

الأستاذ : فراح عيسى

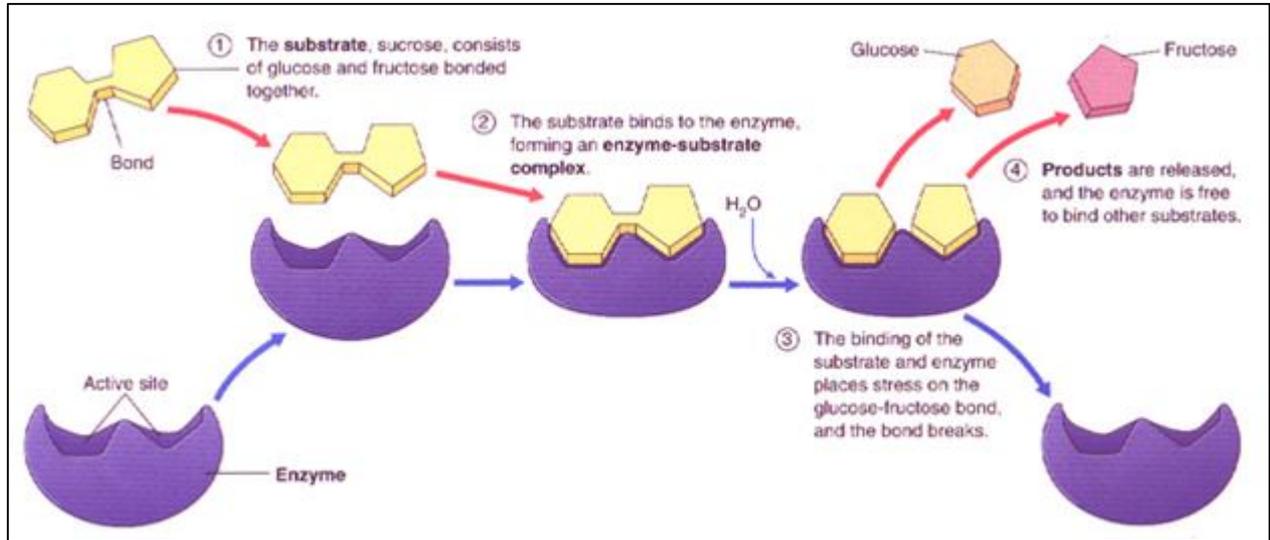
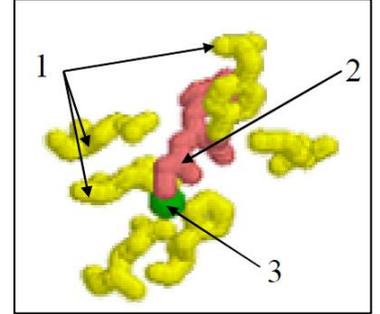
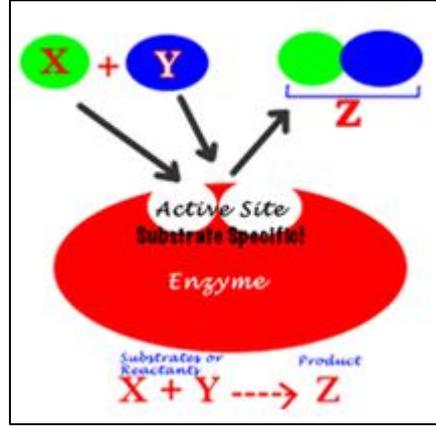
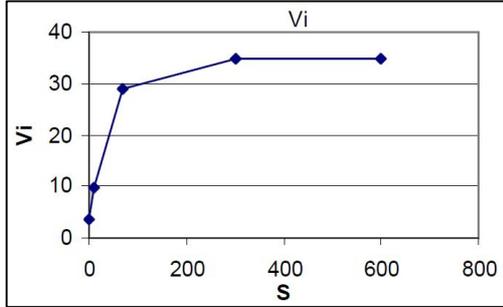
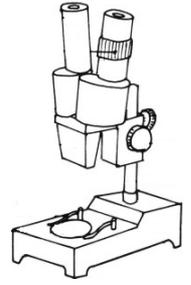
ثانوية هواري بومدين

تنس

ولاية الشلف



# المجال المعرفي I التخصص الوظيفي للبروتينات



## الوحدة التعليمية 3 \* النشاط الأنزيمي للبروتينات \*



f b: Ferah Aissa

من إعداد الأستاذ: فراح عيسى

أخي الكريم ، أختي الكريمة

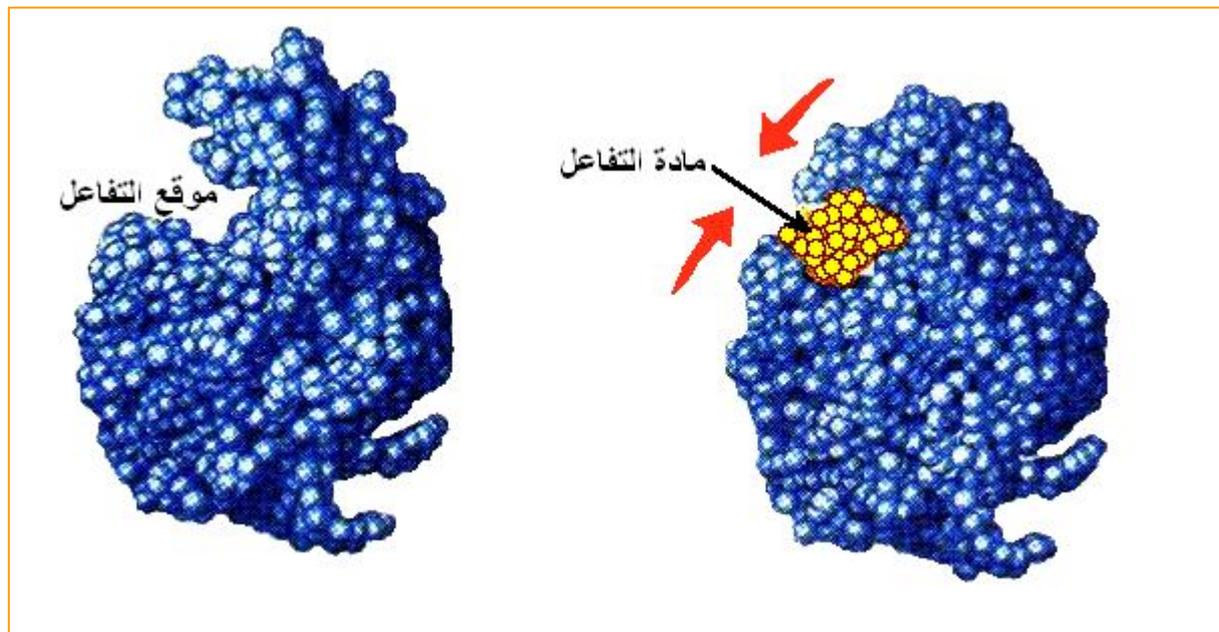
لا تنسونا من صالح دعائكم

**مدخل إلى الوحدة**

**الحصة التعليمية 1**

تعرض أحد تلاميذ القسم لحمى شديدة ألزمتها الفراش ، و عرضت حياته للخطر ، مما دفع أحد زملائه المقربين منه ليفكر باهتمام شديد عن خطر ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق 42°م ، تشاور مع أحد زملائه في القسم و قررا البحث في الانترنت عن السرف في ذلك ، فوجدا أن **أحد الأسباب يتعلق بتعطل عمل الأنزيمات** و كانت دهشتها كبيرة عندما توصلا إلى أن **كل نشاطات الجسم مرتبطة بعمل الأنزيمات** . استهواهما البحث فقررنا التعمق أكثر للوصول إلى إجابة لإشكالية يمر حلها حتما بالوصول إلى :

- مفهوم هذه الجزيئات البروتينية ، و التي تختلف أدوارها باختلاف المواد التي تؤثر عليها .
- ما هي خصائص هذه الجزيئات و شروط عملها ؟



**مفهوم الأنزيم و أهميته**

**الحصة التعليمية 2**

**أ - وضعية الانطلاق :**

تؤدي الأنزيمات دورا فعالا في حياة الكائنات الحية نظرا للوظائف العديدة التي تقوم بها ، و تختلف أدوارها باختلاف المواد التي تؤثر فيها .

**ب - الإشكاليات :**

• **ما هو مفهوم الأنزيم ؟ و ما هو تأثيره على النشاطات الأيضية ؟**

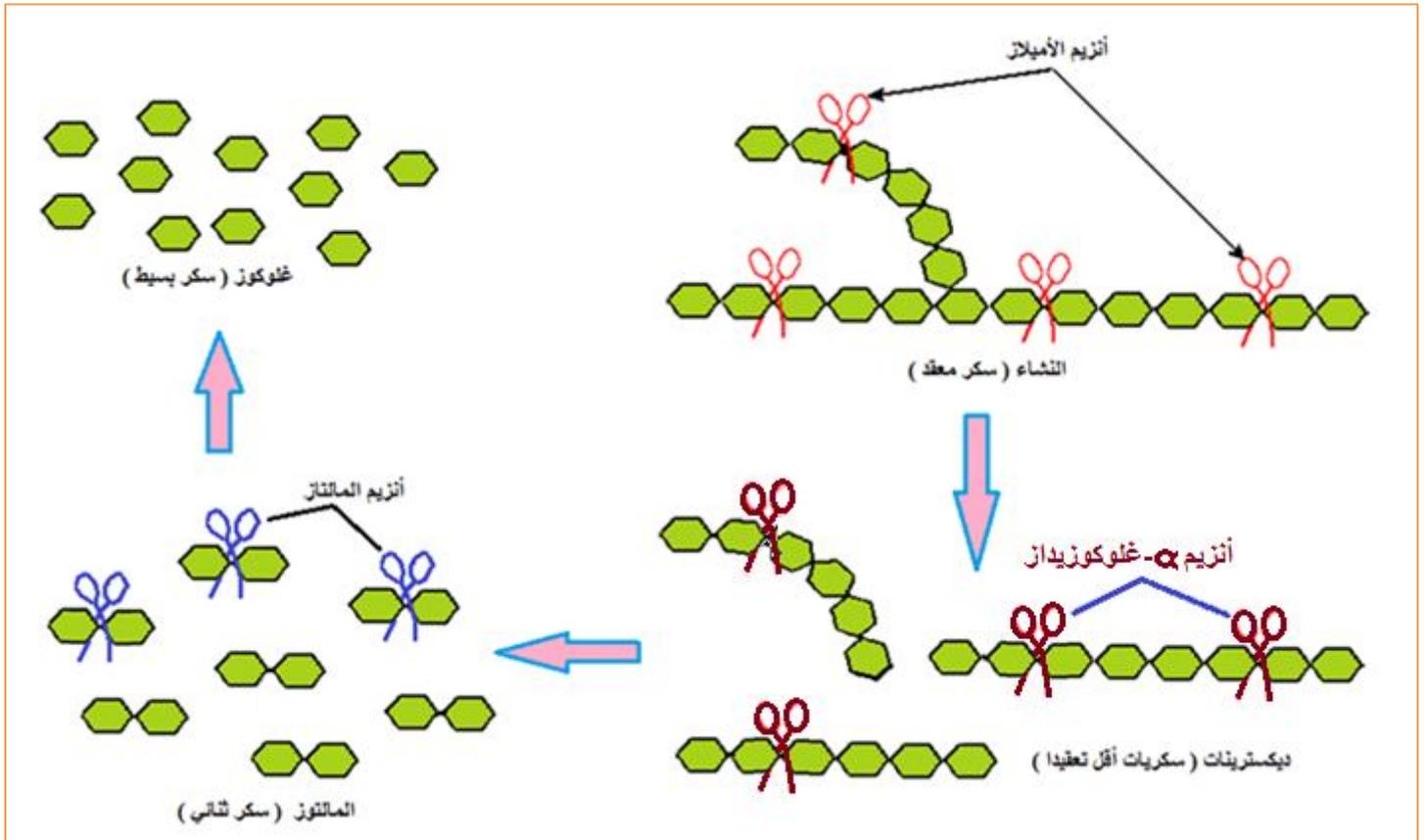
**ج - الفرضيات :**

- الأنزيم عبارة عن وسيط كيميائي يساعد على حدوث التفاعلات الكيميائية .
- الأنزيم من طبيعة بروتينية .

**د - التقصي :**

**1 - تذكير بالمكتسبات :**

يتناول الإنسان الأغذية عن طريق الفم في صورة معقدة عادة ، بينما يتم امتصاصها على مستوى الأمعاء في صورة بسيطة . يتم تبسيط المواد الغذائية بواسطة أنزيمات هاضمة متواجدة في الأنبوب الهضمي ابتداء من الفم فالمعدة ثم الأمعاء الدقيقة . **تقوم الأنزيمات الهاضمة بتسريع التفاعلات الكيميائية لتبسيط الغذاء .** يتميز عمل الأنزيمات بالتنوع حيث تؤثر أنزيمات الأميلاز مثلا على النشاء ، و البروتياز على البروتينات و الليباز على الدسم . مخطط الوثيقة ( 1 ) يوضح تمثيل مبسط لتبسيط النشاء .



**• استخراج من النص دور الأنزيمات .**

تقوم الأنزيمات الهاضمة بتسريع التفاعلات الكيميائية لتبسيط الغذاء .

**• بماذا يتميز عمل الأنزيمات ؟**

يتميز عمل الأنزيمات بالتنوع .

**• أعط أمثلة لذلك .**

تؤثر أنزيمات الأميلاز مثلا على النشاء ، و البروتياز على البروتينات و الليباز على الدسم .

**• باستغلال معطيات الوثيقة ( 1 ) استنتج نواتج تحلل النشاء مبرزا دور الأنزيمات في ذلك .**



**2 - عواقب غياب أو نقص أنزيم على النشاطات الأيضية :**

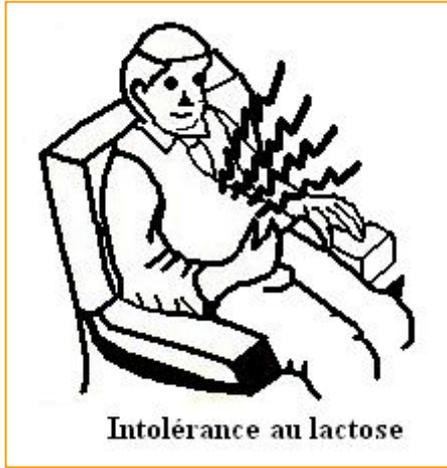
لتوضيح عواقب غياب نشاط الأنزيمات نستعرض الحالتين المرضيتين التاليتين :

**الحالة الأولى :**

فحص الطبيب شخصا يعاني من الأعراض التالية : آلام في المعدة ، تقيؤ ، إسهال و غازات . عند سؤال المريض تبين أن هذه الحالة تتكرر بعد ساعة إلى ساعتين من تناول حليب أو مشتقاته .

طلب الطبيب من الشخص المريض عدم تناول غذاء فيه حليب أو مشتقاته لمدة أسبوع ثم الذهاب بعدها إلى مخبر لإجراء تحاليل طبية .

في اليوم الثامن ذهب المريض إلى المخبر صباحا قبل تناول الطعام . أخذت عينة من دم المريض لقياس نسبة السكر في دم فوجد أنها في حالة طبيعية ، قدم بعد ذلك للمريض محلولاً من سكر اللاكتوز ( سكر الحليب ) ، و بعد حوالي ساعتين تم قياس نسبة الغلوكوز في الدم من جديد فلم يلاحظ أي ارتفاع ، لكن المريض أحس بأعراض تشبه أعراض تناول الحليب ، و قد أوضحت نتائج التحاليل على البراز وجود حموضة عالية مع انطلاق غاز الهيدروجين .



أخذ المريض نتيجة التحاليل إلى الطبيب ، و بعد اطلاع الطبيب على نتائج التحاليل تبين للطبيب أن المريض يعاني من مرض يسمى عدم تحلل اللاكتوز ( Intolérance au lactose ) .

**الحالة الثانية :**

يعاني بعض الأطفال بعد الولادة من أمراض تسمى أمراض تخزين الغليكوجين ( Glycogénose ) حيث توجد عدة أنواع من هذا المرض منها Glycogénose Type I .

أهم أعراض المرض هي تضخم الكبد ( Hépatomégalie ) بسبب تراكم الغليكوجين داخل الكبد و زيادة حجم الكلى و نقص السكر في الدم بالإضافة إلى أعراض أخرى كثيرة .

أسباب هذا المرض وراثية ناتجة في أكثر الحالات عن غياب نشاط أنزيم Glucose – 6 – phosphate بسبب طفرة على مستوى المورثة . يعتبر G-6-ph أنزيم أساسي في تحويل الغلوكوز – 6 - فوسفات إلى غلوكوز داخل خلايا الكبد ، هذا التحويل ضروري لخروج الغلوكوز من الكبد لنقله إلى الأعضاء الأخرى .

• اقترح فرضية لتفسير سبب المرض في الحالة الأولى .

✓ نفسر هذا المرض بغياب أو نقص في نشاط أنزيم اللاكتاز المحلل للاكتوز ( سكر الحليب ) .

• هل يوجد علاج لهذه الحالة ؟

✓ نعم .

• علل إجابتك .

✓ تفادي تناول الحليب و مشتقاته و هو علاج مؤقت ، لأنه لا يمكن للشخص أن لا يتناول الحليب و مشتقاته كلياً .

✓ تناول غذاء يحتوي على أنزيم اللاكتاز عند تناول غذاء فيه حليب أو مشتقاته .

• هل هذا المرض وراثي ؟

✓ لا .

• علل إجابتك .

✓ بما أن أغلبية المرضى لا يصابون بهذا المرض بعد الولادة مباشرة و إنما بعد بلوغهم سناً معيناً يختلف من شخص لآخر .

• إذا لم يكن سبب هذا المرض وراثياً ، فما هي الأسباب يا ترى ؟

✓ من بين الأسباب الإصابة بالتهاب في الأمعاء أو بعض الأمراض التي تصيب الجهاز الهضمي تؤدي إلى ضعف قدرة الخلايا المفردة لهذا الأنزيم .

• كيف يتم علاج هذه الأسباب ؟

✓ يتم علاجها بالأدوية المناسبة .

• هل أمراض تخزين الغليكوجين وراثية ؟

✓ نعم .

• ما أسبابها ؟

✓ أسباب هذا المرض وراثية ناتجة في أكثر الحالات عن غياب نشاط أنزيم - 6 - Glucose phosphate بسبب طفرة على مستوى المورثة .

• ما علاقة غياب الأنزيم G-6-ph بالمرض ؟

✓ يعتبر G-6-ph أنزيم أساسي في تحويل الجلوكوز - 6 - فوسفات إلى جلوكوز داخل خلايا الكبد ، هذا التحويل ضروري لخروج الجلوكوز من الكبد لنقله إلى الأعضاء الأخرى .

• هل يؤدي المرض في الحالة الثانية إلى ارتفاع أو انخفاض نسبة السكر في الدم ؟

- قد يؤدي الخلل في تحلل الغليكوجين إلى نقص في نسبة السكر في الدم خاصة في الفترات التي لا يتم فيها تناول غذاء محتوي على السكر .

• علل إجابتك .

✓ في حالة عدم تناول غذاء محتوي على السكر ، فإن نسبة السكر في الدم تنخفض و تعوض في الحالة الطبيعية بالسكر الناتج عن تحلل الغليكوجين الكبدي ، و في حالة المرض ينعدم الأنزيم G-6-ph

المسؤول على تحويل الجلوكوز - 6 - فوسفات إلى جلوكوز داخل خلايا الكبد و بالتالي يستحيل خروجه منها مما يؤدي إلى انخفاض نسبة السكر في الدم .

• هل يمكن علاج المصابين بهذا المرض ؟

✓ لا .

• التعليل :

✓ لأن المرض وراثي .

**النشاط الأنزيمي و علاقته ببنية الأنزيم**

**الحصة التعليمية 3**

**أ – وضعية الانطلاق :**

الأنزيمات هي بروتينات ذات بنية و وظيفة محددة تعمل على تحفيز التفاعلات الأنزيمية .  
**ب - الإشكاليات :**

• **ما هي خصائص الأنزيم التي تمكنه من القيام بها الدور ؟ و كيف يمكن قياس نشاطه ؟**  
**ج – الفرضيات :**

- للأنزيم موقع فعال يربطه بمادة التفاعل .
- يمكن قياس نشاطه بحساب كمية المواد المستهلكة أو الناتجة .

**د – التقصي :**

**1 – إظهار النشاط الأنزيمي عن طريق التجارب الاعتيادية :**

**أ – الإماهة الأنزيمية للسكراروز :**

تستطيع خلايا الخميرة ( فطر أحادي الخلية ) النمو و التكاثر في وسط يحتوي على السكراروز عن طريق إفراز أنزيم إلى الخارج يقوم بإماهة السكراروز إلى غلوكوز و فروكتوز .  
تقوم الخميرة بامتصاص السكريات الناتجة من الإماهة لاستعمالها كمصدر للطاقة .  
لإثبات وجود النشاط الأنزيمي في الوسط الذي تنمو فيه الخميرة نقوم بإجراء التجربة التالية :  
المواد المطلوبة : \* محلول الخميرة ( 100 غ / لتر ماء ) محضر قبل إجراء التجربة .  
\* 20 مل محلول السكراروز ( 0.1 مول / ل ) يوزع على أربعة أنابيب مختلة .

- الأنبوب الأول : 2 مل من محلول السكراروز فقط .
- الأنبوب الثاني : 2 مل من محلول السكراروز + 2 مل من الخميرة .
- الأنبوب الثالث : 2 مل من محلول السكراروز + 2 مل من راشح محلول الخميرة .
- الأنبوب الرابع : 2 مل من محلول السكراروز + 2 مل من راشح محلول الخميرة بعد تسخينه لدرجة الغليان .  
توضع الأنابيب الأربعة في حمام مائي عند 30 ° م تقريبا .  
نقوم بالكشف عن وجود الغلوكوز في المحلول بعد مرور فترات زمنية مختلفة .  
نتائج التجربة موضحة في الجدول التالي :  
كما لوحظ أن ترك الأنبوب الأول لفترة طويلة ( عدة أشهر ) يؤدي إلى .

رقم الأنبوب	01	02	03	04
وجود الغلوكوز	+	+++	+++	---
بعد عدة أيام	بعد عدة أيام	بعد دقيقة	بعد دقيقة	
عند ترك الأنبوب الأول لفترة طويلة ( عدة أشهر )	إماهة كاملة للسكراروز			

• **ماذا تستخلص من مقارنة النتائج التجريبية في الأنبوبين 1 و 2 ؟**

✓ من مقارنة نتائج التجريبتين يتبين أن وجود الخميرة أدى إلى تسريع إماهة السكراروز .

• **ماذا تستخلص من مقارنة النتائج التجريبية في الأنبوبين 2 و 3 ؟**

✓ من مقارنة نتائج التجريبتين يتبين أن الخميرة سرعت التفاعل عن طريق إفرازها لمادة قابلة للترشيح .

• **ماذا تستخلص من مقارنة النتائج التجريبية في الأنبوبين 3 و 4 ؟**

✓ من مقارنة نتائج التجريبتين يتبين أن المادة التي سرعت التفاعل تتخرب بالحرارة مما يشير إلى أنها **ذات طبيعة بروتينية** .

**ب – الإماهة الأنزيمية للنشاء :**

عند إنبات بذور القمح تتم إماهة النشاء المدخر في البذرة إلى سكريات بسيطة يستعملها الجنين ( الرشيم ) للنمو . تتم عملية الإماهة بعد تشرب البذرة للماء .  
لغرض تحديد ناتج الإماهة و إثبات تدخل الأنزيمات في عملية الإماهة نقوم بإجراء التجربة التالية :

**المرحلة الأولى :**

يتم ملأ طبق بيترى بمادة الجيلوز الممزوجة بالنشاء يتم قطع بذور القمح في طور الانتاش إلى نصفين طولياً ثم توضع على طبقة الجيلوز ( الوجه المقطوع إلى أسفل ) كما في الوثيقة .  
بعد عدة أيام يتم سكب محلول اليود على طبقة الجيلوز .  
نتائج الاختبار موضحة في الوثيقة ( 2 ) .



**الوثيقة - 2 -**

**المرحلة الثانية :**

يتم نزع الجيلوز الموجود على تماس و القريب من نصف البذرة و وضعه في أنبوبة اختبار ثم تتم إضافة محلول فهلينك مع التسخين .  
يلاحظ ظهور راسب أحمر قرميدي ( آجري ) .

**المرحلة الثالثة :**

يتم سحق بذور قمح في طور الإنتاش في ماء مقطر .  
يترك الخليط لمدة 30 دقيقة ثم يرشح .  
في أنبوبة اختبار يضاف حجم من الراشح إلى محلول نشاء .  
بعد عدة دقائق يتم إضافة محلول اليود لا يلاحظ وجود اللون الأزرق البنفسجي .

● **علل عدم تلون المناطق القريبة من نصف البذرة باللون الأزرق البنفسجي في التجربة الأولى ؟**

✓ عدم التلون يشير إلى عدم وجود النشاء ، وعدم وجود النشاء يشير إلى إماهته .

● **فسر نتائج المرحلتين 1 و 2 .**

✓ حدثت إماهة بواسطة أنزيمات تم إفرازها من طرف البذرة وانتشرت إلى المنطقة المجاورة مما يؤكد نزع الجيلوز المجاور للبذرة و الكشف عن نواتج الإماهة الممتلة في الغلوكوز .

● **ماذ تستخلص من نتائج المرحلة 3 ؟**

✓ الجزء المسؤول عن إماهة النشاء هو **جزيئات قابلة للترشيح** .

**2 - قياس النشاط الأنزيمي عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب ExAO :**

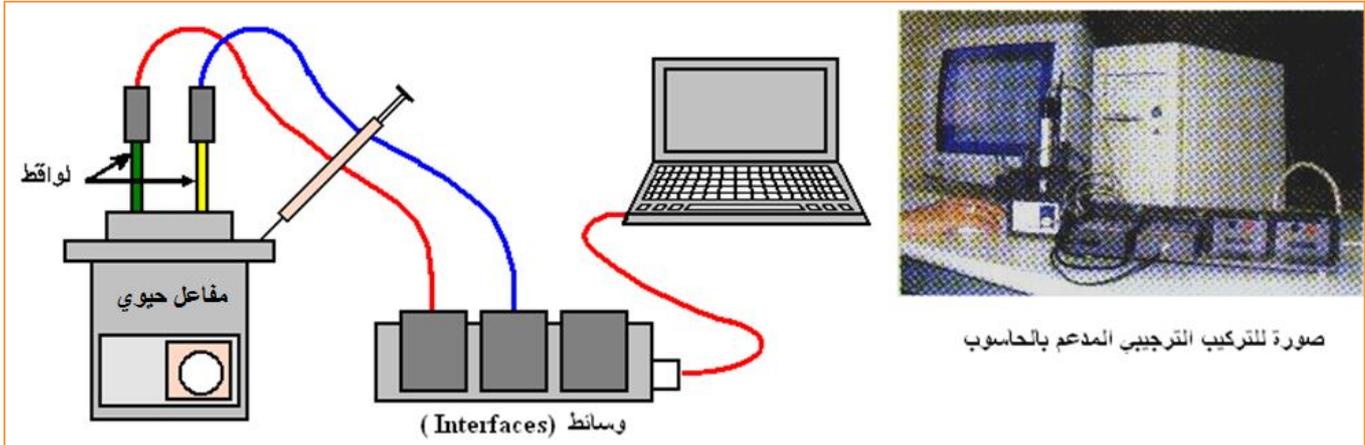
في هذه الحالة يتم الاستعانة بتركيب تجريبي مرتبط بالحاسوب . ويضم التركيب التجريبي عادة المكونات الموضحة في الوثيقة ( 2 ) ، وقد يختلف شكل و عدد المكونات حسب نوع الشركة المنتجة .

● **المفاعل الحيوي ( Bio réacteur ) :** وهو الجزء الذي يتم فيه التفاعل و تتم فيه القياسات و يحتوي على وعاء لإجراء التفاعل توضع فيه المحاليل والمواد المتفاعلة و الأنزيم . يزود الوعاء بمكان لحقن المواد المراد إضافتها للتفاعل مثل الأنزيم أو مواد التفاعل أو مواد تؤثر على التفاعل و غيرها يكون الوعاء عادة محكم الغلق خاصة في التفاعلات التي يتم فيها قياس تركيز الغازات ( الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون ) .

● **مسبار أو لاقط ( Sonde Ou Capteur ) :** يمكنه الكشف عن مادة معينة في الوعاء و قياس تركيزها بصورة مستمرة . لذلك يختلف نوع اللاقط حسب نوع التفاعل المراد إجراؤه و نوع المواد المتفاعلة أو الناتجة المراد قياسها . قد يستعمل لاقط آخر أو لاقطين أحدهما خاص بالحرارة و الآخر خاص بدرجة الـ PH وذلك لمتابعة تغيراتهما أثناء حدوث التفاعل .

● **وسائط ( Interfaces ) :** لربط اللاقط أو اللواقط بالحاسوب .

● **حاسوب مزود ببرنامج ( Logiciel ) :** يسمح بحساب و عرض النتائج على شاشة الحاسوب على شكل منحنيات .

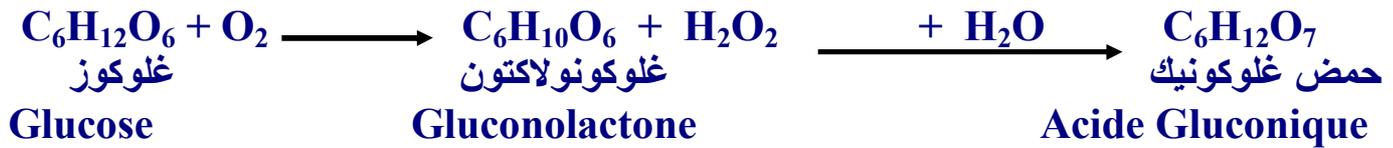


● **باستغلال المعطيات السابقة و المعلومات المفيدة حدد مميزات التجارب العادية مقارنة باستعمال ExAO .**  
✓ يمكن تلخيص مزايا التجريب المدعم بالحاسوب في قياس نشاط الأنزيمات مقارنة بالتجارب الاعتيادية في ما يلي :

- يسمح بالقياس السريع للمواد المتفاعلة أو النواتج بدقة .
  - يسمح لنا بمتابعة سير التفاعل على شاشة الحاسوب بصورة لحظية ( أنية ) . لا ننتظر انتهاء التجربة للحصول على النتائج .
  - يسمح لنا بمشاهدة تأثير إضافة مركبات أو تغيرات في شروط التفاعل مباشرة .
  - يسمح بالاحتفاظ بالنتائج في ذاكرة الحاسوب للرجوع إليها في أي وقت و مقارنتها مع النتائج الأخرى ، كما يمكن إجراء رسم للمنحنى في نفس المعلم للتجربة السابقة لغرض المقارنة .
- **يتطلب التفاعل أثناء استعمال ExAO متابعة تغيرات PH الوسط و درجة الحرارة ، علل ذلك .**  
- لأن تغيرات كل منهما تؤثر على النتائج المنتظرة .

**3 – دراسة حركية التفاعلات الأنزيمية عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب ExAO :**  
**( Expérimentation Assistée par Ordinateur )**

لدراسة حركية التفاعلات الأنزيمية وقع الاختيار على أنزيم غلوكوز أكسيداز ( Glucose Oxidase ) ( GO ) كمثال للدراسة . يقوم هذا الأنزيم كوسيط لتنشيط التفاعل التالي :



وقع الاختيار على هذا الأنزيم نظرا لإمكانية متابعة هذا التفاعل عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب باستعمال لاقط الأكسجين لأن التفاعل يؤدي إلى استهلاك الأكسجين .  
يمكننا اختيار أنزيم الكتالاز Catalase لنفس الغرض ، حيث يقوم هذا الأنزيم بتحفيز التفاعل التالي :



**• لماذا وقع الاختيار على أنزيم GO ؟**

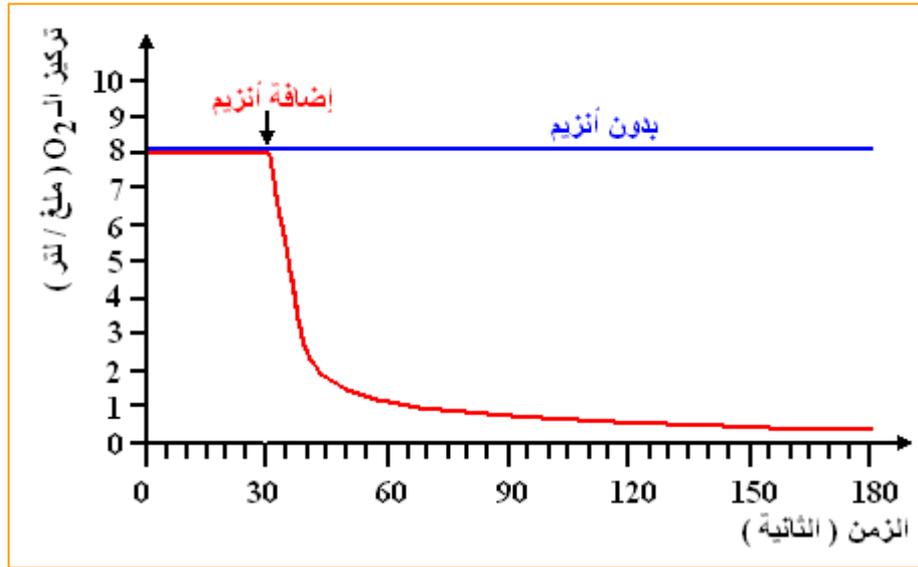
✓ وقع الاختيار على هذا الأنزيم نظرا لإمكانية متابعة هذا التفاعل عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب باستعمال لاقط الأكسجين ، لأن التفاعل يؤدي إلى استهلاك الأكسجين .  
باستعمال أنزيم غلوكوز أكسيداز ( GO ) تم إجراء سلسلة من التجارب عن طريق ExAO كما يلي :

**ملاحظة :**

- ✓ نستدل على استهلاك الغلوكوز بتناقص الـ  $\text{O}_2$  ( في حالة أنزيم GO ) .
- ✓ نستدل على استهلاك الـ  $\text{H}_2\text{O}_2$  بتزايد الـ  $\text{O}_2$  ( في حالة أنزيم catalase ) .

**التجربة 1: دراسة تغيرات تركيز الأكسجين بدلالة الزمن في غياب و في وجود الأنزيم :**

تمت الدراسة باستعمال محلول غلوكوزي ( مادة التفاعل Substrat ) بتركيز محدد و في درجة حرارة ثابتة ( 37 م° ) و عند درجة PH ثابتة ( PH = 7 ) . بعد وضع عناصر التفاعل في المفاعل يتم تشغيل التركيب التجريبي و يبدأ التسجيل على شاشة الحاسوب بعد تشغيل البرنامج .  
عند ز = 30 ثانية من انطلاق التسجيل يتم حقن تركيز ثابت من الأنزيم ( GO ) .  
يتم إجراء نفس التجربة السابقة بدون حقن للأنزيم .  
النتائج المتحصل عليها ممثلة في الوثيقة ( 3 ) .



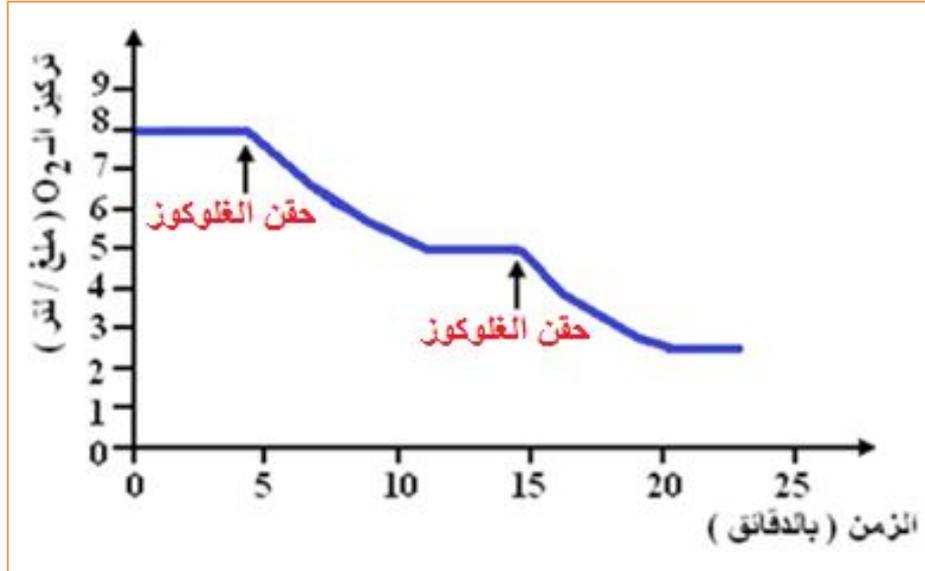
**الوثيقة - 3 -**

**• حل و فسر المنحنيين بالاعتماد على معادلة التفاعل 1 .**

- ✓ يمثل المنحنى تغيرات تركيز الـ O<sub>2</sub> في الوسط بدلالة الزمن قبل و بعد إضافة الأنزيم GO .
- ✓ في غياب الأنزيم ( GO ) يكون تركيز الأكسجين في الوسط ثابتا و مرتفعا و يفسر بعدم استهلاكه لغياب الأنزيم .
- ✓ عند إضافة الأنزيم ( GO ) إلى الوسط يتناقص تركيز الأكسجين في الوسط مع مرور الزمن و يفسر باستهلاكه في أكسدة الغلوكوز نظرا لتشكل معقد أنزيم - مادة تفاعل ( ES ) ، و هذا لوجود الأنزيم .
- **استنتج دور الأنزيم في هذا التفاعل .**
- ✓ حفز الأنزيم ( GO ) تفاعل أكسدة الغلوكوز في وجود الأكسجين ، و إنتاج حمض الغلوكونيك و فوق أكسيد الهيدروجين ( H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ) .

**التجربة 2:** دراسة تغيرات تركيز الأوكسجين بدلالة الزمن بعد حقن كمية قليلة من مادة التفاعل ( الغلوكوز ) باستعمال تركيز محدد من الأنزيم و في درجة حرارة ثابتة ( 37 م° ) و عند درجة PH ثابتة ( PH = 7 ):

تم حقن كمية متساوية من الغلوكوز عند الزمنين  $t_1$  و  $t_2$  باستعمال تركيز محدد من الأنزيم GO . النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة ( 4 ) .



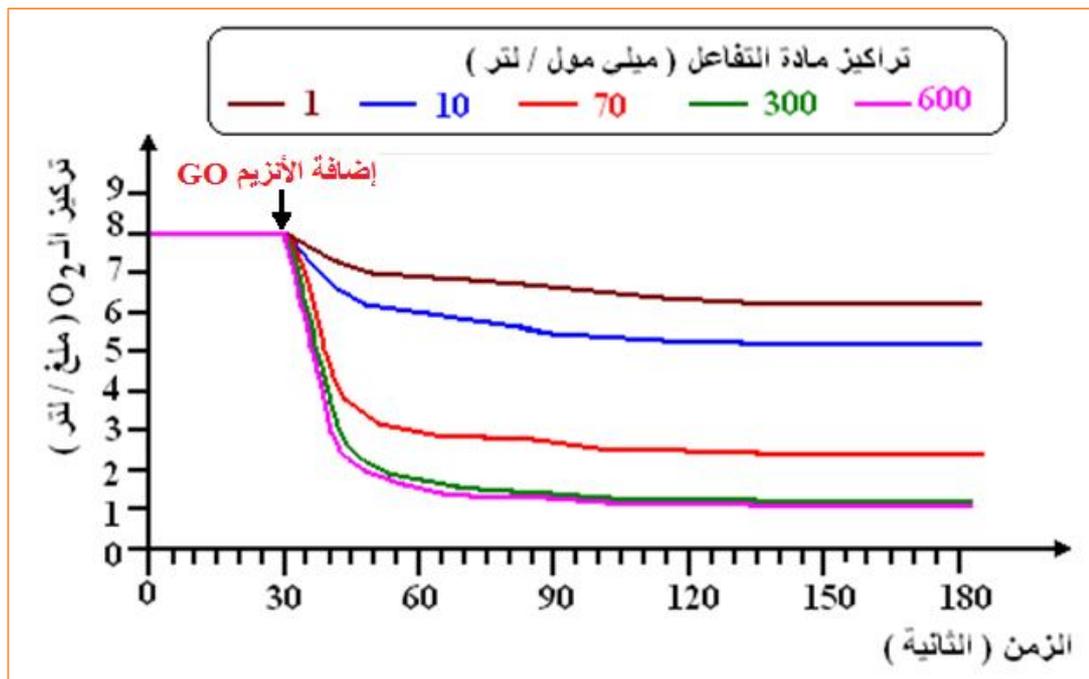
**الوثيقة - 4 -**

- **حل و فسر المنحنى بعد الحقن الثاني .**
- ✓ يمثل المنحنى تغيرات تركيز الـ  $O_2$  في وجود كمية محددة من الـ GO بعد حقن كميتين متساويتين من الغلوكوز في درجة حرارة = 37 م° و PH = 7 .
- ✓ ينخفض تركيز الأوكسجين بعد كل عملية حقن للغلوكوز دلالة على أن نفس الأنزيم قام بأكسدة الغلوكوز و استهلاك الأوكسجين في الحقن الأول و الثاني ، أي أن الأنزيم لم يتأثر بالتفاعل ، حيث يلاحظ نفس الانخفاض في تركيز الأوكسجين عقب الحقن الأول و الحقن الثاني .
- **ما هي المعلومة الإضافية التي يمكن استنتاجها حول عمل الأنزيم ؟**
- ✓ لا يستهلك الأنزيم خلال التفاعل ، و إنما يتم استهلاك مادة التفاعل ( الغلوكوز ) .
- **علل إجابتك .**
- ✓ عودة النشاط الأنزيمي بعد إضافة الغلوكوز رغم عدم تجديد الأنزيم .

**التجربة 3: دراسة تغيرات السرعة الابتدائية للتفاعل الأنزيمي ( Vi =Vitesse initiale ) بدلالة تركيز مادة التفاعل ( الغلوكوز ) .**

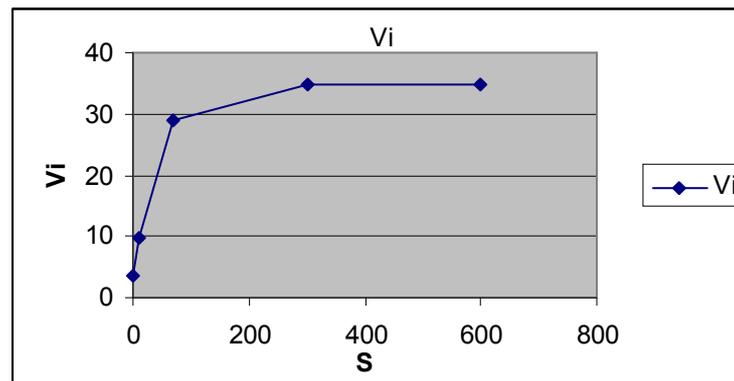
تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب تم في كل تجربة استعمال نفس التركيز من الأنزيم و تراكيز متغيرة من مادة التفاعل ( الغلوكوز ) في كل تجربة ( 1 ، 10 ، 70 ، 300 ، 600 ميكرومول من S / ل ). تم إجراء التجارب الخمسة عند نفس درجة الحرارة ( 37 م° ) و عند نفس درجة الـ PH ( PH = 7 ). نتائج التجارب الخمسة ممثلة في منحنيات الوثيقة ( 5 ) . كما يوضح الجدول ( 1 ) قيم السرعة الابتدائية التي تم استخراجها من معطيات الوثيقة ( 5 ) .

تركيز S	Vi ( ملغ / ل / دقيقة )
1	3.6
10	9.6
70	28.8
300	34.8
600	34.8



**الوثيقة - 5 -**

• **أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة تركيز مادة التفاعل .**



● باستعمال معطيات الجدول ( 1 ) حلل المنحنى الناتج .

✓ يمثل المنحنى تغيرات تركيز الـ  $O_2$  في الوسط عقب حقن كمية محددة من الـ GO و تراكيز مختلفة لمادة التفاعل ( الغلوكوز ) .

✓ من التركيز 1 حتى التركيز 300 : كلما زاد التركيز زادت السرعة الابتدائية للتفاعل الأنزيمي .

✓ من التركيز 300 وحتى التركيز 600 : مهما زاد التركيز بقيت السرعة الابتدائية للتفاعل الأنزيمي ثابتة .

● ماذا تستنتج ؟

- تثبت السرعة الابتدائية للتفاعل الأنزيمي عند التراكيز العالية لمادة التفاعل.

● اقترح فرضية أو فرضيات لتعليل تغيرات سرعة التفاعل الأنزيمي في التراكيز المرتفعة لمادة التفاعل .

✓ لم يعد الأنزيم قادرا على تحويل كميات أكبر من مادة التفاعل .

✓ بلغ الأنزيم طاقته القصوى في تحويل مادة التفاعل .

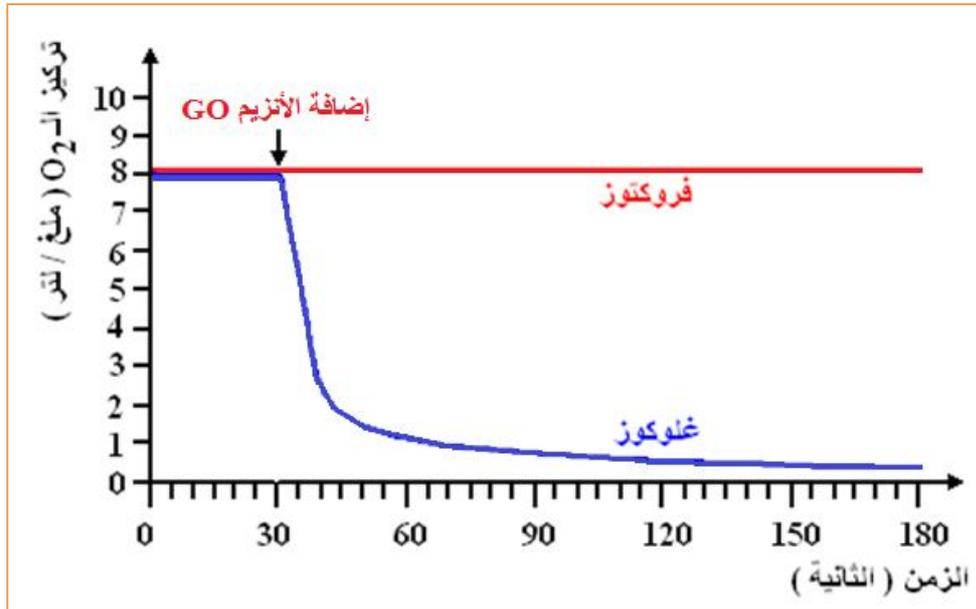
✓ تشبع الأنزيم بمادة التفاعل .

● ما هي المعلومة الإضافية التي يمكن استنتاجها حول عمل الأنزيم ؟

- يؤثر الأنزيم على مادة التفاعل و ذلك بالارتباط بها .

التجربة 4: دراسة تغيرات تركيز الأكسجين بدلالة الزمن في وجود الغلوكوز أو الفروكتوز .

أنجزت في هذه المرة تجربتين تم في كل منها قياس تغيرات تركيز الأكسجين في وسط التفاعل المحتوي على تركيز ثابت من الأنزيم ( GO ) بالإضافة إلى سكر الغلوكوز أو الفروكتوز في درجة حرارة ثابتة ( 37 م° ) و عند درجة PH ثابتة ( PH = 7 ) . النتائج ممثلة في الوثيقة - 6 - .



الوثيقة - 6 -

● فسر عدم استهلاك الأكسجين في حالة الفروكتوز ، و استهلاكه في حالة الغلوكوز.

✓ عدم استهلاك الأكسجين بسبب عدم حدوث التفاعل في حالة وجود الفروكتوز .

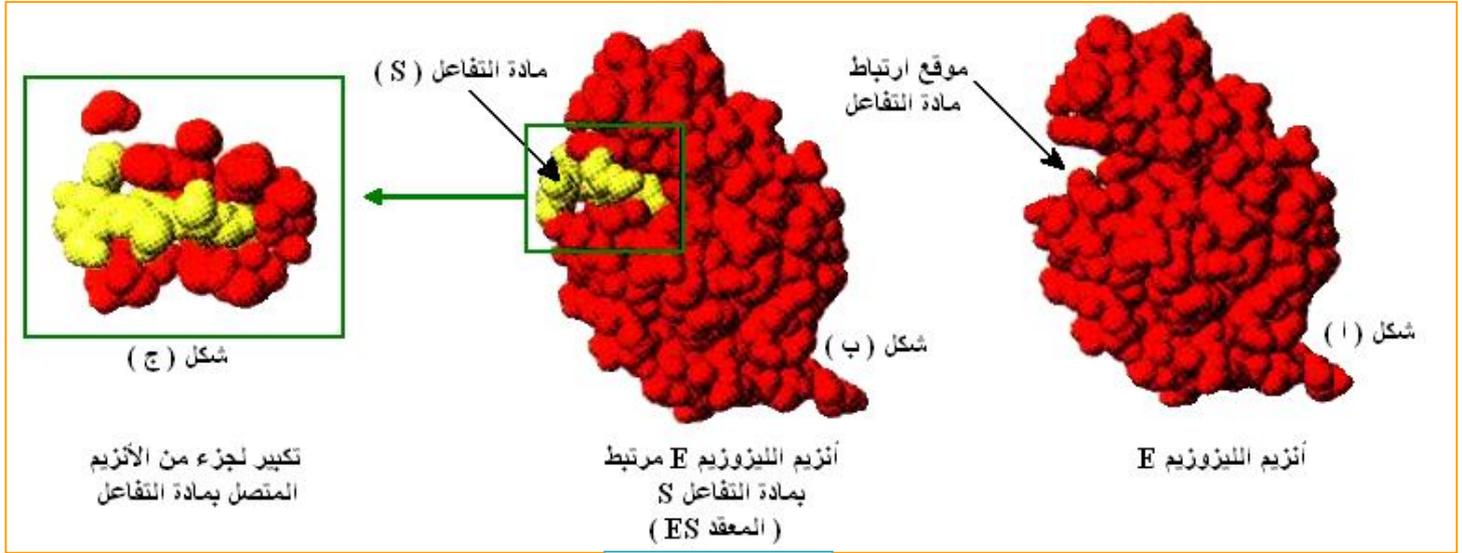
✓ أما استهلاك الأكسجين فيدل على حدوث التفاعل في حالة وجود الغلوكوز .

● ماذا تستنتج فيما يخص علاقة الأنزيم بمادة التفاعل ؟

- الأنزيم نوعي متخصص .

**4: النماذج الجزيئية للأنزيم و مادة التفاعل .**

أ - تم عن طريق برنامج راستوب تمثيل البنية الفراغية لإنزيم الليزوزيم ( E ) في غياب مادة التفاعل و في وجودها ( ES ) ، فتحصلنا على النماذج الجزيئية الموضحة في الوثيقة ( 7 ) .



**الوثيقة - 7 -**

• ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بين البنية الفراغية للأنزيم و مادة التفاعل انطلاقا من الشكلين ( ب ) و ( ج ) من الوثيقة ( 7 ) ؟

✓ ينتج عن البنية الفراغية للإنزيم موقع تفاعل يتكامل بنيويا مع مادة التفاعل  
 • ما هي العلاقة بين أشكال الوثيقة ( 7 ) و ثبات سرعة التفاعل عند التراكيز العالية لمادة التفاعل في التجربة ( 3 ) ؟

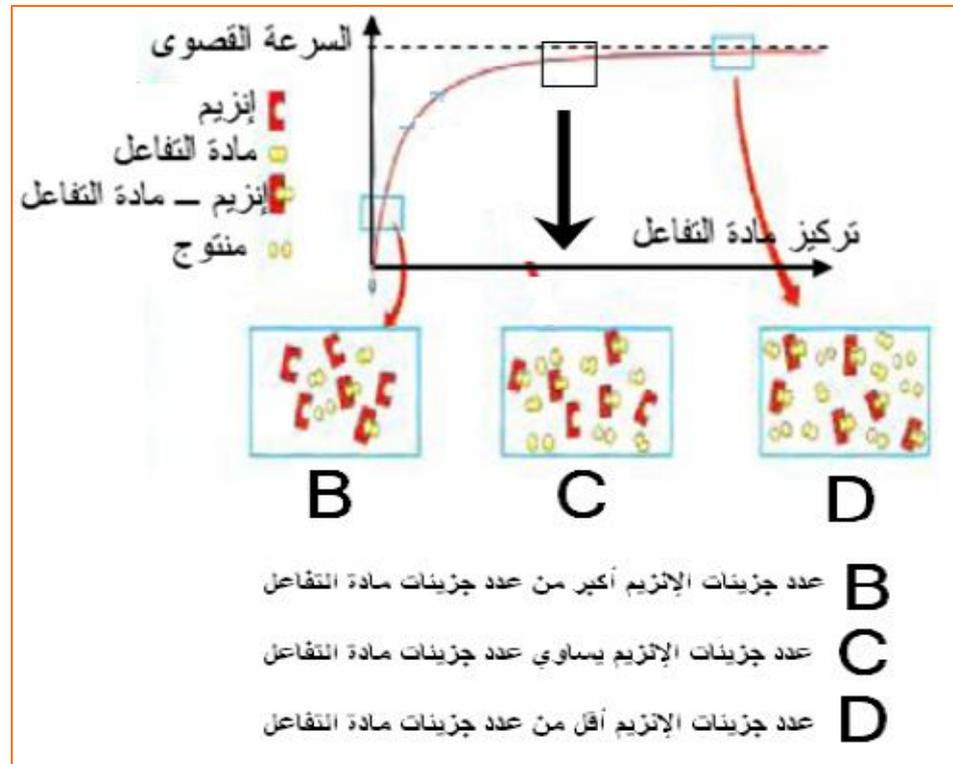
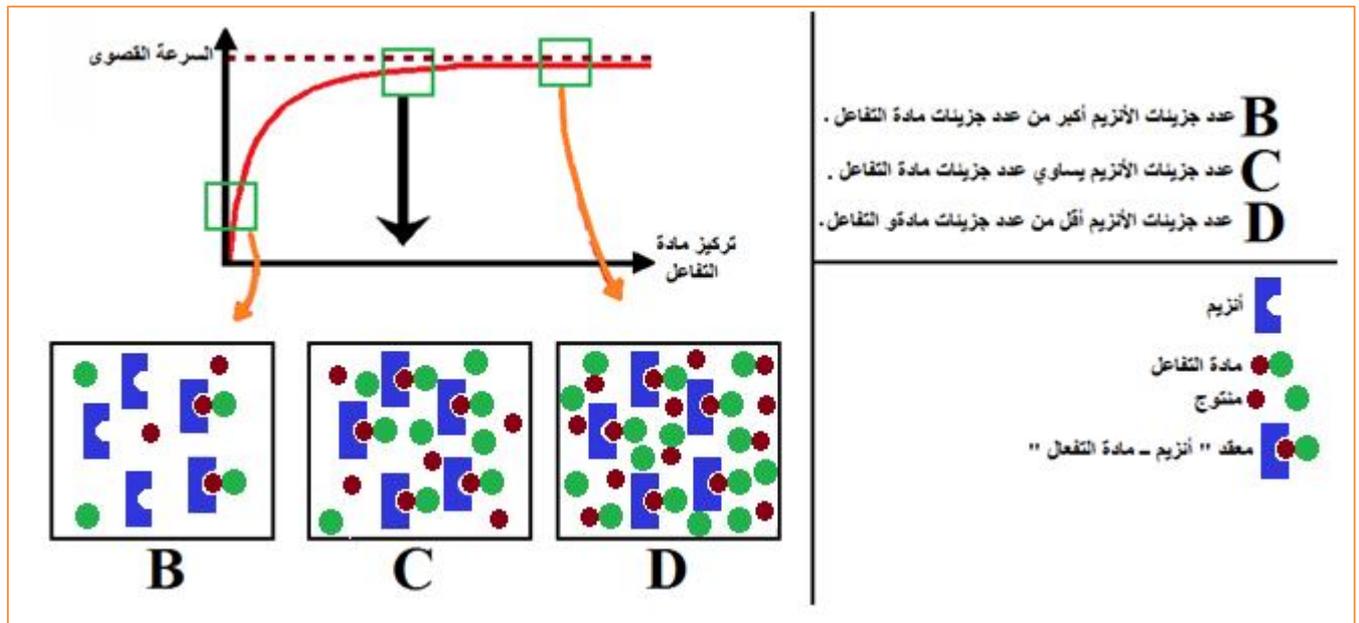
✓ وجود عدد محدد من مواقع الارتباط على الأنزيم و عند تشبعها تصل سرعة نشاط الأنزيم إلى أقصاها .  
 • هل تأكدت إحدى الفرضيات المقترحة سابقا ؟  
 ✓ نعم .

• اقترح تسمية لموقع ارتباط مادة التفاعل مع الأنزيم .  
 ✓ الموقع الفعال .

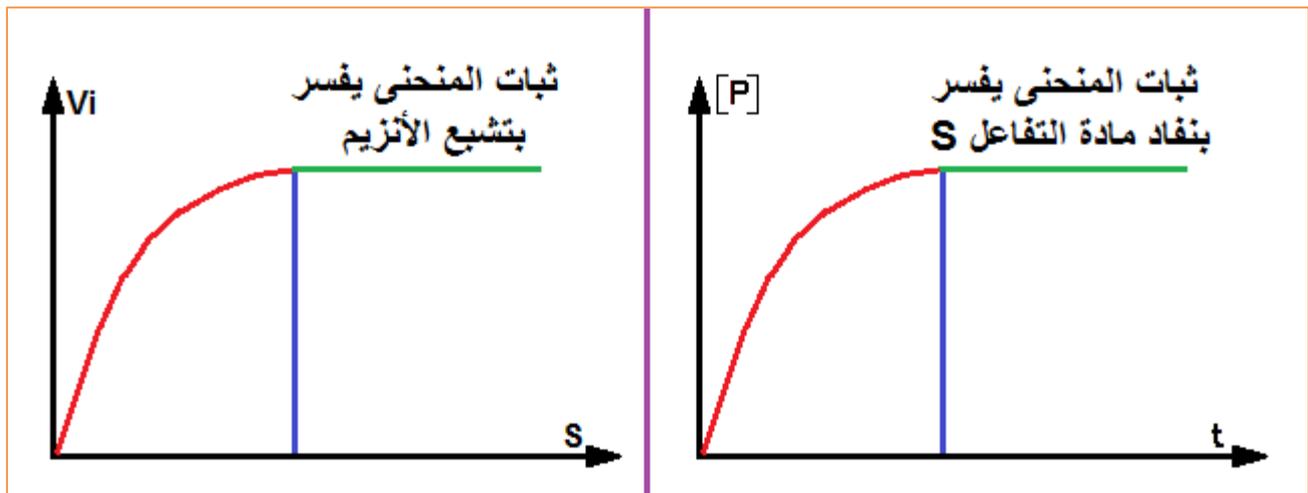
• بالاعتماد على الوثيقة - 7 - قدم تفسيرا لنتائج الوثيقة - 5 - ، مدعما إجابتك برسم تخطيطي تفسيري يحمل جميع البيانات :

✓ يتم التفاعل بتشكيل معقد " أنزيم - مادة التفاعل " ، و عند تشبع جميع الأنزيمات الموجودة في الوسط بمادة التفاعل ، تثبت سرعة التفاعل عند قيمة قصوى .

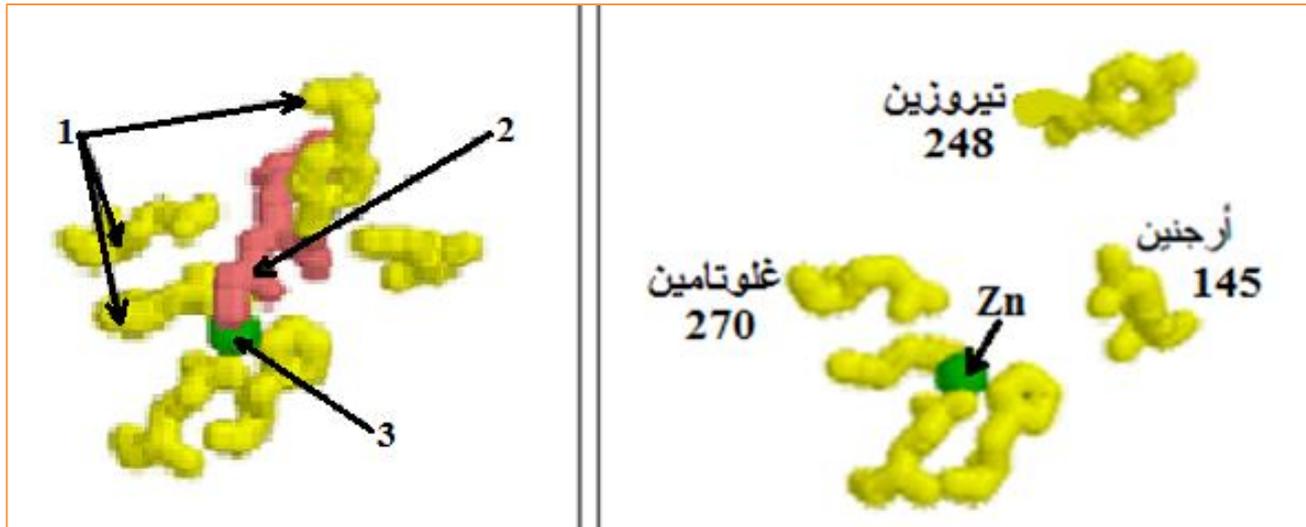
✓ فتزايد نسبة النشاط الإنزيمي يفسر بزيادة عدد المواقع الفعالة النشطة و المساهمة في احتواء الركيزة وهو ما يرفع من حركية التفاعل بمرور الزمن ، أما الوصول إلى القيمة الأعظمية لهذا النشاط وثباتها فيفسر بالوصول إلى درجة التشبع الإنزيمي التي يرتبط ثباتها أيضا بوجود "توازن ديناميكي" أي سرعة استهلاك المعقدات تعادل سرعة إنتاجها .



ملاحظة :



ب - يمثل الشكل ( أ ) من الوثيقة الموالية الأحماض الأمينية التي يتشكل منها الموقع الفعال للإنزيم كربوكسي بيبتيديز ( Carboxy peptidase ) ، بينما يمثل الشكل ( ب ) الموقع الفعال في وجود مادة التفاعل .



الشكل ( ب )

الشكل ( أ )

• تعرف على البيانات المرقمة ، و ماذا تمثل ذرة الزنك ؟

✓ 1 : أحماض أمينية ، 2 : مادة التفاعل ، 3 : ذرة الزنك تمثل موقع التحفيز .

• قارن بين الشكلين " أ " و " ب " :

✓ في غياب مادة التفاعل تأخذ الأحماض الأمينية المشكلة للموقع الفعال وضعية فراغية معينة متباعدة .  
 ✓ في وجود مادة التفاعل تأخذ الأحماض الأمينية المشكلة للموقع الفعال وضعية فراغية متقاربة نحو مادة التفاعل .

• ما هي الأدلة التي تقدمها هذه الوثيقة حول التخصص الوظيفي للإنزيم ؟

✓ تغيرات في شكل و موقع الأحماض الأمينية المشكلة للموقع الفعال حيث أن :

\* الشكل ( أ ) يبين أحماضاً أمينية متفرقة .

\* الشكل ( ب ) يبين أحماضاً أمينية متجمعة .

✓ ففي وجود مادة التفاعل يتثبت جزء منها مع بعض الأحماض الأمينية ( موقع التثبيت ) ، و الجزء الآخر يتثبت على أحماض أمينية أخرى و التي تشكل الموقع التحفيزي .

• قدم تفسيراً للتغيرات الملاحظة في الشكلين .

✓ يعود تقارب الأحماض الأمينية في الشكل ( ب ) رغم تباعدها في الشكل ( أ ) إلى ظهور روابط جديدة بعد التفاف السلسلة حول بعضها البعض و تحلونها أدت إلى ظهور بنيات ثانوية ثم ثالثية مما يجعل الأحماض الأمينية المشكلة للموقع الفعال ليست متتالية في السلسلة الخطية ، حيث تسمح الانطواءات لأحماض أمينية ذات أرقام متباعدة في السلسلة الخطية بأن تتقارب فضائياً لتشارك في تشكيل بنية الموقع الفعال و ذلك أثناء نضج الإنزيم .

• الأحماض الأمينية المرقمة في الشكل (أ) يتغير موضعها عند اقتراب مادة التفاعل .

أ- ما الهدف من تغير موضع الأحماض الأمينية ؟

✓ أ: الهدف من ذلك لأجل تحقيق التكامل البنوي بين الموقع الفعال وجزء الركيزة لتصبح المجموعات الكيميائية في الموقع المناسب للتأثير على الركيزة .

ب- سم نوع التكامل الذي يتحقق في هذه الحالة .

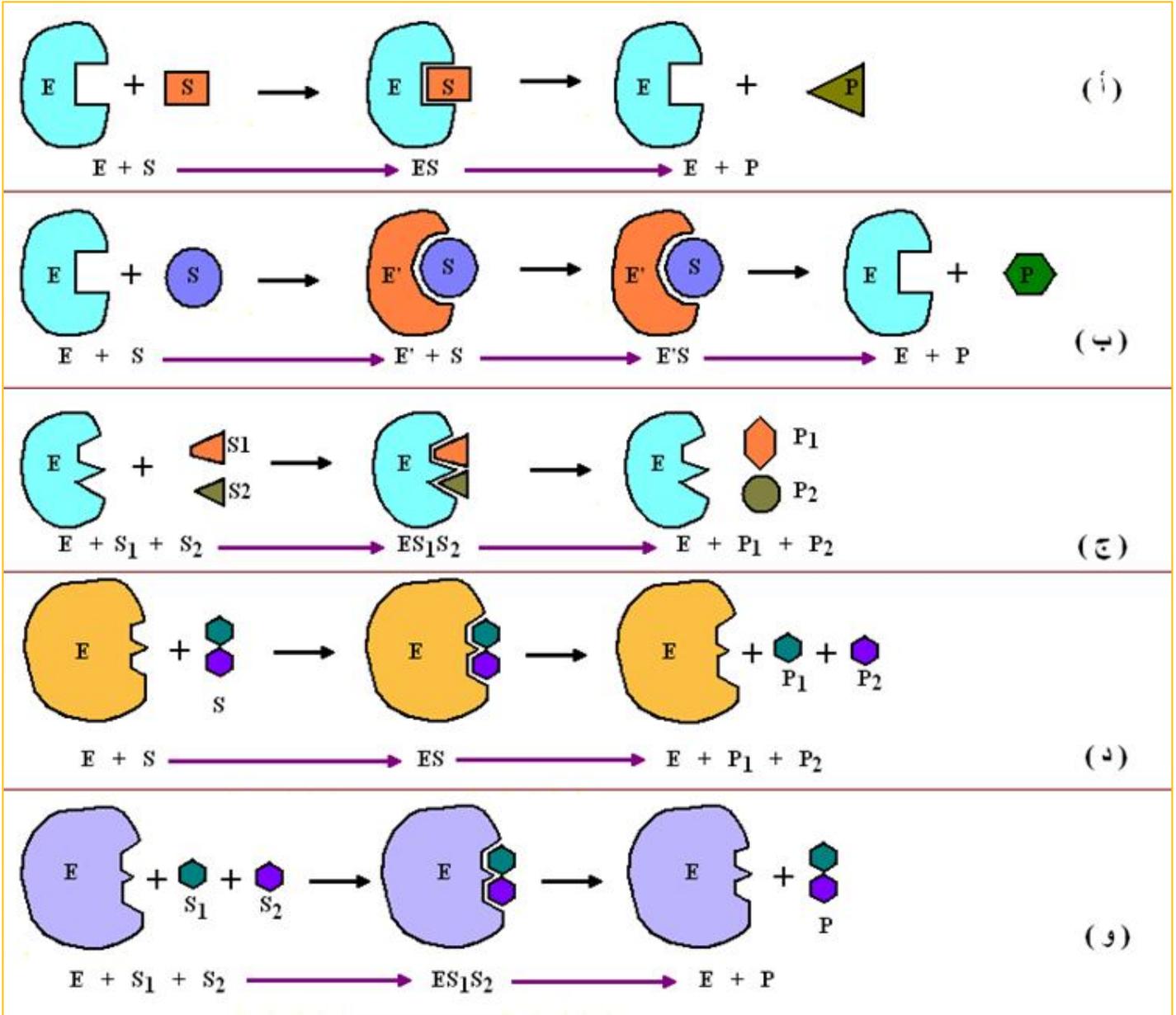
✓ تفاعل محفز .

• ماذا يمكنك استنتاجه حول طريقة عمل الإنزيم ؟

✓ تتم طريقة عمل الإنزيم بحدوث تكامل بين الموقع الفعال للإنزيم و مادة التفاعل عند اقتراب هذه الأخيرة التي تحفز الإنزيم لتغيير شكله الفراغي ، فيصبح الموقع الفعال مكماً لشكل مادة التفاعل .

**5: العلاقة بين الأنزيم و مادة التفاعل :**

لتوضيح أكثر للعلاقة بين الأنزيم و مادة التفاعل في الحالات المختلفة نقترح عليك الأشكال الموضحة في الوثيقة ( 8 ) .



**الوثيقة - 8 -**

- قدم تعريفا لكل من مادة التفاعل و المنتج .
- مادة التفاعل ( S ) Substrat : جزيئة تدخل في تفاعل لتتحول بتأثير أنزيم إلى منتج .
- المنتج ( P ) Produit : جزيئة تنتج خلال تفاعل أنزيمي .
- قارن شكل الأنزيم و مادة التفاعل في الشكلين ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة ( 8 ) قبل و بعد الارتباط .
- ✓ في الشكل ( أ ) : يوجد تكامل بنيوي بين الأنزيم و مادة التفاعل حيث نتج عن هذا الارتباط تشكل مادة ( P ) .
- ✓ في الشكل ( ب ) : لا يوجد تكامل بنيوي بين الأنزيم و مادة التفاعل ، و لهذا يضطر الأنزيم إلى تغيير شكل موقعه الفعال ليصبح مكملا لشكل مادة التفاعل ( تفاعل محفز ) ، حيث نتج عن هذا الارتباط تشكل مادة ( P ) .
- ماذا تستنتج ؟
- ✓ يؤثر الأنزيم على مادة التفاعل نتيجة التكامل البنيوي بينهما .
- ✓ قد يتغير شكل الموقع الفعال تحت تأثير مادة التفاعل ( تفاعل محفز ) .

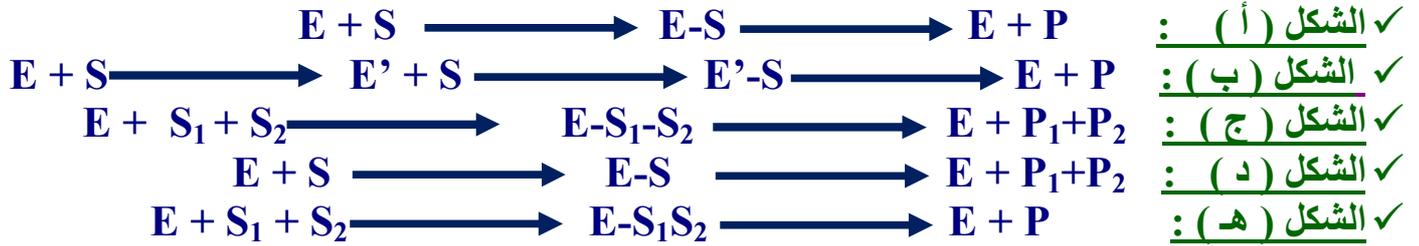
● بالاعتماد على نواتج التفاعلات لكل أنزيم حدد نوع التفاعل الذي يقوم به الأنزيم في الحالات (ج ، د ، و) ؟

\* في الحالة (ج) : يقوم الأنزيم بتحويل كيميائي لمواد التفاعل .

\* في الحالة (د) : يقوم الأنزيم بتفكيك (إمالة) مادة التفاعل .

\* في الحالة (و) : يقوم الأنزيم بتركيب (بلمرة) لمواد التفاعل .

● باستعمال الرموز " P ، S ، E " ، وضح بمعادلات كيميائية التفاعلات الموافقة لأشكال الوثيقة - 8 - .



● ما هو نوع التفاعل الذي ينتمي إليه أنزيم GO و Catalase ؟ مع التعليل .

\* التفاعل الذي ينتمي إليه أنزيم GO : هو التفاعل الممثل في الشكل (ج) لأنه قام بتحويل مادة إلى أخرى .

\* التفاعل الذي ينتمي إليه أنزيم Catalase : هو التفاعل الممثل في الشكل (د) لأنه قام بتفكيك مادة

إلى مكوناتها .

ملاحظة :

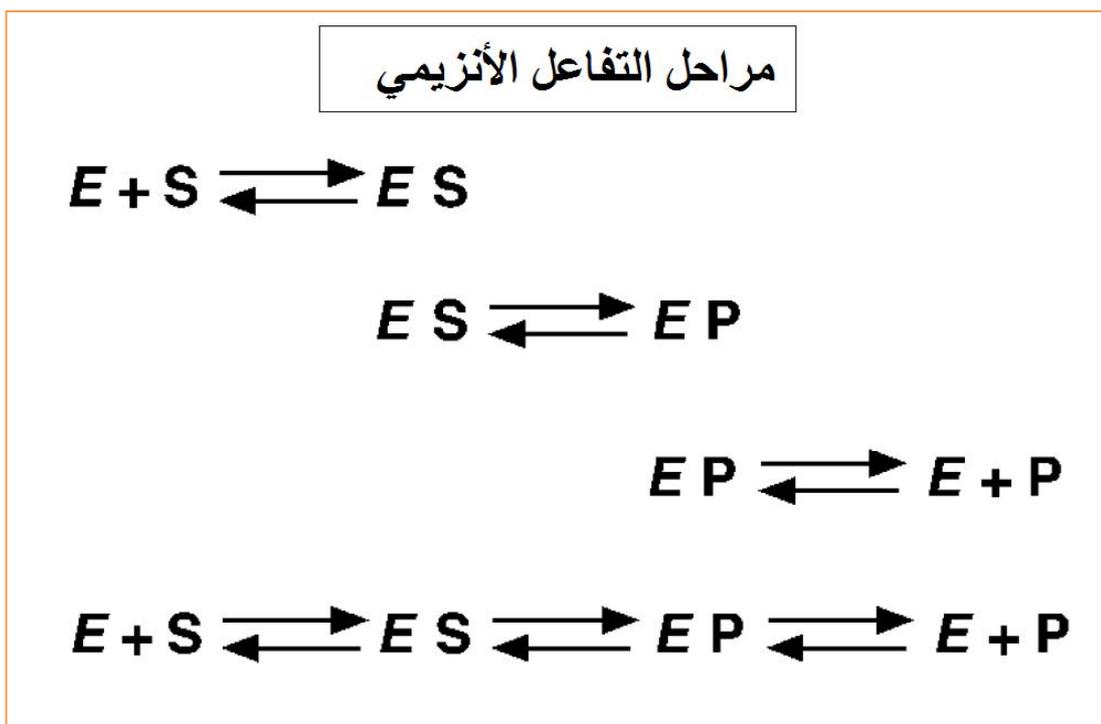
قاعدة عامة لمعرفة نوع التفاعل :

تحفز الأنزيمات تفاعلات تحويل أو تركيب أو تفكيك .

- تفاعل تحويل : مادة س تعطي مادة ع .

- تفاعل تركيب : أكثر من مادة (مثلا "س + ع") تعطي مادة واحدة ( "ص" مثلا) .

- تفاعل تفكيك : مادة واحدة ( "ص" مثلا) تعطي مجموعة مواد ( "س + ع" مثلا) .



• للأنزيم تأثير نوعي مزدوج ، اشرح ذلك .

✓ للأنزيم تأثير نوعي مزدوج :

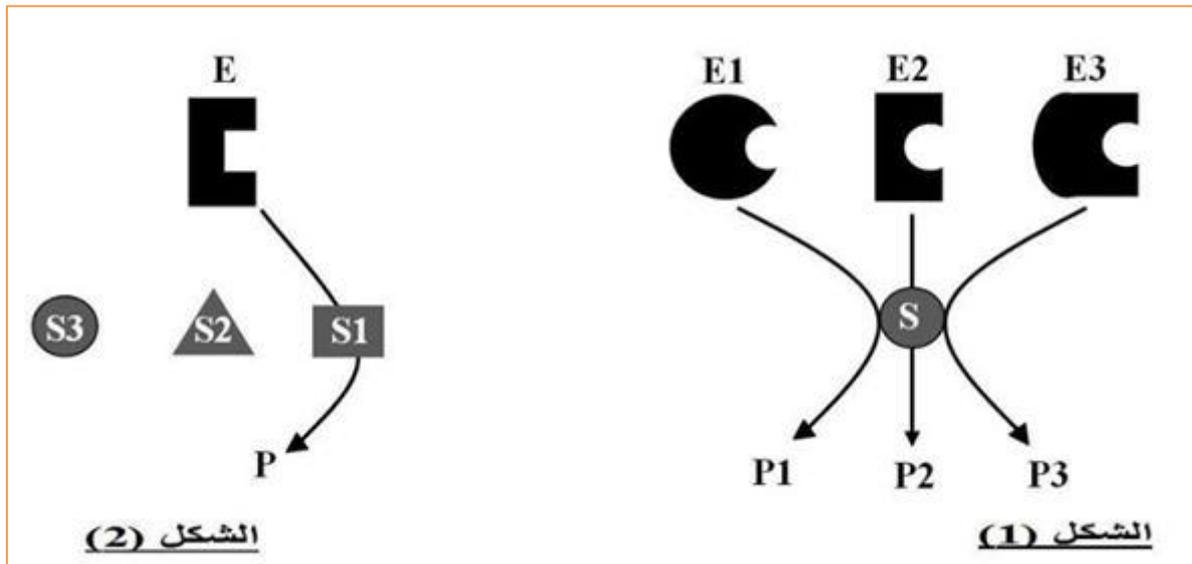
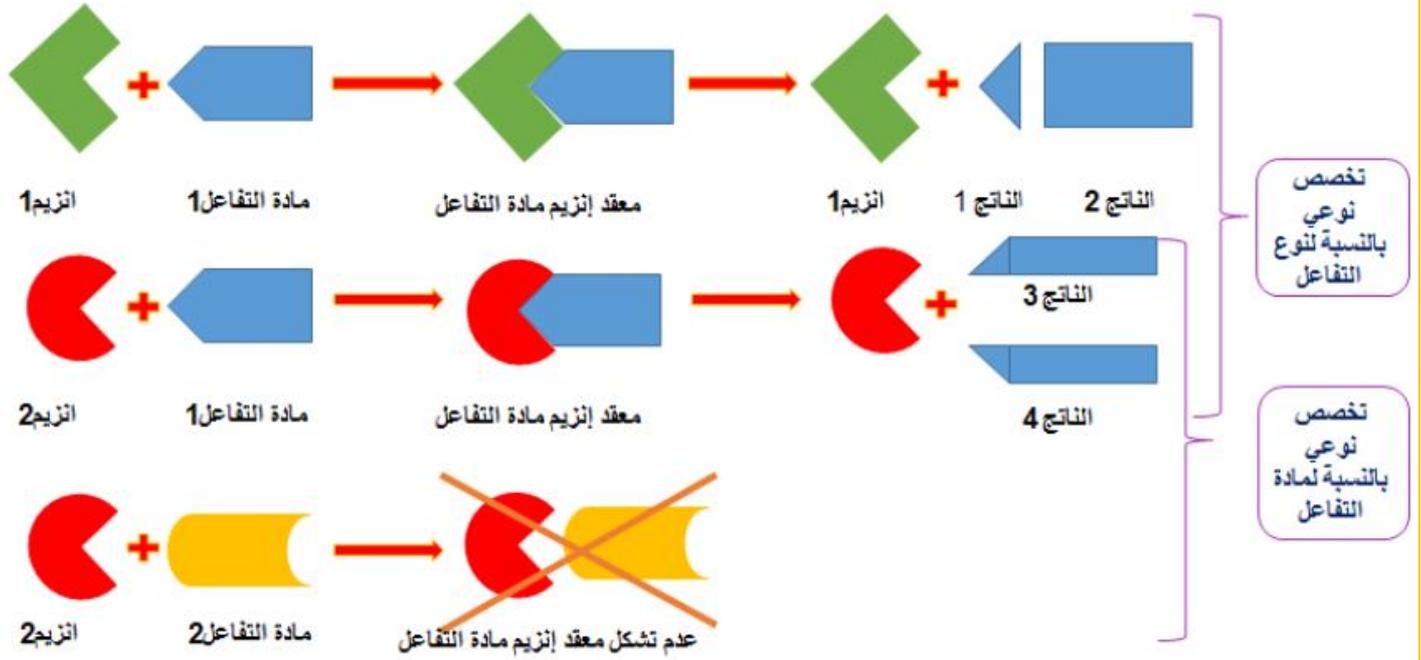
\* تأثير نوعي بالنسبة لنوع التفاعل : كل أنزيم يحفز نوعا واحدا من التفاعل .

( أنزيمات مختلفة تؤثر على نفس مادة التفاعل )

\* تأثير نوعي بالنسبة لمادة التفاعل : كل أنزيم يتعرف على نوع واحد من مادة التفاعل .

( أنزيم واحد يؤثر على مادة تفاعل واحدة )

## التخصص المزدوج للأنزيمات



تخصص نوعي بالنسبة لمادة التفاعل

تخصص نوعي بالنسبة لنوع التفاعل

**• عرف الموقع الفعال .**

✓ هو جزء من الأنزيم يرتبط نوعيا بمادة التفاعل ، مشكل من أحماض أمينية محددة وراثيا ( عددا ، نوعا و ترتيبا ) ، يضم موقعين أحدهما موقع التثبيت له القدرة على التعرف النوعي على مادة التفاعل ، و الثاني موقع التحفيز أو التنشيط على مستواه يتم حدوث التفاعل الكيميائي .

**• استنتج مميزات الموقع الفعال للأنزيم .**

✓ يأخذ حيزا صغيرا من الأنزيم ، أي أن أغلب الأحماض الأمينية لا تشارك في التفاعل مباشرة .  
 ✓ يأخذ شكل ثلاثي الأبعاد ، و قد يتكون من أحماض أمينية متباعدة عن بعضها في التسلسل فأنزيم الليزوزيم يتكون موقعه الفعال من الأحماض الأمينية 35 ، 62 ، 63 ، 101 ، 107 .  
 ✓ تكون الروابط بين مادة التفاعل و الموقع الفعال للأنزيم ضعيفة يسهل كسرها .  
 ✓ هناك تكامل بنيوي في الشكل الفراغي بين مادة التفاعل و الموقع الفعال للأنزيم يشبه التكامل بين القفل و المفتاح .

✓ في بعض الأنزيمات يكون هذا التكامل موجودا في وجود و في غياب مادة التفاعل .  
 ✓ في البعض الآخر من الأنزيمات يتم التكامل فقط عند اقتراب مادة التفاعل التي تحفز الأنزيم لتغيير شكله الفراغي فيصبح مكملا لشكل مادة التفاعل : إنه التفاعل المحفز .

**• هل يمكن للأنزيم أن يحتوي على عدة مواقع فعالة ؟**

✓ نعم قد يحتوي الأنزيم على أكثر من موقع فعال واحد إذا كانت له بنية رابعة ( مكون من أكثر من سلسلة بيبتيديّة واحدة ) .

**• هل عدد المواقع يساوي حتما عدد السلاسل البيبتيديّة ؟**

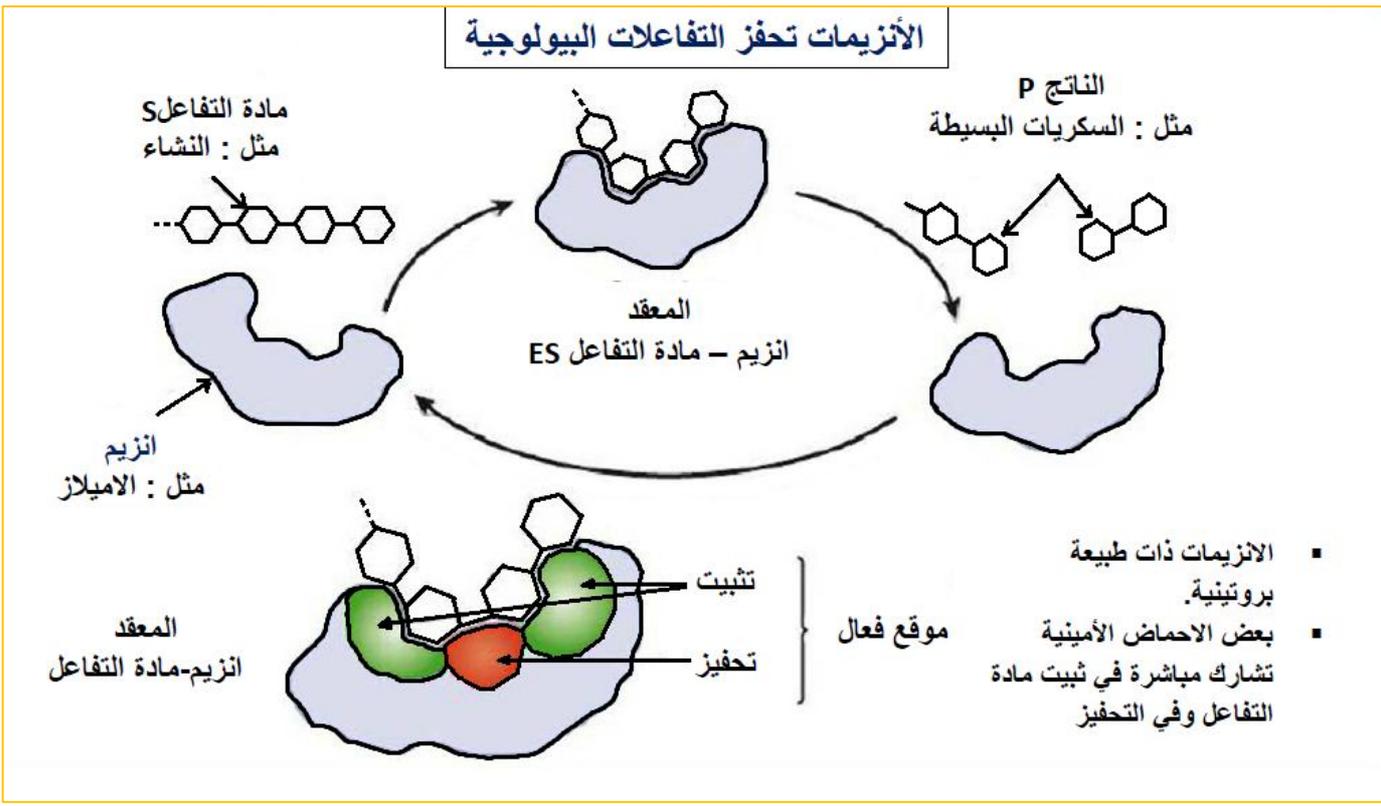
✓ عدد المواقع لا يجب أن يساوي حتما عدد السلاسل البيبتيديّة .

**• بعض التفاعلات الأنزيمية تتطلب مادتي تفاعل أو أكثر ، فهل يكون لكل مادة تفاعل موقع فعال خاص بها ؟**

✓ في هذه الحالة يكون الموقع الفعال واحد مقسم إلى جزأين ، كل منهما خاص بمادة محددة .

**• حدد الخاصية البنيوية للموقع الفعال التي تلعب دورا أساسيا في التخصص الوظيفي للأنزيم .**

✓ يتميز الموقع الفعال ببنية فراغية متكاملة مع مادة تفاعل معينة ، و تتمثل هذه البنية في نوع ، عدد و ترتيب محدد للأحماض الأمينية .



**دراسة تأثير تغيرات درجة الـ PH الوسط على نشاط الأنزيمي**

**أ - وضعية الانطلاق :**

يتأثر نشاط الأنزيمات بشروط الوسط الذي يعمل فيه الأنزيم، من بين هذه الشروط درجة حموضة الوسط .

**ب - الإشكاليات :**

• كيف تؤثر درجة حموضة الوسط على نشاط الأنزيمات ؟

**ج - الفرضيات :**

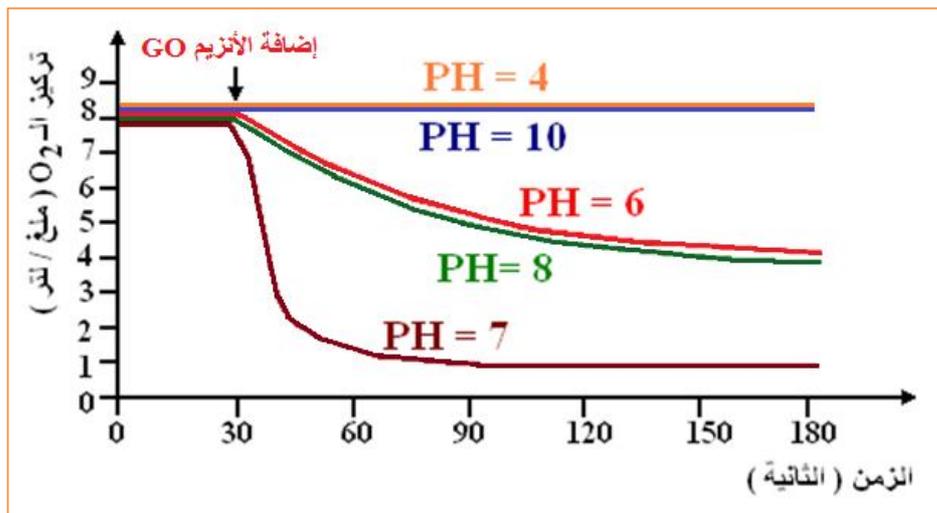
- الأنزيم من طبيعة بروتينية و البروتين يتأثر بالأحماض .
- لكل بروتين درجة حموضة خاصة به .

**د - التقصي :**

**1 - تأثير تغيرات درجة الـ PH :**

تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب حيث في كل تجربة استعمل نفس التركيز من الأنزيم و نفس التركيز من مادة التفاعل و في كل تجربة تغير درجة الـ PH ( 4 ، 6 ، 7 ، 8 ، 10 ). أجريت التجارب الخمسة في نفس درجة الحرارة ( 37°م ) . نتائج التجارب الخمسة ممثلة في الوثيقة - 1 .

الـ PH	Vi ( ملغ / ل / دقيقة )
4	0
6	3.6
7	33.6
8	3.6
10	0



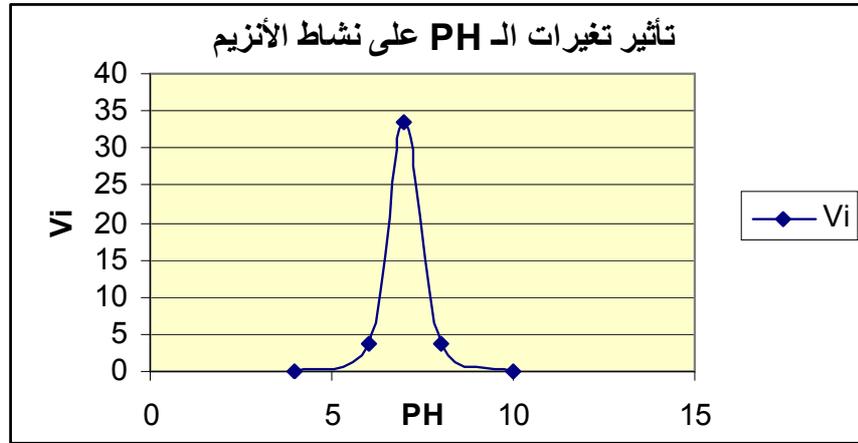
**الوثيقة - 1 -**

**• حل و فسر المنحنيات .**

- يمثل المنحنى تغيرات تركيز الـ O<sub>2</sub> بدلالة الزمن أثناء نشاط الـ GO في درجات PH مختلفة .
- قبل إضافة الأنزيم : يكون تركيز الأكسجين ثابتا دلالة على عدم استهلاكه لغياب الأنزيم .
- بعد إضافة الأنزيم :

- \* **في PH = 4 و 10 :** يكون تركيز الأكسجين ثابتا و مرتفعا دلالة على عدم استهلاكه رغم وجود الأنزيم .
- \* **في PH = 6 و 8 :** تناقص طفيف لتركيز الأكسجين في الوسط دلالة على استهلاكه الطفيف .
- \* **في PH = 7 :** تناقص كبير لتركيز الأكسجين في الوسط دلالة على استهلاكه الكبير .

- استنتج تأثير الـ PH على نشاط الأنزيم ؟
- ✓ يتأثر نشاط الأنزيم بتغيرات درجة الـ PH و يكون نشاطه أعظما في درجة PH محددة تقدر في هذه الحالة بـ 7 .
- أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة درجة الـ PH .



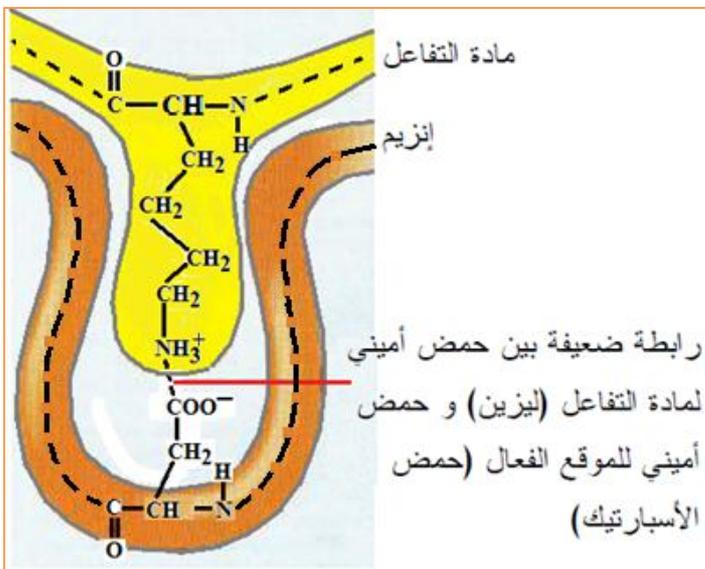
- ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بينهما ؟
- يكون نشاط الأنزيم أعظما عند درجة PH مثلى .
- كيف تفسر النشاط الأنزيمي عند قيم PH التالية: PH=7 و عند القيم الأخرى للـ PH .
- أ - عند PH=7 :

تكون البنية الفراغية للأنزيم مستقرة تسمح بحدوث التكامل البنيوي للموقع الفعال مع مادة التفاعل ، حيث تتشكل روابط كيميائية ضعيفة بين بعض المجموعات الكيميائية الحرة للأحماض الأمينية للموقع الفعال و جزء من مادة التفاعل فتصبح المجموعات الكيميائية الضرورية لحدوث التفاعل في الموقع المناسب للتأثير على مادة التفاعل ، لذلك يكون النشاط الأنزيمي أعظما .

#### ب - عند القيم الأخرى للـ PH .

يتناقص النشاط الأنزيمي كلما ابتعدنا عن القيمة المثلى ( PH=7 ) فيفقد الموقع الفعال شكله المميز بتغير حالته الأيونية حيث : \* عند القيم  $PH < 7$  : تصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية للموقع الفعال موجبة .  
\* عند القيم  $PH > 7$  : تصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية للموقع الفعال سالبة .  
و هذا يعيق تثبيت مادة التفاعل ، و بالتالي يمنع حدوث التفاعل .

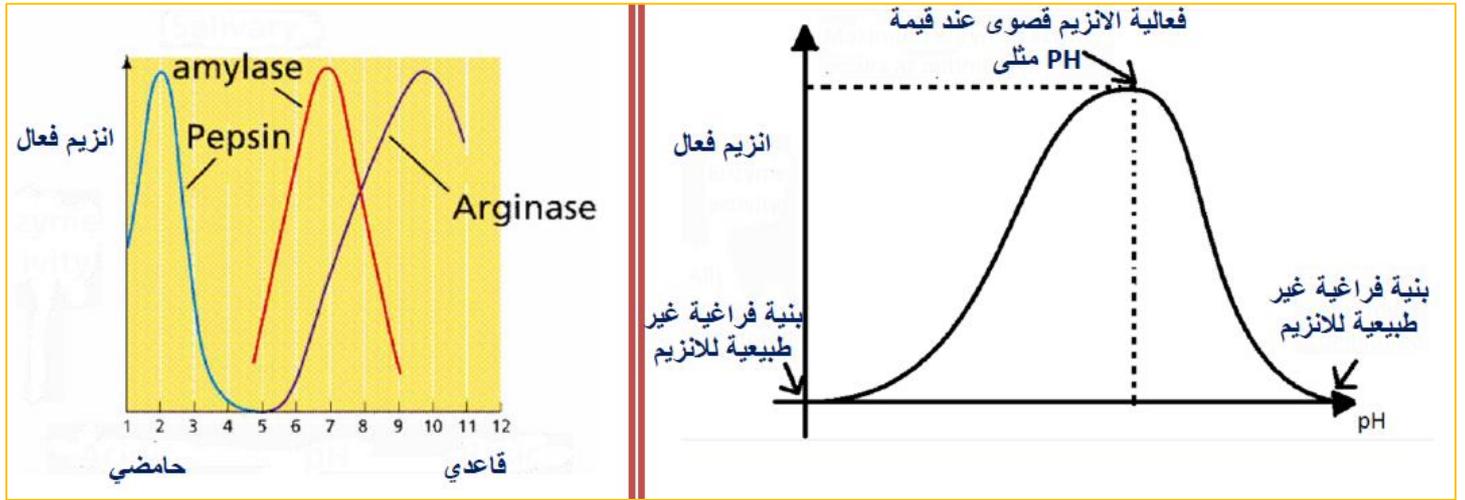
- من خلال معارفك السابقة حول بنية و خصائص البروتين ، اقترح تفسيراً لآلية تأثير الـ PH على نشاط الأنزيم .



✓ تؤثر درجة حموضة الوسط ( PH ) على الحالة الكهربائية ( الشحنة ) للوظائف الجانبية الحرة للأحماض الأمينية (  $-NH_2$  و  $-COOH$  ) في السلاسل الببتيدية و خاصة تلك الموجودة على مستوى الموقع الفعال الذي يفقد شكله المميز بتغير حالته الأيونية ، مما يعيق تثبيت مادة التفاعل و بالتالي يمنع حدوث التفاعل .

**ملاحظة :**

✓ لكل أنزيم درجة حموضة مثلى، يكون نشاطه عندها أعظما.



**دراسة تأثير تغيرات درجة الحرارة على نشاط الأنزيم**

**أ - وضعية الانطلاق :**

يتأثر نشاط الأنزيمات بعوامل الوسط و التي من بينها درجة الحرارة .

**ب - الإشكاليات :**

• كيف تؤثر درجة الحرارة نشاط الأنزيمات ؟

**ج - الفرضيات :**

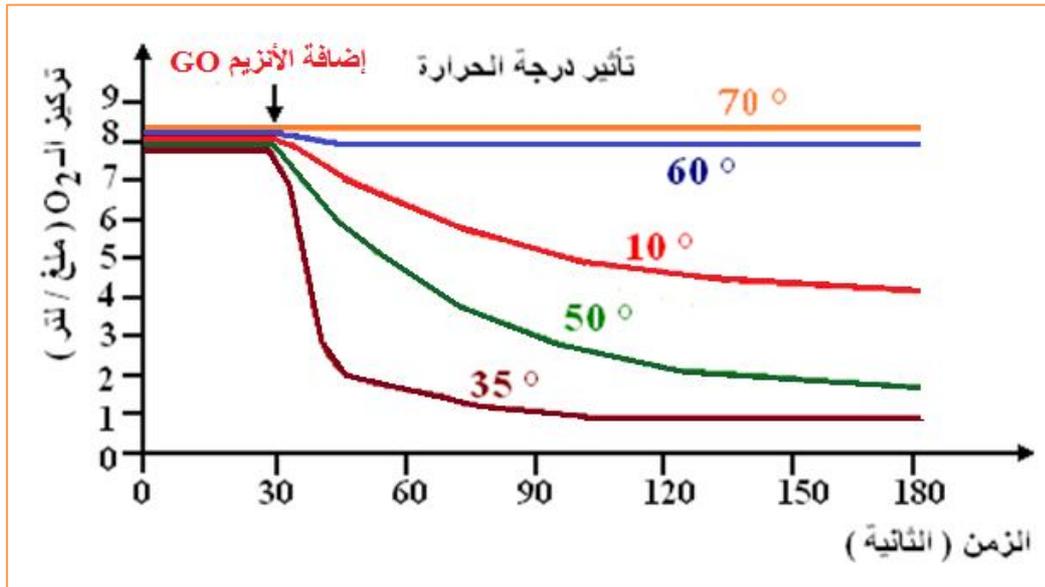
- الأنزيم من طبيعة بروتينية و البروتين يتأثر بالحرارة .
- للبروتين درجة حرارة مثلى يعمل فيها .

**د - التقصي :**

**تأثير تغيرات درجة الحرارة :**

1 - تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب حيث في كل تجربة استعمل نفس التركيز من الأنزيم و نفس التركيز من مادة التفاعل و في كل تجربة تغير درجة الحرارة ( 10 ، 35 ، 50 ، 60 ، 70 ) .  
أجريت التجارب الخمسة في نفس درجة - PH = 7 . نتائج التجارب الخمسة ممثلة في الوثيقة - 1 .

درجة الحرارة	Vi ( ملغ / ل / دقيقة )
10	2.40
35	33.96
50	6.00
60	0.72
70	0.36



## \*\* المجال الأول \*\* الوحدة الثالثة : النشاط الأنزيمي للبروتينات \*\*

### • حل و فسر المنحنيات .

✓ يمثل المنحنى تغيرات تركيز الـ  $O_2$  بدلالة الزمن أثناء نشاط الـ GO في درجات حرارة مختلفة .  
✓ قبل إضافة الأنزيم :

يكون تركيز الأكسجين في الوسط كبيرا و ثابتا دلالة على عدم استهلاكه لانعدام الأنزيم .

✓ بعد إضافة الأنزيم :

في درجة حرارة 70 و 60 : يبقى تركيز الأكسجين في الوسط كبيرا و ثابتا دلالة على عدم استهلاكه رغم إضافة الأنزيم .

في درجة حرارة 10 : يتناقص تركيز الأكسجين في الوسط تناقصا طفيفا دلالة على استهلاكه القليل .

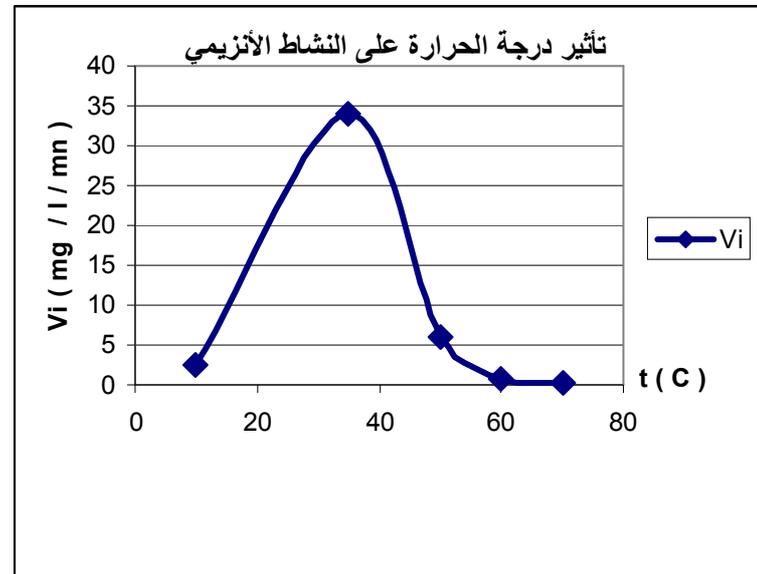
في درجة حرارة 50 : يتناقص تركيز الأكسجين في الوسط تناقصا طفيفا دلالة على استهلاكه القليل .

في درجة حرارة 35 : يتناقص تركيز الأكسجين في الوسط تناقصا كبيرا دلالة على استهلاكه الكبير .

• استنتج تأثير درجة الحرارة على نشاط الأنزيم .

✓ يتأثر نشاط الأنزيم بدرجة حرارة الوسط و يكون نشاطه أعظما في درجة حرارة م تقدر بـ 35 م° .

• أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة درجة الحرارة .



• ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بينهما ؟

✓ يكون نشاطه أعظما في درجة حرارة معينة تدعى بدرجة الحرارة المثلى تقدر في هذه الحالة بـ 35 م° .

• كيف تعرف درجة الحرارة 37 م° و درجة الحرارة 60 م° ؟

✓ درجة الحرارة 35 م° : تعرف بدرجة الحرارة المثلى لنشاط الأنزيم .

✓ درجة الحرارة 60 م° : تعرف بدرجة التخريب الكلي للأنزيم .

كيف تفسر النشاط الأنزيمي عند درجة حرارة 35 م° و عند القيم الأخرى لدرجة .

➤ عند درجة حرارة 35 م° .

✓ تكون البنية الفراغية للأنزيم مستقرة تسمح بحدوث التكامل البنيوي للموقع الفعال مع مادة التفاعل حيث تتشكل روابط كيميائية ضعيفة بين بعض المجموعات الكيميائية الحرة للأحماض الأمينية للموقع الفعال و جزء من مادة التفاعل فتصبح المجموعات الكيميائية الضرورية لحدوث التفاعل في الموقع المناسب للتأثير على مادة التفاعل ، لذلك يكون النشاط الأنزيمي أعظما .

➤ عند القيم الأخرى لدرجة الحرارة .

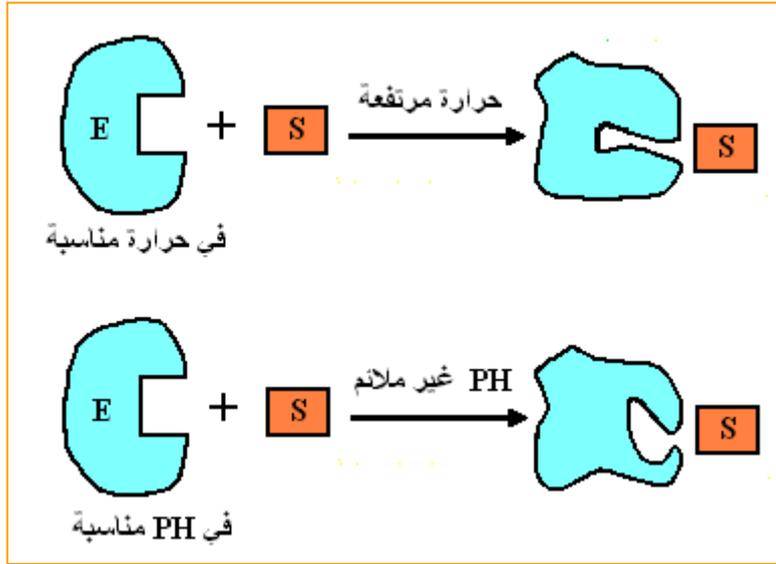
✓ عند درجة الحرارة المنخفضة ( 20 م° ) تقل حركة الجزيئات ، مما يقلل من النشاط الأنزيمي .

✓ عند درجة الحرارة ( 00 م° ) تنعدم حركة الجزيئات ، فيتوقف النشاط الأنزيمي .

✓ عند درجة الحرارة المرتفعة ( 60 م° ) تتخرب بنية الأنزيم بسبب تفكك الروابط غير التكافؤية ، فيفقد الأنزيم بنيته الفراغية المميزة نهائيا ، و بالتالي يفقد وظيفته التحفيزية .

- من خلال معارفك السابقة حول بنية و خصائص البروتين ، اقترح تفسيراً لآلية تأثير الحرارة على نشاط الأنزيم .
- ✓ في درجات الحرارة المنخفضة تتوقف حركة الجزيئات سواء كانت أنزيمية أو كيميائية عادية و لا تؤثر على الروابط الكيميائية ، و بالتالي يتوقف نشاط الأنزيم .
- ✓ بارتفاع درجة حرارة الوسط ترتفع سرعة التفاعل الأنزيمي ، و هذا راجع لزيادة حركة الجزيئات، مما يزيد اقتراب مادة التفاعل بالموقع الفعال للأنزيم و الارتباط معه لتشكيل معقد أنزيمي فينشط الأنزيم .
- ✓ أما في الحرارة المرتفعة تتخرب البنية الفراغية للبروتين بصورة غير عكسية بسبب كسر الروابط الهيدروجينية و الكارهة للماء مما يفقده موقعه الفعال فيصبح الأنزيم غير فعال و لا يرتبط بمادة التفاعل.

2 - يمكن حوصلة تأثير الحرارة المرتفعة و درجة الحموضة غير المناسبة على الأنزيم في الرسم الموضح في الوثيقة - 2 - التالية :



- حدد أوجه التشابه و الاختلاف في تأثير كل من الحرارة و الـ PH على نشاط الأنزيم .
- ✓ أوجه التشابه :
- يتسبب الـ PH غير الملائم و الحرارة المرتفعة في تغير البنية الفراغية للموقع الفعال .
- يفقد الأنزيم وظيفته نتيجة تغير بنيته الفراغية بفعل الـ PH غير الملائم و الحرارة المرتفعة.
- ✓ أوجه الاختلاف :
- تأثير الحرارة المرتفعة على نشاط الأنزيم يكون غير عكوس ، بحيث لا يستعيد الأنزيم نشاطه بعودة الحرارة إلى قيمتها المثلى.
- تأثير الـ PH غير الملائم يكون عكوسا ، بحيث يستعيد الأنزيم نشاطه بعودة الـ PH إلى قيمته المثلى.
- يؤثر الـ PH على الحالة الكهربائية للوظائف الجانبية الحرة في السلسلة البيبتيدية .
- تتسبب الحرارة المرتفعة في كسر الروابط الضعيفة و خاصة الهيدروجينية و الكارهة للماء .
- ✓ و الخلاصة أنه مهما كان نمط التغير سوف يؤدي في النهاية إلى نفس النتيجة و هي فقدان نشاط الأنزيم.
- انطلاقا من المعارف المبنية و معارفك الخاصة أكتب نصا علميا تلخص فيه أهمية التعرف على خصائص الأنزيمات و شروط عملها مبرزاً العلاقة بينها و بين ضمان شروط صحية لحياة أطول .
- ✓ وضع قائمة للمعارف التي توصل إليها التلميذ .
- ✓ شروط عمل الأنزيمات .
- قدم تعريفا دقيقا لمفهوم الأنزيم :
- ✓ الأنزيم وسيط حيوي من طبيعة بروتينية يسرع من حدوث التفاعل ، يتغير تأثيره النوعي تجاه مادة التفاعل في شروط ملائمة للحياة.
- علل تسمية الأنزيم بوسيط حيوي .
- ✓ وسيط : لأن الأنزيم يتدخل ليسرع التفاعل الكيميائي ، ويسترجع بنيته و نشاطه في نهاية التفاعل .
- ✓ حيوي : لأن الأنزيم من طبيعة بروتينية تنتجها العضوية و يعمل في شروط ملائمة للحياة .

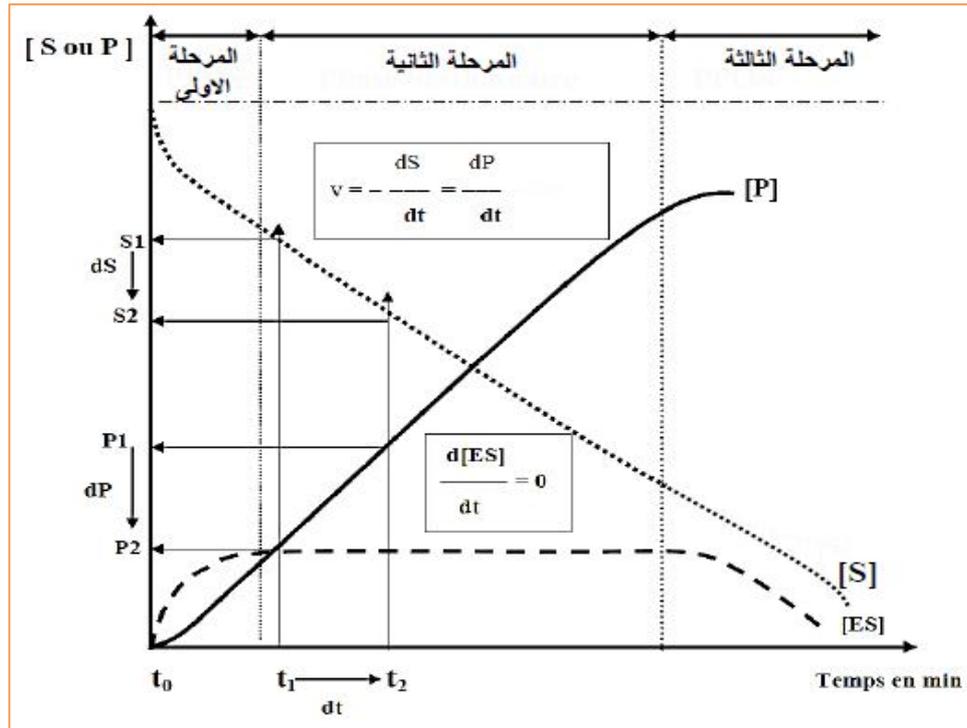
• بين كيف يكتسب الأنزيم تخصصه الوظيفي .

- ✓ يرتبط التخصص الوظيفي للأنزيم ببنيته الفراغية ( البنية ثلاثية الأبعاد ) .
- ✓ تتوقف البنية ثلاثية الأبعاد للأنزيم على تموضع فراغي محدد لأحماض أمينية محددة وراثيا .
- ✓ تسمح هذه البنية بتجمع أحماض أمينية موجودة في أماكن مختلفة في السلسلة البيبتيدية لتشكيل موقع فعال يتكامل بنيويا مع مادة التفاعل .
- ✓ يركز التخصص الوظيفي للأنزيم على تشكل معقد " أنزيم - مادة التفاعل " ، حيث تنشأ روابط ضعيفة ( غير تكافؤية ) بين جزء من مادة التفاعل و الموقع الفعال للأنزيم الذي يتكون من جزء التثبيت و جزء التحفيز .
- ✓ على ضوء دراستك لموضوع الإنزيمات وما توصلت إليه من نتائج أكتب نصا علميا مختصرا تلخص فيه المعلومات التالية :
- \* مفهوم الإنزيم \* علاقة الإنزيم بمادة التفاعل و بنيته \* العوامل المؤثرة في نشاط الإنزيم
- ✓ الإنزيم وسيط حيوي من طبيعة بروتينية يسرع التفاعلات الكيميائية في شروط محددة ، ولا يستهلك أثناء التفاعل يكون تأثيره مزدوجا تجاه مادة و نوع التفاعل .
- ✓ يؤثر الإنزيم غالبا على نوع واحد من مادة التفاعل مشكلا معقدا [ **إنزيم - مادة التفاعل** ] ES تتكون خلالها روابط ضعيفة مع منطقة صغيرة من الإنزيم تعرف بالموقع الفعال والذي يكون شكله مكملًا لشكل مادة التفاعل .
- ✓ يتأثر نشاط الإنزيم بتغيرات درجة الحرارة ودرجة الحموضة حيث أنه لكل إنزيم درجة حرارة ودرجة حموضة مثلى يكون نشاطه عندها أعظما ، ويقل نشاطه بالابتعاد عن الدرجة المثلى .

يمكن تمثيل التفاعل الأنزيمي بالمعادلة التالية :



باستعمال تقنيات خاصة تم قياس كمية كل من المتفاعلات ( S ) ، النواتج ( P ) و المعقدات ( ES ) خلال سير تفاعل أنزيمي معين .



● **حلل الوثيقة :**

تمثل الوثيقة تراكيز كل من المتفاعلات ( S ) ، النواتج ( P ) و المعقدات ( ES ) بدلالة الزمن .

✓ **خلال المرحلة الأولى :**

✓ يتزايد تركيز المعقد ( ES ) بسرعة كبيرة وبالتوازي فإن سرعة تشكل ( الناتج P ) ترتفع في هذه الفترة ، و هذا يبين أن تشكل ( ES ) متقدم عن تشكل الناتج ( P ) ، و يعود ذلك إلى أن الإنزيم يرتبط أولاً بمادة التفاعل لتحفيز التفاعل وتشكل الناتج .

✓ **خلال المرحلة الثانية :**

✓ يصبح تركيز ES ثابتاً لأن كل الجزيئات E مشبعة ، بينما يستمر تركيز الناتج ( P ) في التزايد أي أن التفاعل يتم رغم التشبع ، وهذا يبين أن تشكل المعقد ( ES ) قابل للانعكاس حيث يتشكل الناتج ويحرر ( E ) ليتثبت بجزيئة جديدة من مادة التفاعل ( الكمية المركبة = الكمية المفككة ) .

✓ **خلال المرحلة الثالثة :**

✓ بعد مدة طويلة تختفي مادة التفاعل ( S ) لأنها تتحول كلياً إلى ناتج ( P ) و يصبح تركيز المعقد  $ES = 0$  يتدفق بشكل ناتج ( P ) ، و بذلك يبقى تركيزه ثابتاً .

● **كيف يتم قياس نشاط التفاعل الأنزيمي ؟**

✓ يتم قياس نشاط التفاعل الأنزيمي من خلال قياس الانخفاض في تركيز مادة التفاعل ( S ) المحولة إلى ناتج ( P ) ، أو الزيادة في تركيز الناتج ( P ) المكون نتيجة حدوث التفاعل .

● **عرف السرعة الابتدائية ( Vi ) للتفاعل الأنزيمي :**

✓ تعرف السرعة الابتدائية بالسرعة الحركية ( الحركية الأنزيمية ) القصوى المسجلة **في بداية التفاعل** عندما تكون كمية المادة مرتفعة .

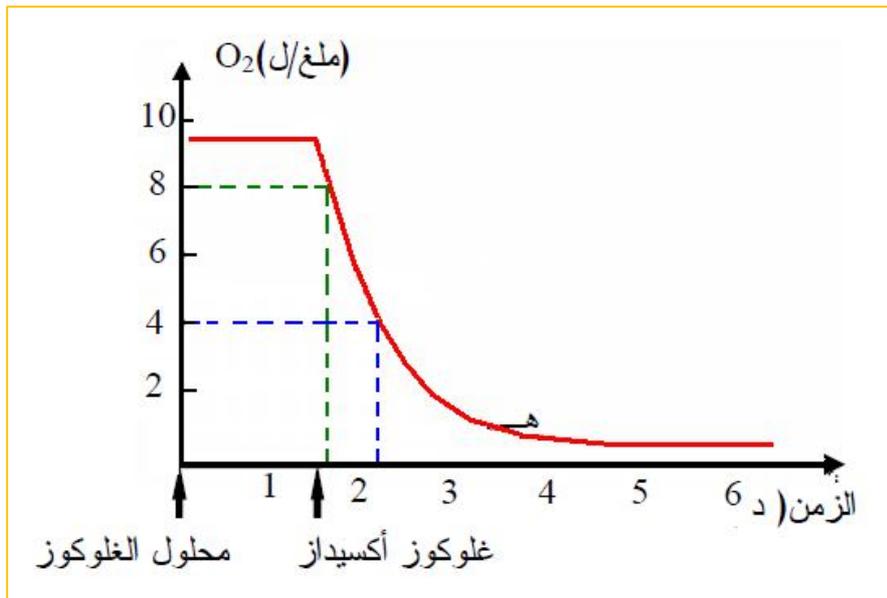
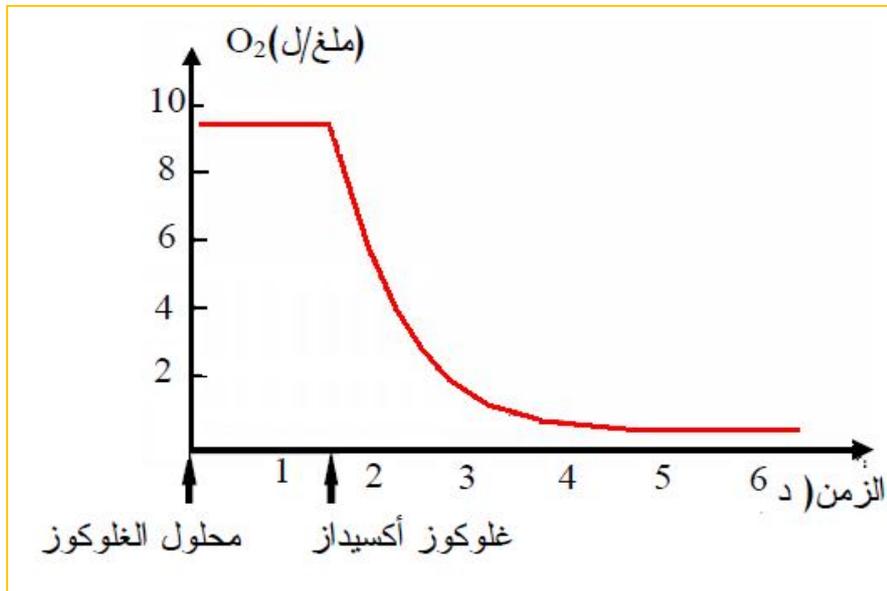
● **كيف يتم قياس السرعة الابتدائية ( Vi ) للتفاعل الأنزيمي ؟**

✓ تقاس سرعة التفاعل بتقدير كمية المادة المستهلكة أو الناتجة خلال وحدة الزمن **في بداية التفاعل** .



**• تطبيق :**

تعرف السرعة الابتدائية بالسرعة الحركية ( الحركية الأنزيمية ) القصوى المسجلة في بداية التفاعل عندما تكون كمية المادة مرتفعة .  
 باستعمال معارفك في مادة الكيمياء حول التفاعلات الكيميائية ، أحسب السرعة الابتدائية للتفاعل المدروس و الممثل في الوثيقة الموالية .



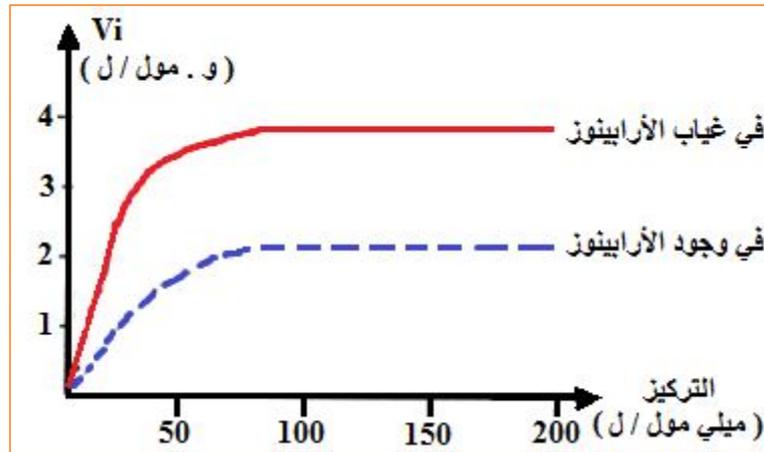
السرعة الابتدائية = $V_i$	$V_i = Tg \alpha = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{4}{0,38} = 10,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$
------------------------------	---

**تأثير المواد المنافسة لمادة التفاعل على سرعة التفاعل الأنزيمي :**

نقيس سرعة تفاعل أكسدة الجلوكوز بأنزيم GO في وجود وغياب سكر الأرابينوز . النتائج المحصل عليها دونت في الجدول التالي .

تركيز ( s ) ميلي مول / لتر	02	05	10	20	50	100	200
السرعة الابتدائية ( Vi ) و. مول / د في غياب الأرابينوز	0.42	0.97	1.70	2.49	3.53	3.70	3.70
السرعة الابتدائية ( Vi ) و. مول / د في وجود الأرابينوز	0.32	0.86	1.50	1.56	1.70	2.10	2.10

• على نفس المعلم ، أرسم منحنى السرعة الابتدائية بدلالة تركيز مادة التفاعل .



• حل و فسر المنحنى في حالة غياب الأرابينوز .

✓ تزداد السرعة الابتدائية بزيادة تركيز مادة التفاعل حتى تصل إلى قيمة قصوى و تفسر بزيادة عدد جزيئات الأنزيم المشاركة في التفاعل ، بعدها تثبت سرعة التفاعل مهما زاد تركيز مادة التفاعل و تفسر بتشبع جزيئات الأنزيم بمادة التفاعل .

• حل المنحنى في حالة وجود الأرابينوز .

✓ سرعة النشاط الأنزيمي في وجود الأرابينوز أقل من سرعته في غيابه .

• استنتج تأثير سكر الأرابينوز على النشاط الأنزيمي .

✓ الأرابينوز يثبط عمل إنزيم الجلوكوز أكسيداز ( GO ) .

• قدم فرضيات تفسر بها تأثير سكر الأرابينوز على النشاط الأنزيمي .

✓ يرتبط الأرابينوز بالموقع الفعال للإنزيم .

✓ يغير الأرابينوز من بنية الموقع الفعال للإنزيم .

✓ يرتبط الأرابينوز بالركيزة مانعا بذلك ارتباط الإنزيم بالجلوكوز .

• إذا علمت أن للأرابينوز بنية فراغية تشبه إلى حد كبير البنية الفراغية للجلوكوز ، فسر آلية تأثير سكر الأرابينوز على النشاط الأنزيمي .

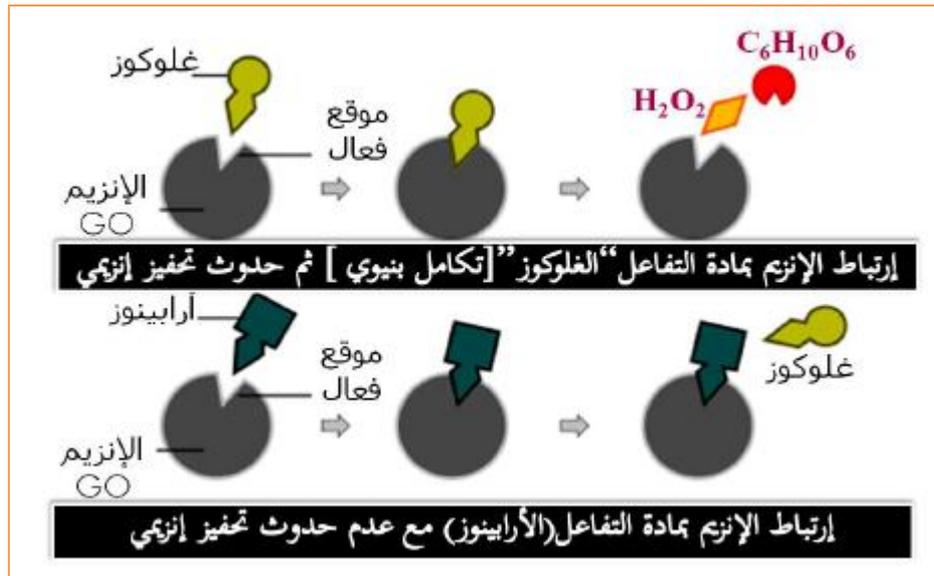
• الأرابينوز على النشاط الأنزيمي .

✓ يتنافس الأرابينوز مع الجلوكوز على المواقع الفعالة للإنزيم مشكلا معقدا " غير عكوس " مانعا بذلك تثبيت الجلوكوز .

• بماذا تسمى الظاهرة ؟

✓ تسمى الظاهرة بالتشبع (تشبع الوحدات الإنزيمية بمادة التفاعل) .

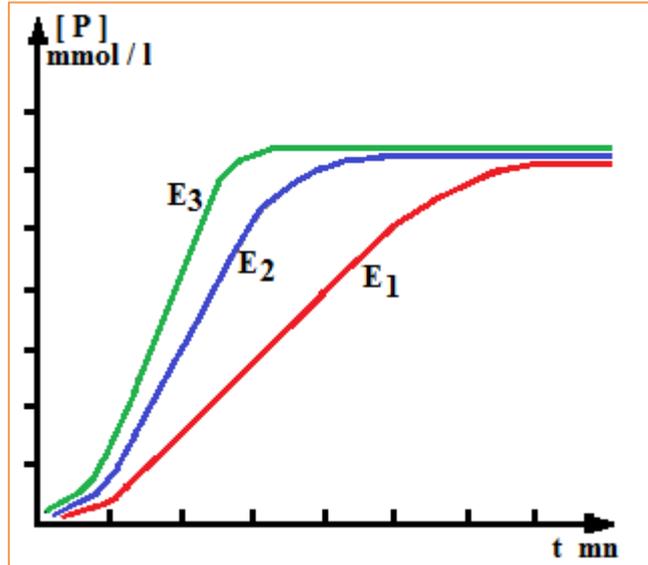
• وضح برسومات تخطيطية تأثير سكر الأرابينوز على النشاط الأنزيمي .



تأثير تركيز كل من الأنزيم و مادة التفاعل على النشاط الأنزيمي :

**• تركيز الأنزيم ( E ) :**

نقيس سرعة تفاعل أكسدة الغلوكوز بأنزيم GO و ذلك عند تغيير تركيز الأنزيم مع ثبات تركيز مادة التفاعل النتائج المحصل عليها دونت في منحنيات الوثيقة التالية .

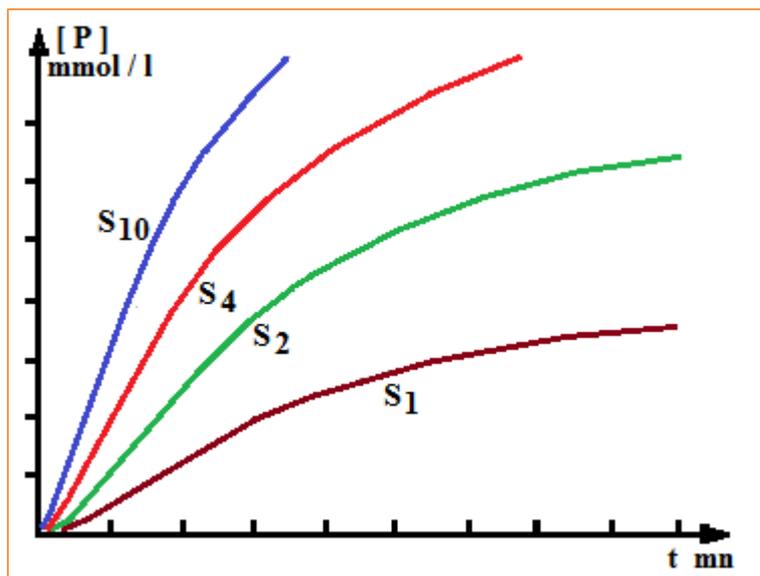


**• حل و فسر المنحنيات البيانية .**

✓ تزداد السرعة الابتدائية للتفاعل الأنزيمي بزيادة تركيز الأنزيم ، و تفسر بزيادة عدد جزيئات الأنزيم المتدخلة في حدوث التفاعل الأنزيمي .

**• تركيز مادة التفاعل ( الركيزة ) ( S ) :**

نقيس سرعة تفاعل أكسدة الغلوكوز بأنزيم GO و ذلك عند تغيير تركيز مادة التفاعل مع ثبات تركيز الأنزيم . النتائج المحصل عليها دونت في منحنيات الوثيقة التالية .



**• حل و فسر منحنيات الوثيقة .**

✓ تزداد سرعة التفاعل الأنزيمي بزيادة تركيز مادة التفاعل و تفسر بزيادة عدد جزيئات الركيزة المشاركة في التفاعل .

## هـ - الخلاصة :

- يركز التأثير النوعي للإنزيم و مادة التفاعل على شكل معقد (أنزيم- مادة التفاعل) (ES) ، حيث تنشأ أثناء حدوثه روابط ( ضعيفة ) انتقالية بين جزء من مادة التفاعل و منطقة خاصة من الأنزيم تدعى الموقع الفعال.
- يحدث التكامل البنيوي بين الموقع الفعال للإنزيم و مادة التفاعل عند اقتراب هذه الأخيرة والتي تحفز الإنزيم لتغيير شكله الفراغي ( بنيته ) فيصبح مكملا لشكل مادة التفاعل :انه التكامل المحفز.
- إن تغير شكل الإنزيم يسمح بحدوث التفاعل لان المجموعات الكيميائية الضرورية لحدوثه تصبح في الموقع المناسب للتأثير على مادة التفاعل.
- ✓ تشكل الموقع الفعال من موقعين أحدهما موقع التثبيت و الثاني موقع التحفيز أو التنشيط .
- ✓ تأثير الأنزيمات يكون نوعيا و مزدوجا ( تأثير نوعي بالنسبة لمادة التفاعل و تأثير نوعي بالنسبة لنوع التفاعل ) .

une enzyme fixe un substrat pour le transformer en produit. Ainsi, l'enzyme possède un site actif formé de l'ensemble des acides aminés qui entrent en contact avec le substrat. Ce site actif est formé de deux sites :

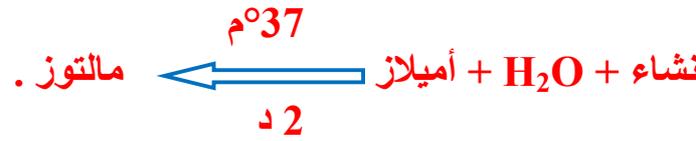
- Le site de fixation du substrat.
  - Le site catalytique qui va agir sur le substrat et lui faire subir la réaction chimique.
- Les acides aminés qui constituent le site catalytique sont en général la sérine, la cystéine, l'histidine, la tyrosine et la lysine. Le site de fixation du substrat et le site catalytique peuvent être confondus ou distincts. Les enzymes sont des catalyseurs, c'est à dire :
- ils ne sont pas modifiés de point de vue structural suite à la réaction enzymatique.
  - ils agissent en faible quantité.
  - ils ne modifient pas l'équilibre d'une réaction réversible mais accélère la réaction.

La fonction des enzymes est liée à la présence dans leur structure (**secondaire et tertiaire**) d'un site particulier appelé le *site actif*. Schématiquement, il a la forme d'une cavité ou d'un sillon dans lequel vont se fixer les substrats grâce à plusieurs liaisons chimiques faibles. Une fois fixés, les substrats vont réagir et se transformer en produit.

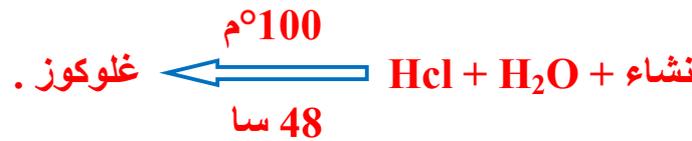
Le site actif est subdivisé en deux parties : le site de liaison/fixation/reconnaissance (qui reconnaît la complémentarité de forme avec un substrat spécifique à l'enzyme) et le site catalytique (qui permet la réaction transformant le substrat en produit)

مقارنة بين التفاعلات الأنزيمية و التفاعلات الكيميائية :

- الشكل ( أ ) يبين نتائج التفاعل الأنزيمي و ذلك باستعمال محفز بيولوجي ( أنزيم الأميلاز ) .



- الشكل ( ب ) يبين نتائج تفاعل كيميائي ( دون وجود أنزيم ) و ذلك باستعمال محفز كيميائي ( Hcl ) .



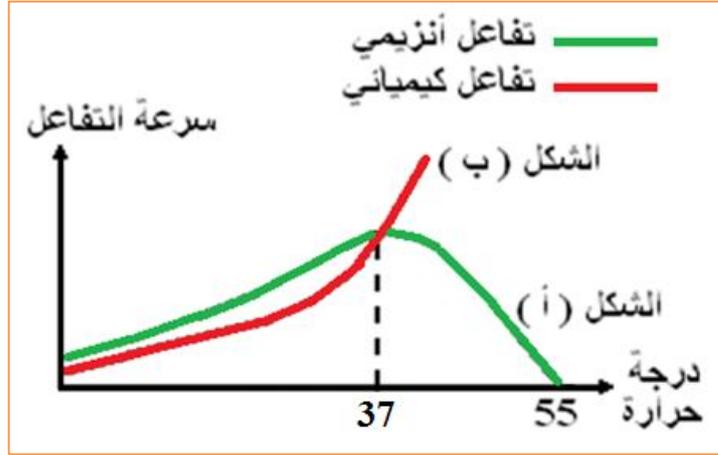
• قارن في جدول بين المحفز الكيميائي ( Hcl ) و المحفز البيولوجي ( الأنزيم ) .

المحفز البيولوجي ( الأميلاز اللعابي )	المحفز الكيميائي ( حمض كلور الماء )	
سريع .	بطيئ نسبيا .	سرعة التفاعل
حرارة الجسم 37° م .	درجة حرارة عالية 100° م .	درجة الحرارة
ديكستريانات ثم مالتوز . ( إماهة جزئية ) .	ديكستريانات ثم مالتوز فغلوكوز ( إماهة كلية ) .	النتائج المحصل عليها
اماهة أنزيمية في شروط العضوية .	إماهة كيميائية بحتة في وجود حمض و حرارة عالية .	نوع التفاعل الكيميائي

**مقارنة تأثير درجة الحرارة على التفاعلات الأنزيمية و الكيميائية :**

لمعرفة حركية كل من التفاعلات الأنزيمية و الكيميائية ، أجريت تجارب نتائجها ممثلة في أشكال الوثيقة الموالية ، حيث :

- الشكل ( أ ) يبين نتائج التفاعل الأنزيمي و ذلك باستعمال محفز بيولوجي .
- الشكل ( ب ) يبين نتائج تفاعل كيميائي و ذلك باستعمال محفز كيميائي ( دون وجود أنزيم ) .



**• حل التسجيل ( أ ) .**

- ✓ يمثل المنحنى تغيرات سرعة التفاعل الأنزيمي بدلالة درجة الحرارة .
- ✓ نلاحظ ارتفاع سرعة التفاعل الأنزيمي تدريجيا مع ارتفاع درجة الحرارة ( تناسب طردي ) حيث تصل سرعة التفاعل الأنزيمي إلى أقصاها عند الدرجة 37 م° ، ثم بعدها تبدأ سرعة التفاعل الأنزيمي بالانخفاض إلى أن تنعدم في الدرجة 55 م° .

**• فسر تأثير الحرارة المنخفضة و المرتفعة على التفاعل الأنزيمي:**

- ✓ يتم التفاعل الأنزيمي ضمن مجال محدد من درجات الحرارة بحيث :
- \* تقل حركة الجزيئات بشكل كبير في درجات الحرارة المنخفضة ، ويصبح الأنزيم غير نشط .
- \* تتخرب البروتينات في درجات الحرارة المرتفعة ( أكبر من 37 م° ) ، و تفقد نهائيا بنيتها الفراغية المميزة ، وبالتالي تفقد وظيفة التحفيز .
- \* يبلغ التفاعل الأنزيمي سرعة أعظمية عند درجة حرارة مثلى ، هي درجة حرارة الوسط الخلوي ( 37 م° عند الإنسان ) .

**• حل التسجيل ( ب ) .**

- ✓ يمثل المنحنى تغيرات سرعة التفاعل الكيميائي بدلالة درجة الحرارة .
- ✓ نلاحظ ارتفاع سرعة التفاعل الكيميائي تدريجيا مع ارتفاع درجة الحرارة ( تناسب طردي ) حتى 30 م° بعدها ترتفع سرعة التفاعل الكيميائي ارتفاعا معتبرا بارتفاع درجة الحرارة .

**• فسر نتائج الشكل ( ب ) .**

- ✓ تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة ، و يعود ذلك إلى زيادة الطاقة الحركية لمادة التفاعل .

**• ماذا تستنتج ؟**

- ✓ يختلف التفاعل الكيميائي عن التفاعل الأنزيمي من حيث تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل فسرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع درجة الحرارة ، في حين يتوقف التفاعل الأنزيمي عند درجة الحرارة العالية بسبب تخرب الأنزيم .

**خلاصة للنشاط الانزيمي للبروتينات :**

✓ الانزيمات وسائط حيوية ذات طبيعة بروتينية تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية على مستوى العضوية، تؤثر في التفاعل ولا تتأثر به ( لا تستهلك أثناء التفاعل ) ، يكون تأثير الانزيم نوعيا إتجاه نوع معين من مادة التفاعل حيث يرتبط الإنزيم مع مادة التفاعل عبر الموقع الفعال فيتشكل معقد Es وينتج عن ذلك تشكل مادة ناتجة P، يؤدي غياب أو نقص الإنزيم على مستوى العضوية إلى حدوث إصابات مرضية، يتأثر نشاط الإنزيم بعوامل الوسط أهمها درجة الحرارة ودرجة ال PH حيث يؤثران على الروابط الكيميائية في الإنزيم مما يغير من بنيته الفراغية وبالتالي شكل الموقع الفعال فيفقد الإنزيم نشاطه.

**هـ - الحصيلة المعرفية :**

- ✓ الأنزيمات وسائط حيوية، تتميز بتأثيرها النوعي اتجاه مادة التفاعل ( ركيزة ) معينة في شروط درجة حرارة ملائمة للحياة.
- ✓ يرتكز التأثير النوعي للإنزيم و مادة التفاعل على تشكل معقد أنزيم - مادة التفاعل، ينشأ أثناء حدوثه رابطة انتقالية بين جزء من مادة التفاعل ومنطقة خاصة من الأنزيم تدعى الموقع الفعال.
- ✓ يحدث التكامل بين الموقع الفعال للإنزيم ومادة التفاعل عند اقتراب هذه الأخيرة التي تحفز الأنزيم لتغيير شكله الفراغي فيصبح مكملا لشكل مادة التفاعل: إنه التكامل المحفز.
- ✓ إن تغير شكل الأنزيم يسمح بحدوث التفاعل لأن المجموعات الكيميائية الضرورية لحدوثه تصبح في الموقع المناسب للتأثير على مادة التفاعل.
- ✓ تؤثر درجة حموضة الوسط على الحالة الكهربائية للوظائف الجانبية الحرة للأحماض الأمينية في السلاسل الببتيدية وبالخصوص تلك الموجودة على مستوى الموقع الفعال بحيث:
  - في الوسط الحمضي تصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية موجبة.
  - في الوسط القاعدي تصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية سالبة.
- ✓ يفقد الموقع الفعال شكله المميز، بتغير حالته الأيونية وهذا يعيق تثبيت مادة التفاعل وبالتالي يمنع حدوث التفاعل.
- ✓ لكل أنزيم درجة حموضة مثلى، يكون نشاطه عندها أعظما.
- ✓ يتم النشاط الأنزيمي ضمن مجال محدد من درجة الحرارة بحيث :
  - تقل حركة الجزيئات بشكل كبير في درجات الحرارة المنخفضة ، ويصبح الأنزيم غير نشط .
  - تتخرب البروتينات في درجات الحرارة المرتفعة ( أكبر من 40 م° ) ، و تفقد نهائيا بنيته الفراغية المميزة وبالتالي تفقد وظيفة التحفيز.
  - يبلغ التفاعل الأنزيمي سرعة أعظمية عند درجة حرارة مثلى، هي درجة حرارة الوسط الخلوي (37م° عند الإنسان).

**التمرين 1 :**

الهدف منه هو التوصل إلى أن الإنزيمات تختلف في درجة pH المثلى أي أنها ليست بالضرورة مساوية دائما لـ 7 . كما يهدف كذلك إلى دفع التلميذ لكتابة نص أو فقرة علمية وهي فقرة يمكن أن تكمل النص العلمي الذي تمت كتابته في آخر نشاط في الوحدة.

**التمرين 2 :**

يهدف إلى مقارنة التفاعل الكيميائي بدون تدخل الإنزيم والتفاعل الإنزيمي.  
يهدف السؤال 1 إلى الوصول إلى أن السرعتين متشابهتين في المرحلة الأولى لكنهما يختلفان في المرحلة الثانية لأن الإنزيم يتأثر بالحرارة المرتفعة التي تؤدي إلى تخريبه.  
السؤال 2 يهدف إلى تمييز درجة الحرارة المثلى ودرجة التخريب الكلي للإنزيم.  
السؤال 3 يهدف إلى دفع التلميذ لكتابة فقرة علمية تكمل النص الذي تمت كتابته في آخر الوحدة

**التمرين 3 :**

الهدف منه وضع التلميذ أمام وضعيات حقيقية تحدث في جسمه ويحاول من خلال التمرين تفسير هذه الظواهر.  
يتم لفت انتباه التلميذ إلى اختلاف درجة pH في أجزاء مختلفة من الجهاز الهضمي (المعدة ، الإثنى عشر ، الأمعاء الدقيقة ...)

يطرح التمرين إنزيمين مختلفين يعملان في درجات pH مختلفة.  
يهدف السؤال 1 إلى استخراج بعض مميزات الإنزيمات انطلاقا من نص التمرين وهي اختلاف pH المثلى للعمل والتخصص (النوعية) أي أنها تعمل في مواقع مختلفة داخل البروتين. كما تتميز إنزيمات الهضم بتنشيطها بعد الإفراز.  
السؤال 2 يهدف إلى تحديد نواتج الإماهة بفعل الإنزيمات المستعملة عند معاملة الببتيد التالي:

Ala-Gly-Tyr-Arg-Ser-Phe-Glu-Val-Lys-Leu

بانزيم ببسين ينتج 3 قطع ببتيديّة : 4+3+3 وهي

Glu-Val-Lys-Leu / Arg-Ser-Phe / Ala-Gly-Tyr

لأن الإنزيم يحلل الرابطة الببتيديّة عند Tyr و Phe

المعاملة بانزيم تربسين ينتج : 1+5+4

Ala-Gly-Tyr-Arg

Ser-Phe-Glu-Val-Lys

Leu

نواتج التحلل في الحالتين مختلفة

السؤال 2 يهدف إلى تحديد الاحتمالات والتي تتعلق بالجهة التي يتم فيها التحلل (الجهة اليسرى أو اليمنى من الرابطة الببتيديّة) أي الجهة الأمينية أو الكربوكسيلية لأن النواتج في الحالتين تكون مختلفة.

Gly Lys Lys

في الإجابة السابقة تم اختيار الاحتمال Ala-Gly-Tyr-Arg-Ser-Phe-Glu-Val-Lys-Leu من الجهة اليسرى (الأمينية) فإن النتائج تكون:

في حالة الببسين: النتيجة تكون 5+3+2

Ala-Gly-Tyr-Arg-Ser-Phe-Glu-Val-Lys-Leu

Ala-Gly

Tyr-Arg-Ser

Phe-Glu-Val-Lys-Leu

في حالة التربسين: النتيجة تكون 2+5+3

Ala-Gly-Tyr

Arg-Ser-Phe-Glu-Val

Lys-Leu

**التمرين 4 :**

يهدف التمرين إلى طرح وضعية حقيقية إدماجية يتم من خلالها محاولة تفسير أسباب ظهور مرض وراثي. يهدف السؤال 1 إلى دفع التلميذ إلى إدماج المعلومات المختلفة لمحاولة الإجابة على سبب ظهور البقع عند الشخص المصاب. الإجابة تكون عن طريق الربط بين تأثير الأشعة فوق بنفسجية التي تخرب ADN وغياب نشاط الإنزيم في الشخص المصاب بسبب حدوث طفرة وموت الخلايا التي تفسر ظهور البقع البنية (خلايا ميتة) يهدف السؤال 2 إلى تفسير عدم حدوث المرض عند الشخص السليم الذي يملك الإنزيمات اللازمة لتصحيح الخلل في بنية ADN بسبب حدوث الطفرة. لذلك لا تموت الخلايا ولا تظهر بالتالي البقع البنية. السؤال 3 يهدف إلى تحديد القاعدة وهي أن الأشعة فوق البنفسجية تؤثر على ADN في كل الحالات لكن الخلل يصلح عند الشخص العادي لوجود آلية تصليح الخلل في ADN في الحالة الطبيعية.

**التمرين 5 :**

يهدف التمرين إلى توضيح مفهوم تثبيط عمل الإنزيم في وجود مركبات ليست مواد تفاعل لكنها تشبهها كثيرا من حيث التركيب الكيميائي. السؤال 1 بعد تحليل المنحنين يلاحظ التلميذ تناقص في سرعة التفاعل في البداية (عندما تكون تراكيز مادة التفاعل منخفض نسبيا) لكن الانخفاض في السرعة يقل عند ارتفاع تركيز مادة التفاعل (اللكتوز) ثم يختفي تأثير المثبط وتصبح السرعة القصوى متشابهة في كلا الحالتين. يقوم الأستاذ بتوجيه التلميذ إلى الاستنتاج أن إضافة مادة ثيولكتوز يكون له تأثير مثبط لنشاط الإنزيم لأنه يقلل من سرعة التفاعل.

ملاحظة: تركيز هذه المادة في التفاعل ثابت ويكون قليل. يهدف السؤال 1 إلى تفسير آلية التأثير المثبط لهذه المادة علما أن المادة تشبه كثيرا مادة التفاعل. الإحتمال الأقرب هو أن يرتبط هذا المركب بالموقع الفعال مما يعيق ارتباط مادة التفاعل وهو ما يعرف في علم الإنزيمات بالتثبيط التنافسي. أي أن المركب يشبه مادة التفاعل ويحدث بينه وبين مادة التفاعل تنافس على الارتباط بالموقع الفعال. عندما يكون تركيز مادة التفاعل كبيرا تكون هي الغالبة ويكون تأثير المثبط مهملا.

**التمرين 6 :**

الهدف من التمرين هو إثبات قدرة الكائنات الحية على إفراز الإنزيمات المتخصصة على إماهة المادة الغذائية (مصدر الطاقة).

التجربة الأولى: من خلال تحليل نتائج الجدول يتوصل التلميذ إلى أن الخميرة تنتج إنزيم السكراز وإنزيم المالتاز نظرا لظهور سكر الغلوكوز عند إضافة المستخلص.

التجربة الثانية: من خلال مقارنة نتائج التجريبتين 1 و 2 يتوصل التلميذ إلى عدم إماهة سكر المالتوز في التجربة الثانية. بالربط بين التغير في الشروط التجريبية يصل التلميذ أنه التجربة الثانية لم يتم استعمال مستخلص الخميرة أما في التجربة الثانية فإنه لم يحدث استخلاص وإنما فقط المحلول الخارجي (محلول الوسط) مما يشير إلى الفرق بين الإنزيمات الداخلية ( التي تعمل داخل الخلايا) والإنزيمات الخارجية التي تفرزها الخلية إلى الخارج لغرض تحليل المادة الغذائية.

التجربة الثالثة: تهدف التجربة إلى وضع التلميذ أمام نتائج متحصل عليها بواسطة التجريب المدعم بالحاسوب لقياس النشاط التنفسي لخلايا الخميرة وقدرتها على استعمال مصادر مختلفة من الطاقة (مواد سكرية مختلفة)

يهدف السؤال 1 إلى التأكد من مفهوم الشاهد في التجارب لغرض المقارنة عادة ولمعرفة ما إذا كان هناك استهلاك للأكسجين لسبب آخر.

العلاقة المستهدفة في السؤال 2 هي أن خلايا الخميرة يمكنها استعمال 3 أنواع من السكريات كمصدر للطاقة نظرا لوجود الإنزيمات اللازمة لإماهة السكريات مثل السكروز والمالتوز أو الاستعمال المباشر مثل الغلوكوز.

لكن الخميرة لا يمكنها استعمال اللكتوز كمصدر للطاقة لعدم وجود الإنزيمات اللازمة لإماهة السكر . يمكن للأستاذ حسب توفر الوقت توسيع المناقشة لتشمل السبب من وراء ذلك والذي يشمل القدرة على إدخال السكر أم القدرة على إفراز الإنزيمات أم لعدم توفر الإنزيمات أصلا بسبب غياب المورثة.



**Fb : Ferah Aissa**

**<https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/>**