفقدان الاضافي في الروث نتيجة زيادة تناول الغذاء يكون اقل لمواد علفية ذات معامل هضم عالي منها لمواد علفية ذات معامل هضم واطيء (اعلاف رديئة النوعية) .

الحرارة الزائدة Heat Increment (H . I)

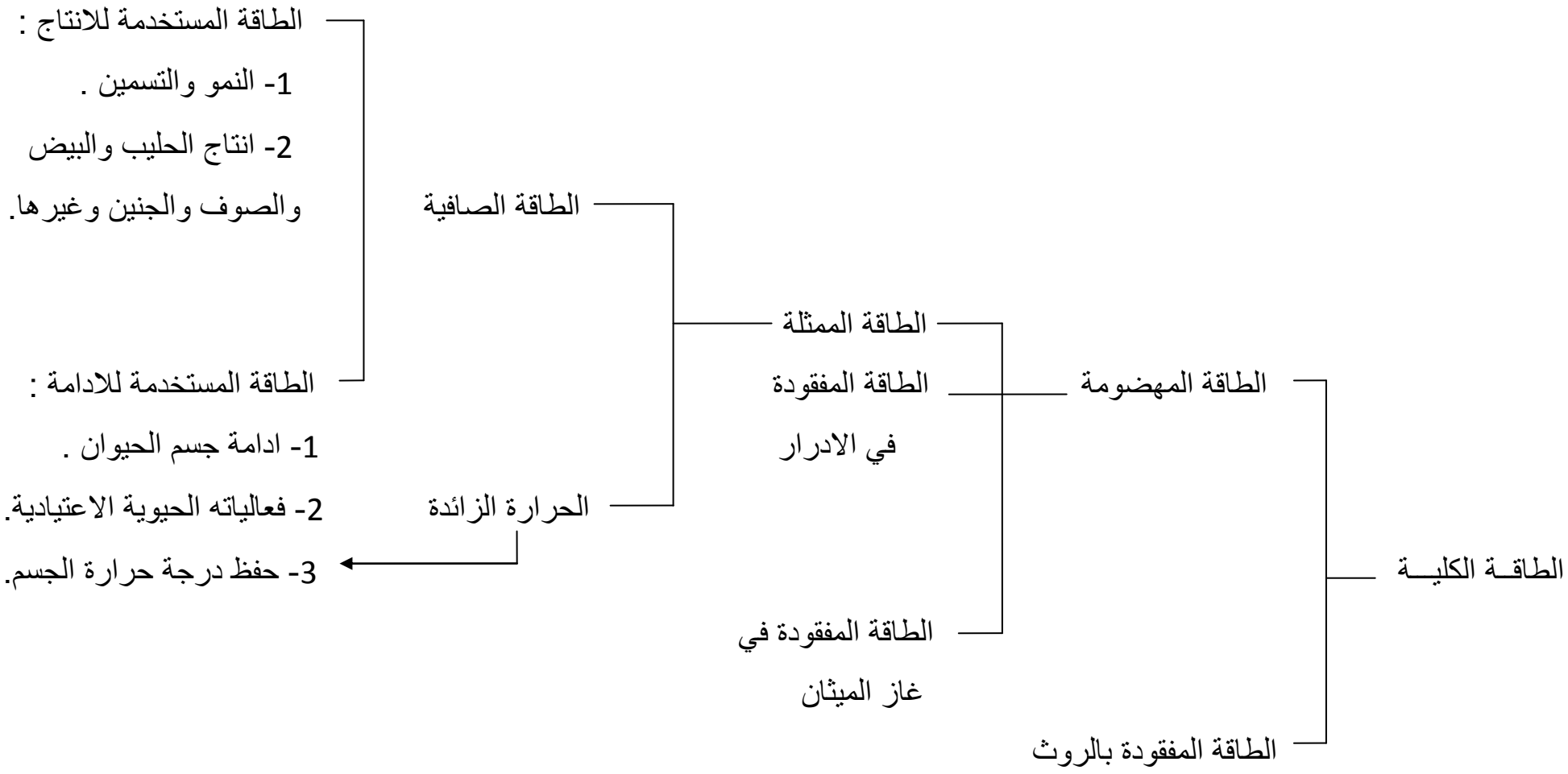
نتيجة استهلاك الحيوان للمواد العلفية يحصل فقدان على شكل انتاج حرارة في جسم الحيوان اضافة الى الانواع الاخرى من فقدان الطاقة ، ان الحيوانات باستمرار تنتج الحرارة وتفقدها الى محيطها اما مباشرة عن طريق الاشعاع والتوصيل والحمل او بصورة غير مباشرة عن طريق تبخر الماء من الجسم . واذا لم يكن الحيوان في محيط بارد فأن الطاقة الحرارية هذه لم تكن مفيدة ويجب اعتبارها طاقة مفقودة ايضاً تضاف الى مفقودات الطاقة الغذائية الاخرى .

السبب الرئيسي لهذه الزيادة في الحرارة هو عدم كفاءة التفاعلات ذات العلاقة بتمثيل المركبات الغذائية الممتصة الى داخل جسم الحيوان ويعزى جزء اخر من زيادة الحرارة هذه الى عمليات هضم الغذاء المتناول ، ففي المجترات تنتج حرارة بفعل الاحياء الدقيقة الموجودة في القناة الهضمية تعرف بحرارة التخمر heat of fermentation .

■ الطاقة الصافية Net Energy (N . E)

الطاقة الصافية لمادة علفية معينة تساوي الطاقة الممثلة مطروحاً منها الحرارة الزائدة ، فهي بذلك تمثل الطاقة المتوفرة لدى الحيوان لأغراض مفيدة مثلاً لإدامة جسمه ولأشكال الانتاج المختلفة .

الطاقة الصافية المستخدمة لإدامة الحيوان يستفاد منها لأداء عمل بداخل الجسم ثم تطرح خارج الحيوان على شكل حرارة . اما الطاقة الصافية المستعملة للنمو والتسمين وانتاج الحليب والبيض والصوف اما تخزن داخل الجسم او تطرح الى خارجه بشكل طاقة كيمياوية وان كمية الطاقة المستخدمة للإنتاج تدعى بمقدار خزن الطاقة في الحيوان animals energy retention اي (خزن الطاقة Energy Retention) .



ـ مصير الطاقة الغذائية في جسم الحيوان-