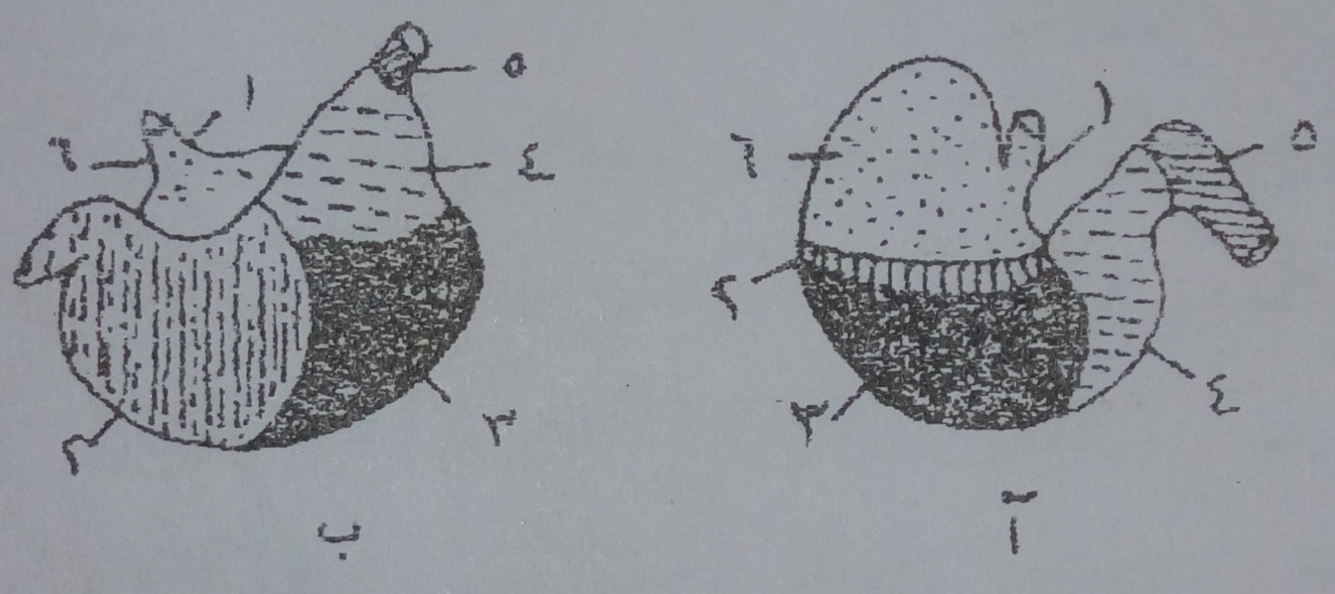
الفصل الأول

الهضم عند الحيوانات وحيدة المعدة

تصل المواد الغذائية الممضوغة والممزوجة جيداً باللعاب إلى المعدة بفضل عملية البلع . وفي المعدة تتعرض هذه المواد لتأثير أنظيمات العصارة المعدية الحامضية .

والمعدة البسيطة (المفردة) عبارة عن توسع خاص للقناة الهضمية ، ويتكون جدارها من طبقة مصلية وطبقة من العضلات الملساء وأخرى مخاطية . يختلف شكل وحجم المعدة البسيطة عند الحيوانات باختلاف فصائلها ويوضح الشكل رقم (14) أقسام المعدة عند الحصان والخنزير والتي تتألف من ثلاثة أقسام هي : القسم الفؤادي ، قاع المعدة ، والقسم البوابي .



آ ب

شكل رقم (14) : يبين أقسام المعدة البسيطة . أ- عند الخيول . ب- عند الخنازير

1-المريء ، 2- منطقة الغدد الفؤادية .

3-منطقة غدد قاع المعدة ، 4- منطقة الغدد البوابية .

5-منطقة اتصال المعدة بالاثنى عشرية ، 6-جزء المعدة المريئي .

تصل المواد الغذائية الممضوغة والممزوجة باللعاب إلى المعدة . حيث يفرز عليها الكثير من العصارات الهضمية من الغدد المنتشرة في جدران هذه المعدة .

تحتوي العصارة المعدية على حمض كلور الماء Hcl وعلى بعض الأنظيمات مثل أنظيم البيسين Pepsin والأنفحة أو الرينين (منفحين) . كما تحتوي هذه العصارة على قليل من البروتينات و الحموض الأمينية وحمض البول و كلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم .

حمض كلور الماء Hcl: يفرز حمض كلور الماء من الخلايا الجدارية لغدد قاع المعدة ، ويتكون هذا الحمض ضمن هذه الخلايا ابتداءً من ملح الصوديوم (Nacl) الموجودة بالدم .

ويقوم حمض كلور الماء في المعدة بالوظائف التالية :

1-يساعد حمض كلور الماء في تحويل طلائع أو مولد البيسين غير الفعال إلى بيسين فعال .

2-يؤدي دوراً في هضم البروتينات عن طريق إتلاف الجوهر الطبيعي لها مما يجعلها تتحلل بسهولة بوساطة أنظيم البيسين .

3-يساعد في تحويل ثنائي السكريد إلى أحادي السكريد .

4-يعمل مبيداً للبكتريا الواصلة مع الطعام إلى المعدة .

5-يساعد على إذابة الحديد والنحاس الموجودة في المواد الغذائية وبذلك يسهل من عملية امتصاصها .

أنظيمات العصارة المعدية :

1-أنظيم الببسين Pepsin يفرز أنظيم الببسين على صورة غير فعالة (ببسينوجين) ويتحول في المعدة إلى ببسين فعال تحت تأثير حمض كلور الماء . يحول هذا الأنظيم البروتينات بطريقة الحلمهة إلى بيتونات .

2-أنظيم الأنفحة أو الرينين Rennin : يفرز هذا الأنظيم بكميات كبيرة في معدة الحيوانات الرضيعة على صورة غير فعالة (برورينين) ، ثم يتحول بتأثير حموضة المعدة إلى رينين فعال الذي يعمل على تحويل بروتين الحليب الذائب (كازين) إلى باراكازيئين غي ذائب يترسب في المعدة على شكل خثره هلامية حيث يتم تحللها فيما بعد.

تنظيم النشاط الإفرازي للغدد المعدية :

يتم تنظيم النشاط الإفرازي للغدد المعدية بطريقتين :

أ-طريقة التنظيم العصبي :

وتتم هذه الطريقة بوساطة المنعكسات العصبية الغير شرطية والشرطية ويبدأ المنعكس العصبي اللاشرطي المنظم لإفراز العصارة المعدية من المستقبلات الحسية لتجويف الفم التي تتنبه بالمواد الغذائية أثناء مضغها . ومن هذه المستقبلات المنبهة ترسل دوافع

عصبية عبر الألياف العصبية الحسية الجاذبة إلى المركز إلى مركز إفراز العصارة المعدية المتوضع في المخ المستطيل . ومن هذا المركز تعود ردود الفعل عبر الألياف العصبية الإفرازية نظيرة الودية والتي بدورها تحث الغدد المعدية على إفراز العصارة المعدية .

كذلك تشارك المنعكسات الشرطية في إفراز العصارة المعدية ، إذ وجد أن إمرار قطعة من اللحم أمام عيني الكلب أو من تحت أنفه يسبب إفراز العصارة المعدية عنده . إذن فإن إفراز العصارة المعدية يبدأ عند الإنسان والحيوان قبل تناول الطعام وذلك نتيجة لتأثير المنبهات الدالة على الطعام مثل شم رائحة الطعام أو رؤيته أو بمجرد سماع صوت الأواني المستعملة في تحضيره .

ب-طريقة التنظيم الخلطي :

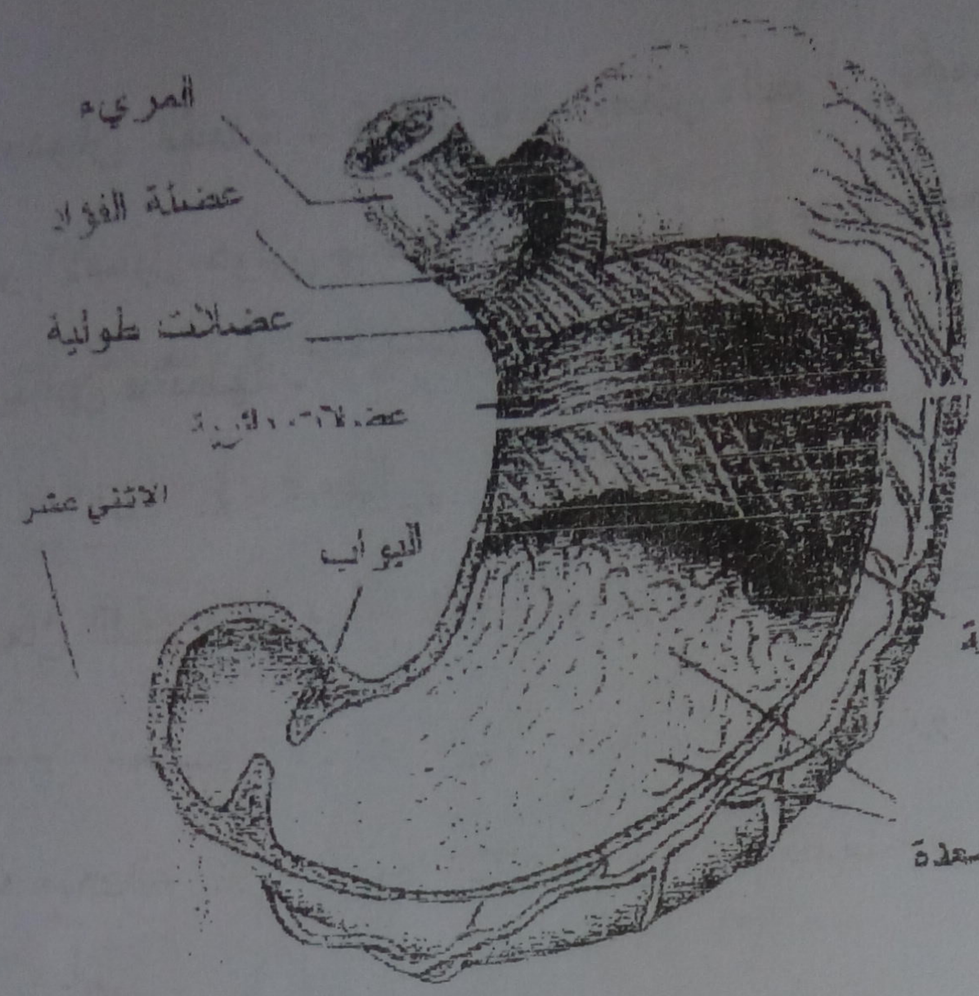
يتم التنظيم الخلطي للنشاط الإفرازي للغدد المعدية عن طريق تأثير بعض المواد الفعالة بيولوجياً أو الهرمونات (كهرمون الغسترين) الذي يفرز من منطقة البواب من المعدة ثم يمتص ويذهب مع تيار الدم إلى الغدد المعدية فينشط إفرازها للعصارة المعدية .

الوظيفة الحركية للمعدة (تقلصات المعدة) :

يحتوي جدار المعدة عند الحيوانات على ثلاث طبقات عضلية ملساء (طويلة ودائرية ومائلة) وتشكل الطبقة العضلية المائلة ثخانة عند مدخل المعدة مكونه ما يسمى بالعاصرة الفؤادية ، وفي مكان اتصال المعدة بالاثني عشرية تلاحظ أيضاً ثخانة دائرية لهذه الطبقة العضلية مكونة العاصرة البوابية (شكل رقم 15) . وتتقلص الطبقات العضلية لجدار المعدة مشكلة نوعين أساسيين من الحركات أو التقلصات المعدية .

أ-حركات (تقلصات) توترية .

ب-تقلصات حوية .



شكل رقم (15) يبين التركيب النسيجي لجدار المعدة

أ-التقلصات التوترية :

يحدث هذا النوع من التقلصات في جدران المعدة على شكل موجات ضغط منتشرة على طول المعدة للطبقتين العضليتين الطويلة والمائلة . وبهذا ينشأ في المعدة في الأوضاع المختلفة لدرجات امتلائها نوع من الضغط الدائم يفيد في عصر محتويات المعدة ودفعها باتجاه الجزء البوابي منها .

ب-التقلصات الحوية :

بعد وصول المواد الغذائية الممضوغة إلى داخل المعدة بمدة تتراوح بين 30 - 45 دقيقة . تبدأ في جدران المعدة تقلصات على شكل انتقال موجي لحلقات الإنخماص أو التقلص التي تبدأ من الجزء الفؤادي للمعدة وتنتشر إلى الجزء البوابي . وتساعد التقلصات الحوية لجدران المعدة في خلط محتوياتها مع العصارة المعدية ، ودفع هذه المحتويات نحو بواب المعدة الذي يوصلها إلى الأمعاء الدقيقة .

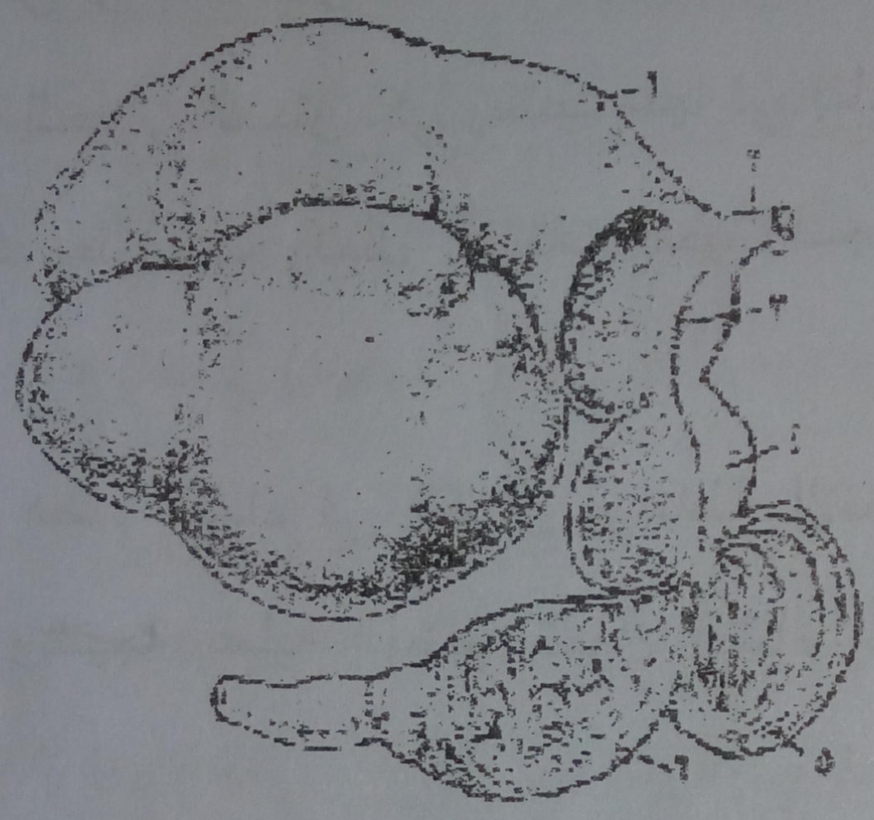
ويتم تنظيم النشاط الحركي في جدران المعدة بوساطة الجملة العصبية الإعاشية (الودية ونظيرة الودية) . حيث يؤدي تنبيه الألياف العصبية الودية إلى تنشيط الحركات (التقلصات) المعدية . أما تنبيه الألياف العصبية نظيرة الودية فيؤدي إلى تثبيط وزيادة

التقلصات لجدران المعدة . كذلك تؤثر بعض المواد الكيميائية في النشاط الحركي للمعدة. فالهستامين و الأستيل كولين و سلفات البوتاسيوم تزيد جميعها تقلصات المعدة . أما الأدرينالين و النور أدرينالين فتثبطها .

الفصل الثاني

الهضم عند الحيوانات ذوات المعدة المركبة (المجترات)

تتغذى الحيوانات المجترة (الأبقار ، الأغنام ، الماعز ، الجمال) على المواد النباتية الغنية بمادة السيلولوز صعبة الهضم والفقيرة بالبروتينات . وقد تطورت معدتها حتى تستطيع هضم السيلولوز انظر الشكل (16) .



الشكل رقم (16) : يوضح تركيب المعدة المركبة عند المجترات .

1-الكرش ، 2- نهاية المريء ، 3- بقايا الميزاب المريئي .4- الشبكية .

5- الورقية ، 6-المعدة الحقيقية (الأنفحة) .

1-الكرش Rumen :

يعد الكرش أكبر أجزاء المعدة المركبة عند المجترات ، وتختلف سعته باختلاف فصيلة الحيوان .

فمثلاً تبلغ سعته عند الأبقار من / 50 - 100 / لتراً وعند الأغنام و الماعز من / 5 - 12 / لتراً . ويقسم الكرش من الداخل إلى خمسة أقسام بوساطة طيات عضلية قوية .

ويعد الكرش مكاناً ملائماً جداً لنمو وتطور بعض الأحياء الدقيقة اللاهوائية (بكتريا ، وحيوانات أوالي) حيث يحتوي كل 1 مل من محتوى الكرش على / 10^{10} / بكترياو/ 10^{6} / بروتوزوا وتقوم الأحياء الدقيقة القاطنة للكرش بتحليل وتخمير المواد الغذائية النباتية باستمرار . وينتج عن هذا التحليل حموض عضوية و أمونياك وغازات .

وتقوم الكائنات الحية الدقيقة باستخدام هذه النواتج في تكاثرها وفي تكوين بعض المواد حيث تقوم بتكوين :

1-مادة عديدة السكريد تشبه النشا .

2-تكوين نوع من البروتينات عالي القيمة الحيوية من الأمونياك

3-تخليق بعض الفيتامينات ولا سيما زمرة الفيتامين (ب) المركب .

جدير بالذكر أن هذه المواد المصنعة من قبل الكائنات الحية المجهرية القاطنة في الكرش تكون متاحة للحيوان المجتر لكي يستفيد منها في بناء خلايا جسمه وتكوين منتجاته من اللحم والحليب وذلك بعد موت وتحلل الكائنات الحية المجهرية في الأنفحة والأمعاء الدقيقة للحيوان المجتر .

كذلك يتم هضم النشاء في الكرش بوساطة الأنظيمات الخاصة(الأميلاز) التي تفرزها البكتريا ، وبنتيجة عملية الهضم يتحول النشاء إلى غلوكوز الذي يتخمر ويعطي الحموض العضوية .

هضم البروتينات في الكرش :

يتم هضم حوالي 60% من البروتينات النباتية الواصلة للكرش وذلك بوساطة أنظيم البروتياز المفرز من بعض أنواع البكتريا و البروتوزوا في الكرش والشبكية ينتقل القسم من البروتينات والذي لم يهضم في الكرش إلى الأنفحة والأمعاء الدقيقة ليتم هضمها هناك . تقوم الأحياء الدقيقة الموجودة في الكرش بإفراز أنظيم البروتياز الذي يفكك البروتينات إلى بيتيدات و حموض أمينية. كما تقوم بعض أنواع البكتيريا في الكرش بتحويل الحموض الأمينية إلى أمونياك .

تقوم البكتريا و البروتوزوا القاطنة في الكرش بتصنيع بروتينات خاصة ذات قيمة حيوية عالية اعتباراً من الأمونياك ومواد آزوتية بسيطة مثل اليوريا . بعد ذلك تذهب هذه البروتينات المصنعة إلى الأمعاء الدقيقة للحيوان المجتر حيث يتم تفكيكها إلى حموض أمينية وامتصاصها إلى الدم .

1-الشبكية Retina :

الشبكية عبارة عن عضو كيسي الشكل مدور . تبلغ سعته عند الأبقار من 5 – 10 لتراً وعند الماعز والأغنام من 1.5 – 2 لتراً . تتوضع الشبكية أمام الحجاب الحاجز والكبد وتتصل بفتحة كبيرة مع الكرش وبفتحة صغيرة بالورقية .

الغشاء المخاطي للشبكية لا يحتوي على غدد مفررة ويشكل مع النسيج الضام القاعدي ، ثنيات تشكل بالتقائها مع بعضها بعضاً ما يشبه خلايا أقراص النحل .

وتعتبر الشبكية جزء غير منفصل عن الكرش ودورها في الهضم لا يختلف عن دوره حيث يتم داخلها هضم ميكروبي للمواد الغذائية ، إضافة إلى ذلك تؤدي الشبكية دوراً مهماً في تنظيم حركة المواد الغذائية داخل الجهاز الهضمي للمجترات .

2-الورقية : (أم التلافيف)

هي عبارة عن جسم كروي الشكل ذات حجم كبير عند الأبقار أما عند الأغنام والماعز فهي أقل تطورا . وتحتوي تقريبا على 12% من محتويات الجهاز الهضمي الكلية .

ويشكل الغشاء المخاطي للورقية مع النسيج الضام تحت المخاطي طيات أو وريقات تقسم إلى خمس مجموعات يمثل أصغرها ثنيات والباقي تمثل طيات بارتفاعات مختلفة . وتحتوي هذه الطيات على أنسجة عضلية وينتشر فوقها عدد كبير من الحليمات التي تغطيها خلايا قرنية . وتقوم الطيات الورقية باحتجاز أجزاء الطعام الكبيرة ، بينما تسمح بمرور الأجزاء الصغيرة مع السوائل إلى الأنفحة .

4-الأنفحة (المعدة الحقيقية) :

تقوم الأنفحة عند الحيوانات المجترة بوظيفة المعدة الحقيقية (المعدة البسيطة) . ويبلغ سعتها عند الأبقار من / 1.5 – 3 /لتراً . وهي تفرز عصارة هضمية غنية بأنظيم البيسين وحمض كلور الماء . ويحدث في الأنفحة استمرار ومتابعة هضم الأغذية التي تصل إليها من الكرش والشبكية والورقية .

الاجترار Rumination :

تتناول الحيوانات المجترة علائقها بسرعة ، فهي تمضغ الطعام المتناول بشكل بسيط وسطحي ، والمواد الغذائية الواصلة للكرش والشبكية تبلل جيداً بالسوائل الموجودة فيها (اللعاب وماء الشرب) .

وبعد مكوث هذه المواد الغذائية فترة من الزمن في الكرش والشبكية (30 – 60 دقيقة) يقوم الحيوان المجتر في أثناء فترة الراحة الواقعة ما بين فترات الطعام باسترجاع كتلة من المواد الغذائية من الكرش إلى فمه ، حيث يعيد مضغها جيداً ويضيف إليها مزيداً من اللعاب ثم يبتلعها مرة أخرى . يطلق على عملية استرجاع الطعام هذه مع المراحل التي ترافقها بعملية الاجترار .

الهضم المعدي عند صغار الحيوانات المجترة :

تكون فاعلية عملية الهضم في المعدات الأمامية (الكرش ، الشبكية ، الورقية) عند الحيوانات المجترة حديثة الولادة بسيطة جداً ، فالعجول والحملان تولد والمعدات الأمامية عندها غير نامية بشكل كافٍ من الناحية التشكيلية والوظيفية ، لهذا يتم في الأشهر الأولى من حياتها هضم الحليب الذي تتناوله في الأنفحة والأمعاء الدقيقة . ومع تقدم العمر و الاشتراك المتزايد للعلف النباتي في الغذاء للمجترات الصغيرة يتحول نشاط الهضم عندها إلى المعدات الأمامية وتتمايز فيها العناصر الخلوية ويزداد محتوى الأنظيمات في العصارة الهضمية المفرزة فيها .

وفي أثناء الفترة الانتقالية في تغذية المجترات الصغيرة(أي إبتداءا من الشهر الثالث) يزداد حجم المعدات الأمامية كثيراً وتصبح أكبر بأربع مرات من حجم الأنفحة ، وفي الشهر السادس من العمر يتحدد نموذج التغذية المميز للحيوانات المجترة وفي هذا الوقت تكون المعدات الأمامية عندها قد وصل إلى حجمها النهائي .

الفصل الثالث

الهضم في الأمعاء الدقيقة والغليظة

أ- الهضم في الأمعاء الدقيقة :

تصل المواد الغذائية المفتتة والمميعة وذات التفاعل الحامضي من المعدة إلى الأمعاء الدقيقة عبر فتحه البواب المعدية . وتملك هذه المواد قوماً نصف مائي أو مائياً وهي تشكل ما يسمى بالكيموس المعدي ، يخضع هذا الكيموس خلال وجوده في الأمعاء الدقيقة لتأثير العصارة البنكرياسية وعصارة الصفراء الكبدية والعصارة المعدية . مما يسمح بعملية استمرار تفكك المواد الغذائية وتحويلها إلى عناصر يمكن امتصاصها بسهولة عبر ظهارة الأمعاء الدقيقة . فمثلاً تتحول البروتينات في الأمعاء إلى حموض أمينية والسكريات إلى غلوكوز والدهون إلى حموض دهنية و غليسرين .

العصارة المعوية :

يصب داخل تجويف الأمعاء الدقيقة مجموعة من العصارات الهضمية والتي تشمل عصارة الغدة البنكرياسية وعصارة الصفراء الكبدية وعصارة الغدد المعوية ، ومجموع هذه العصارات يشكل العصارة المعوية الهاضمة .

وتتميز العصارة المعوية بأنها ذات قوام لزج لاحتوائها على المخاط وهي ذات تفاعل قلوي (PH = 7.5 – 8) ويأتي التفاعل القلوي للعصارة المعوية من احتوائها على تركيزات عالية من بيكربونات الصوديوم .

وتتكون العصارة المعوية من حوالي 94% ماء و 6% مواد صلبة تشمل مواد عضوية وغير عضوية .

وتتكون المواد العضوية من بروتينات بسيطة وأنظيمات هاضمة مختلفة . وتشمل أنظيمات العصارة المعوية على أنظيمات هاضمة للبروتينات مثل : أنظيم التربسين و كيموتربسين و كاربوكسي بيتيداز .

كما تشمل على أنظيمات حالة للمواد السكرية مثل : أنظيمات الأميلاز – المالتاز – الأنفرتاز

أخيراً تشمل هذه العصارة على أنظيم الليباز الحال للدهون وعلى الأملاح الصفراوية المساعدة في هضم وامتصاص المواد الدهنية .

أنظيمات العصارة المعوية الهاضمة للبروتينات :

1-أنظيم التربسين :

يعد أنظيم التربسين من الأنظيمات الأساسية للعصارة المعوية الهاضمة للبروتينات ، فهو يقوم بهدم الروابط الببتيدية للبروتينات محولاً إياها إلى حموض أمينية حرة تمتص بسهولة من قبل الزغابات المعوية .

2-أنظيم كيموتربسين :

يقوم هذا الأنظيم بهضم البروتينات المعوية محولاً إياها إلى بوليببتيدات .

3-أنظيم الكاربوكسي بيتيداز :

يفكك هذا الأنظيم البوليببتيدات إلى بيتيدات أولاً ثم إلى حموض أمينية .

أنظيمات العصارة المعوية الحالة للسكريات :

1-أنظيم الأميلاز :

يفكك هذا الأنظيم النشاء و الغليكوجين إلى سكر الشعير (مالتوز) .

2-أنظيم المالتاز :

يفكك أنظيم المالتاز سكر الشعير (مالتوز) إلى غلوكوز .

3-أنظيم الأنفرتاز :

يفكك هذا الأنظيم سكر القصب (سكروز) إلى غلوكوز وسكر الفواكه(فركتوز) .

4-أنظيم لاكتاز :

يوجد هذا الأنظيم بكمية كبيرة في العصارة المعوية عند صغار الحيوانات الرضيعة وهو يقوم بتفكيك سكر الحليب لاكتوز إلى غلوكوز وغالاكتوز

أنظيم الليباز الحال للدهون :

يوجد هذا الأنظيم في العصارة المعوية بشكل غير نشيط وفاعل ، ثم يتحول إلى الشكل النشيط الفعال تحت تأثير أملاح العصارة الصفراوية الكبدية .

يحول هذا الأنظيم الدهون في الأمعاء إلى غليسرين و حموض دهنية وكلا هذين المركبين يمتصان بسهولة في الأمعاء .

الأملاح الصفراوية :

تصل الأملاح الصفراوية مع العصارة الصفراوية الواصلة للأمعاء الدقيقة ، وتؤدي هذه الأملاح الصفراوية دوراً مهماً جداً في عملية هضم المواد الدهنية وذلك على الشكل التالي :

1- تقلل الأملاح الصفراوية من التوتر السطحي للماء والدهون في الأمعاء مما يساعد على تكسير حبيبات الدهن الكبيرة وتحويلها إلى حبيبات صغيرة توجد على شكل مستحلب .

2- تنشط الأملاح الصفراوية أنظيم الليباز وتزيد من فعاليته في هضم وتحليل المستحلبات الدهنية .

3- تزيد الأملاح الصفراوية من تأثير وفعالية الأنظيمات الحالة للمواد البروتينية في الأمعاء

4- تمنع الأملاح الصفراوية من حدوث التعفنات في الأمعاء وذلك بطريق غير مباشر وذلك نظراً للدور الذي تقوم به في هضم الدهون وامتصاصها وبالتالي منع ترسبها فوق المواد الغذائية .

5- تنشط الأملاح الصفراوية النشاط الحركي للأمعاء وبذلك لها تأثير ملين

ب-الهضم في الأمعاء الغليظة :

تشمل الأمعاء الغليظة عند الحيوانات الاقتصادية على الأعور والقولون والمستقيم وهي طويلة عند آكلات الأعشاب حيث يبلغ طول الأمعاء الغليظة عند الأبقار بين 7 – 12م وعند الأغنام 4 – 10م وعند الخيل 6 – 9 م .

تصل المواد الغذائية التي لم تهضم وتمتص في المعدة والأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة على شكل دفعات وبكميات صغيرة من خلال المصرة اللفائفية الأعورية التي تفتح بشكل دوري كل 60 ثانية .

وتعد المواد الغذائية الواصلة إلى الأمعاء الغليظة قليلة الحجم وتحتوي على المواد التي لم يتم هضمها بوساطة الأنظيمات التي تعرضت لها في الجزاء السابقة من قناة الهضم وتشمل هذه المواد على السليلوز و الهيميسلولوز و اللليفين (الخشبين) .

وتقتصر عمليات الهضم في الأمعاء الغليظة على فعل الأنظيمات المرافقة للكتلة الغذائية القادمة من المعدة والأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة مثل أنظيم الببسين و التربسين وعلى فعل الأنظيمات التي تفرزها الأحياء الدقيقة (بكتريا ، وبروتوزوا) القاطنة فيها .و لا سيما في الأعور وتقوم هذه الأحياء الدقيقة بتحليل بروتينات المواد الغذائية فينتج عن تحللها مركبات عديدة مثل الأندول و السيكاتول وأحماض أمينية وأحماض دهنية .