أمثلة ومسائل على حساب المقاييس الغذائية

(مجموع المركبات المهضومة T.D.N، النسبة الغذائية، معادل النشا، والوحدة العلفية UF)

- **مثال(1):** أُحسب مجموع المركبات الغذائية المهضومة (T.D.N)، والنسبة الغذائية (N.R)، والطاقة المهضومة (D.E)، في (1) كغ من حبوب الذرة الصفراء إذا علمت بأن التحليل الكيميائي لمكوناتها العضوية ومعامل هضمها عند المجترات كما يلي:

المكون الغذائي	التركيب الكيميائي (%) على أساس الوزن الجاف	معامل الهضم %
بروتين خام	9	70
دهن خام	5	85
ألياف خام	2	58
كربوهيدرات ذائبة	74	92

1) نحسُب المركبات الغذائية المهضومة (D.N):

- البروتين الخام المهضوم= $\frac{70\times9}{100}$ = 6.3
- الدهن الخام المهضوم= $\frac{85\times5}{100}$ = 4.25
- الألياف الخام المهضومة= $\frac{58\times2}{100}$ = 1.16
- الكربوهيدرات الذائبة المهضومة= $\frac{92\times74}{100}$ = 68.08

2) نحسُب الـ T.D.N = 6.3 + 1.16 + 68.08 + (2.25×4.25) = 85.1 أي أنَّ كل 100 كغ ذرة صفراء فيها 85 T.D.N.

3) لحساب النسبة الغذائية (N.R) يجب حساب الرقم الثاني للنسبة:

الرقم الثاني = $\frac{d.P-T.D.N}{d.P}$ = $\frac{6.3-85.1}{6.3}$ أو بطريقة ثانية: **1-** $\frac{T.D.N}{d.P}$ = 12.5 وبالتالي فإنَّ القيمة الغذائية تكون على الشكل التالي: **N.R = 1 : 12.5**

4) لحساب الطاقة المهضومة (D.E) يجب حساب:

كل 100 كغ ذرة صفراء فيها 85.1 كغ T.D.N

كل 1 كغ ذرة صفراء فيها 0.851 كغ T.D.N (أي 851 غ T.D.N)

.....

كل 1 غ T.D.N يعادل 4.14 كيلو كالوري (سُعر حراري كبير) كطاقة مهضومة D.E

كل 851 غ T.D.N يعادل **X** كيلو كالوري (سُعر حراري كبير) كطاقة مهضومة D.E

X = $\frac{851\times4.14}{1}$ = 3523.14 كيلو كالوري طاقة مهضومة (D.E) في 1 كغ ذرة صفراء.

- **مثال(2): a-** أحسب معادل (مكافئ) النشا الاسمي لمادة حشيش المراعي العلفية إذا علمت أنَّ التركيب الكيميائي ومعامل الهضم كما في الجدول التالي، **b-** ثم بناءً على ذلك احسب معادل النشا الاسمي على أساس المادة الجافة. **c-** واحسب معادل النشا الحقيقي (الفعلي) بطريقة عامل الغذاء المفيد (الرقم الغذائي).

المكون الغذائي	رطوبة	بروتين خام	دهن خام	ألياف خام	كربوهيدرات ذائبة	رماد
(%) التركيب الكيميائي	71.1	3.8	0.9	7.7	13.4	2.5
معامل الهضم %	-	68	43	58	72	40

❖ **خطوات حساب معادل (مكافئ) النشا الاسمي:**

1- تحليل المادة العلفية لمعرفة التركيب الكيميائي لها كنسبة مئوية أو يتم استخراج ذلك من جداول التحليل.

2- حساب معامل هضم كل مكون غذائي في 100 كغ من مادة العلف وذلك بإجراء تجارب الهضم على الحيوان وضرب مقدار المكون الغذائي بمعامل هضمه أو من الجداول الخاصة المسماة (جداول القيمة الغذائية).

3- حساب المركبات الغذائية المهضومة (D.N) في مادّة العلف.

4- حساب معادل (مكافئ) النشا لكل مركب غذائي مهضوم بضرب الكميات المهضومة لكل مكون غذائي في معادله النشوي.

5- جمع الناتج للحصول على معادل النشا الاسمي.

❖ **ملاحظات هامة لمعرفة معادل (مكافئ) النشا لكل 1 كغ مكون غذائي مهضوم/ كغ:**

من خلال التجارب التي قام بها العالم كلنر على مواد علفية مختلفة وجد أنّه في الحيوان المجتر التام النمو:

- كل **(1 كغ)** دهن مهضوم (D.F) في (البذور الزيتية أو أقراص الكسب) يُنتِج دهناً يساوي كمية الدهن التي تنتج من **(2.41 كغ)** نشا مهضوم.
- كل **(1 كغ)** دهن مهضوم (D.F) في (أصناف الحبوب والنّخالة) يُنتِج دهناً يساوي كمية الدهن التي تنتج من **(2.12 كغ)** نشا مهضوم.
- كل **(1 كغ)** دهن مهضوم (D.F) في (أصناف الأعلاف المالئة كالدريس والسوق الدرنية للنبات) يُنتِج دهناً يساوي كمية الدهن التي تنتج من **(1.91 كغ)** نشا مهضوم.
- كل **(1 كغ)** كربوهيدرات مهضومة (D.N.F.E) في (كل الأعلاف) يُنتِج دهناً يساوي كمية الدهن التي تنتج من **(1 كغ)** نشا مهضوم.
- كل **(1 كغ)** بروتين مهضوم (D.P) في (كل الأعلاف) يُنتِج دهناً يساوي كمية الدهن التي تنتج من **(0.94 كغ)** نشا مهضوم. إلّا أنَّه بالنسبة لإنتاج اللبن فأنَّ البروتين المهضوم (D.P) تكون قيمته النشوية نحو مرّة ونصف قيمته لإنتاج الدهن (ولذلك يُضرب بـ **1.43** بدلاً من 0.94).
- كما أوجد كلنر صيغة تحمي الفروق التي وجدها في الأعلاف المركزة وأسماها (تامّة القيمة الغذائية) أو الاسمية وذلك عن طريق حساب معادل النشا الحقيقي بطريقة **عامل الغذاء المفيد**.

- **الحل: a-**

المكون الغذائي	التركيب الكيميائي	معامل الهضم (%)	الكمية المهضومة لكل 100 كغ (كغ)	مكافئ النشا لكل1 كغ مكون غذائي مهضوم (كغ)	مكافئ النشا 100 كغ علف
بروتين خام	3.8	68	2.58	0.94	2.43
دهن خام	0.9	43	0.39	1.91	0.74
ألياف خام	7.7	58	4.47	1	4.47
كربوهيدرات ذائبة	13.4	72	9.65	1	9.65
المجموع	-	-	17.09	-	**17.29**

ويمكن حساب مكافئ النشا الاسمي للأعلاف بتطبيق العلاقة التالية:

$$STE = [D.CP \times 0.94] + [D.CF \times (1.91 \text{ أو } 2.12 \text{ أو } 2.41)] + D.CFA + D.NFE$$

حيث:

STE: مكافئ النشا الاسمي (غ/كغ) ، **D.CP:** بروتين خام مهضوم (غ/كغ).

D.CF: دهن خام مهضوم (غ/كغ) ، **D.CFA:** ألياف خام مهضومة (غ/كغ).

D.NFE: سكريات ذائبة مهضومة (غ/كغ).

أي أنَّ كل **100** كغ من حشيش المراعي يُعادل (يُكافئ) **17.28** كغ نشا في فعله التغذوي (معادل النشا الاسمي).

b- وبناءً على ذلك يمكن حساب معادل النشا الاسمي على أساس المادة الجافة (DM):

نحسب كمية المادة الجافة في الحشيش: = 100 - % للرطوبة = 100 – 71.1 = 28.9 مادة جافة (DM).

كل 28.9 مادة جافة تماماً (أصلها 100 كغ مادة جافة هوائياً) ..... تُعادل 17.282 نشا.

كل 100 مادة جافة تماماً ..... تُعادل $X = \frac{17.29 \times 100}{28.9} = 59.82$

وهو معادل النشا الاسمي في المادة الجافة.

c- لحساب معادل النشا الحقيقي (الفعلي) بطريقة عامل الغذاء المفيد (الرقم الغذائي) يجب معرفة:

1- معادل النشا الاسمي للمادة العلفية.

2- مقدار الحسم الذي يتعلق بنسبة الألياف التي تحتويها المادة العلفية. (وذلك لأنه من خلال تجارب كلنر تبيّن أنَّ الفرق بين المواد العلفية المركزة والمكونات النقية قليلة لذلك نلاحظ أنَّ عامل الغذاء المفيد تكون قيمته منخفضة، وهو لا يصلح للاستخدام مُطلقاً في حساب معادل النشا الحقيقي للمواد العلفية المالئة والخشنة التي سمّيت بالمواد العلفية الناقصة القيمة الاسمية وذلك نتيجة لارتفاع الفاقد من الطاقة أثناء تناول وهضم هذه الأعلاف، ومن أجل ذلك وجد أنّه يجب تحديد نسبة الحسم (الخصم) وفق نسبة الألياف في المادة العلفية لأنَّ الألياف هي التي تشكل الفروق).

ونتيجةً للتجارب التي أجراها كلنر أوجد علاقة بين الفقد في الطاقة ونسبة الألياف الخام في العلف، حيث أن كل (1) كغ ألياف خام يتناوله الحيوان يؤدي إلى نقص (143) غ من مقدار الدهن الذي يتكوَّن في جسمه،

أي 248/143 = 0.58 كغ مكافئ نشا. وبذلك حَدَّد مقداراً للخضم من مكافئ النشا للأعلاف على أساس ما تحتويه من ألياف خام:

- **فبالنسبة للأعلاف المالئة الجافة الخشنة (التبن والدريس):** يتم خصم مقدار **(0.58%)** أي **(0.58)** كغ مكافئ نشا لكل **(1)** كغ ألياف خام. (عندما يكون محتوى تلك الأعلاف من الألياف ≤ 16%).
- **أما عندما تكون الأعلاف المالئة الجافة ناعمة (مطحونة):** يتم خصم مقدار **(0.3%)** أي **(0.3)** كغ مكافئ نشا لكل **(1)** كغ ألياف خام. (عندما يكون محتوى تلك الأعلاف من الألياف ≤ 16%).
- **وبالنسبة للأعلاف المركزة (حبوب شعير، ذرة...):** فيتم خصم مقدار **(0.3%)** أي **(0.3)** كغ مكافئ نشا لكل **(1)** كغ ألياف خام.
- **أما بالنسبة للأعلاف الخضراء (الفصة، البرسيم، الحشائش...):** فقد وضع كلنر جدولاً خاصاً لمقدار الخضم (كنسبة مئوية%):

جدول مقدار الخضم في معادل النشا للأعلاف الخضراء حسب العالم (Oscar Kellner).

العلف	نسبة الألياف الخام في المادة الجافة %	مقدار الخضم (%) (كغ مكافئ نشا / كغ ألياف خام)
الأعلاف الخضراء	4 ≥	0.29
	16 ≤	0.58
	بين 4 و16	= 0.29 +[0.024 ×(% للألياف الخام في المادة الجافة −4)]

وحسب المثال يتم خصم مقدار (0.29) لنسبة الألياف (4%)، ولكل (1%) ألياف زيادة عن الـ (4%) يُخصَم مقدار (0.024%).

من جدول كلنر الخاص بمقدار الخضم حسب النسبة المئوية للألياف في المادة العلفية الجافة

3- **معادل النشا الحقيقي = معادل النشا الاسمي – مقدار الحسم** أو = $\frac{\text{معادل النشا الاسمي} \times \text{عامل الغذاء المفيد}}{100}$

وبما أنّ نسبة الألياف في حشيش المراعي (7.7%) على أساس الوزن الجاف هوائياً وهي تعادل (28.9×7.7% = 2.22%) على أساس الوزن الجاف تماماً فلا داعي للحسم هنا لأنَّ نسبة الألياف قليلة والجواب سيكون قريباً من معادل النشا الاسمي. ويمكن تقريبياً حساب معادل النشا الفعلي: معادل النشا الفعلي = معادل النشا الاسمي = 59.80

وإذا أردنا الدقة في النتائج يمكن تطبيق الحسم من جدول كلنر حيث يُحسَم مقدار (0.29% للنسبة 4% أو أقل) وبالتالي يكون: **معادل النشا الحقيقي = 59.80 – (2.22× 0.29) = 59.14**

ولكن في حال كانت نسبة الألياف هنا فرضاً (30%) فيكون الحل: إنَّ نسبة الألياف في حشيش المراعي (30%) على أساس الوزن الجاف هوائياً وبالتالي لتكون كنسبة مئوية من الوزن الجاف تماماً يجب حساب:

كل 100 مادة علفية جافة تماماً..... فيها 30 ألياف
كل 28.9 مادة علفية جافة تماماً..... فيها X ألياف

$X = \frac{30 \times 28.9}{100} = 8.67$ % ألياف

ومن جدول كلنر الخاص بمقدار الخضم حسب النسبة المئوية للألياف في المادة العلفية الجافة نلاحظ أنَّ عند النسبة (4%) تقابل مقدار خضم (0.29) وبالتالي كل (1%) زيادة عن نسبة الألياف الـ (4%) يقابله خضم (0.024).

وبالتالي: فإنّ مقدار الحسم للألياف (لكل 1 كغ ألياف) موجودة في حشيش المراعي الجافة الذي نسبة الألياف فيه (%8.67) = 0.29 + (4.67 × 0.024) = 0.29 + 0.11 = **0.4** حيث أنَّ (4.67 = 4 – 8.67) وهي تمثّل الباقي من النسبة المئوية للألياف بعد الـ 4%.

ومنه يكون: **مقدار الخصم الإجمالي: 0.4 × 8.67 = 3.468 ≈ 3.47 كغ مكافئ نشا.**

معادل النشا الحقيقي = معادل النشا الاسمي – مقدار الحسم: = 59.82 - 3.47 = 56.35 كغ.

.....

D. مقياس الطاقة الاستقلابية – القابلة للتمثيل (Metabolizable Energy Measure):

دلّت الدراسات أنَّ تقييم الأغذية ومقاييسها وفق الأنماط القديمة (على أساس المهضوم أو على أساس ما تنتجه من دهن في جسم الحيوان) غير دقيقة ولا تُعطي القيمة للمادة العلفية حسب المنتجات الحيوانية المختلفة، ولاحظنا أنَّ جميع الأنماط السابقة تعطي قيمة واحدة للطاقة بالنسبة لكل غذاء حيث يفترض أنَّ للأغذية جميعها القيمة ذاتها من أجل الصيانة وإنتاج الحليب والتسمين، وكما وجدنا أنّه لا بدّ من إجراء بعض التعديلات على قيم المواد العلفية لإيجاد قيمتها الغذائية العلفية عن طريق استخدام عامل الغذاء المفيد أو حساب مقدار الخصم للألياف كما وجِدَ أنَّ القيمة النشوية للمادة العلفية تختلف حسب غرضها الانتاجي في الحيوان (حليب، لحم، دهن، نمو...)، علاوةً على اختلاف قيمتها حسب نوع الحيوان. ولذلك جرت دراسات عديدة لإيجاد مقياس جديد لتقويم المواد العلفية لتلافي النّقص أو الأخطاء الواردة في النّظم السابقة، واتُّفِقَ عالمياً على مقياس الإنتاج الفعلي الحاصل في الحيوان من المادة العلفية على أساس الحرارة الصافية بوحدة قياس تسمى الجول والميغا جول (الثيرم: Therm)، وبناءً على ذلك اتجه العلماء لدراسة فعل الطاقة الاستقلابية الموجودة في مادّة العلف والمستخدمة في مجالات الانتاج الحيواني المذكور سابقاً، وبيّنت التجارب أنَّ قيمة الطاقة الاستقلابية في مادّة العلف تختلف باختلاف الوظيفة الانتاجية المستخدمة فيها هذه الطاقة. وقد تم تصنيف هذه النتائج من الناحية العملية التطبيقية إلى:

1- **الطاقة الاستقلابية المستخدمة في الصّيانة (Maintenance)**، وتحديد عامل الاستفادة من الطاقة الاستقلابية (ME) إلى طاقة صافية مستخدمة في الصيانة (NE_m) ويرمز لهذا العامل بالرمز (K_m)

ويحسب من المعادلة التالية: $$K_m = 0.287 \times \left(\frac{\text{الطاقة الاستقلابية ME في العلف}}{\text{الطاقة الكلّية GE في العلف}}\right) + 0.554$$

ووجد أنَّ هذا العامل يتراوح بين (66 -75 %) من الطاقة الحرارية الاستقلابية ME.

2- **الطاقة الاستقلابية المستخدمة في التسمين (Fatting)**، وتحديد عامل الاستفادة من الطاقة الاستقلابية (ME) إلى طاقة صافية مستخدمة في التسمين (NE_f) أو ناتجه. ويرمز لهذا العامل بالرمز (K_f) ويحسب من المعادلة التالية: $$K_f = 0.78 \times \left(\frac{\text{الطاقة الاستقلابية ME في العلف}}{\text{الطاقة الكلّية GE في العلف}}\right) + 0.006$$

ووجد أنَّ هذا العامل يتراوح بين (32 - 56%) من الطاقة الحرارية الاستقلابية ME.

3- **الطاقة الاستقلابية المستخدمة في إنتاج الحليب (Milking)**، وتحديد عامل الاستفادة من الطاقة الاستقلابية (ME) إلى طاقة صافية مستخدمة في إنتاج الحليب (NE_L) أو ناتجه. ويرمز لهذا العامل بالرمز (K_L) ويحسب من المعادلة التالية: $$K_L = 0.60 + 0.24 \times \left(0.57 - \frac{\text{الطاقة الاستقلابية ME في العلف}}{\text{الطاقة الكلّية GE في العلف}}\right)$$

ووجد أنَّ هذا العامل يتراوح بين (60 - 70%) من الطاقة الحرارية الاستقلابية ME.

بناءً على ذلك تُقيَّم المواد العلفية على مقدار ما تنتجه في جسم الحيوان من طاقة حرارية صافية (NE) وهذه الطاقة إنّا أن تكون للصيانة (**NE_m**) أو للتسمين (**NE_f**) أو لإنتاج الحليب (**NE_L**). وقُدّرت هذه الطاقة الحرارية الصّافية بالميغا جول (M.J) في كل (1) كغ مادة جافة في العلف. وقد جرى تنظيم جداول المواد العلفية على أساس ثلاث قيم لكل مادّة علفية حسب الغرض الإنتاجي منها.

ولحساب القيمة الغذائية للمواد العلفية على أساس مقياس الطاقة الاستقلابية (ME) وعلى أساس ثلاث قيم لكل مادّة لا بدّ لنا من معرفة:

1. التركيب الكيميائي للمادة العلفية.
2. معامل هضم كل مكوّن غذائي والمادّة العضوية.
3. الطاقة الحرارية الكلّية (GE) في 1 كغ من مادة العلف الجافة تماماً.
4. الطاقة الحرارية الاستقلابية (ME) في 1 كغ من مادة العلف الجافة تماماً مقدّرة بالميغا جول.

ولتقدير مجموع الطاقة الحرارية الكلية في 1 كغ مادّة علف جافة تستخدم المعادلة التالية:

الطاقة الحرارية الكلية GE = (كمية البروتين الخام مقدرة بالغرام × 0.02414) + (كمية الدهن الخام مقدرة بالغرام × 0.03657) + (كمية الألياف الخام مقدرة بالغرام × 0.02092) + (كمية الكربوهيدرات الذائبة مقدرة بالغرام × 0.01699) + (كمية السكر مقدرة بالغرام × 0.00063)

في كل 1 كغ مادة جافة مقدرة بالميغا جول

الطاقة الحرارية الاستقلابية ME = (البروتين المهضوم غ × 0.01715 أو 0.01590) + (الدهن الخام المهضوم غ × 0.03766) + (الألياف المهضومة غ × 0.01380) + (الكربوهيدرات الذائبة المهضومة غ × 0.01464) + (السكر مقدر بالغرام × 0.00063)

- عند تقدير الطاقة الاستقلابية ME في الأبقار يستخدم رقم البروتين الأول (0.01715) أمّا عند تقديرها عند الأغنام فيستخدم الرقم الثاني (0.01590).
- يُعمَل تصحيح للسكر فيما لو كانت نسبة السكر في المادّة الجافة > 8%.

بعد حساب الطاقة الاستقلابية في 1 كغ من المادة العلفية تُحسب قيمتها حسب الغرض الانتاجي منها:

1. إذا كانت مادّة العلف تُستَخدم في تغذية الأبقار الحلوب فتُقيَّم قيمة 1كغ مادة جافة منها في وحدة الميغاجول على أساس الحرارة الصافية لإنتاج الحليب (NE_L) وفق المعادلة التالية: $K_L \times ME = (NE_L)$
2. إذا كانت مادّة العلف تُستَخدم في التسمين فتُقيَّم قيمة 1كغ مادة جافة منها في وحدة الميغاجول على أساس الحرارة الصافية للتسمين (NE_f) وفق المعادلة التالية: $K_f \times ME = (NE_f)$
3. إذا كانت مادّة العلف تُستَخدم في الصّيانة فتُقيَّم قيمة 1كغ مادة جافة منها في وحدة الميغاجول على أساس الحرارة الصافية للصّيانة (NE_m) وفق المعادلة التالية: $K_m \times ME = (NE_m)$

E. مقياس الوحدات العلفيّة uF (unit Feed) – الطاقة الصافية (NE):

يَستنِد هذا المقياس إلى تغيّرات مردود استخدام الطاقة الاستقلابية ME الموجودة في الأغذية المختلفة تبعاً للوظائف الفيزيولوجية الرئيسية في جسم الحيوان (صيانة، إنتاج، تسمين)، أي على قيمة الطّاقة الصافية NE للأغذية بالمقارنة مع قيمة الطاقة الصّافية NE في (1) كغ من الشعير الأساس (شعير متوسط النوعية يحتوي 86% من تركيبته مادّة جافّة) والمعروفة محتوياته من الطاقة بأشكالها المختلفة، وعليه فإنَّ:

$$\text{الوحدة العلفية (uF) لمادّة علفية} = \frac{\text{الطاقة الصافية التي تحتوي عليها المادة العلفية}}{\text{الطاقة الصافية التي يحتوي عليها 1كغ شعير أساس}}$$

ويأخذ هذا المقياس نوعين من الوحدات (حسب الوظيفة الفيزيولوجية والانتاجية):

$$\text{وحدات علفية من أجل إنتاج الحليب (uFL)} = \frac{\text{NEL التي تحتوي عليها المادة العلفية}}{1730}$$

$$\text{وحدات علفية من أجل إنتاج اللحم (uFV)} = \frac{\text{NEmf التي تحتوي عليها المادة العلفية}}{1800}$$

حيث أنَّ (NE_{mf}) هي الطاقة الصافية في العلف لإنتاج اللحم (لأنّ المجترات تستخدم الطاقة الاستقلابية من أجل صيانة جسمها من جهة ولبناء الأنسجة البروتينية والدهنية من جهة ثانية وبالتالي فإنَّ استخدام الطاقة الاستقلابية يتم بمردود من أجل الصيانة K_m وبمردود من أجل التسمين K_f ولذلك لا بدّ من حساب المردود الإجمالي لهما **(K_{mf})**

حيث يكون: $$\frac{NEmf}{ME} = \frac{NEm+NEf}{ME} = K_{mf}$$

وبالتالي يكون محتوى الغذاء من الطاقة الصافية لإنتاج اللحم: $NE_{mf} = ME \times K_{mf}$.

بناءً على ما سبق، فإنَّ لكل مادة علفية قيمتان من الطاقة بالمقارن مع الشعير الأساس معبراً عنها ب (uFL) و (uFV) عمليّاً، لأنه يعبر عن قيم الأغذية المختلفة مقارنةً مع الشعير الاساس كمادّة علفية.

موازين الغذاء وطرق حسابها

(طرق تقييم البروتين)

- **مقدمة:**

إنَّ لتحليل الكيميائي التقريبي للغذاء أو العلف لا يُعطي فكرةً واضحةً عن القيمة الغذائية لأيٍّ منهما، لذلك لابُدَّ من الاستعانة بتجارب الهضم الخاصة التي تُجرَى على الحيوان لتقدير كمية العناصر المُحتَفَظ بها، ويوجد العديد من طيق تقييم المكونات الغذائية كالبروتين وقد اعتُمِدَ ميزان الآزوت (Nitrogen Balance) لمعرفة القيمة الحيوية للبروتين (BPV) في الغذاء المتناول من خلال الحالات المختلفة للميزان في جسم الحيوان.

أما ميزان الكربون (Carbon Balance) فيحتاج بالإضافة إلى تجارب الهضم *In Vivo* إلى تجهيزات خاصة معقدات (غرفة تنفس Respiration chamber) لتقدير حجم الغازات المنطلقة من جسم الحيوان وأهمها غاز الميتان (CH_4) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

- **طرق تقييم البروتين هي:**

1- الطرق الحيوية (البيولوجية Biological methods):

a. ميزان الآزوت Nitrogen Balance (NB):

b. القيمة الحيوية Biological Value (B.V):

2- طرق يستخدم فيها تحليل الجسم:

a. القيمة البروتينية الفعلية Net Protein Value (NPV).

b. الاستفادة البروتينية الفعلية Net Protein-Utilization (NPU).

3- التقييم بواسطة النمو (Evaluation by growth):

a. الكفاءة النسبية للبروتين Protein Efficiency Ratio (PER).

b. الكفاءة الإجمالية للبروتين Total Protein Efficiency (TPE)

c. القيمة الإجمالية للبروتين Gross Protein Value (GPV)

ولكل طريقة من الطرق السابقة مميزات وعيوب ولذا لا توجد طريقة مثالية مُتَّفَق عليها من جميع العلماء ولذلك سنختار أهمّها.

1. ميزان الآزوت NB (Nitrogen Balance):

يُقدَّر ميزان الآزوت عن طريق تجربة هضم تجري على الحيوان (*In Vivo*) ويتم خلالها تسجيل دقيق لكمية الآزوت N التي يتناولها الحيوان في اليوم ولكمية الآزوت التي يطرحها من جسمه عن طريق البول والروث، ويُقدَّر ميزان الآزوت بحساب كمية الآزوت المُحتَفظ به في جسم الحيوان بتطبيق العلاقة التالية:

كمية الآزوت المُحتفَظ بِه: **(ميزان الآزوت) = كمية الآزوت المتناولة – كمية الآزوت المطروحة (بول + روث)**

وهناك ثلاث حالات ممكنة لميزان الآزوت هي:

1-ميزان الآزوت الموجب + (Positive Nitrogen Balance):

في هذه الحالة تكون كمية الآزوت التي يتناولها الحيوان أكبر > من الكمية التي يطرحها في البول والروث أي أن الجسم يحتفظ بكمية من الآزوت المتناولة لبناء بروتينات جسمه. ويمكن حساب كمية البروتينات التي يبينها الجسم بالاعتماد على كمية الآزوت المحتفظ بها.

مثال تطبيقي:

أُعطي خروف كمية (1500) غ من الدريس الذي يحتوي على (10%) بروتين خام، وبلغ متوسط كمية الآزوت المطروحة في الروث يومياً (7) غ وفي البول (11) غ. أحسب ميزان الآزوت.

الحل: كمية البروتين التي يتناولها الحيوان = 1500× 0.10 = 150 غ

كمية الآزوت التي يتناولها الحيوان = 150÷ 6.25 = 24 غ

كمية الآزوت المطروحة (روث + بول) = 7+11 = 18 غ

ميزان الآزوت = 24 – 18 = + 6 غ / يوم.

أي أنَّ ميزان الآزوت عند هذه الحيوانات كان موجباً (6 غ/يوم) وعلى اعتبار أنَّ نسبة الآزوت في بروتين اللحم هي (16.6%) فإنَّ كمية البروتين التي يبنيها الحيوان في جسمه يُمكن حسابها كما يلي:

كمية البروتينات التي يبنيها الحيوان في جسمه = 6× (0.166) = 36.1 غ / يوم.

2-ميزان الآزوت المتعادل = (Neutral Nitrogen Balance):

في هذه الحالة تتساوى كمية الآزوت المتناولة من قبل الحيوان = مع كمية الآزوت المطروحة في البول والروث. أي أنَّ الحيوان في هذه الحالة لا يبني بروتينات جديدة في جسمه ولا يفقد من بروتينات جسمه. وهذه الحالة تُشير إلى أن كمية الآزوت المتناولة من قبل الحيوان تكون كافية لتغطية احتياجاته الحافظة فقط من البروتين.

3-ميزان الآزوت السالب - (Negative Nitrogen Balance):

في هذه الحالة تكون كمية الآزوت المتناولة من قبل الحيوان أقل < من كمية الآزوت المطروحة في البول والروث، أي أنَّ الحيوان في هذه الحالة يهدم من بروتينات جسمه لتغطية احتياجاته الأساسية من الآزوت.

ويمكن أن يعود ذلك لعدة أسباب منها: انخفاض نسبة البروتين في العليقة، سوء نوعية بروتين العليقة وعدم قدرة الحيوان على الاستفادة منه، نقص كمية المادة العضوية المتناولة من قبل الحيوان أو انخفاض معامل هضمها مما يدفع الحيوان إلى هدم بروتينات جسمه لتغطية احتياجاته الأساسية من الطاقة.

ويمكن استخدام ميزان الآزوت في حساب كل من:

1) كمية البروتينات التي يبنيها الحيوان في جسمه (معدل نمو الحيوان)، وذلك عندما يكون ميزان الآزوت موجباً.
2) الاحتياجات الحافظة من البروتين، أي عندما يكون ميزان الآزوت متعادلاً.
3) معامل الاحتفاظ بالآزوت ويحسب من العلاقة التالية:

$$\text{معامل الاحتفاظ بالآزوت \%} = \frac{\text{كمية الآزوت المحتفظ به}}{\text{كمية الآزوت المتناولة}} \times 100 = \frac{\text{كمية الآزوت المتناولة - كمية الآزوت المطروحة (بول+روث)}}{\text{كمية الآزوت المتناولة}} \times 100$$

4) القيمة الحيوية للبروتين (BPV) وتحسب من العلاقة التالية:

$$\text{القيمة الحيوية للبروتين \%} = \frac{\text{كمية الآزوت المحتفظ به}}{\text{كمية الآزوت المهضوم}} \times 100 = \frac{\text{كمية الآزوت المتناولة - كمية الآزوت المطروحة (بول+روث)}}{\text{كمية الآزوت المتناولة - كمية الآزوت المطروحة في الروث}} \times 100$$

ملاحظات:

- كلّما كانت الأحماض الأمينية التي يتكون منها البروتين مطابقة للنسبة التي يتطلبها بناء بروتينات جسم الحيوان (احتياجات الحيوان) كلّما كانت القيمة الحيوية للبروتين مرتفعة.
- فالقيمة الحيوية للبروتينات من مصدر حيواني (مسحوق السمك...) تكون أعلى من القيمة الحيوية للبروتينات من مصدر نباتي نظراً لافتقار البروتينات النباتية لبعض الأحماض الأمينية الأساسية.
- والقيمة الحيوية لبروتينات الحبوب النجيلية تختلف من نوع لآخر، فبروتينات الذرة تكون قيمتها الحيوية أقل من بروتينات القمح أو الشعير وذلك لافتقار الأولى للحمض الأميني التريبتوفان (Tryptophan) بالإضافة إلى الحمض الأميني لايسين (Lysine) الذي تفتقر إليه الحبوب النجيلية بصورة عامة.

2. ميزان الآزوت والكربون (C/P):

يُخزّن الإنسان والحيوان في جسمه الدهون والبروتينات، حيث يكون تخزين السكريات محدوداً وثابتاً على صورة غليكوجين (Glycogen) في الكبد والعضلات وبحدود (0.5 - 1.5) % من وزن الجسم ويستخدمه عند الحاجة، ويمكن معرفة كمية البروتينات التي يخزنها الجسم عن طريق تقدير ميزان الآزوت (NB)، بينما يتم تقدير ميزان الآزوت والكربون (C/P) لمعرفة كمية الدهون.

وبمعرفة كمية البروتينات والدهون المخزنة يمكن حساب كمية الطاقة التي يُخزّنها الجسم. وقد تمت الإشارة إلى كيفية حساب ميزان الآزوت من خلال تجارب الهضم *In Vitro*. أمّا ميزان الكربون فإن حسابه يكون أكثر تعقيداً ويحتاج إلى تجهيزات خاصة لمعرفة حجم الغازات المنطلقة من الحيوان وبالتالي كمية الكربون المطروحة على صورة غازات يطرح الحيوان من جسمه الكربون عن طريق الروث والبول وكذلك الغازات مع هواء الزفير والتجشؤ.

ولتقدير كمية الكربون المتناولة والمطروحة مع الروث والبول يتم من خلال تجربة الهضم، أما تقدير كمية الكربون المطروحة مع الغازات (CH_4 و CO_2 ...) فيحتاج إلى غرفة خاصة معزولة عن الوسط الخارجي ومُجهّزة (حسب نوع الحيوان) بالمعلف والمشرب ومكان لجمع البول والروث ومدخل لهواء الشهيق بحيث يُمكن تسجيل حجم الغازات الداخلة والخارجة من غرفة التنفس. وبمعرفة ميزان الآزوت والكربون أي الكمية المثبتة منهما في جسم الحيوان يُمكن حساب كمية البروتينات والدهون المثبتة وكذلك إنفاق الطاقة اللازم لتثبيت تلك الكميات في الجسم باتباع **الخطوات التالية:**

1- يُحسب ميزان الآزوت وكمية البروتينات المثبتة في جسم الحيوان وما تحتويه هذه البروتينات من الطاقة.
2- يُحسب ميزان الكربون كما يلي:

a. تُحسب كمية الكربون الموجودة في الغذاء والروث والبول وذلك بحرق عينات من هذه المواد في مسعر خاص ثم يقاس حجم غاز CO_2 الناتج عن عملية الاحتراق وتُحسب كمية الكربون الموجودة في غاز أكسيد الكربون.

b. تحسب كمية الكربون المطروحة من الجسم عن طريق الغازات (CH_4 و CO_2) وذلك بوضع الحيوان في غرفة التنفس وقياس التغيرات في حجم الغازات الداخلة والخارجة من تلك الغرفة .

c. يُحسب ميزان الكربون من الفرق بين كمية الكربون المتناولة والكمية المطروحة مع الروث والبول والغازات

3- وبما أنَّ: **كمية الكربون الكلية المحتفظ بها = كمية كربون الدهون + كمية كربون البروتينات**

فإنَّ: **كمية كربون الدهون = كمية الكربون الكلية – كمية كربون البروتينات.**

4- وبحسب معطيات الكيمياء الحيوية للتركيب الكيميائي للبروتينات نجد بأن:

بروتين اللحم يحوي آزوت بنسبة 16 ٪

بروتين اللحم يحوي كربون بنسبة 52.5 ٪

دهن اللحم يحوي كربون بنسبة 76.5 ٪

أي أنَّ: **كمية البروتين غ = كمية الآزوت غ × 6.25**

كمية الدهن غ = كمية الكربون غ × 0.765

5- تُستخدم المعطيات المتعلقة بكمية الطاقة التي تنتج عن حرق كمية معلومة الوزن من البروتين والدهن في مقياس السعرات الحرارية (المسعر الحراري) وهي:

ينتج عن حرق 1 غ بروتين خام **5.7** كيلو كالوري.

ينتج عن حرق 1 غ دهن خام **9.5** كيلو كالوري.

وعليه فإن: **كمية الطاقة المثبتة في بروتينات الجسم = كمية البروتينات × 5.7**

كمية الطاقة المثبتة في دهن الجسم = كمية الدهن × 9.5

6- ومن حاصل جمع الطاقة المثبتة مع البروتينات والطاقة المثبتة في الدهن نستنتج كمية الطاقة الكلية المثبتة في الجسم.

مثال تطبيقي:

أحسب كمية الطاقة المثبتة في جسم خروف إذا علمت أن نتائج تجربة الهضم ومعطيات غرفة التنفس كما يلي:

المعطيات	كمية الكربون (غ)	كمية الآزوت (غ)
الكمية المتناولة	650	45
الكمية المطروحة مع الروث	300	15
الكمية المطروحة مع البول	40	25
الكمية المطروحة مع الميتان	35	-
الكمية المطروحة معCO2	180	-

المحتجز		
كمية البروتين المحتجز غ	غ 95 =	غ 5 =
		غ 31.25 = 6.25 × 5
الكربون في البروتين	100 ÷ 52.5 × 31.25	
	غ 16.41 =	
الكربون في الدهن غ	78.59 = 16.41 – 95	
كمية الدهن المحتجز غ	102.7 = 1.307 × 78.59	$102.7 = \frac{100}{76.5} \times 78.59$

كمية البروتين المحتجز (غ)	=	31.25	×	5.7	=	178.125
كمية الدهن المحتجز (غ)	=	102.7	×	9.5	=	975.65
المجموع =						1153.78 كيلو كالوري

3-ميزان العناصر المعدنية (Minerals Balance):

يُقدّر ميزان أي عنصر من العناصر المعدنية بنفس طريقة تقدير ميزان الآزوت، ويتم ذلك بتقدير كمية العنصر المُحتفظ به في الجسم من خلال تجربة هضم تُجرى على الحيوان بحيث تُسجَّل كمية العنصر الذي يتناولها الحيوان والكمية التي يطرحها منه في البول والروث. يُقدَّر عادة ميزان الكالسيوم والفوسفور (Ca/p) من العناصر المعدنية بالإضافة إلى ميزان الآزوت ومعامل الهضم. لأنَّ ميزان الكالسيوم والفوسفور يعطي فكرة عن مدى توفير الكمية الموجودة من هذين العنصرين في العليقة لاحتياجات الحيوان الكلية (الحافظة والإنتاجية)، وبما أنَّ هذين العنصرين يتواجدان بشكل رئيسي في الهيكل العظمي للحيوان (حيث يُشكل 99% من الكالسيوم و80% من الفوسفور) لذلك فإن ميزاتهما يعطي فكرة عن مدى نمو العظام وتطورها خلال مراحل نمو الحيوان المختلفة.