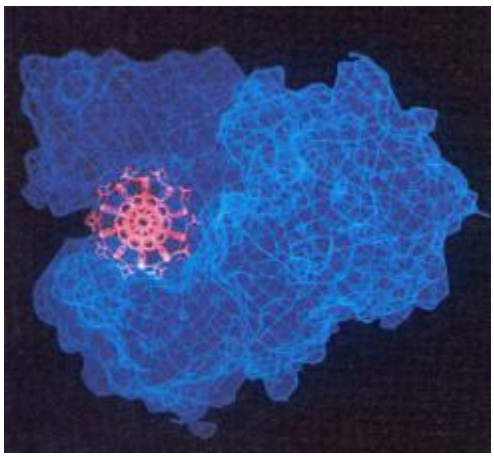
الوحدة التعلمية 3:

النشاط الإنزيمي للبروتينات



يتمثل النشاط الخلوي في العديد من التفاعلات الكيميائية الأيضية. تلعب الإنزيمات دورا أساسيا في تحفيز هذه التفاعلات الحيوية.

ـــ هل للطبيعة البروتينية للإنزيم دور في تخصصها الوظيفي ؟

ـــ ماهي خصائص التحفيز الإنزيمي ؟

ـــ وما هي العوامل القابلة لتغيير هذه الخصائص؟

للإجابة على هذه التساؤلات نقترح النشاطات التالية :

أوظف مكتسباتي :

النشاط 1: يلخص جدول الوثيقة (1) نتائج تجريبية للنشاط الإنزيمي

رقم	الشروط التجريبية	النتائج
01	الاماهة الحامضية للنشاء في وجود حمض كلور الماء في درجة حرارة 100 ^{0}م .	تحلل جزيئة النشاء إلى وحدات من سكر بسيط هو سكر العنب (غلوكوز) بعد 40 دقيقة .
02	إماهة النشاء في وجود إنزيم الأميلاز اللعابي في درجة حرارة 37 ^{0} م في وسط معتدل (pH = 7) .	تحلل جزيئة النشاء إلى سكر ثنائي هو سكر الشعير (المالتوز) بعد 7 دقائق .
03	إعادة نفس التجربة (02) باستعمال لعاب مغلي .	لا يتحلل النشاء .
04	إعادة نفس التجربة (02) في درجة حرارة 0 ^{0} م .	- لا يتحلل النشاء. - بعد العودة إلى درجة الحرارة 37 ^{0} م، يتحلل النشاء إلى سكر العنب.
05	إعادة نفس التجربة (02) مع استبدال النشاء بزلال البيض (بروتين).	لا يتحلل هذا البروتين .
06	اعادة التجربة (2 0) في وسط حامضي أو في وسط قاعدي .	لا يتحلل النشاء.

الوثيقة 1

ــ باستغلالك لهذه النتائج التجريبية و مستعينا بمكتساباتك القبلية:

1 ــ قارن في جدول بين عمــل الـــــHCl (محفز كيميائي) والاميلاز.

2 ــ قدم تعريف لمفهوم "المحفز الحيوي" الذي يطلق على إنزيم الأميلاز.

3 ــ استخرج شروط عمل الإنزيم .

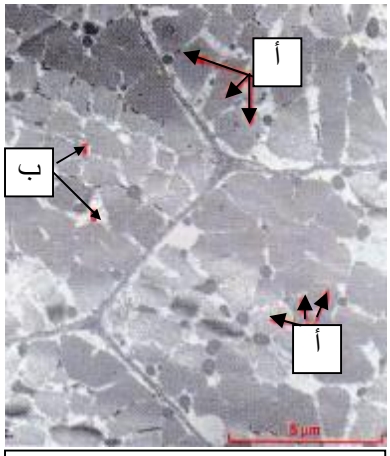
النشاط 2 :

*ــ تتمثل أعراض مرض "الارتخاء العضلي" (maladie de pompe) عند المولودين حديثا المصابين في ارتخاء الأطراف، كما يظهرون صعوبة في التنفس والبلع في الأسابيع الأولى نتيجة خلل في تقلص الخلايا العضلية.

للبحث عن مصدر هذا الخلل الوظيفي تم فحص قطعة من النسيج العضلي لكل من الطفل المريض و الطفل السليم، الملاحظة بالمجهر الإلكتروني ممثلة بالوثيقة (2).

تحتوي هيولى الخلايا العضلية على الغليكوجين (ب في الوثيقة 2) مركب إدخاري للغلوكوز .

كما تحتوي على عضيات قابلة للتقلص تميز التخصص الوظيفي للخلية العضلية (أ في الوثيقة 2) .



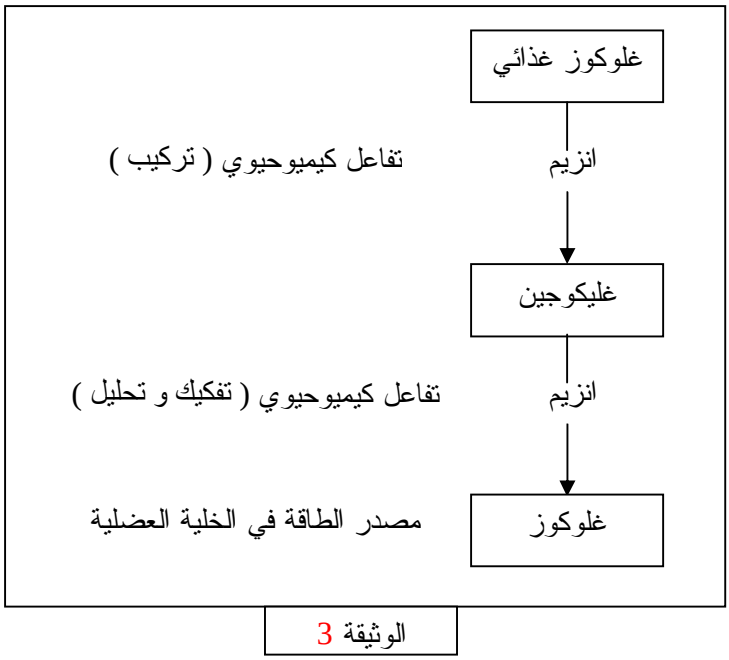
ا- نسيج عضلي للطفل السليم كما يبدو بالمجهر الالكتروني .

ب- نسيج عضلي للطفل المريض كما يبدو بالمجهر الالكتروني .

أ : العضيات المتقلصة ــ ب : غليكوجين

الوثيقة 2

* ــ كما بينت التحاليل الكيميائية أن الغليكوجين جزيئة أساسية في الأيض الخلوي للخلية العضلية فالطاقة اللازمة للتقلص العضلي مصدرها تفكيك الغلوكوز المخزن في الغليكوجين و يعاد تجديد هذا الأخير من الغلوكوز الغذائي(الوثيقة 3).



1 ــ قارن بين بنية النسيجين في الوثيقة (2).

2 ــ بين كيف أن نتائج هذه التحاليل البيوكيميائية (الوثيقة 3) تفسر الخلل الوظيفي المذكور سابقا (الوثيقة 2) وعواقبه على النشاط الأيضى.

3 ــ ماذا تستخلص ؟

◄أقيم إجابتي :

النشاط 1:

1 ــ المقارنة

المحفزات / أوجه المقارنة	المحفز الكيميائي حمض الكلور	المحفز البيولوجي الأميلاز اللعابي
سرعة التفاعل	بطيء نسبيا	سريع
درجة الحرارة	درجة عالية (100 ^{0}م)	حرارة الجسم (37 ^{0}م)
النتائج المحصل عليها	دكسترينات ثم مالتوز ثم غلوكوز (اماهة كلية)	دكسترينات ثم مالتوز(اماهة جزئية)
نوع التفاعل الكيمائي	إماهة كيميائية بحتة في وجود حمض وحرارة عالية	إماهة إنزيمية في شروط العضوية

2 ــ تعريف المحفز الحيوي : هو محفز تنتجه العضوية ويعمل في شروط ملائمة للحياة و يؤثر بتراكيز ضعيفة.

3 ــ شروط عمل الإنزيم : وسيط حيوي يتميز بتأثيره النوعي اتجاه مادة التفاعل (الركيزة) المعينة في شروط حرارة و pH ملائمة للحياة.

النشاط 2 :

1 ــ المقارنة :

ــ عند الطفل السليم : العضيات المتقلصة واضحة مع قلة الغليكوجين في النسيج العضلي.

ــ عند الطفل المصاب : تراكم الغليكوجين في النسيج العضلي مع ضمور العضيات المتقلصة .

2 ــ التفسير : يبين الفحص المجهري تراكم الغليكوجين في الخلايا العضلية عند الطفل المصاب دلالة على عدم استهلاكه .

كما بينت التحاليل الكيميائية أن تفكيك الغليكوجين مصدر الطاقة اللازمة للتقلص العضلي يتطلب إنزيمات نوعية .

و عليه يمكن تفسير هذا الخلل الوظيفي بغياب (أو عدم فعالية) الإنزيمات اللازمة لتفكيك الغليكوجين إلى سكر العنب ،مصدر الطاقة اللازمة للتقلص العضلي مما ينجم عنه غياب نشاط العضيات المتقلصة (الحركة) .

3 ــ الإستخلاص : الإنزيم ضروري للنشاط الأيضي للعضوية .

تخضع الإنزيمات كالبروتينات الأخرى إلى التعبير المورثي ، فهي محفزات للنشاطات البيوكيميائية المختلفة الضرورية لحياة الخلية .

الإشكالية المطروحة : ما هي العلاقة بين التخصص الوظيفي للإنزيم وبنيته ؟

كيف يمكن قياس النشاط التحفيزي للإنزيم ؟

النشاط 3 :

*ــ وصف التركيب التجريبي (ExAO) الذي يسمح بقياس النشاط التحفيزي للإنزيم :

يتكون التركيب التجريبي (الوثيقة 4) من:

1 ــ حاسوب مزود ببرنامج خاص logiciel يسمح بحساب وعرض النتائج على شاشة الحاسوب على شكل منحنيات .

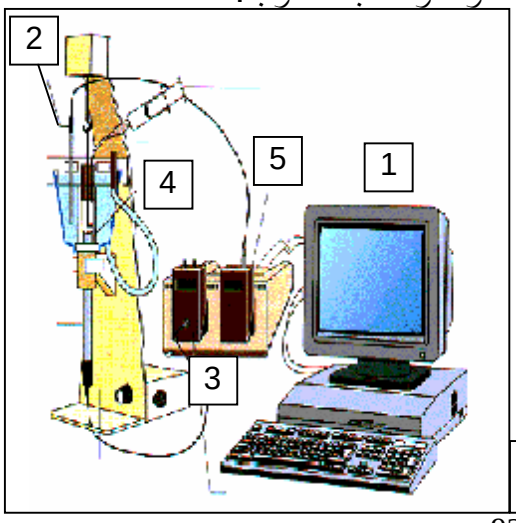
2 ــ مسبار أو لاقط capteur (sonde) يمكن الكشف به عن مادة معينة في الوعاء وقياس تركيزها بصورة مستمرة. لذلك يختلف نوع اللاقط حسب نوع التفاعل المراد إجراءه ونوع المواد المتفاعلة أو الناتجة المراد قياسها.

قد يستعمل لاقط آخر أو لاقطين أحدهما خاص بالحرارة والآخر خاص بدرجة pH وذلك لمتابعة تغيراتهما أثناء حدوث التفاعل.

3 ــ وسائط Interfaces لربط اللاقط أو اللواقط بالحاسوب.

4 ــ مفاعل حيوي Biocell مع ملحقاته.

5 ــ مكيف Adaptateur



الوثيقة 4

نوصل بين المسابير والمكيفات ثم نتبع خطوات برامج المحكاة
(Logiciel de simulation) .

تصاغ البرمجة تلقائيا في شكل قياس وحركية مما يسمح بتسجيل منحنيات تستغل كوسيلة ضرورية لتحديد السرعات الابتدائية و حساب الحركية الإنزيمية .

نعزل في كل مرة العامل المراد دراسة تأثيره على سرعة التفاعل الإنزيمي ثم نغيره مع إبعاد العوامل الأخرى المحتمل تأثيرها أيضا.

* ــ السرعة الابتدائية للتفاعل الإنزيمي :

× ♦ يتميز التفاعل الكيميائي بحركيته (كمية المادة المتفاعلة أو الناتجة المتشكل خلال وحدة زمن).

♦ تسرع المحفزات الكيميائية والبيولوجية من التفاعلات الكيميائية و هي تؤثر بتراكيز ضعيفة.

♦ يسمح تتبع تغيرات حركية التفاعل الكيميائي المحفزة بيولوجيا والخاضعة لتأثير ثابت حيوي وغير حيوي باستخراج الخصائص الأساسية للمحفزات البيولوجية .

♦ تستلزم تقنية الــ ExAO اختيار التفاعل الذي تكون فيه النواتج قابلة للكشف وللقياس بواسطة مسبار خاص (مسبار CO_2 - O_2...)

نأخذ كمثال لذلك أكسدة الغلوكوز بواسطة إنزيم الغلوكوز- أكسيداز ، حيث نلخص التفاعل الذي يتم في الشروط التجريبية بالمعادلة التالية :

مادة التفاعل + مرافق المادة ⟵ (إنزيم) **ناتج + ناتج**
1 β غلوكوز + 1 O_2 ⟵ 1 غلوكونولاكتون + 1 H_2O_2 (غلوكوز أكسيداز)
$C_6H_{12}O_6 + O_2 \xrightarrow{\text{غلوكوز أكسيداز}} C_6H_{10}O_6 + H_2O_2$ غلوكوز — غلوكونولاكتون — ماء مؤكسج

✖ قياس الحركية الأنزيمية لأكسدة الغلوكوز :

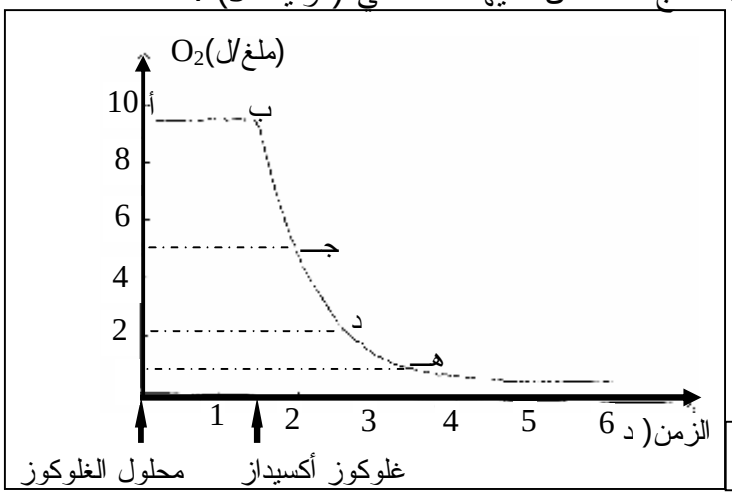
التجربة :

§ ندخل 10 ملي من محلول الغلوكوز (pH =7) في المفاعل الحيوي

§ درجة حرارة الوسط = 37 ^{0}**م**

§ نضع الإلكترود الخاص بـــ O_2

§ نسجل تطورات نسبة الـــ O_2 في المفاعل الحيوي في غياب الإنزيم ثم بعد حقن0.1 ميلي لتر من محلول إنزيم الغلوكوز - أكسيداز بتركيز 30 وحدة إعتبارية .النتائج المحصل عليها ممثلة في (الوثيقة 5) .



الوثيقة 5

1 ــ حلل منحنى الوثيقة (5).

2 ــ ا ــ باستعمال معارفك ، قدم تفسير لهذه النتائج التجريبية .

ب ــ استخرج من الوثيقة العلاقة الموجودة بين كمية المادة المتوفرة في الوسط و سرعة التفاعل .

3 ــ تعرف " السرعة الابتدائية " بالسرعة (الحركية الإنزيمية) القصوى المسجلة في بداية التفاعل عندما تكون كمية المادة مرتفعة.

باستعمال معارفك في مادة الكيمياء حول التفاعلات الكيميائية، أحسب السرعة الابتدائية للتفاعل المدروس (الوثيقة 5) .

◄أقيم إجابتي :

1 ــ التحليل:

تعبر تغيرات نسبة الــ O_2 في المفاعل بدلالة الزمن عن تطور سرعة (الحركية) التفاعل الإنزيمي.

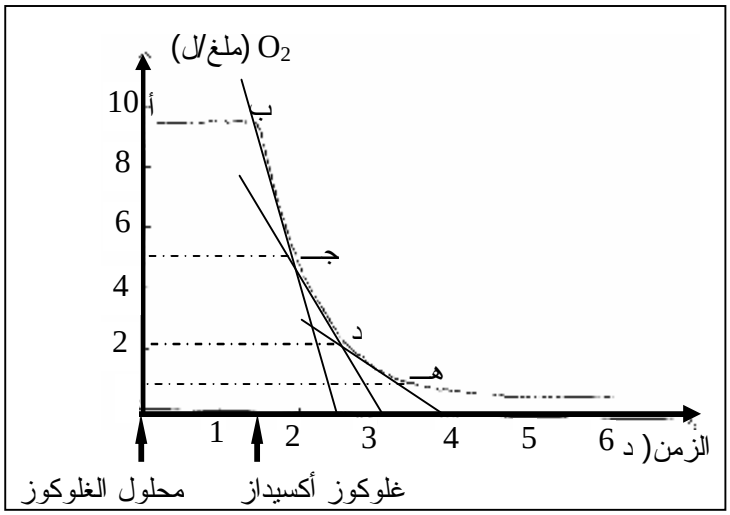
ــ قبل حقن إنزيم

المجال (أ ــ ب) : الغلوكوز– أكسيداز، يكون تركيز الأكسجين في الوسط ثابت حوالي 9.5 ملغ/ل وهي الكمية الموفرة في الوسط.

ــ بعد حقن الإنزيم:

- المجال (ب ــ جــ) : نسجل تناقص سريع في تركيز الأكسجين (ميل كبير) ليصل إلى قيمة تقارب 5 ملغ/ل في الدقيقة 2.
- المجال (جــ ــ د): نسجل تناقص في تركيز الأكسجين بسرعة اقل حدة حيث يصل إلى قيمة 2 ملغ/ل ما بين الدقيقة 2 و 3 .

§ المجال (د ــ هــ) : يتواصل تناقص الأكسجين ببطء ثم يتوقف بعد (هــ) عند تركيز 1 ملغ / ل .



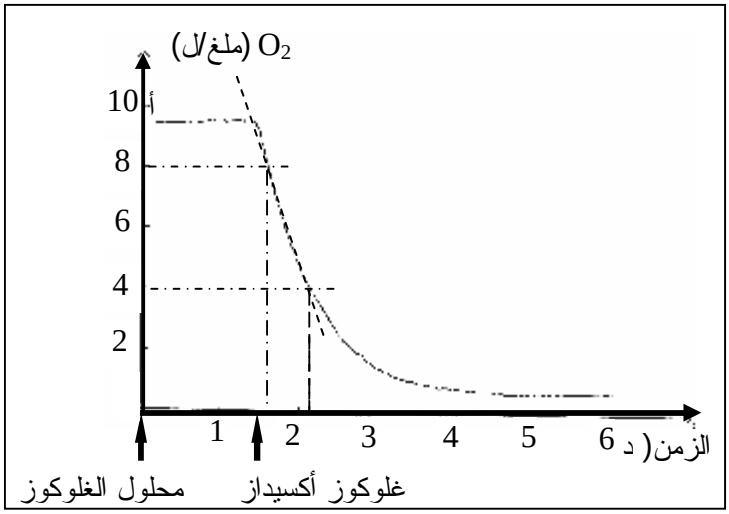
2 ــ أ ــ التفسير:

ثبات تركيز الأكسجين قبل حقن الإنزيم (في غياب الإنزيم) دلالة على عدم تفكيك جزيئات الغلوكوز.

يفسر تناقص تركيز الأكسجين في الوسط بتفكيك جزيئات الغلوكوز في وجود الأنزيم غلوكوز أكسيداز.

ب ــ العلاقة: ترجع الكمية المستهلكة لجزيئات الــO_2 إلى سرعة التفاعل بين الإنزيم و مادة التفاعل فهي قصوى في بداية التفاعل ثم تتناقص فيما بعد تدريجيا . ومنه يمكن إستنتاج أن سرعة التفاعل مرتبطة بكمية المادة المتوفرة في الوسط حيث تكون هذه السرعة قصوى في بداية التفاعل عند توفر كمية كبيرة من المادة.

3 ــ حساب السرعة الإبتدائية :



:

Vi = السرعة الإبتدائية	$Vi = Tg\ \alpha = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{4}{0,38} = 10,5\ mg\ O2\ .L^{-1}.mn^{-1}$

في ماذا يتمثل التخصص الوظيفي للإنزيم ؟

النشاط 4 : يتدخل الإنزيم في التفاعلات الأيضية المتعددة داخل الخلية.
تلخص الوثيقة (6) الطرق الأيضية الممكنة للفركتوز في الوسط ضمن خلوي منها الخلية الكبدية.

فركتوز
فركتوكيناز
فركتوز ـ1ـ فوسفات
ألدولاز ب
فركتوز ـ1 - 6 ـ فوسفات
فركتوز ثنائي الفوسفاتاز
10 أنزيمات مختلفة
فركتوز ـ6ـ فوسفات
2 حمض البيروفيك
غلوكوز فوسفات إيزوميراز
غلوكوز ـ6ـ فوسفات
غلوكوز- 6- فوسفاتاز
فوسفوغلوكوميتاز
غلوكوز
غلوكوز ـ1ـ فوسفات
غلوكوجين سنتيتاز
غلوكوجين
ناتج التفاعل
الإنزيم

الوثيقة 6

1 ــ حدد نوع التفاعل الذي يحفزه كل من الإنزيم فوسفوغلوكوميتاز و الإنزيم غلوكوز- 6- فوسفاتاز.

2 ــ علل إذن أن للإنزيم تأثير نوعي .

النشاط 5 :

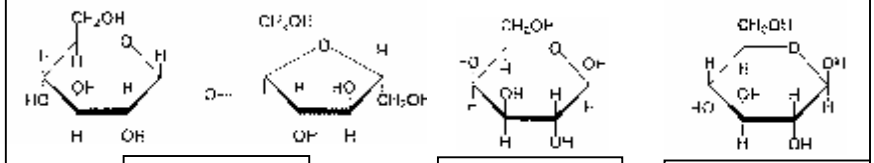
نعيد نفس التجربة للنشاط 3 باستعمال محلول من الغلوكوز ثم نستبدل هذا الأخير بمحلول الغلاكتوز ثم بمحلول السكروز، المحاليل الثلاثة ذات تراكيز متساوية : 10^{-2} مول / ل . نضيف للوسط في الزمن 30 ثانية إنزيم غلوكوز أكسيداز (15000 وحدة /ل) .

ــ الغلوكوز و الغلاكتوز هي سكريات بسيطة متماكبة على مستوى الكربون رقم 4 و لها صيغة عامة : $C_6H_{12}O_6$ (الوثيقة 7).

يؤثر تفاعل الأكسدة المحفز بإنزيم الغلوكوز أكسيداز على ذرة الكربون رقم1 لكل من الغلوكوز و الغلاكتوز.

ــ السكروز سكر ثنائي يتكون من إرتباط سكرين بسيطين هماالغلوكوز و الفركتوز و له صيغة عامة : $C_{12}H_{22}O_{11}$ (الوثيقة 7) .

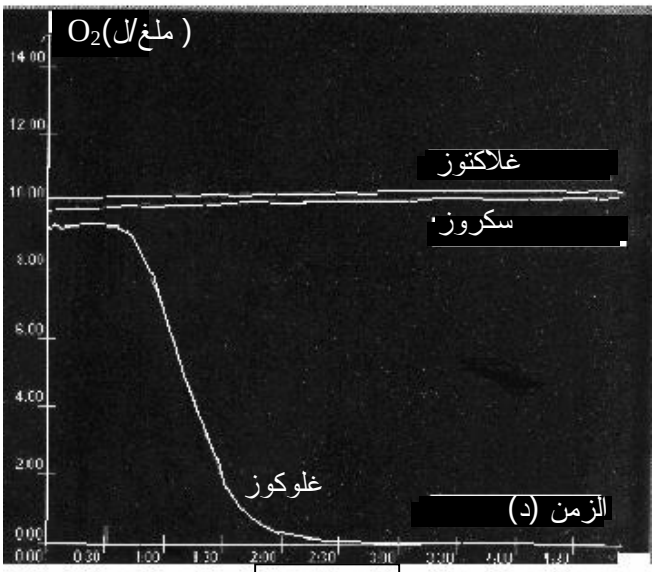
الصيغ المفصلة للسكريات المدروسة



سكروز | غلاكتوز | غلوكوز

الوثيقة 7

التسجيلات المحصل عليها للمحاليل الثلاثة خلال 5 دقائق ممثلة بالوثيقة(8)



الوثيقة 8

1 ــ قدم تحليل مقارن لهذه التسجيلات .

2 ــ ماذا تستنتج من هذه النتائج ؟

3 ــ ماذا تستخلص من النشاطين (4) و (5) فيما يخص تأثير الإنزيمات ؟

◄**أقيم إجابتي** :

النشاط 4 :

1 ــ تحديد نوع التفاعل :

§ يحفز الإنزيم فوسفوغلوكوميتاز التفاعل التالي:

غلوكوزــ 6 ــ فوسفات Ù غلوكوزــ 1ــ فوسفات

§ يحفز الإنزيم غلوكوز ــ 6 ــ فوسفاتاز التفاعل التالي:

غلوكوز ــ 6 ــ فوسفات Ù غلوكوز

2 ــ التعليل :

الإنزيم فوسفوغلوكوميتاز هو إنزيم تماكب (isomérase) عمل على تحويل مجموعة الفوسفات من مكان في الجزيئة (ذرة الكربون رقم 6) إلى مكان آخرفي نفس الجزيئة(ذرة الكربون رقم 1) .

الإنزيم غلوكوز ــ 6 ــ فوسفاتاز هو إنزيم الإماهة (Hydrolase) عمل على نزع مجموعة الفوسفات في وجود الماء.

إذن يؤثر الإنزيمان على نفس مادة التفاعل (غلوكوز ــ 6 ــ فوسفات) إلا أن المنتوج مختلف و هو ما يبين أن لكل إنزيم تأثير نوعي : لا يحفز إلا تفاعل واحد .

النشاط 5 :

1 ــ التحليل المقارن : تبين التسجيلات المحصل عليها أن حركية استهلاك الأكسجين تكون كبيرة مع محلول الغلوكوز و منعدمة تقريبا مع كل من الغلاكتوز و السكروز.

2 ــ الاستنتاج: يتمثل التأثير النوعي لإنزيم الغلوكوز أكسيداز في ارتباطه النوعي: بمعنى أنه لايؤثر إلا على مادة تفاعل واحدة نوعية .

3 ــ الإستخلاص : تمتلك الإنزيمات **تخصص مزدوج** ، تخصص نوعي بالنسبة للتفاعل الكيميائي و تخصص نوعي بالنسبة لمادة التفاعل .

كيف تتأثر حركية التفاعل الإنزيمي بتركيز المادة ؟

النشاط 6 :

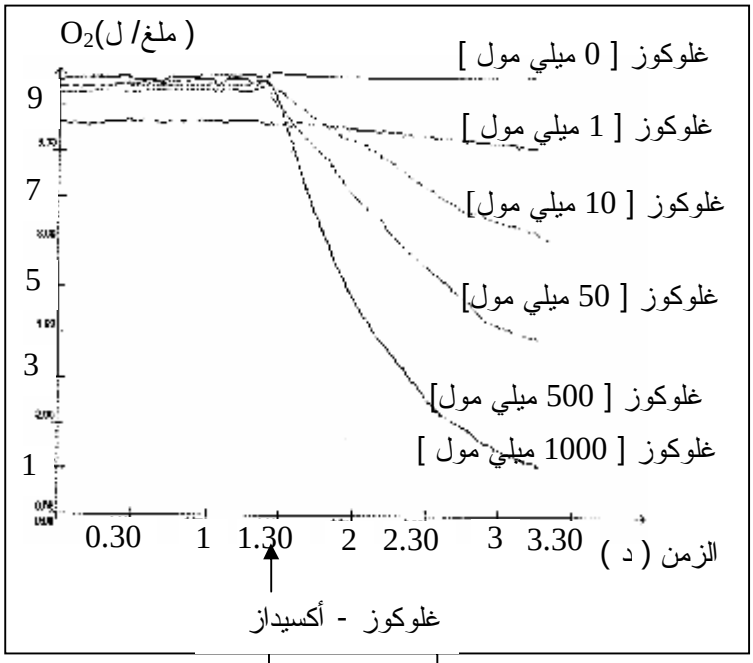
تستعمل السرعة الابتدائية كقيمة مرجعية في دراسة النشاط الإنزيمي .

* ــ نقيس السرعة الابتدائية للتفاعل الإنزيمي بدلالة تركيز المادة :

- نعيد نفس التقنية السابقة (النشاط 3) مع تغير تركيز المادة كما يلي:

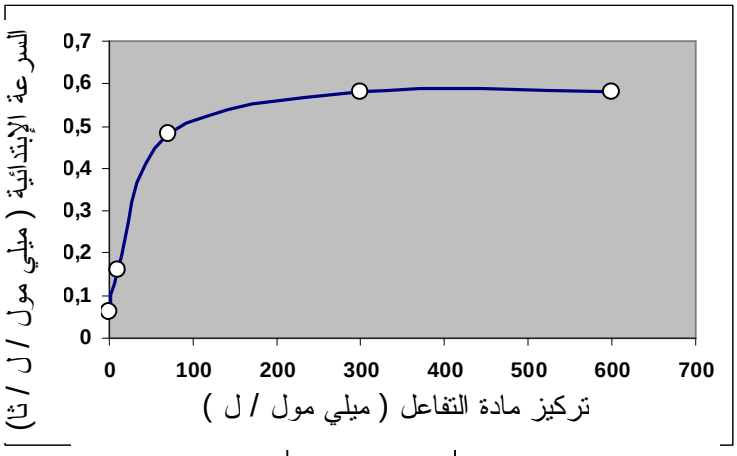
1000 ملي مول – 500 ميلي مول - 50 ملي مول - 10 ملي مول- 1 ملي مول- 00 ملي مول.

* ــ تمثل تسجيلات الوثيقة (9) تغيرات الحركية الإنزيمية بتغير تركيز مادة التفاعل.



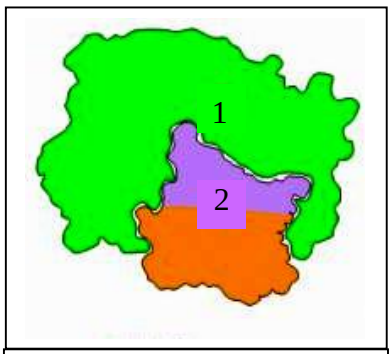
الوثيقة 9

ــ تمثل الوثيقة (10) تغيرات السرعة الابتدائية بدلالة تركيز المادة.

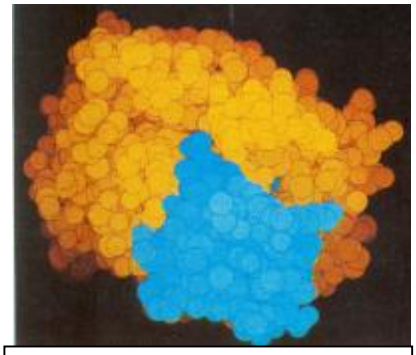


الوثيقة 10

ــ تمثل الوثيقة (11) نموذج محصل عليه بالحاسوب لإرتباط الإنزيم بمادة التفاعل و هو ما يسمى بمعقد " إنزيم ــ مادة التفاعل " .



1 : الإنزيم 2 : مادة التفاعل



نموذج لمعقد إنزيم ــ مادة التفاعل

الوثيقة 11

1 ــ ماذا تستنتج من نتائج الوثيقة (9) ؟

2 ــ أ ــ حلل الوثيقة (10)

ب ــ بين أن النتائج المحصل عليها تؤكد إجابتك في السؤال السابق (1)

جـــ ــ ماذا تستخلص من هذه النتائج ؟

3 ــ بالاعتماد على الوثيقة (11) قدم تفسيرا لنتائج الوثيقة (10) مدعما إجابتك برسم تخطيطي تفسيري يحمل جميع البيانات .

◄أقيم إجابتي :

1 ــ تبين الوثيقة (9) أن زيادة تركيز المادة يصاحبه زيادة في استهلاك الأكسجين إلى قيمة قصوى بمعنى أنه كلما يزداد تركيز المادة تزداد سرعة التفاعل في حدود مجال معين.

2 ــ أ ــ التحليل :

- تكون السرعة الابتدائية قصوى في بداية التفاعل (من 0 إلى التركيز 100 ملي مول / ل) حيث تبلغ قيمة تساوي 0.5 ملي مول/ل/ ثا.
- تزداد السرعة بعد ذلك ببطء (في مجال التركيز ما بين 100 إلى 300 ميلي مول /ل) لتبلغ القيمة القصوى عند التركيز الأمثل لمادة التفاعل حيث تصبح ثابتة.

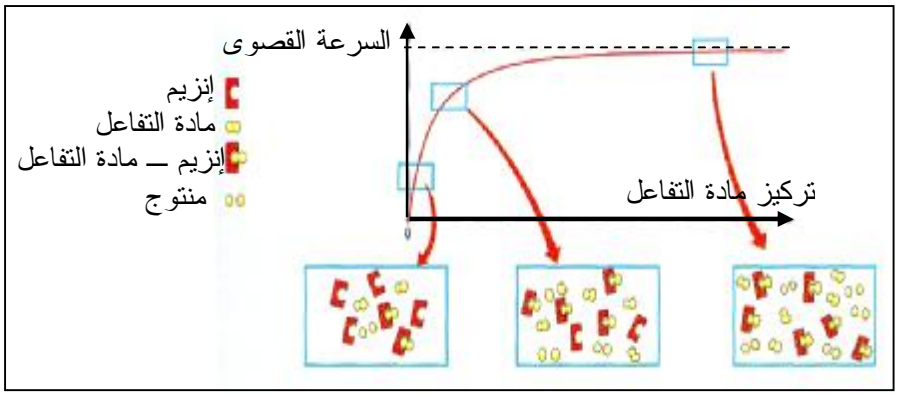
ب ــ تؤكد الوثيقة (10) أن السرعة الابتدائية للتفاعل الإنزيمي مرتبطة بتركيز مادة التفاعل بمعنى تزداد السرعة بزيادة تركيز مادة التفاعل وتأخذ قيمة قصوى في مجال معين (في هذه الحالة عند التركيز 300 ملي مول/ ل) وتثبت عندها رغم زيادة تركيزمادة التفاعل .

جـــ ــ الاستخلاص :

توجد علاقة بين السرعة الابتدائية للتفاعل المحفز البيولوجي و تركيز مادة التفاعل في مجال محدد.

3 ــ التفسير : يتم التفاعل بتشكيل معقد "إنزيم ــ مادة التفاعل"، الوصول إلى السرعة القصوى يحدث عند تشبع جميع الإنزيمات الموجودة في الوسط بمادة التفاعل.

الرسم :



أثناء حدوث التفاعل المحفز يشكل الإنزيم مع مادة التفاعل "معقد" ، أي بمعنى إرتباط بين جزيئتين [الإنزيم و مادة التفاعل] .

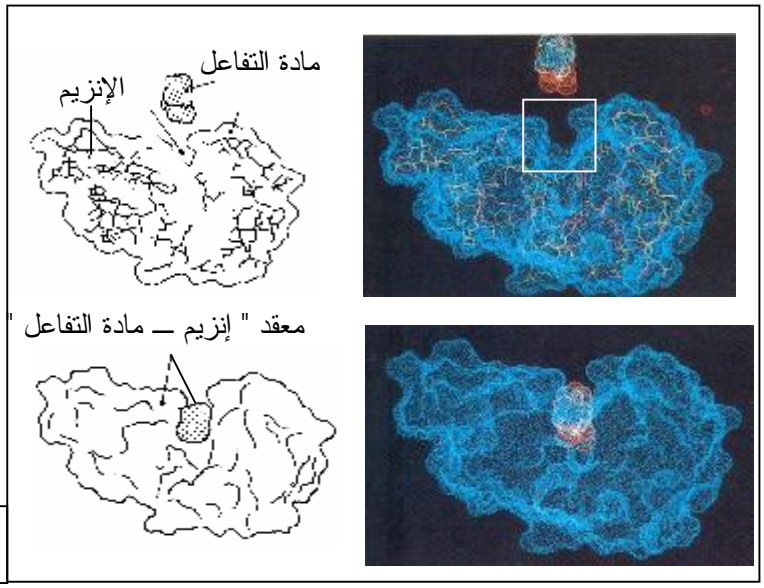
الإشكالية المطروحة : كيف يتم هذا الإرتباط ؟

ما هي الخصائص الجزيئية التي تسمح بتفسير تشكل المعقد" إنزيم ــ مادة التفاعل" ؟

تعتبر مرحلة تشكل المعقد "إزيم ــ مادة التفاعل" مرحلة ضرورية لحدوث التفاعل.

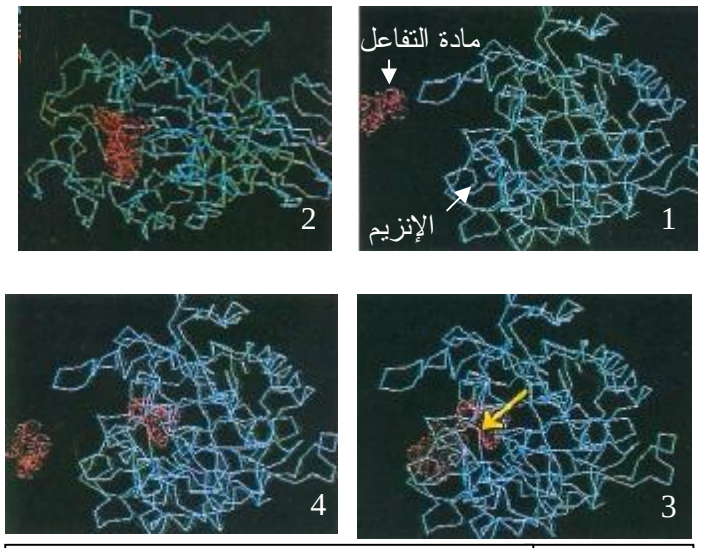
يهدف النشاطين 7 و 8 إلى إظهار الخصائص الجزيئية للإنزيمات المسؤولة عن النشاط التحفيزي للإنزيم.

النشاط 7 : * تمثل الوثيقة (12) نموذج محصل عليه بالحاسوب يبين كيفية تشكيل المعقد " إنزيم ــ مادة التفاعل " .



الوثيقة 12

* ــ تمثل الوثيقة (13)نمذجة جزيئية للتحفيز الإنزيمي للأميلاز البنكرياسي.



الوثيقة 13	1، 2 ، 3 ،4 : التسلسل الزمني للتحفيز الإنزيمي

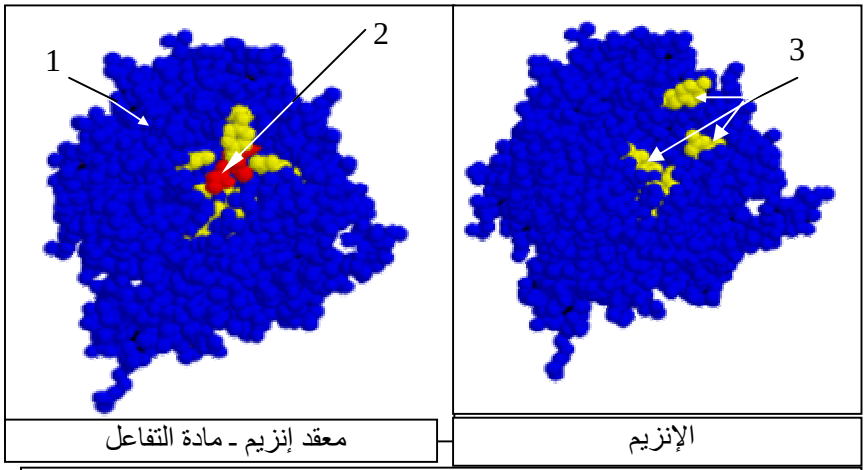
1 ــ ما هي المعلومة التي تقدمها الوثيقة (12) فيما يخص كيفية تشكيل المعقد "إنزيم ــ مادة التفاعل" ؟

2 ــ إذا علمت أن الجزء المؤطر من الوثيقة (12) يطلق عليه إسم "**الموقع الفعال**" ، قدم تعريف لمفهوم الموقع الفعال .

3 ــ أ ــ حلل الوثيقة (13) .

ب ــ ما هي المعلومة الإضافية التي تقدمها هذه الوثيقة فيما يخص التحفيز الإنزيمي ؟

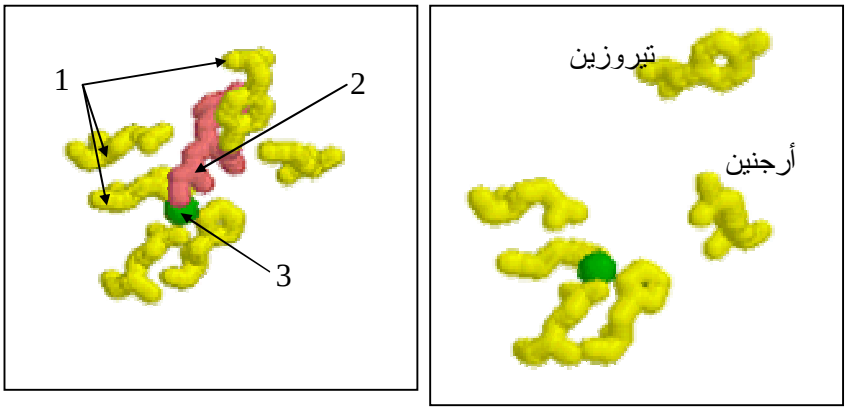
النشاط 8 : تمثل الوثيقة (14 ــ أ) البنية الفراغية لإحدى إنزيمات الهضم: كربوكسي بيبتيداز (تمثيل كروي).



1 :الإنزيم 2 : مادة التفاعل 3 : الاحماض الأمينية الستة المشكلة للموقع الفعال

الوثيقة 14 ــ أ

تمثل الوثيقة (14 ــ ب) الأحماض الأمينية المشكلة للموقع الفعال (تمثيل بالأعمدة)



1: أحماض أمينية 2 : مادة التفاعل 3 : ذرة الزنك التي تمثل موقع التحفيز

الوثيقة 14 ــ ب

1 ــ باستعمال معلوماتك قدم تعريفا للبنية ثلاثية الأبعاد للبروتين .

2 ــ باستغلال الوثيقتين (14 أ و ب) ماذا يمكنك استخلاصه فيما يخص :

ــ العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد للإنزيم و تخصصه الوظيفي .

ــ نشاط الموقع الفعال .

3 ــ قد إذن تعريف دقيق للموقع الفعال.

النشاط 9:

أبحث في فضاءات الأنترنيت عن التمثيل ثلاثي الأبعاد للإنزيمات(برامج محاكاة [rasmol]) و إظهار المواقع الفعالة (برامج محاكاة التحفيز الإنزيمي [enzymo]) .

◄ **أقيم إجابتي**:

النشاط 7:

1 ــ المعلومة : تشكيل المعقد "إنزيم – مادة التفاعل" يتم نتيجة تكامل بنيوي بين موقع خاص للإنزيم (تجويف) وجزء محدد من مادة التفاعل .

2 ــ تعريف الموقع الفعال: عبارة عن جزء محدد من بنية الإنزيم يجعل هذه البنية ثلاثية الأبعاد مكملة لبنية جزء محدد من مادة التفاعل.

3 ــ أ ــ تحليل الوثيقة : يبين الشكل 1 من الوثيقة بنية محددة لكل من الإنزيم و مادة التفاعل ، مادة التفاعل قريبة من الموقع الفعال للإنزيم .

يبين الشكل 2 تشكيل معقد "أنزيم ــ مادة التفاعل " : تثبيت هذه الأخيرة يحفز الأنزيم **ليغير** شكله الفراغي و يصبح مكملا لشكل مادة التفاعل : إنه التكامل المحفز.

يبين الشكلين 3 و 4 تفكيك مادة التفاعل.

ب ــ المعلومة الإضافية : يتطلب حدوث التفاعل تغيير في البنية الفراغية للإنزيم أي بمعنى أن التموضع الهندسي لمادة التفاعل ضروري لحدوث هذا التفاعل .

النشاط 8 :

1 ــ تعود البنية ثلاثية الأبعاد للبروتين و بالتالي نشاطه إلى الروابط التي تنشأ بين أحماض أمينية محددة و متموضعة في السلسلة الببتيدية حسب الرسالة الوراثية.

2 ــ تتوقف البنية ثلاثية الأبعاد للإنزيم على تموضع فراغي محدد لأحماض أمينية معينة. تسمح هذه البنية بتجمع أحماض أمينية موجودة في أماكن مختلفة من السلسلة لتشكيل موقع له خصائص هندسية تكمل بنية الجزء الموافق من مادة التفاعل.

تبين الوثيقة (14 ــ ب) حركة موضعية للسلاسل الجانبية للحمضين الأمينيين تيروزين و أرجنين عند تثبيت مادة التفاعل مما يؤدي إلى غلق الموقع (الوثيقة 14 ــ أ) و هو ما يبين أن تثبيت مادة التفاعل يصحب **بحركة** الأحماض الأمينية للموقع الفعال مشكلة عندئذ معقد "إنزيم ــ مادة التفاعل".و هو ما يسمح بالتأثير التحفيزي للإنزيم.

3 ــ تعريف الموقع الفعال : جزء من الإنزيم له القدرة على التعرف النوعي لمادة التفاعل و تحويلها.

الإنزيمات من طبيعة بروتينية ، فكيف تؤثر كل من الحرارة و pH على السرعة الابتدائية للتفاعلات المحفزة إنزيميا ؟

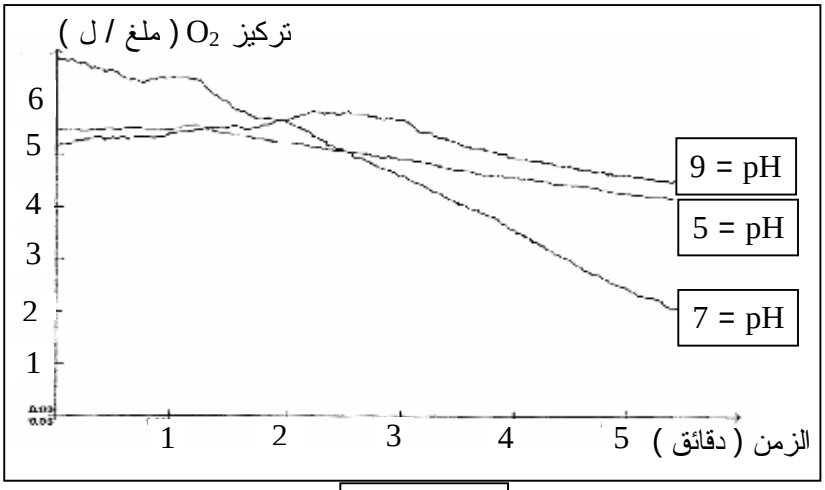
كيف يؤثر pH الوسط على السرعة الابتدائية للتفاعل المحفز إنزيميا ؟

النشاط 10:

* نعيد نفس التجربة للنشاط 3 مع تغير درجة حموضة الوسط:

pH = 7 ، pH = 5 ، pH= 9

تمثل تسجيلات (الوثيقة 15) تغيرات حركية استهلاك (O_2) خلال تفاعلات أكسدة الغلوكوز المحفزة بإنزيم الغلوكوز – أكسيداز في أوساط تفاعلية حيث الـ pH متغير.



الوثيقة 15

1 ــ قارن النتائج المحصل عليها في شروط درجة الحموضة المدروسة.

2 ــ ماذا تستنتج ؟

3 ــ بالاعتماد على المعارف المبنية من خلال دراسة "العلاقة بين بنية البروتين و وظيفته " ، قدم تفسيرا لهذه النتائج .

كيف تؤثر درجة الحرارة على السرعة الابتدائيــة للتفاعــل المحفز إنزيميا ؟

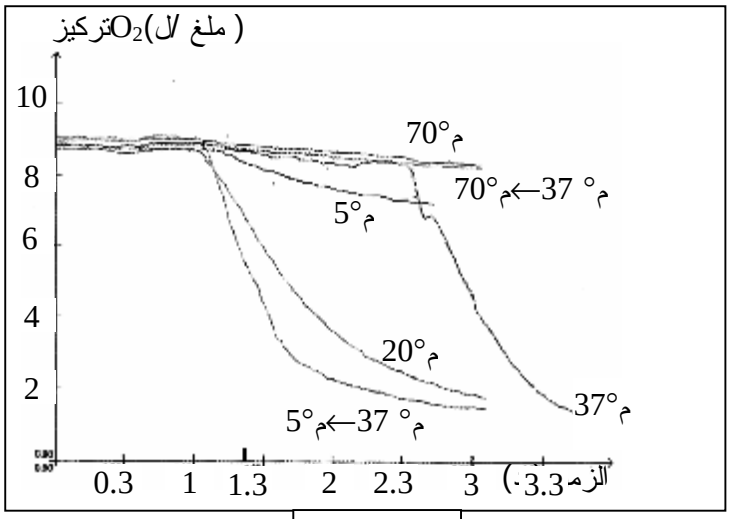
النشاط 11 :

* نعيد نفس تجربة النشاط 3 مع تغيير درجة حرارة الوسط :

- في حرارة 37 ° م - في حرارة 5 ^{0} م
- في حرارة 20 ^{0} م - في حرارة 70 ^{0} م

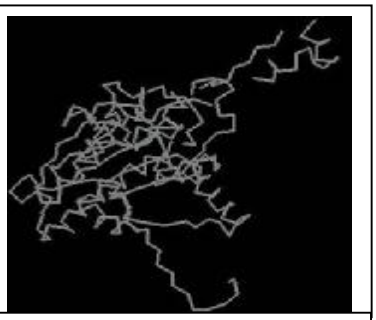
قبل التسجيل يوضع المحلول الإنزيمي ومحلول الغلوكوز لعدة دقائق في الحرارة المدروسة .

ــ تمثل تسجيلات الوثيقة (16) تغيرات حركية استهلاك الــ O_2 خلال تفاعلات أكسدة الغلوكوز المحفزة بواسطة إنزيم غلوكوز – أكسيداز في أوساط تفاعلية حيث الحرارة متغيرة .



الوثيقة 16

* تمثل الوثيقة (17) تأثير درجة الحرارة المرتفعة على بنية الإنزيم .



بنية الإنزيم بعد تأثير درجة حرارة مرتفعة

بنية إنزيم طبيعي

الوثيقة 17

1 ــ قارن النتائج المحصل عليها في شروط درجة حرارة الوسط المدروسة.

2 ــ ماذا تستنتج ؟

3 ــ استخرج درجة الحرارة المثلى لعمل الإنزيم .

4 ــ بالاعتماد على الوثيقتين (16 و 17) فسر تأثير درجة الحرارة المرتفعة على النشاط الإنزيمي.

النشاط 12 : باستعمال المعارف المبنية حول التخصص الوظيفي للبروتين قدم في رسم إجمالي (نموذج) تأثير كل من درجة الحرارة و الــ pH على المحفزات الإنزيمية و العواقب المترتبة على ذلك .

◄أقيم إجابتي :

النشاط 10 :

1 ــ المقارنة :

تكون حركية التفاعل المحفز بإنزيم غلوكوزــ أكسيداز كبيرة في pH = 7 (وسط معتدل) مقارنة بحركيته في الوسطين ذو pH = 5 (وسط حامضي)أو 9 (وسط قاعدي) حيث تكون جد ضعيفة أو شبه منعدمة، بمعنى تتناقص هذه الحركية عندما يبتعد pH الوسط التفاعلي عن pH المعتدل.

2 ــ الاستنتاج: لكل إنزيم درجة حموضة مثلى يكون نشاطه عندها أعظمي في شروط pH محددة، ملائمة للحياة.

3 ــ التفسير:

تؤثر درجة حموضة الوسط على الحالة الكهربائية للوظائف الجانبية الحرة للأحماض الأمينية في السلاسل البيبتيدية وبالأخص تلك الموجودة على مستوى الموقع الفعال كما يلي:

في الوسط الحمضي الوظائف الأمينية تثبت H^+ و تصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية موجبة .

في الوسط القاعدي تفقد الوظائف الكربوكسيلية H^+ وتصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية سالبة.

يؤدي تغير الحالة الأيونية للموقع الفعال (بابتعاد pH الوسط التفاعلي عن الـــpH الأمثل) إلى فقد الشكل المميز له مما يعيق تثبيت مادة التفاعل وبالتالي يمنع حدوث التفاعل .

النشاط 11 :

1 ــ المقارنة:

ــ حركية التفاعل المحفز بإنزيم غلوكوز- أكسيداز تكون أعظمية في درجة حرارة وسط التفاعل تساوي 37 ^{0} م.

ــ تقل هذه الحركية كلما انخفضت درجات حرارة الوسط.

ــ عند رفع الحرارة من 5 ^{0} م إلى 37 ^{0} م تعود الحركية الإنزيمية إلى قيمتها القصوى.

ــ في درجة حرارة مرتفعة (70 ° م) تكون هذه الحركية شبه منعدمة.

ــ عند الانتقال من درجة حرارة 70 °م إلى درجة حرارة 37 ° م تبقى الحركية الإنزيمية شبه منعدمة.

2 ــ الاستنتاج : يتم النشاط الإنزيمي ضمن مجال محدد من درجة الحرارة يبلغ التفاعل الإنزيمي سرعة أعظمية عند درجة حرارة 37 ^{0} م.

يصبح الإنزيم غير نشط وتتناقص حركيته عند الحرارة المنخفضة ويفقد حركيته تماما بتخريبه عند الحرارة المرتفعة.

3 ــ درجة الحرارة المثلى لعمل الإنزيم = 37 ° م. لا يكون تأثير الإنزيم إلا في الشروط الملائمة للحياة (37 ° م عند الإنسان).

4 ــ التفسير: يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تخريب الإنزيم الذي يفقد نهائيا بنيته الفراغية و بالتالي وظيفته.

النشاط 12 :