**الهضم في المجترات Digestion in the ruminants**

 تقسم معدة المجترات البالغة إلى أربعة أقسام (الكرش Rumen والشبكية Reticulum والورقية Amasum والمعدة الحقيقية Abomasum , أما في الحيوانات الصغيرة في مرحلة الرضاعة فان الكرش والشبكية يكونان صغيران نسبيا وبذلك ينتقل الحليب مباشرة إلى الورقية والمعدة الحقيقية بواسطة طية تشبه الانبوب تعرف باخدود المريء أو الشبكية وعندما تبدأ هذه الحيوانات بأكل المواد العلفية يبدأ الكرش والشبكية بالاتساع إلى أن تكون حوالي 85% من السعة الكلية للمعدة وتقسم محتويات الكرش إلى طبقتين :

1. الطبقة السائلة Liquid phase : وتوجد في الجزء الأسفل من الكرش وتحتوي على الأجزاء الصغيرة والعالقة من المواد الغذائية.
2. الطبقة الصلبة Solid phase : وتوجد فوق الطبقة السائلة وتحتوي على الأجزاء الأخشن من المواد الغذائية.

يحدث الهضم الميكروبي للغذاء نتيجة فعل الأنزيمات التي تفرزها البكتريا (البروتزوا) ويتراوح عدد 109 – 1010 في الملم من محتويات الكرش وهذه البكتريا ذات أنواع وسلالات مختلفة وعددها يعتمد على طبيعة الغذاء المأكول , فالعلائق المحتوية على كميات كبيرة من الأعلاف المركزة تحتوي على أعلى عدد من الأحياء المجهرية بينما التغذية على علائق مرتفعة بالسكريات الذائبة تمتاز بانخفاض أعداد البكتريا, كما وان اللعاب له دور مهم كمحلول منظم وبالتالي يؤثر على pH سائل الكرش وهذا ينعكس على البكتريا التي تتوفر في الكرش.

أولا"- هضم الكربوهيدرات: معظم الكربوهيدرات يتم هضمها في الكرش عن طريق الأحياء المجهرية وينتج عن هذه التخمرات كميات كبيرة من الأحماض الدهنية الطيارة ( الأستيك والبروبيونيك والبيوتريك ) وغازات الميثان وثاني أوكسيد الكاربون ومركبات وسطية أخرى وهذه النواتج تعتبر المصدر الرئيسي للطاقة, وإما الأنزيمات التي تقوم بعملية هضم الكربوهيدرات فهي:

1. أنزيم ألفا – أميليز : يوجد في اللعاب والبنكرياس وبعض الأحياء المجهرية وهذا الانزيم يقوم بتحليل الآصرة الكلايكوسيدية الموجودة في النشأ والكلايكوجين.
2. هضم السكريات الثنائية

 





1. يتحلل السيليلوز إلى كلوكوز بفعل أنزيم السيليليز المفرز من الأحياء المجهرية الموجودة في كرش الحيوانات المجترة فيتحول السليوبايوز الذي يتحول بدوره إلى كلوكوز.

ثانيا" – هضم الليبيدات : تعتبر الدهون الموجودة في أغذية المجترات دهون غير مشبعة حيث تحتوي على نسبة كبيرة من الحوامض الدهنية اللينوليك واللينولينيك وعلى الرغم من ان هناك أدلة كثيرة على حدوث تحلل للدهون في الكرش فان أهم تحوير يحدث في الكرش هو الهدرجة للحوامض الدهنية غير المشبعة وتؤثر هذه الصفة على نوعية الدهون المترسبة في جسم الحيوان والتي هي غنية بالحامض الدهني المشبع (الستريك) لذلك فان دهن الجسم للحيوانات المجترة هو أصلب من دهن الجسم للحيوانات الأخرى المغذاة على نفس العليقة.

ثالثا" – تخليق الفيتامينات : تخلق الأحياء المجهرية الموجودة في الكرش جميع فيتامينات ب المركبة, وتقوم أو تتمكن الأحياء المجهرية من تخليق فيتامين B12 عند تجهيزها بعنصر الكوبلت وبالتالي فان تخليق B12 لايعتمد على توفره في العليقة المغذاة فقط.

رابعا" – هضم البروتين : تتحلل بروتينات الغذاء بواسطة الأحياء المجهرية إلى ببتيدات وحوامض أمينية وبعض الحوامض الأمينية تتكسر إلى حوامض عضوية وأمونيا وثاني أوكسيد الكاربون وذلك بعملية سحب الأمينات والمخطط التالي يبين هضم وتمثيل المركبات النتروجينية في الكرش:

ا**لأستفادة من المركبات النتروجينية غير البروتينية من قبل المجترات**

لقد أثبتت التجارب بان الحيوانات المجترة تستطيع المعيشة على علائق خالية من البروتين كليا" ولكنها تحتوي على نايتروجين بصورة عضوية أو غير عضوية .

عمليا تستلم المجترات معظم النتروجين في أغذيتها على شكل بروتين ولكن الأغذية الطبيعية قد تحتوي على أكثر من 30% من النتروجين الموجودة فيها على صورة مركبات نتروجينية غير بروتينية كالأحماض الأمينية, اضافة إلى ذلك فانه من الشائع استخدام مركبات نتروجينية غير بروتينية كاضافات غذائية (نتروجينية) إلى اغذية المجترات ومن المركبات الشائعة الاستخدام اليوريا وحامض اليوريك والبيورين والأمونيا. وان اليوريا التي تدخل الكرش تتحلل بسرعة إلى أمونيا بواسطة انزيم اليوريز والذي تفرزه البكتريا

وعموما يمكن الحصول على أعلى استفادة من اليوريا كمصدر نتروجيني :

1-عند تغذيتها مع الكربوهيدرات السريعة الذوبان وبالأخص النشأ.

2-عندما تكون محتويات العليقة الكلية من النتروجين منخفضة.

3-عندما تقدم العليقة اليومية على شكل وجبات صغيرة وخلال فترات زمنية متباعدة.

\*\* ان التحلل السريع لليوريا في الكرش قد يؤدي إلى وجود تراكيز عالية من الأمونيا في سائل الكرش وهذه قد تكون خطرة وتؤدي إلى تسمم الحيوان حيث ان الامتصاص السريع للأمونيا في الكرش قد يكون أسرع من قابلية الكبد على اعادة تحويلها إلى يوريا وبذلك يزداد تركيز الأمونيا في الدم إلى ان يصل إلى المستوى السام. ولغرض تخليق البروتين الميكروبي تحتاج البكتريا إلى مصدر طاقة وان افضل مصدر للطاقة لغرض تحويل الأمونيا إلى بروتين ميكروبي هو الكربوهيدرات الذائبة وخصوصا النشأ , اذ ان الاحياء المجهرية تستطيع تخليق الأحماض الأمينية الأساسية .

\*\* ان كمية البروتين التي تدخل المعدة الحقيقية ومن ثم تهضم وتمتص في الأمعاء الدقيقة لا تعتمد على كمية البروتين الموجودة في الأغذية فاذا كان الغذاء منخفضا بالنتروجين فقد تزداد كمية النتروجين والبروتين نتيجة التخمرات في الكرش وصناعة البروتين الميكروبي وعلى العكس من ذلك اذا كان الغذاء يحتوي على كميات كبيرة من النتروجين فقد يفقد الكثير منه على صورة أمونيا في الكرش وبذلك تصل كميات اقل من البروتين إلى الأمعاء الدقيقة مقارنة بالكميات الموجودة بالأغذية.

**الكربوهيدرات Carbohydrates**

الكربوهيدرات هي كلمة مشتقة من الكلمة الفرنسية هيدريد الكاربون وتطلق على المركبات الكيمياوية المتعادلة والتي تتكون من الكاربون والهيدروجين والأوكسجين وان نسبة الهيدروجين إلى الأوكسجين كنسبتها بالماء والصيغة العامة لها **(CnH2nOn)** , وتصنف الكربوهيدرات إلى قسمين هما السكريات واللاسكريات.

تقسم السكريات إلى :

أولا" السكريات الاحادية : وهي تلك السكريات التي لا يمكن تحليلها إلى صور أبسط وتمتلك الصيغة الكيميائية **(CnH2nOn)** وتقسم هذه المجموعة إلى أربعة أقسام اعتمادا على عدد ذرات الكاربون الموجودة في جزيئة السكر إلى :

السكريات الثلاثية وصيغتها الكيمياوية **C3H6O3 .**

السكريات الرباعية وصيغتها الكيمياوية **C4H8O4.**

السكريات الخماسية وصيغتها الكيمياوية **C5H10o5.**

السكريات السداسية وصيغتها الكيمياوية **C6H12O6.**

وتعتبر السكريات الثلاثية والرباعية نواتج وسطية في عمليات الهدم والبناء للسكريات الأخرى , أما السكريات الخماسية والسداسية فيمكنها ان ترتبط مع بعضها بعد طرح جزيئة ماء عند ربط أي سكرين منها بآصرة كيمياوية وبذلك تؤلف السكريات الثنائية والثلاثية والسكريات المتعددة والتي تحتوي على عدد من السكريات الاحادية تحتوي على مجموعة الديهايد (CHO) ولذلك فان السكريات التي تحتوي على هذه المجموعة تصنف ضمن مجموعة الألدوسز (aldoses) , اما القسم الآخر من السكريات الأحادية قد يحتوي على مجموعة كيتون (CO) بدلا من مجموعة الألديهايد وبناءا" على ذلك فان السكريات الحاوية على مجموعة كيتونية تصنف ضمن مجموعة الكيتوسز(Ketoses) .

**خواص السكريات الأحادية**

1. تعمل السكريات الأحادية عمل المواد المختزلة وذلك لوجود مجموعة الألديهايد أو الكيتون الفعالة فيها ولذلك يمكن أكسدتها إلى عدد من الحوامض.
2. ان جميع السكريات فعالة ضوئيا بصورة طبيعية.
3. في ظروف معينة يمكن اختزال السكريات إلى كحولات تسمى poly hydric alcohol فمثلا" الكلوكوز ينتج السوربيتول.
4. تتفاعل السكريات الأحادية مع حامض الفسفوريك وتنتج السكريات الفسفورية التي تلعب دورا مهما في عمليات الهدم والبناء.
5. تتكون السكريات الأمينية من استبدال مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على ذرة الكاربون (2) بمجموعة أمين (NH2) مثل أمين الكلوكوز.

**سكر الرايبوز :** وهو سكر أحادي خماسي الكربون يوجد في جميع الخلايا الحية وذلك لكونه يدخل في تركيب الحامض النووي المسمى (RNA) وكذلك يعتبر أحد مكونات بعض الفيتامينات والأنزيمات, ومن أهم مشتقات سكرالرايبوز هو الديوكسي رايبوز والذي يدخل في تركيب الحامض النووي المسمى DNA.

**سكر الكلوكوز :** وهو سكر أحادي سداسي ذرات الكربون يسمى بسكر القصب والدكسترين ويوجد بصورة حرة بالنباتات والفواكه والعسل والدم واللمف أو مرتبطة مع مركبات أخرى ليكون عدد من السكريات المتعددة والسكريات المعقدة والكلوكوسيدات. وسكر الكلوكوز بالصورة النقية يكون على شكل بلورات بيضاء لها القابلية على الذوبان بالماء.

**ثانيا" السكريات الثنائية** **Disaccharides**

وهي السكريات التي تتكون من اتحاد جزيئتين من السكريات الأحادية بعد طرح جزيئة ماء 2C6H12O6  C12H22O11 + H2O

وتوجد هذه السكريات في الطبيعة باعداد كبيرة وتختلف عن بعضها البعض بنوع السكريات السداسية الداخلة بتكوينها وطريقة ارتباطها.





 

**ثالثا" السكريات الثلاثية** **Trisaccharides**

وتنشأ السكريات الثلاثية من اتحاد ثلاثة جزيئات من السكريات الأحادية

3C6H12O6 C18H32O16 + 2H2O

ويعتبر سكر الرافينوز من أهم السكريات التابعة لهذه المجموعة ويوجد هذا السكر في النباتات بكثرة كسكروز ويوجد في قصب السكر والمولاس اثناء تحضيره وكذلك في بذور القطن. وينتج من تحلل سكر الرافينوز سكر الكلوكوز والفركتوز والكالكتوز.

**رابعا" السكريات الرباعية**

تتكون هذه السكريات الرباعية من اتحاد أربعة جزيئات من السكريات الأحاديةC24H42O21 + 3H2O C6H12O6 4

ومن أهم الأمثلة هو سكر الستاجيوز في بذور النباتات البقولية والذي ينتج عند تحلله سكر الكالكتوز والفركتوز والكلوكوز.

**اللاسكريات : وتقسم إلى**

 **أولا" السكريات المتعددة المتماثلة: ومميزاتها**

1. وزنها الجزيئي عالي.
2. تتألف من اتحاد اعداد كبيرة من السكريات الخماسية أو السداسية.
3. عدم وجود المذاق السكري.
4. عدم وجود الخواص التفاعلية للسكريات من نوع الألدوسز أوالكيتوسز.
5. بعضها مخزون على هيئة نشأ في النبات أو موجود بصورة مواد تركيبية مثل السيليلوز.

هذه المجموعة تتألف من اتحاد عشرة جزيئات أو أكثر من السكريات الأحادية.

**النشأ :** تخزن الكربوهيدرات في النباتات بصورة نشأ ويوجد في البذور بنسبة 70% تقريبا وكذلك يوجد في الفواكه والدرنات والجذور بنسبة 30% ويكون على هيئة حبيبات ذات أحجام وأشكال مختلفة مع اختلاف النبات. حبيبات النشأ تتألف من طبقات مركزة ويعتبرالكلوكان من المكونات الرئيسية لهذه الحبيبات وقد تحتوي أيضا" على مكونات ثانوية مثل البروتين والحوامض الدهنية والمركبات الفسفورية وجميع هذه المكونات تؤثر على خواص النشأ. ويتألف النشأ من اتحاد نوعان من السكريات المعقدة وهما الأميلوز والأميلوبكتين ويمكن كشفهما عن طريق التفاعل مع اليود فالأميلوز يعطي لون أزرق غامق والأميلوبكتين يعطي لونا" أرجوانيا" .

**مميزات النشأ :**

1. حبيبات النشأ لا تذوب بالماء البارد ولكنها تذوب بالماء الفاتر أو الساخن نتيجة تمزق أغلفة الحبيبات وينتج عن هذه العملية محلول جلاتيني.
2. من استهلاك الحيوانات للنشأ اشتقت وحدة لقياس الطاقة عند تكوين العلائق يطلق عليها اسم معامل النشأ نتيجة استهلاك الحيوان كميات كبيرة من الحبوب ومشتقاتها.

**الكلايكوجين** **Glycogen** :

مصطلح يطلق للدلالة على السكريات المعقدة ذات التفرعات الكثيرة والتي يمكن استخلاصها من الحيوانات والأحياء المجهرية فالكلايكوجين موجود في الكبد والعضلات والأنسجة الحيوانية الأخرى ويشابه الكلايكوجين الأميلوبكتين وعادة يطلق عليه اسم النشأ الحيواني, ويعتبر الكلايكوجين مصدر رئيسي للكربوهيدرات المخزونة في داخل جسم الحيوان ويلعب دورا مهما في طاقة الهدم والبناء في الجسم . أما الدكسترين فيعتبر مركبا" وسطيا عند تحلل النشأ والكلايكوجين .



مميزات الدكسترين :

1. قابليته العالية على الذوبان في الماء.
2. يتفاعل مع الماء ويعطي اللون الأحمر.

**ثانيا" السكريات المعقدة غير المتماثلة :**

1. **اللكنين :** لايعتبر اللكنين من الكربوهيدرات ولكن اتحاده مع الكربوهيدرات دائما" جعله يصنف ضمن الكربوهيدرات ويعتقد ان وحدة بناءه هي فينيل البروبان.

يقاوم اللكنين التحليلات الكيمياوية ولذلك فانه لايتأثر بالأنزيمات الهاضمة لذلك يلاحظ بان تقدم النبات بالعمر وزيادة نسبة اللكنين في جدران خلاياها سيؤدي إلى انخفاض قيمتها الغذائية نتيجة صعوبة هضمها.

**أيض الكربوهيدرات :**

ان ناتج الهضم الرئيسي للكربوهيدرات في الحيوانات بسيطة المعدةهو الكلوكوز مع كميات قليلة من الكالكتوز والفركتوز , تمتص هذه السكريات البسيطة وتتجمع بالقرب من الشعيرات الدموية لتذهب إلى الكبد عن طريق الوريد البابي الكبدي والذي ربما جزء منه يتحول إلى كلايكوجين والذي يخزن في الكبد كخزين من الطاقة السريع التحول إلى كلوكوز ثانية أو يتحول إلى ألفا – كليسيرو فوسفات والذي يستعمل في تصنيع الكليسيريدات الثلاثية , أما الجزء الاخر من الكلوكوز غير المتحول ينقل بواسطة الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة لكي يستعمل \*\* كمصدر للطاقة أو لانتاج مركبات وسطية تستعمل في تصنيع الاحماض الدهنية والأحماض الامينية غير الأساسية أو لتصنيع الكلايكوجين ويخزن في العضلات كخزين من الطاقة سريع التحول حيث يتحول الكلايكوجين إلى حامض الأسيتيك إلى الكبد ليتحول إلى كلوكوز. ان كلوكوز الدم يأخذ بالارتفاع بعد تناول وجبة الأكل ولكن هذا المستوى من الكلوكوز ينخفض ويصل إلى المستوى الطبيعي بعد عدة ساعات.

\*\*عند ارتفاع مستوى الكلوكوز في الدم يحفز البنكرياس على افراز هرمون الانسولين والذي يعمل على :

1-زيادة أكسدة الكلوكوز من قبل الخلايا.

2-يحفز على تحول الكلوكوز إلى كلايكوجين وتكوين الدهن لكي ينخفض مستوى الكلوكوز في الدم .

\*\*عند انخفاض مستوى الكلوكوز في الدم فان ذلك الانخفاض يحفز الغدة الادرنالية لتزيد من افرازاتها من هرمون الابنفرين في الدم والذي يعمل على :

1-تحفيز الكبد والعضلات على تحويل الكلايكوجين إلى كلوكوز.

2-يزيد تصنيع الكبد للكلوكوز منالأحماض الأمينية ومواد أخرى غير كاربوهيدراتية.

\*\*وكذلك فان انخفاض مستوى كلوكوز الدم عن المستوى الطبيعي يحفز البنكرياس على افراز هرمون كلوكاكون والذي يحفز الكبد فقط على تحويل الكلايكوجين إلى كلوكوز وهكذا يقوم الجسم بالمحافظة على مستوى كلوكوز الدم.

\*\* ان تحول الكلوكوز إلى كلايكوجين يتم من خلال سلسلة من التفاعلات تدعى تخليق الكلايكوجين glycogenesisويمكن تلخيصها بما يلي:



\*\*ويتحول الكلايكوجين إلى كلوكوز عن طريق سلسلة من التفاعلات تدعى بالتحلل المائي للكلايكوجين glycogenolysis. هذا وان قابلية الجسم على تكوين وخزن الكلايكوجين محدودة وبالتالي فعند تناول كميات كبيرة من الكربوهيدرات أكبر من قابلية الجسم على خزنها بصورة كلايكوجين سيؤدي إلى تحول الكلوكوز إلى دهن لغرض الخزن واستخدامه عند الحاجة. ويمكن تصنيع الكلوكوز في الجسم من مواد غير كاربوهيدراتية ( دهون أو أحماض أمينية) وغيرها بواسطة سلسلة من التفاعلات تدعى بسلسلة تخليق الكلوكوز من مواد غير كاربوهيدراتية حيث تعتبر جميع الأحماض الأمينية غير الأساسية وكذلك بعض الأحماض الأمينية الأساسية هي مولدات الكلوكوز والتي عند تأيضها تتحول بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى مركبات وسطية وهذه بدورها تتحول إلى كلوكوز.