الوحدة الأولى: كيمياء الحياة

الدرس الثاني: الانزيمات وجزيء حفظ الطاقة

نظم اللآلئ في فهم مبادئ العلوم الحياتية

الأستاذ محمد بني سلامة

0782254317

راسخ

Watermarkly

بسم الله الرحمن الرحيم

***معظم التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل أجسام الكائنات الحيَّة تحتاج إلى طاقة تنشيط.**

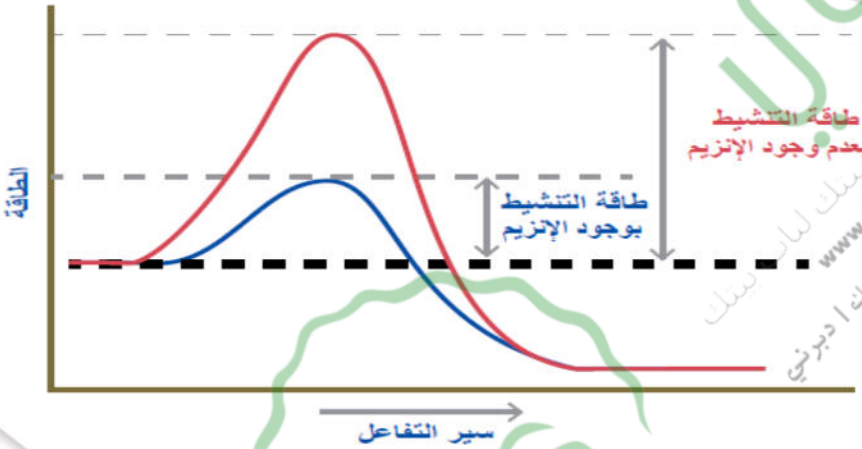
***طاقة التنشيط**: الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي

***الإنزيمات** تُسرِّع بعض التفاعلات الكيميائية عن طريق تقليل طاقة التنشيط.

*معظم الإنزيمات هي بروتينات كروية الشكل، وأنَّ الإنزيمات عامَّة تُحفِّز التفاعلات الكيميائية من دون أنْ تُستهلَك فيها

قصة: لاحظ العالِم إدوارد بوخنر عند إضافته مُستخلَصًا من خلايا الخميرة إلى سُكَّر السُكروز تحطّم هذا السُّكَّر، وإنتاج كحول وغاز ثاني أكسيد الكربون. وقد أُطلِق على المواد المُستخلَصة من الخلايا اسم الإنزيمات وهي تعني "داخل الخميرة". وقد نال هذا العالِم جائزة نوبل في الكيمياء عام1907 بعد هذا الاكتشاف.

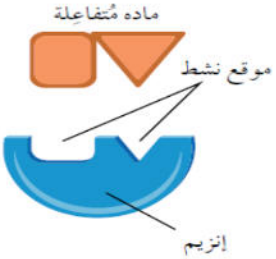
لاحظ كيف الانزيم قلل طاقة التنشيط



مساحيق الغسيل الحيوية

استطاع الإنسان صناعة مساحيق غسيل حيوية تحتوي على إنزيمات تُحلِّل المواد الموجودة في بقع الملابس مثلما تهضم الإنزيمات الهاضمة البروتينات، وذلك اعتمادًا على خصائص الإنزيمات؛ إذ تُحلِّل الإنزيمات الموجودة في مسحوق الغسيل البقع؛ ما يؤدّي إلى تنظيف الملابس. تعمل هذه المساحيق في درجات حرارة منخفضة؛ ما يُعَدُّ وسيلة من وسائل توفير الطاقة.

آليَّة عمل الإنزيم

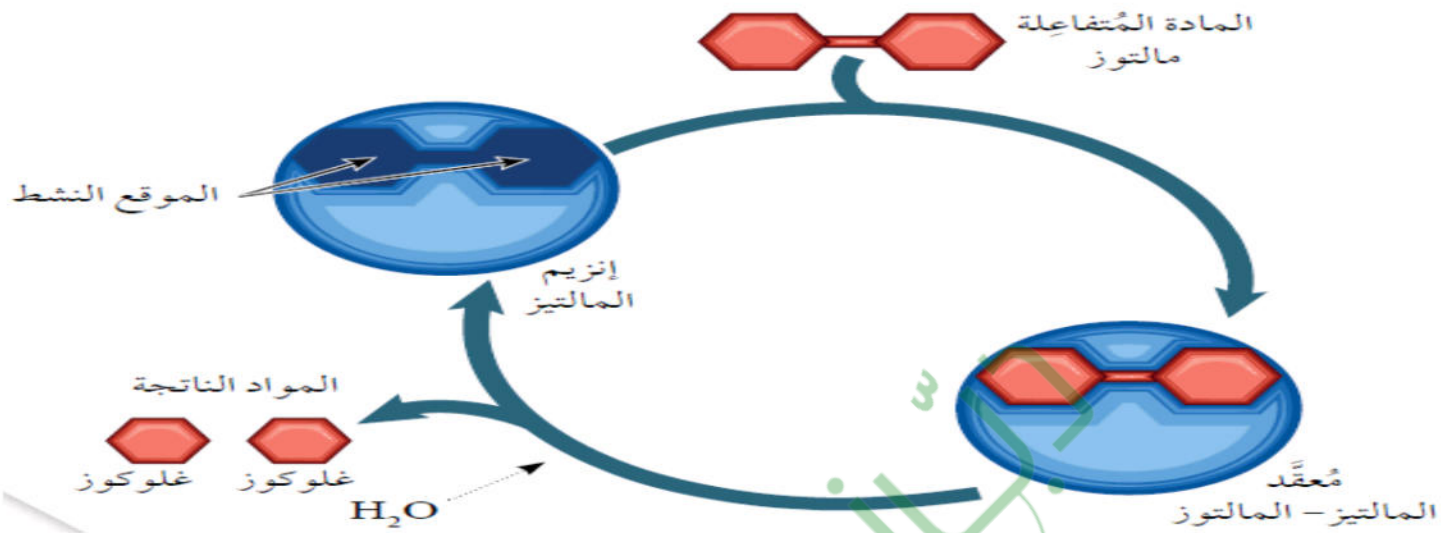


- **يوجد للإنزيم موقع نشط في صورة تجويف يتكوَّن من حموض أمينية مُعيَّنة، ويعمل قالَبًا ترتبط به المادة المُتفاعِلة التي يُؤثِّر فيها الإنزيم**
- **قد يوجد للإنزيم أكثر من موقع نشط**
- **ترتبط المادة المُتفاعِلة بالموقع النشط للإنزيم؛ فيتشكَّل: مُعقَّد الإنزيم- المادة المُتفاعِلة**
- **من الأمثلة على عمل الإنزيمات: 1-إنزيم تصنيع الغلايكوجين الذي يعمل على ربط الوحدات البنائية (الغلوكوز) لتكوين الغلايكوجين.**

2-إنزيم المالتيز الذي يعمل على تفكُّك المالتوز إلى جزيئي غلوكوز (شوف الصورة والمعادلة تحت)

اللهم صل وسلم على نبينا محمد

Watermarkly



المادة المُتفاعِلة + إنزيم ⇌ (مُعقَّد الإنزيم – المادة المُتفاعِلة) ⟵ إنزيم + المادة الناتجة

مالتوز + إنزيم المالتيز ⇌ (مُعقَّد المالتيز – المالتوز) ⟵ إنزيم المالتيز + (2) غلوكوز

الفرضيات التي تُفسِّر ارتباط الإنزيم بالمادة التي يُؤثِّر فيها

1-فرضية القُفْل والمفتاح:

-تقوم هذه الفرضية على أنَّ شكل المادة المُتفاعِلة يتوافق مع شكل الموقع النشط للإنزيم ؛ لذا ترتبط المادة المُتفاعِلة بالموقع النشط ارتباطًا كاملا كما تتداخل مُسنَّنات المفتاح بالتجاويف المُتوافِقة مع شكلها في القُفْل

2-فرضية التلاؤم المُستحَث:

-تقوم هذه الفرضية على أنَّ شكل الموقع النشط للإنزيم يتغيَّر تغيُّرًا بسيطًا ومُوْقَّتًا عند ارتباط المادة المُتفاعِلة به؛ لكي يُصبِح مُناسِبًا لشكلها

تُفسِّر إمكانية ارتباط إنزيم له موقع نشط واحد بمادة مُتفاعِلة في تفاعل ما، وبمادة مُتفاعِلة أُخرى في تفاعل آخر

Watermarkly

العوامل المُؤثِّرة في نشاط الإنزيم

تُؤثِّر بعض العوامل في نشاط الإنزيمات، مثل:

-درجة الحرارة

-الرقم الهيدروجيني ph

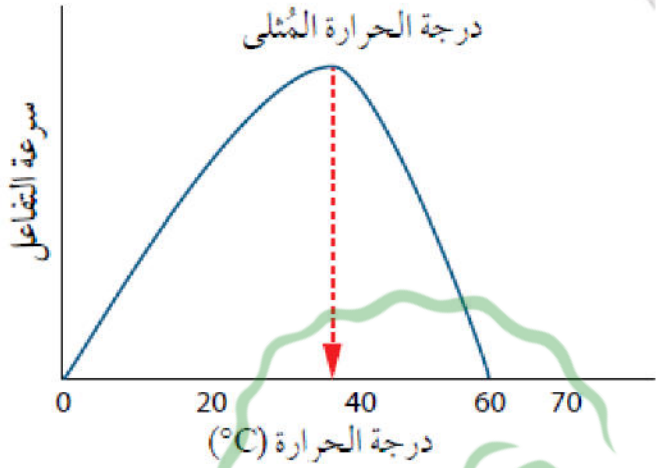
- وتركيز الإنزيم

وتركيز المادة المُتفاعِلة

درجة الحرارة

-يتأثَّر نشاط الإنزيم بدرجة حرارة الوسط الذي يحدث فيه التفاعل؛ فلكل إنزيم درجة حرارة مُثلى تكون عندها سرعة التفاعل الذي يُحفِّزه الإنزيم أعلى ما يُمكِن.

- وعند ارتفاع درجة حرارة الوسط أكثر من درجة الحرارة المُثلى، فإنَّ شكل البروتين المُكوِّن للإنزيم يتغير ما يؤدّي إلى تغيرُ شكل الموقع النشط، ويصبح غير مُتوافِق مع المادة المُتفاعِلة التي يعمل عليها، فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًّا باستمرار الارتفاع في درجة الحرارة حتى يفقد قدرته على العمل



-تعمل معظم الإنزيمات في جسم الإنسان بصورة مُثلى عند درجات الحرارة التي تراوح بين 35-40

-أيْ عند درجات الحرارة القريبة من درجة حرارة جسم الإنسان 37

ملاحظات على الرسمة:

-تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة إلى أن تصل إلى أقصاها عند درجة الحرارة المثلى للوسط.

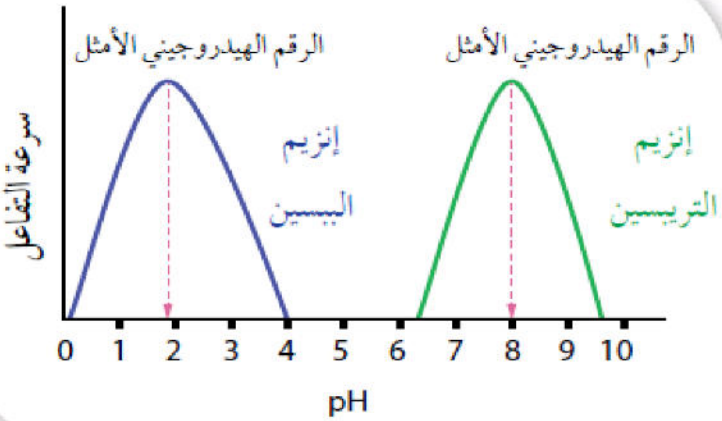
-وعند ارتفاع درجة حرارة الوسط أكثر من درجة الحرارة المُثلى، فإن شكل البروتين المكوّن للإنزيم يتغيَّر؛ ما يؤدي إلى تغيُّر شكل الموقع النشط، ويصبح غير مُتوافق مع المادة المتفاعلة التي يعمل عليها، فيقل نشاط الإنزيم تدريجيا باستمرار الارتفاع في درجة الحرارة حتى يفقد قدرته على العمل

الرقم الهيدروجيني

-يتأثَّر نشاط الإنزيم بالرقم الهيدروجيني للوسط الذي يحدث فيه التفاعل؛ فلكل إنزيم رقم هيدروجيني أمثل تكون عنده سرعة التفاعل الذي يُحفِّزه الإنزيم أعلى ما يُمكِن.

- أمّا الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل معظم الإنزيمات في جسم الإنسان فهو من 6-8 . فمثلا، يعمل إنزيم الترِيبسين في الأمعاء عند الرقم الهيدروجيني 8

-ولكن يُعَدُّ إنزيم الببسين (إنزيم هضم في المعدة) من الاستثناءات؛ إذ يعمل بأقصى فاعلية عند الرقم الهيدروجيني 1.5-2



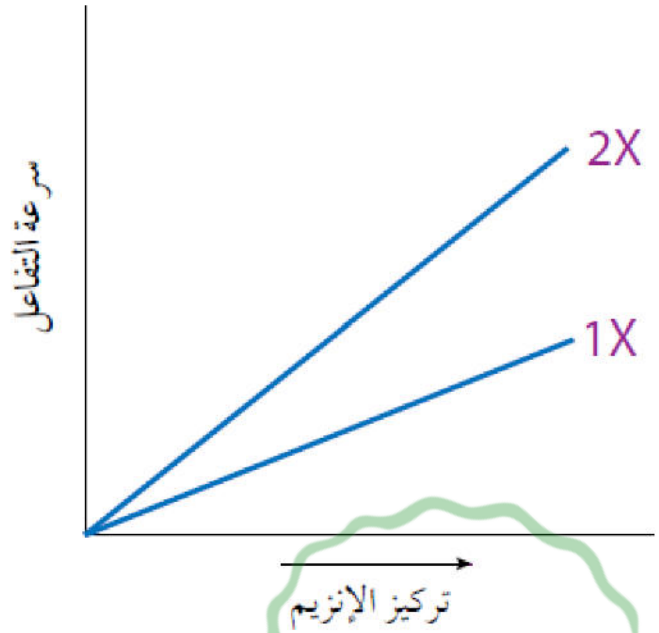
Watermarkly

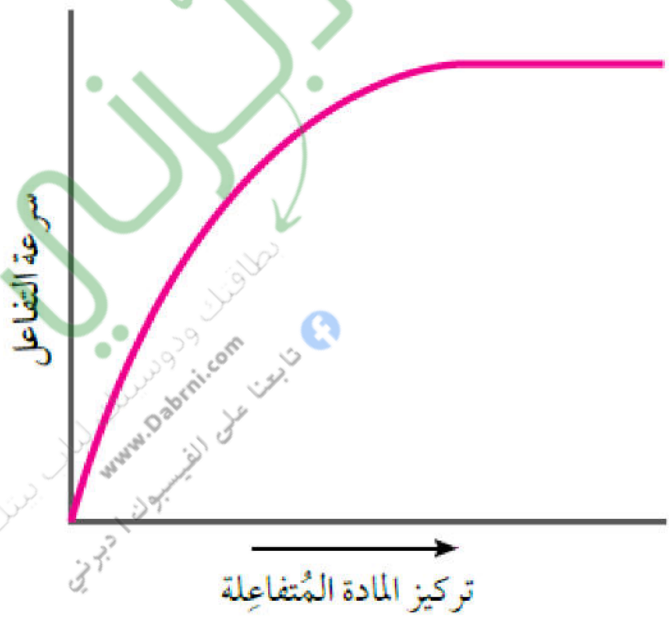
تركيز الإنزيم وتركيز المادة المُتفاعِلة

-كلّمَا زاد تركيز الإنزيم زادت سرعة التفاعل الكيميائي؛ إذ تتوافر أعداد أكبر من المواقع النشطة للارتباط بالمادة المُتفاعِلة.(كلما تزيد التركيز بتزيد السرعة فلا يوجد حد معين تنتهي عنده زيادة السرعة)

-فعلى سبيل المثال، إذا قارنْتُ سرعة تفاعلين مُتماثِلين؛ أحدهما أُجرِي بإضافة إنزيم تركيزه(س) والآخر بإضافة إنزيم تركيزه(2س) مع تثبيت جميع العوامل الأُخرى في التفاعلين؛ فسأُلاحِظ أنَّ سرعة التفاعل الثاني هي ضعفا سرعة التفاعل الأوَّل

-كلّمَا زاد تركيز المادة المُتفاعِلة زادت سرعة التفاعل الكيميائي، ولكن عندما تُشغَل جميع المواقع النشطة المتوافرة في جزيئات الإنزيم بجزيئات المادة المُتفاعِلة لا تحدث أيُّ زيادة في سرعة التفاعل بصرف النظر عن مقدار الزيادة في تركيز المادة المُتفاعِلة(هاي غير عن الانزيم الها حد معين)





Watermarkly

أثر الحرارة في نشاط إنزيم التريبسين

يُحفِّز إنزيم التريبسين تحلُّل Hydrolysis بروتين الحليب كازيين Casein الذي يُعطي الحليب لونه الأبيض، فيتحوَّل إلى عديد ببتيد عديم اللون؛ ما يؤدِّي إلى اختفاء اللون الأبيض للحليب.

المواد والأدوات: mL (15) من إنزيم التريبسين، mL (15) من الحليب السائل، (3) أنابيب اختبار، مقياس درجة حرارة عدد (3)، حامل أنابيب اختبار، ماء من الصنبور، قلم تخطيط ثابت، (3) كؤوس سعة كلٍّ منها mL (250)، جليد، مخباران مُدرَّجان، مصدرا حرارة.

إرشادات السلامة: استعمال الماء الساخن ومصدر الحرارة بحذر.

خطوات العمل:

1. أُرقِّم أنابيب الاختبار بالأرقام (1-3)، ثم أضع علامة X عليها، ثم أضع كل أنبوب على حامل أنابيب الاختبار.
2. **أقيس:** أضع في كل أنبوب اختبار mL (5) من الحليب.
3. أضع في الكأس الأولى ماءً درجة حرارته 20°C، ثم أضع في الكأس الثانية ماءً درجة حرارته 40°C، ثم أضع في الكأس الثالثة ماءً درجة حرارته 80°C، وأحرص أنَّ تظلَّ درجة الحرارة في جميع الكؤوس ثابتة، مُستخدمًا التسخين، أو الجليد إذا لزم ذلك.

4. أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (1) في الكأس الأولى، ثم أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (2) في الكأس الثانية، ثم أضع أنبوب الاختبار الذي يحمل الرقم (3) في الكأس الثالثة، مُراعيًا ألَّا تكون العلامة X ظاهرة لي؛ أيْ أنْ تكون على الجهة الأخرى غير المُواجهة لنظري.
5. **أجرِّب:** أضيف إلى كل أنبوب mL (5) من إنزيم التريبسين.
6. **ألاحظ** بقاء لون الحليب أو اختفاءه، ثم أحسُبُ الوقت المُستغرَق لظهور علامة X على أنابيب الاختبار في حال اختفاء لون الحليب، مُدوِّنًا ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُصنِّف** الأنابيب إلى أنابيب ظهرت عليها علامة X، وأنابيب لم تظهر عليها هذه العلامة.
2. **أستنتج** درجة الحرارة المُثلى لعمل إنزيم التريبسين.
3. **أُفسِّر** سبب عدم ظهور علامة X على أحد أنابيب الاختبار.
4. **أتواصل:** أُناقِش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصَّلْتُ إليها.

الأنابيب التي ظهرت عليها العلامة:

الأنبوب رقم1 غير واضحة تماما

والأنبوب رقم 2 تظهر بوضوح

لم تظهر العلامة على الأنبوب رقم 3

****اذا درجة الحرارة المثلى هي 40**

****التفسير لتلك النتيجة:**

لم تظهر العلامة على الأنبوب لأن درجة حرارة الوسط أعلى بكثير من درجة الحرارة المثلى؛ إذ يسبب ارتفاع درجة حرارة الوسط عن درجة الحرارة المثلى تغيّر شكل البروتين المكون للإنزيم وبالتالي تغيّر شكل الموقع النشط؛ والذي يصبح غير مُتوافِق مع المادة المُتفاعِلة التي يعمل عليها،

فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًّا حتى يفقد قدرته على العمل، لذلك لم يتحلل بروتين الحليب، ولم يختف اللون الأبيض للحليب ؛فلم تظهر العلامة.

استخدام الإنزيمات المُستخلَصة من الفواكه الاستوائية في صناعة الخلايا الشمسية

-تتطلَّب صناعة بعض الشرائح الرقيقة المُستخدَمة في الخلايا الشمسية توافر درجات حرارة مرتفعة، ومبالغ مالية كثيرة.

-ولتقليل درجات الحرارة اللازمة لذلك، طوَّر باحثون تقنية عضوية تتضمَّن صناعة شرائح نانوية رقيقة من مادة أكسيد التيتانيوم، مستفيدين في ذلك من خصائص الإنزيمات.

-إذ تمكَّنوا من استخلاص إنزيم البابايين من ثمار فاكهة البابايا الاستوائية، ثم استعملوه مع أكسيد التيتانيوم لإنتاج هذه الشرائح ذات المسامية الكبيرة؛ بُغْيَةَ استخدامها في صناعة الخلايا الشمسية

Watermarkly

العوامل المساعدة ومُرافِقات الإنزيمات

*يتطلَّب عمل الإنزيمات في بعض التفاعلات توافر عوامل عديدة، تُسمّى ***العوامل المساعدة***

*وفي حال كانت العوامل المساعدة للإنزيمات مواد عضوية، فإنَّها تُسمّى مُرافِقات الإنزيمات

*من الأمثلة على مُرافِقات الإنزيم: جزيئات NAD(Nicotinamide Adenine Dinucleotide)

وجزيئات FAD(Flavin Adenine Dinucleotide)

- التي تعمل بوصفها نواقل للإلكترونات في عديد من تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلية؛ إذ إنَّها تستقبل الإلكترونات ذات الطاقة الكبيرة مع البروتونات، فتُختزَل إلى NADH/FADH2

- ثم تتأكسد بفقدانها الإلكترونات إلى جزيئات أُخرى في سلسلة نقل الإلكترون في الغشاء الداخلي للميتوكندريا في أثناء عملية التنفُّس الخلوي، أنظر المعادلتن الآتيتين

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \underset{\text{تأكسد}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} NADH + H^+$$

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \underset{\text{تأكسد}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} FADH_2$$

**من الأمثلة الأُخرى على مُرافِقات الإنزيم: جزيء NADP+

(Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate)

-وهو ناقل إلكترونات يُستخدَم في تفاعلات البناء، مثل عملية البناء الضوئي

سؤال: اكتب معادلة اختزال جزيء NAD+:

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow NADH + H^+$$

جزيء حفظ الطاقة(ATP)

-تحتوي الخلايا على جزيء عضوي يُسمّى أدينوسين ثلاثي الفوسفات

Adenosine Triphosphate (ATP)

-وهو يُخزِّن الطاقة اللازمة لمعظم العمليات التي تحدث داخل خلايا الكائنات الحية

Watermarkly

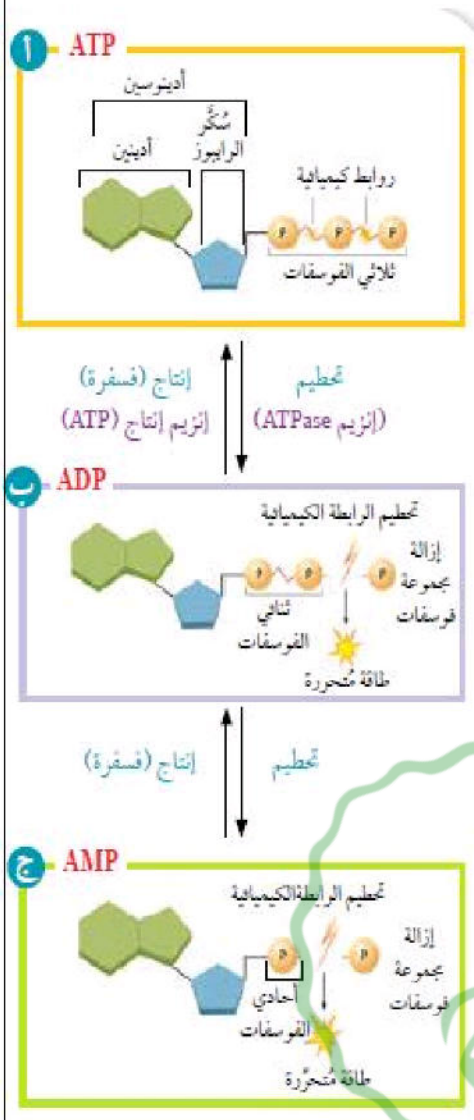
-يتكوّن جزيء حفظ الطاقة من القاعدة النيتروجينية أدينين وسُكَّر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات التي تُخزِّن الروابط بينها طاقة كيميائية

كيف يُنتَج جزيء حفظ الطاقة: بفعل إنزيم إنتاجATP

ATP Synthase

- وذلك عن طريق إضافة مجموعة فوسفات إلى جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفاتADP في عملية تُسمّى الفسفرة، وبذلك تُخزَّن الطاقة الكيميائية في الرابطة بين مجموعتي الفوسفات.

- يُحفِز عملية الفسفرة إنزيم إنتاج جزيء حفظ الطاقة في عمليتي التنفُّس الخلوي والبناء الضوئي.



-تحطيم جزيء حفظ الطاقة

-وعند تحطيم رابطة بن مجموعتي الفوسفات الثالثة والثانية بفعل إنزيم ATPase

- تتحرَّر الطاقة المُختزَنة فيها، فينتج جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات ومجموعة فوسفات حُرَّة

-أمّا عند تحطيم الرابطة بن مجموعتي الفوسفات الثانية والأولى، فتتحرَّر الطاقة المُختزَنة فيها، وينتج جزيء أدينوسين أحادي الفوسفات

ومجموعة فوسفات حُرَّة

سؤال: كم مجموعة فوسفات تَلزم لتحويل جزيء ادينوسين احادي الفوسفات الى جزيء ادينوسين ثلاثي الفوسفات

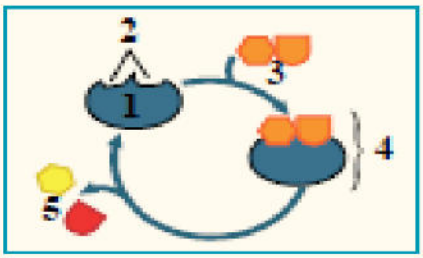
الجواب: مجموعتان

ملاحظات:

**النيوكليوتايد من دون أي مجموعة فوسفات يسمى نيوكليوسيد
**النيكليوسيد يتكون من سكر رايبوزي وقاعدة نيتروجينية
**الادينين هو قاعدة نيتروجينية ----- الادينوسين هو نيوكليوسيد
**الجوانين هو قاعدة نيتروجينية ---- الجوانوسين هو نيكلوسيد
**الثايمين ---- ثايميدين
**السايتوسين -----سايتدين
**اليوراسيل ----يوريديين

Watermarkly

1. الفكرة الرئيسة: أوضّح دور الإنزيمات في التفاعلات الكيميائية.
2. أدرس الشكل المجاور الذي يُوضّح إحدى الفرضيات التي تُفسّر عملية ارتباط المواد المُتفاعِلة بإنزيم مُعيّن، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:

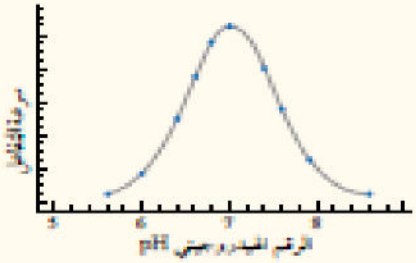


أ- أكتب اسم هذه الفرضية.

ب- أكتب اسم المفهوم الذي تشير إليه كلٌّ من الأرقام الآتية: (1)، (2)، (3)، (4)، (5).

جـ- أُوضّح: ماذا سيحدث لنشاط إنزيم يعمل في درجة حرارة مُثلى 37°C إذا استُخدِم في تفاعل درجة حرارته 60°C، مُبرّرًا إجابتي؟

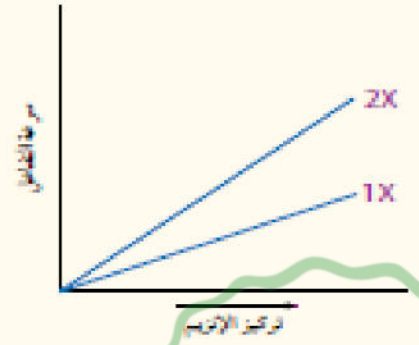
3. أدرس الرسم البياني المجاور الذي يُوضّح أثر الرقم الهيدروجيني للوسط في سرعة تفاعل يُحفّزه إنزيم مُعيّن، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:



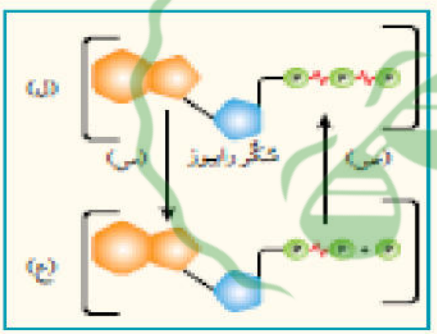
أ- أُحدّد الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل هذا الإنزيم.

ب- أستنتج: كيف أعرف أنّ هذا الإنزيم ليس إنزيم البيبسين، مُبرّرًا إجابتي؟

4. أدرس الرسم البياني المجاور الذي يُوضّح تأثير تركيز الإنزيم في سرعة تفاعل مُحفّز بالإنزيم، ثم أصف العلاقة بين تركيز الإنزيم وسرعة التفاعل.



5. أدرس الشكل المجاور الذي يُمثّل جزيء حفظ الطاقة في خلايا الكائن الحيّ، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:



أ- ما اسم كلٍّ من الجزيء المشار إليه بالرمز (ل)، والجزيء المشار إليه بالرمز (ع)؟

ب- أُوضّح ما يحدث في كلٍّ من العمليتين المشار إليهما بالرمز (س)، والرمز (ص)، ثم أذكر أسماء الإنزيمات المشاركة في كلٍّ منهما.

Watermarkly

أثر الرقم الهيدروجيني pH في نشاط الإنزيم

في تجربة لاستقصاء أثر الرقم الهيدروجيني pH في نشاط إنزيم الكتاليز الذي يوجد في جميع خلايا الكائنات الحيَّة التي تتنفَّس هوائيًّا، ويعمل على تحليل مُركَّب فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 الذي يُعَدُّ ناتجًا ثانويًّا سامًّا لعملية التنفُّس الخلوي؛ وُضِع mL (5) من فوق أكسيد الهيدروجين في (6) أنابيب اختبار؛ كلٌّ على حِدَة، وقد استُخدِم في التجربة كمِّيات متساوية من قطع البطاطا في الأنابيب الثلاثة الأولى، بوصفها مصدرًا لإنزيم الكتاليز الذي يعمل على تحليل فوق أكسيد الهيدروجين وَفقًا للمعادلة الآتية:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{إنزيم الكتاليز}} 2H_2O + O_2$$

بعد ذلك ضُبِط الرقم الهيدروجيني pH، وكانت كمِّيات الأكسجين المُتصاعِد من كل أنبوب كما في الجدول الآتي:

رقم الأنبوب:	1	2	3	4	5	6
المادة المضافة:	(3) mL من الكتاليز.	(3) mL من الكتاليز.	(3) mL من الكتاليز.	(3) mL من الماء.	(3) mL من الماء.	(3) mL من الماء.
الرقم الهيدروجيني pH:	3	7	9	3	7	9
كمِّية الغاز المُتصاعِد:	+	+++++	+	لا يوجد غاز مُتصاعِد.	لا يوجد غاز مُتصاعِد.	لا يوجد غاز مُتصاعِد.

-علامَ يدلُّ تصاعد غاز الأكسجين من الأنابيب التي تحمل الأرقام: 1- 2- 3

-الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل إنزيم الكتاليز، مُفسِّرًا إجابتي

- ما سبب استخدام الماء في الأنابيب التي تحمل الأرقام:4-5-6

Watermarkly