## رابعاً ـ البروتينات (Proteins)

عبارة عن مواد يدخل في تركيبها الكربون والأوكسيجن والهيدروجن والآزوت ، وبعضها يحتوي على الكبريت. وتشكل المادة الأساسية في بناء المادة الحيةحيث تدخل في تركيب النسج الحية والأنزيمات والهرمونات.

**ومصطلح البروتين الخام يشمل جميع المواد التي يدخل في تركيبها عنصر الآزوت.**

تمتلك البروتينات مجموعة وظيفية أمينية وأخرى كربوكسيلية، وهي بذلك جزيئات ثنائية الأيونات حيث تسلك في الوسط القلوي سلوك الحمض وتمنح أيونات الهيدروجن وتصبح شحنتها سالبة،أما في الوسط الحمضي فتسلك سلوك الأسس وتكسب أيون الهيدروجن وتصبح شحنها موجبة.

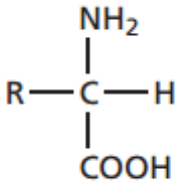
تقسم البروتينات الخام إلى بروتينات حقيقية (تحتوي حموض أمينية) وأخرى غير حقيقية (تحتوي فقط على عنصر الآزوت ولا تحتوي على حموض أمينية).

تتكون البروتينات الحقيقية من وحدات بنائية هي الحموض الأمينية حيث ترتبط الحموض الأمينية مع بعضها بروابط ببتيدية لتشكل عديدات الببتيد ثم ترتبط عديدات الببتيد مع بعضها لتشكل البروتينات.

تحتوي البروتينات الحقيقية إضافة إلى الهيدروجن والأوكسيجن والآزوت والكربون عناصر أخرى مثل الحديد والفوسفور والكبريت.

### الحموض الأمينية:

يتكون الحمض الأميني (Amino Acid) من مجموعة أمينية (–NH2) وأخرى كربوكسيلية (–COOH) بالإضافة إلى جذر متغاير (R) يختلف من حمض أميني لآخر.ما عدا الحمض الأميني غلايسين حيث تتوضع ذرة هيدروجن فقط مكان الجذر.

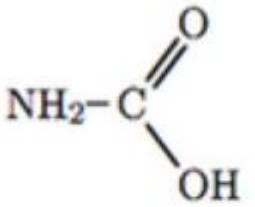



يحدد ترتيب ذرة الكربون التي ترتبط بها المجموعة الأمينية بالنسبة لمجموعة الكربوكسيل نوع الحمض حيث يكون ألفا أو بيتا أو غاما والاستثناء من ذلك هو البرولين.

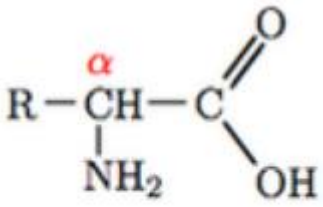
يمكن تقسيم الحموض الأمينية اعتماداً على الشكل البصري إلى (L) و (D) وتعد الحموض الأمينية ذات الشكل (L) هي الأكثر فعالية في تغذية الحيوان أما (D) فهي غير نشطة وتتحلل

عند دخولها الجسم . تسمى الأشكال السابقة الأيسوميرية . ويمكن تبسيطها بأنها عبارة عن تشابه بالشكل واختلاف بالوظائف.

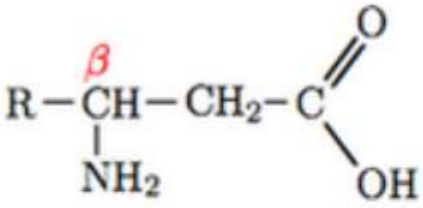
يحدد ترتيب ذرة الكربون التي ترتبط بالزمرة الأمينية النوع ألفا وبيتا وغاما ويشذ عن هذه القاعدة هيدروكسيكاربامين الذي يحتوي على ذرة كربون واحدة تتصل بالزمرة الأمينية والهيدروكسيلية.



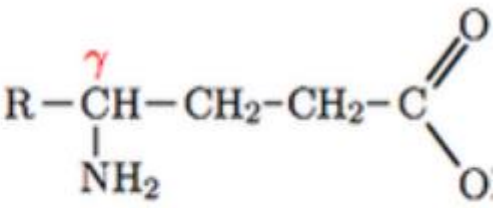
هيدروكسيكاربامين



حمض ألفا-أميني



حمض بيتا-أميني



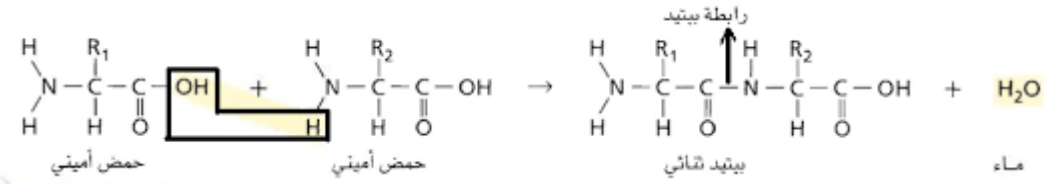
حمض جاما-أميني

تتشكل الرابطة الببتيدية بين المجموعة الكربوكسيلية للحمض الأميني الأول مع المجموعة الأمينية للحمض الأميني الثاني وينتج جزيئة ماء وهكذا تطول وتتنوع السلسلة الببتيدية. إن الذي يحدد تتابع الحموض الأمينية في السلسلة الببتيدية هو تتابع المورثات في جزيئات (DNA).وعلى الرغم من أنه لا يوجد إلا عشرين حمض أميني فإن عدد أنواع البروتينات الناتجة كبير جداً ويمكن فهم ذلك بملاحظة عدد الكلمات الموجودة في اللغة والتي تنتج عن عشرات الحروف الأبجدية .وليس بالضرورة وجود كل الحموض الأمينية في كل نوع من أنواع البروتينات كما ليس بالضرورة وجود جميع الأحرف في الكلمات..

تستطيع النباتات وكثير من المتعضيات المجهرية بناء البروتين من النتروجن البسيط الموجود في النترات. لكن الحيوانات لا تستطيع بناء الأحماض الأمينية ولكي تبني بروتينات الجسم عليها

الحصول على مصدر غذائي للأحماض الأمينية. بعض الأحماض الأمينية يمكن بناؤها من أحماض أمينية أخرى في عملية تسمى عملية نقل الأمين (transamination) لكن الحيوانات لا تستطيع بناء السلسلة الكربونية التي تشكل هيكل الحمض الأميني.

يوجد في الطبيعة 200 حمض أميني لكن 20 منها يدخل في تركيب البروتينات . ويعد الحمض الأميني غاما أمينو بوتيريك حمض أميني غير بروتيني يتواجد بشكل حر في جسم الحيوان وهو أحد النواقل العصبية.




## يوجد نوعان من الأحماض الأمينية:

1 ـ أحماض أمينية غير أساسية يمكن للحيوان بناؤها في الجسم وبالتالي لا ضرورة لوجودها في العلف.(بناؤها من الحموض الأمينية الأساسية).

2 ـ أحماض أمينية أساسية:لا يمكن للحيوان بناؤها ويجب توفرها في أغذيته.

ونظراً لأن ميكروبات الكرش عند المجترات يمكنها تخليق الأحماض الأمينية بدءاً من العناصر المكونة لها (آزوت وهيدروجن وأكسيجين وكربون) ـ لذلك فيمكن توظيف ذلك في إضافة بعض المركبات الآزوتية غير البروتينية إلى علائق الحيوانات المجترة.

ويوضح الجدول اللاحق الأحماض الأمينية الأساسية عند الفئران.

| جدول ( 7) الأحماض الأمينية الأكثر تواجداً في الطبيعة | |
|---|---|
| أحماض أمينية أساسية | أحماض أمينية غير أساسية |
| الفينيل ألانين | الجليسين |
| الفالين | الألنين |
| التربتوفان | السيبرين |
| الثيريونين | السستين |
| الايزولوسين | الستاين |
| الميثيونين | التيروزين |
| الهستيدين | الأسبارتك |
| الأرجينين | الجلوتاميك |
| الليسين | البرولين |
| الليوسين | الهيدروكسي برولين |

تحتاج الصيصان إضافة للأحماض الأمينية الأساسية العشرة السابقة (الغلايسين ، البرولين) ولها قدرة محدودة على تصنيع البرولين.
الخنازير تحتاج نفس القائمة عند الفئران ماعدا الأرجينين الذي يمكن تركيبه في جسمها.

إن المتطلبات الحقيقية للأحماض الأمينية يعتمد على وجود الأحماض الأمينية الأخرى في العلف. مثلا الحاجة للميثيونين يحددها وجود السيستين في العلف.
عند المجترات يمكن بناء الحموض الأمينية بواسطة الأحياء الدقيقة في الكرش وهذا ما يجعل هذه الحيوانات ليست بحاجة بروتينات أو حموض أمينية نوعية لكن بشرط اكتمال نمو الأحياء الدقيقة (بعد نمو الكرش بالتوازي مع مرحلة الفطام). البروتين الميكروبي الناتج يحدد معدل النمو وكمية إنتاج الحليب. تحدد القيمة البيولوجية للبروتين الميكروبي باحتوائه على بعض الحموض الأمينية خاصة اللايسين والميثيونين. من أجل الوصول إلى الحد الأعلى من الإنتاجية يجب دعم البروتين الميكروبي بتزويد الغذاء بالحموض الأمينية بشكل أو بطريقة تجعله لا يتحلل بواسطة الجراثيم.
تشكل الحموض الأمينية غير الأساسية حوالي 40% من نسبة الحموض الأمينية في الأنسجة الحيوانية و يستطيع الجسم تكوينها ووجودها في الغذاء ليس ضروري.
**بعض الحموض الأمينية شبه أساسية حيث يستطيع الجسم تركيبها لكن ليس بكميات كافية مثل الأرجينين والهستيدين. وبشكل عام فإن 10 من الحموض الأمينية يجب أن تتواجد في الغذاء.**
إن نقص حمض أميني أساسي و أكثر يؤدي إلى خلل في عمليات الاستقلاب في الجسم وبالتالي انخفاض في إنتاجية الحيوان.
كل الأحماض الأمينية الأساسية هامة عند الحيوانات وحيدة المعدة والطيور لكن ليس كذلك عند المجترات التي يمكنها تصنيع الحموض الأمينية بواسطة الأحياء الدقيقة في الكرش.

**ملاحظة عند الدواجن:** تكون المواد العلفية من الناحية العملية عادة فقيرة بحمض أميني واحد أو أكثر. على سبيل المثال، الخلطات الحاوية على جريش من الذرة وكسبة فول الصويا تكون فقيرة بالمثيونين ويجب إضافته. و تحتاج إضافة اللايسين إذا ما قدمت لطيور اللحم أو الرومي في المرحلة الأولى.

أما الخلطات التي أساسها الحبوب (قمح، شعير) والمركزات البروتينية الأخرى مثل كسبة القطن، كسبة العصفر، أو كسبة الفول السوداني، ربما تتطلب استكمال كل من اللايسين والمثيونين فيها.

**الأحماض الأمينية الأساسية: تم ترتيبها أبجدياً لتسهيل الحفظ**

**1 - آرجنين:** يمكن أن يتكون في بعض أنواع الحيوانات الزراعية من الحمض الأميني برولين وله دور هام في التمثيل الغذائي. نقص أرجنين يؤدي إلى حدوث تجعد صاعد في ريش الجناح مما يعطي الصوص مظهر منفوش.

**2 - أيزوليوسين:** ضروري جداً للحيوانات النامية حيث يؤدي نقصه إلى وقف النمو ونفوق الصيصان.

**3- تربتوفان:** تتشابه أعراض نقصه مع أعراض نقص الميثيونين خاصة من ناحية حدوث الإنيميا وهذا الحمض هو مصدر فيتامين **نيكوتين أميد**. إذا كانت العليقة فقيرة بالنيكوتين أميد تزداد الحاجة إلى التربتوفان لأن جزء من التربتوفان سيتحول إلى النيكوتين أميد.وإذا كانت العليقة فقيرة بالتربتوفان فليس بالضرورة ظهور أعراض نقص النيكوتين أميد لأن التربتوفان سيستخدم في تصنيعه حيث تظهر أعراض نقص التربتوفان فقط.

يؤدي نقص التربتوفان الى حدوث تغيرات سلوكية حادة، تسبب ردود فعل عصبية لدى الطائر، يعزى سبب ذلك إلى أن التربتوفان يعد طليعة للسيروتونين، حيث يسبب نقص السيروتونين حدوث تغيرات سلوكية حادة في الطيور. التربتوفان أيضاً مهم وضروري لنشاط الخلايا البلعمية والخلايا الليمفاوية.

**4 - ثيريونين:** له أهمية حيوية كبيرة حيث يتحول إلى الحمض الأميني جلايسين كما يستخدم لتكوين الكوليسترول وبعض الحموض الدهنية والمواد الكربوهيدراتية ويسبب نقصه انخفاض معدل النمو.

ويؤدي نقص الحمض الأميني الثريونين إلى إضعاف نظام المناعة في الأمعاء لأنه يشكل نسبة 28 إلى 40% من مُيوسِن الأمعاء (mucin). حيث يمكن لميوسن الأمعاء أن يرتبط بمسببات الأمراض وبالتالي يعد جزء من نظام المناعة المعوية. ففي سلالة الدجاج اللاحم كوب تبين أن الاحتياج لهذا الحمض يزداد في الظروف البيئية الملوثة. كما أنه يعد أحد المكونات الرئيسية لجاما جلوبيولين البلازما في الدواجن. ويمتلك الثريونين قدرة تأثير على الجهاز المناعي حيث يزيد من IgG المصل في بعض الحيوانات. في حين أن الزيادة المفرطة عن الحد المسموح به تعد مضرة بالطائر إذ يمكنها أن تسبب نقص في تكوين البروتينات المخاطية والميوسن للأمعاء.

**5 - فالين:** يؤدي نقصه إلى اختلال في عمل الغدد المفرزة للعصارات الهاضمة ونقص في بروتين العضلات مما يؤدي إلى ضعفها. ووجد أن الصيصان تموت بعد 18-19 يوم من

تغذيتها على علائق خالية من الفالين. والفالين يحتوي على مجموعتين ميثايل (CH3) التي لها أهمية كبيرة في عمليات التمثيل الحيوي وبصورة خاصة في تكوين الغلايكوجين.

**6 ـ فينيل ألانين:** يمكن أن يتحول إلى التيروزين ويعد التيروزين مصدر هام لبعض الهرمونات مثل التيروكسين والأدرينالين. يؤدي نقص الفينيل ألانين إلى نقص الوزن وانخفاض معدل الاستفادة من الغذاء.

**7- ميثيونين:** يحتوي على مجموعة الميثايل الهامة جدا في بناء الكرياتين والكولين وفيتامين ب12 والأدرينالين. ويؤدي نقصه إلى نقص معدلات الإستفادة من آزوت الغذاء ونقص البروتين في بلازما الدم وخاصة الألبيومين.

يمكن أن يؤدي نقص الميثيونين في أعلاف الدواجن إلى زيادة استهلاك العلف في الدجاج البياض دون زيادة إنتاج البيض وهذا يعد خسارة للمدجنة. وخسارة مشابهة تحدث في دجاج اللحم نتيجة زيادة استهلاك العلف . يؤدي نقص الميثيونين في النظام الغذائي الى زيادة احتمال الإصابة بالأمراض المعوية. وفي الأعمار الصغيرة تكون قدرة الطائر ضعيفة في تحويل المثيونين إلى السيستين، لذلك يجب إضافة السيستين إلى العليقة. نقص المثيونين يمكن أن يزيد في نقص الكولين أو فيتامين ب 12 نظراً لدوره في استقلاب مجموعة المثيل.

**8- لايسين:** يؤدي نقصه إلى نقص تكوين هيموغلوبين الدم والكريات الحمراء ما يؤدي إلى الإينيميا ويؤدي نقصه أيضا إلى خلل في تمثيل الكالسيوم. وقد وجد أن وجود الليسين بنسبة 50% فقط من حاجة الجسم فإن معدل استفادة الحيوان من الحموض الأمينية لا يتعدى 50% مهما بلغت نسبتها في الجسم.وهذا يؤكد ضرورة وجود اتزان بين الحموض الموجودة في العليقة وخاصة اللايسين.

يؤثر نقصه على مقدار الجليكوجين وطول زغابات الأمعاء وبناء على ذلك فإن نقصه قد يؤدي إلى انخفاض امتصاص العناصر الغذائية في الأمعاء وربما انخفاض في الاستجابة المناعية في الدواجن.

نقص اللايسين يسبب ضعف في صبغة فرخات الرومي البرونزية (ظهور اللون)، والسبب الكيميائي الحيوي المؤدي لهذه الظاهرة غير معروف

**9 ـ ليوسين :** هام لأجل نشاط نقي العظام وتكوين كريات الدم الحمراء.

**10 ـ هستيدين:** هام لأجل استقلاب الكربوهيدرات ولتكوين هيموغلوبين الدم حيث يدخل بنسبة 10% في تركيبه.وتتباين الآراء بشأن ضرورة توفره في علائق الحيوان .

**ملاحظة :** في التغذية العملية للحيوانات الزراعية لوحظ أن البروتينات نباتية المنشأ لا تستطيع أن تؤمن احتياجات الجسم من اللايسين والميثيونين والتربتوفان لذلك تسمى الحموض الأمينية الحرجة.لذلك يجب تعويض هذا النقص خاصة للأعلاف التي مصدرها فول الصويا والبقوليات من خلال بروتينات حيوانية المنشأ.

يجب معرفة محتوى الأعلاف من الحموض الأمينية عند تجهيز الخلطات العلفية للحيوانات الزراعية . كما يتوجب الأخذ بعين الاعتبار احتياجات الصيصان من الحمض الأميني آرجينين (6% من البروتين). أما احتياجات العجول والحملان فتحدد بعد دراسة محتوى حليب الأم من البروتين والذي يكفي غالبا بشكل طبيعي.

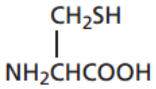
**Table 4.1** Amino acids commonly found in proteins

**Monoamino-monocarboxylic acids**

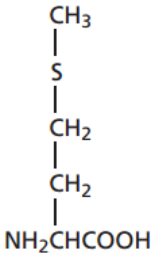
| | | | |
|---|---|---|---|
| Glycine | $NH_2CH_2COOH$ | Serine | $NH_2CH(CH_2OH)COOH$ |
| Alanine | $NH_2CH(CH_3)COOH$ | Threonine | $NH_2CH(CHOH\,CH_3)COOH$ |
| Valine | $NH_2CH(CH(CH_3)_2)COOH$ | | |
| Leucine | $NH_2CH(CH_2CH(CH_3)_2)COOH$ | Isoleucine | $NH_2CH(CH(CH_3)\,CH_2\,CH_3)COOH$ |

**Sulpur-containing amino acids**

Cysteine

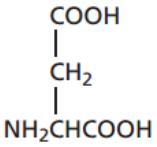


Methionine

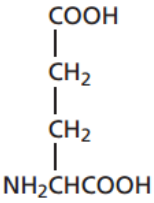


**Monoamino-dicarboxylic acids and their amine derivatives**

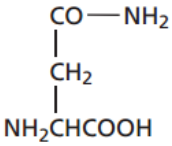
Aspartic acid



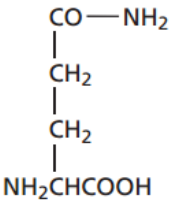
Glutamic acid



Asparagine

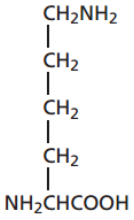


Glutamine

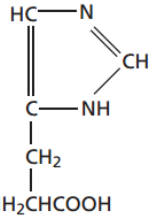


**Basic amino acids**

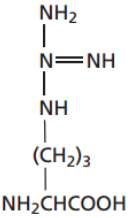
Lysine

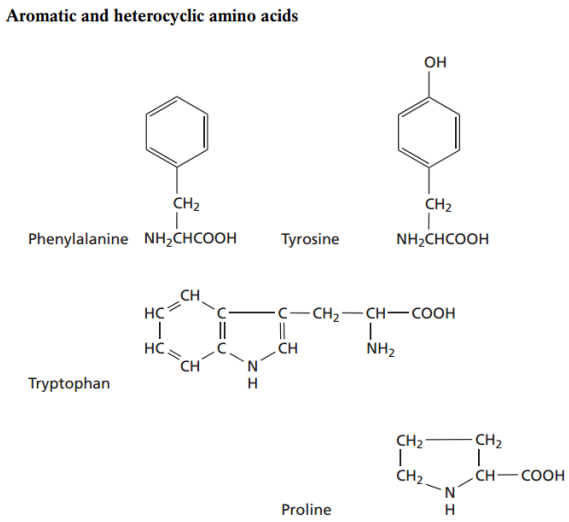


Histidine



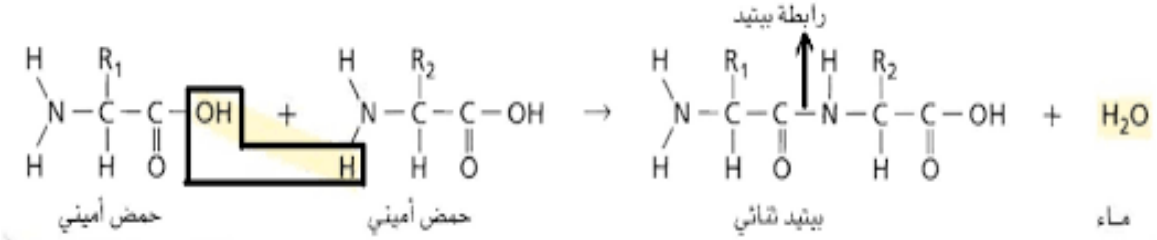
Arginine






## الببتيدات:

هي مركبات تتكون من ارتباط الأحماض الأمينية ببعضها البعض حيث ترتبط المجموعة الكربوكسيلية للحمض الأول مع المجموعة الأمينية للحمض الثاني وهذ الرابطة تسمى رابطة ببتيدية وينتج عن الارتباط مركب ثنائي الببتيد و جزيئة ماء. وقد تطول السلسلة الببتيدية لتضم عدد كبير من الحموض الأمينية. ارتباط سلاسل عديدات الببتيد مع بعضها يشكل البروتينات.




بالإضافة إلى كون الببتيدات هي أساس تكوين البروتينات ، فإن بعض الببتيدات لها نشاطها البيولوجي الخاص. التحلل الأنزيمي لبروتين الكازئين في الحليب ينتج ببتيدات لها تأثير دوائي مثل تسكين الألم وتفعيل النوم. الببتيدات الأخرى الناتجة من الكازئين تشارك في تدفق الكالسيوم إلى الأنسجة كما أنها تعدل استجابة الجهاز المناعي. الببتيدات في الحليب أيضاً تحفز نمو البكتيريا المرغوبة وتكبح البكتيريا الضارة ، وبعضها له تأثير محفز لنمو للخلايا المعوية.

الببتيدات الأخرى مثل البوميسين و الإنتيروستاتين و الجلوكاجون واللبتين مهمة في التحكم بكمية العلف المستهلك. تلعب الببتيدات دورًا مهمًا في النكهة والخواص الحسية للأطعمة مثل مستخلص الخميرة والجبن وعصائر الفاكهة.

**بنية البروتينات: تقسم البروتينات حسب بنيتها إلى أربعة أشكال:**

البروتينات الأولية: تتكون من سلسلة واحدة من عديد الببتيد.

البروتينات الثانوية: تتكون من سلسلتين من عديدات الببتيد ترتبطان بروابط هيدروجينية.

البروتينات الثلاثية: تتكون من ثلاث سلاسل من عديدات الببتيد وفيه يحدث انطواء للسلاسل لتشكل خواص البروتين . وتربطها عدة أنواع من الروبط كالرابطة الهيدروجينية والكهربائية الساكنة والتآثرات الكارهة للماء وقوى فاندرفالس

البروتينات الرباعية: تتكون من أربع سلاسل ببتيدية أو أكثر

**خصائص البروتينات:**

تتباين البروتينات من حيث انحلالها في الماء من بروتينات عالية الانحلال كالألبيومين إلى بروتينات غير منحلة كالكيراتين وتمتلك البروتينات على العموم صفة الغروانية ( colloidal properties). يمكن ترسيب البروتينات المنحلة بواسطة إضافة الأملاح مثل كلوريد الصوديوم أو سلفات الأمونيوم و يمكن استرجاع البروتينات إلى وضع غير منحل بتخفيض نسبة الملح.

كل البروتينات يمكن أن تتشوه. ويعرف التشوه على أنه أي تغيير غير حال (ليس انحلال ) للبروتين في البنية الفريدة للبروتين الأصلي والذي يؤدي إلى تغيير في الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. **البروتينات المتحللة لا تقع تحت هذا المفهوم**. عدة عوامل قد تسبب التشوه مثل التسخين والكحولات واليوريا وأملاح العناصر الثقيلة.(تحول زلال البيض إلى الحالة الصلبة نتيجة الطهي هو تشوه)

تأثير الحرارة على البروتينات له أهمية خاصة في التغذية حيث ينتج عنها روابط جديدة داخل وبين سلاسل الببتيد. بعض هذه الروابط تقاوم فعل البروتياز (الببتيداز) المنتج في القناة الهضمية وتعيق وصولها إلى روابط الببتيد المجاورة.

تزداد قابلية البروتينات للتلف بسبب الحرارة بوجود أنواع مختلفة من الكربوهيدرات بسبب حدوث تفاعل ميلارد والذي يتضمن في النهاية تكثيف بين المجموعة الكربونيلية للسكر المُرجِع مع المجموعة الأمينية للحمض الأميني أو البروتين. اللايسين بشكل خاص حساس جدا للتفاعل السابق. مع زيادة المعاملة الحرارية يحدث تفاعلات أخرى على السلاسل الجانبية والتي تؤدي إلى اللون البني الداكن.

## أنواع البروتينات:

البروتينات الحقيقية والمركبات الآزوتية غير البروتينية

**البروتينات الحقيقية (True Protein)** تتكون من الحموض الأمينية وهي مادة أساسية في بناء أنسجة الجسم و بروتوبلازما الخلايا والهرمونات والإنزيمات والخضاب والأجسام المناعية كما تدخل في تركيب الشعر والصوف والفرو والريش والقرون والأظافر والحوافر والأظلاف.

ويختلف تركيب البروتينات من الناحية الكيميائية لكنها تحتوي وسطياً 52% كربون و 23% أوكسيجين و16% آزوت و7% هيدروجن و2% كبريت.

كما تحتوي بعض البروتينات التي تشكل الهرمونات والإنزيمات والصبغات على عناصر معدنية ويعد الكبريت أكثر العناصر المعدنية تواجداً في البروتينات لأنه يتواجد في عدة حموض أمينية كالميثيونين والسيستين (Cystine) والسيستيئين (Cystiene).

**تصنيف البروتينات الحقيقية:** يمكن أن تقسم إلى بروتينات بسيطة وبروتينات مرتبطة.

البروتينات البسيطة (Simple proteins): هذه البروتينات تتكون فقط من حموض أمينية وتقسم حسب الشكل والذوبان والتركيب الكيميائي إلى قسمين **البروتينات الليفية والبروتينات الكروية**.

- **البروتينات الليفية(Fibrous Proteins):**

هي بروتينات حيوانية لا تذوب بالماء وشديدة المقاومة لفعل الإنزيمات الهاضمة. تتألف من سلاسل خيطية مرتبطة مع بعضها بروابط عرضية وتتواجد في الشعر والصوف والقرون والجلد والأظافر ومثال عليها الكولاجين والكيراتين والإيلاستين

**الكولاجين(*Collagen*):** هي البروتينات الرئيسية التي تكون الأنسجة الضامة وتشكل حوالي 30 % من مجموع البروتينات في جسم الثدييات. إن الحمض الأميني هيدروكسي برولين هو مكون هام في تركيب الكولاجين. تحول البرولين إلى هيدروكسي برولين بواسطة عملية (Hydroxylation) ويحتاج إلى فيتامين (C). فإذا كان هناك عوَز في هذا الفيتامين تصبح ألياف الكولاجين ضعيفة وقد يؤدي إلى إصابات في اللثة والجلد. الحمض الأميني تربتوفان غير موجود في الكولاجين.

**الإيلاستين(Elastin):** هو البروتين الموجود في الأنسجة المرنة مثل الأوتار والأوعية الدموية. السلسلة متعددة الببتيد (polypeptide chain) من الإيلاستين غنية بالحمضين الأمينيين ألانين وغلايسين وهي مرنة كثيراً. تحتوي على روابط متداخلة ومتقاطعة مع

السلاسل الجانبية للحمض لايسين ، وهذا يمنع البروتين من التمدد المفرط بوجود التوتر وتسمح له بالعودة إلى طوله الطبيعي عندما تتم إزالة التوتر.

**الكيراتين(Keratin):**

يصنف الكيراتين أو القرنين إلى نوعين الكيراتين ألفا وهي البروتينات الرئيسية في الصوف والشعر. أما الكيراتين بيتا فيتواجد في الريش والجلد والمنقار والحراشف لمعظم الطيور والزواحف. هذه البروتينات غنية جدًابالحمض الأميني السيستين الذي يحتوي على الكبريت ؛ يحتوي بروتين الصوف ، على سبيل المثال ، على حوالي 4 في المائة من الكبريت .

- **البروتينات الكروية (Globular Proteins):**

وهي بروتينات تتميز بانطواء السلاسل الببتيدية وتأخذ الشكل الكروي أو المضغوط. منها المستضدات أو مولدات الضد (antigens) والأجسام المضادة(Antibodeis) و الإنزيمات والهرمونات ذات الطبيعة البروتينية.ومثال عليها:

**الألبيومين (*albumin*):** وهو بروتين منحل في الماء و يتخثر بالحرارة . يوجد في البيض والدم والحليب و العديد من النباتات.

**الهستون (*Histone*):** توجد في نواة الخلايا وتترافق مع الحموض النووية. لا تتخثر بالحرارة وتنحل في المحاليل الملحية. تحتوي على نسبة كبيرة من الأرجينين واللايسين.

**البروتامين (*Protamine*):** هي بروتينات ذات وزن جزيئي منخفض تتواجد بكميات كبيرة في الخلايا الجرثومية (mature male germ cells) الناضجة عند الذكور التي تتحول إلى أمهات المني عند الفقاريات. هذه البروتينات غنية بالأرجنين لكنها فقيرة بالتيروزين والتربتوفان والحموض الأمينية التي تحتوي على لكبريت.

**الغلوبيولين (*Globulin*):** وهي بروتينات مناعية تتكون بعد الاستجابة المناعية نتيجة وجود الأنتيجين كما تحصل عليها المواليد الحديثة عن طريق اللبأ. تتواجد الغلوبيولينات في لدم والبيض والحليب.كما توجد في بذور النباتات.

- **البروتينات المركبة (Conjugated Proteins):** يدخل في تركيبها مواد غير آزوتية مثال عليها :

البروتينات السكرية : حيث يدخل في تركيبها السكريات مثل الهكسوز أمين والغلوكوز أمين و الغالاكتوز أمين أو كليهما. ممكن أن يتواجد المانوز أيضاً. تتواجد البروتينات السكرية في الإفرازات المخاطية وزلال البيض. الهيبارين هو مثال أيضا عن البروتينات السكرية.

البروتينات الشحمية حيث يدخل في تركيبها الشحوم وتتواجد أنواعها في غشاء الخلية.

البروتينات الفوسفورية حيث يدخل في تركيبها الفوسفور مثل الكازئين في الحليب.

البروتينات الصباغية حيث يدخل في تركيبها أصبغة مثل الهيموغلوبين .

يوضح الجدول اللاحق النسبة المئوية للعناصر الداخلة في تركيب البروتينات

**Composition (%) of Protein**

| | |
|---|---|
| Carbon | 51-55 |
| Hydrogen | 6.5-7.3 |
| Nitrogen | 15.5-18 |
| Oxygen | 21.5-23.5 |
| Sulfur | .5-2.0 |
| Phosphorus | 0-1.5 |

**المواد الآزوتية غير البروتينية تسمى البروتينات غير الحقيقية :**

وهي جميع المواد التي تحتوي على عنصر الآزوت عدا البروتينات الحقيقية ومنها:

**الأمينات:**

توجد بكميات ضئيلة في النبات والحيوان. وبعضها له خواص سمية.

تنتج بشكل طبيعي في كرش المجترات بواسطة تخمر الكربوهيدرات بواسطة الأحياء الدقيقة. كما تتواجد في الأغذية المتخمرة كالجبن والنبيذ والسيلاج. وتوجد بعض الأمينات الحيوية التي يمكن أن تؤدي لظهور الأعراض المرضية مثل الهستامين الذي يشتق من الهستيدين، ويزداد تشكله في حالات الالتهاب والأمراض التحسسية. بعض الأمينات مفيدة حيوياً حيث تساهم في الأحماض النووية (DNA ,RNA) كما تساهم في التعبير الجيني وفي بناء البروتين. مثل السبيرمين والسبيرميدين. يوضح الجدول اللاحق أهم الأمينات التي تنشأ من الحموض الأمينية الأم.

Some important amines and their parent amino acids

| Amino acid | Amine |
|---|---|
| Arginine | Putrescine |
| Histidine | Histamine |
| Lysine | Cadaverine |
| Phenylalanine | Phenylethylamine |
| Tyrosine | Tyramine |
| Tryptophan | Tryptamine |

**الأميدات :**

توجد في النباتات والحيوانات. منها اليوريا التي تنتج عن استقلاب المركبات الآزوتية في الثدييات. تحتوي على المجموعة الوظيفية (CO-NH2).

عند الإنسان والرئيسات الأخرى يكون حمض اليوريك المتواجد في البول هو المنتج النهائي لاستقلاب البيورين.(لكن اليوريا أو البولة هي المكون الرئيسي للبول)

في بعض الثدييات غير الرئيسات يتم أكسدة حمض اليوريك إلى ألانتوين (*allantoin*) قبل إطراحه. عند الطيور يكون حمض اليورييك (حمض البولة) هو المنتج النهائي لاستقلاب النتروجن.ويقابله اليوريا عند الثدييات.

**النترات:** توجد في بعض النباتات وهي غير سامة لكن قد تتحول إلى مواد سامة (نتريت) في كرش المجترات، وهذا قد يحصل نتيجة تغذيتها على أعلاف ناتجة من نباتات تم تسميدها بكميات كبيرة من الأسمدة الآزوتية.

**القلويدات:** توجد في بعض النباتات وتكمن أهميتها في أن بعضها سام للحيوان وأهمها النيكوتين الموجود في التبغ، والأتروبين الموجود في نبات ست الحسن ، والمورفين الموجود في أوراق الأفيون. يوضح الجدول اللاحق أهم القلويدات ومصادرها النباتية

Some important alkaloids occurring in plants

| Name | Source |
|---|---|
| Coniine | Hemlock |
| Nicotine | Tobacco |
| Ricinine | Castor plant seeds |
| Atropine | Deadly nightshade |
| Cocaine | Leaves of coca plant |
| Jacobine | Ragwort |
| Quinine | Cinchona bark |
| Strychnine | Seeds of *Nuxvomica* |
| Morphine | Dried latex of opium poppy |
| Solanine | Unripe potatoes and potato sprouts |

**الحموض النووية:** وتشكل المادة الوراثية للكائنات الحية.

**أهمية البروتينات:**

للبروتينات أهمية غذائية كبيرة تتلخص في :

1. المصدر الأساسي لإمداد الحيوان بما يلزمه من الحموض الأمينية الأساسية.
2. بناء أنسجة الحيوان في مراحل نموه المختلفة.

3. تعويض الأنسجة التالفة والإفرازات المستهلكة.
4. تعد المكون االرئيس للمنتجات الحيوانية كالحليب واللحم والبيض والصوف.
5. تعد مصدر احتياطي أخير للطاقة في الجسم.

يعتمد نوع البروتينات على نوع الحموض الأمينية الداخلة في تركيبها ، والبروتينات ذات القيمة الغذائية العالية هي تلك البروتينات التي تحتوي على كافة الأحماض الأمينية الأساسية التي يحتاجها الحيوان.

لكن عند المجترات فليس مهم نوعية البروتين ولا الحموض الأمينية التي تكونه، بل المهم فقط هو توفر كمية كافية من عنصر الآزوت لأن الأحياء الدقيقة تقوم ببناء بروتيناتها الخاصة بدءاً من الآزوت ثم يلي ذلك هضم لتلك الأحياء و تحرير الأحماض الأمينية من البروتين الميكروبي (ليس من بروتين الغذاء).وبالتالي تتوقف نوعية البروتين عند المحترات على قابلية هذا البروتين للذوبان في الكرش وتحليله من قبل البروتياز الميكروبي. لقد استفاد خبراء تغذية الحيوان من هذه الخاصية حيث طوروا تقنيات ومبادئ إضافة اليوريا إلى أعلاف المجترات كالتبن وتفل الشوندر وذلك لتحسين القيمة الغذائية لهذه الأعلاف.

الحيوانات أحادية المعدة والدواجن تستفيد فقط من الحموض الأمينية الحرة وأميداتها فقط وإن وجود بعض المركبات الآزوتية غير البروتينية قد يكون ساماً مثل النترات والنتريت والقلويدات.

**استخدام اليوريا في تغذية المجترات:**

تقوم الأحياء الدقيقة في كرش المجترات بإفراز أنزيم اليورياز الذي يحلمه اليوريا وينتج عن ذلك ثاني أوكسيد الكربون وغاز الأمونيا ، ثم تقوم البكتريا باستخدام غاز الأمونيا الناتج في بناء بروتيناتها الميكروبية. إن الأحياء الدقيقة تحتاج إلى مصدر جيد للطاقة كي تقوم ببناء بروتيناتها لذلك يعد وجود المواد الكربوهيدراتية سهلة الهضم من أهم العوامل المساعدة على رفع نشاط الأحياء الدقيقة.

تقوم بعد ذلك الأنزيمات الهاضمة في أمعاء الحيوانات المجترة بهضم الأحياء الدقيقة والحصول على أحماض أمينية مصدرها ميكروبي. ولهذا فإن اليوريا تعد مصدراً هاماً للبروتين وبديل جزئي عن البروتين الحقيقي.

يشكل الآزوت نسبة 42% من وزن اليوريا المستخدمة في التغذية و طالما نسبة الآزوت في البروتين 16% سيكون 100 غرام يوريا تكافئ 262.5 غرام بروتين . كما أن 100 غرام يوريا تكافئ 670 غرام من الكسبة التي تحتوي على 42% بروتين.

**قواعد إضافة اليوريا إلى علائق المجترات:**

يمكن أن تضاف اليوريا بدل 35% من محتوى العلف من البروتين الخام.

عند الأبقار الحد الأقصى لإضافتها 150 غ /رأس/اليوم.والنامية 50غ/رأس/يوم

عند عجول التسمين 25 غرام لكل 100 كغ وزن حي في اليوم.

**ملاحظة**

- ❖ إن نسبة الآزوت في اليوريا 42% أما في البروتينات فهو 16% أي أكبر ب 2.6 مرة.
- ❖ 1 غ من اليوريا تكافئ 2.6 غ من البروتين.
- ❖ 1غ من كبريتات الأمونيوم تكافئ 1.2 غ من البروتين.
- ❖ 1غ من فوسفات اليوريا تكافئ 1 غ من البروتين.

**ملاحظات عامة تخص الحموض الأمينية:**

1. إن نقص حمض أميني واحد أو أكثر يؤدي إلى خللٍ في عملية التبادل الغذائي في الجسم وبالتالي إلى انخفاض إنتاجية الحيوان.
2. يحتوي الحمض الأميني الميثيونين على مجموعة الميثايل ذات الأهمية الكبيرة في بناء الكرياتين والكولين وفيتامين (B12) والأدرينالين.
3. يعد الحمض الأميني التربتوفان مصدراً للفيتامين نيكوتين أميد (حمض النيكوتينيك) الذي له دور هام في تخليق هيموغلوبين الدم حيث أن نقص التربتوفان يؤدي لفقر الدم.
4. يعد الحمض الأميني التيروزين مصدراً هاماً لتكوين بعض الهرمونات في الجسم مثل التيروكسين التي تفرزه الغدة الدرقية و الأدرينالين الذي تفرزه غدة الكُظر.
5. الحمض الأميني الفالين هام جداً عند الصيصان حيث وُجِدَ أن الصيصان تموت بعد18 يوم من تغذيتها على علائق خالية من الفالين.
6. الحمض الأميني اللايسين: له دور هام في استقلاب الكالسيوم وتكوين هيموغلوبين الدم ونقصه يؤدي إلى فقر الدم واختلال في بنية العظام.
7. عند تحضير الخلطات العلفية للصيصان يتوجب الأخذ بعين الاعتبار احتياجات الصيصان من الحمض الأميني أرجينين بنسبة 6% من البروتين وكذلك احتياجها من الحمض الأميني غلايسين 1% من المادة الجافة للعليقة.

**الفعل المضاف للبروتينات:** وهي الحصول على تأثير أكبر للبروتينات من خلال خلطة متوازنة الأحماض الأمينية الحيوانية والنباتية، ومطابقة لحاجة الطيور الفيزيولوجية عملية خفض الإستهلاك من الطاقة والبروتين لأجل إنتاج وحدة من الوزن الحي عند الصيصان باستخدام. فمثلا 4.9 كغ من عليقة غير متوازنة الحموض الأمينية تُنْتِج 1كغ وزن حي ، بينما 2.5 كغ أو

أقل من عليقة متوازنة ينتج 1كغ وزن حي. ونلاحظ أنه يمكن توفير 2.4 كغ في حال توازن الحموض الأمينية، حيث نحصل بذلك على الفعل المضاف للبروتينات.

**هضم واستقلاب البروتينات:**

يمكن إيجاز عملية هضم واستقلاب البروتين في عمليتين أساسيتين هما:

التحليل (Degradation) والاصطناع (Synthesis). حيث تتعرض البروتينات في القناة الهضمية لتأثير الأنزيمات الهاضمة للبروتينات مثل البروتياز والتي تحللها إلى حموض أمينية وأهم هذه الأنزيمات الببسين و التربسين والكيموتربسين ثم تُمْتَصّ لتصل إلى الدورة الدموية حيث يتم استقلابها. .يتم إعادة تصنيع بروتينات ابتداءً من الحموض الأمينية اعتماداً على التعليمات الوراثية الموجودة في الشيفرة الوراثية للخلايا ويتم صناعتها في عضيات خَلوية هي الجسيمات الريبية.

تشكل الحموض الأمينية الحرة 98% من المواد الآزوتية الممتصة إلى الدم أما المتبقي وهو 2% هي أما سلاسل قصيرة من الحموض الأمينية أو أمونيا أو نترات أو نتريت.

إن مصير الحموض الأمينية الممتصة هو أما استخدامها في بناء البروتينات أو الهرمونات أو في بناء حموض أمينية جديدة أو كمصدر للطاقة وذلك حسب حاجة الجسم ويمكن إيجاز التفاعلات التي تتعرض لها الحموض الأمينية بـ :

1. **نزع مجموعة الأمين (Deamination):** ثم تتحلل حيث يَنْتُج اليوريا (حمض البولة) أو حمض اليوريك عند الطيور أو حمض الهيبويوريك (عند الخيول ) وتطرح من الجسم عن طريق البول والتعرق.

   أما المتبقي من الحموض الأمينية بعد نزع مجموعة الأمين فيستخدم في إنتاج الطاقة وبناء مركبات أخرى كالدهون

   يتم نزع مجموعة الأمين إما بالأكسدة بفعل إنزيم ديهايدروجيناز أو بالطريقة غير التأكسدية بفعل أنزيم دي أميناز.

2. **انتقال مجموعة الأمين (Transamination):** وتتم بنقل مجموعة الأمين من حمض أميني لآخر لأجل بناء أحماض أمينية جديدة . ويلعب الحمض الأميني الأسبراتيك دور المستقبل أما الغلوتاميك فيلعب دور المعطي.وتتوسط هذه العملية أنزيمات متخصصة مثل تراي أميناز وينتج حموض كيتونية والتي تتحول إلى أحماض أمينية بإضافة مجموعة الأمين وضمن تفاعلات استقلابية حيوية متعددة. يرتبط الأنزيم بالحمض الأميني فيحوله إلى حمض كيتوني ثم يرتبط الإنزيم بالحمض الكيتوني فيحوله إلى حمض أميني.

**3- نزع مجموعة الكربوكسيل (Decarboxylation):** تتم بفعل أنزيمات خاصة (أمينو أسيد دي كاربوكسيلاز) حيث ينتج ثاني أوكسيد الكربون والأمين المناظر ويعمل فيتامين (B6) كمرافق إنزيمي أمينات ذات أهمية حيوية في الجسم مثل الهستامين الذي ينتج من نزع المجموعة الكربوكسيلية للهستيدين، ويقوم الهستامين بتنشيط إفراز المعدة ويرفع ضغط الدم.

**مصير اليوريا:** يتم تركيب اليوريا في الجسم بدءاً من الأمونيا المتحررة نتيجة نزع مجموعة الأمين من الحموض الأمينة ويتم إطراحها عن طريق البول ويجب أن لا يتجاوز تركيزها في الدم 16ملغ /100مل، إن عملية تركيب اليوريا تحتاج إلى طاقة لذلك عند التغذية على كميات كبيرة من البروتين المهضوم تُخَفِّض الحيوانات بعضاً من إنتاجيتها.

**هضم البروتينات عند المجترات :** تتحلل البروتينات الحقيقية بواسطة أنزيمات الجراثيم إلى ببتيدات والتي بدرها تتحلل مائياً إلى حموض أمينية.

تتحول الحموض الأمينية بواسطة أنزيمات الجراثيم إلى حموض عضوية وغاز ثاني أكسيد الكربون والأمونيا.

يتحول الآزوت في البروتينات غير الحقيقية إلى أمونيا بواسطة أنزيمات الجراثيم.

تقوم الأحياء الدقيقة بعد ذلك باستخدام الحموض الأمينية والأمونيا والببتيدات القصيرة في صناعة البروتين الجرثومي الذي يدخل في بنية الأحياء الدقيقة.

يلي ذلك هضم أنزيمي للبروتينات الميكروبية والبروتينات الحقيقية التي لم تؤثر فيها الجراثيم وذلك في المعدة الحقيقية والأمعاء الدقيقة بواسطة البروتياز الذي يفرز من جدار المعدة الحقيقية ومن جدارالأمعاء ومن البنكرياس.

**العلاقة بين الطاقة والبروتين:** لكي تعطي العلائق المتوازنة بالحموض الأمينية التأثير الإيجابي الأعظمي لا بد من توافر شرط أساسي وهو توفر المحتوى العالي من الطاقة المتاحة في هذه العلائق وتأمين متطلبات الحيوان من العناصر المعدنية والفيتامينات بشكل كامل. لذلك يضاف الدهن الحيواني أحياناً إلى الخلطات العلفية وأفضلها دهن الخنازير وعند الصيصان يستخدم خليط من دهن المجترات والخنازير.

وفي حال توفر العلائق التي تشكل مصدر جيد للطاقة كالذرة الصفراء فلا حاجة لاستخدام الدهون.

**ملاحظة:** يختلف الهضم في معدة المجترات عن الهضم في المعدة البسيطة حيث تقوم الأحياء الدقيقة في كرش الحيوانات المجترة بتفكيك البروتينات وإعادة بناء بروتينات ميكروبية حيث يتم هضمها في الأمعاء الدقيقة (هضم كل الأحياء الدقيقة التي تصل الأمعاء ) ولذلك لا يهم نوع البروتين الموجود في العليقة بل المهم هو وجود الآزوت الخام.

لكي تعطي العلائق المتوازنة بالحموض الأمينية التأثير الإيجابي الأعظمي لا بد من توفر شرط أساسي هو توفر المحتوى العالي من الطاقة المتاحة بالإضافة لتأمين كمية الأملاح المعدنية والفيتامينات.

**تأثير مستوى زيادة البروتين:** يجب عدم الإفراط في تقديم الأعلاف البروتينية بسبب التأثيرات السلبية التي قد تحدث مثل حالة تسممية تسمى لا توازن والتي تترافق بسوء استخدام الحموض الأمينية وهذا يؤدي إلى تراجع مقدرة الجسم على الاستفادة من طاقة وبروتين العليقة وتنخفض القيمة الحيوية للبروتين وبالنهاية تنخفض معدلات الزيادة في الوزن الحي.

الأهمية الغذائية للحموض الأمينية:يجب أن تحدد احتياجات الحيوانات المجترة الصغيرة والحيوانات بسيطة المعدة من البروتين اعتماداً على محتوى البروتينات من الحموض الأمينية.

أما بالنسبة للحيوانات المجترة البالغة فلم يحدد حتى الآن احتياجاتها من الحموض الأمينية بشكل دقيق وذلك بسبب التغيرات البيوكيميائية المعقدة التي تحدث للبروتينات في الكرش.

حيث تتحول 60 – 70% من بروتينات الأعلاف إلى بروتينات الميكروبات والتي تتواجد فيها الحموض الأمينية الضرورية الحرجة بكميات أكبر مقارنة مع البروتينات النباتية.

جزء من الخلايا البكتيرية تصبح غذاء للنقاعيات. وعند التحول الثاني للبروتين الميكروبي إلى بروتين النقاعيات فإن تركيز الحموض الأمينية الحرجة يستمر بالارتفاع.

وفي هذه الظروف الفيزيولوجية الطبيعية عند المجترات فإن الحموض الأمينية مؤمنة بشكل متواصل بواسطة الآلية السابقة.

في القسم الرابع من المعدة في الأنفحة يحدث هضم للبروتين العلفي وبروتين الميكروبات وبروتين النقاعيات بواسطة الإنزيمات المحللة للبروتين بشكل مشابه للحيوانات ذات المعدة البسيطة

## التسمم بالأمونيا وبالنترات والنتريت:

في ظروف عدم اتزان علائق الحيوانات المجترة من حيث محتواها من الكربوهيدرات والدهون والألياف والعناصر المعدنية والفيتامينات فإن إضافة المواد الآزوتية غير البروتينية يمكن أن تسبب مشاكل صحية للحيوانات.

اليوريا تكون سامة فقط إذا تجاوزت نسبتها الحد المسموح أو إذا لم تُخلَط جيداً مع مكونات العلف. ويكون هناك خطورة بالتسمم باليوريا في حال كانت كمية العلف صغيرة مع تغذية عالية على اليوريا.

يلاحظ في حالات التسمم باليوريا عند المجترات التعب والإرهاق و ارتجاف عضلي وعدم تناسق الحركة و التعرق الشديد وفي الحالات المتقدمة يمكن أن يحصل إفراز لعاب غزير ويموت جنين الأبقار الحوامل بعد 30 دقيقة من ظهور الأعراض. يتم العلاج السريع بتعديل الفائض من الأمونيا في الكرش عن طريق إعطاء الأبقار 5 ليتر من اللبن الرائب أو مصل الحليب أو 2 ليتر من محلول سكري تركيزه 30% عسل اسود. ويمكن إعطاء محلول حَمض الخل بتركيز 5% وإعطاء محاليل أملاح الكالسيوم والمغنزيوم ويمكن في الحالات الشديدة إعطاء كبريتات الأتروبين كمضاد تشنج.

يجب عدم تغذية الحيوانات الجافة على اليوريا لأن حموضة الكرش تكون مرتفعة ويكون تأثير اليورياز كبيراً.

الحيوانات التي تناولت دريس فصة تكون أكثر مقاومة للتسمم من الأبقار التي تناولت تبن حبوب ، ويجب بكل الأحوال تعويد الحيوانات بشكل تدريجي على تناول كميات قليلة من اليوريا وخلال فترة لا تقل عن 10 يوم.

إن الحيوانات بصورة عامة لا يمكنها أن تستخدم الروابط الآزوتية البسيطة كالنتريت والنترات والأمونيا بشكل مباشر لبناء وتمثيل البروتينات الخاصة بها، علماً أنها تُمتص بسهولة من الجَهاز الهضمي إلى الدم وإن ورودها بكميات كبيرة يسبب تسمماً خطيراً عند الحيوان والإنسان.

وعند وصول النتريت إلى الدم فإنه يغير أوكسي هيموغلوبين الدم إلى ميثيوهيموغلوبين الدم المتبدل وهذا الأخير غير قادر على مبادلة غاز ثاني أوكسيد الكربون مع أوكسيجين الهواء في الرئتين، وعند تراكم الميثيوهيموغلوبين ووصول نسبته إلى 75% تنفق الحيوانات بالإختناق وأهم أعراضه هو الدم الأسود الذي يخرج من الأوعية الدموية المفتوحة.

وتلاحظ حالات التسمم بالنترات والنتريت عندما تضاف الأسمدة إلى الأراضي الزراعية بمعدل 200كغ للهكتار وبدون ري كافٍ وهذا يؤدي لزيادة تركيز النترات والنتريت في النباتات حتى تصل إلى المستويات السمية (1.5%) من وزن العليقة. كما أن وصول النترات والنتريت إلى مياه الشرب يؤدي إلى التسمم في حال وصلت الكمية إلى (1.8) غرام لكل ليتر. يمكن خفض سمية النترات والنتريت بإعطاء الحيوانات مستحضرات فيتامين (A).

**********