

عملية الهضم

أهداف الدرس

ستتمكن من:

- ▶ تذكر أن الهضم هو عملية تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر يمكن للجسم امتصاصها والاستفادة منها
- ▶ تذكر التنظيم الكلي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان
- ▶ وصف دور الأسنان واللسان والغدد اللعابية في عملية الهضم في الفم ودور المريء في نقل الطعام
- ▶ وصف دور المعدة وحمض المعدة (العصارة المعدية) في عملية الهضم في المعدة
- ▶ وصف دور الأمعاء الدقيقة والعصارة الصفراوية والعصارة البنكرياسية في عملية الهضم في الأمعاء

الجهاز الهضمي وبعض الحقائق المثيرة عنه

يعمل الجهاز الهضمي في جسم الإنسان باستمرار دون توقف، سواء أكان الإنسان مستيقظًا أو نائمًا، يقف بشكل مستقيم أو رأسًا على عقب. ويتمكن الجهاز الهضمي من العمل على هذا النحو باستخدام العضلات والمواد الكيميائية لهضم الأطعمة التي نتناولها وتكسيورها إلى قطع أصغر حجمًا.

للجهاز الهضمي العديد من أوجه الملاءمة الرائعة التي تسمح له بأداء هذه الوظائف.

هل تعلم أن مساحة السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة تبلغ نحو 250 مترًا مربعًا، أي ما يساوي مساحة ملعب تنس؟ 250 مترًا مربعًا، أي ما يساوي مساحة ملعب تنس؟

هل تعلم أيضًا أن قرقرة المعدة تحدث عند مرور الطعام والغازات والسوائل عبر الجهاز الهضمي، ويكون صوت القرقرة أعلى عندما يكون الشخص جائعًا لعدم وجود طعام يكتنم هذا الصوت؟

عملية الهضم

الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر.

تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المُغذّيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي لتسمح بامتصاصها إلى مجرى الدم.

تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المُغذّيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي لتسمح بامتصاصها إلى مجرى الدم.

فعلى سبيل المثال: تتكسّر بوليمرات البروتينات من خلال مجموعة من الإنزيمات تُسمّى «إنزيمات البروتياز».

وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل المونومرات من الجهاز الهضمي إلى الشعيرات الدموية المحيطة. وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل المونومرات من الجهاز الهضمي إلى الشعيرات الدموية المحيطة.

تعريفان: الهضم والإنزيم

الهضم

الهضم هو العملية التي يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر، يمكن للجسم امتصاصها والاستفادة منها.

الإنزيم

الإنزيم عامل حفّاز حيوي يعمل على زيادة سرعة معدل التفاعلات دون أن يُستهلك أثناء التفاعل.

مثال ١: تحديد الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي

ما الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي؟

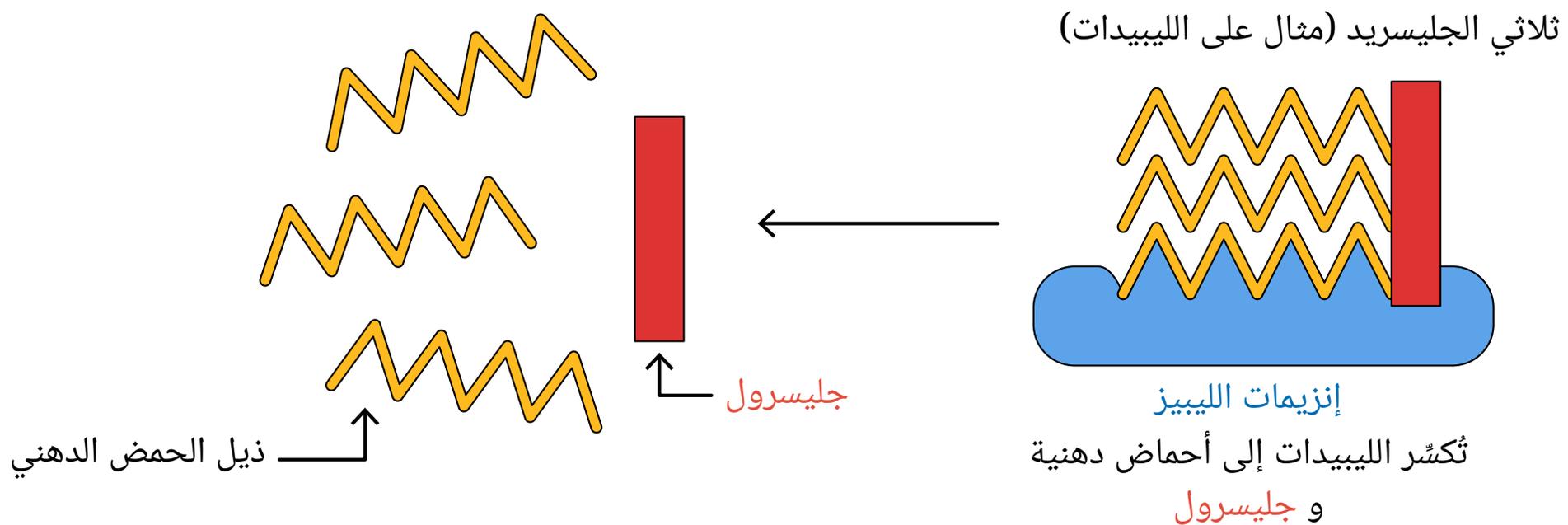
- أ. جمع ومعالجة المعلومات من المثيرات الخارجية والداخلية.
- ب. تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جزيئات أصغر قابلة للذوبان.
- ج. تخليق جزيئات كبيرة من جزيئات أصغر.
- د. تنظيم الأيض والتنفس الخلوي.
- هـ. الحفاظ على استقرار البيئة الداخلية.

الحل

الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان، مثل الدهون، إلى وحدات فرعية أصغر. تُعد هذه العملية ضرورية؛ لأنه يجب تكسير المغذيات الكبيرة الموجودة في الأطعمة التي نتناولها إلى جزيئات صغيرة بما يكفي لتسمح بامتصاصها إلى داخل مجرى الدم. وتتكَسَّر هذه الجزيئات الكبيرة إلى الوحدات الفرعية الأصغر المكوّنة لها من خلال إنزيمات يختص كلٌّ منها بنوع الركييزة الذي يعمل على تكسيرها.

مثال ١ (متابعة)

على سبيل المثال: الدهون (الليبيدات) هي جزيئات كبيرة غير قابلة للذوبان. تتكسر هذه الدهون (الليبيدات) من خلال مجموعة من الإنزيمات تُسمى «إنزيمات الليبيز» لتكوين وحدات فرعية أصغر قابلة للذوبان من الأحماض الدهنية والجليسرول.

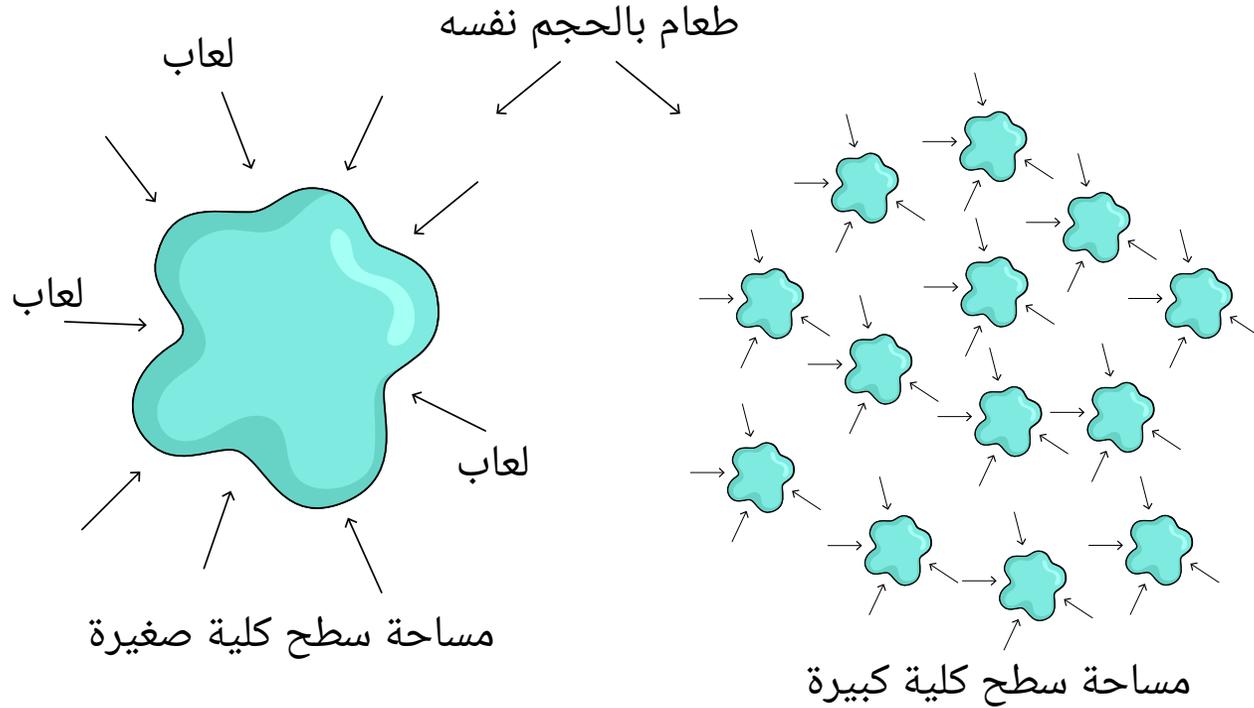


مثال ١ (متابعة)

وباكتمال عملية التكسير هذه، تنتقل الوحدات الفرعية من الجهاز الهضمي إلى الأوعية اللمفية المحيطة التي تربط الأمعاء الدقيقة بالجهاز الليمفاوي، ثم تدخل مجرى الدم من خلال موضع اتصال أوسع. يحمل الدم بعد ذلك هذه المغذيات القابلة للذوبان إلى خلايا الجسم التي تستخدمها لبناء مجموعة متنوعة من الجزيئات يستفيد منها الجسم..

إن الوظيفة الرئيسية للجهاز الهضمي هي تكسير الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جزيئات أصغر قابلة للذوبان.

الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي



يوجد نوعان رئيسيان للهضم، وهما يتحددان بناءً على كيفية تكسير الطعام:

- الهضم الكيميائي
- الهضم الميكانيكي

يشير مصطلح «الهضم الكيميائي» إلى تكسير جزيئات المغذيات الكبيرة بواسطة الإنزيمات.

الهضم الميكانيكي هو العملية الفيزيائية التي يُطحن فيها الطعام إلى قطع أصغر من خلال تراكيب مثل الأسنان في الفم والعضلات في المعدة. وتسهّل هذه العملية على الإنزيمات هضم الطعام؛ لأنها تزيد مساحة السطح التي يمكن أن تعمل عليه هذه الإنزيمات.

مصطلحان رئيسيان: الهضم الكيميائي والهضم الميكانيكي

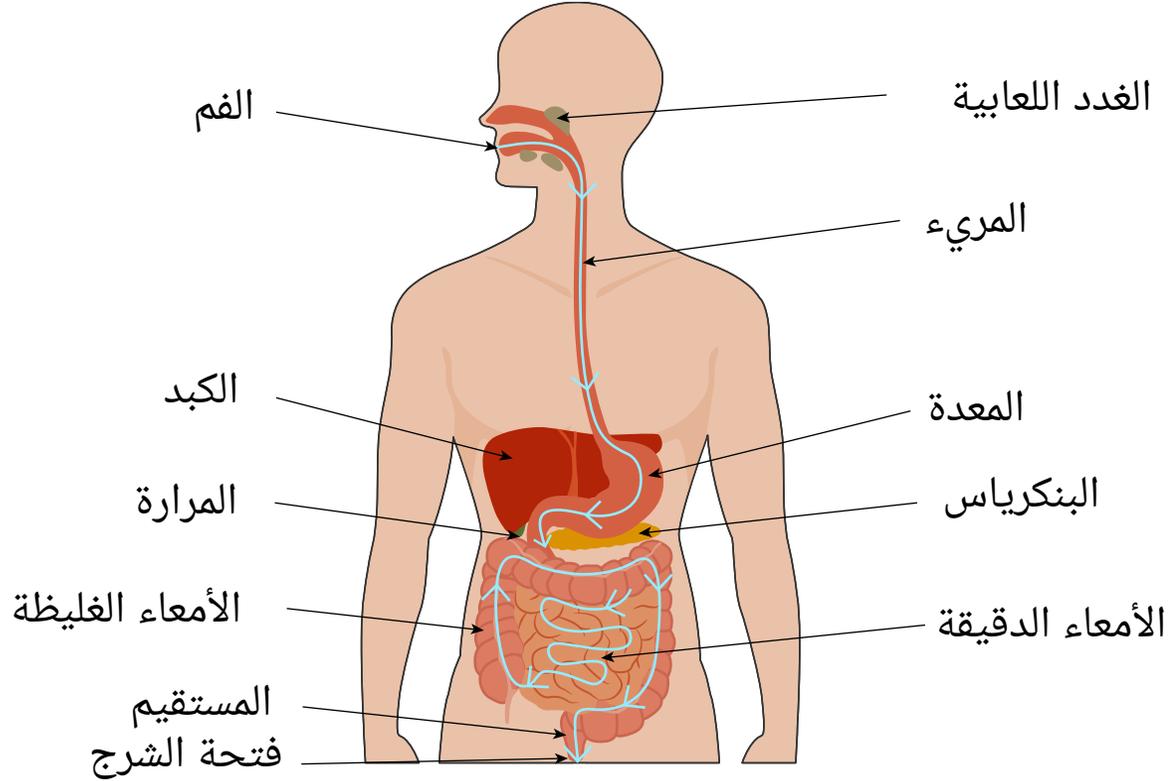
الهضم الكيميائي

الهضم الكيميائي هو العملية التي تتكسر فيها جزيئات الطعام الكبيرة إلى وحدات فرعية أصغر بواسطة الإنزيمات.

الهضم الميكانيكي

الهضم الميكانيكي هو العملية الفيزيائية التي يتكسر فيها الطعام إلى قطع أصغر من خلال الأسنان والعضلات لزيادة مساحة السطح التي يعمل عليها الهضم الكيميائي.

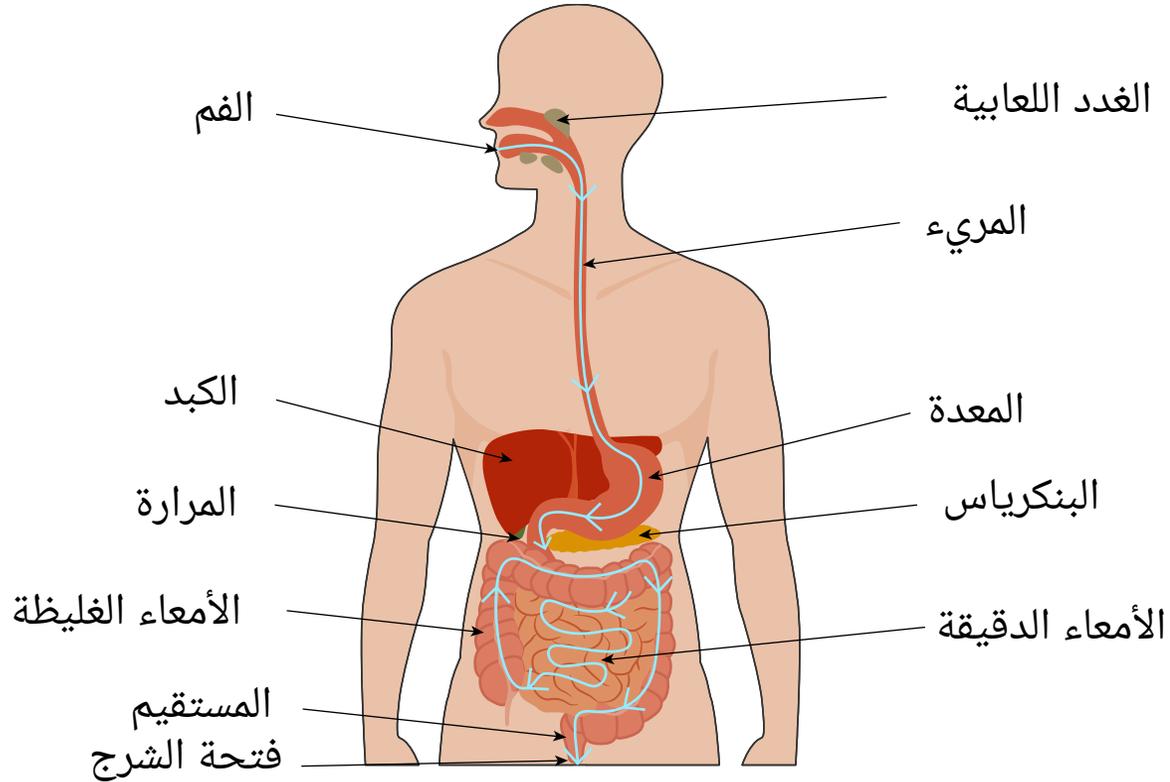
أعضاء الجهاز الهضمي



دعونا نلق نظرة على المسار الذي يسلكه الطعام عند دخوله الجسم ونرى الأدوار المهمة التي تؤديها أعضاء الجهاز الهضمي في عملية الهضم.

يمكننا أن نرى الأعضاء الرئيسية المسؤولة عن عمليات الهضم في الشكل الآتي؛ حيث يظهر الاتجاه الذي يسلكه الطعام في شكل أسهم باللون الأزرق الفاتح.

الأعضاء الملحقة



ربما نكون قد لاحظنا أن الطعام لا يمر بكل الأعضاء الموضحة في الشكل.

تُسمى الأعضاء التي تؤدي دورًا في عملية الهضم لكنها ليست جزءًا من القناة الهضمية لعدم مرور الطعام بها «الأعضاء الملحقة».

والأعضاء الملحقة الرئيسية بالجهاز الهضمي في جسم الإنسان هي الغدد اللعابية والبنكرياس والكبد والمرارة (الحويصلة الصفراوية).

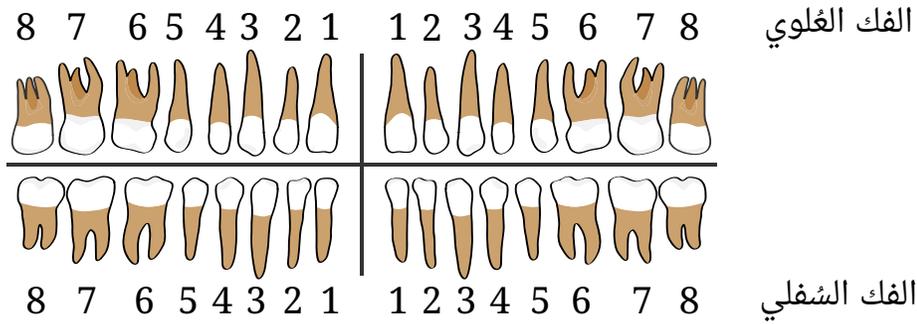
الهضم في الفم

دعونا نلق نظرة تفصيلية على الدور الذي يؤديه كل عضو من أعضاء الجهاز الهضمي، وسنبداً بالهضم في الفم.

يشير «الهضم في الفم» إلى عمليات الهضم التي تحدث داخل الفم، والتراكيب الرئيسية المشاركة فيها هي الأسنان واللسان والغدد اللعابية.

ونلاحظ في الشكل أن الأسنان البشرية مهيأة تمامًا لمضغ جميع أنواع الأطعمة؛ حيث إن الإنسان كائن خليط التغذية؛ أي إنه يتغذى على المنتجات الحيوانية والنباتية.

تعمل القواطع الموجودة في مقدمة الفك على تقطيع الطعام، في حين تعمل الأنياب الحادة المجاورة لها على إمساك الطعام ثم تمزيقه إلى أجزاء أصغر.

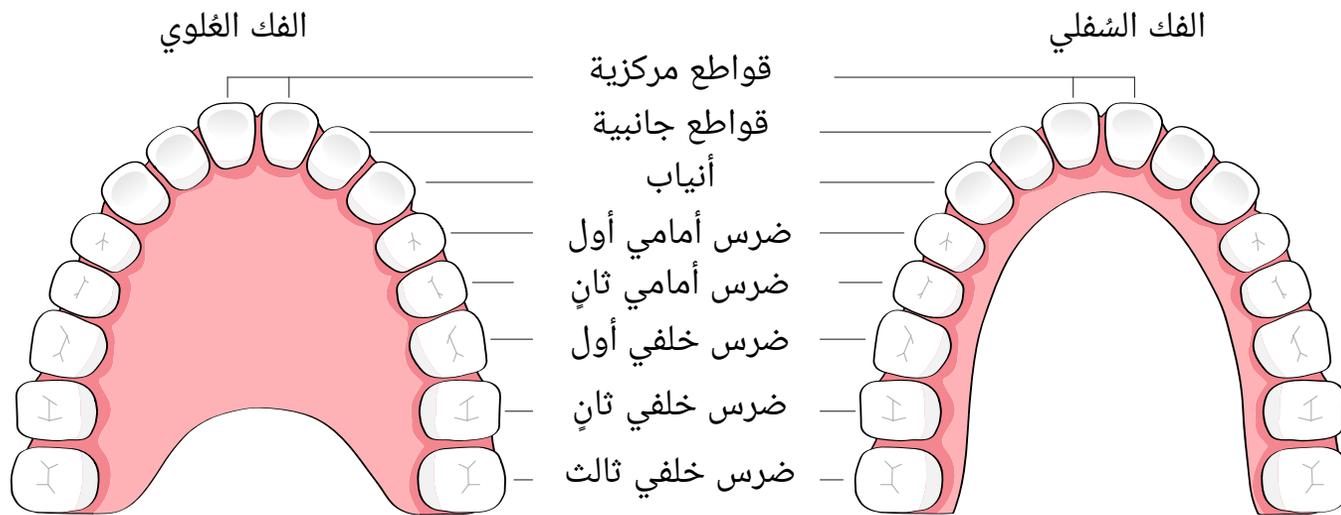


1 و 2: قواطع

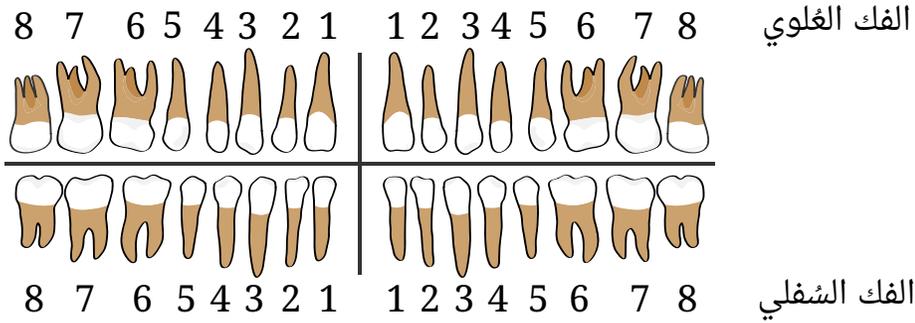
3: أنياب

4 و 5: ضروس أمامية

6 و 7 و 8: ضروس خلفية



الهضم في الفم (متابعة)



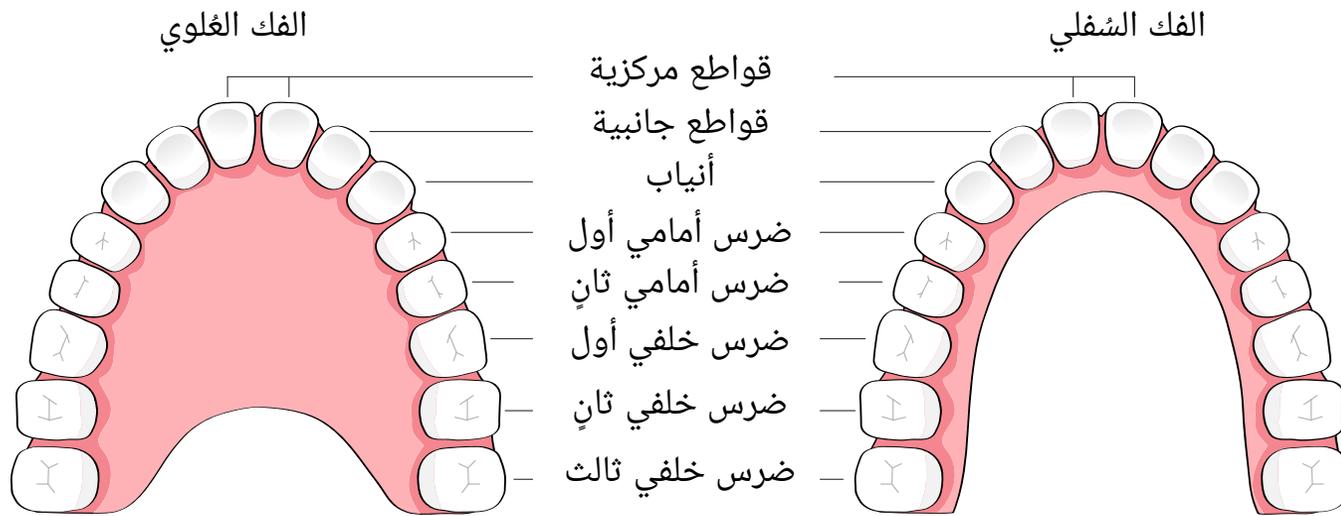
1 و 2: قواطع

3: أنياب

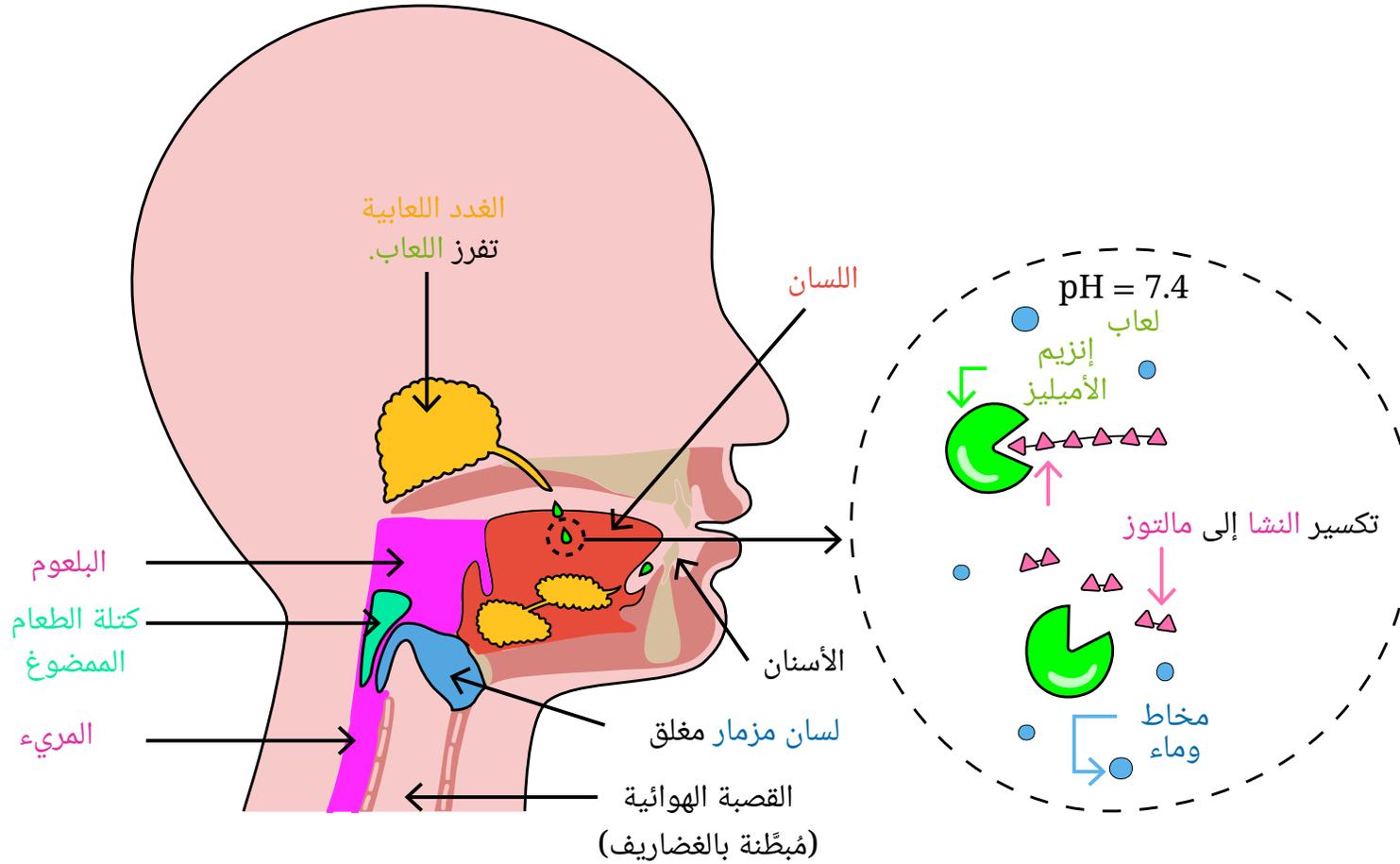
4 و 5: ضروس أمامية

6 و 7 و 8: ضروس خلفية

وفي مؤخرة الفك، تعمل الضروس الأمامية والضروس الخلفية على طحن الطعام لتوفير مساحة سطح أكبر له. هذه كلها أمثلة على الهضم الميكانيكي الذي يحدث باستخدام عضلات الفك لتكسير الطعام وطحنه.



الهضم في الفم (متابعة)



غالبًا ما نعد اللسان وسيلة لتذوُّق الطعام، ولكنه يؤدي دورًا مهمًّا أيضًا في تحريك الطعام ومساعدة الأسنان في الهضم الميكانيكي.

تعمل ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية على إفراز اللعاب داخل الفم كما هو موضح بالشكل الآتي.

ويحتوي اللعاب على المخاط لتليين الطعام بجعله أكثر سيولة، كما يحتوي على إنزيم الأميليز.

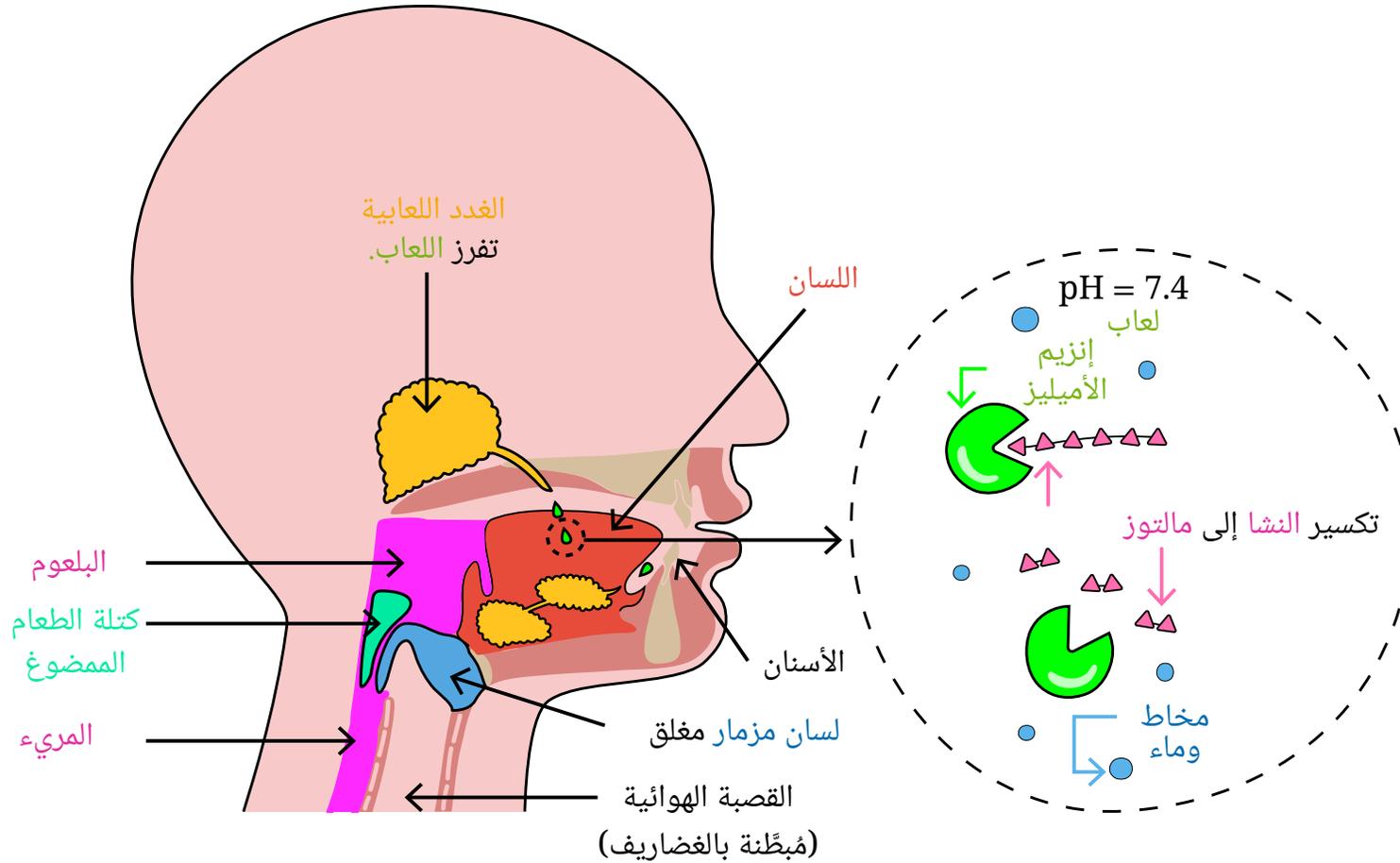
الهضم في الفم (متابعة)

يبدأ الأميليز في تحفيز عملية تكسير متعدد السكريات، النشا، الموجود في الطعام إلى سكر المالتوز الثنائي من خلال عملية تُسمى «التحلل المائي».

وعندما يصل المالتوز إلى الأمعاء الدقيقة، فإنه يتكسر من خلال إنزيمات المالتيز ليتحول إلى سكر أحادي يُسمى «الجلوكوز».

يمكننا أن نرى طريقة حدوث هذه العملية على يمين الشكل، الذي يوضح رسمًا مكبرًا لعملية تكسير النشا بواسطة اللعاب.

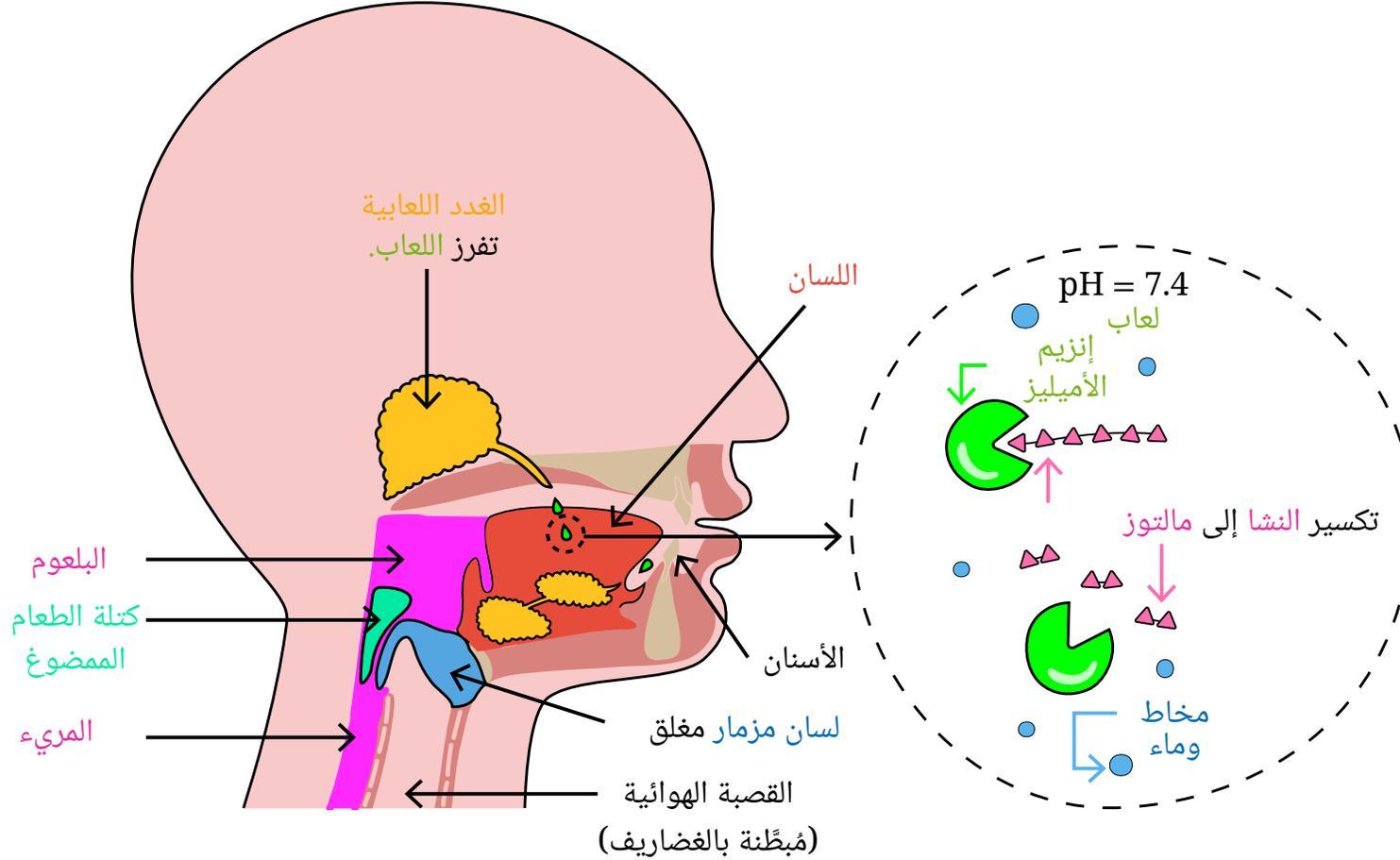
وتزيد فعالية إنزيمات الأميليز في الظروف القلوية الضعيفة؛ حيث تبلغ قيمة الأس الهيدروجيني 7.4 تقريبًا.



مصطلح رئيسي: الهضم في الفم

الهضم في الفم هو عملية تتضمن الهضم الميكانيكي عن طريق الأسنان واللسان، والهضم الكيميائي للكربوهيدرات عن طريق إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب.

ما لسان المزمار وما سبب أهميته؟



توجد أنبوتان في الجزء الخلفي من الفم كما هو موضح في الشكل وهما: القصبه الهوائية التي تمتد إلى الرئتين، والمرء الذي يمتد إلى المعدة.

ولمنع دخول الطعام إلى القصبه الهوائية والرئتين، ترتفع القصبه الهوائية والحنجرة (صندوق الصوت) عند وصول كتلة الطعام الممضوغ إلى البلعوم في مؤخرة الفم.

فيتسبب ذلك في انغلاق سديلة تُسمى «لسان المزمار» في مؤخرة الحلق لتغطي مدخل القصبه الهوائية.

المرء

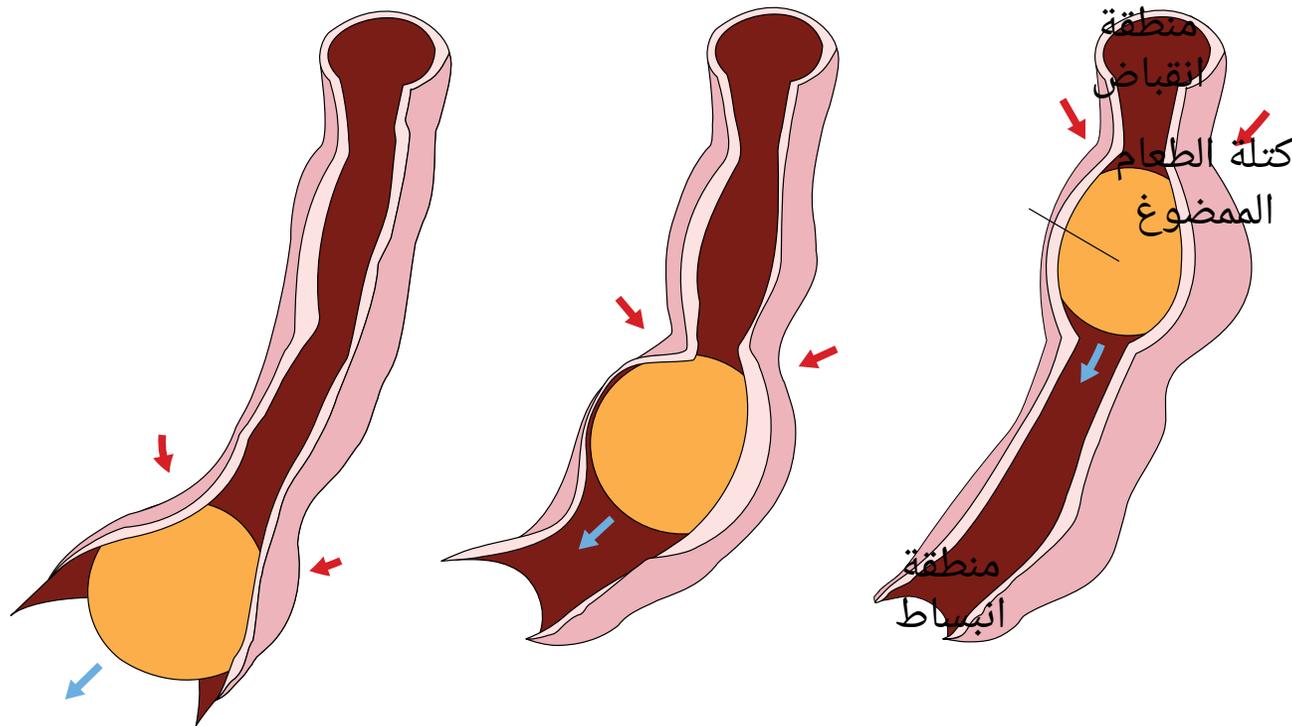
بمجرد دخول الطعام إلى المرء، فإنه ينتقل بعد ذلك إلى المعدة.

والمرء هو عبارة عن أنبوب طويل به غدد تفرز مزيدًا من المخاط على كتلة الطعام الممضوغ، وله بطانة بها عضلات دائرية.

يوضح الشكل الآتي كيفية انقباض هذه العضلات وانبساطها بشكل منتظم لدفع كتلة الطعام الممضوغ عبر المرء حتى تصل إلى المعدة.

تُسمَّى هذه العملية «الحركة الدودية»، وتحدث في الكثير من تراكيب الجهاز الهضمي، مثل: المرء والأمعاء والمعدة.

وتساعد هذه الحركة الدودية على تحريك الطعام وخلطه بالعصارات الهضمية.



مصطلحان رئيسيان: المريء والحركة الدودية

المريء

المريء هو أنبوب طويل يمتد من الفم إلى المعدة. وتحتوي بطانته على خلايا تعمل على إفراز المخاط، وعضلات دائرية مسئولة عن حدوث الحركة الدودية.

الحركة الدودية

الحركة الدودية هي مجموعة من الانقباضات والانبساطات المنتظمة للعضلات الدائرية، وتحدث على سبيل المثال في المريء والأمعاء لنقل الطعام عبرهما وخلق كتلة الطعام الممضوغ بالعصارات الهضمية.

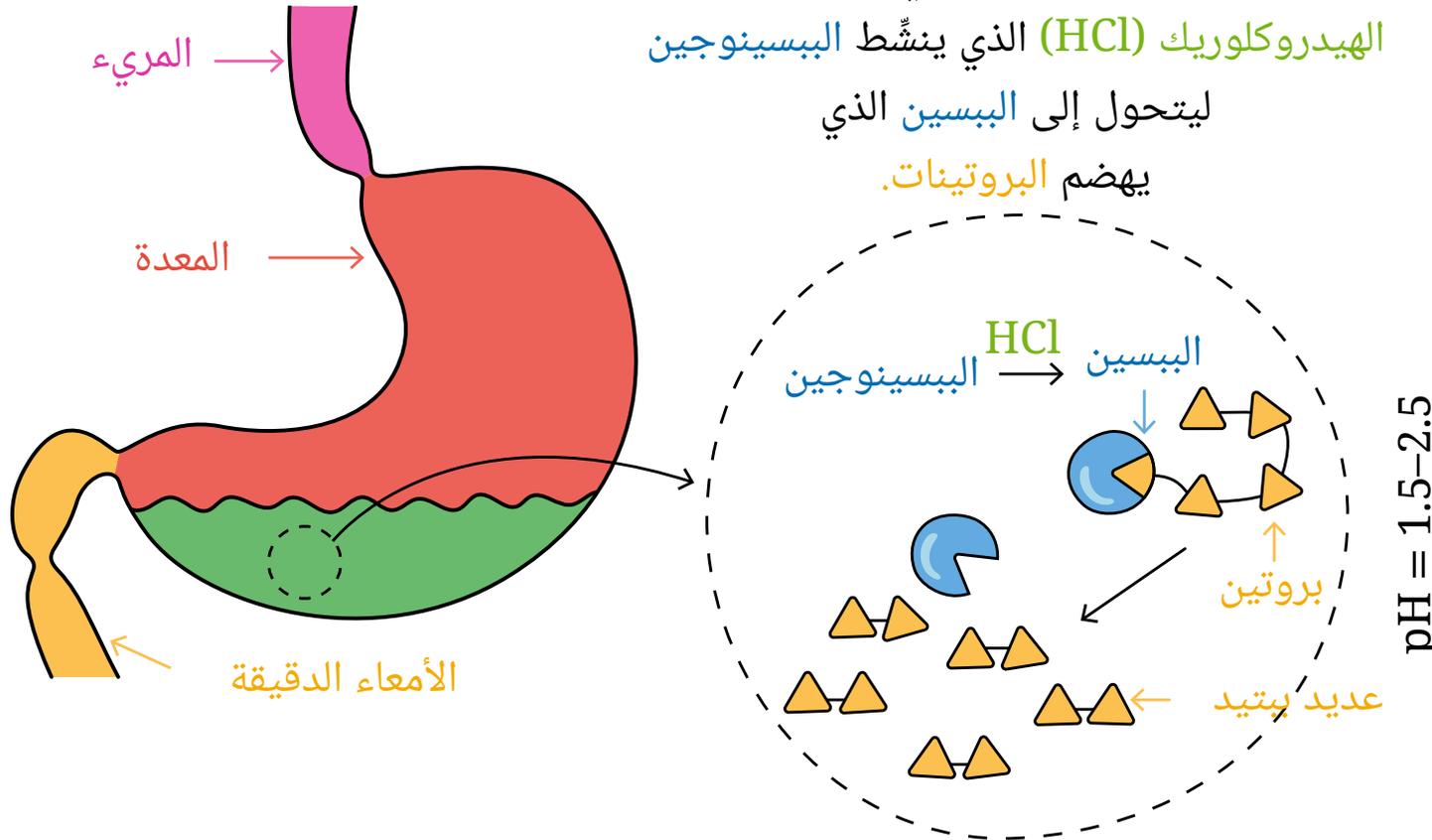
الهضم في المعدة

دعونا نلق نظرة فيما يأتي على الهضم في المعدة، الذي يشير إلى العمليات التي تحدث داخل المعدة. عندما تقترب كتلة الطعام الممضوغ من نهاية المريء، فإنها تصل إلى حلقة عضلية سميكة تُسمّى «العضلة العاصرة الفؤادية». عادةً ما تكون العضلة العاصرة الفؤادية مُغلقة، إلا أنها تنفتح عند وصول كتلة الطعام الممضوغ إليها لتسمح للحركات الدودية بدفع كتلة الطعام هذه خارج المريء إلى داخل المعدة.

الهضم في المعدة (متابعة)

1. يعمل انقباض عضلات جدران المعدة على هضم الطعام ميكانيكيًا (الحركة الدودية)

2. العصارة المعدية تحتوي على حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي ينشط الببسينوجين ليتحول إلى الببسين الذي يهضم البروتينات.



المعدة عبارة عن كيس عضلي له القدرة على تحريك الطعام من خلال الحركة الدودية.

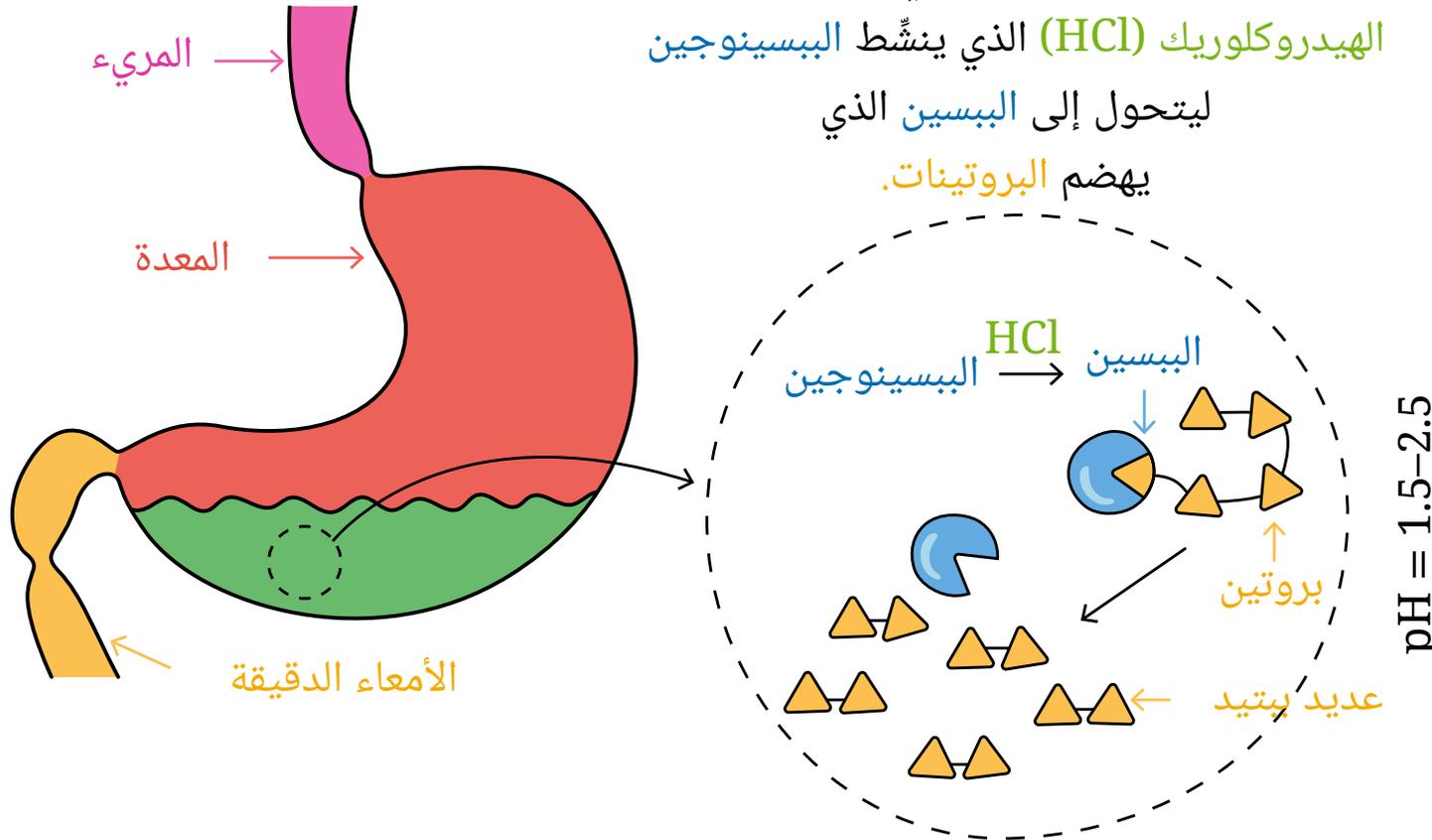
وبمجرد وصول كتلة الطعام الممضوغ إلى المعدة، فإنها تختلط بالعصارة المعدية لتصبح ما يُسمى «الكيموس».

تتكون العصارة المعدية، التي تُسمى أحيانًا «حمض المعدة»، من حمض الهيدروكلوريك القوي ومادة تُسمى «الببسينوجين».

الهضم في المعدة (متابعة)

1. يعمل انقباض عضلات جدران المعدة على هضم الطعام ميكانيكيًا (الحركة الدودية)

2. العصارة المعدية تحتوي على حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي ينشط الببسينوجين ليتحول إلى الببسين الذي يهضم البروتينات.



يساعد حمض الهيدروكلوريك بطريقتين.

أولاً: يمنع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، التي تكون قد ابتلعناها، من الدخول إلى باقي أجزاء الجهاز الهضمي أو إلى مجرى الدم.

ويوفر حمض الهيدروكلوريك أيضاً بيئة حمضية تسمح بتنشيط الببسينوجين الذي تفرزه بطانة المعدة، وتحويله إلى ببسين.

ويوفر حمض الهيدروكلوريك أيضاً بيئة حمضية تسمح بتنشيط الببسينوجين الذي تفرزه بطانة المعدة، وتحويله إلى ببسين.

الهضم في المعدة (متابعة)

الببسين هو إنزيم بروتيني يحفّز التحلّل المائي لركيزة البروتين المرتبطة به إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد. وتنكسر عديدات الببتيد بعد ذلك لتتحول في النهاية إلى أحماض أمينية في الأمعاء الدقيقة.

يتراوح الأس الهيدروجيني الأمثل للببسين بين 1.5 و2.5؛ لذا فإنه يعمل بفعالية داخل بيئة المعدة الحمضية. يعمل المخاط الذي يبطن السطح الداخلي للمعدة على حماية الخلايا الموجودة بجدران المعدة من الهضم بواسطة الببسين. عند أسفل المعدة، توجد حلقة عضلية أخرى تُسمّى «العضلة العاصرة البوابية».

عادةً ما تكون العضلة العاصرة البوابية مُغلقة أيضًا، إلا أن الانقباض الذي يحدث خلال الحركة الدودية يؤدي إلى فتحها فترةً وجيزة للسماح لبعض الطعام بالمرور من المعدة إلى الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة وهو الاثنا عشر.

مصطلح رئيسي: البسين/البسينوجين

البيسين هو إنزيم بروتيني يحفز التحلل المائي للبروتينات إلى عديدات الببتيد، ويتكون عند تنشيط البسينوجين من خلال حمض الهيدروكلوريك في المعدة.

مصطلح رئيسي: الهضم في المعدة

الهضم في المعدة هو عملية تحدث داخل المعدة، وتشمل الهضم الميكانيكي من خلال الحركة الدودية في جدران المعدة والهضم الكيميائي من خلال إنزيم الببسين.

مثال ٢: تحديد دور الببسين في عملية الهضم في المعدة

ما الوظيفة الرئيسية للببسين في عملية الهضم في المعدة؟

أ. تكسير متعددات السكريات إلى سكريات صغيرة.
ب. استحلاب الدهون.

ج. تكسير البروتينات إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد.

د. بدء الحركة الدودية في المريء.

الحل

يوفر حمض الهيدروكلوريك (HCl) الموجود في العصارة المعدية وسطًا حمضيًا. فينشط بروتين يُسمَّى «الببسينوجين»، تفرزه بطانة المعدة، عندما يختلط مع HCl ويتحول إلى الببسين.

والببسين هو إنزيم بروتيني يحفّز عملية التحلّل المائي (التكسير الكيميائي باستخدام الماء) لركيزة البروتين المرتبطة به إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد.

مثال ٢ (متابعة)

يتراوح الأس الهيدروجيني الأمثل للبيسين بين 1.5 و2.5؛ لذا فإنه يعمل بفعالية داخل بيئة المعدة الحمضية. تحفّز إنزيمات الكربوهيدريز تكسير متعدّات السكريات إلى سكريات أبسط. ولا يحدث ذلك في مرحلة الهضم في المعدة، وإنما يحدث خلال الهضم في الفم والأمعاء فقط. العصارة الصفراوية مسؤولة عن استحلاب الدهون. يقع المريء قبل المعدة في الترتيب الذي يمر به الطعام داخل الجهاز الهضمي، ولا تتكسر البروتينات إلا عندما يصل الطعام إلى المعدة. ولا يُفَرَز البيسين في المريء لبدء الحركة الدودية؛ لذا فإن هذا ليس الدور الذي يؤديه. ومن ثمّ فإن الوظيفة الرئيسية للبيسين في عملية الهضم في المعدة هي تكسير البروتينات إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد.

الهضم في الأمعاء

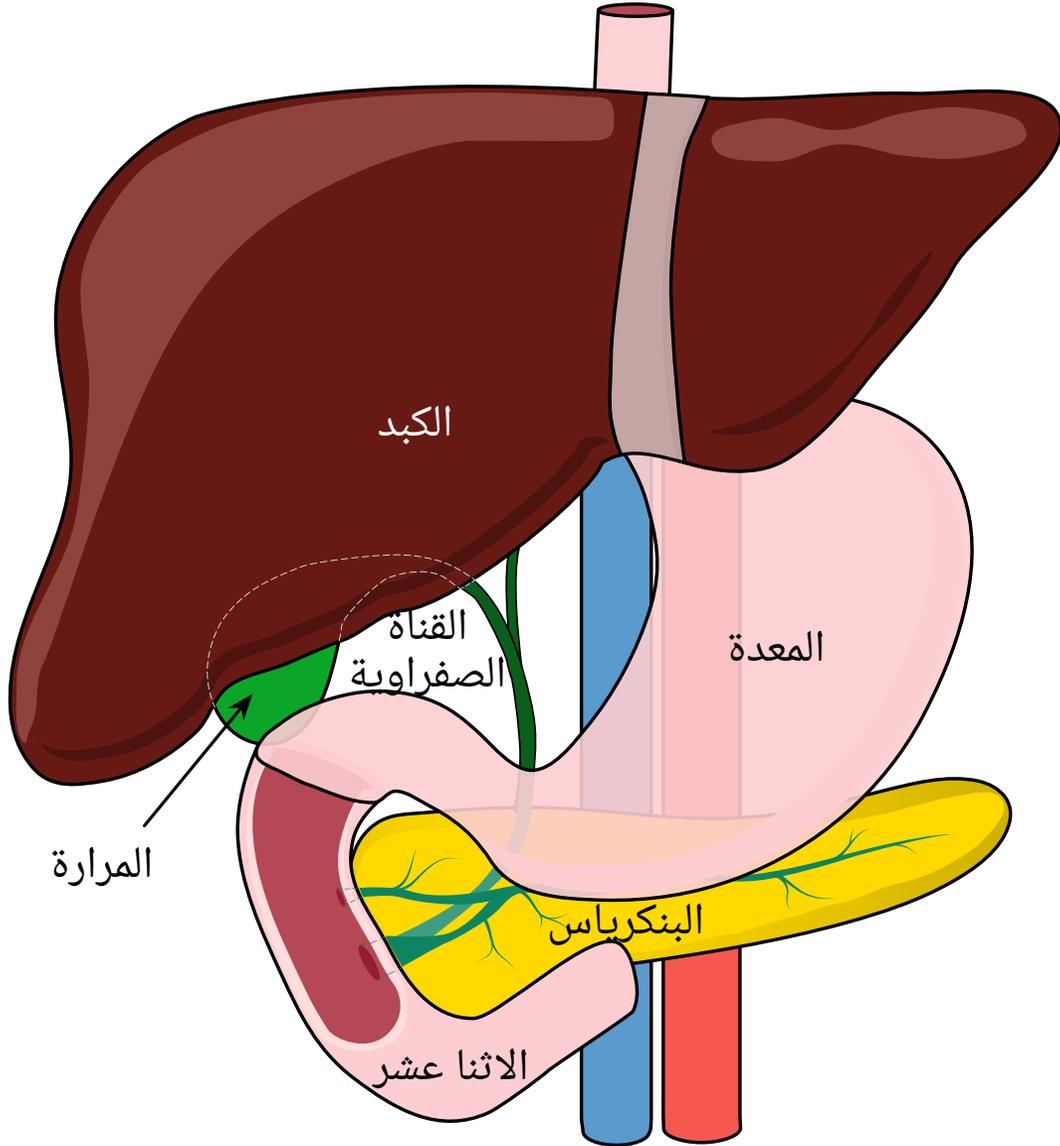
تحدث آخر مرحلة من عملية الهضم في الأمعاء الدقيقة.

تُعد الأمعاء الدقيقة المكان الذي يحدث فيه معظم عمليات الهضم الكيميائي؛ حيث تعمل الإنزيمات الموجودة في الأمعاء الدقيقة على هضم البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات.

مصطلح رئيسي: الهضم في الأمعاء

الهضم في الأمعاء هو عملية تحدث داخل الأمعاء الدقيقة، وهي المكان الذي يحدث فيه معظم عمليات الهضم الكيميائي للكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات من خلال الإنزيمات.

الهضم في الأمعاء (متابعة)



يفرز البنكرياس معظم إنزيمات الهضم، كما هو موضح في الشكل الآتي.

تصل العصارة البنكرياسية إلى الجزء العلوي من الأمعاء وهو الاثنا عشر؛ حيث تختلط بالعصارة المعوية والعصارة الصفراوية.

يفرز الكبد العصارة الصفراوية التي تُخزَّن في المرارة قبل أن تنتقل إلى الاثني عشر عبر القناة الصفراوية.

الهضم في الأمعاء (متابعة)

وتعمل العصارة الصفراوية على استحلاب الدهون وتكسييرها إلى كريات أصغر تُسمَّى «قطرات المستحلب». وتقوم العصارة الصفراوية بذلك لأن الليبيدات غير قابلة للذوبان في الماء، لكن الإنزيمات التي تكسّر الدهون قابلة للذوبان في الماء. ويعني الاستحلاب تعرّض مساحة سطح أكبر من الدهون إلى إنزيمات يمكنها هضم هذه الدهون. ومن ثمّ تزيد فعالية التحلّل المائي لليبيدات.

مصطلحان رئيسيان: العصارة الصفراوية والعصارة المعوية

العصارة الصفراوية

العصارة الصفراوية هي مادة يفرزها الكبد وتُخزَّن في المرارة، وتعمل على استحلاب الليبيدات في الأمعاء الدقيقة.

العصارة المعوية

العصارة المعوية هي مادة تفرز من جدران الأمعاء الدقيقة، وتحتوي على إنزيمات الكربوهيدريز والبروتييز والليباز.

الهضم في الأمعاء (متابعة)

تحتوي العصارة البنكرياسية على بيكربونات الصوديوم، وهي مادة قلوية تعادل العصارة المعدية الحمضية بمجرد دخولها إلى الاثني عشر.

ويعني هذا أن الأس الهيدروجيني في الاثني عشر يساوي نحو 6، لكنه يرتفع مع استمرار الأمعاء الدقيقة في توفير الأس الهيدروجيني الأمثل للعديد من الإنزيمات التي تعمل داخلها.

تحتوي العصارة البنكرياسية على إنزيمات الأميليز التي تحفّز التحلل المائي للكربوهيدرات إلى سكريات بسيطة، كما تحتوي أيضًا على إنزيمات الليباز التي تحفّز التحلل المائي للبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول.

تحتوي العصارة البنكرياسية أيضًا على التربسينوجين. وينشط التربسينوجين عندما ينتقل إلى الاثني عشر ويختلط بإنزيم يُسمّى «الإنتيروكينيز». فيؤدي ذلك إلى تحويل التربسينوجين إلى التربسين، وهو إنزيم بروتينيز يحفّز التحلل المائي للبروتينات إلى أجزاء أصغر من عديدات الببتيد ثم إلى أحماض أمينية في النهاية.

مصطلحات رئيسية: العصارة البنكرياسية والترسين/الترسينوجين وإنزيمات الإنتيروكينيز

العصارة البنكرياسية

العصارة البنكرياسية هي مادة يفرزها البنكرياس تحتوي على إنزيمات الكربوهيدريز والبروتيز والليباز التي تعمل على تكسير الجزيئات الكبيرة، بالإضافة إلى بيكربونات الصوديوم التي تعادل حمض المعدة في الأمعاء الدقيقة.

الترسين/الترسينوجين

الترسين هو إنزيم بروتيز يحفز التحلل المائي لعددات الببتيد إلى ببتيدات أصغر وأحماض أمينية، ويتكون عند تنشيط الترسينوجين من خلال إنزيمات الإنتيروكينيز في الأمعاء الدقيقة.

إنزيمات الإنتيروكينيز

تُنشَط إنزيمات الإنتيروكينيز الترسينوجين عن طريق تحويله إلى الترسين.

مثال ٣: تحديد دور العصارة الصفراوية في عملية الهضم في الأمعاء

ما الوظيفة الأساسية للعصارة الصفراوية في الهضم؟

- أ. استحلاب الدهون.
- ب. تكسير البروتينات.
- ج. تنشيط التربسينوجين.
- د. تحفيز التحلل المائي للكربوهيدرات.

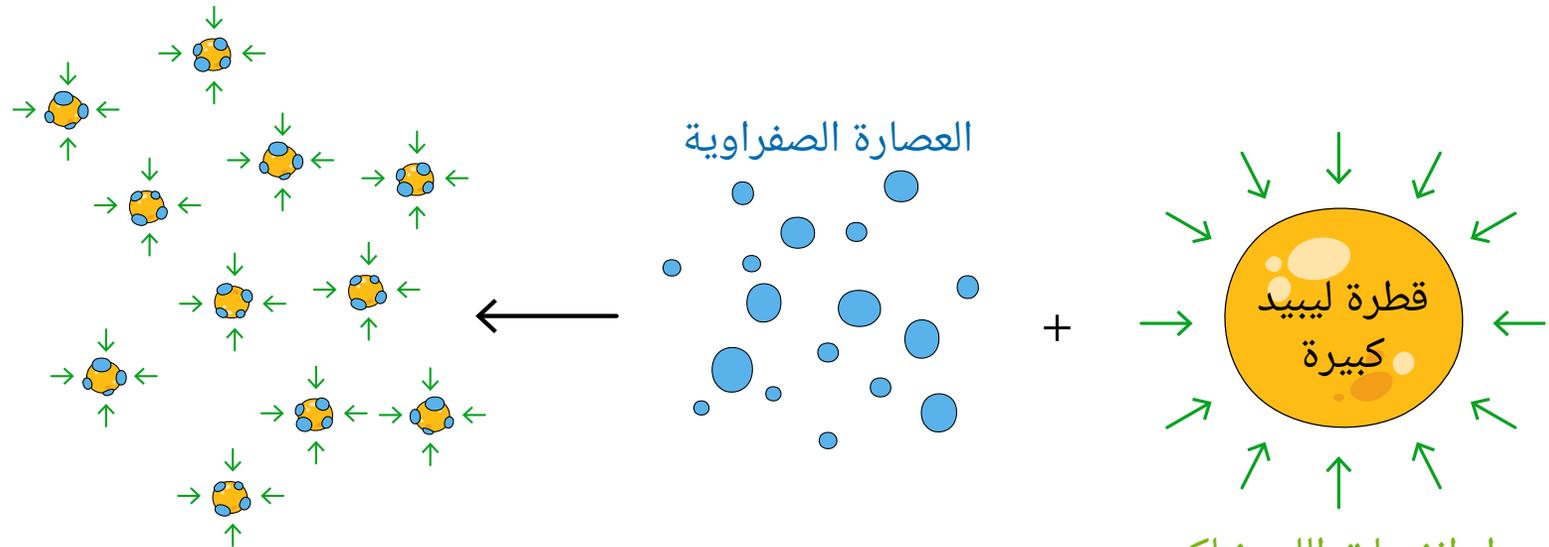
الحل

العصارة الصفراوية هي مادة يفرزها الكبد وتُخزَّن في المرارة قبل أن تنتقل إلى الاثني عشر، أي الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة. وتختلط العصارة الصفراوية داخل الاثني عشر بالعصارة البنكرياسية والعصارة المعوية.

العصارة الصفراوية مسؤولة عن استحلاب الدهون (الليبيدات) وتكسيورها إلى كريات أصغر تُسمَّى «قطرات المستحلب». وتقوم العصارة الصفراوية بذلك؛ لأن الليبيدات غير قابلة للذوبان في الماء، لكن الإنزيمات التي تكسّر الدهون قابلة للذوبان في الماء.

مثال ٣ (متابعة)

يعني الاستحلاب تعرّض مساحة أكبر من الدهون إلى إنزيمات يمكنها هضم هذه الدهون، كما هو موضح في الشكل الآتي. ويؤدي ذلك إلى رفع كفاءة التحلّل المائي للبيدات، ومن ثمّ تتكسر هذه الليبيدات بشكل أسرع وأكثر فعالية.



قطرات لبيد أصغر لها

مساحة سطح كلية

أكبر تتعرض إلى إنزيمات

الليبيز عن طريق الاستحلاب

في العصارة الصفراوية

عمل إنزيمات الليبيز لكي

تتحلل الليبيدات مائيًا إلى

أحماض دهنية + جليسرول

مثال ٣ (متابعة)

تكسر إنزيمات البروتياز البروتينات، في حين تكسر إنزيمات الكربوهيدريز الكربوهيدرات مثل النشا. التربسينوجين هو إنزيم غير نشط يتم تنشيطه من خلال إنزيم الإنتيروكينيز داخل الاثني عشر ليتحول إلى التربسين. والتربسين هو أحد إنزيمات البروتياز. ومن ثمّ فإن الوظيفة الأساسية للعصارة الصفراوية في الهضم هي استحلاب الدهون.

الهضم في الأمعاء (متابعة)

تختلط العصارة البنكرياسية والعصارة الصفراوية مع العصارة المعوية التي تفرزها الخلايا الموجودة بجدار الأمعاء الدقيقة.

وتحتوي العصارة المعوية على إنزيمات البروتياز والليباز والكربوهيدراز أيضًا. يوجد العديد من إنزيمات الكربوهيدراز، مثل: المالتيز الذي يُكسّر المالتوز إلى جلوكوز، والسكريز الذي يُكسّر السكروز إلى جلوكوز وفركتوز، واللاكتيز الذي يُكسّر اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاکتوز.

يستمر أيضًا تكسير النشا، الذي بدأ في الفم، بواسطة إنزيم الأميليز، في الأمعاء الدقيقة.

الهضم في الأمعاء (متابعة)

بمجرد تكسير المغذيات بشكل كافٍ عن طريق جميع هذه الإنزيمات، يبدأ جدار الأمعاء الدقيقة في امتصاص السكريات البسيطة والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجليسرول.

بعد ذلك تمتص الشعيرات الدموية الموجودة بجدار الأمعاء الدقيقة السكريات والأحماض الأمينية وتنقلها إلى الدم لتصل إلى خلايا الجسم.

ولأن كلاً من الأحماض الدهنية والجليسرول غير قابل للذوبان في الماء وحجمه كبير لدرجة لا تسمح له بالمرور عبر الشعيرات الدموية، تنتقل الأحماض الدهنية والجليسرول عبر الأوعية اللمفاوية إلى الجهاز الليمفاوي. وتدخل بعد ذلك مجرى الدم من خلال موضع اتصال أوسع.

مثال ٤: تحديد وظائف مكونات العصارة البنكرياسية

يوضح الجدول الآتي تركيب العصارة البنكرياسية.

المادة	بيكربونات الصوديوم	الأميليز	التربسينوجين	الليباز
الوظيفة	معادلة حمض HCl الذي تطلقه المعدة لإبقاء الوسط في الاثني عشر قلويًا قليلًا	_____	يُنشَّط بواسطة إنزيم الإنتيروكينيز ليكوّن التربسين وهو أحد إنزيمات البروتياز	_____

١. ما وظيفة الأميليز؟

٢. ما وظيفة الليباز؟

مثال ٤ (متابعة)

الحل

تحتوي العصارة البنكرياسية على بيكربونات الصوديوم، وهي مادة قلوية تعادل العصارة المعدية الحمضية بمجرد دخولها إلى الاثني عشر.

ويعني هذا أن الأس الهيدروجيني في الاثني عشر يساوي نحو 6، لكنه يرتفع مع استمرار الأمعاء الدقيقة في توفير الأس الهيدروجيني الأمثل للعديد من الإنزيمات التي تعمل داخلها.

تحتوي أيضًا العصارة البنكرياسية على إنزيمات الأميليز التي تحفّز التحلل المائي للكربوهيدرات، مثل الجليكوجين والنشا إلى سكريات بسيطة. ويوجد بالعصارة البنكرياسية أيضًا إنزيمات الليباز التي تحفّز التحلل المائي للبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول.

مثال ٤ (متابعة)

تحتوي العصارة البنكرياسية أيضًا على التربسينوجين. وينشط التربسينوجين عند دخوله إلى الاثني عشر ويختلط بإنزيم يُسمى «الإنتيروكينيز».

فيؤدي ذلك إلى تحويل التربسينوجين إلى التربسين، وهو إنزيم بروتينيز يحفز التحلل المائي للبروتينات إلى عديدات ببتيد أصغر ثم إلى أحماض أمينية في النهاية.

إذن الإجابتان الصحيحتان على السؤالين هما:

١. تحفيز التحلل المائي للكربوهيدرات والجليكوجين والنشا.
٢. تحفيز التحلل المائي للدهون إلى جزيئات جليسرول وأحماض دهنية.

ملخص عملية الهضم

يدخل الطعام أولاً إلى الفم؛ حيث يختلط باللعاب ويهرَس على شكل كرة تُسمَّى «كتلة الطعام الممضوغ». وتسمَّى هذه العملية «الهضم في الفم».

تنتقل كتلة الطعام الممضوغ من الفم عبر المريء إلى المعدة؛ حيث تحدث عملية الهضم في المعدة ثم تنتقل إلى الأمعاء الدقيقة؛ حيث تحدث عملية الهضم في الأمعاء، وهي المكان الذي يحدث فيه الجزء الأكبر من عمليات الهضم الكيميائي.

يتقلص حجم كتلة الطعام الممضوغ بمجرد وصولها إلى المعدة وتُعرَف باسم «الكيموس». يمر الكيموس بعد ذلك إلى الأمعاء الغليظة التي تعيد امتصاص الماء وأية فيتامينات وأملاح متبقية من الكيموس لتكوين براز صلب. يُخزَّن البراز في المستقيم قبل أن يتخلص منه الجسم عن طريق التبرز عبر فتحة الشرج.

مثال ٥: تحديد ترتيب مراحل الهضم

أي من الآتي الترتيب الصحيح لمراحل الهضم المختلفة؟

- أ. الهضم في الفم ← الهضم في المعدة ← الهضم في الأمعاء.
- ب. الهضم في المعدة ← الهضم في الفم ← الهضم في الأمعاء.
- ج. الهضم في الأمعاء ← الهضم في المعدة ← الهضم في الفم.
- د. الهضم في الفم ← الهضم في الأمعاء ← الهضم في المعدة.

الحل

يدخل الطعام أولاً إلى الفم؛ حيث يختلط باللعاب ويهرَس على شكل كرة تُسمَّى «كتلة الطعام الممضوغ». وتسمَّى هذه العملية «الهضم في الفم». يشير «الهضم في الفم» إلى عمليات الهضم التي تحدث داخل الفم، والتراكيب الرئيسية المشاركة فيها هي الأسنان واللسان والغدد اللعابية. الأسنان البشرية مُهيأة تمامًا لمضغ جميع أنواع الأطعمة؛ لأن غالبية البشر خليطة التغذية؛ أي إنها تتغذى على المنتجات الحيوانية والنباتية.

مثال ٥ (متابعة)

وتعمل الغدد اللعابية على إفراز اللعاب الذي يحتوي على المخاط لتليين الطعام، كما يحتوي أيضًا على إنزيم الأميليز. يُحفّز الأميليز تكسير النشا الموجود في الطعام إلى المالتوز عن طريق التحلل المائي ثم يتكسر المالتوز من خلال إنزيم المالتيز إلى جلوكوز. ويساعد اللسان على تحريك الطعام وخلطه باللعاب.

تنتقل كتلة الطعام الممضوغ من الفم عبر المريء إلى المعدة؛ حيث تحدث عملية الهضم في المعدة. وتتضمن هذه العملية خلط الطعام مع حمض الهيدروكلوريك وإنزيمات البروتياز التي تحفّز عملية التحلل المائي للبروتينات إلى عديدات الببتيد. تتكسر عديدات الببتيد بعد ذلك لتتحول في النهاية إلى وحدات فرعية من الأحماض الأمينية في الأمعاء الدقيقة.

تنتقل كتلة الطعام الممضوغ بعد ذلك إلى الأمعاء الدقيقة؛ حيث تحدث عملية الهضم في الأمعاء، وهي المكان الذي يحدث فيه الجزء الأكبر من عمليات الهضم الكيميائي. يفرز البنكرياس بيكربونات الصوديوم التي تعادل حمض المعدة، كما يفرز أيضًا العديد من الإنزيمات التي تهضم البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات. وتعمل العصارة الصفراوية التي يفرزها الكبد على استحلاب الليبيدات ليسهل هضمها من خلال إنزيمات الليبيز.

إذن، فإن الترتيب الصحيح لمراحل الهضم المختلفة هو: الهضم في الفم ← الهضم في المعدة ← الهضم في الأمعاء.

النقاط الرئيسية

- ▶ الهضم هو عملية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر قابلة للذوبان ليتم امتصاصها في الدم وينقلها إلى خلايا الجسم.
- ▶ الهضم في الفم هو عملية تحدث داخل الفم، وتتضمن الأسنان واللسان والغدد اللعابية.
- ▶ الهضم في المعدة هو عملية تحدث داخل المعدة، وتتضمن وجود العصارة المعدية التي تحتوي على حمض الهيدروكلوريك وإنزيمات البروتياز.
- ▶ تستخدم عملية الهضم في الأمعاء الدقيقة العصارة البنكرياسية والعصارة الصفراوية وإنزيمات أخرى إضافية لإجراء معظم عمليات الهضم الكيميائي.