جامعة حماه
كلية الهندسة الزراعية
قسم الإنتاج الحيواني

المحاضرة الثانية

الكربوهيدرات

مقرر تغذية الحيوان والدواجن

السنة الرابعة

العام الدراسي 2024 - 2025

الاثنين 2024/10/7

ثانياً ـ الكربوهيدرات

(Carbohydrates)

هي مركبات تحتوي على الكربون والأوكسيجن والهيدروجن ويتواجد 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 غشاء 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:

يوجد عدة طرق لتقسيم الكربوهيدرات

التقسيم حسب البنية الكيمائية

التقسيم حسب طريقة الاستخلاص المخبرية.

أولا ـ التقسيم حسب البنية الكيميائية :

1. **السكريات الأحادية:** الغليسر ألدهيد والجلوكوز والفركتوز والغالاكتوز والمانوز والريبوز والريبوز منقوص الأوكسيجين.

2 ـ السكريات قليلة العدد تتكون من عدة جزيئات من السكاكر الأحادية ومنها

السكريات الثنائية: السكروز و اللاكتوز و المالتوز والسيلليبيوز

السكريات الثلاثية : الرافينوز. (غلوكوز وغالاكتوز وفركتوز)

السكريات الرباعية : ستاكيوز.(غلوكوز وفركتوز وجزيئتي غالاكتوز) **يتواجد في فول الصويا.**

3 ـ السكريات المتعددة. وهي مركبات مكونة من اتحاد عدد كبير من السكاكر البسيطة. تقسم إلى نوعين :

- ✓ **هوموغلايكان : سلسلة من نوع واحد من السكاكر البسيطة مثل النشاء والغليكوجن والسللوز.**
- ✓ **هتيروغلايكان : سلسلة من أكثر من سكر بسيط مثل الهيميسللوز وحمض الهيالورونيك والبكتيك.**

السكريات المعقدة. وهي مركبات مكونة من اتحاد السكاكر مع مركبات غير سكرية

تقسم إلى نوعين :

سكريات بروتينية : هي سكريات يدخل في تركيبها البروتينات مثل حمض الهيالورونيك الذي يربط بين الخلايا الظهارية

سكريات دهنية : هي سكريات يدخل في تركيبها الدهون يدخل بعضها في تكوين الغشاء الخارجي للعصيات سلبية الغرام والتي عندما تتواجد في دم الحيوان تكون سامة وتسمى السموم الداخلية (Endotoxin) حيث تسبب النزف والحمى والصدمة.هذه السكريات الدهنية غير متجانسة وتحتوي على عدد من السكريات الأحادية مثل الغلوكوز والغالاكتوز أمين والرامنوز والمانوز.

التقسيم حسب طريقة الاستخلاص المخبرية أو الانحلال.

يمكن تقسيم الكربوهيدرات إلى قسمين رئيسيين هما:

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

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 ـ الكربوهيدرات المنحلة: 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 إلاّ 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 المتعددة (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

هـ - السكريات المعقدة (complex saccharides) : وهي سكريات تتحد مع جزيئات غير سكرية فمثلا 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 هيالورونيك الذي يربط بين الخلايا الظهارية بمساعدة بروتين الكولاجين ومن المعلوم أن كثير من الأحياء الدقيقة الممرضة تفرز إنزيم الهيالورنيداز والذي يفكك حمْض هيالورينيك من ثم تفكيك الروابط بين الخلايا مما يسهل عبور العوامل الممرضة إلى داخل الأنسجة.والمثال على السكريات الدهنية ورد سابقاً

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

مركبات الألياف هي السللوز والبنتوزات والهكسوزات.

مركبات 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 جُدران 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.
- ❖ لقد أثبتت الدراسات حاجة الحيوان لأنواع خاصة من المواد الكربوهيدراتية، كالأبقار التي تحتاج إلى علائق متزنة بالكربوهيدرات سريعة التخمر مقابل الكربوهيدرات بطيئة التخمر، والكربوهيدرات غير الهيكلية (غير ليفية كالنشاء والسكريات) مقابل الكربوهيدرات الهيكلية (الليفية كالألياف NDF وADF). والدواجن التي تظهر الدراسات الحالية حاجتها لأنواع معينة من الألياف (السكريات المتعددة غير النشوية NSPغير المنحلة) مقابل المنحلة.
- ❖ 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.
- ❖ تمتلك الأنواع 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.

❖ **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.

تحليل الألياف

تحليل فان سوست 1963:

يقوم هذا التحليل على استبدال التحليل التقريبي لأنه يتناول الأعلاف من جهة تحللها داخل الجسم بدلاً من تحليلها الكيماوي "Biodegradability" ويركز هذا التحليل على الألياف ويعتبر من هذه الناحية أدق بكثير من التحليل التقريبي. وهو مخصص للمواد المالئة كالأعشاب والدريس والأتبان والسايلاج والمخلفات الزراعية.

يعتمد تحليل فان سوست على مبدأ استعمال منظفات الألياف

1- تقدير ألياف المنظف المتعادل (NDF) : يتم بداية استخدام منظف الألياف المتعادل الذي يحل مكونات الخلية (الفركتان والجلوكان والبكتين والنشويات والسكريات والأحماض العضوية) ويبقي على ألياف المنظف المتعادل وهي (السللوز والهيميسللوز والليغنين والمعادن غير الذائبة) ويقدر بهضم العينة بمحلول متعادل لتنظيف الألياف من بقية المكونات Neutral detergent fiber (NDF).

2- تقدير ألياف المنظف الحمضي(ADF) Acid Detergent Fiber : باستخدام منظف حمضي الذي يذيب الهيميسللوز ويبقي على الليغنين والسيللوز

% الهيمسيللوز = ADF % – NDF %

3- تقدير الليغنين او تقدير Acid Detergent Lignin (ADL): باستخدام منظف حمضي يذيب السللوز ويبقي على الليحنين والمعادن.بعد ذلك يمكن تقدير محتوي السيللوز حسابيا:

السيللوز (%) = ADF (%) - ADL (%).

استخدام الألياف في تغذية المجترات:

إن الحفاظ على سلامة الكرش ووظائفه يمثل تحدياً أمام مربي الحيوانات المجترة حيث:

- تحتاج ميكروبات الكرش إلى بيئة مثالية لتنمو وتعمل بشكل جيد (pH يتراوح ما بين 5.8 حتى 6.8).
- ارتفاع محتوى العليقة من الكربوهيدرات سريعة التخمر (الحبوب أو العلف المركز) يؤدي إلى هبوط pH الكرش (حماض الكرش) وتوقف البكتريا النافعة عن العمل والنمو وهذا ما يحصل في الفترة المبكرة من الادرار.

ارتفاع محتوى العليقة من الألياف (كمية وأطوال) يسهم في:

- زيادة عملية الاجترار وإنتاج اللعاب وبالتالي إنتاج المواد الدارئة المنظمة (بيكربونات الصوديوم) التي تعمل على تحييد pH الكرش والحفاظ عليه.
- الجسيمات الطويلة تحافظ على حصيرة الكرش (مصيدة) بما يضمن حجز الجسيمات الصغيرة أطول فترة ممكنة كي تتعرض للهضم الميكروبي بشكل أفضل.

وبناء على ما سبق فإن أهمية الألياف تتلخص بالآتي:

احتياج فيزيائي يتمثل في:

- هضم بطيء للجسيمات العلفية.
- فترة بقاء أطول مع تشكيل حصيرة الكرش.
- مضغ الجرة والاجترار، إنتاج اللعاب، إنتاج مركبات دارئة.

احتياج كيميائي يتمثل في:

- تحرر بطيء للطاقة.
- مصدر ثابت للطاقة في الكرش طوال اليوم.
- عمل الميكروبات يكون أفضل طوال اليوم.

أهمية الألياف في تغذية المجترات:

أولاً- مستخلص الليف المحايد (NDF):

1. يمثل الكتلة الاجمالية (هيميسللوز + سيللوز + ليجنين)
2. مؤشر جيد على كمية المادة الجافة المتناولة أو العلف المالئ (ملء الكرش).
3. يرتبط سلبياً مع تناول المادة الجافة.
4. يرتبط ايجابياً مع الاجترار.
5. يرتبط سلبياً مع محتوى الطاقة.
6. يزداد مع تقدم النبات في النضج.

- ارتفاعه في العلف المالئ أو العليقة يؤدي إلى انخفاض كمية المادة الجافة المتناولة (ملء الكرش) وهذه الاستراتيجية المتبعة كفرامل السيارة من أجل ضبط كمية العلف المتناولة.
- عند الرغبة بخفض المتناول من المادة الجافة يمكن زيادة مستوياته لكبح المتناول من العلف (هذه الاستراتيجية المتبعة عند فترة التجفيف وخاصة عندما تعاني الأبقار من السمنة المفرطة، والعكس صحيح عند الرغبة في زيادة المتناول (هذه الاستراتيجية المتبعة عند فترة إدرار الحليب وخاصة في مرحلة الإدرار المبكرة).

ثانياً- مستخلص الليف الحامضي (ADF):

1. محتوياته عسرة أو بطيئة الهضم (سيللوز + ليجنين)
2. مؤشر جيد على انهضامية النبات أو المادة الجافة.

- ارتفاعه في العلف المالئ أو العليقة يؤدي إلى انخفاض معامل الهضم.
- الليجنين غير قابل للهضم.
- السيللوز بطيء الهضم.
- يزداد مع تقدم النبات في النضج.

ثالثاً- مستخلص الليف المحايد الفعّال فيزيائياً (peNDF):

جرى تقسيم NDF إلى جزء فعّال في الحفاظ على دهن الحليب (effective NDF)، وجزء فعّال فيزيائياً في تحفيز نشاط المضغ ويرتبط بحجم الجسيمات العلفية (physically-effective NDF).

<u>إن زيادة محتوى العليقة من الألياف وNDF الفعّال فيزيائياً</u>

يعزز تدفق اللعاب، ونسبة الأسيتات إلى البروبيونات، ومستويات الدهن في الحليب، ويحافظ على درجة pH الكرش. كما أن وجود مستوى مناسب من NDF وحجم الجسيمات في النظام الغذائي لدى الحيوانات المجترة قد يزيد من تناول المادة الجافة وقابلية هضمها ويكون له تأثير إيجابي في أداء الحيوانات المجترة.

رابعاً- انهضامية مستخلص الليف المحايد (NDFD):

ويمثل الجزء القابل للهضم من NDF عند تناول العلف المالئ من قبل الحيوان (NDF Digestibility)، وكلما ازدادت نسبته كان مؤشراً على ارتفاع جودة العلف المالئ. ويتم قياس $NDFD_{24,30,48}$ خلال 24، 30، 48 ساعة في الكرش.

<u>إن ارتفاع انهضامية NDF في العلف المالئ له أهمية بالغة في التغذية عند المجترات للأسباب التالية:</u>

- ارتفاع الانهضامية تعني تحرير المزيد من الطاقة، وبالتالي إمكانية تقليل نسبة العلف المركز مقابل زيادة نسبة العلف المالئ في عليقة الأبقار خلال موسم ادرار الحليب وبشكل خاص خلال الفترة المبكرة.
- إن ارتفاع الانهضامية يضمن مشاركة NDF في العليقة لتلبية احتياج البقرة من الطاقة اليومية (كيميائيا)، والحفاظ على بيئة الكرش من خلال خفض كمية العلف المركز أو الحبوب سريعة التخمر، وزيادة نسبة العلف المالئ الذي يضمن وجوده بأطوال مناسبة تحفيز الاجترار وإنتاج اللعاب والمواد الدارئة الفعالة في الحفاظ على pH الكرش وتجنب مخاطر الإصابة بحماض الكرش.

- لذلك فإن الأعلاف المالئة التي تحتوي على نسبة عالية من NDFD تشجع على زيادة استهلاك المادة الجافة، مما يقلل من فقدان الوزن الحي والحاجة المتزايدة للحبوب والدهون الإضافية عند فترات الادرار المبكرة من موسم الادرار أو الأبقار عالية الإنتاج حيث تعاني الأبقار من ميزان طاقة سلبي خلال هذه الفترات الحرجة.

ملاحظة هامة: يجب تمييز NDFD (% من NDF) عن المصطلح الأخر الذي يطلق عليه dNDF والذي يمثل الجزء المهضوم من مستخلص الليف المحايد في المادة الجافة (% من المادة الجافة) (digestible NDF).

مثال توضيحي:

إذا كان لديك علف مالئ (دريس فصّة)، وكان محتواها من NDF = 50 % على أساس الوزن الجاف.

أخذت عينة جافة (0.5 غ) وتم هضمها مخبرياً وكان NDF المتبقي غير المهضوم = 0.1 غ

حساب كمية NDF الكلي في العينة المختبرة:

كل 100 غ عينة علفية من دريس الفصة تحوي 50 غ NDF

كل 0.5 غ عينة علفية من دريس الفصة تحوي (X) غ NDF.... (X = 0.5 ×50 ÷ 100 = 0.25 غ).

الكمية المهضومة من NDF = الكمية قبل الهضم – الكمية المتبقية بعد الهضم = 0.25 – 0.1 = 0.15 غ.

dNDF = نسبة المهضوم في المادة الجافة = (0.15 ÷ 0.5) × 100 =100 × 0.3 = 30 %

NDFD = نسبة المهضوم في NDF العينة = (0.15 ÷ 0.25)× 100 = 0.6 × 100 = 60 %،

إذن نجد أن:

NDFD = (dNDF ÷ NDF الكلي) × 100 = (0.30 ÷ 0.50) × 100 = 60 %.

استخدام الألياف في تغذية الدواجن

تعريف الألياف الغذائية بشكل مبسط: مجموع السكريات المتعددة غير النشوية القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان واللجنين.

على الرغم من تركيبها، يتم تجنب **الألياف القابلة للذوبان** عند صياغة خلطات دجاج اللحم لأنها نوع من الألياف التي تزيد من اللزوجة المعوية، مما يقلل من معدل مرور المواد المهضومة عبر الجهاز الهضمي، مما قد يخلق ظروف لا هوائية (نقص الأكسجين) في الجهاز الهضمي التي تسهم في نمو البكتيريا المسببة للأمراض. من ناحية أخرى، تم استخدام **الألياف غير القابلة للذوبان** كمخففات للأعلاف (خفض الكثافة) في الأنظمة الغذائية أحادية المعدة لأن تركيبها الفيزيائي والكيميائي يسمح لها بأن تكون خاملة عند خلطها بالمحتوى المعوي. كان هناك تباين كبير في النتائج التي تم الحصول عليها عند تقييم تأثير الألياف الغذائية في تغذية الدواجن بسبب الاختلافات في نوع الألياف وصياغة النظام الغذائي. إن كلاً من الألياف القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان لها آثار عملية على صناعات الأعلاف والحيوانات أحادية المعدة، خاصة مع الزيادة الحالية في استخدام الأعلاف البديلة الغنية بالألياف، مما يجعل فهم الدور الوظيفي لمختلف أنواع الألياف في تغذية الدواجن خطوة أساسية لكفاءة الإنتاج.

تصنيف الألياف في تغذية الدواجن:

يمكن أن تختلف نسب المكونات غير القابلة للذوبان والقابلة للذوبان بناءً على نوع الحبوب والصنف والظروف البيئية والعوامل الأخرى المرتبطة.

تشمل مكونات الألياف غير القابلة للذوبان السليلوز والهيميسليلوز واللجنين. وتوجد الألياف القابلة للذوبان مرتبطة بالألياف غير القابلة للذوبان. يشار إلى البنية ثلاثية الأبعاد للألياف القابلة للذوبان باسم عديدات السكاريد المصفوفية، والتي تشمل بشكل أساسي الأرابينوكسيلان وبيتا جلوكان والبكتين.

إن الكربوهيدرات القابلة للذوبان والتي تشمل السكريات القليلة التعدد والسكريات المتعددة، هي الأكثر تأثيرا من حيث أداء النمو وتعديل امتصاص العناصر الغذائية وسلامة الأمعاء.

أهمية الألياف:

أولاً- موفولوجيا الأمعاء: تعمل على تعديل طول الأمعاء وارتفاع الزغابات وعمق الخبايا (الزيادة المحتملة في امتصاص العناصر الغذائية)، بالإضافة إلى خفض معدل المرور عبر أجزاء مختلفة من الأمعاء.

وقد أشار البعض إلى أن هناك زيادة حتمية في الخسائر من البروتين الخام والأحماض الأمينية لدى طيور دجاج اللحم التي تتغذى على مستويات عالية من الألياف. لذلك، فإن السؤال المهم الذي يجب طرحه هو ما إذا كان ينبغي اعتبار التحسينات في ارتفاع الزغابات ميزة لأن ارتفاع الزغابات أكثر، من الناحية النظرية، يزيد من القدرة على الامتصاص، أو ينبغي اعتبار مثل هذه التحسينات عبئاً لأن ارتفاع الزغابات أكثر يؤدي إلى المزيد من دوران الخلايا، مما قد يزيد من احتياجات الطيور للأحماض الأمينية المهمة لوظائف الأمعاء (أي الثريونين وحمض الأسبارتيك وحمض الجلوتاميك والبرولين). في مثل هذه الحالة، يجب إجراء تعديلات كافية على مصفوفة المغذيات للتعويض عن مثل هذه التغييرات وضمان أقصى قدر من النمو.

ثانياً- نمو الأعضاء الداخلية:

تتميز أنواع الدواجن بمسار هضمي مميز يتكون من المنقار، والمريء، والحوصلة، والمعدة الحقيقية، والقانصة، والأمعاء الدقيقة والغليظة. يتم إفراز حمض الهيدروكلوريك في المعدة الحقيقية، ولكن نظراً لصغر حجمها، فإن غالبية الهضم الميكانيكي يحدث في القانصة. أحد الأدوار المهمة للقانصة هو تنظيم حجم جزيئات الطعام المهضوم في الجهاز الهضمي، مع القدرة على استشعار وتعديل زمن مرور العلف من الجهاز الهضمي العلوي إلى الأمعاء الدقيقة بناءً على حجم الجزيئات. وتعتبر العوامل مثل نوع الألياف وحجم الجزيئات أحد العوامل الحاسمة في تحفيز النشاط العضلي للقانصة، مما يؤدي إلى زيادة حجمها (وزنها). وقد تبين أن الاحتفاظ الطبيعي للعلف في القانصة يتراوح بين نصف ساعة إلى ساعة واحدة، ويمكن أن يزيد ذلك حتى ساعتين عند إضافة مكونات هيكلية (أي ألياف) إلى الخلطات العلفية.

إن الزيادة في حجم المعدة والقانصة هي نتيجة منطقية بسبب معدل المرور الأبطأ لجزيئات العلف السليمة تقريبا، والتي لا يمكن تحللها إلا عن طريق الطحن العضلي في القانصة.

يمكن أن يؤدي وجود الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان مثل السليلوز واللجنين والأرابينوكسيلان أيضا إلى تعديل حجم الأمعاء الدقيقة والبنكرياس والأعور، مما قد يؤدي إلى تحسينات في الاحتجاز الظاهري للعناصر الغذائية وكفاءة التغذية.

أحد الأهداف عند استخدام الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان هو زيادة إفرازات البنكرياس (أي الأميليز والليباز والبروتياز) التي يمكن أن تعمل على تحسين تحلل الركيزة والإفراج اللاحق عن العناصر الغذائية.

يؤدي وجود مثل هذه الكربوهيدرات غير القابلة للهضم (أي السليلوز والأرابينوكسيلان) ومكونات نباتية أخرى غير قابلة للهضم (أي اللجنين) إلى زيادة نشاط الهضم كوسيلة للتعويض عن التحلل المائي المنخفض للروابط الجليكوسيدية بين الجزيئات، مما يؤدي إلى زيادة تحلل العناصر الغذائية (قابلية الهضم) للآخرين (أي النشويات والبروتين). لذلك يمكن للألياف غير القابلة للذوبان ذات حجم الجسيمات الأكبر من 1.5 ملم أن تساعد في تحفيز نمو الجهاز الهضمي مع التغييرات المحتملة في قابلية هضم العناصر الغذائية.

ثالثاً- انهضامية المغذيات:

في معظم أبحاث الدواجن، تم استخدام الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان كمخفف للمغذيات بسبب نقص الإنزيمات لهضم الروابط 4-1 β و3-1 β و6-1 β الموجودة في مثل هذه السكريات غير النشوية، والتي تم اعتبارها تضعف الأداء عند استخدامها بكميات كبيرة بسبب تباطؤ وتخفيف تناول العناصر الغذائية. ونتيجة لذلك يتم صياغة الأنظمة الغذائية التجارية بشكل عام بحيث تحتوي على 2-3 ألياف خام كحد أقصى. ومع ذلك فقد ثبت غالبا أن إدراج أنواع معينة من الألياف غير القابلة للذوبان مثل السليلوز بنسبة 3-5 % في النظام الغذائي يحسن من استخدام العناصر الغذائية. يمكن أن تزيد **الألياف غير القابلة للذوبان** (النخالة) أيضاً من النشاط الأنزيمي للبنكرياس والتمعُّج العكسي، مما قد يؤدي إلى زيادة قابلية هضم العناصر الغذائية. يتسبب التمعج العكسي في وصول أملاح الصفراء إلى القانصة، حيث يتم خلط الغذاء بإفرازات المعدة. يؤدي هذا إلى تحسين استحلاب الدهون، مما يقلل من احتمالية أن تقوم قطرات الدهون بتغليف العناصر الغذائية، ونتيجة لذلك يتم تحلل العناصر الغذائية وامتصاصها بسهولة أكبر. كما أن الجزيئات الكبيرة من الألياف **غير القابلة للذوبان** ستساعد في الاحتفاظ بالغذاء في الجزء العلوي من الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى إبطاء معدل المرور وزيادة تعرض مكونات العلف لحمض الهيدروكلوريك والإنزيمات من المعدة الحقيقية. كما يؤدي إلى تراكم الألياف غير القابلة للذوبان في القانصة ويزيد من الارتجاع المعوي- المعدي، وبالتالي قابلية هضم العناصر الغذائية. وقد ثبت أن **الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان** تعمل على تعديل (في كثير من الأحيان بشكل إيجابي) هضم النشويات، والدهون، والبروتينات الخام عند إضافتها بنسبة 3-5 % في النظام الغذائي.

ملاحظة هامة: يُعتقد أن **المكونات الليفية القابلة للذوبان** في النظام الغذائي مثل البكتينات والأرابينوكسيلان تزيد من اللزوجة المعوية، مما يقلل من امتصاص العناصر الغذائية، ويعدل من معدل مرور المواد المهضومة، مما يخلق بيئات مليئة بالركائز لنمو الميكروبات. تتمتع **الألياف القابلة للذوبان** المكونة للزوجة مثل بيتا جلوكان والبكتينات والأرابينوكسيلانات (حبوب الشعير والقمح) بالقدرة على التفاعل مع جزيئات الماء، مما يؤدي إلى إبطاء معدل المرور في الأمعاء الدقيقة، وتقليل انتشار الإنزيم وتحلل الركيزة اللاحق، وزيادة العناصر الغذائية الحرة في تجويف الأمعاء، مما يؤدي إلى انتشار البكتيريا المسببة للأمراض التي يُنظر إليها على أنها تلعب دورا حاسما في المنافسة على استخدام العناصر الغذائية مع المضيف. **لذلك فإن الألياف القابلة للذوبان المكونة للزوجة غير مرغوب فيها عند أي مستوى في خلطات دجاج اللحم لما لها من تأثيرات سلبية على هضم العناصر الغذائية.**

في تغذية الدواجن، تم تبديل مصطلح "الكربوهيدرات القابلة للذوبان في الماء" بشكل خاطئ مع مصطلح "الألياف المضادة للتغذية". على الرغم من أن معظم الألياف القابلة للذوبان لديها القدرة على تكوين اللزوجة في وجود الماء، إلا أن هناك مجموعة صغيرة من الألياف القابلة للذوبان لا تفعل ذلك. في الواقع تعتبر الكربوهيدرات ذات الوزن الجزيئي المنخفض مثل السكريات القليلة التعدد بمثابة بريبايوتيك تسهل نمو البكتيريا النافعة التي تم استهداف Lactobacillus spp. و Bifidobacterium spp. منها باعتبارها مفيدة لتطور الأمعاء. لذلك لا ينبغي بالضرورة أن ترتبط الخصائص الماصّة للرطوبة لبعض السكريات القليلة التعدد والمتعددة بشكل مباشر بعوامل مضادة للتغذية.

ملاحظة هامة:

- في حين أن الإضافات الصغيرة (3-5%) من الألياف غير القابلة للذوبان يمكن أن تحسن قابلية هضم المغذيات، فإن الكميات المفرطة يمكن أن تعطل عملية التمثيل الغذائي الطبيعي للهضم من خلال تكوين هياكل طلاء تقلل من إمكانية وصول الإنزيمات الهضمية إلى العناصر الغذائية.
- من المهم للغاية أن نضع في الاعتبار أن الألياف يجب أن تستخدم كمغذي وظيفي وليس كمغذي في حد ذاته، ويجب إجراء التعديلات الغذائية المناسبة عند استخدام الأعلاف الليفية من حيث الطاقة والبروتين ونسبهما.

رابعاً- نشاط الميكروفلوار المعوية

تعتبر الأمعاء الغليظة الموقع الرئيسي للنشاط البكتيري في الجهاز الهضمي عند الدواجن، وهي بشكل عام العضو المستخدم لتحديد مجموعات البكتيريا في دجاج اللحم.

يعد جزء الكربوهيدرات أهم مكون غذائي ينظم النشاط الميكروبي المعوي في دجاج التسمين، وخاصة فيما يتعلق بالألياف الخام، التي تفلت من الهضم. ويعتمد حجم تأثيرات الكربوهيدرات الغذائية على نوع وكمية الكربوهيدرات.

أشارت معظم الدراسات إلى أن السكريات المتعددة غير النشوية (NSP) القابلة للذوبان في الماء هي المركبات الأكثر تأثيرا، حيث يمكن تحللها لاستخدامها كركيزة بواسطة البكتيريا المعوية. وتوفر هذه المكونات القابلة للذوبان الطاقة للبكتيريا، مما يسمح لها باستخدام العناصر الغذائية الأخرى (أي النيتروجين) كركائز لإنتاج المستقلبات.

من الواضح أن وجود الكربوهيدرات المكونة للزوجة في الجهاز الهضمي له آثار ضارة على الأداء، ولكن يبدو أن وجود البكتيريا يؤدي إلى تفاقم المشكلة. لذلك يُعتقد أن التأثيرات السلبية للكربوهيدرات القابلة للذوبان في الماء على الأداء والتمثيل الغذائي العام في دجاج اللحم تزداد سوءا بسبب البكتيريا المعوية وليس فقط بسبب اللزوجة المعوية. على الرغم من اعتبار جميع NSP اقابلة للذوبان تتسبب في اللزوجة، إلا أنه لا ينبغي اعتبار جميع NSP القابلة للذوبان (مضادة للتغذية). في الواقع، تُستخدم الكربوهيدرات منخفضة الوزن الجزيئي (السكريات قليلة التعدد والفركتانات) بشكل متكرر كمضادات حيوية لتعزيز نمو البكتيريا المفيدة في الأمعاء.

تتمتع الميكروفلورا المتوازنة في دجاج اللحم الصحي بالقدرة على إنتاج عدد متنوع من المنتجات النهائية الأيضية بما في ذلك المركبات السامة للجينات antigenotoxic والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFA).

هناك أنواع مختلفة من الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة التي يمكن تصنيعها في الأمعاء الغليظة، بما في ذلك حمض الأسيتيك وحمض البروبيونيك وحمض البيوتريك. يعد نوع وكمية الألياف والمركبات الغذائية الأخرى غير المهضومة التي تصل إلى الأمعاء الخلفية العامل الرئيسي الذي يحدد نوع البكتيريا ونوع المستقلب الذي يتم إنتاجه.

من بين هذه المستقلبات، تم اعتبار حمض البيوتريك (حمض الزبدة) أكثر الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة فائدة بسبب خصائصه المضادة للميكروبات والالتهابات، بالإضافة إلى استخدامه كمصدر للطاقة بواسطة الخلايا الظهارية. ارتبط تخمير الألياف في الجهاز الهضمي بزيادة إنتاج حمض البيوتريك، والذي قد يعمل كمصدر للطاقة للخلايا المعوية أو كمضاد للميكروبات للبكتيريا المسببة للأمراض. لذلك قد يؤدي إنتاج حمض البيوتريك إلى تعزيز صحة الأمعاء.

خامساً- آداء النمو:

إن أداء النمو هو مجموع كل المعايير المذكورة أعلاه. وبشكل عام فإن التحسن في مورفولوجيا الأمعاء وتطور الأعضاء يمكن أن يؤدي إلى زيادة امتصاص العناصر الغذائية، وهو ما سينعكس في تحسين الأداء.

الخاتمة:

تؤثر الألياف الغذائية في أغلب الأحيان على مورفولوجيا الأمعاء، مما يزيد من ارتفاع الزغابات والحجم الكلي للجهاز الهضمي. إن الإنفاق على الطاقة بواسطة الجهاز الهضمي قد يصل إلى 20-30% من إنفاق الجسم بالكامل. لذلك من المهم أن نكون قادرين على تحديد آلية تأثير هذه التغيرات في مورفولوجيا الأمعاء على المتطلبات الإجمالية ليس فقط للطاقة ولكن أيضا للأحماض الأمينية المرتبطة بنمو الأمعاء. وقد لوحظ المزيد من دوران الظهارة المعوية في الأنواع الأخرى غير الدواجن مما يؤدي إلى التساؤل حول مدى دوران البروتين (التآكل) الناجم عن الألياف الغذائية وكيفية تعويض هذه المشكلة؟ يجب أن يكون هناك حد أدنى للألياف الغذائية التي يمكن أن تمارس التأثيرات الإيجابية لامتصاص العناصر الغذائية وتطور الأمعاء دون فرض فاتورة الخسائر الداخلية الذاتية المتزايدة. لتحديد ذلك من المهم أن نكون قادرين على تحديد تأثير كل مكون من مكونات الألياف بدقة من وجهة نظر كيميائية وفيزيولوجية.