

العدد  
03

علوم الطبيعة والحياة

# النشاط الإذيمي للبروتينات

معلومات شاملة، دقيقة، سهلة الفهم والحفظ  
رسومات تخطيطية نموذجية لامتحان بخط اليد

## مجلة المجتهد



مراجعة الأستاذ: بوالريش أحمد

ثانوية متقن القل - سكريكدة

إعداد الأستاذ: بن خريف مصطفى

ثانوية الرائد بعرير محمد العربي بعين الملح - المسيلة

التحضير الجيد للبكالوريا

## مقدمة

خلال ظاهرة التعبير المورثي، يتركب البروتين في الهيولى بناء على معلومات وراثية (الوحدة 1). ثم يكتسب بنية فراغية تمكّنه من القيام بوظيفة معينة داخل الخلية أو خارجها (الوحدة 2). من بين أهم الوظائف التي تؤديها البروتينات في العضوية والتي ستدرسها في السنة النهائية ثلاثة وهي: دور البروتينات إنزيمات (الوحدة 3)، دور البروتينات في الدفاع عن الذات (الوحدة 4) وفي الاتصال العصبي (الوحدة 5).

## مخطط الوحدة

مفهوم الانزيم

١

حركة الانزيم

٢

العلاقة بين بنية ووظيفة الانزيم

٣

العوامل المؤثرة على نشاط الانزيم

٤

# النشاط الإنزيمي للبروتينات

مجلة  
المجتمع

## التركيب التجريبي المدعوم بالحاسوب ExAO

### المكونات

- مفاعل حيوي: يتم فيه التفاعل والقياسات.

- مسبار (لاقط): يقيس تركيز مادة معينة ( $O_2$ , pH,  $CO_2$ , حرارة...).

- وسيط: يربط اللاقط بالحاسوب.

- حاسوب: يعرض النتائج على شكل منحنيات.

### المزايا

- قياس سريع ودقيق لتركيز المتفاعلات والنواتج.

- متابعة لحظية لسير التفاعل على شاشة الحاسوب.

- مشاهدة مباشرة لتأثيرات تغيرات شروط التفاعل.

- حفظ النتائج التجريبية في ذاكرة الحاسوب.

## 1 - مفهوم الإنزيم

### 1- تعريف

الإنزيم وسيط حيوي ذو طبيعة بروتينية، يحفز التفاعلات الحيوية، يتميز بتأثيره النوعي على مادة التفاعل (الركيزة)، يعمل في شروط محددة من درجة الحرارة والحموضة.

**الركيزة:** مادة تفاعل خاصة، يرتبط بها الإنزيم ويحفز تفاعلاً معيناً معها.

### 2- دور الإنزيمات في العضوية:

تتدخل في مختلف التفاعلات الأيضية.

ملاحظة: الأيض (الاستقلاب) = تفاعلات الهدم + تفاعلات البناء الحيوي.

### 3- تأثير غياب الإنزيم

في حالة غياب الإنزيم بتخريب بنيته الفراغية، يتوقف التفاعل الذي يحفزه هذا الإنزيم ويحدث خلل في الظاهرة الحيوية المعنية. ينتج التغيير في بنية الإنزيم عن حدوث طفرة على المورثة التي تشرف عن تركيبه.

### 4- مفهوم الطفرة

حدوث خلل في المعلومة الوراثية يتمثل في تغيير ترتيب القواعد الآزوتية للمورثة، يتم ذلك بحذف أو إضافة أو استبدال قاعدة أو أكثر.

**تأثيرها:** قد ينبع عن التعبير المورثي للمورثة الطافرة بروتيناً ذو بنية فراغية غير طبيعية (غير وظيفية)، مما يؤدي إلى تغيير النمط الظاهري، أو تكون الطفرة سبباً لمرض وراثي...

**انتقالها:** إذا حدثت الطفرة على مستوى الخلايا الجنسية، فإنها تنتقل من الآباء إلى الأبناء، وتسمى في هذه الحالة طفرة وراثية. أما إذا حدثت على مستوى خلايا أخرى كخلايا الجلد، فإنها لا تنتقل.

#### معلومة إضافية: تسمية الإنزيمات

- اسم مادة التفاعل ونضيف في آخره (ase)، مثل: بروتياز، ليباز، ARNase، لاكتاز...
- اسم نوع التفاعل ونضيف في آخره (ase)، مثل: ترونسفيراز (تحويل)، فوسفاتاز (فسفة)، سنتاز (تركيب)، أوكسيداز (أكسدة)...

**الصيغة الشهيرة:** One gene – one enzyme

أي المورثة الواحدة يعبر عنها إنزيم واحد

# النشاط الإنزيمي للبروتينات

## 2- حركة الإنزيم

نقصد بحركة الإنزيم: نشاط الإنزيم أو سرعة التفاعل الإنزيمي.

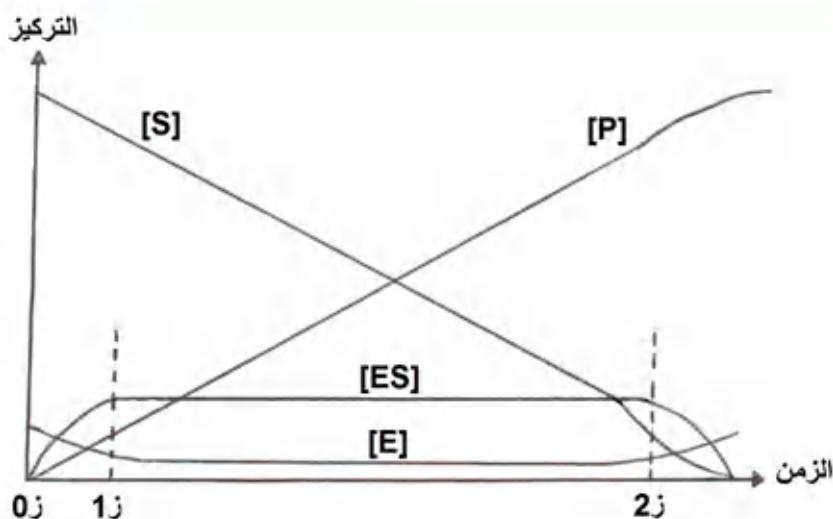
**1- قياس سرعة التفاعل الإنزيمي:** نعبر عنها بـ:

- كمية مادة التفاعل  $S$  المتناقصة في وحدة الزمن:  $V = dS / dt$ .

- أو كمية الناتج  $P$  المتشكلة في وحدة الزمن:  $V = dP / dt$ .

حيث:  $V$ : سرعة التفاعل،  $S$ : الركيزة،  $P$ : الناتج،  $t$ : الزمن.

## 2- مراحل التفاعل الإنزيمي



تطور حركة الإنزيم (سرعة التفاعل الإنزيمي)

**المرحلة الأولى ( $t=0-z_1$ ):** ارتفاع سرعة التفاعل

- تميز باستمرار تشكل المعقد  $ES$  لوجود جزيئات إنزيم  $E$  غير مرتبطة (موقع فعالة شاغرة)، ووجود كمية كافية من مادة التفاعل  $S$ .

- تحويل مادة التفاعل  $S$  (تناقص كميته) إلى ناتج  $P$  (ترتفع كميته).

# النشاط الإنزيمي للبروتينات

## المرحلة الثانية (ز1-ز2): ثبات سرعة التفاعل

- تبلغ سرعة التفاعل الإنزيمي أقصاها وتحتى تتشبع كل جزيئات الإنزيم بمادة التفاعل.
- يستمر تحويل مادة التفاعل إلى ناتج بسرعة ثابتة.

## المرحلة الثالثة (ز2-ز3): تناقص سرعة التفاعل

- تتناقص سرعة التفاعل الإنزيمي بسبب تناقص مادة التفاعل حتى تنفذ ويتوقف التفاعل.

### 3- خصائص حركية الإنزيم

- تتأثر بتغيير تركيز مادة التفاعل: تزداد سرعة التفاعل الإنزيمي بزيادة تركيز مادة التفاعل، وتثبت عندما تتشبع كل المواقع الفعالة لجزيئات الإنزيم.
- تتأثر بتغيير تركيز جزيئات الإنزيم: تزداد سرعة التفاعل الإنزيمي بزيادة تركيز جزيئات الإنزيم.

ملاحظة: جزيئات الإنزيم تؤثر بتركيز قليل جداً.

- النوعية: يتميز الإنزيم بنوعية مزدوجة
- نوعية بالنسبة لمادة التفاعل: يرتبط بمادة تفاعل واحدة خاصة به.
- نوعية بالنسبة لنوع التفاعل: يحفز نوع واحد من التفاعلات.

مثال: الغلوكوز ركيزة ترتبط بها إنزيمات مختلفة، وكل إنزيم يحولها إلى ناتج مختلف.

إذا هذه الإنزيمات تشتراك في تخصصها مع الركيزة (الغلوكوز)، ولا تشتراك في نوع التفاعل.

- لا يتأثر الإنزيم بالتفاعل (وسيط فقط): ترتبط جزيئات الإنزيم بالركيزة وتحولها دون أن تتأثر بالتفاعل. أي لا يتغير تركيز جزيئات الإنزيم في نهاية التفاعل.

# النشاط الإئزيمي للبروتينات

### **3- العلاقة بين بنية الإنزيم وخصائصه الوظيفية**

وصف بنية الإنزيم

باختصار: بنية فراغية ثلاثية الأبعاد تحتوي موقعاً فعالاً يتكامل بنيوياً مع مادة تفاعل خاصة.

يتميز الانزيم بنية فراغية (ثلاثية الأبعاد 3D) مستقرة، تتشكل من عدد ونوع وتتالي عدد من الأحماس الأمينية، تحتوي جزءاً صغيراً على شكل فجوة أو شق يسمى: الموضع الفعال، يتركب من بضعة أحmas أمينية متوضعة بشكل متقارب.

ملاحظة: الانزيمات غير وظيفية في البنية الأولية والثانوية، بعضها يصبح وظيفي في البنية الثالثية، والبعض الآخر يتطلب اكتساب بنية رابعة.

## 2- تعريف الموضع الفعال

جزء بسيط من الإنزيم، يظهر على شكل فجوة أو شق في بنية الإنزيم، يتكون من عدد محدود من الأحماض الأمينية، يتميز بالتكامل البنائي مع مادة التفاعل ويكون من موقعين:

- موقع التثبيت (الارتباط، التعرف): يثبت مادة التفاعل.

- موقع التحفيز: يؤثر على مادة التفاعل.

- دور الموقع الفعال: يقوم بوظيفة التحفيز، أي الارتباط النوعي بمادة التفاعل وتحويلها.

**ملاحظة:** الأهماض الأمينية المشكّلة للموقع الفعال لا يشترط أن تكون متتالية في السلسلة البتّيديّة، لأن السلسلة تلتف بحيث الأهماض الأمينية المتّباعدة في السلسلة تتقارب في الفراغ.

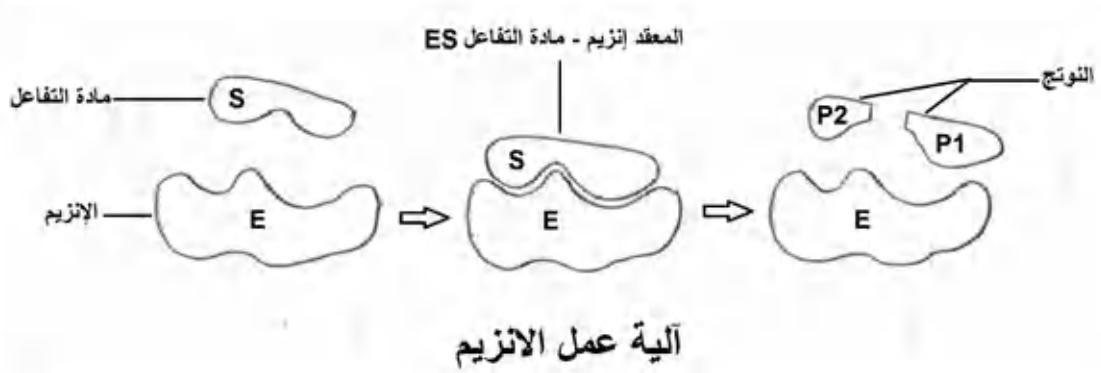
-آلية عمل الانزيم

- يرتبط الإنزيم ( $E$ ) بالركيزة ( $S$ ) في مستوى الموقع الفعال لوجود تكامل بنوي ويتشكل المعقد إنزيم-مادة التفاعل ( $E-S$ ) الضروري لحدوث التفاعل: بواسطة روابط انتقالية (هيدروجينية)، تربط الوظائف الكيميائية لمادة التفاعل مع الوظائف الكيميائية للسلسل

# النشاط الإنزيمي للبروتينات

الجانبية للأحماض الأمينية المشكّلة لموقع التثبيت في الموقع الفعال.

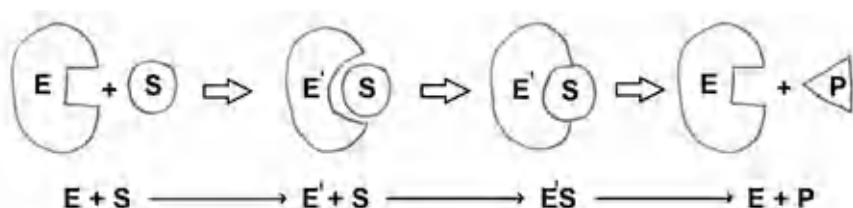
- تحول الركيزة إلى ناتج P بواسطة موقع التحفيز لموقع الفعال.
- يتحرر الناتج عن الإنزيم.



ملاحظة: العلاقة بين الإنزيم ومادة التفاعل هي: التكامل البنائي، وفقاً للمبدأ قفل-مفتاح حيث القفل يمثل الإنزيم، والمفتاح مادة التفاعل.

## 4- التكامل المحفز

عند اقتراب مادة التفاعل من الإنزيم تحفظه على تغيير شكله الفراغي ليصبح الموقع الفعال متكاملاً مع مادة التفاعل. تغيير شكل الإنزيم يسمح بحدوث التفاعل لأن المجموعات الكيميائية الضرورية لحدوثه تصبح في الموقع المناسب للتأثير على مادة التفاعل.



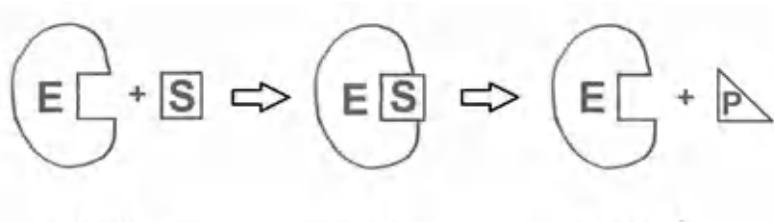
التكامل المحفز

# النشاط الإنزيمي للبروتئينات

## 5- أنواع التفاعلات الإنزيمية

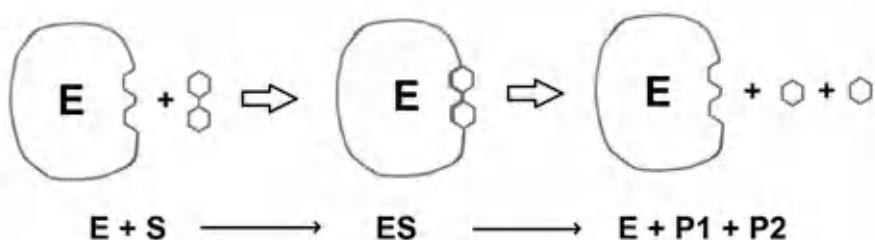
تقوم الإنزيمات بتحفيز ثلث (03) أنواع من التفاعلات:

- **تفاعلات التحويل:** يقوم الانزيم بتحويل مادة التفاعل إلى ناتج وفق المعادلة:



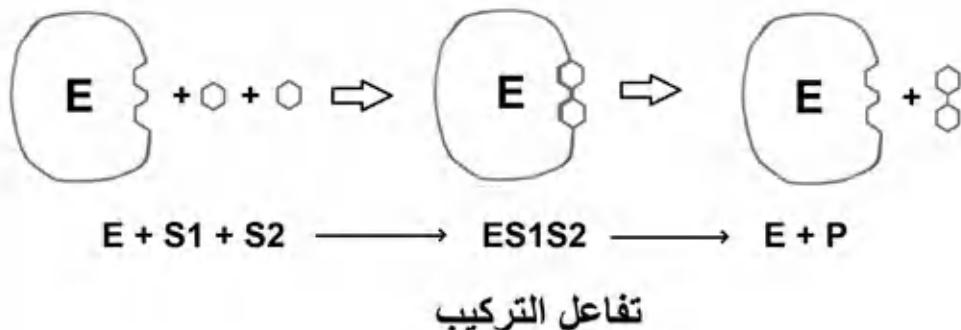
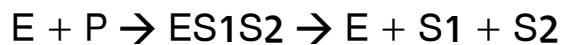
تفاعل التحويل

- **تفاعلات التفكيك (التحليل، التبسيط، الإماهة، الهدم):** يفكك الانزيم مادة التفاعل إلى مادتين ناتجتين أو أكثر وفق المعادلة:



تفاعل التفكيك

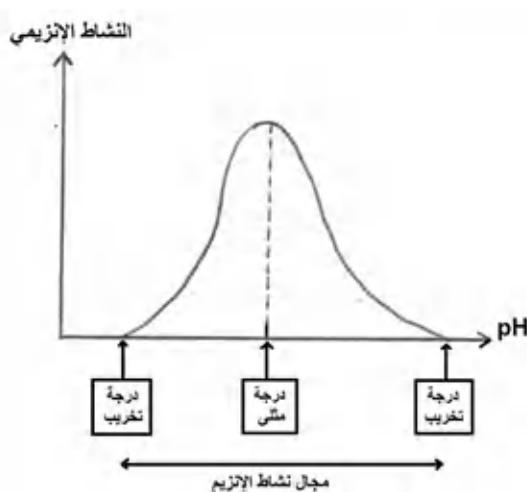
ج- تفاعلات التركيب (البناء): يقوم الإنزيم بربط مادتي تفاعل أو أكثر لتنتج مادة تفاعل واحدة مركبة، وفق المعادلة:



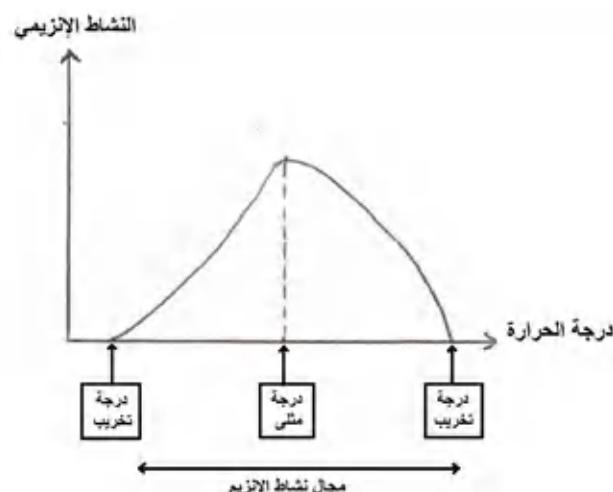
## ٤- عوامل الوسط المؤثرة على نشاط الإنزيم

يتأثر نشاط الإنزيم كذلك بتغير درجة الحرارة والحموضة.

ينشط الإنزيم في مجال محدد من درجة الحرارة والحموضة فقط، وخارجه يتخرّب ويُفقد بنيته الفراغية الوظيفية. توجد قيمة ضمن هذا المجال يكون نشاطه عندماً أعظمياً تسمى: الدرجة المثلث.



تأثير درجة الحموضة pH على نشاط الإنزيم



تأثير درجة الحرارة على نشاط الإنزيم

# النشاط الإنزيمي للبروتئينات

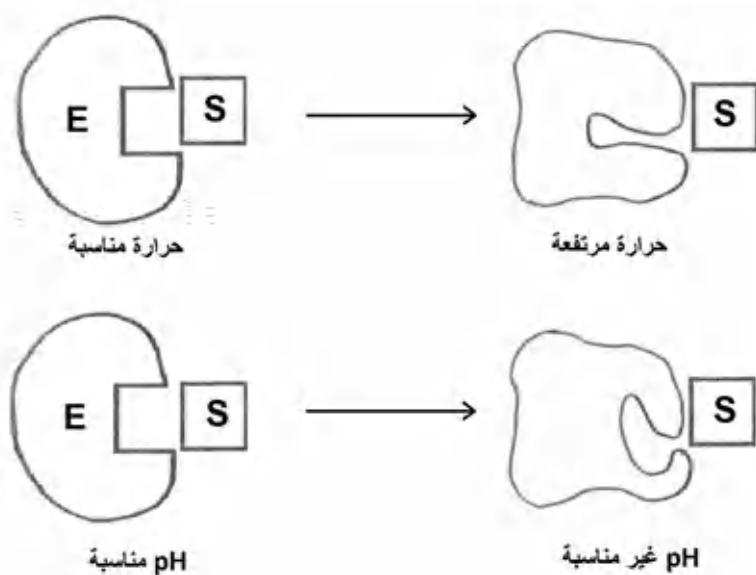
## 1- تأثير درجة حموضة الوسط pH على نشاط الإنزيم

التفسير: تؤثر درجة الحموضة غير الملائمة على الوظائف الكربوكسيلية والأمينية لجذور الأحماض الأمينية، فتتأثر الروابط الكيميائية المحافظة على بنية الإنزيم، ويتغير شكل الموقع الفعال، مما يمنع حدوث التكامل بين المجموعات الكيميائية للإنزيم ومادة التفاعل.

## 2- تأثير درجة الحرارة على نشاط الإنزيم

التفسير: درجة الحرارة المرتفعة تؤثر على مختلف الروابط المحافظة على بنية الإنزيم (خاصة الروابط الهيدروجينية)، فتتغير بنية الإنزيم ويفقد الموقع الفعال شكله المميز، ونتيجة لذلك يفقد نشاطه بصورة غير عكسيّة (يفقد بنيته الوظيفية نهائياً).

درجة الحرارة المنخفضة تقلل حركة الجزيئات فيتوقف نشاط الإنزيم كلياً بصورة عكسيّة، أي يسترجع الإنزيم بنيته الوظيفية بعودة درجة الحرارة الملائمة.



تأثير درجة الحرارة ودرجة الحموضة pH على بنية الإنزيم

### معلومة إضافية: خاصية أخرى للإنزيمات

العامل المساعد: نشاط بعض الإنزيمات يتطلب الارتباط بعامل مساعد:

مادة عضوية غير بروتينية تسمى: مرافق الإنزيم.

شاردة معدنية (حديد  $\text{Fe}^{+2}$ , مغنيزيوم  $\text{Mg}^{+2}$ ).

### تساؤل

بضعة أممأضن أمنية الشكلة للموقع الفعال تأسِّب الإنزيم قدرة فيالية تمثل في تسريع التفاعلات للأضعاف مضاعفة تصل الملايين! وبترأكيرن قليلة جداً؟ والتي من المفروض تتطلب طاقة عالية جداً لتحولها!



# النشاط الإنزيمي للبروتينات

## خلاطة

### بطاقة تعريف الإنزيم

1. **التركيب:** في الهيولى.
2. **الدور:** يحفز التفاعلات (الأيضية: الهدم + البناء).
3. **الطبيعة الكيميائية:** بروتينية (جزئية حيوية).
4. **الخصائص البنوية**

  - **البنية الفراغية:** بنية ثلاثية الأبعاد خاصة.
  - **الموقع الفعال:** يتكامل بنويًا مع الركيزة ويحتوي موقع تثبيت وموقع تحفيز.

5. **الخصائص الوظيفية**

  - **التحفيز:** يسرع التفاعلات.
  - **الوسيط:** لا يستهلك أثناء التفاعل.
  - **التشبع:** عدد المواقع الفعالة في جزيئة الإنزيم محدود.
  - **النوعية:** يتخصص مع ركيزة واحدة ونوع تفاعل واحد.
  - **التكامل المحفز:** يغير من بنيته الفراغية مؤقتاً ليتكامل الموقع الفعال مع الركيزة.
  - **التأثر بدرجة الحرارة ودرجة  $\text{pH}$ :** ينشط في مجال محدد، ويتميز بدرجة مثل.

اَكْدُلَّهُ رَبُّ الْعَالَمِينَ

وَصَلَى اللَّهُ وَسَلَمَ وَبَارَكَ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى أَهْلِ دِرْصَبِهِ إِلَى يَوْمِ الدِّينِ



# من نفس المسالمة

<p><b>الاصدار الحالي</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>النশاط الانزيمي للبروتينات</b> العدد 03 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>صدر سابق</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين</b> العدد 02 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>صدر سابق</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>تركيب البروتين</b> العدد 01 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>
<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>التركيز الضوئي</b> العدد 06 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>دور البروتينات في الاتصال العصبي</b> العدد 05 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>دور البروتينات في الدفاع عن الذات</b> العدد 04 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>
<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>مواضيع مقترنة</b> العدد 09 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>الحركات التكتونية</b> العدد 08 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>	<p><b>قريبا</b></p> <p><b>مجلة المجتهد</b></p> <p>مراجعة الاستاذ: بوباريش احمد نورة ابراهيم محمد فارس - مختار - مصطفى التحضير الجيد للبكالوريا</p> <p><b>التنفس الكلوي</b> العدد 07 علوم الطبيعة والحياة</p> <p>مطويات غافلة - دقيقه - سهلة الفهم والحفظ رسومات تخطيطية مموجة للاختصار بخطاب</p>

