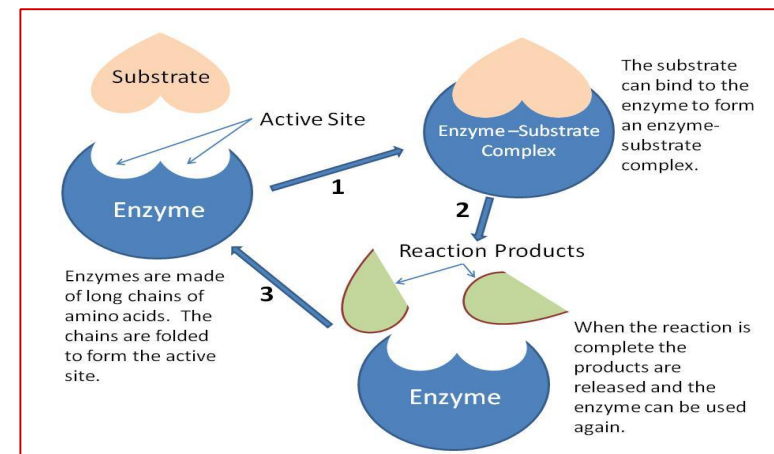


# الإنزيمات (Enzymes)

مقرر 101 كيج  
محاضرة رقم 12 - 16  
إعداد: أ. عاتكة الشمري

**T. Atika AL-Shammari**



## تعريف الإنزيمات

- الإنزيمات عبارة عن مركبات بروتينية ذات صفات محفزة (Catalyst) تعمل على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية دون أن تُستهلك خلال التفاعل.
- كميات قليلة من الإنزيم تكفي لتحفيز تفاعل عدد كبير من المواد المتفاعلة.
- تشترك جميع الإنزيمات في بعض الخواص التركيبية والوظيفية، حيث تحتوي جميع الإنزيمات على موقع فعال يُسمى الموقع النشط (Active Site) من خلاله يتم تحفيز تحول المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.

## خصائص الإنزيمات

- الإنزيمات هي عوامل محفزة للتفاعلات الكيميائية.
- تعمل على تخفيض طاقة التنشيط المطلوبة لبداية التفاعل.
- لا تؤثر على ثابت الاتزان في التفاعل بل تعمل فقط على زيادة معدل التفاعل حتى يصل إلى الاتزان.
- لا تؤثر على تغيرات الطاقة الحرة للتفاعل.
- لا تستهلك أثناء التفاعل.
- تزيد من معدل سرعة التفاعل إلى حوالي  $10^{14}$ .
- بروتينية التركيب.

## خصائص الإنزيمات

- الانفراد في الخصوصية (**Specificity**)، فكل إنزيم يحفز أحد التفاعلات الكيميائية ويعتمد هذا على تركيب المادة الأساس وشكل الإنزيم.
- تتميز الإنزيمات بدرجة عالية من الكفاءة (**Efficiency**)، فالجزيء الواحد منها يمكن أن يُحول عدد كبير من جزيئات المادة الأساس في دقيقة واحدة إلى نواتج.
- الإنزيمات لها تأثير عكسي فنفس الإنزيم الذي يُساعد على تكسير جزيء معقد إلى جزيئين أبسط، يستطيع أن يُعيد ربط الجزيئين الصغيرين إلى نفس الجزيء المعقد.
- بعض الإنزيمات تُفرز في صورة غير نشطة مثل إنزيم الببسين والذي يُفرز بواسطة المعدة كمادة غير نشطة هي الببسينوجين التي تتحول في وجود حمض الهيدروكلوريك ( $\text{HCl}$ ) إلى الببسين.

## الطبيعة الكيميائية للإنزيمات

- تُعتبر جميع الإنزيمات مركبات بروتينية تعمل على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية في جميع الكائنات الحية.
- هناك مجاميع كيميائية مثل المعادن والمجاميع العطرية تدخل في تركيب بعض الإنزيمات حيث تلعب هذه المجاميع دوراً هاماً في تنشيط تلك الإنزيمات.
- تتباين الإنزيمات في حجمها الجزيئي من عدة آلاف إلى مئات الآلاف من الدالتون (الدالتون هي وحدة قياس للأوزان الجزيئية).

## الطبيعة الكيميائية للإنزيمات

- تُعد الإنزيمات مركبات غير ثابتة، أي أنها تتأثر وتفقد فاعليتها عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة أو تتغير قيمة الأس الهيدروجيني،
- لذلك تتطلب درجات حرارة مثالية وقيمة pH مثالية لتقوم وبوظائفها التحفيزية.
- توجد مجاميع معينة في تركيب الإنزيم وبصورة متخصصة جداً تعرف (بالموقع النشط للإنزيم) وهو المكان الذي ترتبط به مادة التفاعل (المادة الأساس).

## العوامل المساعدة

- تتكون الإنزيمات من سلسلة واحدة أو من عدة سلاسل متعددة الببتيد.
- تحتوي معظم الإنزيمات على مواد كيميائية إضافية مرتبطة فيها يحتاجها الإنزيم لفعاليته وتسمى هذه المواد بالعوامل المساعدة (Cofactors).

### تصنف العوامل المساعدة إلى نوعين هما:

1. عوامل مساعدة عضوية مثل الفيتامينات وتسمى بالكواإنزيم (Coenzyme).
2. عوامل مساعدة غير عضوية مثل الأيونات المعدنية (مثل  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ).

## العوامل المساعدة

- العوامل المساعدة ترتبط بالإنزيم إرتباط ضعيف عندما يبدأ الإنزيم بتحفيز تفاعله (الخاص به) وتتفصل عنه بعد إنتهاء التفاعل.
- بعض هذه المواد ترتبط بقوة مع الإنزيم ولا تتفصل عنه وتُسمى في هذه الحالة بالمجموعة المرتبطة (Prosthetic Group).
- وعندما ترتبط الإنزيمات مع العوامل المساعدة فإن الإنزيم يصبح نشط ويسمى هولوينزيم (Holoenzyme).
- أما إذا لم يرتبط العامل المساعد مع الإنزيم فإن الإنزيم يصبح غير نشط ويسمى أبوينزيم (Apoenzyme).

Enzyme + cofactor = Active enzyme (Holoenzyme)

Enzyme = Inactive enzyme (Apoenzyme)



## تسمية الإنزيمات

في السابق، كانت تسمى الإنزيمات استناداً إلى:

**1.** اسم المادة الأساس التي يعمل عليها الإنزيم.  
مثال: يحفز إنزيم اليوريز التحلل المائي لليوريا ويحفز إنزيم الأرجينيز التحلل المائي للأرجينين.

**2.** طبيعة التفاعل الذي يحفزه الإنزيم.  
مثال: يحفز إنزيم الديكربوكسيليز إزالة مجموعة الكربوكسيل من المادة الأساس.

❖ في بعض الحالات أعطي للإنزيمات أسماء لا تعود إلى طبيعة التفاعل الذي تحفزه، مثل البيبسين والتربسين اللذان يحفزان التحلل المائي للبروتينات.

## تصنيف الإنزيمات

- لوجود عدد كبير من الإنزيمات في الكائنات الحية وضع نظام خاص لتسمية الإنزيمات وتم تقسيمها إلى ستة مجموعات مصنفة على حسب وظائف الإنزيمات التحفيزية حيث وضع لكل إنزيم عدد تصنيفي مميز خاص به.
- رقت تلك التقسيمات من **EC1** إلى **EC6**، ثم قسمت كل مجموعة إلى أقسام فرعية مرتبة كالتالي:
- يدل الرقم الأول على القسم (الصنف) الرئيسي **EC1** والرقم الثاني **EC1.1** على المجموعة الكيميائية التي يحفز الإنزيم إضافتها أو إزالتها، والرقم الثالث **EC1.1.1** على العامل المساعد (Cofactor) الخاص بالإنزيم، والرقم الرابع **EC1.1.1.27** على نوع مادة التفاعل التي يحفزها ذلك الإنزيم.

## تصنيف الإنزيمات

### بالنسبة للإنزيم المصنف بالرقم EC1.1.1.27:

- EC1 هي رتبة الإنزيمات الخاصة بإنزيمات الأكسدة والاختزال.
- 1. هي تحت المجموعة والتي تعمل على إضافة مجموعة ال-CHOH.
- 1. هي ما تحت تحت المجموعة وهي إنزيمات تحتاج ال-  $\text{NAD}^+$  كعامل مساعد.
- 27. هي اسم مادة التفاعل (المادة الأساس) الخاصة بالإنزيم وهي في هذا المثال اللاكتيت (Lactate).
- اسم الإنزيم في هذا المثال lactate dehydrogenase

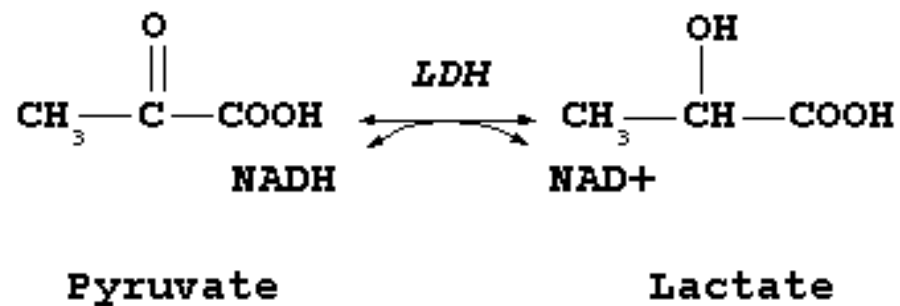
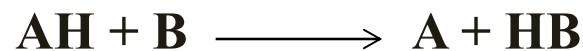
## تصنيف الإنزيمات

### صُنفت الإنزيمات إلى ستة مجموعات رئيسية:

1. مجموعة إنزيمات الأكسدة والإختزال
2. مجموعة الإنزيمات الناقلة
3. مجموعة إنزيمات التحلل المائي
4. مجموعة الإنزيمات النازعة
5. مجموعة إنزيمات التشابه (التشكل)
6. مجموعة إنزيمات التكوين (بناء الروابط)

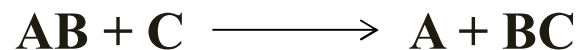
## إنزيمات الأكسدة والإختزال (EC1) (Oxidoreductases)

- تشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على تحفيز تفاعلات الأكسدة والإختزال.
- حيث تقوم بنقل الإلكترونات من المادة الأساس إلى مادة أخرى فتؤكسد الأولى وتختزل الثانية.
- من أمثلتها: إنزيمات الأوكسيديز (Oxidases) والديهيدروجينيز (Dehydrogenases).



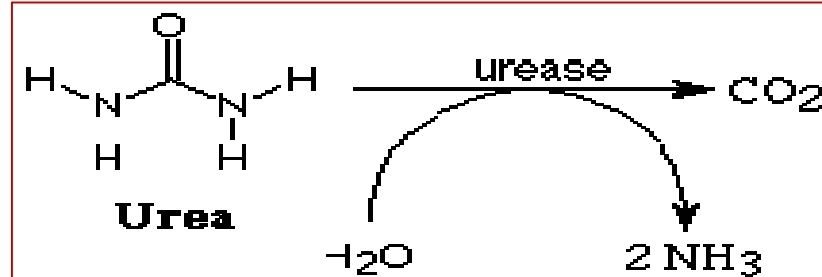
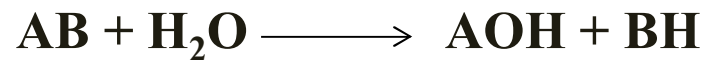
## الإنزيمات الناقلة (EC2) (Transferases)

- مجموعة من الإنزيمات التي تحفز عملية نقل مجاميع وظيفية كيميائية من مركب إلى آخر مثل نقل مجموعة كيتونية، ألدهيدية، الميثيل، الأسيل، الأمين، أو الفوسفات.
- من أمثلتها إنزيم الكيناز (kinase) الذي ينقل مجموعة الفوسفات من مركب إلى مركب آخر.
- إنزيم الترانس أميناز (Transaminase) الذي ينقل مجموعة الأمين من مركب إلى مركب آخر.



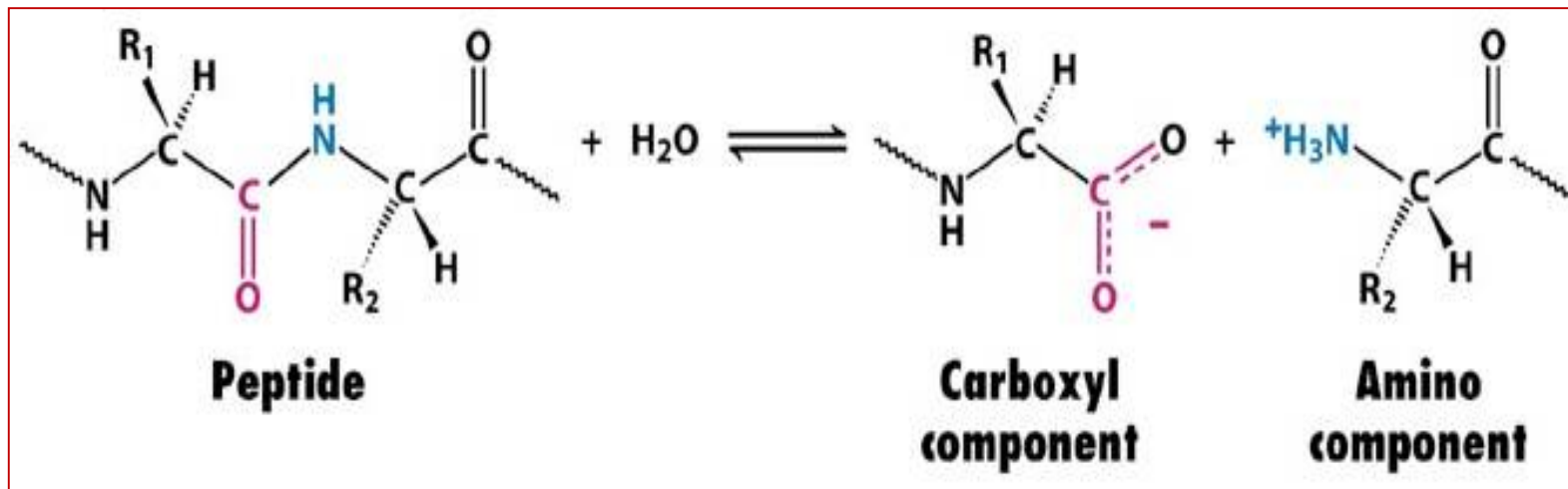
## إنزيمات التحلل المائي (EC3) (Hydrolases)

- وهي الإنزيمات التي تحفز التفاعلات الخاصة بتحليل المواد لإنتاج مادتين جديدتين.
- تقوم هذه الإنزيمات بتعطيم بعض الروابط بإضافة جزيء الماء.
- من أهم أمثلتها: إنزيم الليباز (Lipase)، إنزيم الأميليز (Amylase)، إنزيم الببتيديز (Peptidase)، و إنزيم اليوريز (Urease).



## إنزيمات التحلل المائي (EC3) (Hydrolases)

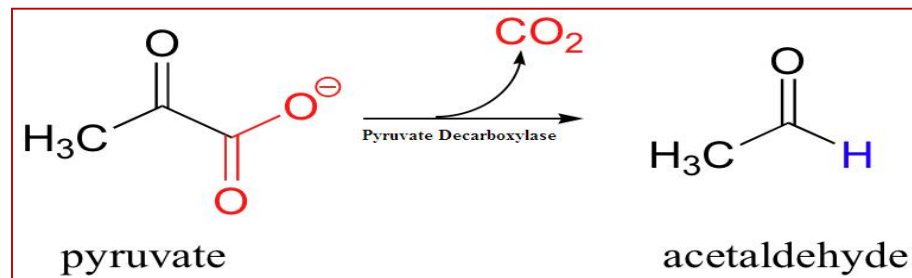
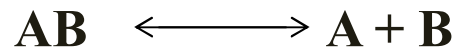
تفاعل إنزيم البروتيز (Protease)





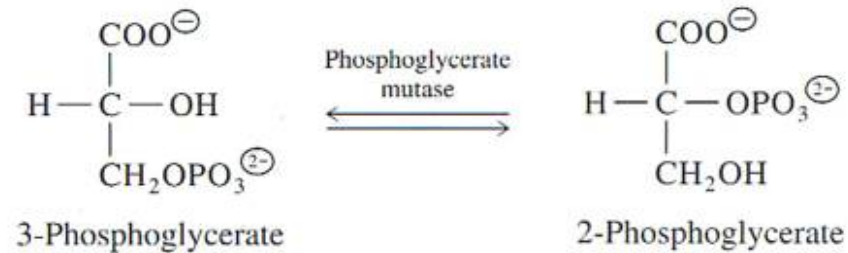
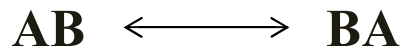
## الإنزيمات النازعة (EC4) (Lyases)

- تشمل جميع الإنزيمات التي تحفز كسر الروابط الكيميائية عن طريق إضافة أو إزالة مجاميع كيميائية في مواد التفاعل.
- من أهم الأمثلة عليها: إنزيم الديكربوكسيليز (Decarboxylase) و الفيوماريز (Fumarase).



## إنزيمات التشابه (التشكل) (EC5) (Isomerases)

- تسمى بإنزيمات التناظر بين المتناظرين cis والمتقابلين trans وهذه المجموعة تشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على تحويل المادة الأساس إلى متشكل آخر.
- من أهم أمثلتها: إنزيمات الميوتيز (Mutase) والأيزوميريز (Isomerase).



## إنزيمات التكوين (EC6) (Ligases)

- تشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على إنشاء رابطة جديدة بين مركبين مختلفين وتعتمد في ذلك على الطاقة المخزنة في جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).
- يحفز هذا النوع من الإنزيمات تكوين رابطة بين الـ C-C ، C-N ، C-O ، أو C-S.
- ومن أمثلتها إنزيمات السيثنيتيز (Synthetases).

