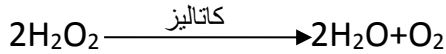


## الانزيمات

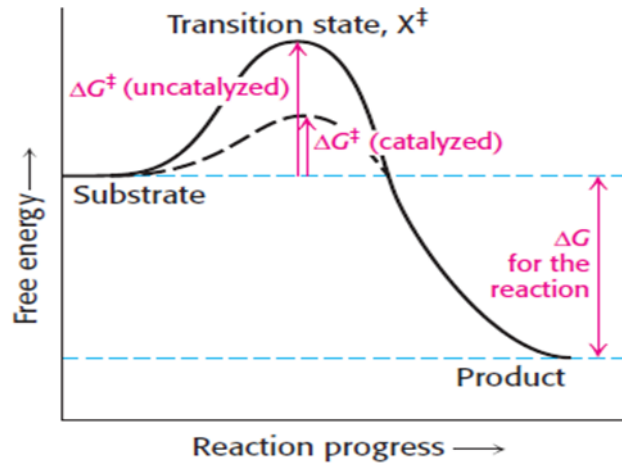
مواد بروتينية قابلة للذوبان في الماء تتكون داخل الخلايا تعمل كمحفزات لزيادة سرعة التفاعلات الحيوية بنسبة انجاز تصل الى 100% ويمكن أن تعمل خارج الخلايا، وتتخصص على مادة اساس واحدة أو على صنف متشابه من المواد الأساس. وبدون الإنزيمات لا يمكن للمرء أن يتنفس أو يرى أو يتحرك أو يهضم الطعام . كما أن عملية التركيب الضوئي في النبات تعتمد على عمل الإنزيمات . تبقى معظم الإنزيمات في الخلايا التي تنتجها ، ولكن بعض الإنزيمات تؤدي وظيفتها في أماكن أخرى . فعلى سبيل المثال يفرز البنكرياس إنزيم اللايباز الذي ينتقل إلى الأمعاء الدقيقة حيث يقوم بتحليل الدهون.

لكل إنزيم وظيفة متخصصة في الجسم لا يستطيع أداءها إنزيم آخر. والمادة التي يظهر الإنزيم مفعوله عليها تسمى Substrate أي المادة الخاصة لفعل الإنزيم (المادة الأساس). ونظراً لضرورة وجود إنزيم مختلف لكل Substrate أو عدد محدود من المواد المتشابهة كيميائياً فإن الجسم يجب أن ينتج عدداً هائلاً من الإنزيمات المختلفة.

يوجد في الخلية الحية ما يقرب من 1000 إنزيم، وتعمل الانزيمات على تخفيض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل. مثال انزيم الكاتاليز الذي يتخصص عمله على بيروكسيد الهيدروجين فقط ، فكل جزيئة انزيم تحفز هدم 90000 جزيئة H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> في الثانية الواحدة.

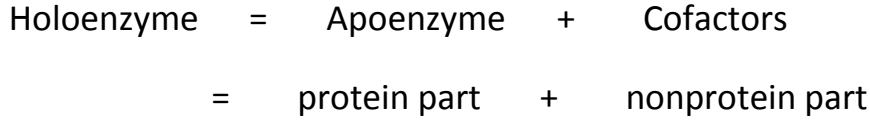


ان التفاعل المذكور يتم ببطيء بغياب الانزيم ، وتتضاعف سرعته مليون مرة بوجود الانزيم لأن الانزيم يعمل على تخفيض طاقة تنشيط التفاعل ( $\Delta G^\ddagger$ ) ولكنه لا يؤثر على فرق الطاقة الحرة بين المتفاعلات والنواتج ( $\Delta G$ ) أي لا يؤثر على سير واتجاه التفاعل.



Enzymes decrease the activation energy. Enzymes accelerate reactions by decreasing  $\Delta G^\ddagger$ , the free energy of activation.

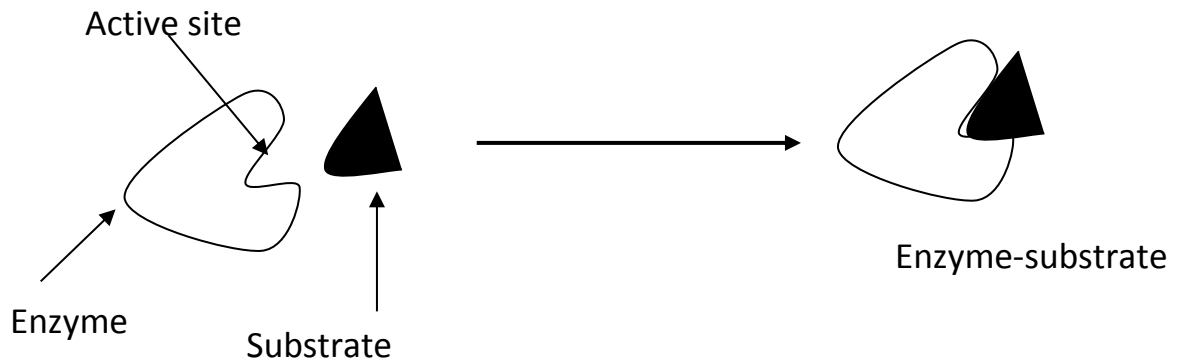
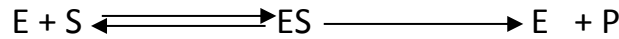
تعمل الكثير من الانزيمات بوجود مكونات خاصة غير بروتينية تسمى "مرافقات الانزيم" والتي بدونها يكون الانزيم غير فعال بايولوجياً، وهي اما أن تكون معادن مثل  $Zn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$  أو مركبات عضوية تسمى كوانزيمات (coenzyme) والتي غالباً ما تشتق من الفيتامينات مثل  $NAD^+$  وFAD وكوانزاييم A. يسمى الانزيم مع مرافقه Holoenzyme ويسى الجزء البروتيني من الانزيم فقط بدون مرافقه Apoenzyme.



فالانزيمات التي تعمل بدون مرافقات تسمى انزيمات بسيطة والتي لا تعمل الا بوجود المرافقات تسمى انزيمات معقدة.

### الموقع الفعال للانزيم (Active site)

الانزيمات جزيئات كروية تمتلك أشكال ثلاثية الأبعاد وتحتوي على منطقة محددة بشكل اخدود أو جيب تعرف "بالموقع الفعال للانزيم" الذي يتكون من عدد من السلاسل الجانبية لبعض الأحماض الأمينية المكونة لذلك الانزيم. ويعمل هذا الجزء على ربط المادة الأساس بقوى هيدروجينية أو كهربائية وثبيتها بوضع فراغي صحيح ملائماً للتفاعل لغرض تكوين الناتج.



### الكفاءة الأنزيمية Enzyme Efficiency

تمتاز معظم التفاعلات المحفزة بالانزيمات بسرعة عالية تتراوح بين  $10^3$ - $10^8$  مرة بقدر سرعة التفاعلات غير المحفزة انزيمياً، وعلى العموم فان كل جزيئة انزيم قادرة على تحويل 100 الى 1000 جزيئة مادة أساس الى نواتج في الثانية الواحدة. ان عدد جزيئات المادة الأساس التي تتحول الى ناتج لكل جزيئة انزيم في الثانية الواحدة يسمى رقم التحول (Turnover number).

## الفعالية الانزيمية (Enzyme activity)

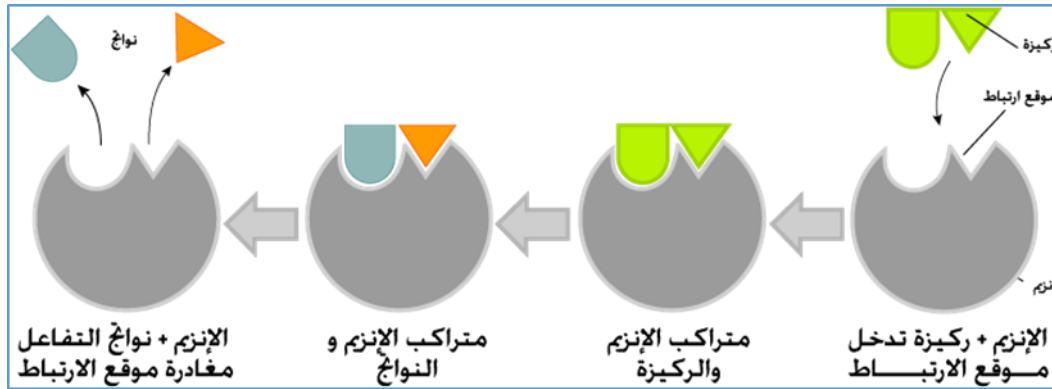
يعبر عن الفعالية الانزيمية بانها عدد المايكرومولات من المادة الاساس التي تتحول الى ناتج في تفاعل محفز انزيمياً خلال دقيقة واحدة تحت ظروف محددة. ويعبر عن وحدة الانزيم U بانها مقدار فعالية الانزيم اللازمة لتحويل مايكرومول واحد من المادة الاساس الى ناتج خلال الدقيقة الواحدة.

## الفعالية النوعية للانزيم (Specific activity)

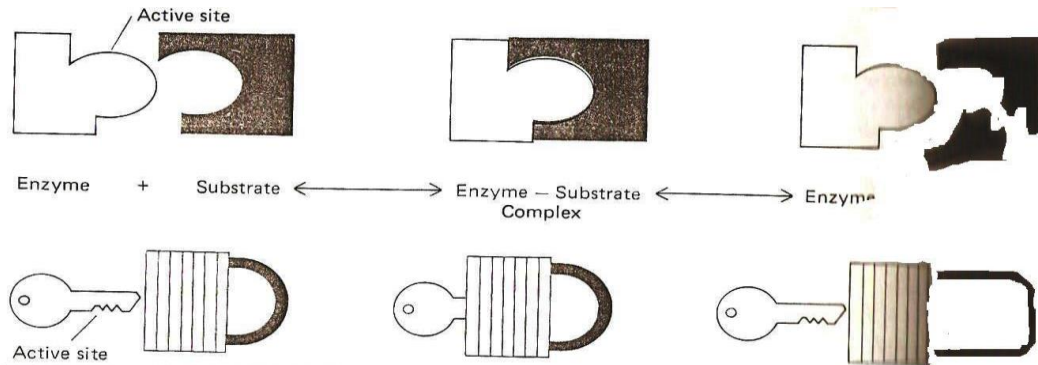
هي عدد الوحدات الانزيمية U الموجودة في ملغم واحد من البروتين.

## نظريات فعل الانزيمات

1. نظرية القفل والمفتاح (1894): وضعت هذه الفرضية من قبل فيشر لتفسير اصطفاائية الأنزيمات حيث افترض ان دور الموقع الفعال في الأنزيم يشابه دور المفتاح الذي لا يفتح إلا قفل مخصص له ينطبق شكله على متطلبات هذا القفل، وهذا ما يؤدي إلى ان جزيئات معينة فقط تستطيع الارتباط بالانزيم في موقعه الفعال لتخضع للتفاعلات التي ينجزها الأنزيم.

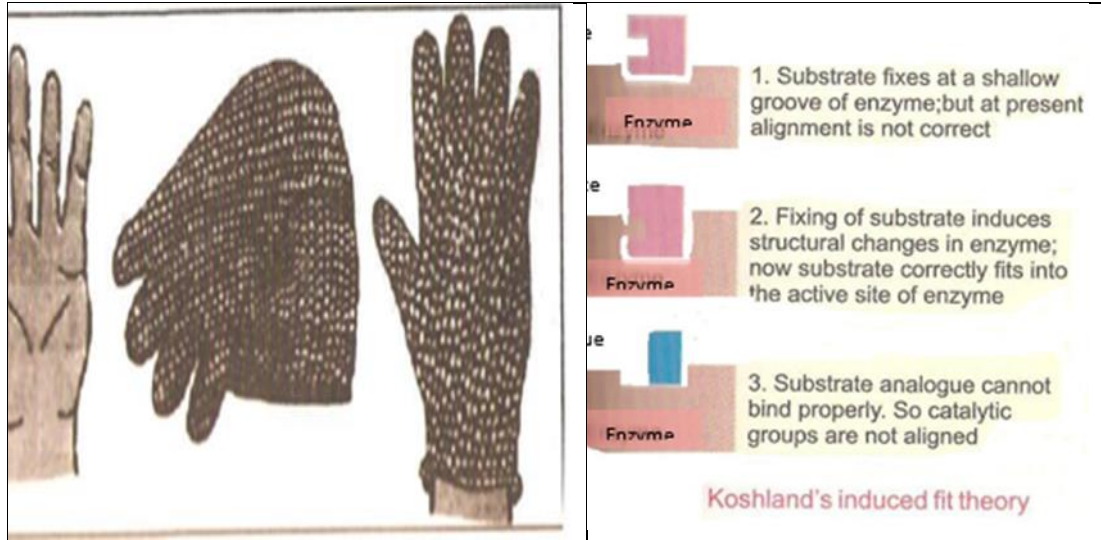


شكل يوضح ارتباط الانزيم مع المادة الاساس



A Lock-and-Key Model for Enzyme Specificity

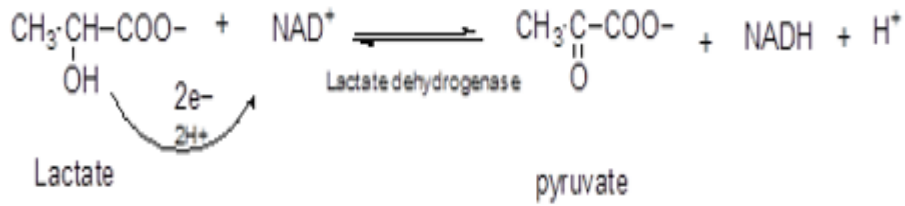
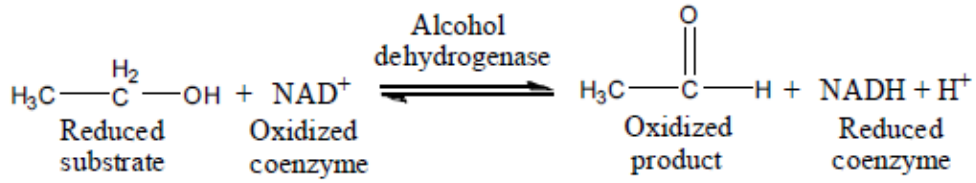
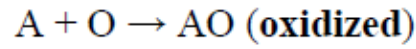
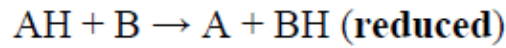
2. نظرية التوافق المستحث لكوشلان(1962): تشير هذه النظرية الى انه عند ارتباط المادة الأساس مع الانزيم ستقوم المادة الأساس ببحث الانزيم على تغيير الشكل الفراغي لموقعه الفعال ليكون متوافق مع تركيب وشكل المادة الأساس كحالة توافق القفازات مع كفوف اليدين.



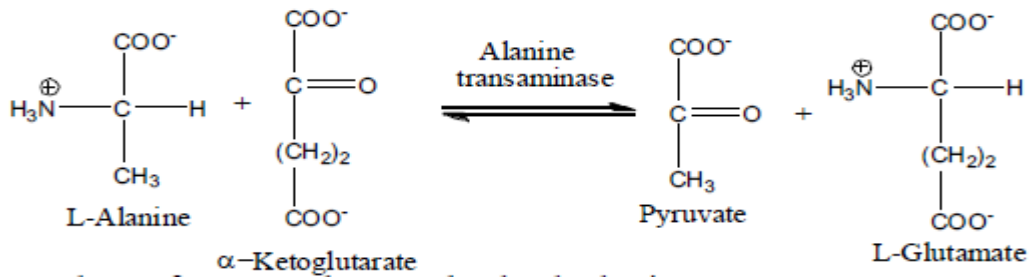
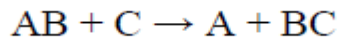
### تصنيف الانزيمات

تم تصنيف الانزيمات وفقاً لتفاعلاتها التحفيزية الى ست مجاميع رئيسية (وكل مجموعة تصنف الى مجاميع ثانوية... وهكذا) وفقاً للاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية والبايولوجي الجزيئي وكالاتي:

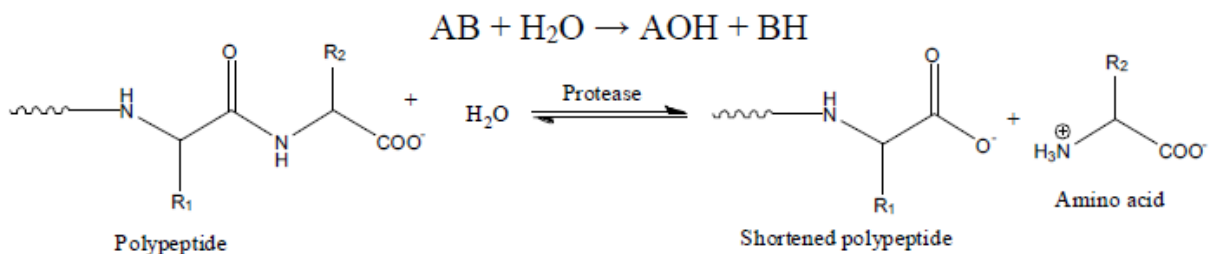
1- انزيمات اكسدة واختزال Oxidoreductases : وتتضمن مجموعة الانزيمات التي تحفز انتقال ذرات الهيدروجين أو الأوكسجين أو الالكترونات من مادة أساس الى أخرى وتشمل Dehydrogenase Peroxidase و Oxidase.

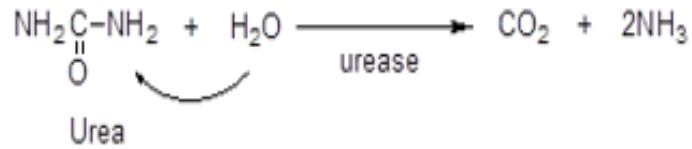


2- الانزيمات الناقلة Transferases: وهي مجموعة الانزيمات التي تحفز نقل مجاميع فعالة مختلفة مثل مجاميع المثيل أو الالكيل، الاسيل، الامينو ، الفوسفات من مادة أساس الى أخرى

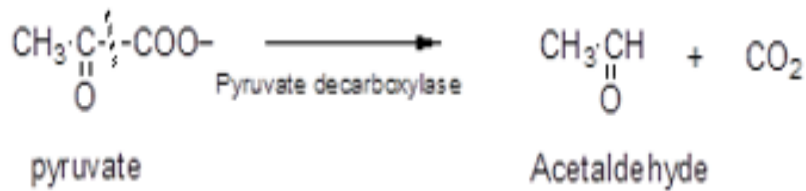
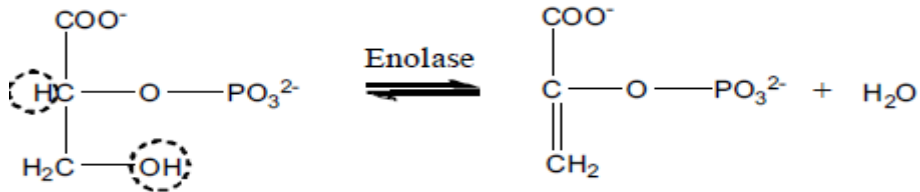
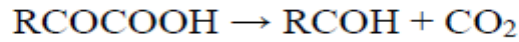


3- الانزيمات المميئة Hydrolases: وهي الانزيمات التي تحفز التحلل المائي (اضافة جزيئة ماء) لمواد الاساس وتكوين ناتجين.

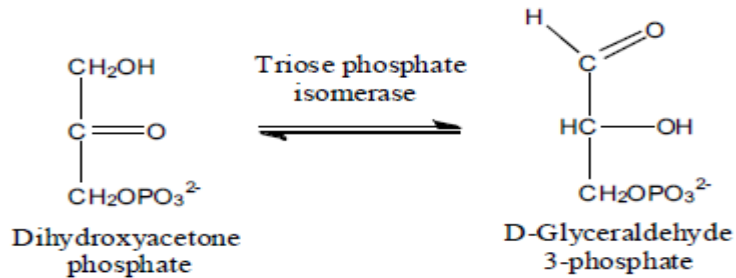
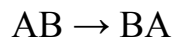


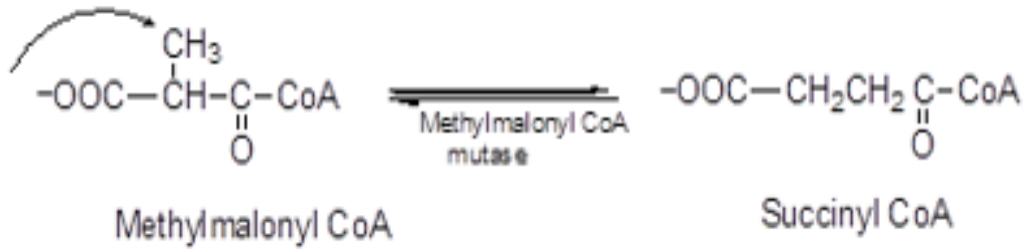


4- انزيمات الاضافة والحذف Lyases: وهي الانزيمات التي تحفز حذف مجموعة صغيرة من المادة الأساس مثل (  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  ) فينتج مركب يحتوي على اصرة مزدوجة او تعمل على اضافة هذه المجاميع للاصرة المزدوجة مكونة اصرة مفردة .

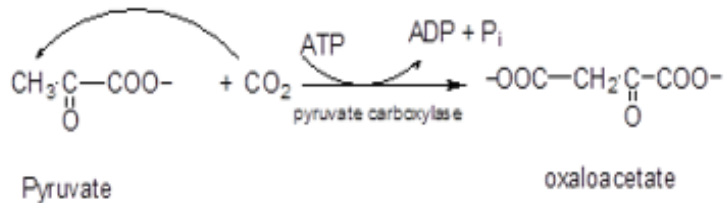
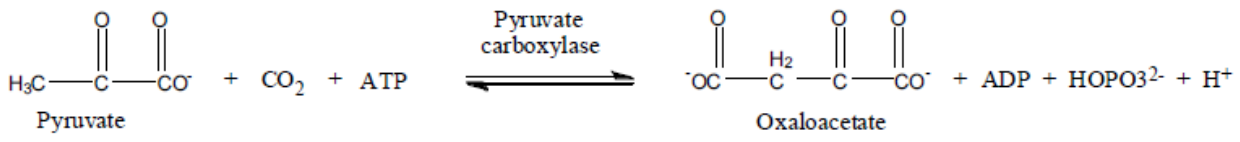
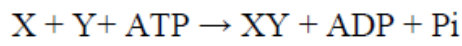


5- الانزيمات المناظرة Isomerases: وتشمل الانزيمات التي تحفز اعادة ترتيب الذرات أو المجاميع ضمن نفس الجزيئة.





6- الانزيمات الرابطة Ligases: وهي الانزيمات التي تعمل على ربط جزيئين مع بعضها لتكوين جزيئة أكبر وتكوين روابط جديدة بين الكربون والنتروجين والكبريت ، ويصاحب ذلك تكسير اصرة البايروفوسفات في جزيئة ATP لغرض امداد التفاعل بالطاقة.



وهناك تسمية شائعة قديمة ولا زالت تعتمد مثال:

البيتايديز: تحلل الأواصر البيبتيدية.

السكريز: تحلل السكروز.

الترانزامينيز: نقل مجموعة الأمين من مركب الى آخر مثل انزيمات GOT, GPT .

الأوكسجينيز: ادخال الأوكسجين الى مادة الأساس.