دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الأحياء

للسنة الأولى من مرحلة التعليم الثانوي

الدرس الخامس

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هجري
2020 / 2021 ميلادي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 4

الأنزيمات
Enzymes

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة سوف تكون قادرًا على أن:

- تعرف مصطلح الأنزيم من حيث التركيب والوظيفة.
- تشرح أسلوب عمل الأنزيم باستخدام آلية المفتاح والقفل.
- تستقصى تأثيرات الأس الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة على نشاط الأنزيم.
- تفهم العلاقة بين النشاط الأمثل للأنزيم والشروط المختلفة التي يعمل فيها.

لقد استخدمنا في هذا الكتاب المصنع الكيميائي كنموذج لتوضيح عمل الخلية:

- تستقبل المواد الخام.
- تجرى تفاعلات على تلك المواد لإنتاج جزيئات جديدة.
- تستخدم تلك المواد الجديدة أو ترسلها إلى مكان آخر في جسم الكائن الحي.

ولكن هذا النموذج لا يفي بالغرض تمامًا. فأنت تعلم إذا زرت مصنعًا كيميائيًّا من قبل، أو من دراستك للعمليات الكيميائية في الكيمياء أن التفاعلات التي تتم في تلك المصانع تحدث داخل حاويات فلزية كبيرة تحت درجات حرارة وضغط عالية. ولا يمكن تشبيه الكيمياء التي تعمل داخل جسم الإنسان بهذا النموذج أو بنموذج النيران المتأججة في الصورة إلى اليمين.

تطلق تلك النيران الضخمة الطاقة المختزنة في صورة حرارة بسرعة هائلة وفي دفعة واحدة، مما يرفع من درجة حرارة الأشياء المحيطة عدة مئات من الدرجات السلسيوسية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ولنـدرس تلـك الفكرة بشـيء مـن التفصيل مسـتخدمين مثـالًا لتفاعل كيميائي مألـوف لك هو الاحتـراق . يمكنـك إجـراء تلـك التجربـة أو مجـرد التفكير فيها . يحترق السـكر طبقًـا للمعادلة التالية :

ولكن إذا أردت حرق السكر عليك تسخينه (انظر النشاط) .

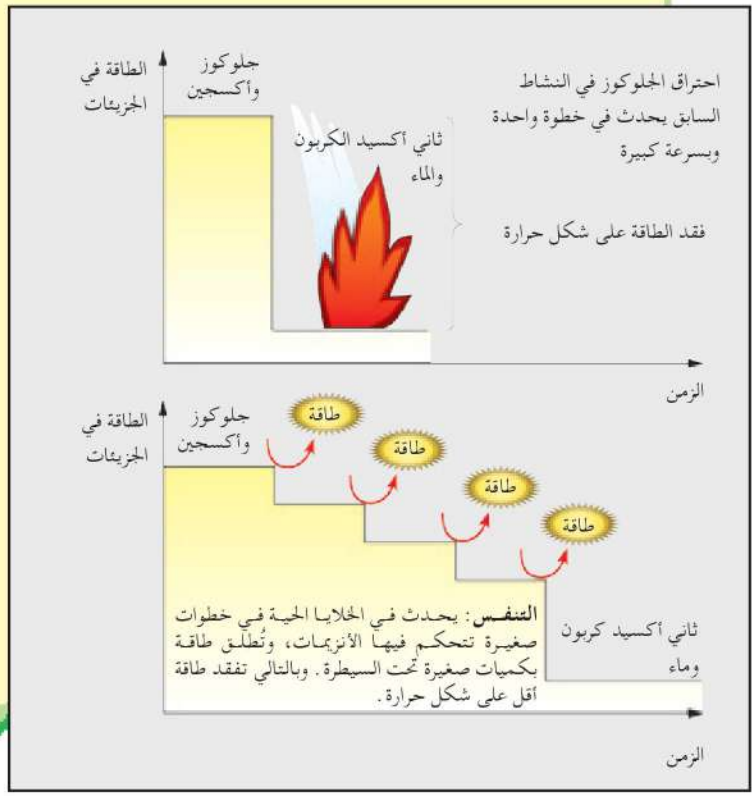
النشاط : ضع بعض السكر في طبق تبخير ثم سخنه عند درجة حرارة مرتفعة باسـتخدام موقد بنزن كما هو موضح . ينصهر السكر أولًا ثم عندما ترتفع درجة الحرارة عدة مئات سلسيوسية تمسك به النار ويحترق – وتنطلق الطاقة المخزنة في جزيئات السكر في صورة طاقة حرارية .

انظـر إلـى المعادلـة مـرة ثانيـة . إنهـا ذات المعادلـة التـي تعرضنـا لهـا فـي الوحـدة الأولـى باعتبارهـا العمليـة الكيميائيـة الحيويـة التي نطلق عليهـا التنفس والتي تحدث في كل خلية في جسمك .

تحرق خلايا جسمك السكر رغم عدم احتوائها موقد بنزن لتسخين السكر حتى تصل حرارته إلى عدة مئات من الدرجات السلسيوسية . إن درجة حرارة جسمك في النهاية هي 37 درجة سلسيوسية .

إنه إذًا لغز علمي كبير يواجه عالِم الأحياء: كيف تقوم الخلايا بالتنفس في مثل هذه الحرارة المنخفضة؟

الإجابة هي أن الخلايا لا تقوم بعملية التنفس في خطوة واحدة كبيرة ولكن على عدة خطوات، فتطلـق كميات صغيرة مـن الطاقة تُحتجز في جزيئـات خاصة ذات طاقـة مرتفعة . (ويمكن استخدام الطاقة المحتجزة في مثل هذه الجزيئات فـي إحداث تفاعلات كيميائية حيوية أخرى فـي الجسـم) . تلـك التفاعـلات متعـددة الخطوات ممكنة بسـبب احتواء الخلايـا على جزيئـات عضويـة خاصـة تسـمى **الأنزيمات** التي سوف ندرسها في هذه الوحدة .



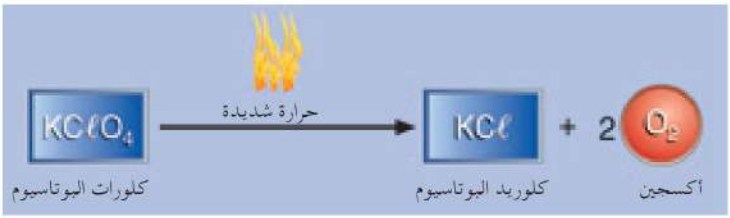
الفرق بين احتراق الجلوكوز في النشاط السابق، و احتراقه في الخلية في جسمك .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4 - 1 ما الأنزيمات ؟

ما الأنزيمات؟ وما العوامل التي تؤثر على عملها؟ يجب استرجاع ما درسته عن المحفزات في مادة الكيمياء لفهم الأنزيمات. المحفز مادة تغير التفاعل الكيميائي أو تزيد سرعته دون أن تتغير هي كيميائيًّا عند نهاية التفاعل.

ينبعث على سبيل المثال غاز الأكسجين، عند تسخين كلورات البوتاسيوم بشدة في أنبوب اختبار.



يحدث هذا التفاعل ببطء ويحتاج درجة حرارة عالية. يصهر التسخين الخفيف كلورات البوتاسيوم فقط دون إنتاج أكسجين، ولكن عند إضافة قليل من أكسيد المنجنيز الأسود إلى المادة المنصهرة تزداد سرعة التفاعل وينتج عنه انبعاث سريع للأكسجين. لذلك، يعتبر أكسيد المنجنيز محفزًا غير عضوي. وفي نهاية التفاعل تبقى كتلة أكسيد المنجنيز كما هي مما يؤكد عدم تغيرها في التفاعل.

يمكن زيادة سرعة العديد من التفاعلات باستخدام المحفزات. يتطلب تكسير الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات في المعمل من دون استخدام محفز أجهزة معقدة ودرجات حرارة مرتفعة، في حين يستطيع جسم الكائن الحي القيام بنفس التفاعلات بسرعة ودون ارتفاع درجة حرارته. ويفعل ذلك باستخدام المحفزات العضوية التي تتكون بصفة رئيسة من البروتين والتي تسمى أنزيمات.

تعريف الأنزيمات محفزات بيولوجية مصنوعة من البروتين، وهي تغير من معدل التفاعلات الكيميائية دون أن تتغير كيميائيًّا في نهاية التفاعل.

الأفكار الدليلية

الأنزيمات
محفزات بيولوجية أو عضوية، لها طبيعة البروتين بصفة رئيسة وتعمل على تحفيز العمليات الكيميائية الحيوية العديدة التي تحدث في الخلية الحية في نطاق ضيق من درجات الحرارة.

الهضم: عملية مُحفزة بالأنزيمات

تعتبر الكثير من المواد التي تتغذى عليها الحيوانات غير قابلة للذوبان في الماء أو غير قابلة للانتشار. تبلغ جزيئاتها درجة من الكبر لا تمكنها من اختراق غشاء سطح الخلية الحية. تخيل على سبيل المثال وجبة تتكون من أرز وسمك. يحتوي الأرز على نشا وهو من المواد الكربوهيدراتية الكبيرة، بينما يحتوي السمك على نوعين من الجزيئات الكبيرة: الدهون والبروتينات. عند تناولك للوجبة يدخل السمك والأرز إلى المعدة ومنها إلى الأمعاء، وهي أعضاء مبطنة بالخلايا. وتكون جزيئات البروتينات والدهون والكثير من المواد الكربوهيدراتية مثل النشا كبيرة للغاية ولا يمكن انتشارها عبر أغشية أسطح تلك الخلايا. وبالتالي لا يمكن امتصاص هذه الجزيئات في شكلها هذا داخل خلايا الجسم، بل يجب تحويلها إلى الآتي:

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

- مواد أبسط وأصغر قابلة للذوبان في الماء،
- وتكون جزيئاتها قابلة للانتشار، أي صغيرة بحيث تمر خلال الأغشية الخلوية.

تعرف هذه العملية **بهضم** الطعام، وتتم بفعل أنزيمات الهضم .

تعريف

الهضم هو العملية التي تتكسر فيها الجزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان لتصبح جزيئات صغيرة قابلة للذوبان والانتشار.

الأفكار الدليلية

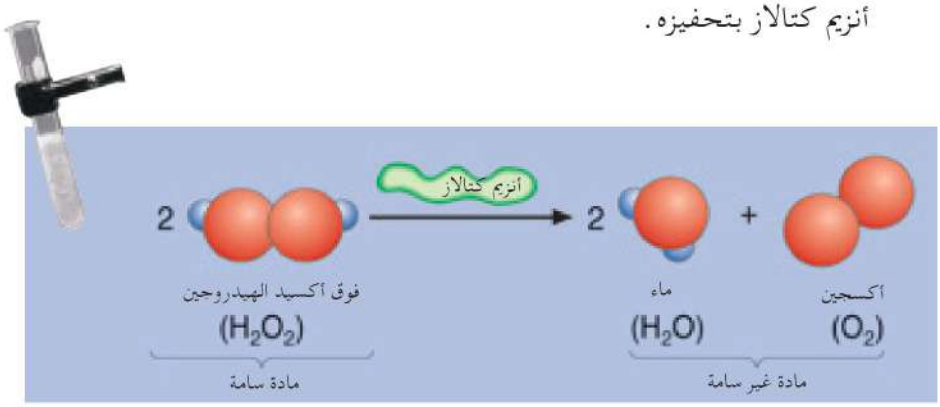
الهضم

هو العملية التي تتكسر فيها المواد المعقدة غير القابلة للذوبان إلى جزيئات صغيرة قابلة للذوبان. ويتضمن ذلك فعل أنزيمات الهضم والتي تعمل مثل المقصات الجزيئية، حيث تقطع الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر.

أنواع أخرى من التفاعلات المحفزة بالأنزيمات

توجد أجهزة بيولوجية أخرى بالإضافة إلى الجهاز الهضمي تتطلب أنزيمًا واحدًا أو أكثر كمحفز. وتحدث العديد من التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا الحية.

- ينتج عن بعض تلك التفاعلات تركيب مواد معقدة من مواد أبسط. تستخدم على سبيل المثال الأحماض الأمينية التي تدخل إلى الخلايا في صنع بروتينات الخلية. وينتج السيتوبلازم أنزيمات خاصة تحقق مثل تلك التفاعلات.
- ويتم في بعض الحالات الأخرى تكسير المواد المعقدة إلى مواد بسيطة، مثل أكسدة الجلوكوز لإطلاق طاقة وإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء. تتضمن تلك العملية سلسلة من التفاعلات الكيميائية، تشترك فيها العديد من الأنزيمات. يقوم كل من تلك الأنزيمات بتحفيز تفاعل معين، ويشترك مع باقي الأنزيمات في إتمام العملية كاملة.
- ينتج أحيانًا عن التفاعلات الكيميائية في الخلايا فوق أكسيد الهيدروجين، وهي مادة سامة للأنسجة. وتقوم الخلايا بإنتاج أنزيم كتالاز الذي يحفز تكسير فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسجين. وهكذا يتم منع تأثير فوق أكسيد الهيدروجين السام. يوجد أنزيم كتالاز في النباتات وفي الحيوانات، ويكثر في الثدييات في الكبد والدم. وتصف المعادلة التالية التفاعل الكيميائي الذي يقوم أنزيم كتالاز بتحفيزه.



نلاحظ من الوظائف السابقة للأنزيمات، أنها تعمل كمحفز في الكثير من التفاعلات التي تحدث داخل الكائن الحي، ومع ذلك لا تُفرز إلا عند الحاجة إليها. فالأنزيمات الهاضمة مثلًا لاتُفرز إلا عند وجود طعام في القناة الهضمية مطلوب هضمه. نرى من ذلك أن الأنزيمات تلعب دورًا مهمًّا في التحكم في الكثير من التفاعلات التي تحدث داخل الكائن الحي.

"تعتبر هذه الوجبة غير مفيدة للجسم من دون الأنزيمات الهاضمة." حلل صحة تلك العبارة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4 - 2 تصنيف الأنزيمات

يمكن تصنيف الأنزيمات طبقًا للتفاعلات الكيميائية التي تحفزها. وتعتبر عملية الهضم مثالًا للتفاعل الكيميائي المسمى تحللًا مائيًا (hydrolysis) (إنشقاق = lysis، ماء = hydro). ونحتاج في عملية التحلل المائي إلى جزيئات الماء لتكسير جزيء مركب إلى جزيئات أبسط (الوحدة 6). ولذلك فإن الأنزيمات التي تحفز التفاعلات الهيدروليتية تعرف **بأنزيمات التحلل المائي** (هيدروليزات).

أمثلة لأنزيمات التحلل المائي (هيدروليزات):

- أنزيمات كربوهيدريزات التي تهضم المواد الكربوهيدراتية مثل:
  - الأميلازات (مثل الأميلاز اللعابي في الفم والأميلاز البنكرياسي) المسئولة عن هضم وتحليل النشا مائيًا.
  - السليولازات التي تهضم مادة السليولوز. وتكون بعض أنواع البكتريا قادرة على إنتاج أنزيم السليولاز، ولا تنتجها الثدييات.
- البروتيازات (مثل مادة الببسين في المعدة) التي تهضم البروتينات.
- الليبازات (مثل مادة ستيابسين في عصارة البنكرياس) التي تهضم الدهون (الليبيدات).

وتستخدم الأنزيمات الهاضمة في بعض مساحيق التنظيف. فهي تكسر وتزيل البقع الناتجة عن المواد العضوية مثل العرق، والدم، والمواد النباتية. وتوجد فئة أخرى من الأنزيمات هي الأنزيمات المؤكسدة – المختزلة المختصة بأكسدة الطعام أثناء التنفس الخلوي.

ملحوظة

اسم كل أنزيم:

- يبين المادة التي يعمل عليها الأنزيم.
- يتميز اسم الأنزيم بإضافة المقطع "از ase" في نهايته. كان يطلق في الماضي على الأنزيم اسم مكتشفه مثل الببسين.

4 - 3 خصائص الأنزيمات

الأنزيمات مواد فعالة للغاية. وبما أنها تظل دون تغير في التفاعلات التي تحفزها، فيمكن إعادة استخدام جزيئات الأنزيمات ذاتها تكرارًا في عديد من التفاعلات. إضافة إلى ذلك يمكن لكمية صغيرة من الأنزيم أن تُحدث عددًا كبيرًا من التفاعلات الكيميائية.

ملحوظة

يُقدَّر أن جزيئًا واحدًا من أنزيم كاتالاز يمكن أن يكسر خمسة ملايين جزيء من فوق أكسيد الهيدروجين في ثانية واحدة فقط!

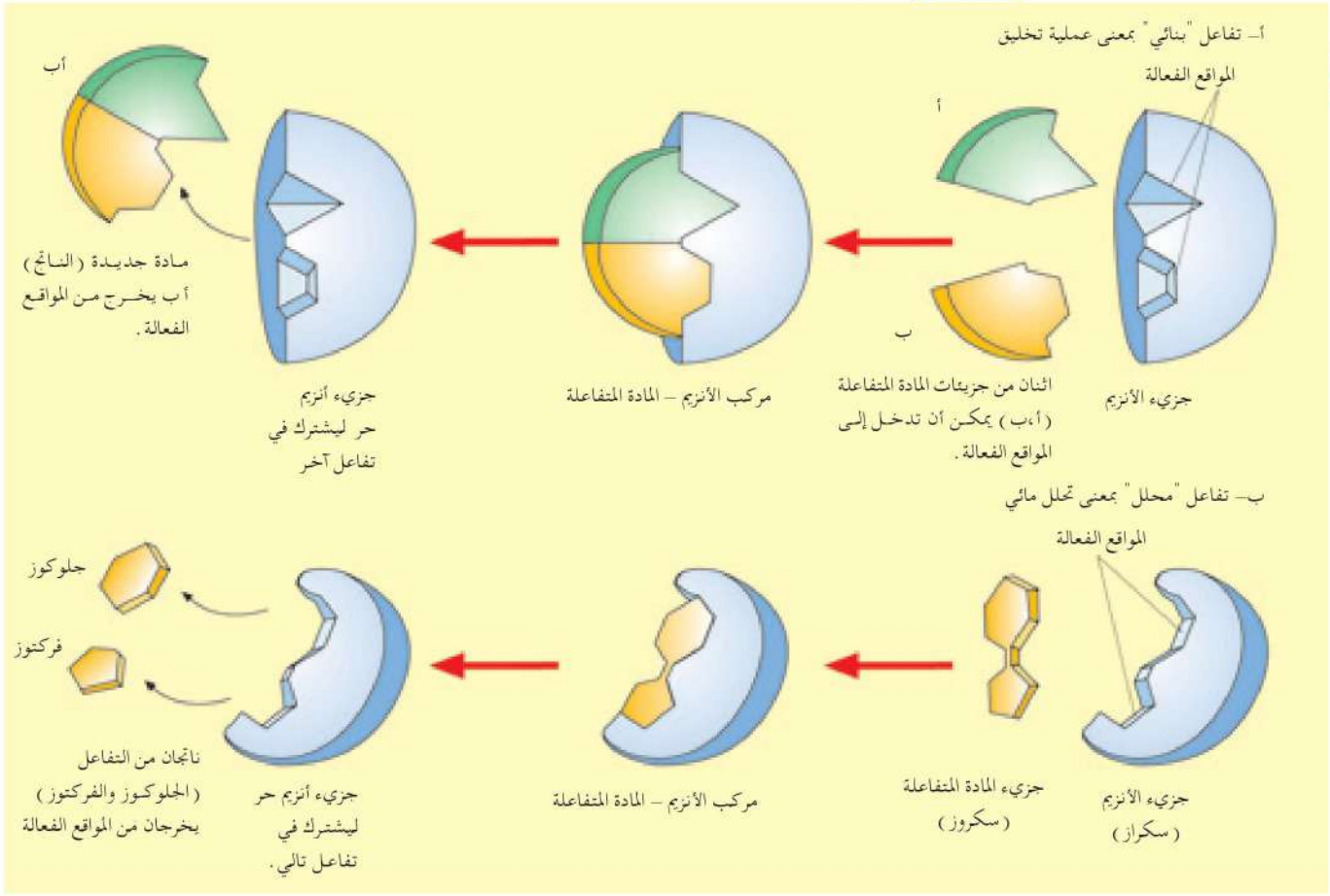
الأنزيمات وسرعة التفاعلات الكيميائية

تعمل الأنزيمات على تغيير أو زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلية.

الأنزيمات مطلوبة بكميات ضئيلة

بما أن الأنزيمات لا تتغير في التفاعلات الكيميائية، فإن مقدارًا ضئيلًا من الأنزيم يمكن أن يحفز تفاعلًا كيميائيًا ضخمًا.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 4 – 1 استخدام فرضية القفل والمفتاح في تفسير كيفية عمل الأنزيمات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا