

Nutritional Energy for Feeds الطاقة الغذائية للأعلاف

من المعروف ان المواد القابلة للاحتراق تحترق عند اتحادها مع الأوكسجين، وتفهم تلك العملية كيميائيا بأنها أكسدة الهيدروجين والكربون لإنتاج الماء و CO_2 مع تحرر قدر معين من الحرارة التي تمثل الطاقة الناتجة من ذلك التفاعل. وبنفس الطريقة فان أية كمية من الأغذية يمكن ان تحترق خلال فترة زمنية معينة نتيجة للتأكسد السريع للكربون والهيدروجين الموجودة في العناصر الغذائية لهذه المادة أو تلك. وتشمل العناصر الغذائية التي تعتبر مصدرا للكربون والهيدروجين هي المواد العضوية (الكربوهيدرات والبروتينات والدهون). وكما هو الحال في احتراق أية مادة قابلة للاحتراق فان المواد الغذائية التي تحترق نتيجة للأكسدة سيؤدي احتراقها الى انبعاث كمية من الحرارة ستمثل في هذه الحالة الطاقة الموجودة في المادة الغذائية ، وعند تغذية تلك المادة فإنها ستعرض الى عمليات الأيض الهدمي داخل الخلايا والأنسجة مما يؤدي الى إنتاج الطاقة الضرورية لإبقاء الجسم في حالة توازن ايصي، وان الطاقة الفعلية التي سيحصل عليها الجسم من حرق (تمثيل أو أيض) أي مادة غذائية أو علفية داخل الخلايا أو الأنسجة سيعتمد بشكل أساسي على ما تحتويه هذه المادة من عناصر غذائية ومعدلات هضم تلك العناصر .

تقدير الطاقة الغذائية Determination of feed energy

يمكن تقدير الطاقة الكلية الموجودة في المادة الغذائية باستخدام ما يعرف بالمسعر التفجيري bomb calorimeter ، والذي يتكون من وعاء معدني يحيطه الماء توضع فيه العينة المراد تقدير الطاقة الكلية فيها، حيث يتم حرق تلك المادة بواسطة سلك كهربائي منصهر بوجود كمية كافية من الأوكسجين، ويتم تقدير كمية الطاقة في العينة من خلال التغير الحاصل في حرارة الماء المحيط بوعاء الحرق. تمثل السعرة calorie وحدة الحرارة في الأداء الفسلجي وتستخدم لوصف الطاقة الغذائية.

والسعرة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة 1 غم من الماء درجة مئوية واحدة (من 16.5 الى 17.5 م°)
ال جول Joule : اقترح الاتحاد الدولي لعلوم التغذية ولجنة التسمية التابعة للاتحاد الدولي للعلوم الفسيولوجية الجول (J) كوحدة للطاقة لاستخدامها في الدراسات الغذائية والأيضية والفسيولوجية.

الوحدة الحرارية البريطانية (BTU) British thermal unit: هي كمية الطاقة كحرارة مطلوبة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء إلى درجة فهرنهايت واحدة. وهي تساوي ٢٥٢ سعرة حرارية.

كيلو سعرة (K Cal) Kilocalorie = ١٠٠٠ سعرة

ميكا سعرة (M Cal) Megacalorie = ١٠٠٠ كيلو سعرة

الجول = ٠.٢٤ سعرة حرارية السعرة الحرارية = ٤.١٨٤ جول

BTU = ٢٥٢ سعرة حرارية

معدل التمثيل الغذائي Basal metabolic rate (BMR)

يعرف معدل التمثيل الغذائي (BMR) بأنه كمية السرعات الحرارية (الطاقة) اللازمة لإبقاء الحيوان براحة تامة لمدة ١٢ - ٢٤ ساعة بعد تناوله عليقة غذائية خفيفة. ان الفترة المشار إليها ما هي في الواقع الا حالة من التعادل التمثيلي الناتجة عن حالة التوازن بين الطاقة المتوفرة في الغذاء واحتياجات الحيوان لهذه الطاقة لغرض الإدامة ولفترة محددة من الزمن. ويتوقع ان لا يكون هذا المعدل ثابتا إلا في حالة الراحة لأن احتياجات الحيوان للطاقة تزداد تبعا للجهد والعمل المبذول ومستوى الإنتاج، ويمكن قياس معدل التمثيل الغذائي باستخدام الغرف التنفسية chamber respiratory

الحاصل التنفسي (RQ) Respiratory Quotient

ويمثل نسبة حجم CO_2 المفلوظ في الغرف التنفسية (RC) مقسوماً على كمية O_2 المستنشق من قبل الحيوان. فالحاصل التنفسي للكلوكوز على سبيل المثال هو، 1 وذلك لأن جزيئه CO_2 واحدة تنتج لكل جزيئة من O_2 تستهلك لأكسدة جزيئه الكلوكوز. وتشمل تلك الحقيقة جميع المركبات التي تصنف على الكربوهيدرات، وعند أكسدة الدهن فإنه سيحتاج الى كمية اكبر من الأوكسجين بالمقارنة مع كمية CO_2 المنتجة، لذلك سيكون الحاصل التنفسي للدهن أقل من واحد (0.71 تقريباً)، ويعطي البروتين RQ حوالي 0.80. وعليه فإن قيمة الحاصل التنفسي يمكن ان يوفر دليلاً على تركيب ونوعية الغذاء الممثل في الجسم، ففي الحيوانات التي تسمن بالاعتماد على المصادر الكربوهيدراتية فسيكون هناك ربح في RQ لأن المواد الغنية بالأوكسجين (الكربوهيدرات) سيتم تحويلها خلال التسمين الى مواد فقيرة بالأوكسجين (دهون).

الطاقة الكلية ومكوناتها Gross energy and its components

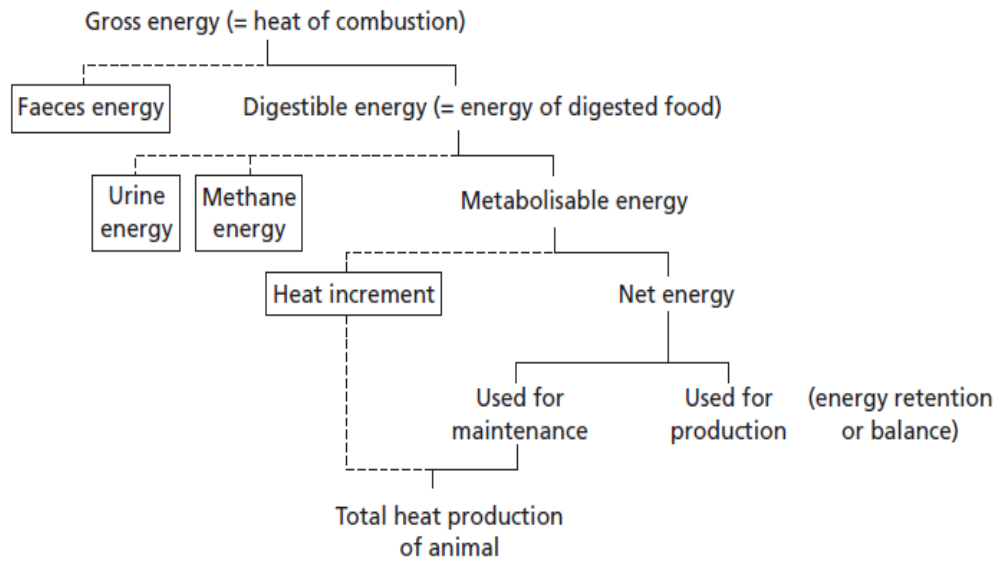
تمثل الطاقة الكلية (GE) كمية الحرارة الناتجة من الأكسدة الكلية لوحدة الوزن من الغذاء، وتسمى ايضاً حرارة التفجير للعينة لكن لن يتوقع ان يحصل الجسم على كمية من الطاقة مساوية للكمية الناتجة من حرق نفس الكمية من الغذاء خارج الجسم والتي تعتبر الطاقة الأجمالية الموجودة في الغذاء والتي يعبر عنها بالطاقة الكلية (Gross energy (GE) ولذلك فإن تناول من الطاقة الكلية او محتوى الغذاء من هذه الطاقة سيزود المختصين بالقليل من المعلومات المفيدة عند اجراء تقييم ذلك الغذاء أو المكونات الغذائية كمصدر للطاقة للحيوان. غير أن ربط الطاقة الكلية بالوزن قد يوفر بعض المعلومات عن قدرة الغذاء على تجهيز الحيوان بالطاقة. فالطاقة الكلية في الكربوهيدرات على سبيل المثال تبلغ Kcal 4.2/غم ولذلك فإن المكونات العلفية ذات المحتوى العالي من الكربوهيدرات قد يكون فيها نفس المحتوى من الطاقة الكلية بينما يكون محتوى الطاقة الكلية في المكونات العلفية ذات المحتوى البروتيني أو الدهني المرتفع مماثلاً للطاقة الكلية الموجودة في البروتين والدهن على التوالي .

من جهة أخرى فقد لوحظ انه عند قطع الغذاء عن الحيوان فإنه سيحصل احتياجاته من الطاقة لغرض الأدامة لفترة معينة عن طريق عمليات الأيض الهدمي لمستودعات الطاقة في الجسم، فيقوم باستخدام الكلايكونين أولاً ومن ثم الدهن وبعد ذلك البروتين (عند الضرورة القصوى) كمصادر للطاقة، وعند استئناف التغذية فإنه سيحصل على احتياجاته من الطاقة لغرض الأدامة requirements of maintenance فتتوقف اثر ذلك المعدلات غير الطبيعية للأيض الهدمي وتعود الى معدلاتها الاعتيادية، أما الفائض من طاقة الغذاء عن احتياجات الأدامة فسيستخدم للأغراض المختلفة كالنمو في الحيوانات النامية والتي يكون لها القدرة على خزن طاقة الغذاء الفائضة عن الأدامة بصورة بروتين في الأنسجة حديثة التكوين، فيما تفتقد الحيوانات الكبيرة لتلك المقدرة في تحويل الطاقة الفائضة الى بروتين بوجود المصادر النتروجينية الكافية بالطبع، وتقوم بدلاً عن ذلك بتحويلها الى دهون تترسب بشكل أساسي تحت الجلد وحول الأعضاء الداخلية. أما في أبقار الحليب المنتجة فيتم تحويل جزء من طاقة الغذاء المستهلك الى طاقة تخزن في الحليب بصورة مركبات غنية بالطاقة، كما يمكن استخدام الطاقة الفائضة عن احتياجات الأدامة لتأمين الجهد المبذول في حالة حيوانات العمل كما يمكن ان تستخدم لتأمين احتياجات السير لمسافات بعيدة كما هو الحال في الرعي، وقد تستخدم ايضاً في إنتاج الصوف. ويمكن تجزأة الطاقة الغذائية الكلية وفقاً للمفاهيم التالية :

1-ان الطاقة لا تفنى و لا تستحدث لكنها تتحول من صورة لأخرى .

2-جميع صور الطاقة يمكن ان تتحول كمياً الى حرارة .

والمخطط التالي يمثل تقسيمات الطاقة في الجسم :



الطاقة المهضومة (DE) Digestible energy

عندما يتناول الحيوان كمية من الغذاء المقدم إليه فإنه سيقوم بهضم تلك الكمية وامتصاص العناصر الناتجة من الهضم للاستفادة منها في عمليات البناء الأيضي anabolism ، ويطلق على كمية الطاقة الموجودة في عناصر الغذاء المهضومة والمحتجزة في الجسم بالطاقة المهضومة، أما الطاقة المتبقية في الغذاء (الطاقة الكلية ناقصا الطاقة المهضومة) فإنها ستلطف الى خارج الجسم مع البراز feces energy ، وتقدر الطاقة المهضومة في الغذاء بإجراء تجربة هضم حيث يتم تقدير محتوى الغذاء والفضلات من الطاقة لاحتساب الفرق المحتجز الذي سيمثل الطاقة المهضومة، كما يمكن تقدير تلك الطاقة من خلال محتوى أو نسب العناصر الغذائية المهضومة بعد إجراء تجربة الهضم وضرب المحتوى المهضوم للعناصر الغذائية بما تحتويه أو بما يمكن ان تنتجه من الطاقة .

مثال/ عند اجراء التحليل الكيميائي لعينة غذاء وجد أنها تحتوي على العناصر الغذائية التالية وبالنسب المبينة إزائها: بروتين خام ، 10% ألياف خام ، 10% رماد ، 2% دهن ، 3% ماء ، 10% مستخلص خالي من النتروجين ، 65% احسب الطاقة الكلية الموجودة في تلك العينة ؟ الحل/ لحساب GE في العينة يجب معرفة ما تحتويه عناصر تلك العينة من طاقة وهي قيم ثابتة 4.3 :كيلوسعره/غم في الكربوهيدرات، 5.6 كيلوسعره/غم في البروتينات و 9.2 كيلوسعره/غم في الدهون طاقة كلية في البروتين الخام $10 \times 5.6 = 56$ كيلوسعره

طاقة كلية في الألياف الخام $10 \times 4.3 = 43$ كيلوسعره

طاقة كلية في الدهن $3 \times 9.2 = 27.6$ كيلوسعره

طاقة في NFE $65 \times 4.3 = 279.5$ كيلوسعره

وعند جمع الأجزاء الأربعة التي تمثل مصادر الطاقة في الغذاء سيكون مجموع الطاقة الكلية 406.1 كيلوسعره /100غم من الغذاء (4061 كيلوسعره/كغم أو 4.06 كيلوسعره/غم .

ملاحظة/لا يستطيع الحيوان من الناحية العملية الاستفادة من هذه الطاقة يصوره كاملة، لأن عناصر الغذاء التي تمثل مصادر الطاقة، تهضم وتمتص في الجسم ويتم الاستفادة منها لغرض الحصول على الطاقة بمعدل معين يتمدد على

معدلات هضم تلك العناصر، فإذا افترضنا ان معاملات هضم العناصر الرئيسية المثبتة في السؤال بلغت 75% :للبروتين الخام، 50% للألياف الخام، 90% للدهن و 90% للمستخلص الخالي من النتروجين يمكن احتساب الطاقة المهضومة عندئذ التي يفترض أنها احتجزت في الجسم والتي جهزت من خلال هضم عناصر الغذاء الرئيسية :

العناصر الغذائية	معامل الهضم	العنصر الغذائي معامل الهضم الطاقة المهضومة في العناصر
بروتين خام%	75	$42 = 56 \times (0.75) \times 75\%$ كيلوسعره
ألياف خام%	50	$21 = 43 \times (0.50) \times 50\%$ كيلوسعره
دهن%	90	$24.84 = 27.6 \times (0.90) \times 90\%$ كيلوسعره
مستخلص خالي من النتروجين%	90	$251.6 = 279.5 \times (0.90) \times 90\%$ كيلوسعره

نظام العناصر الغذائية المهضومة الكلية لتقييم الأغذية (TDN) Nutrients Digestible Total

وتسمى أيضا طريقة Atwater وهو مقترح هذه الطريقة، وتمثل مقياس رقمي لتقييم الأغذية والأعلاف اعتمادا على ما تحتويه من طاقة في العناصر الغذائية المكونة لتلك المادة الغذائية، أي اعتمادا على التحليل الكيميائي التقريبي لها وعلى أساس ان محتوى الكربوهيدرات والبروتين من الطاقة يكاد ان يكون متساويا وهو بدوره يمثل نصف محتوى الدهن من الطاقة تقريبا و وعلى هذا الأساس فقد وضعت المعادلة التالية لاحتساب قيمة TDN:

$$TDN = \% \text{ dig. CP} + \% \text{ dig. CF} + \% \text{ dig. NFE} + 2.25 \times \text{dig. EE}$$

ان قيمة TDN هي أقل من قيمة الطاقة المهضومة المحسوبة كنسبة مئوية من الطاقة الكلية ويرجع السبب في ذلك الى ان قيمة TDN يتم احتسابها كمجموع نسب العناصر المهضومة الكلية مع افتراض ان قيم الطاقة في كل من الكربوهيدرات والبروتينات متساويتان، فيما تحتسب DE كمجموع قيم الطاقة الموجودة في العناصر الغذائية الهضومة،

الطاقة القابلة للتمثيل (ME) Metabolizable energy

بالإضافة إلى الطاقة المفقودة في البراز، تُفقد الطاقة أيضًا في صورة مركبات تحتوي على طاقة في البول، وفي صورة غازات قابلة للاشتعال مثل الميثان الناتج عن التخمر الميكروبي في الكرش أو الأمعاء الخلفية. تمثل الطاقة القابلة للاستقلاب الطاقة المتاحة للاستخدام من قبل الحيوان ويتم حسابها على أنها الطاقة المفقودة في البول والغازات القابلة للاشتعال. توجد الطاقة المفقودة في البول في صورة مركبات تحتوي على النيتروجين مثل اليوريا وحمض الهيبيوريك والكرياتينين والألانين، وفي مركبات غير نيتروجينية مثل الجلوكورونات وحمض الستريك.

توجد الطاقة في الإدرار في المواد النيتروجينية مثل اليوريا وحمض الهيبيوريك والكيراتين والألانتوين، كما توجد في المركبات غير النيتروجينية مثل حامض الستريك. أما بالنسبة للمنتجات الغازية لعمليات التخمر في المجترات فهي تتكون بشكل رئيسي من غاز الميثان الذي يتناسب تركيزه في خليط غازات الكرش (GP) بمستوى الغذاء

ونوعيته. ويمكن قياس كميات الميثان المنتجة التي ستمثل أحد مصادر الخسائر في الطاقة الكلية باستخدام أجهزة خاصة في غرفة التنفس وفي حالة عدم توفرها يمكن تقدير هذه الكميات على أساس نسبة ما تشكله من الطاقة الكلية. (8%) وتبلغ نسبة ME الى DE في معظم الأعلاف الخشنة وخليط الأعلاف الخشنة والحبوب حوالي 82%.

الطاقة الصافية (NE) واحتجاز الطاقة (Net energy (NE) and energy retention

إن طرح الزيادة الحرارية للغذاء من قيمة الطاقة الصافية (ME) يعطينا قيمة الطاقة الصافية (NE) للطعام. والطاقة الصافية للطعام هي الطاقة المتاحة للحيوان لأغراض مفيدة. لادامة العملية الحيوية داخل الجسم ولأشكال مختلفة من الإنتاج.

إن الطاقة الصافية المستخدمة للادامة هي تستخدم بشكل أساسي لأداء العمل داخل الجسم وتخرج من الحيوان على شكل حرارة. أما الطاقة المستخدمة للنمو والتسمين وإنتاج الحليب أو البيض أو الصوف، فتُخزن إما في الجسم أو تخرج منه على شكل طاقة كيميائية، والكمية المستخدمة على هذا النحو يشار إليها باسم احتباس طاقة الحيوان. تمثل الطاقة الصافية الطاقة المتيسرة فعلا للحيوان لأغراض الأدامة والصور المختلفة للأداء الفسلجي كالنمو والتناسل والإنتاج .

أما احتجاز الطاقة فإنه يمثل الطاقة الغذائية التي هضمت وامتصت فعلا واستفاد منها الحيوان لأغراض النمو والتسمين والإنتاج وتزداد الطاقة المحتجزة energy retained بزيادة كمية الغذاء المتناول نتيجة لزيادة التناول من الطاقة الكلية. أما بالنسبة للعلاقة مع نوع الغذاء فأنها ليست خطية ويرجع ذلك الى زيادة ترسيب الدهن deposition fat بزيادة الطاقة المحتجزة. أن تأثير نوع الغذاء على الطاقة المحتجزة يرجع الى التغيرات في كميات ونسب النواتج النهائية الغنية بالطاقة لعمليات الهضم و معدل الأيض المرتبط بمستوى التغذية ونوعية الغذاء.

العلاوة الحرارية (HI) Heat increment

بالإضافة الى الخسائر في الطاقة التي سبق الإشارة إليها فإنها تفقد أيضا بصورة حرارة تتسرب من الجسم وتعرف تلك الحرارة بالعلاوة الحرارية التي تعرف بأنها الزيادة في الحرارة المفقودة عن طريق الجسم، وتشكل العلاوة الحرارية حوالي ١٠-٥% من الطاقة الكلية . أما أسباب فقد الطاقة بصورة حرارة فإنها تعزى الى ما يلي :

- أ- عدم كفاءة التفاعلات التي تمتص بها الأغذية: فعند أكسدة الكلوكوز على سبيل المثال فإن كفاءة الاستفادة من الطاقة المتحررة تعادل 44% فقط بينما يفقد الجزء المتبقي (56%) بصورة حرارة.
- ب- الفعاليات الميكانيكية التي تجري خلال عمليات الهضم: تحدث العديد من الفعاليات الميكانيكية كالمضغ والاجترار وحركة الأمعاء .

ج- نشاط الأحياء المجهرية في القناة الهضمية

طرق قياس احتياجات الطاقة لغرض الأدامة

Methods to measure maintenance energy requirements

تم استخدام عدد من الطرق لقياس الطاقة اللازمة لغرض الأدامة منها :

1-تجارب التغذية لفترة طويلة Long-term feeding trials : لتقدير كمية الغذاء المطلوب لأدامة وزن الجسم، ويمكن تقديم كمية محددة من الغذاء لفترة طويلة بحيث تؤدي الى الحفاظ على وزن الجسم. وتتميز هذه الطريقة بالسهولة لكنها تحتاج الى اعداد كبيرة من الحيوانات.

2-الطرق المسعرية Caloimetric methods : وتجري باستخدام المسعر الحيواني لقياس انتاج الحرارة في حالة الصيام فضلا عن الخسائر في الطاقة عن طريق الأدرار خلال نفس الفترة وبذلك سيتم الحصول على ايض الصيام وهو ما يساوي الطاقة المطلوبة للأدامة. NE_m تغذى الحيوانات المراد تقدير احتياجاتها من الطاقة غذاء قياسي لمدة ثلاثة اسابيع ويتم تدريبها على المكوث في المسعر الحيواني في ظروف متعادلة حراريا وتأخذ القياسات خلال اليوم الثالث أو الرابع بعد سحب الغذاء. كما يتم تعديل تلك القياسات فس ضوء حيوية الحيوان و جنسه و فعاليتيه الرعوية واجهاد البرد والحرارة. ان مساوىء هذه الطرق تتحدد بالعدد القليل من الحيوانات الذي يمكن استخدامه و عدم الملائمة