

الهضم عند الحيوانات ذات المعدة
المركبة (المجترات)

د. ماجد موسى

• الحيوانات المجترة تتغذى على المواد النباتية المنخفضة القيمة الغذائية والغنية بالسيللوز الصعب الهضم

التبن



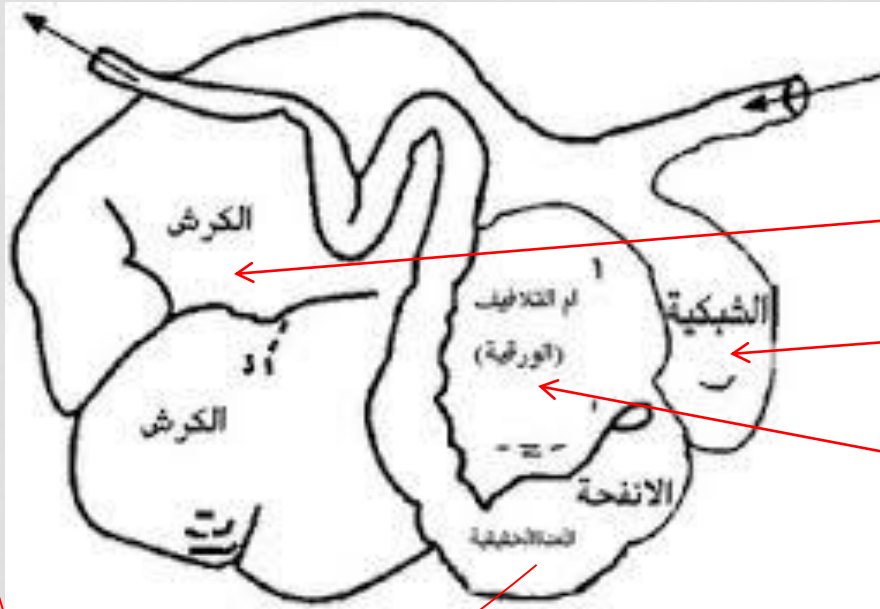
يحتوي 80 % سيللوز

• العشب الاخضر



يحتوي 30 % سيللوز

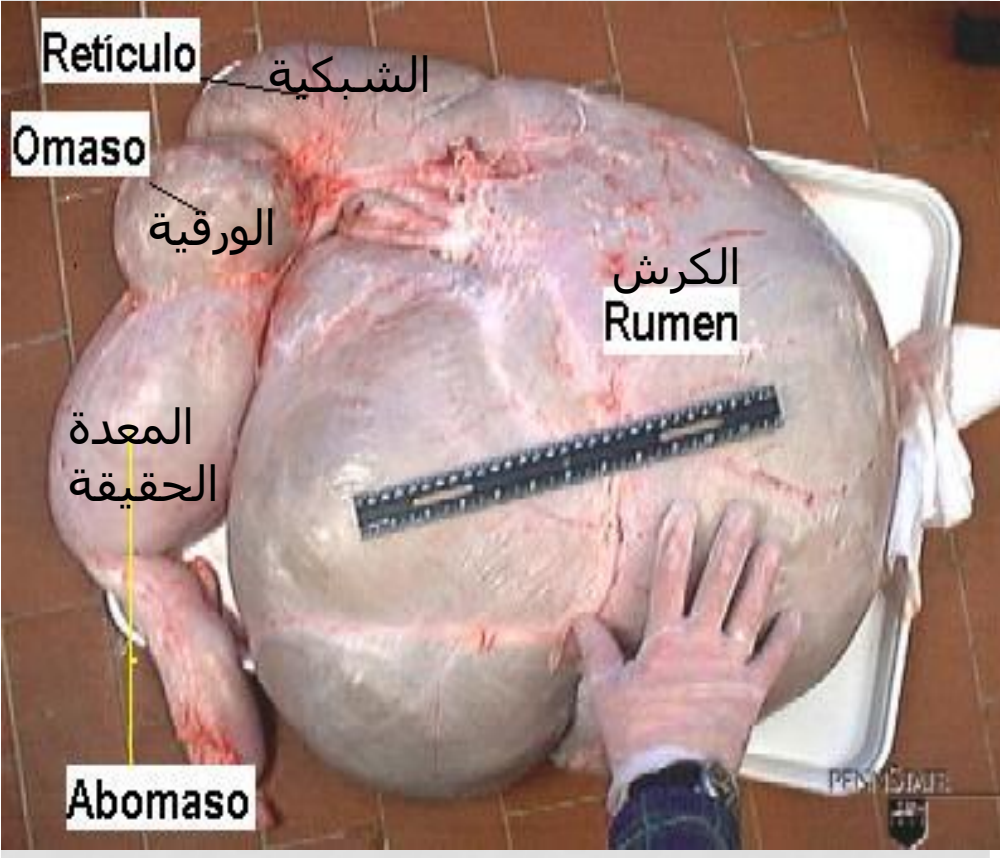
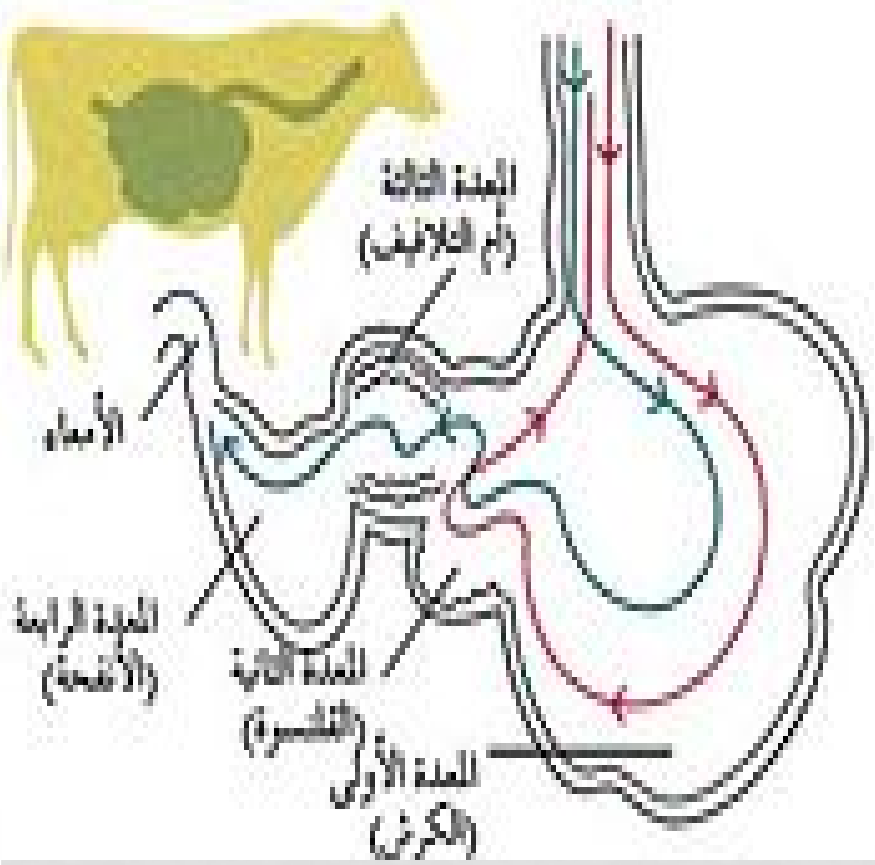
• المعدة المركبة تقع قبل المعدة الحقيقية وتقسم للأقسام التالية:

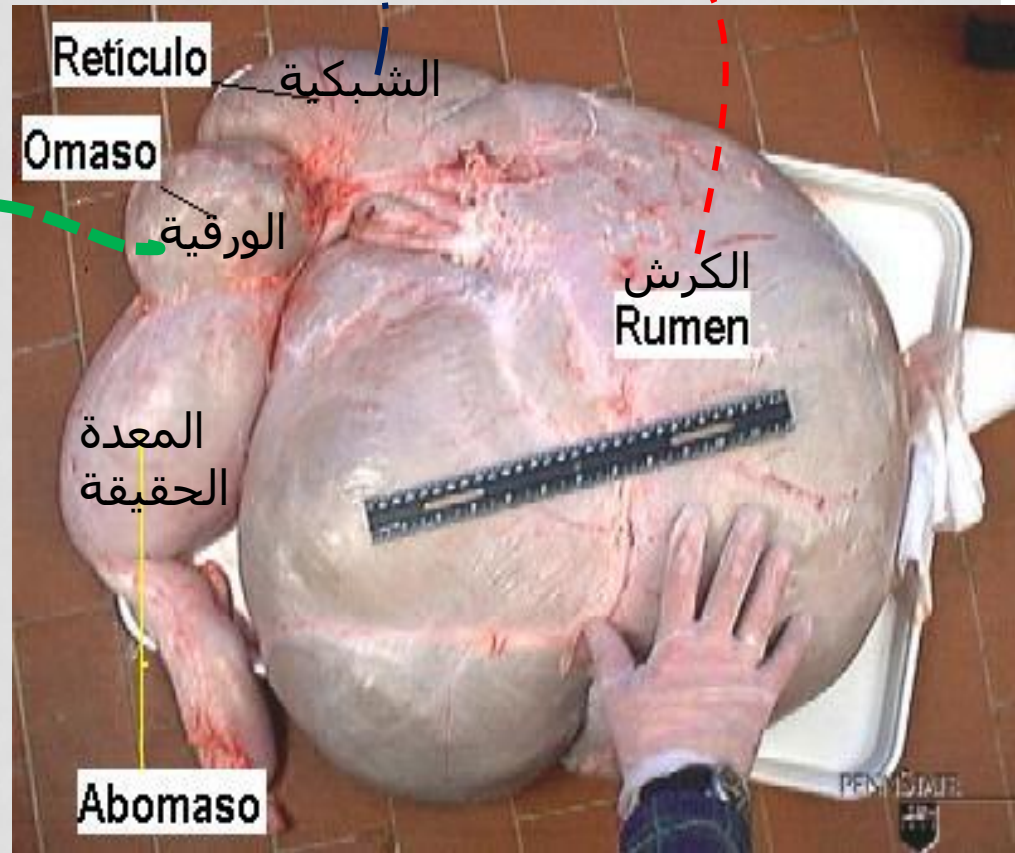


• الكرش

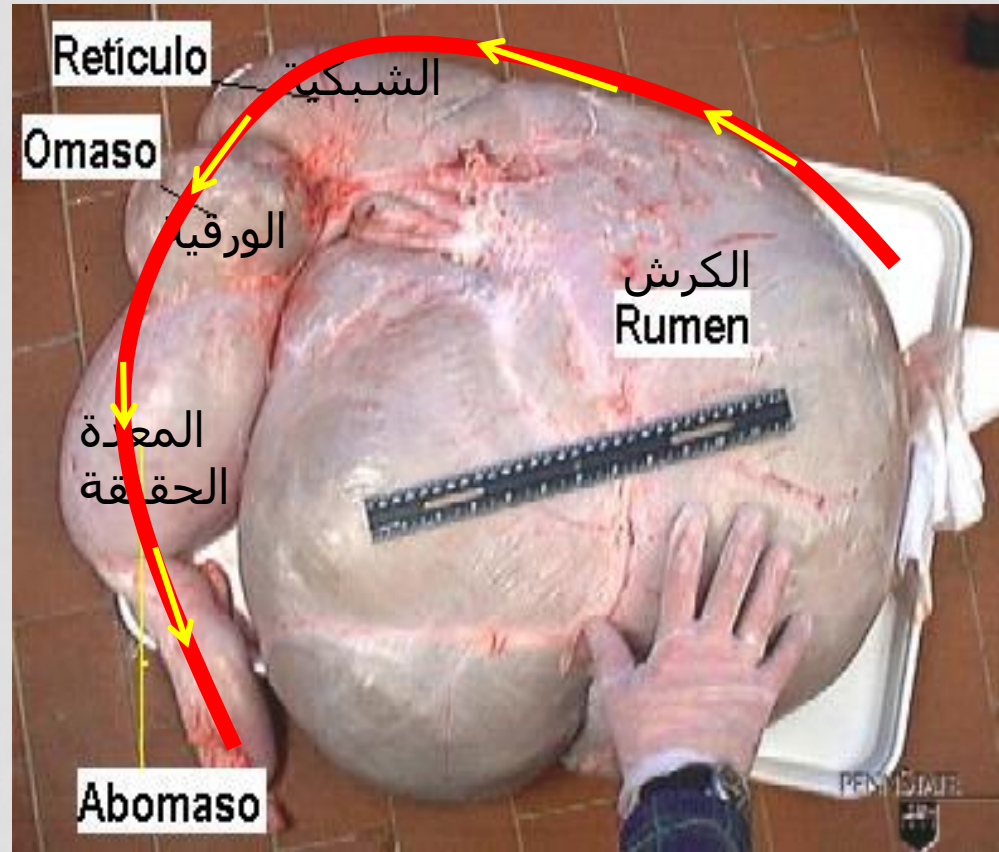
• الشبكية

• الورقية (أو ذات التلافيف)





اتجاه حركة الغذاء



الكرش



- أضخم أقسام المعدة وأكثرها سعة (100 – 150 لتر عند الأبقار) و (12 – 20 لتر عند الأغنام والماعز)



- أي 70 – 75 % من محتويات الجهاز الهضمي

- يتوفر فيه جميع الظروف الملائمة لنمو وتكاثر البكتريا والبروتوزوا التي تعمل على هضم وتخمير المواد الغذائية.

أنواع التقلصات في الكرش

- **1- التقلصات الخلطية:** تعمل عضلات الكرش بشكل مستمر محدثة تقلصات دورية مختلفة الشدة بهدف: 1- خلط محتوياته مع السوائل واللغاب التي تصل إليه بكميات كبيرة. 2- وتساعد في نقل محتوياته إلى الشبكية.
- **2- التقلصات التجشؤية:** وهي تقلصات معاكسة للتقلصات الخلطية تعمل على طرد الغازات من الكرش ع/ط الفم.
- **3- التقلص الاجتراري:** يساعد في استرجاع الكتل الغذائية من الكرش إلى الفم.

• تسمع حركات الكرش بالسماعة الطبية بمعدل 5 - 6 حركات كل دقيقتين



الشبكية

- عضو كيسبي الشكل مدور
- سعته عند الأبقار 5 – 10 ليتر, وعند الأغنام والماعز 1.5 – 2 ليتر.
- تتوضع الشبكية أمام الحجاب الحاجز والكبد
- وتتصل مع الكرش بفتحة كبيرة
- وتتصل مع الوراقية بفتحة صغيرة



الشبكية

• الغشاء المخاطي للشبكية:

• لا يحتوي غدد مفرزة

• يشكل مع النسيج الضام القاعدي ثنيات تشكل بالتقائها مع بعضها بعضاً ما يشبه أقراص النحل.

• للشبكية دور هام في:

- 1- تنظيم وصول المواد الغذائية إلى الكرش وخروجها إلى الورقية.
- 2- تنظيم حركة المواد الغذائية داخل الجهاز الهضمي للمجترات.



الورقية

- جسم كروي الشكل ذات حجم كبير عند الأبقار **أما** عند الأغنام فأقل تطوراً

- تحتوي تقريباً 12% من المحتويات الكلية للجهاز الهضمي

- يشكل الغشاء المخاطي للورقية مع النسيج الضام تحت المخاطي طيات أو وريقات

- تحتوي هذه الطيات على أنسجة عضلية ينتشر فوقها عدد كبير من الحليمات التي تغطيها خلايا قرنية



الورقية

الورقية

• عند وصول محتويات الكرش والشبكية ← إلى الورقية

تقوم الطيات الكثيرة باحتجاز (احتباس) أجزاء الطعام الكبيرة بينما تمر أجزاء الطعام الصغيرة مع السوائل إلى الأنفحة (أو المعدة الحقيقية) عبر الفتحة الورقية الأنفحية

ثم يحدث داخل الورقية تفتيت لأجزاء الطعام الكبيرة المحتجزة بفضل الحركة المستمرة والقوية للطيات (أو الوريقات)

وأخيراً يحدث بداخلها امتصاص الماء والأمونياك والحموض الدهنية الطيارة بفضل السطح الواسع للطبقة المخاطية المغطية لها



الأنفحة (المعدة الحقيقية)

- عبارة عن أنبوب عضلي عريض
- تغطي بطانته الداخلية قنيات طولانية كبيرة الحجم تشكل ما يشبه الصمام **لمنع** عودة المواد الغذائية إلى الورقية
- نهاية المعدة الحقيقية أضيق من بدايتها وهي تتصل مباشرة بالأثني عشرية بواسطة المصرة البوابية.
- لا تختلف طبيعة الهضم في المعدة الحقيقية عند الحيوانات المجتررة عنها عند وحيدات المعدة.

الكائنات الحية المجهرية للكرش والشبكية

- يحدث في الكرش والشبكية تحلل وتخمير مستمرين للمواد الغذائية بفضل الكمية الضخمة من الكائنات الحية اللاهوائية فيهما وهي:

الحيوانات الأولية Protozoa

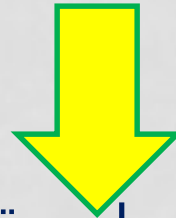
البكتيريا Bacterium

كل 1 مل من سائل الكرش يحتوي 10^6 بروتوزوا

كل 1 مل من سائل الكرش يحتوي 10^{10}

- تقطن هذه الكائنات كرش الحيوانات المجترة من الأيام الأولى للعمر
- تصل مع الطعام وعن طريق احتكاك المواليد مع أمهاتها

- وصول الأعلاف للجهاز الهضمي بشكل دوري (كل 7 – 9 ساعات) + الخلط والتحريك المستمرين + ثبات درجة الحرارة (39 – 40°م) + ثبات درجة الـ PH في الكرش (PH=6.5)



كل ذلك يهيئ الظروف المناسبة لنمو وتكاثر هذه الكائنات والقيام بوظائفها على الشكل الأمثل.

• تقسم البكتريا القاطنة في الكرش والشبكية إلى عدة أنواع حسب مشاركتها في عمليات الهضم والتخمير للمواد الغذائية إلى مايلي:

• 1- البكتريا المسببة للحلمهة الخميرية للمواد النشوية والسكرية والسيللوزية.

• 2- البكتريا المسببة للحلمهة الخميرية للمواد البروتينية.

• 3- البكتريا الحمضية اللبنية: تقوم بتخمير السكريات البسيطة كالغلوكوز وسكر الشعير وسكر القصب – يزداد عددها عند تغذية المجترات على العلائق المركزة.

• 4- الحيوانات الأوالي الموجودة بالكرش (البروتوزوا): يوجد منها حوالي 30 نوع – بعض أنواعها يستطيع تحليل السيللوز إلى مركباتها البسيطة بفضل إفرازها الأنزيمات الحالة له.

- ولكن: عند وجود السكريات البسيطة في علائق المجترات فإنّ الحيوانات الأوالي تفضل هضم وتخمير هذه السكريات على تحليل مادة السيللوز

• تستطيع الكائنات الحية القاطنة في الكرش تكوين المواد التالية:

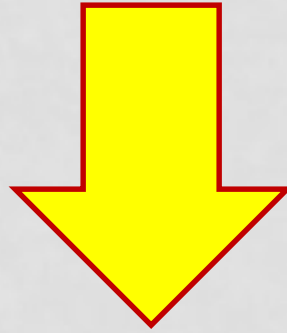
• 1- مادة عديدة السكريد تشبه النشاء.

• 2- تكوين نوع من البروتينات من الأمونياك والمواد الأزوتية غير البروتينية مثل الأميد واليوريا.

• 3- تخليق بعض الفيتامينات (ولاسيما زمرة الفيتامين B بجميع عناصره).

هضم المواد البروتينية في الكرش

• المواد النباتية تحوي كميات بسيطة من البروتينات



التبن



10 % مواد أزوتية

الحبوب كالقمح والشعير



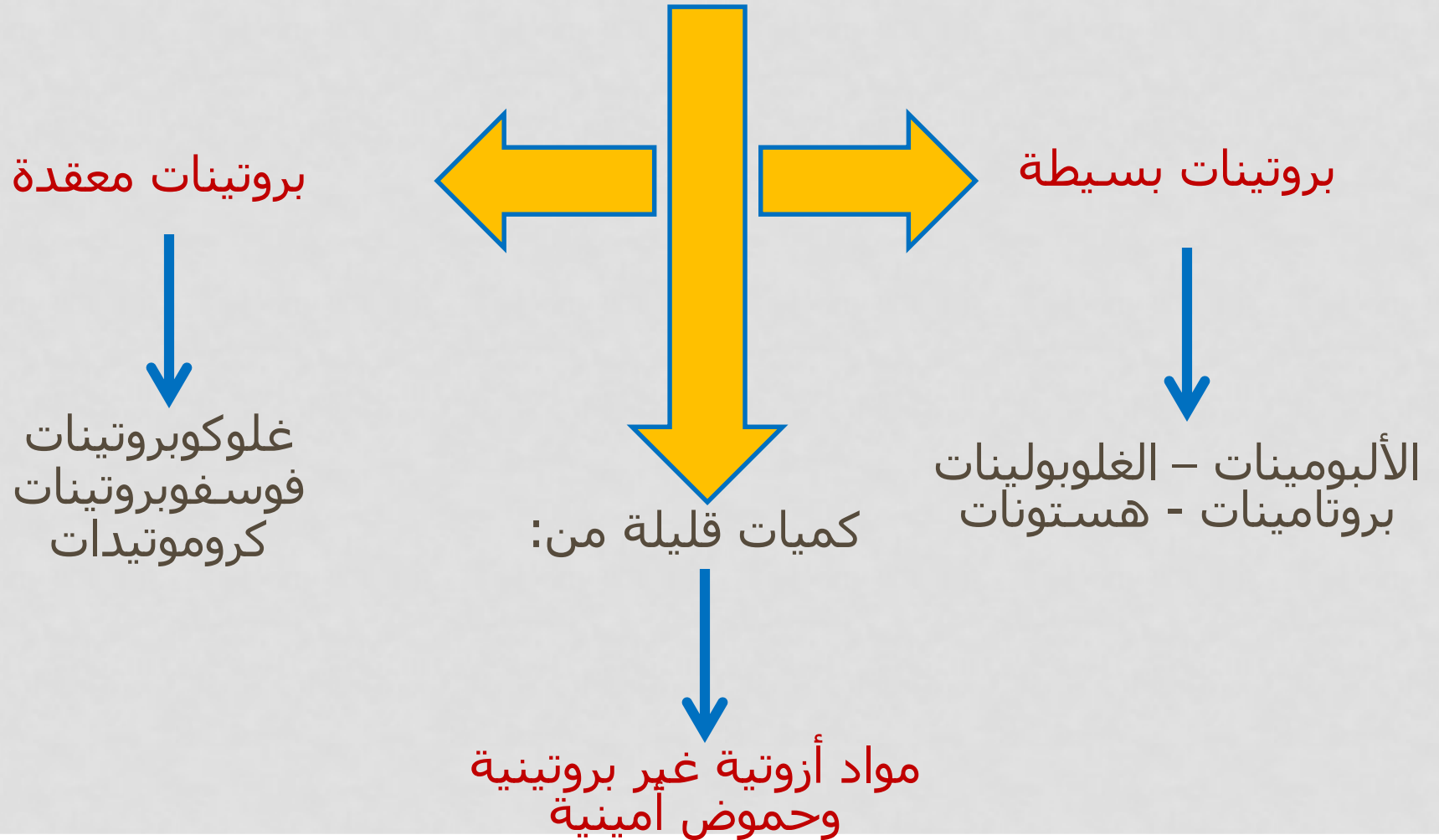
14 %

الأعلاف الخضراء



18 % مواد أزوتية

• توجد البروتينات في الأغذية النباتية بأشكال مختلفة



دور الكائنات الحية المجهرية الموجودة في الكرش في عملية تحليل البروتينات النباتية في الكرش

• تتحلل البروتينات النباتية بواسطة الأنزيمات الحالة للبروتينات التي تفرزها الكائنات الحية المجهرية الموجودة في الكرش (بكتريا وحيوانات أوالي)

هذه الأنزيمات تحول البروتينات إلى ببتيدات وحموض أمينية

تتحول الحموض الأمينية بمعظمها إلى أمونياك وقليل منها يمتص في الكرش

تستعمل الكائنات الدقيقة الأمونياك لتصنيع بروتينات خاصة بها

تقدر كمية البروتينات المصنعة من قبل الكائنات الدقيقة بـ 10 غ لكل 1 كغ من محتويات الكرش

إذاً ما هو دور الكائنات الدقيقة الموجودة في الكرش ؟

1- كما قلنا تستعمل الكائنات الدقيقة **الأمونياك** لتصنيع بروتينات خاصة بها

2- تستطيع تركيب بروتيناتها ابتداءً من مواد أزوتية بسيطة **كاليوريا والأميد**

ولهذا الأمر فوائد اقتصادية عظيمة

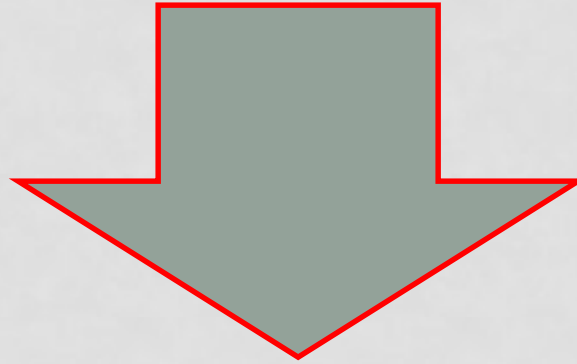
حيث يمكن تغذية المجترات ببقايا الحقول الزراعية ونفايات المصانع الغذائية الفقيرة بالبروتينات (كبقايا الشوندر السكري والنخالة) **ويضاف إليها اليوريا الصناعية** بكمية لا تتجاوز 14% في علائق المجترات

عندها يحدث تفكك **لليوريا** في الكرش إلى: ← أمونياك + CO₂ (بوجود أنزيم اليورياز الذي تطلقه البكتريا)

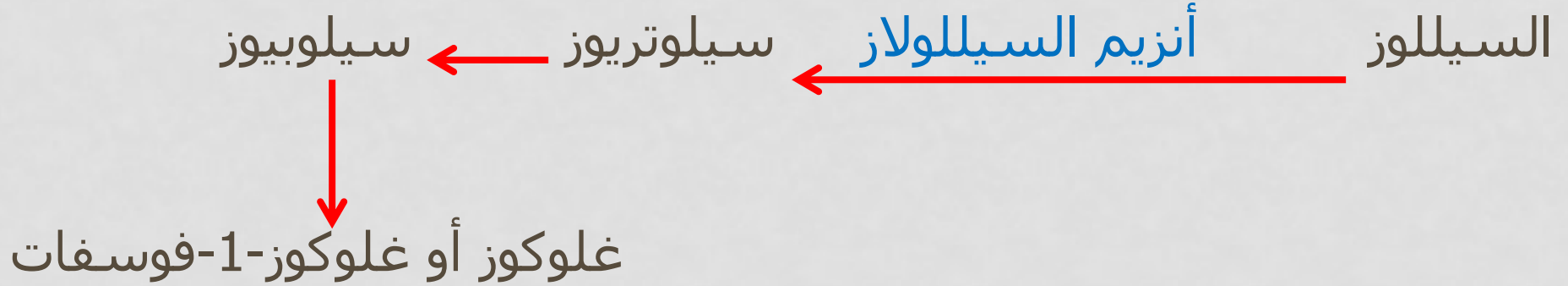
من الأمونياك تركب البكتريا البروتينات الخاصة بها

هضم السيللوز عند الحيوانات المجترة ???

- يشكل 40 - 50% من المادة الجافة للأعلاف النباتية
- وهو عبارة عن بولي سكريد (متعدد السكريد)
- يهضم السيللوز أنواع معينة من البكتريا والحيوانات الأوالي



التي تفرز أنزيم السيللولاز Cellolase ← الذي يحوله لسكريات بسيطة



يجب توفر كمية كافية من المواد الازوتية والفيتامينات وبعض العناصر المعدنية حيث يحدث هضم فعال وجيد لسييلوز داخل الكرش والشبكية للمجترات

كلما زادت مدة بقاء السييلوز في القناة الهضمية كلما كانت نسبة هضمه أعلى

هضم النشاء والسكريات في الكرش عند المجترات

1- هضم النشاء:

- يشكل النشاء 40 – 75 % من الأغذية النباتية ولاسيما الحبوب
- يوجد على شكل حبيبات
- جزيئة النشاء تتكون من 200 – 300 جزيء غلوكوز
- يهضم النشاء بسهولة بواسطة الكائنات المجهرية الدقيقة
- النشاء المطبوخ يهضم بشكل أسرع من النشاء النيء
- نشاء الذرة الصفراء يهضم بشكل أسرع من نشاء البطاطا

كيف يتم هضم النشاء في الكرش ؟

تقوم البكتريا من نوع أميلوليتيك Amylolytic بإفراز أنزيم الأميلاز (الحال للنشاء) على السطح الخارجي لحبيبات النشاء



حيث يقوم الأميلاز بحلمهة النشاء وتفكيكه



إلى سكر شعير (مالتوز)



تحت تأثير أنزيم المالتاز
(الذي تفرزه كائنات دقيقة أخرى)

الذي يتفكك بدوره إلى غلوكوز

2- هضم السكريات

- السكريات البسيطة (أحادي وثنائي السكريد)
- تشكل نسبة لا بأس من الأغذية النباتية (وخاصة الشوندر السكري حيث تصل نسبة السكريات فيه لأكثر من 60%)
- تتعرض السكريات للتخمير في الكرش والشبكية

أما هضم السكريات فكيف يتم في الكرش ؟

يحدث **تخمير** للسكريات البسيطة في الكرش والشبكية



ينتج عن تخمرها: حموض العضوية + غازات

حمض اللبن وحمض الزبدة وحمض البيروفيك
غاز الميثان (25-27%) - CO₂ (60%) - N₂ (7%) -
غازات أخرى: H₂ - CO - O₂ وتشكل حوالي 7.5%
قد يصل معدل إنتاج الغازات عند الأبقار لـ 30 ليتر / الساعة

يتحول أحادي السكريد في البداية إلى حمض البيروفيك

ثم تبعاً لنوع البكتريا و PH الوسط

يتحول حمض البيروفيك إلى حمض الخل وحمض الزبدة وحمض البروبيونيك

- تمتص الحموض الدهنية الطيارة بشكل أساسي في الكرش وبدرجة أقل في الشبكية والورقية
- تذهب الحموض الدهنية الممتصة عبر مجرى الدم إلى الكبد
- يقوم الكبد بتحويلها إلى: 1- طاقة (يستخدمها الحيوان لبناء جسمه)
2- **أو** تخزن في الكبد **بعد** تحويلها إلى دهون أو غليكوجين

الاجترار

- تتناول المجترات علائقها بسرعة بعد مضغ بسيط للطعام
- بعد مكوث المواد الغذائية في الكرش والشبكية 0.5 – 1 ساعة وأثناء فترة الراحة بين فترات الطعام يقوم باسترجاع كتلة الغذاء إلى فمه لإعادة مضغها جيداً ويضيف عليها المزيد من اللعاب ثم يبتلعها مرة أخرى.

ما هي آلية استرجاع الكتل الغذائية من الكرش والشبكية وإعادة ابتلاعها؟

- يتم استرجاع الكتل الغذائية **عبر** **التقلصات القوية** في جدران الكرش والشبكية
- مما يؤدي **لتجمع الغذاء** عند مدخل الكرش
- هنا يحدث الحيوان **شهيق عميق** (مع توقف التنفس في مرحلة الزفير مع انغلاق فتحة الحنجرة)
- وهذا يؤدي **لانخفاض الضغط** داخل التجويف الصدري وبالتالي داخل المري
- مما يؤدي **لاندفاع كتلة الغذاء** من الكرش (الضغط عالي أساساً بداخله) إلى نهاية المري المتوسع عبر الفتحة الفؤادية المسترخية انعكاسياً
- وجود الكتلة الغذائية في نهاية المري يؤدي **لتنبيه الأعصاب الحسية** للعصب الحائر المعصب للمري
- مما يؤدي لحدوث **تقلصات عكسية** تسري من أسفل المري إلى أعلاه
- **فتقذف بالكتلة الغذائية** من البلعوم الذي تنقبض عضلاته
- **فتندفع الكتلة الغذائية إلى الفم**
- في الفم يتم **عصر الكتلة الغذائية** فيتم خروج السوائل منها والتي تبتلع على الفور
- ثم يقوم الحيوان **بمضغ الاجزاء الخشنة** جيداً خلال 20 - 60 ثانية ثم **إعادة ابتلاعها إلى الكرش** ثانية مع إضافة كمية كبيرة من اللعاب إليها

الهضم في الأمعاء الدقيقة

- تنتقل المواد الغذائية المفتتة والمميعة وذات التفاعل الحامضي والتي تملك قوام نصف مائي أو مائي (وتدعى **بالكيموس**) من المعدة **إلى** الأمعاء الدقيقة عبر فتحة البواب المعدية



- يخضع الكيموس خلال وجوده في الأمعاء الدقيقة **لتأثير العصارة البنكرياسية وعصارة الصفراء والعصارة المعوية**



- مما يسمح باستمرار تفكك المواد الغذائية وتحويلها إلى عناصر بسيطة يمكن امتصاصها بسهولة عبر ظهارة الأمعاء الدقيقة

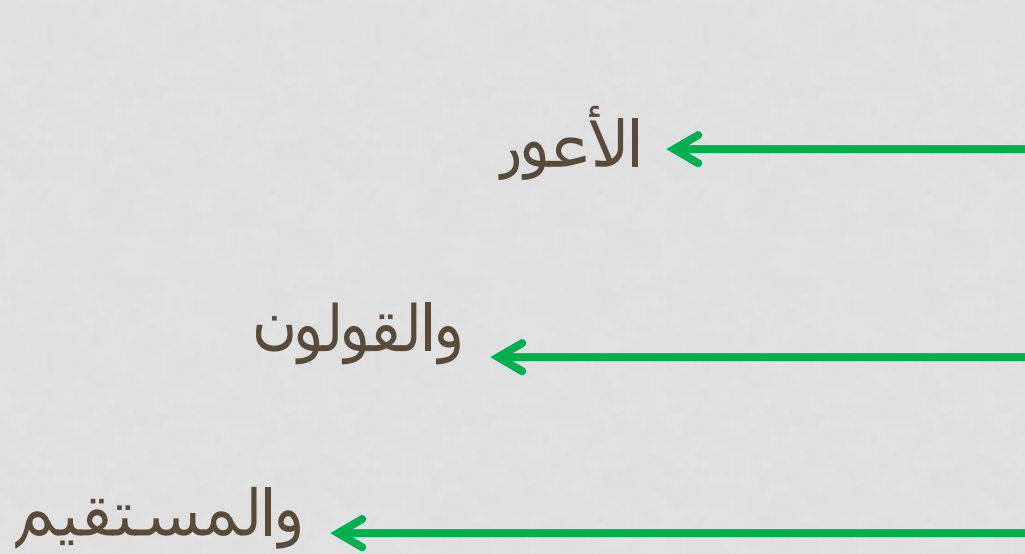


- فمثلاً: تتحول البروتينات لحموض أمينية والسكريات إلى غلوكوز والدهون إلى حموض دهنية

- يستمر تأثير أنزيمات العصارة المعدية لفترة قصيرة في الجزء الأول من الأمعاء (الأثني عشرية) وبعدها يكبح هذا التأثير من خلال ارتفاع قيمة الـ PH إلى القلوية

الهضم في الأمعاء الغليظة

• تشمل الأمعاء الغليظة عند المجترات:



تكون طويلة عند أكلات الأعشاب حيث يبلغ طول الأمعاء الغليظة عند:
الأبقار 7 - 12 م وعند الأغنام 4 - 10 م وعند الخيل 6 - 9 م

كيف يتم الهضم في الأمعاء الغليظة ؟

تصل المواد الغذائية التي لم تهضم في المعدة والأمعاء الدقيقة إلى

الأمعاء الغليظة (على شكل دفعات وبكميات صغيرة من خلال المصرة اللفائفية الأعورية والتي تفتح بشكل دوري كل 60 ثانية)انفتاح وانغلاق هذه المصرة هو فعل انعكاسي تقع مستقبلاته في الغشاء المخاطي للأعور

تهيج وتتنبه هذه المستقبلات عند امتلاء الأعور بالمواد الغذائية مما يؤدي لانغلاق المصرة اللفائفية الأعورية بإحكام ولا تسمح بمرور كميات جديدة إليه من الأمعاء الدقيقة, ولا تفتح إلا عند فراغ الأعور من محتوياته التي تنتقل إلى الكولون.

• تقتصر عمليات الهضم في الأمعاء الغليظة على:

• **1-** فعل الأنزيمات المرافقة للكتلة الغذائية من المعدة والامعاء الدقيقة (كالبسین والتربسین ...)

• **2-** وعلى فعل الإنزيمات التي تفرزها الأحياء الدقيقة القاطنة فيها وخاصة في الأعور (حيث ينتج عن تحلل المواد الغذائية: الأندول والسيكاتول وأحماض أمينية وأحماض دهنية ..)

• تستطيع الكائنات الدقيقة القاطنة في الأمعاء الغليظة هضم السيللوز والهيميسيللوز وينتج عن هذه العملية (كما هو الحال في الكرش) الأحماض العضوية + CO₂ + الميثان + الهيدرجين

• الغازات المتشكلة هذه تطرح عن طريق الشرج أما النواتج الأخرى فتمتص إلى الدم.

• الجزء المتبقي من المواد الغذائية الذي لم يهضم خلال مروره في القناة الهضمية يخرج عن طريق الشرج على شكل روث

• **يحتوي الروث على:** الماء + مركبات غير مهضومة + جزء من إفرازات القناة الهضمية + خلايا ميتة + كائنات مجهرية + أملاح + مواد أخرى كالاندول والسيكاتول **الذان يعطيان الروث رائحته الكريهة**

الامتصاص في الأقسام المختلفة للقناة الهضمية

الامتصاص في المعدة

- يقتصر الامتصاص فيها بشكل أساسي على:
 - الماء
 - بعض الأملاح المعدنية المنحلة وخاصة كلور الصوديوم
 - الغلوكوز
 - بعض المواد العضوية
 - بعض الحموض الأمينية
 - يحدث أيضاً امتصاص الكحول وبعض المواد الدوائية

الامتصاص في المعدات الأمامية عند المجترات (الكرش والشبكية والورقية)

- الحموض العضوية (حمض الخل - حمض الزبدة - حمض البيروفيك) الناتجة عن تخمر المواد السكرية في الكرش.
- يمتص أيضاً فيها الأمونياك المتكوّن في الكرش بكميات كبيرة
- اليوريا
- الفيتامينات
- الغلوكوز والحموض المنحلة بالماء
- كما يمتص في الكرش بسهولة بعض الشوارد المعدنية

الامتصاص في الأمعاء الدقيقة

• **علل:** تعد المكان الرئيسي للامتصاص عند جميع أنواع الحيوانات:

- 1- نتيجة للخواص البنائية والتركيبية للطبقة المخاطية للأمعاء,
- 2- ولوجود كميات كبيرة من النواتج النهائية للهضم والماء في محتوياتها.

• **يمتص في الأمعاء الدقيقة مايلي:**

- جميع نواتج حلمة السكريات والدهون والماء والفيتامينات والعناصر المعدنية
- أما نواتج حلمة البروتينات فيمتص منها فقط **الحموض الأمينية** حيث أنّ الطبقة المخاطية للأمعاء غير نفوذة لعديد الببتيدات.
- تمتص فيها السكريات على شكل سكريات أحادية (غلوكوز - غالاكتوز - فركتوز)
- يحدث **امتصاص الماء** في كل أقسام الجهاز الهضمي ولكن امتصاصه في المعدة يكون بسيطاً لقصر فترة بقائه فيها, بينما يحدث امتصاص كبير للماء في الأمعاء (فمثلاً عند الأبقار يمتص حوالي 25 - 50 ليتر ماء في اليوم الواحد)

الامتصاص في الأمعاء الغليظة

- يحدث فيها امتصاص كميات كبيرة من الماء
- تمتص بعض الشوارد المعدنية والفيتامينات والأحماض الدهنية الطيارة والحموض الأمينية
- أما البروتينات والسكريات والدهون: **فلا يحدث لها امتصاص** وتطرد مع البراز المتشكل من بقايا الطعام غير المهضومة.

تنظيم عملية الامتصاص

كيف يتم تنظيم عملية الامتصاص ؟

• **عملية الامتصاص:** هي عملية فيزيولوجية فعالة ونشيطة ويتطلب حدوثها حرق كمية كبيرة من الطاقة

• ينظم الامتصاص بالطرق العصبية الانعكاسية وبالطرق الخلطية

أما **التنظيم الخلطي** لعملية الامتصاص: فيحدث تحت تأثير بعض الهرمونات, فمثلاً وجد أن استئصال الغدة الكظرية أو تخريبها يؤدي لاضطراب في امتصاص السكريات

يبدأ **التنظيم العصبي** الانعكاسي بمستقبلات الغشاء المخاطي للجهاز الهضمي والتي تنطلق فيها بشكل مستمر معلومات إلى الجملة العصبية المركزية حول عمليات الهضم الجارية وتركيز المواد المختلفة

دور الفيتامينات في تنظيم عملية الامتصاص

- تؤدي الفيتامينات دوراً في تنظيم عملية الامتصاص في القناة الهضمية:

- يؤثر فيتامين D في امتصاص الـ Ca و P
- مجموعة فيتامينات B وفيتامين C يؤثران في امتصاص السكريات
- يؤثر فيتامين C في امتصاص الحديد

دور الأملاح المعدنية في تنظيم عملية الامتصاص

- تؤثر **الأملاح المعدنية** الواسلة مع الطعام إلى الجهاز الهضمي في عملية الامتصاص فمثلاً:
- زيادة وصول **أملاح البوتاسيوم** مع العشب الطازج إلى الجهاز الهضمي **عند الأبقار** يؤدي إلى تثبيط امتصاص عنصر المغنزيوم مما يؤدي لحدوث حالة الكزاز العشبي عندها.
- كذلك زيادة وصول ملح الطعام NaCl إلى الكرش عند المجترات يؤدي لانخفاض امتصاص الماء

انتهت المحاضرة