المقاييس المستعملة لتقدير القيمة الغذائية للمواد البروتينية

للدكتور فهمى الحسينى عبد السلام

من المعروف لدينا أن التغذية تساهم بحوالى ٧٠٪ من مجموع تكاليف إنتاج الدواجن التى تربى فى المزارع الخاصة غير الطليقة فى المزارع . لذا كان من واجب المربى أن يوفر لقطيع المزرعة العلائق الاقتصادية المتزنة غذائيا، حيث إن تخفيض تكاليف التغذية يؤدى إلى زيادة صافى ربح المنتج .

ومن الحقائق الثابتة أن التغذية الاقتصادية تقوم على أسس علمية وعملية ناتجة من بحوث تكشف عن دور العناصر الغذائية المختلفة ومدى الاحتياج إليها للمحافظة على قيام الجسم بوظائفه الحيوية فى حالة صحية جيدة ، حتى يمكن الوصول إلى أعلى النتائج .

ولقد أظهرت البحوث العلمية أن الدواجن — مثل غيرها من الحيوانات غير المجترة — تعتمد اعتماداً كليا على مصدر البروتين الغذائى فى إمدادها بالأحماض الأمينية الأساسية ، مما يجعل للبروتين أهمية فى علائقها . وهذا بخلاف الحيوانات المجترة التى تمدها بكتيريا الكرش بالأحماض الأمينية الضرورية لبناء الجسم .

ويعتبر البروتين كاملا وذا قيمة غذائية عالية عندما يحتوى على الأحماض الأمينية الأساسية التى لا يمكن للجسم تكوينها ، أو يمكنه تكوينها ولكن بكمية غير كافية لمواجهة النمو والإنتاج العادى. ولقد أثبت كثير من الباحثين (Titus ١٩٦١) أن البروتين الحيوانى ، يفوق بكثير البروتين النباتى فى التغذية ، وتعليل ذلك ارتفاع معامل الهضم ، واحتوائه على نسبة عالية من الأحماض الأمينية اللازمة للجسم، والتى قد لا تتوفر فى البروتين النباتى . وقد يرجع أيضا تفوق البروتين الحيوانى على النباتى ، إلى أن الأول يحتوى على فيتامين ب$_{١٢}$ (Ewirg ١٩٥١) .

ونظرا لأهمية البروتين الغذائية ، فقد حاول المشتغلون بعلوم التغذية إجراء طرق عديدة لتقييم تلك الموارد والتى يمكن حصرها فيما يلى :

● الدكتور فهمى الحسينى عبد السلام : اخصائى أول بقسم بحوث تغذية الدواجن ، بوزارة الزراعة .

أولا — طرق كيميائية

(١) لاحظ Almquiet وزملاؤه (١٩٣٥ و ١٩٤١) أن هناك بعض خواص كيميائية تظهر عند ترسيب البروتينات، تختلف باختلاف نوع بروتين الغذاء ، ومنها أمكن التفرقة بين بعض مصادر البروتين المختلفة. وقد وجد أن هذه الصفات الكيميائية قد تتفق فى بعض الأحيان مع الطرق الأخرى المستعملة لتقييم المواد البروتينية الغذائية .

(٢) وجد Carpenter وزملاؤه (١٩٥٥ و ١٩٦٠) طريقة كيميائية جديدة لتقدير الحامض الأمينى ليسين Lysine الموجود على حالة حرة صالحة للامتصاص والاستفادة به عند التغذية ، وكانت النتائج تتفق إلى حد كبير مع الطرق الحيوية الأخرى حيث تنخفض القيمة الغذائية بانخفاض نسبة الحامض الأمينى ليسين الصالح للامتصاص . ولكن الآن لا يمكن تطبيق مثل هذه الطريقة الكيميائية بالنسبة لباقى الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى .

ثانيا — طرق ميكروبيولوجية

تعتمد تلك الطرق على استعمال الحيوانات الأولية مثل البروتوزوا والبكتريا لتقدير نوع البروتين ومعرفة قيمته الغذائية (Horn ١٩٥٤ وكذلك Ford ١٩٦٠ و ١٩٦٢) . وقد استعملت تلك الطرق بنجاح رغم التفاوت الشاسع بين البكتريا والإنسان أو الحيوان . وقد بنيت النظرية على أساس أن الجسم يتكون من عدة خلايا ، وأن ما تحتاجه الخلية الواحدة من العناصر الغذائية لا يختلف كثيرا عما تحتاجه خلايا الجسم مجتمعة . وفى الحقيقة أدت تلك الطرق إلى عمل اختبارات سريعة لدراسة أنواع مصادر البروتينات المختلفة .

ثالثا — طرق حيوية

وتعتبر تلك الطرق — التى يستعمل فيها الإنسان أو الحيوان لإجراء تجارب التغذية — من أحسن الطرق المستعملة لتقييم بروتين الغذاء ، من حيث صحة

المعلومات ودقتها ، وخصوصاً إذا كان عضو التجربة هو نفسه المطلوب تغذيته على البروتين موضوع الاختبار . وتنقسم هذه الطرق إلى :

(١) اختبارات مرئية Screening Tests : وتنحصر هذه الطرق فى استعمال وزن الحيوان الحى أثناء تغذيته المواد البروتينية كدليل على نوع البروتين من حيث قيمته الغذائية ، وبذلك يمكن حساب كفاية البروتين التحويلية Protein Efficiency Ratio وأول من قدرها Osborne & Mandell (١٩١٧) .

وأخيرا تطورت هذه الطريقة بمعرفة العالمين Bender & Doell بإدخال البروتين المستعمل لحفظ الحياة فى الاختبار بتغذية مجموعة أخرى من حيوانات التجربة على عليقة خالية تماما من البروتين ، وإضافة مقدار النقص فى تلك المجموعة فى نهاية التجربة إلى الزيادة فى وزن حيوانات التجربة التى تغذت على البروتين تحت الاختبار خلال مدة معينة أثناء التجربة ، وبذلك أمكن تقدير القيمة الحقيقية لقدرة البروتين التحويلية .

(٢) طريقة تقدير ميزان الأزوت Nitrogen Balance Method : لقد اتفق فى الأوساط العلمية على أن تجارب ميزان الأزوت التى وصف أسسها Thomas (١٩٠٩) وكذلك Mitchell (١٩٢٤) هى من أحسن الطرق المستعملة لتقدير البروتين المهضوم ، وبالتالى المستفاد به فى الجسم لتقدير القيمة الغذائية للبروتينات . ومن الواضح أن هذه الطريقة تتطلب معرفة معلومات دقيقة عن :

(ا) كمية البروتين المأكول .

(ب) كمية البروتين غير المهضوم والناتج فى الروث .

(حـ) كمية البروتين المهضوم وغير المستفاد به والناتج فى البول .

هذا بالإضافة إلى معرفة كمية البروتين الناتج من الجسم طبيعيا ، وهو ما يعرف بالبروتين التمثيلى للجسم ، وهذا مصدره بروتين خلايا الجسم نفسه وليس بروتين الغذاء . ولتقديره يمكن تغذية حيوانات التجربة على عليقة خالية تماما من البروتين ومتزنة فى جميع العناصر الغذائية الأخرى . وقد تعطى فى بعض الأحيان علائق ذات نسبة منخفضة من البروتين إلى الحد الذى لا يسمح بتخزينه فى الجسم ، وذلك

لحفظ حيوانات التجربة فى حالة صحية جيدة دون أن يؤثر ذلك على الأزوت التمثيلى للجسم ، والذى يقدر فى البول والروث .

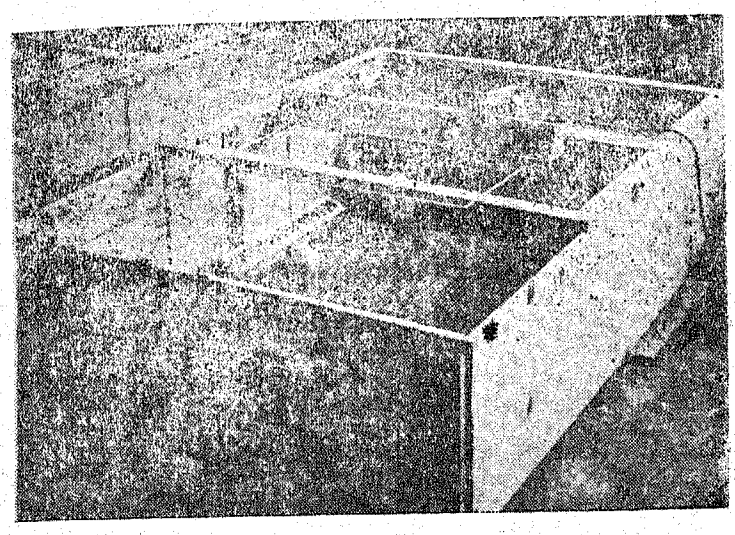
وإلى وقت قريب لم يكن من السهل إجراء مثل هذه الطريقة على الدواجن، نظراً لصعوبة فصل أزوت البول عن أزوت الروث ، حيث يفرز الطائر البول والروث مختلطين (الزرق) من فتحة المجمع ، إلى أن أدخلت الطريقة الكيميائية التى ابتكرها Ekman وزملاؤه (١٩٤٩) وتعتمد هذه الطريقة على ترسيب أزوت الروث بواسطة مادة Uramyl acetale ، وهذا الجزء يمثل البروتين الحقيقى غير المهضوم ، وبطرح هذه الكمية من أزوت الزرق الكلى تنتج كمية أزوت البول .

وقد طبق هذه الطريقة بنجاح على الدواجن Bolton (١٩٥٤) و Erikson (١٩٥٥) و Abdel Salam (١٩٦٤) واستعملها الأخير عند تقدير القيمة الحيوية لبياض البيض المجفف . وتبين الصورة فى الصفحة التالية الأقفاص المستعملة فى إجراء تجارب ميزان الأزوت على الكتاكيت الصغيرة . وقد استعمل تلك الطريقة أيضا الكاتب (١٩٦٤) عند إجراء تجارب الهضم لبعض مواد العلف على الدواجن .

(٣) دراسة العلاقة بين ميزان الأزوت والأزوت الممتص فى الجسم Nitrogen Balance Index : القيمة الحيوية لبروتين الغذاء ، عبارة عن العلاقة بين البروتين المهضوم، أى الممتص والمتبقى فعلا فى الجسم ، وذلك بالنسبة لكمية معينة من البروتين المأكول .

وقد تمكن Allison وآخرون (١٩٤٥) من إيجاد علاقة بين ميزان الأزوت (وهو الفرق بين الأزوت المأكول والناتج فى البول والروث) والأزوت الممتص ، وهى علاقة ثابتة على شكل خط مستقيم فى حدود المنطقة السالبة لميزان الأزوت أو على مستوى غذائى من البروتين منخفض حيث إن فى مستويات البروتين العالية تميل العلاقة إلى الانحراف عن الاستقامة .

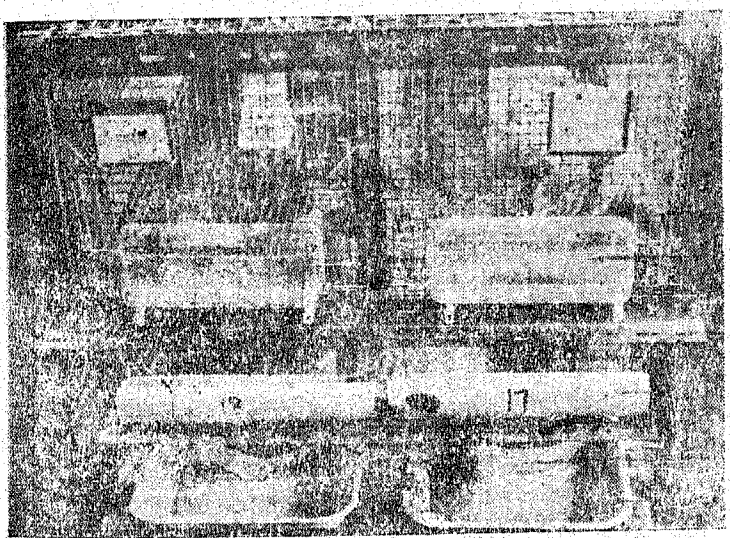
ويوضح الرسم البيانى فى صفحة ٤٥٩ تلك العلاقة من واقع نتائج تجارب أجراها الكاتب (١٩٦٤) وهى لثلاث تجارب على تغذية الكتاكيت حتى عمر ثلاثة أسابيع عندما كانت العليقة تحتوى على مستويات من مختلفة لمصدر بروتينى واحد فقط ، وهو بياض البيض المجفف .



(١)
(٢)
(٣)

حضانة للكتاكيت الصغيرة

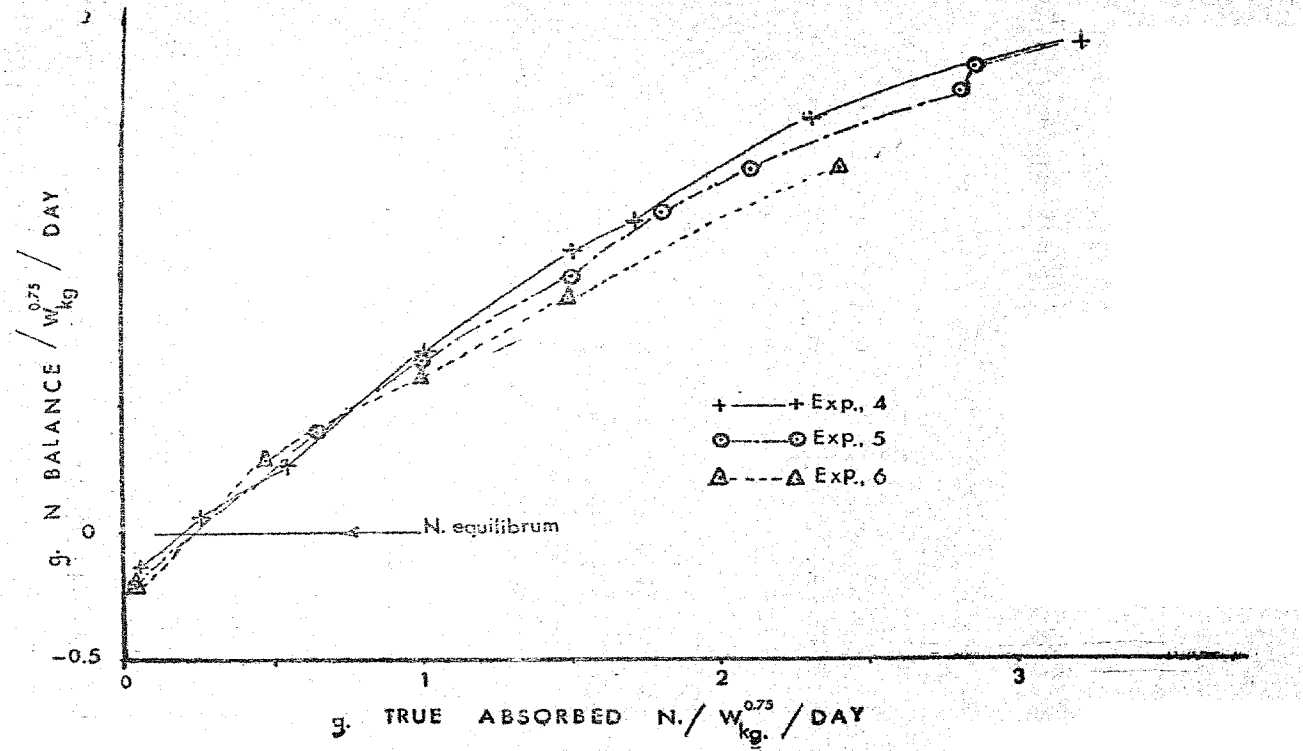
(١) دفاية كهربائية (٢) معلفة (٣) مسقة



(١)
(٢)
(٣)
(٤)
(٥)
(٦)

اقفاص لاجراء تجارب ميزان الازوت على الكتاكيت

(١) مسقة (٢) معلفة (٣) مسطح بلاستيك مائل (٤) اناء لجمع الاكل المبعثر (٥) قاع بلاستيك رخو لاستقبال الروث (٦) حوض صاج لجمع الروث وتجفيفه .


g. N BALANCE / $W_{kg}^{0.75}$ / DAY
0
−0.5
0
1
2
3
g. TRUE ABSORBED N. / $W_{kg.}^{0.75}$ / DAY
N. equilibrum
+——+ Exp., 4
⊙——⊙ Exp., 5
Δ- - -Δ Exp., 6

على فرض أن ميزان الأزوت (ا) والأزوت الممتص (ب) بالجرامات يوميا لكل كيلو جرام وزن هى مرفوع إلى الأس ٠,٧٥ لإيجاد وزن الجسم التمثيلي Metabolic body size كما ذكر ذلك Kleiber (١٩٦١) . وعلى فرض أن معامل الانحراف للخط المستقيم هو (ل) وأن (ى) هى كمية الأزوت التمثيلى الناتج من الجسم عندما تكون نسبة البروتين المأكول صفراً ، فإن المعادلة تكون :

ا = ل × ب — ى

وقد كانت هـــذه المعادلة فى تجارب الكاتب (١٩٦٤) لبياض البيض المجفف ، هى :

ا = ٠,٨٤ × ب — ٠,٠٦٢

وعلى ذلك فإن الرقم ٨٤٪ يمثل معامل الاستفادة من الأزوت الممتص ، وبمعنى آخر فإنه يعبر عن القيمة الحيوية لبروتين بياض البيض فى تلك التجارب، وذلك عند استعماله فى تغذية الكتاكيت، بحد أقصى قدره حوالى ١٣٪ فى العليقة .

(٤) تقدير قدرة الاستفادة من بروتين الغذاء بالنسبة لبروتين البيض Egg Replacement Value : قديما وجد Murlin (١٩٣٨) طريقه حيوية لتقييم بروتين الغذاء بمقارنة المتبقى من أزوت الغذاء — المراد اختباره — فى جسم الحيوان بالمتبقى من أزوت بروتين البيض باعتبار الأخير غذاء بروتينيا كاملا عند استعمال مستوى بروتينى واحد من النوعين فى العليقتين عند التغذية .

(٥) طريقة بناء الأنسجة الحية فى حيوان التجربة Repletion Method: تنحصر فكرة هذه الطريقة فى تعريض حيوان التجربة إلى نقص بروتين الغذاء لفترة تتراوح بين ٧ — ١٤ يوم ، ثم تغذيته على بروتين الغذاء المراد تقييمه ، ثم دراسة زيادة هيمو جلوبين الدم ، أو بروتين الكبد ، أو أنسجة الجسم نفسها من الوزن الحى قبل وبعد تغذية بروتين الغذاء .

(٦) معرفة القيمة الحيوية للبروتين من مقدار نقص الحامض الأمينى المحدد

للنمو Chemical Score Method : وجد Mitchell (١٩٤٤) علاقة مؤكدة بين نوع البروتين وبين النسبة المئوية لنقص الحامض الأمينى المحدد للنمو عند مقارنته ببروتين البيض باعتباره من أرقى أنواع البروتينات ، وبذلك أمكن تصنيف بروتينات الغذاء المختلفة وإعطاؤها درجات أو رتب حسب درجات نقص الحامض الأمينى للنمو .

(٧) دراسة التركيب الكيميائى للأحماض الأمينية الأساسية بمقارنتها بمثيلتها فى بروتين البيض Essential Amino Acid Index (E.A.A.I.):

من المعروف أن التغذية على البروتين ما هى فى الحقيقة إلا التغذية على الأحماض الأمينية المكونة له ، ولذلك فإن معرفة تكوين البروتين من أحماض أمينية أساسية هى فعلا تقييم لبروتين الغذاء . فقد وجد Oser (1901) أن الأحماض الأمينية الأساسية الموجودة فى بروتين البيض هى من أحسن وأنسب الكميات الواجب توفرها فى البروتين الكامل ، فبمقابلة بروتين مادة غذائية مثل بروتين الدقيق الأبيض ببروتين البيض الكامل (جدول ١) نجد أن النسبة المئوية للأحماض الأمينية بين النوعين تعبر عن مدى توفر أو نقص الأحماض الأمينية فى بروتين الدقيق عن بروتين البيض ، فمثلا النسبة المئوية ٩١,٧ لحامض الهستيدين تدل على توفر ذلك الحامض الأمينى فى بروتين الدقيق ، بينما النسبة ٢٧,١ لحامض الليسين ، تدل على نقص ذلك الحامض الأمينى فى بروتين الدقيق بالنسبة لبروتين البيض الكامل .

وقد وجد Oser أنه من الصواب إدخال جميع الأحماض الأمينية الأساسية الضرورية العشرة ، وهى المذكورة فى الجدول (١)، فى الاعتبار عند تقييم بروتين الغذاء (مع مراعاة أن حامض السيستين والميثايونين مركباً واحداً لاحتوائهما على عنصر الكبريت ، ويمكن تكوينهما فى الجسم عند توفر أحدهما). وطريقة حساب المتوسط الجبرى للأحماض الأمينية العشرة كما يلى :

قوة الأحماض الأمينية فى بروتين الغذاء (ص)

$$(ص) = \sqrt[١٠]{\frac{أ}{أ} \times \frac{ب}{ب} \times \frac{حـ}{حـ} \times \cdots \times \frac{س}{س}}$$

باعتبار أن ا = النسبة المئوية للحامض الأميني في بروتين الغذاء .
وأن أَ = النسبة المئوية للحامض الأميني في بروتين البيض الكامل .
وكذلك بالنسبة إلى ب ، بَ — حـ ، حَ ... س ، سَ .
ومعنى ذلك أن لو (ص)

$$= \text{لو}\left(\text{لو}\frac{ا}{أ} + \text{لو}\frac{ب}{بَ} + \text{لو}\frac{حـ}{حَ} \ldots \text{لو}\frac{س}{سَ}\right)$$

جدول (١)

يبين النسبة المئوية للأحماض الأمينية الأساسية في بروتين الدقيق الأبيض والبيض الكامل (نسبة النيتروجين في البروتين = ١٦ ٪)

الحامض الأميني		الدقيق الأبيض (ا)	البيض الكامل (ب)	النسبة المئوية $\frac{ا}{ب} \times ١٠٠$
		٪	٪	٪
ليسين	Lysine	١,٩	٧,٠	٢٧,١
تربتوفان	Tryptophane	٠,٨	١,٥	٥٣,٥
أيزو ليوسين	Iso-leucine	٤,٢	٧,٧	٥٤,٥
فالين	Valine	٤,١	٧,٢	٥٦,٩
أرجنين	Arginine	٣,٩	٦,٦	٥٩,١
ميثايونين	Methionine	٢,٠	٤,٠	٥٠,٠
سيستين	Cystine	١,٩	٢,٤	٧٩,٢
(ميثايونين + سيستين)		(٣,٩)	(٦,٤)	(٦٠,٩)
ثريونين	Threonine	٢,٧	٤,٣	٦٢,٨
ليوسين	Leucine	٧,٠	٩,٢	٧٦,١
فينايل ألانين	Phenylalanine	٥,٥	٦,٣	٨٧,٣
هيستيدين	Hyatidine	٢,٢	٢,٤	٩١,٧

عن Oser (1909)

ومن جدول اللوغاريتمات يمكن حساب قيمة (ص) وهى عبارة عن (E.A.A.I.) قوة الأحماض الأمينية الأساسية فى بروتين الغذاء. أو ما يعبر عنه بالقيمة الحيوية.

جدول (٢) يبين حساب القيمة الحيوية لبروتين كسب القطن المقشور من تركيب الأحماض الأمينية باستعمال طريقة Oser

الحامض الأمينى	كسب* قطن مقشور (أ)	البيض الكامل (ب)	النسبة المئوية أ/ب × ١٠٠	لوغاريتم النسبة بين الكسب والبيض
	٪	٪	٪	
ليسين Lysine	٣٫٨	٧٫٠	٥٤٫٢	١٫٧٣٤٠
تربتوفان Tryptophane	١٫٠	١٫٥	٦٦٫٦	١٫٨٢٣٥
أيزوليوسين Iso-leucine	٤٫٥	٧٫٧	٥٨٫٤	١٫٧٦٦٤
فالين Valine	٤٫٥	٧٫٢	٦٢٫٥	١٫٧٩٥٩
أرجنين Arginine	٧٫٥	٦٫٦	١١٣٫٦**	٢٫٠٠٠٠
ميثايونين Methionine	١٫٢	٤٫٠	٣٠٫٠	١٫٤٧٧١
سيستين Cystine	٢٫٠	٢٫٤	٨٣٫٣	١٫٩٢٠٦
ثريونين Threonine	٢٫٨	٤٫٣	٦٥٫١	١٫٨١٣٦
ليوسين Leucine	٥٫٥	٩٫٢	٥٩٫٧	١٫٧٧٦٠
فينايل ألانين Phenylalamine	٥٫٥	٦٫٣	٨٧٫٣	١٫٩٤١٠
هيستيدين Hystidine	٢٫٨	٢٫٤	١١٦٫٦**	٢٫٠٠٠٠
متوسط اللوغاريتمات				١٫٨١٢٣
القيمة الحيوية (E.A.A.I.)				٦٤٫٩١

* عبد السلام (١٩٦٤)

** القيمة التى أعلا من مائة اعتبرت مائة فقط

ولعرض مثال من بحث أجراه الكاتب (١٩٦٤) فى (جدول ٢) يمكن حساب القيمة الحيوية لكسب القطن المقشور (٤٥ بروتين) الذى استعمل فى تجارب التغذية على الكتاكيت ، ومنه يتبين أن القيمة الحيوية المحسوبة بتلك الطريقة تقدر بحوالى ٦٥ ٪ .

(٨) طريقة تحليل جسم حيوان التجربة Carcase Analysis : وتجرى هذه الطريقة عادة على حيوانات التجربة صغيرة الحجم والتى يمكن إعدامها مثل فيران التجارب الصغيرة ، وذلك لتقدير بروتين الجسم بإحدى الطرق المعروفة مثل طريقة « كلداهل » .

وقد تمكن كل من Bender & Miller (١٩٥٣) من إيجاد علاقة ثابتة بين الرطوبة والبروتين فى جسم الحيوان ، وبذلك أمكن حساب البروتين الموجود فى الجسم من تلك العلاقة ، وبإجراء تقدير الرطوبة فقط، مما يوفر الوقت والمجهود بالإضافة إلى توفير المواد الكيميائية المستعملة لتقدير البروتين .

(٩) تقدير الكرياتينين Measurement of Creatinin: لاحظ Murlin وآخرون (١٩٤٨) وجود علاقة ثابتة بين القيمة الحيوية لبروتين الغذاء ونسبة الكرياتينين الناتج فى البول وهو إحدى النواتج النهائية لهدم البروتين فى الجسم (الثدييات) وعندما تكون نسبة الكرياتينين عالية فى البول ، فمعنى ذلك انخفاض نسبة الاستفادة من بروتين الغذاء المتبقى فى الجسم ، وبالتالى تكون القيمة الحيوية منخفضة والعكس صحيح .

الخلاصة

مما سبق نستخلص أن جميع الطرق التى ذكرت تؤدى إلى تقدير القيمة الحيوية لبروتين الغذاء ويتم اختيار كل طريقة وفقاً للمعلومات المطلوبة والإمكانيات لدى القائم ببحوث التغذية . وتؤدى جميع هذه الدراسات فى النهاية إلى معرفة أكبر المواد البروتينية قدرة فى بناء وحفظ حيوية خلايا الجسم . كما أن تحديد الحامض الأمينى الذى يفتقر إليه بروتين الغذاء يجعل من اليسير إضافته إما على حالته النقية أو بإضافة مواد بروتينية تحتوى على كمية وفيرة من ذلك الحامض الأمينى لرفع القيمة الغذائية لذلك البروتين موضع النقص .

ومن هنا يتضح لنا الفائدة فى استعمال مصادر بروتينية متعددة وعدم الاعتماد على مصادر بروتينية محدودة فى علائق الدواجن .

المراجع

1. Abdelsalam, F. E. (1964) Ph. D. Dissertation, Univ. Newcastle Upon-Tyne.
2. Allison, J. B., and J. A. Anderson (1945) Jour. Nutr., 29: p. 413.
3. Almquist, H. J. (1941) Jour. Nutr., 21: p. 347.
4. Almquist, H. J., and E. L. R. Stockstad, and E. R. Halbrook (1935) Jour. Nutr., 10: p. 193.
5. Bender, A. E., and B. H. Doell (1957) British Jour. Nutr., 11: pp. 138, 134.
6. Bender, A. E., and D. S. Miller (1953) Biochem. Jour., 53: pp. vii-viii.
7. Bolton, W. (1954) The 10th World's Poultry Congress.
8. Carpenter, K. J. (1960) Biochem. Jour., 77: p. 604.
9. Carpenter, K. J., and G. M. Ellinger (1955) Poultry Sci., 34: p. 1451.
10. Ekman, P., H. Emanuelson, and A. Fransson (1949) K. Lantbrukshogsholans Ann., 16: p. 749.
11. Ewing, R. (1951) Poultry Nutrition. South Pasadena, Calif., U.S.A.
12. Erikson, S. (1955) Acta Agric., Scandinavia, vol. 20.
13. Ford, J. E. (1960) Brit. Jour. Nutr., 14: pp. 409, 485.
14. Horn, M. J., A. E. Blum, and M. Womack (1954) Jour. Nutr., 52: p. 375.
15. Ismail, M. F. (1964) M.Sc. Thesis, Cairo Univ.
16. Kleiber, M. (1961) The Fire of Life. New York: J. Wiley & Sons.
17. Mitchell, H. H. (1924) Jour. Biol. Chem., 58: pp. 905, 923, 973.
18. Mitchell, H. H. (1944) Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 16: p. 696.
19. Murlin, J. R., E. S. Nasset, and E. Massh (1938) Jour. Nutr., 16: p. 249.
20. Murlin, J. R., T. A. Szymanski, and E. S. Masset (1948) Jour. Nutr., 36: p. 171.
21. Osborne, T. B., and L. B. Mendles (1917) Jour. Biol. Chem., 32: p. 369.
22. Oser, B. L. (1951) Jour. Amer. Ditetic Assoc., 27: p. 396.
23. Thomas, K. (1909) Arch. F. Physiol., 219.
24. Titus, H. W. (1961) The Scientific Feeding of Chickens. Illinois: Interstate.