الخصوصيات التغذوية للأبقار الحلوب:

1- تتميز البقرة الحلوب باحتياجاتها الإنتاجية المرتفعة التي تتطلب تغطيتها توافر مقننات غذائية هامة وبالتالي فإن: مستوى التغذية = المقننات الغذائية الكلية \ احتياجات الصيانة

يمكن أن يبلغ هذا المستوى 3-4.5 للطاقة و 4.5-6.5 للآزوت وبعض العناصر المعدنية مثل الـ Ca، وذلك لأبقار إنتاجها من الحليب يتراوح من 25-40 كغ/يوم.

2- تتميز البقرة الحلوب بخاصية هامة وهي التفاوت والسرعة في تطور احتياجاتها الغذائية خلال دورة إنتاج الحليب، وبخاصة الفترة التي تسبق وتتبع الولادة، وذلك بشكل أكبر بكثير مقارنة مع تغيرات قدرتها على استيعاب الأغذية، (صعوبة توفير الاحتياجات في بداية الإدرار، وخاصة من الطاقة)، وبذلك تقوم الحيوانات باستنفار وتهديم معتدلين في الأنسجة الادخارية (الشحمية)، ويتم ذلك في بداية موسم إدرار الحليب.

وعلى العكس فإن قدرة الأبقار الحلوب في نهاية موسم إدرار الحليب وفترة التجفيف تتجاوز احتياجاتها الكلية، مما يسمح لها بإعادة بناء ما استنفذ وتهدم من أنسجتها الادخارية في بداية موسم الحلابة.

3- تتأثر البقرة الحلوب بسرعة نتيجة لأخطاء التغذية وبخاصة نقص محتوى عليقتها وانخفاضه من الطاقة، ويترجم ذلك بتدهور في إنتاج الحليب. وعليه فإن مستوى الإنتاج لدى الأبقار الحلوب، وبالتالي الاحتياجات اللازمة لتغطيته هو الذي يحدد مقدار المقننات الغذائية ومستواها.

4- تتميز الأبقار الحلوب بقدرتها على استخدام الطاقة المتناولة عن طريق الأغذية بشكل فعّال لتغطية احتياجات الصيانة والإنتاج، فضلاً عن بناء وإعادة تكوين ما استنفذ وتهدم من أنسجتها الادخارية.

الأسس و المبادئ التي تقوم عليها تغذية الأبقار الحلوب:

تقوم تغذية الأبقار على ثلاث حقائق ثابتة :

* ارتباط دورة الإنتاج لديها ارتباطاً وثيقاً بدورتها التناسلية.
* عدم كفاية شهية الأبقار الحلوب (قدرتها على استيعاب الأغذية Cl)، وذلك في بداية موسم إدرار الحليب لتغطية احتياجاتها الإنتاجية.
* عدم قدرة الأعلاف الخشنة (العليقة الأساس) على تغطية الاحتياجات.

أولاً: دورة الإنتاج لدى الأبقار الحلوب:

تتكرر دورة الإنتاج 3-4 مرات خلال الحياة الإنتاجية للأبقار الحلوب.

دورة الإنتاج = 10 أشهر إنتاج حليب + 2 شهر تجفيف (استراحة الضرع).

دورة الإنتاج = دورة تناسلية تعطي خلالها البقرة عجل واحد في العام.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يُميز خلال موسم إدرار الحليب الـ 10 أشهر، طورين أساسيين:

1- الطور الصاعد: يتزايد خلاله إنتاج البقرة اليومي من الحليب ليبلغ أقصاه (ذروة الحلابة) ومدته 6-8 أسابيع.

2- الطور المتناقص: حوالي 8 أشهر، يتناقص خلاله إنتاج الحليب اليومي بشكل منتظم نسبياً، ويُسمى منتصف موسم الحلابة.

إذاً تقسم الأبقار إلى فئات ومجموعات تبعاً:

1- الطور الذي تمر به دورة إنتاجها :

- أبقار في بداية موسم إدرار الحليب (طور صاعد)
- أبقار في منتصف موسم الحلابة (طور متناقص)
- أبقار جافة

2- عدد مواسم الحلابة:

* أبقار في موسم حلابتها الأول (يكون لديها احتياجات هامة للنمو، وقدرتها على استيعاب الأغذية منخفضة.
* أبقار في موسم الحلابة الـ 2-3-4 ...

ثانياً: قدرة الأبقار الحلوب على استيعاب الأغذية CI:

إن إمكان تحقيق تغطية تامة لاحتياجات الأبقار الحلوب من الطاقة والأزوت والمعادن والفيتامينات عن طريق المقننات الغذائية يعد حالة مثالية، حيث يتحقق التطابق بين الاحتياجات من جهة والقدرة على استيعاب الأغذية من جهة أخرى. ويكون هذا ممكناً في منتصف موسم الحلابة (الطور المتناقص)، وذلك لأن قدرة الحيوانات على استيعاب الأغذية تبلغ حدها الأقصى خلال هذه الفترة.

ترتفع قدرة البقرة الحلوب على استيعاب الأغذية بشكل منتظم لكنه بطيء في بداية موسم الحلابة لتبلغ أقصاها في نهاية الشهرين الأوليين، إلا أن ارتفاع كميات الأغذية التي يتناولها الحيوان يكون أبطأ من ارتفاع احتياجاته من الطاقة والآزوت.

أسباب تأخر ارتفاع قدرة الحيوان على استيعاب الأغذية:

- يحتاج الكرش وأقسام القناة الهضمية الأخرى لفترة زمنية لكي تشغُل الحجم أو المكان الذي أصبح متاحاً بعد ولادة الجنين وخروج ملحقاته.
- تبقى شهية الحيوان وإقباله على تناول الأغذية محدودة بالحالة الهرمونية والتغذوية التي يمر بها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

– تحتاج الأحياء الدقيقة في الكرش لفترة من الزمن لكي تتكيف مع عليقة ذات كمية مرتفعة وغنية بالأغذية المركزة.

وللأسباب السابقة ومقارنة مع الاحتياجات الغذائية المرتفعة للأبقار الحلوب في فترة الـ 6–8 أسابيع الأولى من موسم الحلابة، فإنه يحدث استنفار وتهديم في الأنسجة الادخارية (الشحمية) للحيوان لتعويض ذلك النقص، مما يؤدي إلى حدوث نقص في وزن الحيوان يتناسب مع قدرته الإنتاجية، وبذلك يتوجب علينا أن نأخذ هذه الظاهرة الفيزيولوجية بعين الاعتبار عند تكوين علائق الأبقار الحلوب في بداية موسم إدرار الحليب.

يجب التأكيد على أن انخفاض قدرة الحيوان على استيعاب الأغذية يكون سريعاً خلال الأسابيع الأخيرة من الحمل 15–40%، تبعاً لنوعية الأعلاف الخشنة، وذلك بسبب تضاؤل الحجم والمكان المتاح في المنطقة البطنية للحيوان والناجم عن تزايد وتسارع نمو الجنين وتطوره.

ثالثاً: دور العليقة الأساس (الأعلاف الخشنة):

تكون الاحتياجات الغذائية اللازمة للإنتاج مرتفعة لدى الأبقار الحلوب، فمن أجل إنتاج يومي 25–40 كغ حليب، تبلغ الاحتياجات الكلية 3–4 أضعاف احتياجات الصيانة، لذلك فإن الأعلاف الخشنة لا تكفي لتغطية احتياجات هذه الأبقار الحلوب، مما يستدعي استخدام الأغذية المركزة ذات المحتوى المرتفع في المادة الجافة، من الطاقة الصافية، ويمكن لبعضها أن يكون غنياً بالبروتين.

لذلك ومن الناحية العلمية، يُفضل التفريق بين العليقة الأساس والعليقة المكملة من حيث الأهمية النسبية لكل منهما:

1– العليقة الأساس: تضم الأعلاف الخشنة، وتعطى عموماً بدون تقنين.

2– العليقة المكملة: تضم الأغذية المركزة، وتعطى مقننة لتكملة العليقة الأساس، بحيث تنسجم مع كل حيوان أو فئة من الحيوانات حسب إنتاجها، وذلك بعد تحديد احتياجات الأبقار الحلوب من العناصر الغذائية.

وبذلك يمكن تقسيم الأبقار عند تكوين العلائق لها إلى:

الحالة العامة: الأبقار في موسم حلابتها الثاني أو بعده، حيث تكون ذروة إنتاج الحليب في نهاية الشهر الثاني.

* ويدخل على احتياجات الأبقار التي في موسم الحلابة الأول، تعديلات عن الحالة العامة تأخذ بعين الاعتبار احتياجات النمو لديها.

حالات خاصة: – الأبقار في بداية موسم إدرار الحليب. – الأبقار المجففة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تقدير المقننات الغذائية للحيوانات الزراعية ..

أولاً: القوام الغذائي اللازم لحفظ حياة الحيوان (العليقة الحافظة)

القوام الغذائي الحافظ هو عبارة عن كمية المركبات الغذائية التي يحتاجها جسم الحيوان عندما يكون في حالة راحة تامة دون قيامه بأي عمل أو إنتاج، ويكون ميزان دورة المركبات الغذائية (الكربون والآزوت) بحالة توازن (محايدة أو تساوي الصفر).

يُستهلك المقنن الغذائي اللازم لحفظ الحياة على سير العمليات المختلفة داخل جسم الحيوان، وذلك للمحافظة على استمرار حياته بحالة صحية جيدة دون زيادة أو نقصان في وزنه. والقوام الغذائي الحافظ له أهمية قصوى في إنتاج الحيوان. لذلك ولضمان إنتاج عال للحيوان يجب توفير احتياجاته الغذائية الضرورية لحفظ الحياة ولبناء ما يهدم في جسم الحيوان، ثم توفير الاحتياجات لإنتاجه. ومن الصعب جداً التمييز بين المقنن الغذائي الحافظ والمنتج لدى الحيوانات المنتجة.

تختلف طريقة تقدير كل من الغذاء الحافظ والمنتج باختلاف الغاية المستخدمة، فمثلاً:

لحفظ الحياة يُعتمد على وزن الحيوان وحجمه، أما بالنسبة للإنتاج فيتوقف التقدير على كمية الإنتاج ونوعه.

- كل زيادة في الإنتاج تتطلب زيادة في المقنن الغذائي الحافظ.
- ليس لمعرفة المقنن الغذائي الحافظ، دلالة علمية إلا عند الحيوانات التامة النمو التي لا يستفاد منها مثل حيوانات العمل، ثيران العمل، والحيوانات المسنة قبل ذبحها.

كيفية تقدير المقنن الغذائي الحافظ:

يتأثر المقنن الغذائي الحافظ للحيوان بعوامل عديدة مثل: وزن الحيوان وحجمه وحالته الصحية، درجة الحرارة المحيطة بالحيوان، ومدى نشاط الغدد المفرزة للهرمونات، وحالة الحيوان العامة. ولتقدير المقنن الغذائي الحافظ يجب تثبيت وتوحيد جميع العوامل المحيطة بالحيوان. هناك عدة طرق لتقدير المقنن الغذائي الحافظ:

1- تقدير دورة المركبات الغذائية في جسم الحيوان:

يتم ذلك بمعرفة ميزان الآزوت والكربون، ويشترط عند تقدير المقنن الغذائي الحافظ أن يكونا محايدين أو مساويين الصفر، أي أن كمية الطاقة الحرارية والبروتين المتوفرين في العليقة المقدمة للحيوان تكفيان فقط للعمليات الحيوية المختلفة التي تحدث في جسم الحيوان لحفظ حياته.

2- عن طريق إجراء تجارب عملية على الحيوانات:

ويتم التقدير عن طريق تشكيل مجموعات عديدة من الحيوانات وتغذى على مستويات مختلفة من المركبات الغذائية (الطاقة الحرارية، البروتين، المعادن، الفيتامينات)، ثم يُختار المقنن الغذائي الذي يحافظ على وزن

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المجموعة دون زيادة أو نقصان. أي يكون ميزان المركبات الغذائية المختارة داخل جسم الحيوان يعادل الصفر.

3- عن طريق حساب المقنن الغذائي الحافظ للطاقة على أساس وزن الحيوان وكبر ومسطح جسمه:

وجد أن الحيوانات الصغيرة تمتلك مسطحاً جسمياً أكبر نسبياً من الحيوانات ذات الوزن الكبير. وهذا يعني أن الحيوانات الصغيرة تتطلب كمية من الطاقة الحرارية أكثر من الحيوانات الكبيرة، وبالتالي يكون المقنن الغذائي الحافظ لها أكبر.

وتفسير ذلك، بأن تبادل الطاقة عند الحيوانات الصغيرة يتم بسرعة أكبر من الحيوانات الكبيرة بالنسبة لوحدة الوزن، وهذا يعني أنها تتطلب مقنناً غذائياً حافظاً أكبر بالنسبة للكيلوغرام الواحد. إذاً، لا تتناسب الزيادة في الطاقة طردياً مع الوزن، إنما تتناسب طردياً مع مسطح الجسم.

 # يمكن حساب المقنن الغذائي الحافظ من الطاقة كما يلي:

المقنن الغذائي الحافظ مقدراً بـ Kcal = **70 × (وزن الحيوان)**$^{0.75}$ ،

وإذا طُلب إجراء الحساب على أساس معادل النشا، يُقسم الناتج على 3761 kcal ،،

لأن كل 1 كغ نشا = 3761 كيلوكالوري.

تحدد الطاقة التي تم الحصول عليها من المعادلة، الحد الأدنى اللازم لحفظ الحياة، ولكن من الناحية العملية تزداد هذه الكمية بنسبة 33% للأبقار والأغنام، وبنسبة 50% للدواجن.

وبذلك يُستنتج، بأنه كلما ازداد وزن الحيوان كلما تناقصت كمية الطاقة اللازمة لكل 100 كغ وزن حي.

 # حساب المقنن الغذائي الحافظ للبروتين:

يحسب عن طريق تقدير آزوت التمثيل الداخلي، ووجد بأنه يتناسب طردياً مع حيز الجسم التمثيلي (وزن الجسم)$^{0.75}$، وذلك حسب المعادلة:

آزوت التمثيل الداخلي مقدرة بـ ملغ = **70 × 2 (وزن الحيوان)**$^{0.75}$

حيث وجد أن كل 2 ملغ آزوت يقابلها 1 كيلو كالوري طاقة. ويضرب الناتج بـ 6.25 لتحويل الآزوت إلى بروتين، ثم يُقسم على 1000 لتحويل الناتج بالغرام بدلاً من الـ ملغ أي:

بروتين التمثيل الداخلي بـ غ = 70 × 2 × 6.25 \ 1000 × (وزن الحيوان)$^{0.75}$ **= 0.88 × (وزن الحيوان)**$^{0.75}$.

ولتقدير كمية البروتين المهضوم اللازم توفرها في الغذاء يُضرب بـ 2، لأن القيمة الحيوية لبروتين الغذاء تساوي 50%. وتصبح المعادلة: كمية البروتين المهضوم الحافظ بـ غ = 1.76 × (وزن الحيوان)$^{0.75}$.

إذاً، كلما ازداد وزن الحيوان كلما تناقصت كمية البروتين المهضوم اللازمة لكل 100 كغ وزن حي.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

*** كيف تُقدر كمية آزوت التمثيل الداخلي الذي يحدث في جسم الحيوان ؟**

قدرت هذه الكمية على أساس التجربة، حيث أخذت حيوانات تامة النمو مغذاه تغذية جيدة، ثم صومت لفترة محدودة (لكي تستهلك الآزوت الفائض لديها)، ثم أعطي لها غذاءً خالي نهائياً من البروتين، وقدرت كمية الآزوت المهدومة عن طريق البول، وذلك بعد ثبات كمية الآزوت المهدومة. وقد اعتبرت هذه الكمية من الآزوت بالكمية اللازمة لحفظ حياة الحيوان، ووجد أنها تعادل 2 ملغ آزوت لكل 1 كيلو كالوري.

ثانياً: القوام الغذائي اللازم لحفظ حياة الأبقار الحلوب:

أولاً: المقنن الغذائي الحافظ من الطاقة:

يمكن حسابه من المعادلة التالية التي تأخذ بعين الاعتبار وزن الحيوان فقط.

1- الطاقة الحرارية اللازمة لحفظ الحياة مقدرة بـ كغ معادل النشا = **ت \ 300 + 1** ، حيث ت: وزن الحيوان.

هذا المقنن صحيح فقط للأبقار الجافة، إذ وجد أن الأبقار الحلوب تحتاج إلى عليقة حافظة أكثر، وذلك لحاجة الأبقار الحلوب إلى طاقة إضافية لتنشيط الغدد الصماء المفرزة للهرمونات المنشطة لإنتاج الحليب.

أي أن تقدير العليقة الحافظة للأبقار الحلوب يعتمد على وزن الحيوان وكمية إنتاجه من الحليب يومياً.

وبالتالي كمية معادل النشا اللازم إضافته إلى العليقة الحافظة للأبقار الحلوب تُحسب كما يلي:

2- كمية الطاقة اللازمة لنشاط الغدد الصم مقدرة بـ كغ معادل نشا = **ت+300 \ ت×1000 × م^2** ،

حيث: م = كمية الحليب اليومية بـ كغ على أساس نسبة دهن 3.3%.

إذاً المقنن الغذائي الحافظ من الطاقة بـ كغ معادل نشا = مجموع ناتج المعادلتين 1 و 2.

العوامل التي تؤدي إلى رفع احتياجات الأبقار من الطاقة الحرارية لحفظ حياتها:

- درجة حرارة الحظيرة: لها تأثير كبير على زيادة الاحتياجات من الطاقة، فإذا انخفضت درجة الحرارة عن 12 درجة مئوية، أو إذا زادت عن 25 °م، يتطلب ذلك من الحيوان طاقة يصرفها من أجل رفع أو خفض درجة الحرارة حتى الوصول إلى الدرجة الملائمة له 12-18 °م.
- قص شعر الأبقار يؤدي إلى زيادة احتياجاته من الطاقة الحافظة.
- حركة الحيوان المستمرة أو الكثيرة تزيد من احتياجه للطاقة الحافظة.

**** في الحياة العملية ،،**

تقدر العليقة الحافظة بـ 0.58 كغ نشا لكل 100 كغ وزن حي

(كعليقة حافظة يومية للحيوان المنتج وغير المنتج).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ثانياً: تقدير المقنن الغذائي الحافظ من البروتين المهضوم:

يتم حسابه بالمعادلة التالية مع الأخذ بعين الاعتبار وزن الحيوان،

احتياجات الأبقار اليومية من البروتين المهضوم مقدرة بـ غ = **130 × (ت \ 300 + 1)**

حيث ت: وزن الحيوان.

**** في الحياة العملية: يقدر احتياج الأبقار في اليوم بـ 60 غ بروتين مهضوم للحيوان السليم و 70 غ للحيوان الضعيف، لكل 100 كغ وزن حي.**

تقدير المقننات الغذائية الإنتاجية للأبقار الحلوب:

تختلف هذه المقننات باختلاف نوع الحيوان والإنتاج الذي ينتجه (حليب، لحم)، ولكل من هذه المنتجات مقننات غذائية خاصة.

1- تقدير كمية الطاقة اللازمة لإنتاج الحليب:

عند التقدير يجب أن يُأخذ بعين الاعتبار: تركيب الحليب ودرجة استفادة الحيوان من الغذاء المقدم له لإنتاج الحليب، حيث يتكون الحليب من الماء، الدهن، البروتين، سكر الحليب والرماد، وهذه جميعها تختلف عن بعضها باختلاف نوع الحيوان وسلامته.

ووجد أن نسبة السكر ثابتة في الحليب ونسبة البروتين تتبدل قليلاً عند تغير نسبة الدهن، والدهن هو أكثر المكونات الغذائية تبدلاً في الحليب.

لذلك تتوقف القيمة الحرارية اللازمة لإنتاج الحليب، على نسبة الدهن الموجودة فيه. إذاً، لحساب الطاقة اللازمة لإنتاج الحليب يجب معرفة نسبة الدهن عن طريق جربر،

ومنها كمية الطاقة الحرارية الموجودة في 1 كغ حليب مقدرة بـ كيلوكالوري = **115 س + 280.6**

حيث س: نسبة الدهن (باعتبار أن جميع العناصر الأخرى ثابتة).

يستمد الحليب طاقته الحرارية من الطاقة المخزنّة في جسم البقرة أو من الغذاء = ع.

لذلك يجب حساب كمية الطاقة الموجودة بالغذاء. وجد أنه ليست كل الطاقة في الغذاء تستخدم في الطاقة الحرارية للحليب، إنما يفقد جزء منها في الروث والبول والتخمرات والغازات، والباقي يستخدم في الإنتاج فعلاً، وهو الذي يسمى بالطاقة الاستقلابية.

ووجد أن كل 100 كيلوكالوري طاقة حرارية استقلابية تفقد من أصلها 25% في حال إنتاج الحليب (40% في حال إنتاج دهن). إذاً، يصل إلى الحليب 75%، ومنه:

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

كمية الطاقة الحرارية الاستقلابية لإنتاج 1 كغ حليب بـ كيلوكالوري = ع × 75\100. وإذا أُريد التحويل من الـ kcal إلى كغ نشا، تُقسم النتيجة على 3761.

يمكن تلخيص ما سبق شرحه لحساب كمية الطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج الحليب في صورة معادل نشا:

- يجب معرفة نسبة الدهن في الحليب بطريقة جربر.
- حساب الطاقة الحرارية لـ كغ حليب ولتكن ع: ع = 115 س + 280.6
- تُحول الأبقار الحلوب الطاقة الحرارية الاستقلابية إلى حليب بنسبة 75%،

إذاً، الطاقة الحرارية الاستقلابية اللازمة لإنتاج 1 كغ حليب بـ كيلوكالوري = ع × 75\100 .

- وبما أن كل 1 كيلو غرام نشا مهضوم يعطي 3761 كيلوكالوري حرارة استقلابية، فيكون عدد كغ النشا الواجب توفرها بالعليقة = ع × 75\100 × 3761.

إذاً، لإنتاج ق كغ حليب يلزم من معادل النشا بـ كغ = ق × ع × 75\100 × 3761.

ويُلاحظ أنه كلما ارتفعت نسبة الدهن بالحليب كلما ارتفعت كمية النشا اللازمة، وهذا يدل على أن الطاقة الحرارية في الحليب مرتبطة بنسبة الدهن فيه.

*** * من الناحية العملية تقدر الاحتياجات من النشا بـ 0.27 كغ نشا، وذلك لإنتاج 1 كغ حليب نسبة الدسم فيه 4%.**

تعديل نسبة الدهن في الحليب:

عندما يكون محتوى الحليب من الدهن مختلف عن 4% يمكن حساب كمية الحليب المعادلة، حسب علاقة Gains كما يلي:

كمية الحليب (كغ) المعادلة لـ 4% دهن= (0.4 × كمية الحليب المنتج (كغ)+{ 15× كمية الدهن في الحليب المنتج (كغ)}.

مثال: 20 كغ حليب نسبة دسمه 3.6%، يُراد تعديله فتكون كميته بعد التعديل حسب المعادلة:

0.4×20 + 15×3.6×20\100 = 8 + 15 × 0.72 = 18.8 كغ.

2- تقدير كمية البروتين المهضوم اللازمة لإنتاج الحليب:

وجد أن مصدر بروتين الحليب هو الغذاء، لذلك لضمان إنتاج جيد يجب تحديد كمية البروتين المهضوم اللازم توفرها في الغذاء المقدم، إذاً، لا بد من معرفة كمية البروتين المهضوم الموجودة بالحليب وبمعرفة نسبة تحويل بروتين الغذاء إلى بروتين حليب، يتم تحديد كمية البروتين اللازمة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

لتحديد كمية البروتين المهضوم يجب:

- معرفة نسبة البروتين المئوية في حليب الأبقار = **1.597 + (0.446 × نسبة الدسم)**.

- يُضرب الناتج في 2 لأن مقدرة الأبقار الحلوب على تحويل البروتين المهضوم في الغذاء إلى بروتين حليب تعادل 50%.

- ولمعرفة كمية البروتين في 1 كغ يُضرب ناتج المعادلة بـ 10.

**** من الناحية العملية تقدر الاحتياجات من البروتين المهضوم بـ 65-70 غ بروتين مهضوم لإنتاج 1 كغ حليب دسمه 4%.**

3- تقدير المقننات الغذائية من المعادن:

يحتوي الحليب على نسبة محددة من العناصر المعدنية والتي لا تتأثر بما تحتويه العليقة من العناصر المعدنية المقدمة للحيوان:

كمية الحليب اليومية (كغ)	Ca (غ)	P (غ)	كلور (غ)	صوديوم (غ)
10	**12.1**	**9.5**	**9**	**7.5**
20	**24.3**	**19.0**	**18**	**14.6**
30	**36.3**	**28.5**	**27**	**22.0**

بالإضافة لهذه الكميات التي تفرز في الحليب فإن الأبقار يلزمها لحفظ حياتها كميات معلومة من المواد المعدنية، ولا بُد من توفير هذه العناصر في غذاء الحيوانات وذلك لإنتاج جيد ولعدم استخدام ما هو مخزن في هيكلها العظمي.

<u>ملاحظات:</u>

- لوحظ أن ميزان الكالسيوم في جسم الأبقار عالية الإنتاج، يبقى سالباً لفترة نحو 20 أسبوع بعد الولادة، على الرغم من عدم نقص مستوى الكالسيوم في الحليب، ثم يصبح الميزان موجباً في الأسبوع الـ 46 لقرب نهاية موسم الإدرار والجفاف، وذلك استعداداً لموسم إدرار جديد.

- يستمر الفقد في الفوسفور حتى الأسبوع 12، ثم يستعاد ويصبح موجباً في الأسابيع التالية.

- يزداد احتجاز كل من العنصرين داخل الحيوان قرب نهاية موسم الإدرار ووقت الجفاف.

ولتفادي الميزان السالب للكالسيوم والفوسفور، يجب أن تُعطى الحاجة الكلية للأبقار من هذه العناصر، والمعادلتين الآتيتين تحددان الاحتياجات اليومية منهما، آخذة بعين الاعتبار الكميات المفرزة من الـ Ca و P خلال الموسم الحالي وموسم الإدرار السابق.

1) الاحتياجات اليومية من Ca مقدرة بـ غ = **16 ك + 1.44 م – 44**

2) الاحتياجات اليومية من P مقدرة بـ غ = **5.5 ك + 1.18 م**

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حيث ك: كمية الحليب في موسم الإدرار السابق مقدرة بالطن،

م: كمية الحليب اليومي في الموسم الحالي مقدرة بالكيلوغرام.

بالنسبة للعناصر المعدنية الأخرى ما عدا كلور الصوديوم، فإنها تكون كافية في العلائق المقدمة إلاّ في بعض الجهات التي عرف عنها حالات نقص فيجب أن إضافتها.

**** الكميات الواجب إعطائها من العناصر المعدنية لكل 100 كغ وزن حي هي:**

Nacl غ 5 ، P غ 3-2.5 ، Ca غ 6-4

**** أما بالنسبة لإنتاج 1 كغ حليب فهي:** Ca غ 2.5-2 ، P غ 2 ، و Nacl غ 2.

من الناحية العملية، يمكن أن تتوفر هذه المقادير في عليقة الحيوان المركبة بإضافة نسبة 2% إليها، من ثنائي فوسفات الكالسيوم أو مسحوق العظام، وإضافة 1% من ملح الطعام إلى العليقة المركبة المئوية.

4- تقدير حاجة الأبقار من الفيتامينات:

الفيتامينات مواد عضوية توجد في الغذاء الطبيعي بنسبة ضئيلة جداً ووجودها في علائق الحيوانات ضروري جداً لنمو الحيوان بشكل جيد والمحافظة على صحته وعدم إصابته بالأمراض الناتجة عن نقص الفيتامينات وهي أمراض مختلفة. * وظائف الفيتامينات:

1- منع إصابة الحيوان ببعض الأمراض.

2- المحافظة على نمو الحيوان بشكل جيد وإنتاجية عالية.

3- تساهم في التفاعلات الأنزيمية التي تحدث داخل جسم الحيوان.

الفيتامينات مجموعتين:

- الفيتامينات التي تذوب في مذيبات الدهون (E K D A).

- مجموعة فيتامين B وفيتامين C وهي تذوب في الماء. (ليس لها أهمية كبيرة لأنها تتكون في كرش الحيوان بواسطة الأحياء الدقيقة).

الفيتامينات التي تذوب في مذيبات الدهون (E K D A)، وهي مهمة جداً في تغذية المجترات:

فيتامين A (الريتنول)، نقصه من العلائق يسبب: انخفاض نسبة الخصوبة لدى الأبقار، إجهاض الأبقار الحوامل، المواليد التي تُلد تكون ضعيفة أو عمياء أو نافقة حسب درجة نقص الفيتامين، والنقص الشديد يسبب إصابة الحيوانات المجترة بتحجر القرنية.

فيتامين D (D2 أرجوكالسيفرول، D3 كولي كالسيفرول)، نقصه من العليقة يسبب: الإصابة بالكساح لدى الحيوانات الصغيرة، والحيوانات الكبيرة تصاب بلين العظام.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

فيتامين E، نقصه من العليقة يسبب: مرض الضمور العضلي في العجول والحملان، وتظهر على الحيوان أعراض التشنج، وحدوث اختلال في وقفة الحيوان أو مشيته.
لذلك من الضروري توفير هذه الفيتامينات (E K D A) في علائق الأبقار المقدمة يومياً لتلافي أعراض نقصها ولضمان وجود الكميات الملائمة من الفيتامينات في الحليب الذي يلعب دوراً هاماً في نمو الأطفال والحيوانات الصغيرة التي تتغذى عليه.

من الناحية العملية يجب توفر مصدر فيتامين A في العليقة المقدمة للحيوان والذي يعطى على صورة كاروتين (مولد فيتامين A) من مصادر نباتية، أو مركز من مصادر حيوانية (زيت السمك و كبد الحوت).
أما فيتامينات K ومجموعة B ، فليست لها أهمية من الناحية العملية لأن الحيوانات المجترة تحصل على الكميات اللازمة منها من العمل التركيبي لبكتريا الكرش، أما فيتامين C فتكونه الحيوانات المجترة في الكبد.
لذلك لا بُد أن يتوفر مصدر لفيتامين (E, D, A) عن طريق الأعلاف الخضراء، أو المصادر الأخرى الطبيعية الغنية بها وعلى العموم:

A vit: يجب توفره كعليقة حافظة بمعدل 30 ملغرام كاروتين لكل 100 كغ وزن حي، و 10–15 ملغرام كاروتين لإنتاج الحليب.
D vit: تحتاج البقرة الحلوب بحدود (3000– 12000) وحدة دولية في اليوم. وتختلف المقننات من فيتامين A اللازمة للأبقار الحلوب والحامل اختلافاً كبيراً حسب الدول وتعتبر روسيا أعلى دولة تستخدم المقننات اللازمة لضمان حليب ذي نسبة عالية من فيتامين A.

5- احتياجات الأبقار من الماء:

يتوقف احتياج الأبقار للماء على: طبيعة الغذاء الذي تتناوله، كمية الحليب التي تنتجها، والبيئة المحيطة بها. إن نقص الماء يؤثر تأثيراً كبيراً في الانتاج، حيث:
- وجد أن الأبقار تحتاج إلى 4–6 كغ ماء لكل 1 كغ مادة جافة مأكولة .
- العجول الصغيرة تحتاج إلى ضعف احتياج الأبقار التامة النمو.
- البقرة الحلوب تحتاج إلى 4 كغ ماء لإنتاج 1 كغ حليب.
- الأبقار التي تتغذى على 12 كغ مادة جافة تحتاج يومياً إلى 50–70 كغ ماء.
- ووجد أن عدم توفير الماء الكافي للأبقار الحلوب يؤدي إلى انخفاض الإنتاج بنسبة 3.5% إذا ما قورن بالأبقار التي يترك الماء أمامها. لذلك ينصح بترك الماء أمام الأبقار لتأخذ منه ما تشاء وبصورة مستمرة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

6- كمية المادة الجافة الواجب توافرها في عليقة الأبقار:

بعد حساب المقننات الغذائية اليومية، يجب أن يُعرف ما هو حجم العليقة الذي يمكن للأبقار استهلاكه بحيث تتوفر فيه جميع هذه المقننات.

هناك عوامل تلعب دوراً في تحديد حجم العليقة المناسب منها:

- فصيلة الحيوان: مجتر أو غير مجتر، حيث أن الحيوانات المجترة تستفيد من الأغذية المالئة أكثر من الحيوانات غير المجترة التي يجب أن تتوفر في عليقها المواد العلفية المركزة.
- نوع الغذاء: مالئ أو عادي
- نوع المادة العلفية وشكلها: يؤثر في حجم العليقة المواد العلفية المالئة التي لا يُستهلك منها كثيراً أما الخضراء فعلى العكس.
- طعم ورائحة المواد العلفية واستساغتها: تؤثر في رفع أو خفض ما تستهلكه الأبقار منها.
- وزن الحيوان - كمية الإنتاج - عدد وجبات الغذاء المقدمة للحيوان خلال اليوم - كمية المادة العضوية في المادة الغذائية ومعامل هضمها. لذلك عند تغذية الأبقار يجب أن لا تزيد كمية المادة الجافة في العليقة اليومية للأبقار عن الحد الذي يزيد عن طاقة استهلاك الأبقار اليومي. وأيضاً تخفيض حجم العليقة التي تعطى عن الحد المناسب (بالاعتماد على التغذية على الأعلاف المركزة سهلة الهضم)، لا توفر للحيوان حجماً مناسباً وبالتالي يشعر الحيوان بالجوع، وهذا يسبّب للأبقار اضطرابات هضميّة ولا يستفيد بشكل كامل من العليقة المقدمة له.

لذلك تؤخذ المادّة الجافّة كمقياس لتقدير ما تستهلكه الأبقار يوميّاً:

حيث وجد أن استهلاك الأبقار من المادة الجافّة يتوقف على: وزن الحيوان أو فصيلته، وحسب الإنتاج ونوعيّة المواد العلفيّة المكوّنة للعليقة اليوميّة المقدّمة للأبقار.

ويوصى بأن يؤخذ 2.5-3 كغ مادّة جافّة يوميّاً لكل 100 كغ وزن حي، وقد تصل إلى 3.5 كغ، حسب نوع مادّة العلف.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الفصل الأول

الجهاز الهضمي للحيوانات المجترة

تختلف طبيعة وخصائص الهضم عند الحيوانات المجترة عنها عند ذوات المعدة البسيطة بسبب اختلاف تركيب معدة المجترات وبخاصة وجود الكرش في بداية قناة هضمها. فالكرش بيئة مناسبة لتكاثر ونشاط أجناس وأنواع عديدة من الأحياء الدقيقة اللاهوائية التي تستوطنه وتتعامل مع ما يصل إليه من مواد غذائية بالتحليل والاستقلاب مضيفة إلى ما تتعرض إليه هذه المواد من هضم ميكانيكي وكيميائي ما يعرف بالهضم الميكروبي Microbial digestion الذي يميز المجترات عن غيرها بقدرات وخصائص هضمية تجعلها قادرة على الاستفادة من بعض المواد التي لا تستطيع ذوات المعدة البسيطة الاستفادة منها ، وتجعل لتغذيتها خصوصية وأسس مختلفة.

لقد تم التعرف على أقسام ووظائف الجهاز الهضمي بشكل عام في مقررات أخرى لذلك سنكتفي هنا بالتركيز على ما هو مهم وخاص بتغذية وقناة هضم المجترات ، وعلى الفعاليات الحيوية والكيميائية وعمليات الاستقلاب التي تحدث فيها والتي تميز المجترات بخصائص فيزيولوجية وهضمية خاصة.

المعدة المركبة للحيوانات المجترة:

تتكون المعدة المركبة Compound Stomach من أربعة أجزاء رئيسية (الكرش، الشبكية، الورقية، المعدة الحقيقية) تشكل بمجملها الجزء الأهم من قناة الهضم عند المجترات (الشكل رقم 1). وفيما يلي وصفاً موجزاً لهذه الأجزاء:

1- الكرش Rumen:

يبدأ الكرش من الفؤادية، وهي فتحة نهاية المريء من الكرش وتكون شبيهة بالشق الطولي عند الماشية، وتشكل بداية أخدود الشبكية أو أخدود المريء الذي يمتد منها باتجاه فتحة الشبكية والورقية. يقسم الكرش من الداخل إلى أكياس بواسطة طية الشبكية والكرش وأعمدة رأسية وطولية وذيلية مكونة من أحزمة عضلية سميكة تشكل فيما بينها حلقة كبيرة مكتملة، وتكون هذه الأعمدة كبيرة جداً بالمقارنة مع طية الشبكية عند الماشية. بينما يكون النتوء الذي تشكله طية الشبكية أوضح من النتوءات التي تشكلها الأعمدة عند الأغنام. ولهذه الأعمدة والنتوءات دور مهم في تنظيم حركة الكتلة الغذائية داخل الكرش وفي تقلص الأكياس المختلفة التي تشكلها هذه الأعمدة.

تغطي سطح الكرش الداخلي أعداد كبيرة من الحليمات Papillae تبدأ بالنشوء بعد أن يبدأ الحيوان بالتغذية على الأعلاف النباتية وخاصة المالئة الغنية بالألياف. وتعيش في الكرش أنواع وأعداد كبيرة من البكتريا والأوالي الحيوانية (البروتوزوا) تعمل بجميعها على تخمر المواد الغذائية.

تعمل عضلات الكرش بشكل مستمر محدثة تقلصات دورية مختلفة في شدتها ودورها في عمل الكرش . فمنها تقلصات خلطية Mixing contraction تجعل حركة محتويات الكرش مستمرة ودائرية باتجاه عقارب الساعة للمواد الخشنة، وعكس عقارب الساعة لسائل الكرش . وتساعد هذه الحركة على خلط محتويات الكرش مع اللعاب الذي يفرز منه كمية كبيرة تصل لأكثر من 100 لتر عند الأبقار. كما تساعد على استمرار انتقال سائل الكرش ومحتواه من الأجزاء الناعمة إلى الورقية .

ويحدث في الكرش نوع آخر من التقلصات العضلية التي تمر باتجاه معاكس للتقلصات الخلطية وتسمى تقلصات تجشؤية Erucation contraction وهي التي تنظم عملية تجشوء وتصريف الغازات من الكرش عن طريق الفم . ويوجد نوع ثالث من التقلصات يسمى التقلص الاجتراري Rumination contraction وهي التي تساعد

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مع العوامل الأخرى في ميكانيكية عملية الاجترار.

وسنتناول لاحقاً عمليات الهضم والاستقلاب التي تتعرض لها المواد الغذائية في الكرش بشيء من التفصيل .

2- الشبكية (القلنسوة) Reticulum:

وهي جزء غير منفصل عن الكرش وترتبط به بوسطة طية من الأنسجة تدعى بطية الشبكية والكرش . ويسمح هذا الاتصال بينهما بانتقال الكتلة الغذائية وسوائل الكرش بين الشبكية والكرش .

ولا يختلف دور الشبكية في الهضم عن الدور الذي يؤديه الكرش لأن الوسط داخلهما متشابهاً وكلاهما يؤدي نفس الوظيفة من الناحية النوعية، ولكن الحجم الصغير للشبكية يجعل أهميتها في الهضم وحجم التفاعلات التي تحدث فيها أقل.

يبطن الشبكية نسيج شبكي يأخذ شكل خلايا قرص النحل، وتكون هذه الخلايا على شكل طيات ذات أربعة أو خمسة أو ستة جوانب.

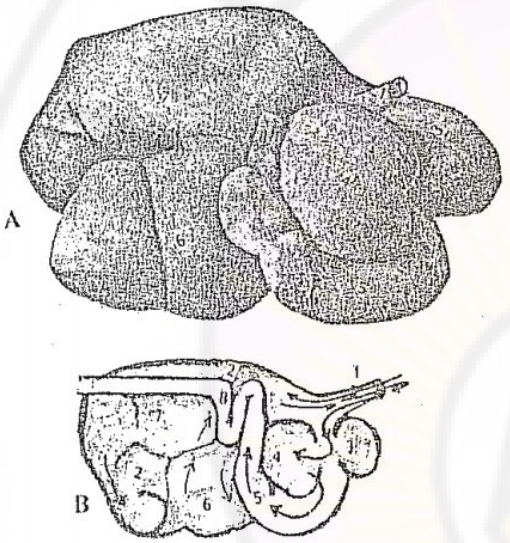
تعمل الشبكية على تنظيم وصول الغذاء إلى الكرش وخروجه إلى الورقية عبر الفتحة المشتركة بين الشبكية والورقية. ولها أهمية كبيرة في تنظيم حركة الكتلة الغذائية وعمليات الاجترار والتحشؤ لموقعها المجاور لفتحة المريء والورقية في نفس الوقت.

3- الورقية (ذات التلافيف) Omasum :

تتصل الورقية من الأمام بالشبكية عند فتحة الشبكية والورقية. ويغطي سطحها الداخلي أعداد متغيرة وغير متماثلة الحجم من طيات أو وريقات طويلة على شكل صفائح Laminae لكل منها حافتين إحداهما محدبة متصلة بغلاف الوريقة من الداخل وأخرى مقعرة حرة. تتجاور هذه الصفائح مع فراغات بينها على شكل أوراق الكتاب. وتختلف أعداد الوريقات وأحجامها بين الأفراد والأنواع، حيث وجد Becker, et al. (1963) أن عددها في ورقية ماشية الجيرسي تتراوح بين 89 و 192وريقة . مع اختلاف كبير في حجم وأعداد الوريقات الصغيرة والمصنفة حسب

حجمها إلى أربع درجات.

تكون الفراغات الموجودة بين الوريقات مملوءة بالكتلة الغذائية الناعمة متراضة على جوانب الوريقات . ويغطي سطح الوريقات عدد قليل من الحليمات المتقرنة.



الشكل (1): أجزاء المعدة المركبة عند المجترات.

A- الشكل الخارجي B- مخطط توضيحي لمسير الكتلة الغذائية

1- المريء 2 – الكرش 3 – الشبكية 4 – الورقية 5 – المعدة الحقيقية 6 –الجيب (الكيس) البطني 7 – الجيب الظهري 8 – بداية الأمعاء الدقيقة

يوجد في الورقية أخدود يمتد من فتحة الشبكية والورقية إلى فتحة الورقية والمعدة الحقيقة يسمح بمرور السوائل للأجزاء الناعمة من الكتلة الغذائية مباشرة إلى المعدة الحقيقية.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4- المعدة الحقيقية (الأنفحة) Abomasum :

وهي الجزء الأخير من المعدة المركبة، شكلها أنبوبي عريض عند اتصاله بالورقية وضيق في نهايتها عند اتصاله بالاثنى عشر. يغطي بطانة المعدة قنيات طولانية كبيرة الحجم في الجانب الأمامي لتشكل ما يشبه الصمام الذي يمنع عودة الغذاء إلى الورقية.

وعلى الرغم من أن وظيفة المعدة الحقيقية عند المجترات تشبه إلى حد كبير وظيفة المعدة عند الحيوانات غير المجترة إلا أن هناك خصائص تميز طبيعة الهضم في المعدة الحقيقية عن وحيدات المعدة أهمها أن الحيوانات ذات المعدة البسيطة تتناول غذاءها على فترات زمنية (وجبات) فتكون فعاليات الهضم وبخاصة الإفرازات منتظمة بدورات منسجمة مع فترات ورود الغذاء إلى قناة الهضم ، بعكس المجترات التي يكون عندها مرور المواد الغذائية (مهضومة أو غير مهضومة) من الكرش والشبكية والورقية إلى المعدة الحقيقة عملية مستمرة لا انقطاع فيها، مما يستوجب استمرار جريان العصارات الهاضمة من الغدد الملحقة بالمعدة والجزء الأمامي من الأمعاء الدقيقة.

يحدث الهضم في المعدة عند المجترات بسرعة أكبر من حدوثه عن وحيدات المعدة، وذلك لأن الكتلة الغذائية القادمة من الورقية تكون قد تعرضت للهضم الميكروبي وتكون جزيئاتها أصغر وتتعرض فوراً للفعاليات الأنزيمية ولتأثير العصارات المحللة للمواد الغذائية.

لا يختلف العصير المعدي الذي يفرز من جيوب المعدة الحقيقية عن ذلك الذي يفرز عند وحيدات المعدة من حيث الأس الهيدروجيني (pH) وبعض الخواص الفيزيائية مثل نقطة الانجماد . ويكون الأس الهيدروجيني للكتلة الغذائية عند خروجها من المعدة الحقيقية حوالي pH 2.3 ، بينما يكون عند دخولها إليها حوالي pH 6 . وعلى الرغم من صعوبة تقدير حجم العصير الذي يفرز في المعدة وتأثره بعوامل عديدة فإن البعض يقدر إفرازات المعدة الحقيقية للأغنام بحوالي 5-6 لتر في اليوم وللأبقار بحوالي 30-35 لتر/يوم.

تمايز المعدة المركبة بين الأنواع:

تتشابه إلى حد كبير المعدة المركبة للماشية مع مثيلاتها عند الأغنام والماعز مع الفارق في الحجوم وفي بعض الصفات التشريحية مثل أطوال الأكياس وامتداداتها، وأحجام الحليمات وأعداد الوريقات المبطنة للورقية ، والنسب الحجمية لأجزاء المعدة المركبة. وعلى الرغم من هذه الاختلافات فإن الاتجاه العام لطبيعة الهضم عند هذه الأنواع يعتبر متقارباً جداً مع وجود خصوصيات جزئية لا مجال هنا للتفصيل فيها.

وما يجدر التنويه عنه هو الاختلاف بين الحيوانات المجترة وبعض الحيوانات الأخرى كالجمال وحيدة السنام وجمال العالم الجديد مثل اللاما والاليكة والغوناق والفكونة والتي تسمى أحياناً بالمجترات الكاذبة. حيث تتشابه المجترات الكاذبة مع الحيوانات المجترة كالماشية والأغنام والماعز في بعض الخصائص مثل إرجاع الغذاء إلى الفم (الاجترار) ووجود نشاط ميكروبي فعال في معدتها يجعلها كالمجترات الحقيقية قادرة على الاستفادة من الأعلاف الخشنة. ولا شك بوجود اختلافات تشريحية بين هذه الحيوانات والحيوانات المجترة ،كما توجد اختلافات أقل أهمية بين الجمال وحيدة السنام وأنواع الحيوانات الأخرى التي تنتمي إلى فصيلة الجمال.

ومن الخصائص الهامة التي تميز الجمال أن معدتها مقسمة إلى ثلاثة أجزاء مميزة، الجزء الأول يماثل الكرش عند المجترات حيث يشكل أكثر من 80% من حجم المعدة المركبة. ويقسم من الناحية البطنية إلى كيس رأسي وكيس ذيلي بواسطة عمود مستعرض ، وتوجد في الجهة البطنية من كلا الكيسين مناطق تحوي جريبات مرتفعة ومستطيلة ذات جدران رقيقة. وتكون بطانة المناطق الخالية من الجريبات عبارة عن خلايا ظهارية طباقية متحرشفة.

أما الجزء الثاني من المعدة فيقارن عادة بالشبكية ويكون صغير الحجم مع وجود أخدود بطني مشابه لأخدود الشبكية عند المجترات. بينما يكون الجزء الثالث مبطناً بغشاء مخاطي وتكون أنسجته في بعض الأجزاء مشابهة للأنسجة الغدية المعدية

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الحقيقية.

تطور ونمو أجزاء المعدة المركبة:

1- في المرحلة الجنينية:

يمكن تمييز المعدة المركبة عند جنين الأبقار عند بلوغه عمر حوالي الشهر، كما يمكن تمييز أجزائها عند بلوغ الجنين عمر 55-60 يوماً. فيبدو الكرش في هذه المرحلة أكبر الأجزاء حجماً. ويمكن تمييز بطانة الشبكية التي تشبه خلايا قرص النحل قبل بلوغ الجنين عمر 3 أشهر. ويكون حجم الورقية كبيراً وواضحاً عند هذا العمر، ولكن نموها يصبح بطيء نسبياً بعد ذلك بعكس المعدة الحقيقية التي تنمو بسرعة في هذه المرحلة لتصبح أكبر أجزاء المعدة المركبة حجماً قبل بلوغ الجنين شهره الخامس.

ويبدأ عند الأغنام تمايز أقسام المعدة المركبة عند بلوغ طول الجنين حوالي 9-10مم ، ويبدأ تمييز الشبكية والكرش والمعدة الحقيقية عند عمر 20-25 يوم. ويمكن عند عمر 70 يوماً تمييز بطانة الشبكية ووريقات الورقية . إلا أن الحليمات التي تبطن النسيج الظهاري لا تكون ظاهرة في هذا العمر.

وكما الأبقار يكون الكرش أكبر الأجزاء في بداية المرحلة الجنينية، فيشكل حوالي 45% من وزن المعدة المركبة عند عمر حوالي شهرين ، بينما لا تشكل المعدة الحقيقية أكثر من 17% في هذا العمر. تنمو بعدها المعدة الحقيقية بسرعة أكبر من سرعة نمو بقية الأجزاء إلى أن تشكل قبيل الولادة حوالي 55% من الوزن الكلي للمعدة المركبة بينما لا تزيد نسبة الكرش عن 25-30%.

2- بعد الولادة:

تقول القاعدة الفيزيولوجية العامة بأن «الأعضاء تتطور تبعاً لأهميتها الوظيفية». ويصح هذا القول على تطور الكرش والمعدة ، ففي المراحل الأولى من العمر (مرحلة الرضاعة) تكون المعدة الحقيقية أكثر تطوراً لدورها الهام في هضم الحليب. وما أن يبدأ

الحيوان باستهلاك الأعلاف النباتية الغنية بالألياف حتى يأتي دور الكرش في الهضم فيبدأ بالنمو السريع فالأسرع بالعلاقة مع تغير نمط التغذية من الحليب إلى الأعلاف النباتية ، إلى أن يأخذ حجمه الطبيعي والأكبر بفارق كبير بالنسبة إلى حجوم بقية أجزاء المعدة المركبة .

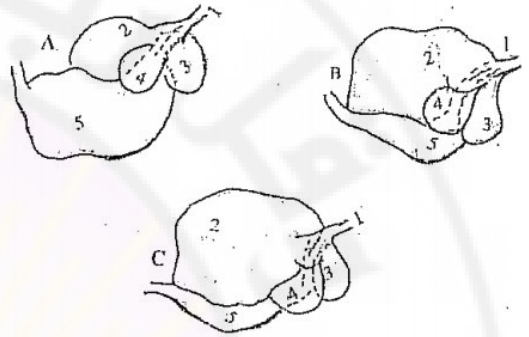
من المعروف أن الكرش والشبكية يكونان صغيرين عند الولادة مقارنة بالمعدة الحقيقية ثم يتطوران بسرعة كبيرة نسبياً بعد الولادة . فالمعدة الحقيقية هي العنصر الأهم من الناحية الهضمية عند الحيوانات حديثة الولادة، وطبيعة الهضم فيها لا تختلف عن الهضم عند ذوات المعدة البسيطة . لذلك فإن الحليب هو الغذاء الأمثل للحيوانات حديثة الولادة ويبقى كذلك حتى يبدأ الكرش دوره الفعال في الهضم .

يبدأ تطور نمو أجزاء المعدة المركبة عند المجترات في عمر مبكر ويكون التطور سريعاً ، وتتغير كثيراً نسبة أجزائها إلى بعضها مع تقدم العمر [الجدول رقم (1) والشكل رقم (2)] ، فيشكل حجم المعدة الحقيقية عند الولادة حوالي نصف حجم المعدة المركبة ، بينما لا يتجاوز حجم الكرش 35-40% منها . وبعد حوالي شهرين من العمر يصبح حجم الكرش أكثر من ضعف حجم المعدة الحقيقية . وفي الشهر الرابع من العمر تأخذ أحجام الأجزاء الأربعة بالنسبة لبعضها نسباً قريبة لما تكون عليه عند الحيوان تام النمو.

الجدول رقم (1): تطور حجم أجزاء المعدة المركبة مع العمر (% من الحجم الكلي للمعدة المركبة).

الحيوان	العضو	التعمر بالأسبوع					
		عند الولادة	4	8	12	16	26-20	38-34
أبقار	كرش وشبكية	38	52	60	64	67	64	64
	ورقية	13	12	13	14	18	22	25
	معدة حقيقية	49	36	27	22	15	14	11
أغنام	كرش وشبكية	38	63	75	72	75		73
	ورقية	7	5	5	7	6		7
	معدة حقيقية	55	32	20	21	19		19

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (2): تطور أجزاء المعدة المركبة مع العمر عند العجول.

A - عجل عند الولادة B – عمر شهرين C - عمر ثلاثة أشهر

1- المريء 2-الكرش 3- الشبكية 4- الورقية 5-المعدة الحقيقية

لا تأخذ الأجزاء الأربعة حجمها الطبيعي قبل بلوغ العجل عمر 18 شهراً. ويمكن أن تتسع المعدة المركبة للأبقار تامة النمو لأكثر من 300 ليتر، يتوزع محتوياتها بين 81-87% في الكرش والشبكية و10-14% في الورقية و3-5% في المعدة الحقيقية.

كذلك الحال بالنسبة لتطور نمو المعدة المركبة عند الأغنام. فعند الولادة تكون المعدة الحقيقية أكبر الأجزاء وتشكل حوالي 66% من الوزن الكلي للمعدة المركبة، بينما لا يزيد حجم الكرش عن ثلث حجم المعدة الحقيقية ، وحجم الشبكية لا يتجاوز سدس حجمها. أما الورقية فتكون صغيرة جداً عند الولادة وتستمر كذلك حتى عمر (10) أيام حيث تبدأ بالنمو.

ومع تقدم العمر تنمو الأجزاء بمعدل واحد تقريباً ما عدا الكرش الذي ينمو بسرعة أكبر، حتى يبلغ وزنه حوالي 50% من وزن المعدة المركبة في عمر(25) يوم

بينما يبلغ وزن المعدة الحقيقية في هذا العمر حوالي 33% من المعدة المركبة . وعند عمر 3 أشهر يكون وزن المعدة الحقيقية قد تضاعف حوالي 3 مرات والشبكية 20 مرة والورقية 10 مرات والكرش 34 مرة. ويمكن أن تتسع المعدة المركبة للأغنام تامة النمو لأكثر من 25 ليتر تتوزع محتوياتها بين 88-93% في الكرش والشبكية و2% في الورقية و5-10% في المعدة الحقيقية.

إن المعلومات المتوفرة عن تطور المعدة المركبة عند المجترات الأخرى كالماعز والجمال واللاما قليلة جداً، ويؤكد المتوفر منها أن أجزاء المعدة تبلغ حجمها النسبي عند الماعز بعمر 7-9 أسابيع، وأن تطور المعدة عند الجاموس يشبه تطورها عند الأبقار بينما لا يتوفر معلومات كافية عن تطورها عند الأنواع الأخرى.

وتعتبر طريقة تغذية الحيوانات الرضيعة ونوعية الغذاء من أهم العوامل المؤثرة في نمو الأجزاء المختلفة للمعدة وبصورة خاصة الكرش . فإن طالت فترة الرضاعة مع استخدام كميات كبيرة من الحليب يكون دور الكرش في الهضم محدوداً بسبب قلة استهلاك الحيوان للمواد الجافة التي تمر إلى الكرش ، ويكون معدل نموه بطيئاً .

ويمكن للعجول أن تبدأ باستهلاك الأعلاف النباتية الجافة الجيدة والمستساغة بعد الأسبوع الأول من العمر وهذه الأعلاف تمر مباشرة إلى الكرش ويبدأ تخمرها ويزداد نشاط الكائنات الدقيقة في الكرش وتبدأ عمليات الهضم الميكروبيولوجي وتظهر نواتجه في الكرش وبخاصة الحموض الدهنية الطيارة ، مما يحفز نمو الكرش فيزداد بسرعة حجمه ووزنه، ويزداد أيضاً سمك الغشاء المبطن له نتيجة نمو الحليمات المبطنة لغشائه التي لا تظهر إلا بعد بدء التغذية على الأعلاف غير السائلة .

كما أن لنوعية الأعلاف النباتية تأثير في سرعة نمو الكرش ، فالأعلاف المالئة الغنية بالألياف تسرّع من نمو الكرش أكثر من الأعلاف المركزة . لذلك ينصح البدء بتغذية الحيوانات الرضيعة على أعلاف مالئة جيدة كالدريس الجيد في عمر مبكر لتسريع قدرة الكرش على الهضم وزيادة فعاليته ، مما يسمح بتوفير نسبة من الحليب

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الذي يستخدم في تغذيته خلال مرحلة الرضاعة .

وبالإضافة إلى دور الأعلاف الجافة في تسريع نمو الكرش والشبكية فهي تؤدي إلى زيادة في وزن الأنسجة وسمك الجدار العضلي . وتكون الزيادة كبيرة جداً في سمك الغشاء المبطن للكرش نتيجة تطور حليمات جدار الكرش التي تزداد كثيراً عند التغذية على الأعلاف المركزة بالمقارنة مع التغذية على الأعلاف الخشنة. وللحليمات دور هام في امتصاص نواتج التخمر في الكرش نتيجة علاقتها بمساحة السطح الداخلي للكرش. ويعتقد أن إنتاج البيوترات والبروبيونات الزائدة في الكرش نتيجة تخمر الأعلاف المركزة يحفز نمو الحليمات أكثر من وجود الخلات التي تنتج بنسب أعلى من تخمر الأعلاف الخشنة الغنية بالألياف.

ويمكن أن يؤدي التطور الزائد للحليمات إلى إصابة الكرش بالتقرن، وفي هذه الحالة يزداد حجم الحليمات ، وتتلبد عليها محتويات الكرش وتتغلف نهاياتها بطبقة متقرنة ، فيختل عملها وكفاءتها في امتصاص نواتج التخمر وينخفض الـ pH وتزداد نسبة حمض البربيونيك على حساب حمض الخل ويقل امتصاص الحموض الدهنية الطيارة من جدار الكرش . ومنعاً لحدوث مثل هذا الخلل في عمل الكرش يجب الحيطة من استخدام الأعلاف المركزة وحدها في الأعمار المبكرة وبدون توازن مع الأعلاف الخشنة الجيدة لتأمين احتواء العليقة على الحد الأدنى من الألياف الخام.

حجم الكرش والعوامل المؤثرة في استيعابه:

على الرغم من أن سعة الكرش عند الامتلاء وعند حيوان واحد لا تتغير كثيراً، إلا أن حجم الكرش الوظيفي يتميز بعدم الثبات عند جميع الحيوانات وهو متغير بتأثير عوامل مختلفة. وبالتالي فإن محتويات الكرش سواء من السوائل أو من المواد الصلبة تتغير أيضاً. ويستخدم عادة محتوى الكرش من السوائل في تقدير حجم الكرش عند الحيوانات.

فعند الحيوانات المتشابهة يختلف حجم الكرش بتأثير العمر والوزن وحجم الجسم. إلا أن العامل الأهم والأكثر تأثيراً في حجم الكرش هو نمط التغذية ونوعية العليقة وطبيعة التخمرات التي تحدث في الكرش . وقد يكون لحجم الغازات التي تنتج من عمليات التخمر دوراً كبيراً في الاختلافات الناجمة عن اختلاف نوعية العليقة وأثرها في حجم الكرش. كما وجد أن هناك علاقة بين حجم الكرش وعدد مرات استهلاك العلف ، فالحيوانات التي تستهلك علائقها بصورة بطيئة وعلى مدار اليوم يكون حجم كرشها أصغر من تلك التي تتعود على استهلاك العلف خلال فترة محدودة ولمرة واحدة في اليوم . كما وجد أن الأغنام التي تستهلك وجبتها بسرعة يتمدد كرشها خلال استهلاك العلف بمعدل 0.53 لتر، أما الأغنام التي تستهلك وجبتها ببطئ فإن كرشها يتمدد بمقدار 0.06 لتر فقط.

ومن المعروف أن زيادة نسبة الأعلاف الخشنة في العلائق تؤدي إلى زيادة حجم الكرش . وقد بين Putnam, et al. (1966) أن حجم الكرش عند الثيران التي تغذت على عليقة تحوي 25% دريس تراوح بين 36-50 لتراً بينما تراوح بين 44-58 لتراً عند الثيران التي تغذت على عليقة تحوي 89% دريس.

كما وجد أن حالة الحمل تؤثر في حجم الكرش فيزداد في المراحل المبكرة من الحمل بنسبة 17.7% ، وعند منتصف فترة الحمل يزداد بنسبة 19.9% ، ثم ينخفض في نهاية فترة الحمل إلى حوالي 12.1% ، نتيجة زيادة حجم القناة التناسلية (Forles, 1969).

ومن المعروف أن لدرجة السمنة تأثير في حجم الكرش حيث يكون كرش النعاج السمينة أقل من حجم كرش النعاج الضعيفة . ويمكن أن ينخفض حجم الكرش عند النعاج السمينة إلى أقل من 4.5 لتر بينما يصل حجم الكرش عند النعاج الضعيفة إلى أكثر من 10 لتر ، وذلك نتيجة زيادة ترسب الدهون في الأحشاء الداخلية وزيادة وزن الأنسجة المبطنة للكرش .

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

كما يعتقد بوجود علاقة بين إنتاج الحليب وحجم الكرش وبين فصول السنة أو البيئة بشكل عام وبين حجم الكرش . مما يؤكد أن هناك مجموعة علاقات بين عوامل فسيولوجية وبيئية وبين حجم الكرش ومنعكساته على الهضم وكفاءة استخدام العلف تحتاج إلى مزيد من الدراسات لفهمها وتوضيحها.

الإجترار:

الاجترار هو عودة الغذاء من الكرش إلى الفم لمضغه ومزجه باللعاب وابتلاعه مرة أخرى. يحدث الاجترار على فترات تتناوب مع فترات استهلاك العلف الأغنام من والماء وفترات للراحة. وعادة تمضي الحيوانات وقتاً أطول في النهار لاستهلاك العلف لذلك فإنها تمضي وقتاً أطول للاجترار في الليل. ويختلف عدد فترات الاجترار وطول فترة بحسب نوع الحيوان ونظام ونوع التغذية. فقد تراوح عدد الفترات من 9 إلى 18 فترة/يوم عند التغذية لمرة واحدة في اليوم ومن 12-30 فترة/يوم عند التغذية لأكثر من مرة . كما يختلف طول فترة الاجترار وينأثر بعوامل مختلفة تغذوية وميكانيكية وعصبية ... الخ . وقد قدر أنه يمكن أن تجتر الأغنام ما مجموعه 8-9 ساعات/يوم، وأن طول فترة الاجترار بشكل عام يكون أقل من نصف ساعة مع أنه يمكن أن يمتد حتى ساعتين ويمكن أن لا يكمل دقيقة واحدة.

وتختلف كذلك عند الماشية عدد فترات وطول فترة الاجترار فهي في الحظائر المغلقة مختلفة عن المراعي، ومتأثرة بشكل أساسي بنسبة العلف الخشن في العليقة، وبشكل عام تجتر الأبقار حوالي 6-10 ساعات في اليوم.

تبدأ عملية الاجترار بعد حوالي 30-45 دقيقة من تناول العلف عند الأغنام ،

وتعتبر الراحة والهدوء التام شرطاً أساسياً لبدء عملية الاجترار وانتظامها، لذلك فإن معظم الحيوانات تجتر وهي مستلقية. وإن كان بإمكانها الاجترار وهي واقفة، أو حتى مع الحركة البطيئة المنتظمة كما في حالة الجمال . أما الحركات المفاجئة التي

تسبب اضطراباً للحيوان فإنها توقف عملية الاجترار لفترة من الزمن ، وكذلك حرارة الجو المرتفعة تؤخر البدء بها.

يرتبط بدء الاجترار عند الحيوانات الصغيرة بشكل وثيق مع استهلاك الأعلاف النباتية الجافة. لذلك يظهر الاجترار مبكراً عند العجول أو الخراف التي تبدأ مبكراً باستهلاك الأعلاف النباتية ويتأخر عند استمرار التغذية على الحليب. وبشكل عام يبدأ مبكراً عن ذلك (من عمر خمسة أيام) ويكون في هذه الحالة عبارة عن تقلصات للكرش تزداد مع نقص الغذاء السائل وبدء التغذية على الأعلاف النباتية الخشنة . ويبدأ الاجترار عند الخراف في عمر مبكر حوالي (8) أيام ، إلا أن طول فترة الاجترار يكون قصيراً جداً في هذا العمر ، ويزداد طولها تدريجياً حتى تبلغ طولها الطبيعي بعد فترة 4 أشهر.

حركة الغذاء في المعدة المركبة:

يمر الحليب عند الحيوان الرضيع عبر الشبكية والكرش مباشرة إلى المعدة الحقيقية عن طريق الأنبوب الذي يتكون نتيجة انغلاق أخدود المريء. أما عند الحيوانات تامة النمو فإنه يتم في الفم مضغ الغذاء مبدئياً ومزجه مع اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية حتى يسهل بلعه وينتقل عبر المريء إلى الكرش حيث يبقى فترة طويلة. فخلال 24 ساعة لا ينتقل من الكرش إلى الأجزاء التالية أكثر من نصف الغذاء المتناول، لذلك فإن الكرش في الظروف الطبيعية لا يمكن أن يفرغ من الغذاء.

عند وصول الغذاء إلى الكرش يتشبع بالسوائل الموجودة فيه فيثقل وزنه وينتقل إلى الجزء الأسفل منه، بينما تبقى السوائل في الجزء الأعلى من الكرش وفي الشبكية ويبقى الغذاء فيه عدة ساعات يتعرض خلالها إلى التخمر الذي ينتج عنه تغير كبير في تركيبه الكيميائي ويتم أيضاً خلالها اجتراره.

وأثناء الاجترار تندفع كتلة من الغذاء مشبعة بسوائل الكرش من خلال فتحة

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المريء إلى الفم وذلك نتيجة انكماش الشبكية والأجزاء العليا من الكرش بمرور السائل منها إلى الورقية فيخف الضغط على الجهة الصدرية وتتسع فتحة المريء فتخرج كتلة الغذاء الخشن من الفتحة باتجاه الفم مدفوعة بفعل الغازات الناتجة عن التخمر وبفعل حركة العضلات والتقلصات وبتأثير مجموعة من العوامل التي تتحكم بآلية عمل الاجترار.

وأثناء مرور الكتلة في المريء يعود السائل إلى الشبكية بينما تصل الكتلة الخشنة إلى الفم، حيث يتم مضغها جيداً ومزجها باللعاب ثم ابتلاعها من جديد لتعود إلى الجزء الأمامي من الكرش حيث تبقى فيه الأجزاء التي لم تمضغ جيداً والخشنة بينما يتابع الجزء الناعم منها مع السائل طريقه باتجاه فتحة الشبكية والورقية.

ونتيجة الحركة المستمرة للكرش ينتقل الجزء السائل من الكرش إلى الشبكية حاملاً معه الأجزاء الدقيقة من الكتلة الغذائية وبعض الأجزاء الخشنة أيضاً ومن الشبكية تنتقل إلى الورقية حيث تمر الأجزاء الناعمة من الكتلة الغذائية مع السوائل من فتحة الشبكية والورقية وتبقى الجزاء الخشنة عالقة على الفوهة حيث تعمل كمصفاة تمنع مرور الأجزاء الكبيرة إلى الورقية، وعند بلوغ كمية المواد الخشنة على فوهة الورقية حداً معيناً ترتفع من جديد فوق سطح سائل الكرش نتيجة نقص كثافتها ويتم اجترارها مرة أخرى.

إن حركة الكتلة الغذائية مع سائل الكرش باتجاه الورقية مستمرة ، وتختلف سرعتها باختلاف عليقة الحيوان وتزداد أثناء تناول العليقة وأثناء الاجترار . وفي المتوسط ينتقل من الكرش إلى الورقية عند الأبقار حوالي 4 لتر/ساعة وعند الأغنام حوالي نصف لتر/ساعة.

تنقل الكتلة الغذائية من الورقية إلى المعدة الحقيقية بعد أن يكون قد طرأ تغيراً كبيراً على تركيبها الكيميائي . فتصل إليها بعد أن تكون قد فقدت 60-70% من الألياف الخام وجزءً كبيراً من النشا والسكريات الذائبة. كما تكون قد طرأت تغيرات

هامة على بروتين العليقة، سواء من حيث الكمية أو النوعية ، نتيجة فعل ميكروبات الكرش التي تستخدم آزوت العليقة لتكوين البروتين الميكروبي ، والتي تغني الكتلة الغذائية ببعض المركبات الهامة الأخرى مثل مجموعة فيتامينات B وبعض الحموض الدهنية والأمونيا التي يمتص جزء كبير منها في الكرش، وغيرها من المركبات.

والمعدة الحقيقية تقوم بوظيفة المعدة البسيطة عند الحيوانات غير المجترة، ومنها تنتقل الكتلة الغذائية إلى الاثنا عشري حيث يستمر هضمها بفعل العصارات الهاضمة التي تصل إلى الأمعاء.

محمد ياغ 0993605786
محمود ل 0936517519
محمد ايرهلب 0988780701
محمد حسن 0994055546
أ محمد شلاش 0946457607

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الفصل الثاني

أحياء الكرش الدقيقة
RUMEN MICRO-ORGANISMS

يعتبر الكرش وما يحتويه بيئة مناسبة جداً لكثير من أنواع الأحياء الدقيقة، فالأس الهيدروجيني يتراوح في الأحوال الطبيعية بين pH 7.5-5 ودرجة الحرارة بين 39-41°م، وتوفر الرطوبة والمواد الغذائية المتنوعة التي تصل إلى الكرش بشكل متواصل، جميعها تشكل بيئة مناسبة لنشاط وتكاثر أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة تتمايز فيما بينها كثيراً أو قليلاً من حيث تنوعها وتخصصها وفعلها بتأثير التغيرات النسبية التي تحدث في وسط الكرش والتي غالباً ما تنجم عن الاختلاف في طبيعة غذاء ونوع الحيوان وخصائصه وسلوكه الغذائي.

وتعتبر البكتريا والأوالي الحيوانية (البروتوزوا أو المديبات) أهم الأحياء المجهرية السائدة في الكرش. كما توجد في الكرش أنواع أخرى أقل أهمية مثل الأحياء المشابهة للخميرة، والملتهمة للبكتريا، وبعض السوطيات والفطور. ونظراً لأن الوسط في الكرش لا هوائياً، فلا بد وأن تكون جميع الأحياء التي تعيش في الكرش لا هوائية أو لا هوائية اختيارياً.

بكتريا الكرش Rumenal Bacteria :

لقد صنف Hungate (1966) بكتريا الكرش اعتماداً على عاملين أساسيين هما:

- المواد التي تعمل وتتغذى عليها البكتريا.
- النواتج النهائية من تخمر تلك المواد.

ومع العلم بوجود طرق أخرى علمية ودقيقة لتصنيف البكتريا، فإن طريقة تقسيم Hungate تعتبر مناسبة لدراستنا التي تهدف إلى التعريف بدور البكتريا في هضم واستقلاب المواد الغذائية.

وفيما يلي أهم أقسام بكتريا الكرش مصنفة على أساس الاستهلاك من المواد الغذائية ونواتج تحللها :

1- البكتريا المحللة للسيليلوز (Cellulytic Bacteria):

وتشمل السلالات القادرة على إنتاج أنزيم السيلولاز (Cellulase) التي تحلل السيللوز إلى السيلوبيوز (السكر الثنائي الذي يتكون من ارتباط الجلوكوز بروابط من نوع بيتا) ويزداد وجود هذه السلالات في الكرش عندما تكون العلائق غنية بالألياف الخام. وأهم السلالات التي تتبع هذا القسم:

Ruminococcus falvefacienc
Bacteroides succinogenes
Clostridium loch headii
R. albus
Cillobacterium cellulosolvens

2- البكتريا المحللة للهيميسيللوز (Himicellulytic Bacteria):

يعتبر تحلل الهيميسيللوز أسهل وأسرع من تحلل السيللوز، لأن السلالات التي تحلل السيللوز تعمل أيضاً على الهيميسيللوز، بالإضافة لوجود سلالات متخصصة في هضم الأخير مثل:

Butyrivibrio vibrisolvens
Lachnopira multibarus
Bacteroides ruminicola

3- البكتريا المحللة للنشا (Amylolytic Bacteria):

إن معظم السلالات التي تحلل السيللوز قادرة على تحليل النشا ولكن العكس ليس صحيحاً. ويزداد وجود السلالات الهاضمة للنشا عند التغذية على علائق مركزة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

غنية بالنشا. والسلالات التي تحلل النشا وتستخدمه كمصدر للطاقة كثيرة، أهمها:

Butrivibrio fibrisolvens
Butrivibrio alactacidigen
Selenomonas ruminantium
Selenomonas lactilytica
Bacteroides amylophilus
Bacteroides ruminicola
Streptococcus bovis

4- البكتريا المحللة للسكريات:

إن معظم سلالات البكتريا التي تحلل السكريات المتعددة تستطيع تخمير السكريات البسيطة والثنائية التي تنتج منها أو التي يمكن أن تتواجد في العليقة. ولا يعتقد بوجود سلالات متخصصة في تخمر السكريات ، إذ أن الأرجح أن جميع السلالات على اختلاف خصائصها ووظائفها الأساسية تستخدم السكريات كمصدر للطاقة. ومن المؤكد وجود سلالات من غير الهاضمة للسيللوز تفرز أنزيم البيتاجلوكوز سايداز الذي يحلل السيلوبيوز. كما توجد في كرش المجترات الصغيرة العمر والتي مازالت تتغذى على الحليب مع الأعلاف الجافة أعداد كبيرة من البكتريا التابعة إلى سلالات قادرة على تحليل اللاكتوز لإنتاج الطاقة منه.

5- البكتريا التي تستفيد من الحموض العضوية:

من المعروف أن العديد من أنواع البكتريا تستخدم الحموض العضوية الموجودة دائماً كنواتج نهائية أو وسطية لاستقلاب الكربوهيدرات والليبيدات وحتى البروتينات في الكرش مثل اللاكتيك والسكسونيك والماليك والفيوماريك والفورميك والخليك والأكساليك وغيرها. وغالباً لا تشكل هذه الحموض المصدر الرئيسي للطاقة عند السلالات التي تتغذى عليها . وكمثال نبين فيما يلي بعض السلالات التي تستفيد من اللاكتات:

Veillonella gazogenes

V. alasalescens
Selnomonas lactilytica
Propioni bacterium sp.

6- البكتريا المحللة للبروتينات (Protolytic Bacteria):

من الصعب حصر سلالات البكتريا التي تتبع هذا القسم فهي مختلفة الخصائص ومتنوعة جداً . فمنها سلالات تستخدم الحموض الأمينية كمصدر للطاقة لعدم قدرتها على استخدام السكريات. ومنها التي تحلل البروتينات الحقيقية والببتيدات منتجة الحموض الأمينية . ومنها التي تعمل على أي مصدر آزوتي سواء بروتيني أو غير بروتيني لإنتاج الأمونيا.

ومن أهم السلالات المحللة للبروتين:

Clostridium sporogenes
Bactroides amylophilus
Bacillus licheniformis

ومن أهم السلالات المتميزة بإنتاج الأمونيا:

Selenomonas ruminantium
Bacteroides ruminicola
Peptostrepyococcus elsdenii

7- البكتريا المنتجة للميثان:

ينتج الميثان من تخمر الكربوهيدرات ويشكل حوالي 25% من غازات الكرش. ونظراً لصعوبة تنمية السلالات المنتجة للميثان مخبرياً فإن عدد السلالات المدروسة من هذا القسم قليل جداً ، على الرغم من أن المتوقع أن تكون هذه السلالات كثيرة، وأهم السلالات المعروفة التابعة لهذا القسم:

Methanobacterium rumenantium
M. formicicum
M. suboxydans

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

8- البكتريا المحللة لليبيدات (Lipolytic Bacteria)

لا توجد دراسات كافية على السلالات التي تعمل على هضم واستقلاب الليبيدات في الكرش ، مع أنه من المعروف أن البكتريا في الكرش تستطيع تحرير الجليسرول من جزيء الدهن وتستخدمه كمصدر للطاقة . كما تعمل البكتريا على هدرجة الحموض غير المشبعة وكذلك استقلاب الحموض ذات السلاسل الطويلة وإنتاج الكيتونات منها.

9- البكتريا المنتجة للفيتامينات:

لا توجد كذلك دراسات كافية تبين قدرة وتخصص سلالات البكتريا في إنتاج الفيتامينات المختلفة. إلا أنه من المؤكد أن بكتريا الكرش تنتج حاجتها من معظم الفيتامينات. ويوجد العديد من السلالات القادرة على إنتاج كميات تكفي لتغطية احتياجات الحيوان العائل من مجموعة فيتامينات B .

والخلاصة أن معظم سلالات البكتريا تعمل على أكثر من نوع واحد من المواد الغذائية، والقليل منها يكون متخصصاً بالعمل على مادة محددة مثل (*Bacteroide amylophilus*) المتخصصة في مهاجمة المالتوز والنشا، وكذلك (*Anaerovibrio lipolytica*) المتخصصة في مهاجمة الفركتوز والجليسرول . أما السلالات التي تعمل على السيللوز فهي غالباً تستطيع الاستفادة من جميع المواد الكربوهيدراتية . كما أنه لبعض السلالات القدرة على تغيير سلوكها الغذائي حسب المتاح لها من مواد غذائية في الظروف المحيطة.

الأوالي الحيوانية (البروتوزوا) Rumenal Protozoa :

عرفت الأوالي الحيوانية والتي كانت تسمى **هدبيات** الكرش منذ منتصف القرن التاسع عشر وذلك بسبب كبر حجمها وإمكانية تمييزها بالمجهر البسيط . وقد سمح كبر حجمها بتصنيفها اعتماداً على تركيب الخلية وشكلها الظاهري.

تتميز الأنواع التي توجد في كرش المجترات من هذه الأحياء بوجود الأهداب على جسمها بشكل رئيسي وأحياناً تكون مزودة بأسواط بدلاً من الأهداب . ويعتبر وجود وتوزيع الأهداب أو الأسواط على الجسم من الخصائص المهمة التي تستخدم في تصنيف الأوالي الحيوانية.

وعلى الرغم من وجود بعض الاختلافات حول تصنيف بروتوزوا الكرش وعدم كفاية الدراسات حول هذا الموضوع فإن المجاميع المصنفة من هذه الأحياء قسمت إلى رتبتين هما:

رتبة البروتوزوا كاملة الشعر - ورتبة البروتوزوا قليلة الشعر.

وتبعاً لتصنيف (Corliss 1961) فإن تحت الصنف كاملة الشعر (Holotricha) يشمل أربعة أجناس معروفة يتبعها ستة أنواع وتحت الصنف قليلة الشعر (Oligatricha) يشمل حوالي تسعة أجناس يتبعها ثلاثون نوعاً معروفاً.

وتتميز الأنواع كاملة الشعر بأن الأهداب تغطي كامل الجسم وبحجمها الكبير وشكلها القريب من الشكل البيضوي وقدرتها على التحرك بسرعة، بينما تكون الأهداب على جسم الأنواع قليلة الشعر على شكل خصلة على الأجزاء الداخلية للخلية وتختلف أشكال وحجوم هذه الأنواع ، وغالباً يكون شكلها بين البيضوي والمستطيل.

حجم وأعداد الهدبيات:

تتميز هدبيات الكرش بكبر حجمها النسبي مقارنة مع بكتريا الكرش فقد ذكر (Clarke 1964) أن حجمها يختلف بحسب الجنس والنوع فيتراوح طولها بين 38- 195 ميكروناً . ومع أن الحجم الكبير يسهل عملية التصنيف إلا أنه يجعل عملية العد صعبة باستخدام حجرات العد الاعتيادية مما يعطي نتائج غير دقيقة ومتباينة بين الباحثين . ويتأثر عدد الهدبيات في الكرش بتأثير ظروف عديدة جداً أهمها ظروف التغذية ضمن العمر الواحد والنوع الواحد للحيوان . وبشكل عام تراوحت الأعداد

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بحسب نتائج الدراسات بين صفر إلى 5 ملايين/مل، وهي عادة تقع ضمن 200 ألف إلى 2 مليون خلية/مل.

وفيما يلي أهم خصائص بعض الأنواع المدروسة من الأوالي الحيوانية ذات العلاقة بعمليات الاستقلاب داخل الكرش:

- **الأوالي الحيوانية المغطاة كلياً بالأهداب (كاملة الشعر)** (Holotricha)

ويتبعها من الأنواع المعروفة ستة أنواع ثلاثة منها مهمة جداً في الكرش وتلعب دوراً هاماً في العمليات الحيوية فيه هي:

1- *Isotricha prostoma*: وهو نوع بيضوي الشكل، الأهداب تغطي كامل الجسم وبقع الفم في الجانب الأمامي من الجسم.

2- *Isotricha intestinalis*: وهو شبيه بالنوع السابق ويختلف عنه في أن الفم يكون في مقدمة الجسم.

ويتشابه هذان النوعان في انتشارهما وخصائصهما وكلاهما قادر على تمثيل الجلوكوز والفركتوز والاينولين والفركتوزانات المتعددة والبكتينات وكذلك حبيبات النشا الصغيرة الجحم.

كما أنها تستهلك الكثير من الكربوهيدرات وتخزنها على صورة أميلوبكتين بدون أن يكون لديها نظام سيطرة على التخزين لدرجة أن استهلاكها يستمر حتى تنفجر الخلايا.

وينتج هذان النوعان حموض الخل والبيوتريك واللاكتيك بشكل أساسي كما ينتجان كميات قليلة من البروبيونيك بالإضافة إلى غازات الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون . ومما يميز هذين النوعين أيضاً أنهما لا يستطيعان الاستفادة من سكريات المانوز والمالتوز.

3- *Dasytricha ruminantum*: وهو أيضاً بيضاوي الشكل أقل استطاعة من النوعين السابقين والأهداب تغطي كامل الجسم. ويعتقد بأن انتشاره جغرافياً أقل من

النوعين السابقين ، وهو أكفأ الأنواع في تمثيل الكربوهيدرات بأنواعها المختلفة فهو يخمر زيادة عن النوعين المذكورين أعلاه الجلاكتوز والمالتوز والسيلوبيوز وغيرها . كما أن له خاصية إنتاج غاز الميثان.

أما الأجناس والأنواع الأخرى التابعة للأوالي كاملة الشعر فإن الدراسات المتوفرة حالياً تؤكد ندرتها في الكرش وبالتالي عدم أهميتها في العمليات الحيوية فيه.

- **الأوالي الحيوانية المغطاة جزئياً بالأهداب (قليلة الشعر)** (Oligotricha)

ويتبعها من الأجناس المعروفة تسعة أجناس تتشابه في أن الأهداب لا تغطي كامل الجسم فتكون على شكل خصلة في أحد الجوانب ، وتتميز الأجناس والأنواع فيما بينها بحسب حجم وموقع الأهداب وشكل الجسم ووجود أو عدم وجود النواة وشكل النواة ووجود أو عدم وجود الصفائح وعددها وشكلها بالإضافة إلى بعض الخصائص الأخرى التي تميزها عن بعضها. وأهم الأجناس التابعة للأوالي قليلة الشعر:

- جنس *Entodenium*: الذي تعتبر أنواعه أكثر الأنواع انتشاراً في الكرش خاصة إذا كانت العلائق غنية بالنشا . وتتميز خلاياها بحجمها الصغير نسبياً، وبعض أنواعها لها ذيل . يقاوم هذا الجنس الظروف القاسية ويتحمل الحموضة العالية (حتى pH 4.5) لذلك تشكل نسبة عالية من أعداد الأوالي عند التغذية على الأعلاف المركزة التي تؤدي إلى انخفاض pH الكرش. جميع أنواع هذا الجنس تفضل التغذية على النشا وبعضها يهاجم الألياف وبعضها تفترس بعض الأنواع الصغيرة التي تخزن النشا.

- جنس *Diplodinium*: ويتبعه عدة أنواع معروفة منها ما يستطيع هضم السيللوز مثل (*D. dentatum*) وعدد من أنواع هذا الجنس مفترسة لأنواع أخرى من الأوالي الحيوانية.

- جنس *Eudiplodinium* : ومنها عدة أنواع لها أشكال مختلفة.

- جنس *Polyplastrum* : وهو أيضاً من المفترسات لأنواع أخرى.

- جنس *Epidinium* : وفيه عدة أنواع توجد بنسب كبيرة عند الأبقار، وقليلة

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عند الأغنام. شكلها متطاول له أهداب أمامية وذيل أو ذيلين أو ثلاثة ذيول.

الأحياء الدقيقة الأخرى:

تؤكد الدراسات التي جرت بعد معرفة المجهر الإلكتروني إلى أن الكرش يحوي إضافة إلى البكتريا والأوالي الحيوانية على ملتهمات البكتريا والتي تعرف بالفيروسات البكتيرية. وقد شخّص مجموعة من العلماء في ظروف وأماكن متباينة عدداً كبيراً من هذه الملتهمات بلغت أكثر من /125/ صنفاً متبايناً مورفولوجياً، ووجد أن أكثر من /65/ صنفاً من بكتريا الكرش تحتوي على ملتهمات داخل خلاياها وإن عدد هذه الملتهمات يزيد على عدد البكتريا بنسبة /2-10/ أضعاف.

كما يوجد في الكرش العديد من أنواع الأحياء الدقيقة غير المستوطنة فيه نتيجة وصولها وبقائها لفترات عابرة في وسط الكرش، مثل بعض أنواع البكتريا التي قد تكون أحياناً ممرضة للحيوان أو الإنسان وكذلك بعض الأحياء الشبيهة بالخميرة والتي تزداد فرص وجودها عند حدوث تغير مفاجئ في عليقة الحيوان إلى عليقة تحوي مواد مركزة بنسب عالية.

كما بينت العديد من الدراسات وجود أنواع من الفطور اللاهوائية في وسط الكرش. إلا أن الدراسات على هذه الأحياء ودورها في وظائف الكرش محدود جداً بسبب قلة أعدادها وأهميتها.

انتقال الأحياء الدقيقة إلى الكرش وتطورها:

انتقال البكتريا:

تنتقل البكتريا إلى كرش الحيوانات المجترة الصغيرة مباشرة عن طريق الفم من الحيوانات الأكبر ويمكن أن تصل عن طريق الهواء ولكن بنسب محدودة حيث تستطيع بعض الأنواع أن تبقى حية لبعض الوقت في الهواء.

إن أعداد وأنواع كثيرة من البكتريا تستوطن في الكرش في أعمار مبكرة

وتختلف الأنواع المستوطنة عند الحيوانات المعزولة منذ الولادة ، عن تلك المرباة مع الحيوانات الأخرى . فقد وجد أن نسبة أنواع البكتريا المحللة للسيللوز تكون قليلة عند الحيوانات المعزولة بينما تزداد نسبة الأنواع التي تخمر اللكتات . كما وجد عند الحيوانات المعزولة أنواع كثيرة غير مألوفة عادة في كرش المجترات . وتبين أن طبيعة نشاط الأنواع البكتيرية المعروفة في الكرش لم تكن طبيعية عند الحيوانات المعزولة كما هو معروف عنها عند الحيوانات تامة النمو.

وفي الوضع الطبيعي يمكن ملاحظة وجود الأنواع المحللة للسيللوز في عمر أسبوع واحد للعجول وأسبوعين للحملان شريطة أن لا يكون الوسط في الكرش عالي الحموضة .

وقد بينت إحدى التجارب أن سائل الكرش المأخوذ من عجول عزلت عزلاً تاماً خلال 24 ساعة بعد الولادة احتوى على البكتريا المحللة للسيللوز بتركيز 10^4/غ بعد /5-7/ أيام من العزل. وقد تمكن سائل الكرش هنا من هضم السيللوز مخبرياً . مما يؤكد وجود عدة طرق لانتقال البكتريا إلى الحيوانات حديثة الولادة مثل العلف والماء والهواء.

وبشكل عام تتطور أعداد وأنواع البكتريا في الجزء الأسفل من قناة الهضم (الأعور) للمجترات النامية أسرع من تطورها في الكرش . وتتطور أعداد وأنواع البكتريا في الكرش مع تقدم الحيوان بالعمر في الظروف العادية لتتشابه مع الحيوانات تامة النمو عند وصول العجول إلى مرحلة البلوغ.

انتقال البروتوزوا :

لا بد لوصول البروتوزوا إلى كرش الحيوان حديث الولادة من اتصال مباشر مع الحيوانات الأكبر الحاملة لهذه البروتوزوا ، وإذا ما تحقق مثل هذا الاتصال فإنه يمكن ملاحظة وجود مجموعات هذه الأحياء بعد أسبوعين من الولادة في كرش الأبقار والأغنام والجاموس شريطة أن لا يقل الأس الهيدروجيني للكرش عن pH 6. إن

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الاستهلاك الكبير للحليب والمواد المركزة يؤخر تطور نمو البروتوزوا في الكرش وذلك بسبب انخفاض pH الكرش عند هذا النمط من التغذية لأن الحموضة العالية تقتل الكثير من أنواعها . أما إذا بدأت التغذية على الأعلاف الجافة النباتية والخشنة فيمكن أن تصل مستويات البروتوزوا في كرش العجول عند عمر 1.5-2 شهر إلى مستواها عند الحيوانات تامة النمو.

إن عزل الحيوانات حديثة الولادة مباشرة عزلاً تاماً عن الحيوانات الكبيرة يمنع وصول الهدبيات إلى كرش هذه الحيوانات وبالتالي تعيش خالية منها ما لم يتحقق اتصالها بحيوانات أكبر أو يتم تطعيمها بالهدبيات جميعها أو بعضها بغرض إجراء الدراسات عليها.

وخلاصة القول أن المصدر الوحيد للبروتوزوا هو الحيوانات الكبيرة والطريقة الوحيدة لوصولها إلى الحيوانات هو الفم (من الفم إلى الفم mouth to mouth) لأنه ثبت أن هذه الأحياء لا تستطيع تكوين جرائيم أو حويصلات تمكنها من مقاومة الحموضة العالية عند ازديادها في المعدة الحقيقية حيث تموت بعد خروجها من الكرش بتأثير حموضة المعدة أو بتأثير أي ظروف غير ملائمة خارج وسط الكرش.

العوامل المؤثرة في توزع وانتشار البروتوزوا :

1- العائل:

تنتشر الأنواع المختلفة من الأوالي عند الأنواع المختلفة من المجترات وهذا لا يعني عدم وجود فروق بين العوائل المختلفة من حيث الأنواع التي تستوطن في كرشها. فبعض الدراسات تؤكد وجود تخصص لدى بعض أنواع البروتوزوا نحو العائل. فقد وجد في مصر أن الجنس *Ophryoscolex* الذي يوجد بأشكال متعددة ينتشر بكثرة عند الأغنام وبأعداد قليلة عند الأبقار والجاموس، وعند نقله إلى الأبقار والجاموس اختفى تماماً مما يبعث على الاعتقاد بوجود تخصص عند بعض الأجناس. كما تبين من

دراسة أخرى لحصر الأنواع المنتشرة في الماشية والأغنام تبين وجود /21/ نوعاً في الأغنام و/31/ نوعاً في الماشية و/15/ نوعاً مشتركاً في كل من الأغنام والماشية. كما بينت دراسات أخرى أن الأنواع المنتشرة عند المجترات الوحشية مثل الأيل الأبيض والأسمر والبيسون كانت مشابهة للأنواع التي وجدت في المجترات المستأنسة ، إلا أن هناك دائماً اختلاف في نسب انتشار نوع على نوع آخر بين الحيوانات . فيمكن أن نجد نفس النوع من الأوالي عند عائل بنسبة 95% وعند عائل آخر بنسبة 5% . كما أنه مازال يلاحظ أن هناك اختلاف كبير بين نتائج التجارب المختلفة لنفس الأنواع من البروتوزوا والعوائل وذلك بسبب تأثير الاختلافات الجغرافية وتأثير أنماط التغذية وخصائص كل حيوان.

2- الموقع الجغرافي:

تشير نتائج الدراسات الجارية في مناطق مختلفة من العالم إلى انتشار بعض أنواع الهدبيات في أقاليم وبلدان دون بلدان أخرى . فقد تبين من تقاطع بعض النتائج أن أنواعاً من البروتوزوا تنتشر بكثرة في نيوزيلندا ولا توجد في مصر وأنواع أخرى غير موجودة في السودان . ويعتقد أن درجة حرارة الجو تلعب دوراً هاماً في اختفاء بعض الأنواع ، فقد تكون الحرارة العالية في بعض المناطق قاتلة لبعض الأنواع فتمنع انتقالها من حيوان لآخر مما يؤدي إلى انقراضها.

3- التغذية:

وهي أهم العوامل المحددة لانتشار الأوالي ، فبقدر ما تكون تغذية الحيوان العائل مناسبة للخصائص التي يتميز به نوع منها يسود وينتشر هذا النوع . كمبدأ أن تأثير التغذية يكون أكثر وضوحاً في انتشار وتحديد الأنواع داخل الكرش عند العائل الواحد . فيزداد نشاط بعض الأنواع من عند التغذية على الدريس بينما تنمو أنواع أخرى ويزداد أعدادها عند التغذية على العلائق غنية بالحبوب ، ويلاحظ بشكل عام أن أعداد الأوالي كاملة الشعر تزداد عند المجترات التي تتغذى على المرعى أو على

Damascus University

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

علائق قوامها الدريس أو الأعلاف الخشنة ، بينما تؤدي التغذية على علائق مركزة غنية بالنشا إلى انخفاض pH الكرش وبالتالي القضاء على العديد من الأنواع التي لا تتحمل الحموضة وبقاء الأنواع المقاومة للحموضة مثل تلك التابعة للجنس *Entodinium* . كما يؤثر الجوع على اختفاء بعض الأنواع من البروتوزوا تدريجياً ويكون تأثير الجوع في نقص أعداد البروتوزوا أكثر وأسرع من تأثيره في نقص أعداد وأنواع البكتريا.

الفصل الثالث

الهضم الميكروبي والاستقلاب في الكرش

هضم واستقلاب الكربوهيدرات في الكرش:

تشكل المواد الكربوهيدراتية حوالي 70-75% من مجموع مكونات العليقة، وهي بالتالي المصدر الأساسي للطاقة اللازمة لحياة الأحياء الدقيقة في الكرش وللحيوان العائل.

ونظراً لاستخدام الأعلاف الخشنة الغنية بالألياف الخام بنسب عالية في علائق المجترات فإن هذه العلائق تكون غنية بالسكريات المتعددة كالسيللوز والهيميسيللوز والبكتينات والفركتونات، كما يمكن أن تكون غنية بالنشويات عندما تكون نسبة والأعلاف المركزة عالية في العليقة.

وغالباً ما تكون علائق المجترات فقيرة بالسكريات الأحادية أو الثنائية باستثناء الحالات التي تستخدم فيها بعض مصادر هذه السكريات مثل الحليب الغني باللاكتوز والشوندر الغني بالسكروز.

تتحلل وتتخمر جميع المركبات الكربوهيدراتية في الكرش والشبكية بفعل أنزيمات البكتريا والأوالي الحيوانية (البروتوزوا) المفرزة داخل الخلايا أو في وسط الكرش.

إن وسط الكرش بما فيه من أحياء دقيقة يحوي جميع الأنزيمات اللازمة لتحلل جميع أنواع الكربوهيدرات ومشتقاتها إلى الصورة التي تمكن الأحياء الدقيقة في الكرش من الاستفادة الكاملة منها. ويتكامل في هذا المجال عمل الأنواع المختلفة من البكتريا

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مع بعضها من ناحية ومع الأنواع المختلفة من البروتوزوا من ناحية أخرى.

وفيما يلي ملخص لعمليات هضم واستقلاب المركبات الكربوهيدراتية في الكرش:

1- النشا STARCH :

للنشا نوعين مختلفين من حيث شكل الجزيء، الأول هو **الأميلوز Amylose** الذي يتميز بسلسلة طويلة مستقيمة من الجلوكوز مرتبطة بروابط جلوكوزيدية (ألفا 1-4) تكون فيه جميع الروابط حرة. والثاني هو **الأميلوبكتين Amylopectein** الذي يتكون أيضاً من سلسلة مستقيمة مع وجود تفرعات (ألفا 1-6) ينشأ عنها وجود روابط جلكوزيدية محبوسة عند التفرع . ويتم هضم النشا في الكرش بنوعين من الأنزيمات تفرزها الأحياء الدقيقة هما:

أ- ألفا-أميلاز: ويعمل على الروابط الحرة والمحبوسة، لذلك يحلل كلا النوعين من النشا وينتج من تحللهما المالتوز والجلوكوز.

ب- بيتا-أميلاز: ويوجد بتركيز أقل من الأول في وسط الكرش، ويعمل على الروابط الحرة فقط. أي أنه يشبه النوع الأول من حيث تأثيره في الأميلوز فيحلله إلى المالتوز والجلوكوز ولكنه لا يفكك إلا الروابط الحرة في الأميلوبكتين فينتج من تحلله الديكسترين الذي يحتاج لاستكمال تحلله للأنزيم ألفا-أميليز.

ويعتبر المالتوز والديكسترين النواتج الأولية لتحلل النشا بوساطة الأميلاز، ثم يتحلل هذان المركبان إلى الجلوكوز بوساطة أنزيمات المالتاز والإيزومالتاز والإيزومالتوديكستريناز التي توجد أيضاً في الكرش.

2- الألياف الخام CRUD FIBER :

وهي مركب معقد أهم مكوناته السيلولوز والهيميسيلولوز مرتبطين مع اللجنين بنسب غير ثابتة تختلف باختلاف النباتات وأجزائها ومراحل نموها وعوامل عديدة.

يعتبر **السيلولوز Cellulose** أهم مكونات الألياف الخام ، وهو يتكون من

سلسلة مستقيمة من السكر الثنائي سيلوبيوز المبني من وحدات الجلوكوز المرتبطة بروابط جلوكوزيدية من نوع (بيتا 1-4).

يحوي سائل الكرش على أنزيمات السيللولاز Cellulase والسيللوبياز Cellubiase اللذين تفرزهما بعض أنواع البكتريا والبروتوزوا. يحلل الأول السيلولوز منتجاً السيللوبيوز ويحلل الثاني السيللوبيوز منتجاً الجلوكوز الذي تستخدمه الأحياء الدقيقة كمصدر للطاقة كما الجلوكوز الناتج من تحلل النشا، مع اختلاف جوهري في نواتج التخمر من الحموض الطيارة بين الجلوكوز الناتج من السيلولوز عن الجلوكوز الناتج من النشا ، حيث تكون في حالة السيلولوز نسبة حمض الخل عالية جداً (حوالي 70%) تليها نسبة البروبيونيك (حوالي 20%) ثم نسبة البيوتريك (حوالي 10%) من مجموع الحموض الثلاثة ، بينما تكون في حالة تخمر جلوكوز النشا نسبة حمض البيوتريك أعلى من نسبة البروبيونيك ونسبة حمض الخل لا تتجاوز 50% من مجموع هذه الحموض.

أما **الهيميسيلولوز Hemecellulose** فهو يتكون بشكل أساسي من السكر الثنائي زيلوبيوز المبني من الزيلوز. ولا يكون تركيب الهيميسيلولوز متجانساً، وينتج من تحلله سكريات خماسية وسداسية بالإضافة إلى حمض اليورونيك.

تحلل أنزيمات الهيميسيلولاز الهيميسيلولوز منتجة الزيلوبيوز الذي يتحلل بفعل الزيلاز إلى الزيلوز أو الأرابينوز. ويمكن أن ينتج من تحلل الهيميسيللوز سكريات سداسية تنتهي إلى الجلوكوز، أو حمض اليورونيك الذي ينتهي إلى سكريات خماسية أهمها الزيلوز.

لا تختلف كثيراً نواتج تخمر السكريات المنفردة من تحلل الهيميسيلولوز عن تلك الناتجة من السيلولوز من حيث نسب الحموض الدهنية الطيارة الناتجة لبعضها، فدائماً تكون نسبة حمض الخل هي الأعلى. وفي معظم الحالات يكون تخمر الهيميسيلولوز أسرع وأسهل من تخمر السيلولوز.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أما **اللجنين** الذي يكون مرتبطاً مع السيلولوز في جدار الخلايا فهو مادة مقاومة للحموض وفعل الأنزيمات وهي بالتالي غير قابلة للهضم، وتحمي الألياف من تأثير الأنزيمات وتعيق هضمها بطريقة لم تفسر آليتها بعد. وقد وجد أن هضم السيلولوز يمكن أن يبلغ 80% إذا كانت نسبة اللجنين بحدود 5% ولكنه ينخفض إلى أقل من 60% إذا ارتفعت نسبة اللجنين إلى 10%، ويترافق ذلك مع انخفاض معامل هضم جميع مكونات المادة التي يغلفها السيلولوز مع اللجنين.

البكتين PECTIN :

يوجد البكتين في الأعلاف النباتية سواء الخضراء أو الجافة، ويتكون من سلسلة من حمض الجلاكتوبورينيك، وتكون معظم المجموعات الكربوكسيلية للحمض مؤسترة بالميثانول، فتصل نسبة (CH_3) في الجزيء إلى حوالي 7% منه. يتحول البكتين بوساطة أنزيم بكتين إستراز (Pectinesterase) منتجاً مجموعتين من حمض بولي جلاكتورينيك (Polygalcturinic acid) وكحول الميثايل نتيجة انفصال مجموعة الميثايل . ثم يتحول حمض البولي جلاكتورينيك بوساطة أنزيم البولي جلاكتورينـاز (Polyglactorinase) إلى جلاكتورينيك الذي يتم تخميره بوساطة الأحياء الدقيقة منتجاً حموض دهنية طيارة أهمها حمض البروبيونيك.

السكريات SUGARS :

تصل السكريات البسيطة إلى الكرش إما نتيجة تحلل الكربوهيدرات في الوسط وهو المصدر الأهم، أو مما تحويه العليقة من سكريات بسيطة وهي أقل أهمية من حيث التنوع والكمية.

وتتعرض جميع هذه السكريات لفعل الأحياء الدقيقة التي تستخدمها لإنتاج الطاقة أو تحولها إلى مركبات أكثر تعقيداً (تشبه الأميلوبكتين) لتخزينها في الجسم واستخدامها عند نقص مصادر الطاقة في الكرش.

يتخمر الجلوكوز والفركتوز بسرعة كبيرة في الكرش مقارنة مع سرعة تخمر

اللاكتوز والجلاكتوز والمانوز، وتكون الحموض الطيارة خليك وفورميك وبروبيونيك وبيوتريك أهم نواتج هذه التخمرات في ظروف التغذية الطبيعية. كما ينتج من تخمر السكريات حمض اللاكتيك الذي يشكل مرحلة وسطية لإنتاج زيادة من حموض البروبيونيك والبيوتريك. ويستمر كذلك تخمر حمض الفورميك في الكرش منتجاً غازات الميثان والهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون.

فعند زيادة السكريات في العليقة عن الحد الطبيعي يزداد إنتاج حمض اللاكتيك في الكرش وكذلك حمض السكسينيك، مما يؤدي إلى زيادة إنتاج وتركيز البروبيونيك والبيوتريك ونقص تركيز الخليك كنسبة من الحموض الطيارة.

تختلف النواتج النهائية لتخمر الأنواع المختلفة من الكربوهيدرات باختلاف ظروف التخمر ونوع الأحياء التي تحللها. لذلك فإن البيئة الغذائية وسط الكرش تكون متغيرة ضمن حدود تسمح للتنوع الحيوي داخل الكرش بالتكامل وتوفر المتطلبات المتباينة للأنواع المختلفة من أحياء الكرش.

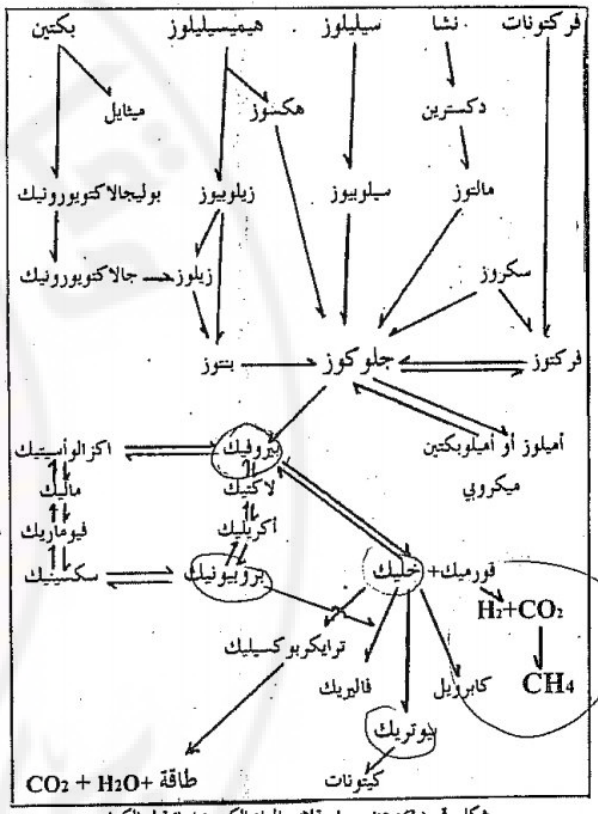
ويبين الشكل رقم (3) المسارات الرئيسية التي تمر بها عمليات تحلل المواد الكربوهيدراتية المختلفة لإنتاج الطاقة في الكرش.

العوامل المؤثرة في هضم واستقلاب الكربوهيدرات في الكرش:

1- نوعية كربوهيدرات العليقة:

تتخمر السكريات البسيطة بسرعة كبيرة في الكرش عند توفر الظروف الطبيعية لنشاط الأحياء الدقيقة. لذلك لا يوجد في سائل الكرش عادة إلا كمية محدودة من مثل هذه السكريات كالجلوكوز والفركتوز والسكروز. وقد بينت الدراسات أن هذه السكريات تتخمر بالكامل خلال ساعتين على الأكثر من وصولها إلى الكرش، بينما لا تتجاوز نسبة تخمر سكريات أخرى مثل الزيلوز والأرابينوز أكثر من 50% خلال نفس المدة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم (3): هضم واستقلاب المواد الكربوهيدراتية في الكرش

العوامل المؤثرة في هضم واستقلاب الكربوهيدرات في الكرش:

1- نوعية كربوهيدرات العليقة:

كما أنه من المعروف أن الخصائص الفيزيائية للنشا تختلف تبعاً لنوع ومصدر النشا. وبالتالي فإن سرعة وسهولة هضم وتخمر النشا تتأثر بنوعه ومصدره.

عند توفر الكربوهيدرات سريعة التحلل في الكرش، تستخدمها الأحياء الدقيقة كمصدر للطاقة قبل المواد صعبة التحلل. ولكن ذلك لا يؤثر في فعالية السلالات المتخصصة في هضم الألياف والتي تعمل على السيللوز والهيميسيللوز مع توفر السكريات في الوسط. إلا أن الزيادة من المواد سريعة التحلل تؤدي إلى زيادة إنتاج حمض اللاكتيك وبالتالي انخفاض الـ pH مما يؤثر في نشاط وحياة بعض أنواع الأحياء الدقيقة الفاعلة في هضم الألياف والتي تتميز بحساسيتها للحموضة. يتأثر هضم الألياف بعوامل كثيرة ما زالت تحتاج للمزيد من الدراسات لتوضيحها. فقد وجد مثلاً أن هضم الألياف في كيس الكرش البطني تتم أسرع من هضمها في الكيس الظهري. كما وجد أن هضمها يتناسب عكسياً مع نسبة المادة المهضومة في المادة الجافة المحيطة بالألياف ، أي أن هضم الألياف يكون أفضل في مواد العلف أو العلائق الغنية بالمواد ذات القيمة الغذائية المنخفضة.

2- نسبة ونوعية بروتين العليقة:

إن وجود كفاية من البروتين في الكرش ضروري لحياة الأحياء الدقيقة واستمرار نشاطها في هضم الألياف. وعند نقص البروتين تكون أحياء الكرش التي تحصل على الطاقة من النشا أو السكريات أقدر على المنافسة في استخدام البروتين من تلك التي تنتج الطاقة من الألياف. لذلك لوحظ أن إضافة اليوريا إلى العلائق الفقيرة بالبروتين تحسن هضم السيلولوز. كما بينت بعض الدراسات أن السلالات التي تحلل السيلولوز تفضل الأمونيا واليوريا كمصدر للآزوت على أنواع البروتينات الأخرى. كما بينت دراسات أخرى أن معامل هضم السيلولوز يرتفع عند إضافة بعض الحموض الأمينية مثل اللايسين والمثيونين إلى علائق العجول.

3- نسبة اللجنين:

تؤثر نسبة اللجنين في العلف في معدل هضم الألياف الخام. فتؤدي زيادتها إلى نقص معدل الاستفادة من الألياف وبالتالي من جميع مكونات الخلية. وهذا يفسر

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

سبب انخفاض القيمة الغذائية للنباتات مع تقدم مرحلة النمو والاقتراب من النضج التام، حيث تزداد نسبة اللجنين في الأنسجة مع العمر ، كما يفسر تباين القيم الغذائية بين أجزاء النبات المختلفة والناجم عن اختلاف تركيز اللجنين في هذه الأجزاء.

4- معاملة وتحضير مواد العلف:

من الثابت أن طرق تحضير الأعلاف ومعاملتها تؤثر في هضم مكونات العلف. فتؤثر عمليات الجرش والتنعيم إيجابياً في معامل هضم الألياف. فكلما كان حجم جزيئات المادة أصغر كلما زادت سطوحها المعرضة لفعل الأنزيمات وزاد معامل هضمها. شريطة ألا تزيد النعومة إلى الدرجة التي تسرع كثيراً معدل تفريغ الكرش وانتقال جزيئات المادة منه قبل اكتمال تحللها وتخمرها. وتفيد عمليات التحزئة في زيادة إنتاج حمض البروبيونيك في الكرش مما يحسن معدل الاستفادة من طاقة الألياف الخام .

كما أن عمليات تحبيب الأعلاف أو إنتاج الرقائق التي تستخدم فيها الحرارة والرطوبة (معاملات فيزيائية) تؤدي إلى تسريع عمليات تخمر النشويات وزيادة معدلات هضمها، وتغير في نسب الحموض الطيارة الناتجة منها. ويبدو أن المعاملات الفيزيائية تؤدي إلى تجزئة حبيبات النشا وتحليلها جزئياً مما يساعد في تسريع تحللها.

وتؤدي معاملة الأعلاف بالكيماويات مثل الأمونيا واليوريا والقلويات وغيرها إلى زيادة معامل هضم الألياف الخام نتيجة تأثيرها في اللجنين المغلف لهذه الألياف أو المرتبط معها.

5- عوامل أخرى:

تشير بعض الدراسات إلى احتواء بعض النباتات على مواد مثبطة لهضم السيليلوز أو معيقة للهضم بشكل عام . ولا شك أن وجود مثل هذه المواد في الكرش يؤثر سلباً في الهضم . وتؤكد بعض المراجع وجود مواد مثبطة لهضم السيللوز في النوع *Dactylis plomerrata* والنوع *Serala ericea* .

كما بين العديد من البحوث أن تأقلم أحياء الكرش الدقيقة على عليقة معينة يؤثر في هضم وإستقلاب مكونات هذه العليقة . حيث يؤثر زمن استقرار العليقة أو تغيرها في استقرار أو تغير الوسط في الكرش من حيث توفر العناصر الغذائية ونوعيتها والـ pH ، مما يؤثر في نشاط السلالات المتنوعة من الأحياء الدقيقة وفعلها في تحليل المركبات الغذائية.

ويعتبر توفر جميع العناصر الغذائية والشروط الضرورية لنمو ونشاط الأحياء الدقيقة من العوامل الهامة جداً في تحديد كفاءة الهضم في الكرش.

تشكل الغازات في الكرش:

ينتج من استقلاب المواد الغذائية في الكرش كمية كبيرة من الغازات تقدر بحوالي 30 لتر عند الأغنام و150 لتر عند الأبقار يومياً. ويمكن في ظروف خاصة أن يصل الإنتاج اليومي من الغازات في الكرش حتى 50 لتر للأغنام و400 لتر للأبقار.

يعتبر ثاني أوكسيد الكربون أهم غازات الكرش من حيث الحجم يليه غاز الميثان، فيشكل الأول حوالي 40-70% والثاني 20-40% من مجموع غازات الكرش. وتوجد في الكرش غازات الآزوت والأمونيا بنسبة حوالي 3-20%. وتكون معظم الأمونيا على صورة ذائبة في سائل الكرش. كما توجد وبتركيز أقل غازات الأوكسجين والهيدروجين (حوالي 0.2-4% لكل منهما) وكذلك كبريتيد الهيدروجين (حوالي 0-0.1%).

ينتج ثاني أكسيد الكربون من تخمر المواد العضوية، بينما يصل الأوكسجين للكرش مع بعض الأحياء الدقيقة الهوائية المرافقة للعلف، أو ينتج من تأين الأوكسجين الذائب في الماء. ويشكل الهواء المصدر الوحيد للآزوت، في حين تنتج الأمونيا من هدم المركبات الآزوتية، وكبريت الهيدروجين من الكبريت العضوي أو غير العضوي المتاحة في الكرش.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتكون الميثان في الكرش وفق آلية مازالت تحتاج إلى توضيحها. فيعتقد أنه ينتج من اختزال ثاني أوكسيد الكربون وفق التفاعل البسيط التالي:

$$CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow CH_4 + 2\,H_2O$$

وتشير الدراسات إلى أن الميثان يمكن أن يتكون في الكرش من الفورمات والبروبيونات والبيوترات والأسيتات. وتؤكد العديد من الدراسات أن إنتاج الميثان مرتبط بشكل رئيسي بتخمر الفورمات والحموض الهيدروكسيلية وحمض البيروفيك والكحولات والجليسرول والميثيل.

وقد وجد Vercoe & Blaxter, (1965) أن حقن مول واحد من حمض الفورميك في الكرش أدى إلى زيادة إنتاج الميثان بمقدار 4.9 لتر وثاني أوكسيد الكربون بمقدار 18.1 لتر. وقدر هذان الباحثان أن كل مول من حمض الفورميك في الكرش يجب أن ينتج حوالي 0.25 مول من الميثان و0.75 مول ثاني أوكسيد الكربون و0.5 مول ماء.

تقدير غاز الميثان الناتج:

يعتبر الميثان أحد أوجه فقد الطاقة المهضومة في الكرش، لذلك لا بد من تقدير كمية الميثان وطاقته لحساب الطاقة التمثيلية وموازين الطاقة للمواد العلفية. ولا شك أن استخدام غرف التنفس وطريقة تبادل الغازات هي الطريقة الأدق لحساب إنتاج وطاقة الميثان.

كما يمكن اتباع الطرق الحسابية المبنية على علاقات وضعها الباحثون بالاعتماد على العلاقة بين إنتاج الميثان ووزن الكربوهيدرات الداخلة للكرش، وكذلك على العلاقة بين طاقة الميثان والطاقة المهضومة في العليقة.

وتعتبر طريقة أرمسباي (Armesby) أبسط الطرق الحسابية الموضوعة لهذا الغرض. حيث تعتمد على وزن الكربوهيدرات المهضومة في الكرش. ويفترض بموجبها أن كل 100غ كربوهيدرات مهضومة تعطي 4.5غ ميثان وأن كل 1غ ميثان

طاقته 13.34 كيلو كالوري.

كما وضع أكسيلسن (Axelsson) العلاقة التالية معتمداً نفس المبدأ، آخذاً بالاعتبار أن نسبة الطاقة على صورة ميثان تتناقص مع زيادة الكربوهيدرات المهضومة في العليقة.

طاقة الميثان (Kcal) = 984 س − 54.2 س^2 − 213

حيث س = وزن كربوهيدرات العليقة (كغ)

كما وضع Blaxter & Claperton (1965) علاقة تصلح لتقدير طاقة الميثان عندما تكون العليقة عند مستوى الاحتياجات الحافظة (1). وكذلك علاقة تصلح للعلائق الإنتاجية (2).

(1): $Cm = 3.67 + 0.062 \times D$

(2): $Cm = 1.3 + 0.112D + L(2.37-0.05D)$

حيث:

Cm = طاقة الميثان (Kcal)/100 كيلو كالوري من طاقة العلف.

D = معامل هضم طاقة العلف عند المستوى الحافظ.

L = مستوى التغذية (مضاعفات المستوى الحافظ).

وتقدر طاقة الميثان بشكل عام بحوالي 8% من الطاقة الكلية للعليقة عند مستوى الاحتياجات الحافظة، وتنخفض إلى 7.6% من الطاقة الكلية أو 12% من الطاقة المهضومة للمستويات الأعلى من الاحتياجات الحافظة.

كما تبين أن فقد الطاقة على صورة ميثان يرتبط بمعامل هضم الطاقة، فإذا كان منخفضاً حوالي 40% تكون نسبة الفقد من الطاقة المهضومة على صورة ميثان حوالي 15-16% وذلك بصرف النظر عن مستوى الطاقة المهضومة في العليقة. وإذا ارتفع معامل الهضم إلى 60-80% تنخفض نسبة الفقد إلى 8-12%.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هضم وإستقلاب البروتينات في الكرش:

يصل إلى الكرش أنواع مختلفة من المركبات الآزوتية تشكل بمجملها ما يسمى البروتين الخام الذي يمكن تقسيم مكوناته إلى قسمين رئيسيين هما: البروتين الحقيقي والمواد الآزوتية غير البروتينية. (أو البروتين المصنع)

البروتين الحقيقي True Protein :

تحوي مواد العلف أنواع عدة من البروتينات الحقيقية ذات خصائص التركيب الكيميائي المختلف. وتحلل الأحياء الدقيقة هذه البروتينات في الكرش إلى ببتيدات وحموض أمينية، كما يستكمل تحلل بعض الحموض الأمينية الناتجة إلى حموض عضوية وأمونيا وثاني أوكسيد الكربون. وتنتج الحموض العضوية من عملية نزع مجموعة الأمين من الحموض الأمينية ، وغالباً ما تكون الحموض الأمينية المصدر الأساسي للحموض العضوية ذات السلاسل المتفرعة في الكرش . وللحموض العضوية الناتجة أهمية كبيرة في عمليات استقلاب الطاقة والبروتين في الكرش.

تستخدم الأحياء الدقيقة الحموض الأمينية الناتجة من هدم البروتينات في بناء بروتيناتها، وتستخدم أيضاً بعض البيتيدات إضافة إلى الأمونيا لنفس الغرض. ومن الصعب تحديد نسبة الحموض الأمينية التي تستخدم مباشرة في بناء البروتين الميكروبي، إلا أنه من المؤكد أن بعض الحموض المنفردة من بروتينات العليقة تستخدم كما هي في بناء بروتينات الأحياء الدقيقة، في حين يتحلل البعض الآخر كأي مادة آزوتية غير بروتينية منتجاً الأمونيا.

تنتج الأمونيا كمادة وسيطة من هدم البروتينات في الكرش، وتشكل في نفس الوقت مادة أساسية تستخدمها الأحياء الدقيقة لبناء الحموض الأمينية اللازمة لبناء بروتيناتها.

ويرتبط إنتاج الأمونيا في الكرش بكمية وسرعة تحلل البروتين، فإذا كانت كميته قليلة وسرعة تحلله منخفضة فإن إنتاج الأمونيا يكون بطيئاً، وينخفض تركيزها

في سائل الكرش إلى دون الحد الطبيعي الملائم لنشاط الأحياء الدقيقة فينخفض معدل تكاثرها ونشاطها. أما إذا كان إنتاج الأمونيا أكبر وأسرع من قدرة الأحياء على استخدامها في بناء البروتين فإن تركيزها سيرتفع في وسط الكرش ويتم امتصاصها وفق نظام محكم إلى الدم الذي يحملها إلى الكبد لتتحول فيه إلى يوريا يطرح معظمها عن طريق الكليتين مع البول ويعود جزء بسيط منها إلى الكرش مع اللعاب.

يتذبذب المستوى الذي يمكن اعتباره طبيعياً لتركيز الأمونيا في سائل الكرش ضمن مجال واسع جداً يتراوح بين 50-300 ملغ/ لتر متأثراً بعوامل متعددة أهمها كمية بروتين العليقة وسرعة تحلله . وخلال الساعات التي تلي تناول الوجبات مباشرة تكون سرعة التحلل كبيرة جداً وبالتالي يرتفع تركيز الأمونيا في سائل الكرش إلى مستويات عالية جداً.

وتختلف معدلات هضم وتخمر البروتينات في الكرش باختلاف قابلية البروتين للذوبان في المحلات (يستخدم كمحلات لتقدير قابلية الذوبان: الماء أو محاليل كلوريد الصوديوم أو اللعاب الصناعي أو البيسين). فجميع البروتينات القابلة للذوبان تهدم وتتخمر في الكرش، بينما لا يهدم أكثر من ثلث البروتينات غير الذوابة في المحلات.

كما تختلف نسبة المواد الآزوتية التي لا تهضم في الكرش باختلاف عوامل عديدة مثل نوع العليقة ونوعية بروتينها. فهي تتراوح بين 20-60% في خالة الأعلاف الخضراء و35-55% في العلائق المختلطة، وتكون مرتفعة عند استخدام كسبة الصويا ومنخفضة عند استخدام كسبة الكتان في علائق الأبقار.

المركبات الآزوتية غير البروتينية

Non-Protein Nitrogenous Compounds(NPN)

تحوي مواد العلف أنواع عديدة ونسب متباينة من المركبات الآزوتية غير البروتينية (NPN). وتشكل الحموض الأمينية مثل الجلوتاميك والأسباراتيك والألانين والسيرين والجلايسين والبرولين نسبة كبيرة من NPN الموجودة في الأعلاف . كما يندرج تحت NPN مركبات أخرى هامة مثل الليبيدات الآزوتية والأمينات والأميدات والبورين والبيراميدين والنترات وبعض الفيتامينات الحاوية على الآزوت.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وتختلف نوعية المواد الآزوتية غير البروتينية بحسب نوع العلف وأجزائه. وتعد الأمينات والأميدات أكثر المواد انتشاراً في الأنسجة. ويبين الجدول (2) الفرق بين نوعين من الأعلاف من حيث محتواها من المواد الآزوتية غير البروتينية.

جدول رقم (2): نسبة المواد الآزوتية غير البروتينية في الشيلم والبرسيم الأبيض (N% من NPN).

المادة	حشيشة الشيلم	البرسيم الأبيض
أمينات	46.6	49.8
أميدات	9.7	13
أمونيا	3.2	2.6
نترات	7.9	3.9
بورين	7.5	6.7

ونظراً لقدرة الحيوانات المجترة على الاستفادة من المواد الآزوتية غير البروتينية اعتماداً على أحياء الكرش الدقيقة، فقد شاع استخدام بعض هذه المركبات وعلى نطاق تطبيقي بعد أن أكدت البحوث الكثيرة إمكانية الاعتماد على هذه المركبات كمصدر للآزوت كبديل لبروتين العليقة لحل مشكلة نقص البروتين في علائق المجترات. وتعتبر اليوريا أكثر مواد NPN استخداماً في التغذية التطبيقية لما تمتاز به من خصائص تجعلها مناسبة من النواحي الغذائية والاقتصادية والصحية للاستخدام كبديل للبروتين.

تحلل المواد الآزوتية غير البروتينية وإنتاج الأمونيا:

عند وصول المواد الآزوتية غير البروتينية إلى الكرش سواء كانت من مكونات العليقة أو من NPN المضافة تحللها الأحياء الدقيقة منتجة الأمونيا. فاليوريا تتحلل بفعل أنزيم اليورياز الذي تفرزه الأحياء الدقيقة في وسط الكرش منتجة الأمونيا. وعادة يكون تحلل اليوريا بشكل خاص وNPN بشكل عام سريعاً.

فأنزيم اليورياز موجود دائماً في سائل الكرش وأنسب درجة حموضة لعمله هي

pH 9-7 لذلك فإن تحلل اليوريا يحدث باستمرار ولا يرتبط بقدرة الأحياء الدقيقة على استخدام الأمونيا الناتجة. وقد وجد أن كل 100 غ من محتويات الكرش يمكنها أن تحلل 100ملغ يوريا/ساعة.

وهذا يعني أنه إذا توفرت في الكرش كميات كبيرة من الـ NPN سيكون إنتاج الأمونيا كبيراً، وقد تتعدى قدرة الأحياء الدقيقة على تحويل الأمونيا الناتجة إلى بروتين ميكروبي وقدرة جدار الكرش على تصريفها مع الدم، فيزداد تركيزها حتى يصل إلى الدرجة الخطرة على الأحياء الدقيقة والحيوان .

وفي ظروف التغذية المتوازنة قلما يتعرض الحيوان إلى خطر زيادة تركيز الأمونيا في الكرش حيث يجب أن يؤخذ في الحسبان سرعة إنتاج الأمونيا من NPN وخاصة اليوريا فلا تستخدم بكميات كبيرة . كما أنه معروف أن توفر الكربوهيدرات سهلة التخمر كمصدر للطاقة في الوسط يزيد من قدرة الأحياء الدقيقة على استخدام الأمونيا الناتجة لبناء بروتيناتها. كما أن السكريات تودي إلى خفض pH الوسط مما يقلل خطر التسمم . كما يعتقد أن نشاط الأحياء الدقيقة المنتجة للأمونيا في الكرش يرتبط بدرجة ما بقدرة هذه الأنواع على بناء الأمونيا في بروتيناتها.

عند زيادة الأمونيا في الكرش عن استخدام الأحياء الدقيقة تمتص من الكرش والشبكية وتنتقل مع الدم إلى الكبد حيث تتحول إلى يوريا، بعضها يمكن أن يعود مع اللعاب إلى الكرش ليستخدم مرة أخرى كأي NPN في الكرش بينما يطرح معظمها عن طريق الكليتين مع البول. كما تشير بعض الدراسات إلى أنه يمكن أن تتحول الأمونيا في خلايا جدار الكرش إلى حمض جلوتاميك بوساطة أنزيم جلوتاميك ديهيدروجينيز.

إن امتصاص الأمونيا في الكرش يعبر عن فقد بروتين العليقة منه . فسرعة إنتاج الأمونيا التي تفوق قدرة الأحياء الدقيقة عن استخدام هذه الأمونيا في بناء البروتين يعني زيادة في معدل فقد بروتين العليقة .

لذلك فإن توفر الشروط المناسبة في الكرش للتقليل من سرعة تحلل NPN وبالتالي إنتاج الأمونيا وزيادة فعالية الأحياء الدقيقة وتقليل معدلات امتصاصها من

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الكرش، ... لاستفادة القصوى من المواد الآزوتية غير البروتينية.

لقد وجد أن امتصاص الأمونيا من الكرش يكون منخفضاً عند الـ pH المنخفض ويزيد مع ارتفاع الـ pH . وبما أن وجود الأمونيا يؤدي لرفع درجة pH الكرش فإن زيادة تركيز الأمونيا تحفز على عبورها جدار الكرش وانتقالها مع الدم.

هذا ويبين الشكل (4) مخططاً لهضم واستقلاب البروتينات في الكرش.

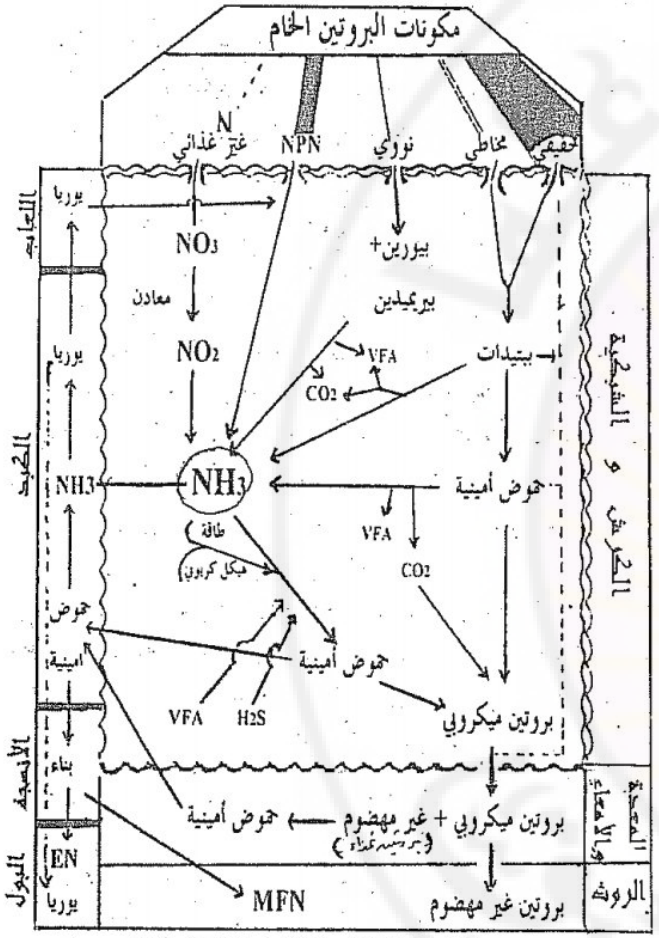
اصطناع البروتين الميكروبي في الكرش:

معروف منذ القدم أن الأحياء الدقيقة تصنع مكونات بروتيناتها وتبني خلاياه والمركبات اللازمة لحياتها. ومن الدراسات القديمة والهامة والدالة على قدرة الأحياء الدقيقة في الكرش على بناء الحموض الأمينية من مصادر غير بروتينية دراسة Loosli (1941) على الأغنام والماعز، وكذلك Duncan, et al.(1953) على العجول التي أثبتت أن الحموض الأمينية الأساسية العشرة تبنى في الكرش من اليوريا. وقد أكدت الدراسات اللاحقة الكثيرة سواء المخبرية أو الحقلية واستخدام المزارع النقية والمواد المشعة قدرة الأحياء الدقيقة على تصنيع جميع الحموض الأمينية اللازمة لحياتها وبناء بروتيناتها من الأمونيا في الكرش.

فمنذ عام 1967 أكد Ulbrich & Sholz أن الأمونيا المعاملة بالأشعة (N_{15}) ظهرت بسرعة في البروتين الميكروبي . كما أكد Conard (1965) باستخدام الكبريت المشع (S_{15}) أن المثيونين يتكون بكمية كبيرة في كرش الأبقار.

ولا يقتصر بناء البروتين الميكروبي على استخدام الحموض الأمينية التي تبنيها الأحياء الدقيقة من الأمونيا في الكرش، بل تستخدم أيضاً الحموض الأمينية الحرة التي يمكن أن تضاف إلى الكرش أو التي تنتج من تحلل البروتينات والأميدات في الكرش.

وتختلف قدرة أنواع وسلالات الأحياء الدقيقة على استخدام NPN في بناء البروتين الميكروبي فبعض الأنواع تفضل أيون الأمونيوم وبعضها يفضل الأمينات المتاحة في الكرش ، إلا أنه تبين أن الأمونيا تكفي لسد احتياجات الأنواع المختلفة للأحياء الدقيقة في الكرش لحياتها الخاصة.



الشكل رقم (4): هضم واستقلاب البروتينات عند المجترات.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وقد أكدت التجارب على الأغنام والأبقار باستخدام اليوريا كمصدر وحيد لآزوت العليقة أن أحياء الكرش الدقيقة تكون جميع الحموض الأمينية الأساسية بكميات كبيرة في حالة توفر الشروط المناسبة في وسط الكرش . كما تبين من استخدام المواد المشعة أن آزوت الأمونيا المشع يظهر بسرعة في بروتين البكتريا وبروتينات البرونوزوا ، وأن الكبريت المشع اندمج في جزيئات الحموض الأمينية الحاوية على الكبريت . وقد لوحظ اصطناع كميات كبيرة من الميثونين تراوحت بين 30- 60 ملغ/كغ من وزن الجسم.

وقد أجريت دراسات كثيرة لتقدير كمية البروتين الميكروبي التي تصنع في الكرش . ويستخلص من مجمل هذه الدراسات أن مجموع الحموض الأمينية التي تكونها الأحياء الدقيقة في الكرش تتراوح بين 5-9 % من مجموع الحموض المهضومة من بروتينات محتوى الكرش . وأن حوالي 40-80% من بروتين العليقة المستهلك يتحول إلى بروتين ميكروبي في الكرش . وأن قدرة الأحياء الدقيقة على اصطناع البروتين الميكروبي تتراوح بين 15-20 غ / 100غ مادة مهضومة.

العوامل المؤثرة في اصطناع البروتين الميكروبي والاستفادة من NPN:

لقد أصبح واضحاً أن العامل الأهم في الاستفادة من المواد الآزوتية غير البروتينية في بناء بروتينات الأحياء الدقيقة هو تحقيق التوازن بين سرعة تحلل المواد الآزوتية وإنتاج الأمونيا في الكرش وبين قدرة الأحياء الدقيقة على استخدام الأمونيا الناتجة. فزيادة سرعة إنتاج الأمونيا تعني امتصاص نسبة كبيرة منها إلى الدم وفقدها على صورة يوريا مع البول . لذلك يجب توفير جميع الشروط التي تحقق التوازن بين إنتاج الأمونيا واستخدامها من قبل الأحياء الدقيقة لتحسين الاستفادة من المواد الآزوتية غير البروتينية. وفيما يلي أهم العوامل المؤثرة في بناء البروتين الميكروبي وفي قدرة الأحياء الدقيقة على الاستفادة من المواد الآزوتية غير البروتينية عند استخدامها كبديل للبروتين

في علائق المجترات.

1-كمية ونوعية المواد الآزوتية في العليقة:

يتأثر مباشرة تكاثر ونشاط الأحياء الدقيقة في الكرش عند نقص المركبات الآزوتية (البروتين الخام) في العليقة، فتقل أعدادها في سائل الكرش وينخفض بالتالي إنتاج الطاقة من الكربوهيدرات ويقل معدل مرور البروتين إلى الأجزاء التالية من قناة الهضم . ويمكن الحكم على كفاية المركبات الآزوتية القابلة للتخمر في الكرش لنشاط الأحياء الدقيقة من تركيز الناتج الأهم لتخمر هذه المركبات وهو الأمونيا. فالمدى الطبيعي الذي يجب أن يقع عنده تركيز الأمونيا في سائل الكرش يتراوح بشكل عام بين 5- 10 ملغ/100 مل وهذا ينخفض عند استخدام علائق تحوي 11-14% بروتين خام.

إن زيادة نسبة البروتين الحقيقي في العليقة تسبب انخفاض تركيز N- الأمونيا عن الحد الكافي للأحياء الدقيقة ، ويكون الانخفاض سريعاً إذا كانت العليقة فقيرة بالطاقة. لذلك لا ينصح باستخدام NPN في علائق المجترات الفقيرة بالطاقة . وقد وجد Roffler & Satter (1975) عند تغذية الأبقار على عليقة تحوي 77.5% TDN و13.5% بروتين أن معدل تكوين البروتين الميكروبي ينخفض نتيجة انخفاض تركيز آزوت الأمونيا في الكرش حتى يصل للصفر عند بلوغ تركيز آزوت الأمونيا حوالي 5ملغ / 100 مل.

وقد تبين من التجارب التي استخدمت فيها اليوريا كمصدر للآزوت في علائق المجترات أن معدل الإستفادة من اليوريا ينخفض عند زيادة نسبة البروتين في العليقة، ولكنه لا يتأثر بنوعية بروتين العليقة ومصدره سواء كان من كسبة القطن أو الصويا. .

كما تبين أن زيادة معدلات استخدام اليوريا على حساب البروتينات في العليقة تؤدي إلى انخفاض معدل نمو البكتريا والبروتوزوا ، وبالتالي انخفاض معدل بناء البروتين الميكروبي في الكرش . ويكون التأثير أكثر وضوحاً على البكتريا منه على البروتوزوا.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وتشير بعض الدراسات إلى أن إضافة بعض الحموض الأمينية إلى العليقة مثل الميثيونين واللايسين تؤدي إلى تحسين معدلات الاستفادة من NPN ومن العليقة بشكل عام . إلا أن التأثير المباشر لاستخدام الحموض الأمينية من هذه الناحية كان ومازال يحتاج الكثير من الدراسات.

2- توفر مصادر الطاقة الملائمة:

من المعروف أن تكاثر الأحياء الدقيقة في الكرش يتناسب طرداً مع كمية الطاقة المتحررة نتيجة تخمر مصادر الطاقة من الكرش وبالتالي فإن بناء البروتين الميكروبي في الكرش يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمستوى الطاقة المتاحة للأحياء الدقيقة. ويمكن الحكم على مستوى الطاقة المتاح اعتماداً على تركيز الحموض الدهنية الطيارة في الكرش أو قياس كمية المادة العضوية المتحررة.

ويعتبر النشا من أفضل أنواع الكربوهيدرات الملائمة لأحياء الدقيقة لتحقيق أفضل معدلات استخدام للمركبات الآزوتية غير البروتينية كاليوريا وبالتالي أفضل إنتاج للبروتين الميكروبي.

ولتحقيق مستويات عالية من الاستفادة من المواد الآزوتية غير البروتينية في بناء البروتين الميكروبي يجب أن تكون سرعة ورودها إلى الكرش منتظمة ومستمرة وبكميات كافية لسد حاجة الأحياء الدقيقة. وقد بينت التجارب أن وجود السكريات الذاتية ولو بنسب قليلة يمكن أن يحفز نشاط الأحياء الدقيقة على الاستفادة من NPN. فقد وجد Potter, et al. (1971) عند استخدام علائق خاصة للمقارنة بين اليوريا وكسبة الصويا كمصادر للبروتين ، إن نسبة N التي تعبر الكرش عند التغذية على اليوريا تشكل 79.4% من الآزوت الذي يعبر الكرش عند التغذية على كسبة الصويا وعند إضافة 2.5% من المولاس واليوريا ارتفعت هذه النسبة إلى 93%، ولكن زيادة المولاس عن هذه النسبة لم تؤثر في نسبة الآزوت الداخل للمعدة الحقيقية.

3- نوع الحيوان وعمره:

تختلف درجة استجابة أنواع المجترات المختلفة لاستخدام المواد الآزوتية غير البروتينية في علائقها . فقد بينت الدراسات أن الأبقار والجاموس أقدر من الأغنام على الاستفادة من المستويات العالية من اليوريا في العلائق . وعند استخدام NPN في علائق الأبقار الحلوب أو أبقار اللحم يجب أن لا تقل نسبة البروتين الخام عن 12-13% في العليقة الحاوية على مستويات عالية من الحبوب ، وعن 10-11% في العليقة الفقيرة بالطاقة بشكل عام . أما عند استخدام NPN في تغذية الأغنام فيجب أن تكون نسبة البروتين الخام في العلائق أقل بحوالي 2% عن نسبة البروتين في علائق الأبقار.

ومن المعروف أن قدرة المجترات على الاستفادة من NPN مرتبطة بنشاط وفاعلية الكرش التي ترتبط مباشرة بعمر الحيوان . فالحيوانات الصغيرة لا تستطيع الاستفادة من NPN كالحيوانات تامة النمو بسبب عدم تطور الكرش وضعف فعالية الأحياء الدقيقة فيه.

4- تأقلم الأحياء الدقيقة:

تشير بعض الدراسات إلى أن معدلات الاستفادة من NPN في الكرش تتحسن مع الزمن باستمرار التغذية عليها ، مما يؤكد حاجة الأحياء الدقيقة إلى فترة للتأقلم مع هذه الإضافات حتى يصل معدل الاستفادة منها حده الأقصى . وتختلف نتائج التجارب في هذا المجال ، فبعضها يشير إلى أن قدرة الأحياء الدقيقة على الاستفادة من اليوريا تصل ذروتها بعد 19 يوم من بدء التغذية عليها وبعضها يؤكد استمرار تحسن معدل الاستفادة من اليوريا حتى عدة شهور قبل أن يستقر ويعود للانخفاض. وفي جميع الحالات تقدر الفترة التي تحتاجها الأحياء الدقيقة للتأقلم مع استخدام NPN في العليقة بحوالي 2-3 أسابيع حتى يصل معدل الاستفادة من هذه المواد حده الأعلى.

5- توفر العناصر المعدنية:

تحتاج الأحياء الدقيقة لتكاثرها ونشاطها إلى جميع العناصر المعدنية الضرورية.

Damascus University
المسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وتحتاج بخاصة للكبريت بكميات كافية لبناء الحموض الأمينية الحاوية على الكبريت الضرورية لبناء البروتين الميكروبي . وقد ثبت أن إضافة الكبريت إلى العلائق الحاوية على اليوريا تحسن من معدل الاستفادة من اليوريا وتزيد من معدل بناء البروتين الميكروبي . ويمكن استخدام أملاح الكبريتات أو الكبريت المعدني لهذا الغرض.

كما تشير بعض الدراسات القليلة إلى أن إضافة البوتاسيوم إلى العلائق الحاوية على اليوريا تؤدي لزيادة معدلات نمو الأحياء الدقيقة، وهذا يعني زيادة معدلات بناء البروتين الميكروبي . كما يعتقد أن وجود عنصر الكوبالت في العليقة ضروري للأحياء الدقيقة لتصنيع فيتامين B12 الضروري لعمليات بناء البروتينات وللعديد من العمليات الحيوية.

تركيب البروتين الميكروبي وقيمته الغذائية:

يشكل البروتين الميكروبي النسبة العظمى من المكونات الآزوتية التي تغادر الكرش إلى المعدة الحقيقية والأمعاء . ويصل معه إلى المعدة الحقيقية البروتينات غير المهضومة والتي تشكل البروتينات غير المنحلة الجزء الأهم منها ، وكذلك مشتقات هضم البروتينات (ببتيدات-أميدات-بيورين-بيراميدين-حموض أمينية) التي تنتقل مع سائل الكرش قبل اكتمال تخمرها ، بالإضافة إلى كمية قليلة جداً من الأمونيا (لا تتجاوز 2-5%).

تختلف نسبة البروتين (N × 6.25) في الأحياء الدقيقة باختلاف عوامل عديدة، بعضها يرجع إلى صعوبة الحصول على عينات نقية من الأنواع والسلالات وخالية من التلوث بالمواد المحيطة.

وتقدر نسبة البروتين الخام في البروتوزوا بحوالي 55% وفي البكتريا الناتجة من مزارع نقية بحوالي 59%، بينما كانت حوالي 44% في البكتريا المعزولة من سائل الكرش والملوثة بمحتويات الكرش . وتؤكد نتائج الدراسات المختلفة وجود تباين كبير في نسبة البروتين الخام في خلايا الأحياء الدقيقة ، فهي تتراوح بين 55-77% في

البكتريا و25-50% في البروتوزوا ، وهي دائماً في البروتوزوا أقل مما هي عليه في البكتريا . ويعتقد أن السبب يرجع لوجود نسبة عالية من الكربوهيدرات في خلايا البروتوزوا . ويقدر Hutton & Annison (1972) محتوى ميكروبات الكرش من الآزوت بحوالي 10% (أكثر من60 % بروتين خام) يشكل البروتين الحقيقي منها حوالي 85 %.

وتشير الدراسات القليلة على محتوى البروتين الميكروبي من الحموض الأمينية إلى عدم وجود تأثير كبير لنوعية العليقة في نسب الحموض الأمينية في البروتين الميكروبي. كما أنه لم يلاحظ فروق كبيرة في أنواع البكتريا المعزولة من هذه الناحية. ويلاحظ أيضاً وجود اختلافات بين البكتريا والبروتوزوا من حيث احتوائها على بعض الحموض الأمينية، فالبكتريا أغنى من البرونوزوا بالميثيونين والثريونين، وأفقر باللايسين والكثير من الحموض الأساسية الأخرى.

ويبين الجدول رقم (3) مقارنة بين محتوى بروتينات الأحياء الدقيقة وبروتين الفصة والكازين من الحموض الأمينية الأساسية .

جدول رقم (3): مقارنة تركيب بروتينات البكتريا والبروتوزوا مع بروتينات الكازين والفصة.

الحموض الأمينية	الكازين	أوراق الفصة	البكتريا	البروتوزوا
أرجنين	3.7	6.7	5.3-5.0	4.8-3.7
لايسين	7.6	6.8	9.0-7.6	13-9.4
هستدين	2.8	2.5	2.0-1.8	2.2-1.6
فينايل ألانين	5.1	6.1	5.1-4.4	6.0-5.0
تيروسين	5.2	4.7	4.5-4.1	5.2-4.2
ليوسين	9.5	9.4	8.7-7.7	8.2-7.4
ايزو ليوسين	6.3	5.2	6.3-5.2	6.3-5.8
ميثيونين	3.0	2.1	2.2-2.0	1.9-1.3
فالين	7.5	6.5	5.2-4.7	4.2-4.0

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

إن محتوى بروتينات الأحياء الدقيقة من الحموض الأمينية يتذبذب ضمن مجال واسع تقريباً، بسبب اختلاف مصادر العينات واختلاف طرق تحليلها، وهو بشكل عام لا يختلف عن بروتين الفصة كما يبدو من بيانات الجدول (3).

وتؤكد جميع البحوث التي أجريت لتقييم بروتينات أحياء الكرش الدقيقة أن نوعية هذه البروتينات جيدة أو جيدة جداً للمجترات، وأن معامل هضم بروتينات البروتوزوا أعلى من معامل هضم بروتينات البكتريا ، ولكن القيمة الحيوية لكليهما متقاربة وتتراوح بين 60– 70 %.

لا تتأثر نوعية البروتين الميكروبي بالعوامل المختلفة وبالتالي فإن القيمة الغذائية لبروتينات الأحياء الدقيقة التي تعبر الكرش إلى الأجزاء التالية من قناة الهضم تكون مماثلة للثبات ، وهي تعتبر جيدة ومناسبة للمجترات بشكل عام .

وقد بينت نتائج الدراسات على الأحياء الدقيقة وجود فرق بسيط بين البروتوزوا والبكتريا من حيث معامل الهضم والقيمة الحيوية لبروتينات هذين القسمين. فبروتينات البروتوزوا تهضم بمعدلات أعلى بحوالي 2–3 درجات مئوية من بروتينات البكتريا ، وكذلك القيمة الحيوية والقيمة الصافية لبروتيناتها تعتبر أعلى . وقد سبقت الإشارة إلى أن نسب الحموض الأمينية الأساسية في بروتين البروتوزوا أعلى بشكل عام من نسبها في بروتين البكتريا مما يفسر سبب ارتفاع القيمة الحيوية والصافية لبروتينات البروتوزوا عن مثيلتها في البكتريا.

استخدام المواد الآزوتية غير البروتينية في التغذية :

تستخدم المواد الآزوتية غير البروتينية Non-Protein Nitrogen (NPN) كبديل للبروتين في علائق الحيوانات المجترة نظراً لما تتميز به المجترات من قدرة على الاستفادة من هذه المواد بفضل الأحياء الدقيقة التي تعيش في الكرش والتي تستطيع تحويل NPN إلى بروتين ميكروبي يستفيد منه الحيوان العائل كبروتين غذائي .

وتزداد أهمية استخدام NPN في التغذية مع زيادة الطلب على المصادر العلفية البروتينية ، حيث تصبح مصادر البروتينات العلفية غير كافية لتلبية الاحتياجات فتسهم NPN في حل جزء من المشكلة بإدخالها في علائق المجترات بدلاً من المصادر العلفية الغنية بالبروتين والغالية الثمن .

المواد الآزوتية غير البروتينية الصالحة للإستخدام:

تناولت الدراسات عدداً كبيراً من مركبات NPN لتوضيح مدى صلاحيتها للاستخدام في التغذية التطبيقية . وقد أثبتت هذه الدراسات صلاحية عدد كبير من المواد للاستخدام من الناحية الغذائية وفيما يلي أهمها :

1– مركبات الأمونيوم غير العضوية: مثل فوسفات وكبريتات وبيكربونات الأمونيوم.

2– أملاح الأمونيوم للحموض الطيارة: مثل خلات وايزوفاليرات وقاليرات وبروبيونات الأمونيوم.

3– الأميدات: وأهمها اليوريا ومشتقاتها كالثيوبوريا والبيوريت.

4– أملاح الأمونيوم للحموض العضوية: مثل البيرفات ومالات وسكسينات الأمونيوم.

وعند مقارنة هذه المركبات مع اليوريا تبين أن جميعها أعطت نتائج مشابهة تقريباً لليوريا وبعضها أعطى نتائج أفضل مثل خلات وسكسينات وبيكربونات الأمونيوم . إلا أن توفر اليوريا بكميات كبيرة وأسعار مناسبة وسهولة التعامل معها من قبل الأفراد العاديين جعلها أكثر المواد استخداماً كمصدر للآزوت في تغذية المجترات في معظم أنحاء العالم.

كما تبين عدم صلاحية بعض المركبات مثل هيدروكسيد الأمونيوم وكذلك كربونات الأمونيوم لانخفاض كفاءتها بالمقارنة مع اليوريا ، بينما تعتبر النتريت مبادة سامة لا يجوز استخدامها وكذلك مركبات النترات وإن كانت أقل سمية من النتريت

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ولكنها تختزل في الكرش إلى نتريت وتصبح أكثر سمية.

- ومن المواد التي ثبتت صلاحيتها أيضاً **البيوريت Biuret** وهي مادة عديمة اللون بللورية تنتج من معاملة اليوريا بالحرارة ، وكفاءتها تقارب كفاءة اليوريا ورمزها ($NH_2.CO.NH.CO.NH_2$)، وتمتاز على اليوريا ببطئ تحللها في الكرش وهي بذلك أقل خطراً من اليوريا. يحوي البيوريت النقي 41 % آزوت ومكافئها البروتيني -

41 × 6.25 = 255 % بروتين خام .

تحتاج البيوريت بالمقارنة مع اليوريا إلى فترة أقلمة طويلة نسبياً في الكرش حتى تبدأ الأحياء الدقيقة بإفراز الأنزيم الخاص بتحللها .

ومن ميزات البيوريت المعروفة أنه عند استخدامها كإضافة آزوتية عند تحضير السيلاج من مواد علفية فقيرة بالبروتين لا تتخمر في السيلو منتجة الأمونيا كما في حالة اليوريا وبالتالي فهي لا تؤدي إلى رفع درجة pH السيلاج كما يحدث عند استخدام اليوريا لهذا الغرض.

- **وتعتبر اليوريا [$CO(NH_2)2$]** أكثر المواد الآزوتية غير البروتينية استخداماً كمصدر للآزوت في تغذية المجترات لتوفرها بسعر مناسب وسهولة التعامل معها. وتحوي اليوريا النقية 46.6 % آزوت، وبالتالي فإن مكافئها البروتيني -

46.6 × 6.25 = 291% بروتين خام.

أما اليوريا التجارية فتحوي حوالي 42 % آزوت ومكافئها البروتيني حوالي 262% بروتين خام . تتحلل اليوريا في الكرش بوساطة أنزيم اليورياز Urease الذي تفرزه الأحياء الدقيقة في الكرش وينتج عن تحلل كل مول منها 2 مول أمونيا.

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

- ويكون تحلل اليوريا في الكرش سريعاً جداً لتوفر أنزيم اليورياز باستمرار وسط الكرش ، فإذا كانت كمية اليوريا التي تدخل الكرش في وقت واحد كبيرة فإن إنتاج الأمونيا سيكون كبيراً ويؤدي ذلك إلى إحدى نتيجتين ضارتين أو إلى كليهما- وهما:

الأولى: فقد كمية كبيرة من الأمونيا عن طريق امتصاصها عبر جدار الكرش

وبالتالي فقد معظمها على صورة يوريا مع البول ، فلا تتحقق الفائدة من استخدامها كمصدر للبروتين.

- **الثانية:** تعرض الحيوان للتسمم بالأمونيا نتيجة زيادة تركيزها في الكرش والدم.

أما إذا كانت كمية اليوريا المتاحة في الكرش متناسبة مع فعالية الأحياء الدقيقة فإن مصير الأمونيا الناتجة سيكون تكوين البروتين الميكروبي الذي يتحلل في قناة الهضم إلى حموض أمينية يستخدمها الحيوان العائل لبناء بروتين جسمه ومنتجاته .

- يستخدم كذلك **زرق الطيور** كمصدر للمواد الآزوتية غير البروتينية . حيث تحوي هذه المادة أكثر من 30% بروتين خام حوالي 55% منه عبارة عن مواد آزوتية غير بروتينية أهمها – حمض اليوريك الذي يشكل حوالي 30% والأمونيا التي تشكل حوالي 15% من مجموع NPN الزرق .

وتؤكد نتائج الدراسات العديدة إمكانية استخدام الزرق كمادة علفية وفق شروط محددة كمصدر للبروتين الخام والعناصر المعدنية في علائق المجترات ، شريطة تحضيره للاستخدام بطريقة مناسبة تكفل خلوه من الجراثيم الممرضة والمواد الضارة وصلاحيته للاستهلاك من قبل الحيوان.

يستخدم الزرق المحضر بطريقة التجفيف الحراري كأحد مكونات الخلطة العلفية. بينما يمكن استخدام الزرق الطازج في صناعة السيلاج مع الأعلاف الخشنة وخاصة النجيلية الفقيرة بالبروتين .

ومن التقنيات المعروفة لاستخدام NPN في التغذية معاملة الأعلاف الفقيرة بالبروتين بغاز النشادر (NH_3) لإنتاج الأعلاف المنشدرة Ammoniated Feeds مثل الأتبان والمخلفات الزراعية أو الصناعية حيث يرتبط نتيجة هذه المعاملة النشادر كيميائياً مع مركبات العلف فيزداد محتواها من البروتين الخام الذي لا يتحلل إلا بتأثير التخمرات التي تحدث في الكرش.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

طرق استخدام اليوريا وNPN في التغذية:

أهم الطرق الشائعة لاستخدام هذه المواد:

1- استخدام المكعبات الصلبة التي تحوي اليوريا مع المكملات الغذائية من عناصر معدنية وخاصة ملح الطعام وفيتامينات ومصادر الطاقة التي أهمها النشا . توضع المكعبات أمام الحيوان ليأخذ حاجته منها حين يشاء.

2- استخدام محلول اليوريا الذي يحوي على المولاس كمصدر الطاقة. وعادة يحوي المحلول 50–60غ يوريا و250غ سكر في كل كغ. ويقدم في غذايات خاصة ذات أنماط مختلفة تنظم استهلاك الحيوانات منها دون أن نسمح للحيوان بالوصول للمحلول مباشرة.

3- استخدام مركزات تحوي على اليوريا بنسب مناسبة لموازنة البروتين في الأعلاف والخلطات المركزة . وعادة تحوي مركزات اليوريا 10–30غ يوريا/كغ، وقد يرتفع هذا التركيز إلى أكثر من 100غ/كغ لاستخدامه في موازنة الخلطات المركزة الفقيرة بالبروتين .

4- استخدام محلول اليوريا في معاملة الأعلاف الخشنة بغرض رفع نسبة البروتين الخام فيها. ويمكن استخدام اليوريا بنفس الطريقة للأعلاف المركزة لنفس الهدف.

5- استخدام مركبات NPN مع الخلطة العلفية المركزة بنسب محددة لرفع نسبة البروتين فيها.

6- استخدام مركبات NPN في معاملة الأعلاف الخشنة لتحسين قيمتها الغذائية ورفع نسبة البروتين الخام بها.

التسمم باليوريا والمواد الآزوتية الأخرى:

يحدث التسمم باليوريا عندما تكون كمية الأمونيا الناتجة عن تحللها في الكرش أكبر من قدرة الأحياء الدقيقة على تحويلها إلى بروتين ميكروبي، فتمتص إلى الدم ثم تتحول في الكبد إلى يوريا وتطرح مع البول إذا كان تركيزها ضمن الحدود الطبيعية.

أما إذا زاد تركيز الأمونيا في الدم عن 100ملغ/100مل فإنها تسبب التسمم الذي ينسب إلى اليوريا بينما يحدث نتيجة زيادة تركيز الأمونيا في الدم.

ومن الصعب تحديد مقننات للاستخدام غير الخطر لليوريا، لأن تركيز الأمونيا الناتجة عنها محكوم بعوامل كثيرة عدا كمية اليوريا. فقد بينت بعض الدراسات أن إعطاء الأغنام اليوريا بمعدل 5.8غ/يوم كان كافياً لموتها متسممة بالأمونيا. في حين لم تلاحظ أعراض مرضية عند إعطاء أغنام أخرى 100غ يوريا/يوم، ويعتقد أن اعراض التسمم يمكن أن تظهر عند بلوغ تركيز اليوريا في الكرش حوالي 80ملغ/100مل. إلا أن التركيز السام يرتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجة pH الكرش فتصبح السمية شديدة عند الـ pH المرتفع بسبب زيادة نفاذية جدار الكرش للأمونيا غير المتأينة.

إن معدل تركيز الأمونيا في سائل الكرش المناسب لتحقيق معدل نشاط ميكروبي جيد في الاستفادة من الأمونيا هو 5–7ملغ/100مل سائل كرش.

تتشابه أعراض التسمم عند جميع أنواع المجترات وتظهر بعدة أشكال من أهمها تشنج العضلات وارتعاشها والترنح وفرط إفراز اللعاب والحمى والإقياء ويصاب الحيوان بالنفاخ واضطرابات تنفسية . وإذا لم يسعف الحيوان خلال 1–2 ساعة يمكن أن يحدث الموت . ويمكن مع بداية ظهور أعراض التسمم معالجة الحالة باستخدام الماء البارد الذي يعمل على خفض درجة حرارة الكرش مما يؤدي إلى بطئ عمليات تحلل اليوريا في الكرش وتخفيف تركيز الأمونيا. ويستخدم كمية من الماء كافية لتحقيق هذا الغرض تتراوح بين 20–40 لتر للأبقار حسب حجم الحيوان. ويمكن أن يفيد في هذه الحالة إستخدام محلول غني بالسكر (تركيزه حوالي 20–30 %) إذا أعطي في وقت مبكر بمعدل 1–2 ليتر ، أو محلول مخفف من حمض الخل مع الماء البارد حيث يعمل الحمض مع الأمونيا على تكوين خلات الأمونيا فيخف تركيز NH_3 وتنخفض درجة pH الكرش وينخفض معها معدل امتصاص الأمونيا إلى الدم وبذلك يقل خطر التسمم.

Damascus University
المسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وعموماً لا تشكل حالات التسمم باليوريا سبباً كافياً للتردد في استخدامها في تغذية المجترات ، لأن التسمم لا يحدث إذا اتبعت الطريقة الصحيحة في استخدام اليوريا. وفيما يلي أهم الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام المواد الآزوتية غير البروتينية بشكل عام واليوريا بشكل خاص في تغذية المجترات:

1- يجب عدم استخدام المواد الآزوتية غير البروتينية في تغذية المجترات غير تامة النمو.

2- يجب إدخال اليوريا في العلائق بالتدريج بحيث تزداد الكمية شيئاً فشيئاً خلال مدة تتراوح بين 2-3 أسابيع للوصول إلى الكمية المخصصة حتى تتعود عليها الأحياء الدقيقة في الكرش تدريجياً .

3- يجب أن تحوي العليقة على مصدر جيد للطاقة بحيث تستطيع الأحياء الدقيقة ممارسة نشاطها الحيوي في بناء البروتين بشكل طبيعي. فلا يجوز استخدام اليوريا مع التبن وحده لعدم كفاية الطاقة اللازمة للأحياء الدقيقة مما يزيد من فرصة تعرض الحيوان للتسمم.

4- جميع الأعلاف التي تسبب رفع درجة الـ pH في الكرش يمكن ان تساعد على حدوث التسمم باليوريا نتيجة زيادة معدلات امتصاص الأمونيا في الكرش.

5- نقص محتوى الكرش بسبب الصيام أو الجوع لأي سبب ، وكذلك نقص ماء الشرب يزيد من احتمال التسمم باليوريا عند وصولها للكرش . لأن تركيز الأمونيا في الكرش سيكون عالياً في الحالتين وتزداد معدل وصولها للدم.

العوامل التي تؤثر في الاستفادة من NPN:

لقد سبق وتعرضنا للعوامل التي تؤثر في اصطناع البروتين الميكروبي في الكرش وبالتأكيد فإن تلك العوامل هي نفسها تؤثر مباشرة في معدل الاستفادة من NPN في العلائق.

ونؤكد هنا مرة أخرى على ضرورة توفر مصدر سهل للطاقة في وسط الكرش، ويعتبر النشا أفضل مصدر للطاقة يستخدم مع NPN في العليقة. ويقدر البعض أنه

يمكن الحصول على نتائج جيدة من استخدام NPN في تغذية المجترات عندما تحوي العليقة من الكربوهيدرات سهلة التحلل 10 أضعاف ما تحوي من اليوريا وعلى أن يكون ثلثي الكربوهيدرات من النشا.

ومن العوامل الهامة والمؤثرة في معدل الاستفادة من NPN –عدد مرات التغذية- فإذا كانت الكمية المخصصة في اليوم تقدم مرة واحدة أو مرتين في اليوم فإن إنتاج الأمونيا في الكرش سيزداد تركيزه في فترات متناسبة مع مواعيد التغذية يزداد فيها أيضا امتصاص الأمونيا إلى الدم وفقدها مع البول: أما إذا كانت تقدم في عدة وجبات بطريقة ما أو بشكل مستمر فإن توزع تحللها سيكون على فترات أطول ومعدل الاستفادة منها يكون اكبر.

وطبيعي أن إضافة NPN إلى العلائق الغنية بالبروتين لا يحقق الفائدة المرجوة من استخدامه لأنه لا حاجة لمثل هذه الإضافة أصلا. فإذا كانت علائق الأبقار تحوي حوالي 12-13% بروتين فإنه لا يتوقع أن يكون لإضافة NPN فائدة كبيرة. مع العلم انه ليس نسبة بروتين العليقة وحدها التي تؤثر في هذه الناحية بل أيضا درجة تحلل البروتين في الكرش تلعب دورا هاما . كما أن حاجة الحيوان للبروتين مهمة أيضا فإذا كانت احتياجات الحيوان أكثر من 13% بروتين في العليقة يمكن أن تكون الفائدة أكبر من استخدام NPN.

يحتاج استخدام NPN في عليقة الحيوان إلى فترة تأقلم حتى تصل الفائدة حدها الأقصى، فالأحياء الدقيقة تحتاج للتأقلم مع تحليل المادة وخاصة إذا كانت تحتاج لإفراز أنزيمات خاصة بهذه المادة. كما أن الكبد يحتاج إلى فترة كافية للتأقلم مع عمليات تحويل NH3 إلى يوريا. كما أن الحيوان نفسه يمكن أن يحتاج إلى فترة كافية لاستساغة المادة العلفية المضافة إليها هذه المواد. هذا بالإضافة إلى العوامل الأخرى التي سبقت دراستها مثل عمر ونوع الحيوان وتوفر العناصر المعدنية وخاصة الكبريت والكوبلت التي تؤثر في معدل الاستفادة من NPN كمصدر للبروتين في علائق المجترات.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ومن المهم عند استخدام اليوريا مع العلف خلطها بشكل متجانس حتى يكون الاستهلاك منها متوازنا. كما أنه لا ينصح بزيادة معدل استخدامها في العليقة عن 1% لأنها يمكن عند استخدامها بتركيز أعلى أن تؤثر في شهية الحيوان وبخاصة الأبقار الحلوب فيقل استهلاكها للعلف، وينعكس ذلك سلبا على إنتاجها.

استخدام NPN في التغذية التطبيقية:

تعتبر اليوريا أكثر المواد الآزوتية غير البروتينية استخداما في تغذية الحيوانات المجترة. فهي تستخدم في علائق جميع أنواع المجترات. وطبيعي أن يكون استخدامها في تغذية الحيوانات تامة النمو حيث يكون الكرش فعالا. كما يعطي استخدام اليوريا في علائق الأغنام وأبقار اللحم التي تحوي كميات قليلة من الأعلاف المركزة نتائج جيدة. كما أن الأبقار الحلوب متدنية الإنتاج والتي تتغذى على علائق فقيرة بالبروتين يمكن أن تستجيب لاستخدام اليوريا في علائقها أما ذات الإنتاج المتوسط والعالي والتي تعطى كميات كبيرة من الأعلاف المركزة لا ينصح باستخدام اليوريا في علائقها.

وعلى الرغم من أن اليوريا استخدمت على نطاق تجريبي في علائق المجترات بنسب عالية جدا شكلت أحيانا 100% من بروتين العليقة إلا أنه على الصعيد التطبيقي لا ينصح بزيادة نسبتها في العليقة عن الحد الذي يزيد فيه آزوت اليوريا عن 30% من آزوت العليقة ، وعلى أن لا يزيد بأي حال من الأحوال مجموع N اليوريا المضافة مع المواد الآزوتية غير البروتينية الموجودة في مكونات العليقة عن 50% من مجموع N العليقة الكلي المقدم للحيوان.

إن استخدام المواد الآزوتية غير البروتينية في تغذية أبقار الحليب محدود جدا، وغالبا ما يقتصر على استخدام الأعلاف الخشنة المعاملة بمثل هذه المواد أو المضاف إليها مصادر NPN كالسيلاج. وقد بينت نتائج إحدى التجارب التي اجريت في الدانمارك واستخدمت فيها اليوريا في تغذية الأبقار الحلوب أنه لا يجوز أن تتجاوز كمية اليوريا المعطاة للبقرة في اليوم 29 غ إذا كان إنتاجها يزيد على 20 كغ حليب

يوميا، بينما يمكن أن تصل كمية اليوريا حتى 77 غ/يوم للأبقار ذات الإنتاج المتدني (حوالي 16 كغ).

أما في تغذية حيوانات التسمين فقد استخدمت العلائق الحاوية على NPN على نطاق واسع في العديد من دول العالم خاصة في علائق أبقار اللحم.

وتتفاوت نتائج استخدام المواد الآزوتية غير البروتينية في تسمين الحيوانات بحسب ظروف التجربة أو تكوين العليقة. فقد أجريت مقارنة بين عدة مصادر NPN استخدمت في تسمين العجول هي اليوريا والبوريت وبوريات الصوديوم (Sodium Ureat) وزرق الطيور وذلك في علائق مكونة من دريس تيموثي مع حبوب الذرة الصفراء المجروشة ومولاس قصب السكر. وقد أعطت جميع هذه المواد نتائج إيجابية ومتشابهة عندما شكلت هذه المصادر بحدود 50% من بروتين العليقة الكلي، وكان معامل هضم المادة الجافة للعلائق حوالي 63% (Oltjen et al, 1976).

وقد أجريت دراسات عديدة على استخدام اليوريا في علائق التسمين بدلا من مصادر البروتين العلفية الدارجة مثل كسبة القطن أو كسبة الصويا أو كمادة مكملة في علائق فقيرة بالبروتين سواء للأبقار أو الجاموس أو الأغنام. وبينت معظم النتائج أنه في حالة توفر مصدر جيد للطاقة في العلائق المضاف إليها اليوريا فإن استخدام اليوريا في علائق التسمين يعطي نتائج إيجابية حتى ولو احتوت العليقة على مخلفات ذات قيمة غذائية منخفضة شريطة أن لا يشكل آزوت اليوريا أكثر من 50% من آزوت العليقة الكلي.

وعند استخدام زرق الطيور ومقارنته مع اليوريا والبيوريت كمصادر للبروتين في علائق تسمين العجول بحيث تغطي هذه المواد 40% فقط من آزوت العليقة ولمدة 90 يوما، لم يلاحظ بنتيجة هذه التجربة وجود فروق معنوية بين مصادر الآزوت الثلاثة من حيث معامل هضم المادة الجافة والألياف الخام والطاقة وكذلك في قيم ميزان الآزوت . ولكن زرق الطيور تفوق على باقي المعاملات في معدل زيادة الوزن

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

والكفاءة التحويلية للعلف جدول رقم (4).

جدول رقم (4): تأثير استخدام مصادر مختلفة من NPN في علائق تسمين العجول.

البيان	يوريا	بيوريت	زرق دجاج
نسبة المادة في العليقة (%)	1.5	1.7	15
نسبة البروتين في العليقة (%)	11.5	11.4	11.9
النسبة الهضمية للمادة الجافة (%)	54.2	54.6	55.7
النسبة الهضمية للطاقة (%)	54.2	53.8	54.0
النسبة الهضمية للبروتين (%)	58.8	57.6	61.4
ميزان الآزوت (غ)	30.8	32.4	36.9
معدل الزيادة الوزنية (كغ/يوم)	0.6	0.43	1.02
الكفاءة التحويلية	14.8	17.27	9.2

هضم واستقلاب الليبيدات في الكرش:

لا تحوي علائق المجترات كميات كبيرة من الليبيدات، وقلما تتجاوز نسبة الدهن الخام فيها 4-5%. ويمكن أن تحوي العليقة جميع أنواع الليبيدات، إلا أن الجليسريدات تشكل النسبة الأعظم من مجموع الليبيدات، والجليسريدات الثلاثية تشكل النسبة الأعظم من مجموع الجليسريدات. كما تحوي الأعلاف على إسترات الجلاكتوسيل جليسريل للحموض الدهنية (وخاصة لحمض اللينوليك) بكميات ليست قليلة، بالإضافة إلى وجود بعض الستيرولات والفوسفوليبيدات والجلوكوليبيدات وغيرها.

تستطيع الأحياء الدقيقة في الكرش تحليل جميع أقسام الليبيدات إلى مكوناتها الأساسية منتجة بشكل أساسي الحموض الدهنية والجليسرول التي تستخدم كمصادر للطاقة أو تخزنها الأحياء الدقيقة على صورة دهون.

تؤثر نوعية دهن العليقة في طبيعة ونواتج تخمر مصادر الطاقة في الكرش، وفي

نوعية الحموض الدهنية الطيارة السائدة في الوسط. فعند استخدام إضافات من الشحوم الحيوانية أو زيت بذرة القطن أو كبد الحوت للعلائق، أدت هذه الإضافات إلى نقص نسبة حمض الخليك وزيادة البروبيونيك والبيوتريك في سائل الكرش.

تتعرض الحموض الدهنية في الكرش للعديد من التغيرات التي تحدثها البكتريا والبروتوزوا، ومن التفاعلات الهامة التي تحدث للحموض الدهنية عمليات الهدرجة التي تتعرض لها جميع الحموض غير المشبعة، وخاصة اللينوليك واللينولينيك. وهذه العملية تزيد من نسبة الحموض المشبعة في الكرش ومن ثم في الدم وتنعكس على نوعية الدهون التي تبنى في أنسجة الحيوانات المجترة، التي تتميز بارتفاع نسبة الحموض المشبعة في أنسجتها وإنتاجها مقارنة مع الحيوانات غير المجترة. وهذا يؤكد أيضا على وجود علاقة بين نوعية دهون الجسم ونوعية الحموض الممتصة من قناة الهضم.

ومن التغيرات التي تحدثها الأحياء الدقيقة في الدهون، تغيير مكان الروابط الزوجية، وكذلك تغيير نوع الرابطة من ذات الشكل المقرون (Cis) إلى الروابط من ذات الشكل المفروق (Trans). كما يمكن أن تكون الأحياء في الكرش دهون ذات سلاسل أطول وحموض دهنية تحوي أعداد فردية من ذرات الكربون.

تؤكد البيانات الناتجة من تقدير كمية الحموض الطويلة السلسلة التي تصل إلى الإثنى عشر أن كميتها أكبر من الكمية الداخلة مع العليقة، مما يؤكد على أنها تكونت في الكرش. وتتأثر كمية هذه الأنواع من الحموض التي تكونها الأحياء الدقيقة بنسبة العلف المركز في العليقة. وتقدر بحوالي 10-15غ/الكل كغ مادة عضوية مهضومة في العلائق المالئة وتزيد إلى 20-25غ في العلائق الغنية بالأعلاف المركزة. أي أن هذه الحموض تشكل حوالي 5% من الطاقة المهضومة للعلائق المالئة وحوالي 8-10% من الطاقة المهضومة للعلائق الغنية بالحبوب.

ونظرا لأن الكربوهيدرات هي المصدر الأساسي للطاقة في علائق المجترات، ولأن الأحياء الدقيقة في الكرش تستطيع تكوين الحموض الدهنية الضرورية من مصادر

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

غير دهنية، ولعدم وجود مشاكل لنقص الدهون في العلائق، فإننا سنكتفي بهذا القدر من دراسة استقلاب الدهون. مع التذكير بأن زيادة الدهون في العلائق تؤثر سلبا على الشهية وعلى معامل هضم الألياف الخام وتزيد إنتاج الأمونيا والبروبيونات وتقلل إنتاج الخلات.

الفصل الرابع

الهضم في المعدة الحقيقية والأمعاء

تصل الكتلة الغذائية إلى المعدة الحقيقية بعد أن تكون قد تعرضت لعمليات الهضم الميكروبي في الكرش و الشبكية . وفيما يلي ملخصاً للفعاليات الأنزيمية التي تتعرض لها الكتلة الغذائية في المعدة الحقيقية والأجزاء التالية من قناة الهضم:

الهضم في المعدة الحقيقية :

تفرز الغدد المنتشرة على جدار المعدة عصارة حامضية تحوي أنزيمات هاضمة وأملاح غير عضوية وحمض كلور الماء الذي تفرزه خلايا في جدار المعدة تسمى الخلايا الجدارية Parietal Cells والذي يحول وسط الكتلة الغذائية إلى وسط حمضي، ويختلف تركيز حمض كلور الماء في إفرازات المعدة باختلاف نوع الغذاء، ولكنه يفرز بحيث يكون كافياً لخفض درجة حموضة محتوياتها إلى pH 2-1.5.

لا تهضم الكربوهيدرات والدهون في المعدة الحقيقية لأن إفرازات المعدة لا تحوي أنزيمات هاضمة لهذه المواد. كما أن الأنزيمات التي يمكن أن تنتقل مع سائل الكرش إلى المعدة والتي تعمل على الكربوهيدرات والدهون يقف عملها لأن الوسط في المعدة الحقيقية حامضي ولا يناسب هذه الأنزيمات.

تحوي عصارة المعدة الحقيقية عدة أنزيمات هاضمة للبروتين أهمها :

1- **الرينين Rennin أو الكيموسين Chymosin** : ويسمى الأنفحة، ويفرز بكثرة في معدة الحيوانات الرضيعة على صورة غير نشطة **(Prorennin)**، حيث يتحول بتأثير حمض HCl إلى الصورة النشطة ، فيعمل على تخثر الحليب في وسط

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حامضي خفيف على النحو التالي :

كازين + ماء ←Rennin باراكازين

باركازينات + كالسيوم ← باكازينات الكالسيوم

والناتج النهائي باراكازينات الكالسيوم غير ذائبة ترسب على شكل خثرة في المعدة. ويتوقف إفراز الرينين على عمر الحيوان و نوعية الغذاء. فيقل إفرازه مع تقدم العمر ونقص التغذية على الحليب.

2- البيبسين Pepsin : يفرز على صورة غير نشطة **Pepsinogen** وينحول في المعدة إلى البيبسين الفعال بتأثير حمض كلور الماء. أفضل وسط لعمل هذا الأنزيم هو pH 2-1.5. وهو غير فعال عند درجات pH المرتفعة. و تعتبر فعالية البيبسين قليلة عند الحيوانات الرضيعة نظراً لارتفاع pH الوسط إلى حوالي (4-4.5). لذلك يكون إفراز هذا الأنزيم قليلاً عند الحيوانات الرضيعة و يزداد إفرازه بمجرد بداية تغذيتها على أعلاف نباتية.

3- **البارابيسين Parapepsin**: ومنه نوعين (I و II) وأفضل وسط لعمل بارابيسين I هو pH 2 و لعمل بارابيسين II هو pH 3.

و يعمل كل من البيبسين و البارابيسين على تكسير الروابط الببتيدية الواقعة في وسط جزيء البروتين فيحللها إلى جزيئات أبسط مثل البروتيوزات Proteoses والبيتونات Peptones والببتيدات العديدة Polypeptides. وبالرغم من أن هذه الأنزيمات لا تعتبر دقيقة في تخصصها إلا أنها تفضل العمل على تفكيك الروابط الببتيدية التي تربط حموض أمينية عطرية (الفينايل ألنين- تربتوفان – التيرازين و كذلك الحمض الأميني ليوسين).

الهضم في الاثنا عشري :

الاثنا عشري هي الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة و لها دور مهم جداً في هضم

الغذاء نظراً لأنه يصب فيها ثلاث عصارات هاضمة هي:

- **عصارة الاثني عشري Duodenal Juice** وتفرزها غدد برونر Brunner's glands المبطنة لجدار الاثنا عشري وهي عصارة قلوية لا تحوي أنزيمات هاضمة ولكنها تساعد في معادلة حموضة الكتلة الغذائية وتعمل على حماية جدر الأمعاء من تأثير حمض كلور الماء القادم من المعدة.

- **عصارة الصفراء Bile:** تتكون عصارة الصفراء في الكبد وتتجمع في المرارة (الحويصلة الصفراوية) وتصب في الاثنا عشري . ومما يذكر أنه ليس لجميع الحيوانات حويصلة صفراوية. فالخيول والجمال والغزلان والفئران والإبل ليس لها مرارة، بينما توجد المرارة عند الأبقار والأغنام والماعز والخنزير والطيور. والصفراء عصارة شديدة القلوية طعمها شديدة المرارة لونها أصفر محمر عند الحيوانات آكلة اللحوم، وأخضر عند الحيوانات آكلة الأعشاب.

ترجع أهمية عصارة الصفراء في الهضم إلى تأثيرها القلوي (pH 7.8-7.2) الذي يساعد على تعديل حموضة الكتلة الغذائية القادمة من المعدة. كما تحتوي الصفراء على أملاح لها تأثير منشط لعمل أنزيم الليباز. الذي يفرزه البنكرياس والغدد المعوية. وتساعد أيضاً على تجزئة الدهون وتحويلها إلى مستحلبات تكون أكثر تأثراً بفعل الأنزيم، وتساعد أملاح الصفراء على امتصاص الحموض الدهنية والفيتامينات الذائبة في الدهون. كما تنبه جدر الأمعاء لإفراز كميات كافية من العصارة الهاضمة. وتمتص بسهولة أملاح الصفراء من قناة الهضم وتتجمع مرة أخرى في الكبد حيث يعاد إفرازها.

- **عصارة البنكرياس: Pancreatic Juice**: تصب في الإثنا عشري، وهي قلوية التأثير أيضاً (pH=8)، ولذلك تشترك مع الصفراء في معادلة حموضة الكتلة الغذائية من وسط حمضي إلى قلوي. وتحوي عصارة البنكرياس على أنزيمات هاضمة للكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أ–الأنزيمات المحللة للكربوهيدرات:

1- **أميلاز البنكرياس Pancreatic amylase:** يحلل النشا إلى ديكسترين ثم إلى السكر الثنائي مالتوز.

2- **المالتاز: Maltase** يحلل المالتوز إلى جزئين من الجلوكوز.

3- **اللاكتاز: Lactase** يحلل سكر الحليب إلى جزيء من الجلاكتوز + جزيء من الجلوكوز.

ب–الأنزيمات المحللة للدهون:

تحوي عصارة البنكرياس على أنزيم **الليباز Pancreatic Lipase** الذي يعمل في درجة حموضة تميل للقلوية (pH 8-7) مع وجود أملاح الصفراء. وتتحلل الدهون الحقيقية بفعل الليباز إلى حموض دهنية+جليسرين. أما الليبيدات المركبة فينتج من تحللها بالإضافة إلى الحموض الدهنية والجليسرين مركبات أخرى مثل القواعد الآزوتية وحمض الفوسفوريك.

كما تحوي عصارة البنكرياس على أنزيم **الليسثيناز Lecithinase** الذي يحلل الليستين إلى ليزوليسيتين Lysolecithin وحمض دهني.

جـ–الأنزيمات المحللة للبروتينات:

1-**التربسين Trypsin** : ويفرز على صورة **Trypsinogen** غير الفعال ولكنه يتحول في الاثنا عشري إلى الصورة الفعالة (تربسين) بتأثير أنزيم انتروكيناز **Entrokinas** الذي يفرز في الاثنا عشري . وأفضل وسط لعمل التربسين هو القلوي الخفيف (pH=8) وهو يعمل على الروابط الببتيدية الداخلية في جزيء البروتين، و يفصل الروابط المجاورة للحمض الأميني لايسين وارجنين.

2- كيموتربسين Chymotrypsin : يفرز أيضاً على صورة غير فعالة **(Chymtrypsiongen)**. ويتحول إلى الصورة الفعالة بتأثير أنزيم التربسين والأنتروكيناز. يعمل هذا الأنزيم على تكسير الروابط الببتيدية المجاورة للحموض

الأمينية العطرية.

3- **كاربو كسيببتيداز Carboxypeptidase A** : يفرز على صورة غير فعالة **(pro-carboxypeptidase)** ويتحول بفعل أنزيم التربسين إلى الصورة الفعالة. ومنه نوعين :

أ- ويعمل على الروابط الببتيدية المجاورة لمجموعة الكربوكسيل الطرفية.

ب- ويعمل على الروابط الببتيدية المجاورة للحموض القاعدية الطرفية.

4- **الإلاستاز Elastase:** يفرز على صورة **Proelestase** غير الفعالة. وبتأثير أنزيم التربسين يتحول إلى الصورة الفعالة. ويعمل على الروابط الببتيدية المجاورة الحموض اليفاتية متعادلة.

5- كما تحوي عصارة البنكرياس أنزيمات محللة الحموض النووية Polynucleotidase فأنزيم **Deoxyriponuclase (Dnase)** يحلل DNA، و أنزيم **Ribonuclease (Rnase)** يحلل RNA إلى مكوناتها الأصلية.

الهضم في الأمعاء الدقيقة :

يستمر تأثير عصارات الاثنا عشري والصفراء والبنكرياس على الكتلة الغذائية طالما بقي الغذاء في الأمعاء، بالإضافة إلى تأثير العصارة التي تفرز من جدر الأمعاء التي تحوي الأنزيمات التالية:

1-**أنزيمات محللة للكربوهيدرات** وهي :

أ- اللاكتاز :ويشبه لاكتاز البنكرياس في عمله.

ب- الانفرتاز : Invertase ويحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز.

2-أنزيمات محللة للدهون وهي:

أ- أنزيم الليباز : الذي يحلل الدهن ويشبه في عمله ليباز البنكرياس.

ب- ليزوليسيثيناز Lysoleithinase: يحلل الليزوليسيثين إلى حمض دهني

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وجليسرول، وفوسفوكولين.

3-أنزيمات محللة للبروتين: وهي تحلل البتيدات البسيطة إلى حموض أمينية أهمها:

أ- أمينوبيتيداز Aminopeptidase: يعمل على تكسير الروابط البتيدية لمجموعة الأمينو الطرفية.

ب- ديبتيداز Dipeptidase: يعمل على تحلل البتيدات الثنائية مكوناً حمضين أمينيين.

ج- تراي بتيداز Trypeptidase : يعمل على تحليل البتيدات الثلاثية المكونة من ثلاث حموض أمينية. وبالإضافة إلى الأنزيمات السابقة تحوي عصارة الأمعاء على الأنزيمات **Dnase، Rnase، والفوسفاتاز Phosphatase.**

الهضم في الأمعاء الغليظة :

تمتص معظم المواد الغذائية المهضومة في الأمعاء الدقيقة. لذلك لا يصل إلى الأمعاء الغليظة إلا بعض المواد التي لم تؤثر بها الأنزيمات التي تتعرض لها الكتلة الغذائية في الأجزاء السابقة من قناة الهضم مثل السيلوز والهيميسيلوز واللجنين ومواد أخرى تحميها هذه المركبات من تأثير الأنزيمات الهاضمة. ولا تحوي عصارة الأمعاء الغليظة على أنزيمات هاضمة. لذلك تقتصر عمليات الهضم بها على فعل الأنزيمات المرافقة للكتلة الغذائية من الأجزاء السابقة من قناة الهضم، وعلى تأثير الأنزيمات التي تفرزها الأحياء الدقيقة القاطنة في الأمعاء الغليظة وخاصة في الأعور. حيث توجد أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة التي تحلل البروتينات فينتج من تحللها مركبات عديدة مثل الأندول والسكاتول وحموض عضوية وغيرها.

امتصاص المواد الغذائية المهضومة:

في الفم: لا يحدث امتصاص في الفم إلا لبعض الأدوية الخاصة التي تعطى

للمريض.

الامتصاص في الكرش:

يمتص جزء كبير من الحموض الدهنية الناتجة من تحلل الكربوهيدرات وجزء من الجلوكوز الموجود أصلاً في الغذاء أو الناتج من تحلل الكربوهيدرات في الكرش. كما تمتص الأمونيا واليوريا التي تصل مع اللعاب أو المستخدمة كبديل للبروتين العليقة. والمعروف أن اليوريا تتحول في الكرش إلى أمونيا بسرعة كبيرة نسبياً، لذلك فإن امتصاصها في الكرش يتم فقط في الدقائق الأولى بعد وصولها إليه. كما يتم في الكرش امتصاص بعض الحموض الأمينية الحرة سواء القادمة مع الغذاء أو الناتجة من تحلل البروتينات. ويمكن أن يحدث امتصاص لبعض العناصر المعدنية من الكرش إلى الدم وبالعكس، مثل الفوسفور والكلور والصوديوم وبعض العناصر الأخرى.

الامتصاص في الورقية :

يمتص فيها جزء كبير من الماء قبل وصول الكتلة الغذائية إلى المعدة الحقيقية، كما يحدث امتصاص لبعض العناصر الغذائية مثل الصوديوم وكمية بسيطة من الحموض الدهنية القادمة من الكرش والتي قد يمتص منها حتى 90% في الورقية.

الامتصاص في المعدة الحقيقية :

يمتص في المعدة الحقيقية للحيوانات المجترة الحموض الدهنية وبعض فيتامينات B وبعض العناصر المعدنية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور. أما في معدة الحيوانات غير المجترة فعملية الامتصاص تكون أقل شأناً، نظراً لأن عمليات هضم الغذاء تبدأ في هذا الجزء من قناة الهضم. ومع ذلك يمكن أن يمتص في المعدة كمية قليلة من السكريات الأحادية وبعض الحموض الأمينية الحرة

الامتصاص في الأمعاء الدقيقة:

يتم في الأمعاء الدقيقة امتصاص معظم نواتج الهضم، فتمتص السكريات الأحادية والحموض الدهنية والحموض الأمينية. كما يمكن أن يحدث في الأمعاء

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

امتصاص لبعض نواتج الهضم الوسطية مثل السكريات الثنائية كالمالتوز والسكروز والجلسريدات الثنائية والثلاثية التي تكون على شكل مستحلب ولا يزيد قطر جزيئاتها عن 5.5 ميكرون، وتصل الأخيرة إلى الجهاز الدموي عن طريق الجهاز اللمفاوي.

الامتصاص في الأمعاء الغليظة:

رغم قدرة الأمعاء الغليظة المحدودة على الامتصاص بالمقارنة مع الأمعاء الدقيقة، فإنه يتم فيها بصورة أساسية امتصاص كمية كبيرة من الماء القادم مع الكتلة الغذائية، كما يمتص جزء من بقايا نواتج الهضم التي لم تمتص في الأمعاء الدقيقة مثل السكريات والحموض الأمينية والعناصر المعدنية. كما تمتص في الأمعاء الغليظة وخاصة في الأعور نواتج التحلل الميكروبي للغذاء مثل الحموض الدهنية والأمونيا واليوريا وبعض الفيتامينات.

الإطراح:

تصل الكتلة الغذائية إلى الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة فيمتص جزء من الماء وبعض المواد الأخرى الموجودة بها ثم تتجمع في المستقيم استعداداً لخروجها على شكل روث.

يحوي الروث عادة جميع المواد غير المهضومة المتبقية من المواد الغذائية والتي تكون الألياف جزءاً كبيراً منها. كذلك يحتوي على بعض المواد المهضومة التي لم تمتص في القناة الهضمية وعلى بقايا العصارات الهاضمة والخلايا الممزقة من جدر الأمعاء وعلى أعداد كبيرة من الميكروبات.

ويتخلص الجسم من جزء كبير من نواتج عمليات هضم البروتينات عن طريق البول كما يتخلص من الزائد عن حاجة الجسم من بعض الأملاح مثل الكلور والصوديوم عن طريق البول والعرق بينما يخرج الجزء الأكبر من الكالسيوم والفوسفور والمغنيسيوم والحديد عن طريق الروث.

بعض خصائص الهضم عند المجترات النامية :

تختلف طبيعة الهضم عند العجول والخراف عن الحيوانات المجترة تامة النمو وكذلك عن ذوات المعدة البسيطة في العديد من الخواص نلخص أهمها فيما يلي:

1- يمر الغذاء السائل (الحليب أو بديل الحليب) عبر الشبكية والكرش مباشرة إلى المعدة الحقيقية عبر الأنبوب الذي يتكون نتيجة إغلاق أحدود المريء. وإن عملية تكون هذا الأنبوب تتأثر بنوعية الغذاء السائل وميكانيكية مص الحليب وبعوامل أخرى.

2- تكون الخلايا الجدارية الموجودة في الغشاء المخاطي للمعدة الحقيقية عند الولادة وقبلها مباشرة غير فعالة ويكون الأس الهيدروجيني متعادلاً ووجود حمض كلور الماء قليل جداً. ولكن هذه الحالة تتغير بعد الولادة مباشرة وبسرعة كبيرة. فالخلايا الجدارية تتطور بسرعة وينخفض الأس الهيدروجينية بحيث يقارب pH 3 قبل مرور 36 ساعة على الولادة.

3- من المعروف أن لعاب المجترات يحوي على الليباز الذي يسمى Progastric estrase (PGE) وهو مجموعة من الاسترازات التي تفرز قبل المعدة. ولهذه الأنزيمات أهمية خاصة في هضم دهن الحليب أو بديل الحليب الذي تتغذى عليه العجول. وتعمل هذه الأنزيمات على الجليسريدات الثلاثية، وتفضل منها القصيرة السلسلة التي تحوي على حمض البيوتريك أو الحموض الدهنية المشابهة. ويكون فعله في الجلسريدات طويلة السلسلة بطيئاً وأقل اكتمالاً. ويعتبر الوسط مثالياً لفعل هذه الأنزيمات عندما تكون الحموضة حوالي pH 4.5-6 وتنخفض فعاليته إلى حوالي 70% عند pH 3-4 ويقف نشاطه عندما تصبح الحموضة pH 2.5 . لذلك يكون فعل هذه الأنزيمات في دهن الحليب كبيراً في المعدة الحقيقة خلال الدقائق الثلاثين الأولى بعد تناول وجبة الحليب حيث يرتفع الـ pH بعد الوجبة إلى الدرجة الملائمة لفعل هذه الأنزيمات فيتحلل خلال هذه الفترة القصيرة حوالي 50% جليسريدات الحليب الثلاثية قبل أن ينخفض

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

pH الوسط ويقف فعل الليباز.

يرتبط وجود وتأثير الليباز عند العجول بطبيعة تغذيتها فتقل أهميته مع تقدم العمر ونقص الحليب في علائق العجول حتى ينخفض هذا التأثير بعد فطام العجول وتحول تغذيتها إلى العلائق الخالية من الحليب.

4- تحوي عصارة المعدة الحقيقية للعجول حديثة الولادة على حمض كلور الماء ونوعين من الأنزيمات الفعالة في تخثر الحليب هما الرينين Rennin (الكيموسين Chymosin) والببسين Pepsin.

يفرز الرينين بكميات كبيرة في معدة الحيوانات الرضيعة على صورة غير نشطة (Prorennin) كما يفرز الببسين على صورة غير نشطة أيضاً (بيبسينوجين Pepsinogen) ثم تتحول الأنزيمات إلى الصورة النشطة بتأثير حمض HCl. ويعمل هذان الأنزيمان مع حمض HCl على تخثر الحليب ثم تحلل البروتينات.

وتتوقف كفاءة هضم الحليب على كفاءة وتمام عملية تخثر الحليب التي تحدث نتيجة ترسيب الكازين في وسط حامضي خفيف وبوجود الكالسيوم.

يكون الوسط في المعدة قبل التغذية على الحليب حامضياً (حوالي 2-2.8 pH). يرتفع مباشرة الأس الهيدروجيني بعد التغذية على الحليب ليصل حتى 6.2-6.5 pH ثم يبدأ بالانخفاض تدريجياً إلى أن يعود إلى وضعه الطبيعي بعد 3-5 ساعات من تناول الوجبة. ونظراً لأن الوسط المثالي لعمل الرينين في تخثر الحليب هو حوالي 6-6.5 pH وللببسين حوالي 5.25 pH ، فإن تخثر الحليب يحدث بتكامل فعل هذين الأنزيمين وبوجود حمض HCl في الدقائق الأولى بعد وصول الحليب إلى المعدة (بين 1-10 دقائق) ويعتقد أن دور الرينين في تكوين الخثرة أكبر من دور الببسين الذي يزداد إفرازه مع تقدم عمر العجول وبدء استخدام الأعلاف الجافة في تغذيتها.

يعمل أيضاً الرينين والببسين على تحليل البروتين في المعدة ولكن في وسط أكثر حموضة من الوسط اللازم لتخثر الحليب. والحموضة المثالية لعمل هذين الإنزيمين في

تحليل البروتين هي 3.5 و 2.1 pH للرينين والببسين على التوالي.

ويكون تحلل البروتينات في المعدة جزئياً لأن الوسط فيها يكون دائماً أقل حموضة من الدرجات المثلى لعمل الأنزيمات المحللة للبروتين . ويستمر في المعدة عمل لبياز اللعاب طالما حموضة الوسط مناسبة لعمله. بينما لا يحدث أي هضم للسكريات في المعدة الحقيقية.

Damascus University
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner