ثانياً ـ الكربوهيدرات

(Carbohydrates)

هي مركبات تحتوي على الكربون والأوكسيجن والهيدروجن ويوجد الهيدروجن والأوكسيجن بنفس نسبة وجودهما في الماء (1/2) صيغتها الكيميائية العامة (CnH2nOn). تسمى أحياناً بمائيات الفحم .

تعد الكربوهيدرات الجزء الأساسي المكون للخلية النباتية فهي تشكل (75 -80%) من المادة الجافة. وتوجد في النباتات العلفية على شكل سكريات ونشاء وسللوز وصموغ وبكتين، وتعد الكربوهيدرات المصدر الرئيس للطاقة في علائق الحيوان.

فالعصارة الخَلَويّة تحتوي على الكربوهيدرات على شكل سكريات أما في العضيات الخَلَويّة (البلاستيدات) تكون على شكل نشاء وفي الجدار الخَلَويّ للخلية تكون على شكل ألياف السللوز والهيميسللوز والبكتين. ومع ازدياد عمر الخلية النباتية فإن جدارها يرصع باللجنين.

ولكن في جسم الحيوان تتواجد الكربوهيدرات بنسبة قليلة جداً على شكل سكر الغلوكوز(Glucose) والغُلَيكوجن(Glycogen) بكمية قد تصل لـ 2% ، حيث أن جدار الخلية الحيوانية يتكون من البروتينات والليبيدات.

إن سكر الغلوكوز الواصل للجسم مع الأعلاف يتوزع وبشكل سريع بواسطة الدم حتى يصل للخلايا فإما أن يحترق مولداً الطاقة أو يدخل في تركيب مواد أخرى كالبروتينات والدهون السكرية. وفي حال حصول الحيوان على كميات كبيرة من الكربوهيدرات تفوق احتياجاته يتم تخزينها في الكبد والعضلات على شكل نشاء حيواني أو يسمى بالغليكوجن الذي يترسب في الكبد والعضلات في كميات تصل إلى 1 ـ 4% من وزن الحيوان.

ومن بين جميع المنتجات الحيوانية يمكن تمييز الحليب فقط بمحتواه العالي نسبياً من الكربوهيدرات حيث تتراوح نسبة سكر الحليب 4 -7% تبعاً للأنواع الحيوانية ويعد اللاكتوز السكر الوحيد ذو المنشأ الحيواني و**هذه نقطة هامة عند تصنيع أغذية الرضاعة للحيوانات الصغيرة إذ يضاف اللاكتوز وليس السكروز إلى بدائل الحليب.**

أقسام الكربوهيدرات:

يمكن تقسيم الكربوهيدرات إلى قسمين رئيسيين هما:

- **المستخلص الخالي من الآزوت (كربوهيدرات ذائبة).**
- **والألياف الخام.(كربوهيدرات غير ذائبة).**

أولا- المستخلص الخالي من الآزوت (Nitrogen Free Extract , NFE): وهي ما يتبقى من مواد بعد إزالة الرطوبة والرماد والبروتين الخام والدهون والألياف الخام .

NFE = وزن العينة - (الرطوبة + الرماد + البروتين الخام + مستخلص الإيثر+ الألياف الخام)

ويتكون المستخلص الخالي من الآزوت من السكريات بأنواعها والغليكوجن و النشاء.

السكريات: تتواجد السكريات في الأعلاف النباتية بكميات متفاوتة قد تصل إلى 22% في درنات الشوندر السكري والجزر. كما تتواجد السكريات بنسبة تصل إلى 13% في الأعشاب النجيلية الفتية . بينما تتراوح نسبة السكريات في الدريس 4 – 8 % حسب طريقة التحضير.

تؤثر عمليات خدمة المزروعات على نسبة السكر فقد وُجِد أن استعمال كميات كبيرة من الأسمدة الآزوتية (أكثر من 200كغ /هكتار)تساعد على زيادة تركيب البروتين عند النباتات النجيلية وخفض محتوى السكريات في المادة الجافة إلى 5 – 7%.

أ- السكريات الأحادية (Monosaccharides) هي سكريات بسيطة لا يمكن أن تتحلل مائياً إلى سكريات أبسط يمكن أن تقسم بحسب عدد ذرات الكربون الداخلة في تركيبها إلى سكريات ثلاثية ورباعية (تتواجد فقط خلال عمليات الاستقلاب ولا توجد بشكل حر) وسكريات خماسية وأهمها (الريبوز الذي يدخل في بنية الحَمْض النووي الريبي الرنا والريبوز منقوص الأوكسيجن الذي يدخل في تركيب الحَمْض النووي الريبي المنقوص الأوكسيجين (DNA) والسكريات السداسية مثل الجلوكوز (يتواجد في الفاكهة والدم) والفركتوز (في الفواكه والعسل) والجلاكتوز (غير موجود بشكل حر في الطبيعة بل ينتج عن التحلل المائي لسكر اللاكتوز).

ب - السكريات الثنائية (Disaccharides) تتكون من ارتباط جزيئين من السكاكر البسيطة (أي تتحلل مائياً إلى جزيئين من السكريات البسيطة) ومن أمثلتها

***السكروز (جلوكوز+ فركتوز)** الموجود في قصب السكر بنسبة (20%) و في الشوندر السكري بنسبة (15- 20%).

****اللاكتوز (جلوكوز+ جالاكتوز).** لا يوجد في الطبيعة إلا في الحليب بنسبة (4.7%) حيث يتكون في غدة الثدي (الضرع) ، يتخمر هذا السكر بسرعة بفعل بعض الجراثيم مثل المكورات السبحية اللبنية (Streptcoccus Lactis) ويتحول إلى حمض اللاكتيك الذي يُكسب الألبان

الطعم الحامضي الخفيف.يساعد حمض اللبن في القضاء على أعداد كبيرة من جراثيم التعفن التي قد تتواجد في الأمعاء عند الإنسان، ويساعد على امتصاص بعض الأملاح المعدنية كالكالسيوم والفوسفور، ويجب معرفة أنه عند تصنيع أغذية الرضاعة للحيوانات الصغيرة يضاف اللاكتوز وليس السكروز إلى بدائل الحليب.

***المالتوز (جلوكوز + جلوكوز)** موجود في الشعير. ويتم الحصول عليه بواسطة خميرة المالتيز.

****السللوبيوز (جلوكوز + جلوكوز)** ينتج من التحلل المائي للسللوز.

ج - السكريات الثلاثية (Trisaccharides) تتحلل مائياً إلى ثلاث جزيئات من السكريات الأحادية وأهمها الرافينوز الذي يتكون من (غلوكوز + فركتوز + غالاكتوز) و يتواجد في الشوندر و بذرة القطن.

د - السكريات المعقدة (Polysaccharides) : وتسمى بعديد السكريد وهي مركبات معقدة مكونة من اتحاد عدد كبير من السكاكر البسيطة ومن أمثلتها:

الغُلَيكوجين (Glycogen): وهو الصورة التي تُخزن فيها الكربوهيدرات في جسم الحيوان ويوجد في الكبد والعضلات وله دور كبير في تمثيل الطاقة. تحتوي جزيئة الغليكوجين 10000 جزيئة غلوكوز. يتم تخزين الغليكوجين ضمن هيولى الخلية على شكل حبيبات تحتوي على 12 جزيئة غليكوجين.

النشاء (Starch):وهو سكر ادخاري يدخل في تركيب جذور الكثير من النباتات وثمارها وبذورها.ويخزن مشكلاً غذاءً احتياطياً للنبات، فالطاقة الناتجة عن استقلابه تستخدمها البذور عند إنتاشها وإنباتها قبل تكون الكلوروفيل الذي يقوم بالتركيب الضوئي ويزود النبات بالطاقة لاحقاً.يعد النشاء من المصادر السكرية سهلة الهضم عند الحيوانات ذات المعدة البسيطة.ويعد النشاء عديد جلوكوز.يتحلل بالحموض أو الأنزيمات إلى دكسترين ثم مالتوز ثم أخيراً غلوكوز

إضافة للأنواع الرئيسة السابقة للكربوهيدرات فإن بعض السكريات تتحد مع البروتينات والشحوم لتكون البروتينات السكرية (Glycoproteins) والشحميات السكرية (Glycolipids) والتي تدخل في بنية الغشاء الهَيولي والأمر الذي يحدد نوع الغشاء ويسهم في العديد من الوظائف الحيوية المتنوعة، ومثال على البروتينات السكرية حَمْض الهيالوروني الذي يربط بين الخلايا الظهارية بمساعدة بروتين الكولاجين ومن المعلوم أن كثير من الأحياء الدقيقة الممرضة تفرز إنزيم الهيالورنيداز والذي يفكك الحَمْض الهيالوريني من ثم تفكيك الروابط بين الخلايا مما يسهل عبور العوامل الممرضة إلى داخل الأنسجة.

ثانيا ـ الألياف الخام (Crude Fibre): وهي عبارة عن الألياف ومركبات الترصيع أو التطعيم:

مركبات الألياف هي السللوز والبنتوزات والهكسوزات.

مواد الترصيع هي اللجنين والكوتين والسوبرين والبكتين.

إن التركيب الكيميائي للألياف الخام يختلف باختلاف عمر النبات حيث تزداد مع التقدم بالعمر نتيجة لترسب الليجنين والبنتوزات.

البنتوزات (Pentosans): هي منتجات وسطية لعملية تركيب الألياف الخام عند النباتات وتعد البنتوزات من المركبات الهامة في الهيميسللوز ولذلك فهي تشكل نسبة كبيرة من المستخلص الخالي من الآزوت في الدريس والتبن (25 - 30%).

السللوز(Cellulose): يشكل الجزء الرئيس في تركيب جُدُر الخلايا النباتية ويوجد بشكل نقي في بعض النباتات كألياف القطن بنسبة(90%).يتكون من عدة مئات إلى آلاف من جزيئات الغلوكوز.لا ينحل بالماء إطلاقاً. يتحلل **كيميائيا** (باستخدام مواد قلوية مثلاً) إلى سيللوبيوز والذي بدوره يتحلل إلى جزيئتين من الغلوكوز. هذه الألياف لا تتأثر بالأنزيمات الموجودة في جَهَاز الهضم عند الإنسان وتبقى في الأمعاء دون تفكك مما يزيد من كتلة الفضلات وهذا ينشط حركة الأمعاء. تستطيع بعض الحيوانات كالمجترات والقوارض والخيول وبعض الحشرات هضم السللوز بفضل الكائنات الحية الدقيقة (الميكروفلورا والميكروفونا) الموجودة في الكرش عند الحيوانات المجترة وفي الأعور عند الخيول والقوارض. حيث تستطيع تلك الأحياء الدقيقة كسر الروابط التي تربط بين جزيئات الغلوكوز في السيللوز ومن ثم تُمكن الحيوان من استخلاص الطاقة من السيللوز (هذا غير موجود عند الإنسان) ونتيجة فعل البكتريا على السيللوز يتكون الكثير من الحموض العضوية مثل حمض الخل (Acetic Acid) وحمض البروبيونيك (Propionic Acid) وحمض الزبدة (Butyric Acid).

الهيمسللوز (Hemicellulose): يدخل في تركيب جدر الخلايا ويتكون من سكريات خماسية أهمها الزيلوز. لا يذوب في الماء لكن يعد ذواباً في القلويات الخفيفة كما أنه يتحلل إلى سكريات بسيطة في الحموض المخففة.

البكتين (pectin) : يتكون من سلاسل طويلة من حمض جالاكتويورونيك. ويعمل كمادة لاصقة في جدر الخلايا النباتية.

اللجنين (Lignin): لا يعد اللجنين مادة كربوهيدراتية لكنه يوجد في النباتات مرتبطا مع المواد الكربوهيدراتية في جدر الخلايا . يزداد وجوده في المواد المتخشبة للنبات وقشور البذور

والساق والجذور. وهو مادة غير قابلة للهضم ومقاوم جدا للحموض والقلويات لذلك يستخدم في علم التغذية كدليل لحساب معامل الهضم في بعض الحالات.

محتوى الأعلاف النباتية من الألياف الخام:

تتخشب الخلايا في أجزاء النبات المختلفة بصورة غير منتظمة حيث تتخشب السوق بصورة أسرع وأكبر مقارنة بالأوراق التي تكون فيها عملية التخشب ضعيفة وتعد الدرنات والجذور أقل أجزاء النبات تخشباً مثل الشوندر والجزر والبطاطا ولا تتجاوز نسبة الألياف الخام فيها 2%. وأكثر الأعلاف النباتية احتواءً على الألياف هي أتبان المحاصيل النجيلية الشتوية كالقمح والشعير والشوفان حيث تصل نسبة الألياف إلى 45% بينما تحتوي أتبان المحاصيل النجيلية الربيعية والدريس نسب أقل 25% بينما تبلغ نسبة الألياف في الحبوب التي لا تحتوي على قشرة 1% كالقمح والذرة الصفراء و 12% في الحبوب التي تحتوي على قشرة كالشوفان والشعير.**يبين الجدول التالي تأثير عُمُر النبات على محتواه من الألياف الخام.**

جدول (5) محتوى دريس البرسيم من الألياف الخام % مادة جافة

مرحلة النمو	سللوز	لجنين	بنتوزات
التفرع	12.4%	5.6%	5.3%
بداية الإزهار	18.0%	7.5%	8.3%
تكون البذور	23.4%	10%	13%

المصدر : الياسين ورفاقه 2004

هضم الكربوهيدرات ومصيرها في الجسم:

تتحول السكريات المتعددة والثلاثية والثنائية إلى سكريات أحادية (غلوكوز ، غالاكتوز، فركتوز) بتأثير الإنزيمات المُفرزة من مختلف أجزاء الجَهَاز الهضمي وأهمها الأميلاز البنكرياسي بالدرجة الأولى والفموي في الدرجة الثانية حيث يتم هضم 5% من الكربوهيدرت في الفم و35% في المعدة (لا تفرز أميلاز لكن يستمر الهضم بفعل الأميلاز اللعابي) و60% في الأمعاء. ويحدث الامتصاص الأعظمي للسكريات في الأمعاء الدقيقة وتسلك الدوران البابي إلى الكبد ليتم استقلابها في الكبد بشكل خاص. إن أي نقص في الأنزيمات الحالة للسكريات مثل نقص اللاكتاز الذي يحلل سكر اللاكتوز عند الحيوانات الرضيعة يؤدي لحدوث الإسهال (نتيجة زيادة الضغط الأسموزي في الأمعاء) والنفخة (بسبب تخمر تلك السكريات غير المهضومة).

يعد مستوى الغلوكوز في الدم سمة تميز الأنواع الحيوانية حيث يختلف من نوع لآخر. يرتفع تركيز الغلوكوز بعد تناول الغذاء ولكنه يعود لمستواه الطبيعي تدريجياً نتيجة استخدامه كمصدر للطاقة إضافةً لتخزين الفائض على شكل غليكوجين في الكبد والعضلات. عند الحاجة لسكر الجلوكوز يقوم الجسم بتفكيك الغليكوجين. إن تخزين الغليكوجين في الجسم محدود فلا تزيد نسبته في الكبد عن 0.6% وفي العضلات عن 0.7% ولذلك يتم تخزين الفائض من الغلوكوز على شكل دهون في سلسلة من التفاعلات الحيوية ومن أهمها سلسلة تفاعلات التحلل الجلايكوجيني (Glycolysis) التي ينتج في نهايتها حمض البيروفيك الذي يعطي حمض اللاكتيك في الظروف اللاهوائية أو ينتج أستيل كوأنزيم أ الذي يدخل دورة كريبس.

تقوم الكليتين بإعادة امتصاص الغلوكوز وإعادته للدم وتمنع إطراحه مع البول.

أهمية الكربوهيدرات في تغذية الحيوانات:

- ❖ علائق الحيوانات تحتوي على نسبة عالية من الكربوهيدرات تفوق 50% بينما لا تتعدى نسبة المواد الدهنية 5% والتي تشكل مصدراً آخر للطاقة.
- ❖ بالرغم من الأهمية الكبيرة للكربوهيدرات كمصدر للطاقة في تغذية الحيوان إلا أنه لا يوجد ما يؤكد حاجة الحيوان لأنواع خاصة من المواد الكربوهيدراتية.
- ❖ فقد وُجِد أن الصيصان تنمو بشكل طبيعي على علائق خالية من الكربوهيدرات وتحتوي على نسبة كافية من الغليسريدات الثلاثية كمصدر للطاقة لكن استخدام الحموض الدهنية النقية كمصدر وحيد للطاقة أدى إلى انخفاض في معدل النمو نتيجة عدم القدرة على تكوين الغلوكوز في الجسم لغياب الجليسيرول الموجود في الجليسيريدات.
- ❖ وبالتالي يمكن للحيوان أن يستفيد من الحموض الدهنية أو الأمينية كمصدر للطاقة في حال توفر مصادر للجليسيرول الضروري لتكوين الغلوكوز الذي يعد أهم مصادر الطاقة في الجسم.
- ❖ ولكن تمتلك لأنواع المختلفة من الكربوهيدرات أهمية نسبية مختلفة عند الحيوانات لاختلاف خصائص الهضم والاستقلاب ، فالمجترات تستطيع الاستفادة من السللوز والهيميسللوز بفضل الأحياء الدقيقة التي تعيش في الكرش ، بينما لا تستطيع الحيوانات ذات المعدة البسيطة الاستفادة من هذه المركبات لعدم وجود أنزيمات تحلل هذه المركبات في جهاز الهضم.
- ❖ **يتم ضبط محتوى العليقة من السكريات والبروتينات كما يلي :**

الأبقار الجافة الحامل :0.8كغ نشاء لكل 1 كغ بروتين مهضوم

الأبقار الحلوب :1.1 كغ نشاء لكل 1 كغ بروتين مهضوم.

الأبقار الجافة الحامل 1.3 كغ نشاء لكل 1كغ بروتين مهضوم. .

الأبقار الحلوب 1.5 كغ نشاء لكل 1 كغ بروتين مهضوم.

إن زيادة كمية السكر والنشاء في العليقة يُضعف مستوى تحلل الألياف وذلك بسبب تفضيل الأحياء الدقيقة للكربوهيدرات سهلة الهضم.

❖ **المستوى الملائم من الألياف الخام في العليقة هو كما يلي:**

الأبقار 16 - 28%. الحيوانات النامية 14 - 20 % . الدواجن 3 - 6%

كلما ارتفع الإنتاج يجب أن يخفض محتوى المادة الجافة من الألياف.

إن نقص الألياف في عليقة المجترات يؤدي إلى خلل في النشاط الحيوي لميكروبات الكرش ونقص في تكوين حمض الخل والبروبيونيك ولهذا السبب يلاحظ عند الأبقار انخفاض مستوى دهن الحليب نتيجة تغذيتها على أعشاب غضة في بداية الربيع ولهذا يقدم لهذه الأبقار الدريس أو التبن قبل خروجها إلى المرعى لزيادة نسبة الألياف ورفع كفاءة الهضم.

****