# المحاضرة الحادية عشر

## الإنزيمات Enzymes

ان التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل الخلايا الحية والتي تشمل عمليات البناء(مثل بناء السكريات والنشأ والسليلوز والبروتينات والمواد الدهنية وغيرها) وكذلك عمليات تحلل تلك المواد، لايمكن لها أن تحدث بدرجات الحرارة الاعتيادية لولا وجود مواد عضوية خاصة يصنعها البروتوبلازم، تسمى الإنزيمات Enzymes هي جزيئات بروتينية تعجل التفاعلات الكيميائية وترتبط مع مواد التفاعل لكنها تخرج من التفاعل دون تغيير خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

**طاقة التنشيط**

المعلوم أن الجزيئات غالباً لاتتفاعل مع بعضها البعض إلا أن تُنشط بطريقة ما، يمكن تنشيط الجزيئات في المختبر بالتسخين مثلاً وهذا يعني زيادة عدد التصادمات بين الجزيئات، وهذه الطاقة الواجب اضافتها للجزيئات حتى تبدأ بالتفاعل تسمى طاقة التنشيط. مثلاً التحلل المائي لبروتين الكازين يحتاج الى طاقة 20600 كيلو سعرة لكل جزيء غرامي، لكن بوجود الانزيم فان طاقة التنشيط تهبط الى 12600 كيلو سعرة لكل جزيء غرامي. ويتم خفض طاقة التنشيط بواسطة الإنزيم بتكوين معقد (الإنزيم–مادة التفاعل).

الإنزيم+مادة التفاعل ⟸ الإنزيم–مادة التفاعل ⟸ النواتج + الإنزيم

يرتبط جزء بسيط من الإنزيم مع مادة التفاعل بموقع يسمى الموقع الفعال Active site وهذا الارتباط يشبه علاقة القفل والمفتاح. وهو ما يحدد تخصص الانزيم بالعمل. يتوقع ان تخفيض طاقة التنشيط يكون عن طريق تكوين معقد الانزيم–مادة التفاعل الذي يشد روابط مادة التفاعل، وبعد اتمام التفاعل فأن النواتج تتحرر ويعود الموقع الفعال لوضعة الطبيعي، وهذا يمكن الخلية من استعمال الانزيم في التفاعلات القادمة ولذلك تحتاج الخلية الى كميات قليلة من الانزيمات لإنجاز التفاعلات.

**خصائص الإنزيمات**

تختلف الإنزيمات في عدد من الصفات عن العوامل المساعدة غير العضوية منها:-

1- تعمل الانزيمات بسرعة عالية في الظروف العادية قياسا مع العوامل المساعدة غير العضوية مثلا تتحلل البروتينات مائيا بوجود العوامل المساعدة غير العضوية كالاحماض والقواعد القوية عند درجة حرارة 100° س وتحتاج لعدة ساعات في حين تتم هذه العملية بوجود الانزيمات في عدة دقائق وبدرجات الحرارة الاعتيادية

كذلك الحال في التحلل المائي للنشا كذلك فان ايونات الحديد ضمن تركيب انزيم الكاتليز Catalase تعمل على الاسراع في تفكك $H_2O_2$ بسرعة كبيرة قياسا بالحديد لمفرده.

2- الانزيمات ذات طبيعة بروتينية وهي بذلك تختلف عن العوامل المساعدة غير العضوية وعدم الثبات الحراري واعتماد نشاطها على تركز ايونات الهيدروجين pH ووجود المنشطات او المثبطات وغيرها .

3- تعجل الانزيمات التفاعلات العكسية او غير العكسية حتى الوصول الى حالة الاتزان وفي عدم وجود الانزيم فان التفاعلات تحدث ببطئ شديد للوصول الى الاتزان . اما العوامل المساعدة غير الانزيمية فانها غير معنية بحالة الاتزان بل تسرع في اتمام التفاعلات التي تحفزها .

4- التخصص تتميز الانزيمات بتخصص عالي جدا بتأثير في التفاعلات الكيمائية وهذا لايلاحظ في حالة العوامل المساعدة غير الانزيمية اذ يقوم كل انزيم بتعجيل تفاعل كيميائي واحد او لمجموعة من التفاعلات من نوع واحد وهو من الصفات البارزة للانزيمات ويمكن تفسيره على اساس تطابق التركيب الفراغي للمادة المتفاعلة والمراكز الفعالة وهناك عدة انواع من التخصص:-

أ- تخصص مطلق:- الانزيمات ذات التخصص المطلق تنشط تفاعل خاص مثلا انزيم المالتيز Maltase يساعد على تحلل رابطة الفا كلكوسايد α-glucoside وليس بيتا كلكوسايد β-glucoside .كلك يعمل انزيم اليوريز Urease على تحلل اليوريا Urea وليس المركبات الشبيهة بها مثل الاثيويوريا والمثيل يوريا والبيوريت .

ب- التخصص الكيموفراغي تبدي الانزيمات درجة عالية من التخصص حول توزيع الذرات في مادة التفاعل مثلا انزيم Lactic dehydrogenase الذي يعمل على تحلل L-lactic acid وليس صورة D-Lactic acid .

ج- تخصص مجموعة :- هذه الانزيمات تسرع التفاعلات لجزيئات المواد التي لها المجموعة نفسها مثلا انزيم الببسين (من انزيمات Peptidases) الذي يعمل على تحلل رابطة الببتيد المجاورة لكل الاحماض الامينية الحلقية وكذلك المجاورة للحامض الاميني الليوسين وانزيم التربسين الذي يحلل الرابطة المجاورة للحامضين الامينين ارجنين واللايسين وغيرها.

د- تخصص رابطة:- تعد هذه المجموعة من الانزيمات الاقل تخصصا اذ انها تؤثر في رابطة كيميائية معينة بغض النظر عن نوع المركبات الحاوية على هذه الرابطة مثلا انزيم اللايبيز Lipase يحلل رابطة الاستر مهما كان نوع الكحول والحامض الدهني المكون لهذه الرابطة .

## الطبيعة الكيميائية للانزيمات

الانزيمات مواد بروتينية قابلة للذوبان في الماء وفي المحاليل المخففة الملحية والكحولية وهي تترسب من محاليلها المائية باضافة الاملاح او حامض البكريك والفوسفوتينجستك ويمكن تقسيمها الى نوعين:

1- البروتينات البسيطة مثل انزيم الاميليزالذي يحلل النشا وهذه تتالف من احماض امينية فقط.

2- البروتينات المقترنه وهي تكون مرتبطة مع مركبات غير بروتينية ويتكون تركيب هذه الانزيمات من :-

- الجزء البروتيني ويسمى الانزيم المجرد.

- الجزء غير البروتيني تحتاج انزيمات متعددة الى عوامل مساعدة غير بروتينية لتسهيل عملها وتسمى عوامل مساعدة وتكون على نوعين العامل المساعد العضوي يؤدي دورا مهما في ننشيط عمل الانزيمات وقد يكون غير وثيق الاتصال بالانزيم ويسمى المرافق الانزيمي Conzyme مثل $NAD^+$ وFAD او قد يكون وثيق الاتصال بالانزيم ويسمى المجموعة الاضافية.

وعامل مساعد لاعضوي وهو يكون بشكل مجموعة اضافية وثيقة الاتصال بالجزء البروتيني ولايمكن فصله بسهولة عن الانزيم ووجوده اساسي لعمل الانزيم وفصل هذا الجزء عن الانزيم يوقف النشاط الانزيمي بشكل كامل مثل النحاس والحديد والمنغنيز والزنك والكالسيوم والبوتاسيوم والكوبلت .

## الية عمل الانـزيم

تحتاج جميع التفاعلات العادية الى طاقة تنشيط لمادة التفاعل قبل التحول الى نواتج ويكون معدل التفاعل محددا بتكوين المركب الوسطي الذي يحتاج الى طاقة تنشيط عالية لكي يتكون ويكون ذلك عن طريق امداد التفاعل بالطاقة (الحرارة ) وبزيادة درجة الحرارة تحصل اعداد كبيرة من مواد التفاعل على قدر كاف من طاقة التنشيط لتكوين المركب الوسطي الذي يتحول تلقائيا الى نواتج.

اما في التفاعلات الانزيمية فيرتبط الانزيم بمادة التفاعل بطريقة تؤدي الى تغيير في تركيب مادة التفاعل لتصبح في الصورة الوسطية وان هذا المعقد(الانزيم–مادة التفاعل) يحتاج الى طاقة تنشيط اقل قياسا مع طاقة التنشيط اللازمة في حالة غياب الانزيم . وعليه فان الانزيم يقوم بخفض طاقة التنشيط اللازمة لمادة التفاعل وهذا يزيد من معدل تكوين الصورة الوسطية الامر الذي يؤدي الى زيادة نواتج التفاعل .

## العوامل المؤثرة في النشاط الانزيمي

1– تركيز الانزيم :– يزداد معدل التفاعل الانزيمي زيادة طردية بزيادة تركيز الانزيم الا في حالات شاذة .

2– تركيز مادة التفاعل:– تزداد سرعة التفاعل الانزيمي الى درجة كبيرة بزيادة تركيز مادة التفاعل وتقل بعدها الكمية النسبية للمادة المتفاعلة مع الزمن الا ان زيادة تركيز مادة التفاعل الى درجة كبيرة يمكن ان يحدث تاثيرا مثبطا للنشاط الانزيمي وقد يكون ذلك بسبب تراكم النواتج النهائية للتفاعل وكذلك فان زيادة تركيز مادة التفاعل يؤدي الى تقليل تركيز الماء (الاجهاد المائي) وهذا يقلل من الطاقة الكامنة للتفاعل الانزيمي .

3 – درجة الحرارة:- تزداد سرعة التفاعل الانزيمي بزيادة درجة الحرارة لحدود معينة وقد وجد ان زيادة درجة الحرارة 10 درجات مئوية تزيد معدل التفاعل الانزيمي 2.5 مرة لغاية 25 ° س تسبب زيادة الحرارة زيادة في الطاقة الحركية لكل من مادة التفاعل وجزيئات الانزيم وزيادة في فرصة الاصطدام بين الانزيم وجزيئات مادة التفاعل نتيجة للحركة الكبيرة. يبدو ان معدل التفاعل يصل الى حده الاقصى عند 45 °س وفي هذه الدرجة تبدأ عملية تغير في التركيب الاساسي لجزيئ الانزيم وفي الحقيقة فان تغير خصائص الانزيم يبدأ من درجة 35 الى 60 ° س .

4- تركيز ايون الهيدرجينpH:- تتأثر سرعة النشاط والتفاعل الانزيمي بتركيز ايون الهيدروجين لوسط التفاعل ويتراوح الرقم الهيدروجيني للحصول على اقصى نشاط انزيمي بين 4.5 الى 7.5 ويسمى الرقم الذي يعطي اقصى نشاط انزيمي بالرقم الهيدروجيني المثالي علما ان هناك انزيمات يكون نشاطها الاقصى عند ارقام هيدروجينة اعلى واقل مما ذكر في اعلاه وبعض الانزيمات لايتاثر نشاطها كثيرا بتغير pH وسط التفاعل مثل Catalase و Dehydrogenase .

5- المنشطات والمثبطات :- المنشطات هي مواد ثابته لاتتأثر بالحرارة ويمكن فصلها بطريقة الفصل الغشائي وبذلك يقل اويتوقف عمل الانزيم ومن امثلتها الايونات المعدنية . وهناك مركبات مثبطة ترتبط بالانزيمات بروابط تساهمية ويكون التثبيط للتفاعل غير العكسي عادة اما اذا ارتبطت بروابط ضعيفة فان التثبيط يكون عكسيا وبعض المثبطات تشبه جزئ مادة التفاعل وتتنافس على الموقع الفعال في الانزيم مع المواد المتفاعلة ويسمى هذا النوع بالتثبيط التنافسي وهناك نوع اخر من التثبيط ترتبط في المثبطات مع جزء الانزيم البعيد عن الموقع الفعال وهذا الارتباط يغير شكل الانزيم ويسمى بالتثبيط غير التنافسي .

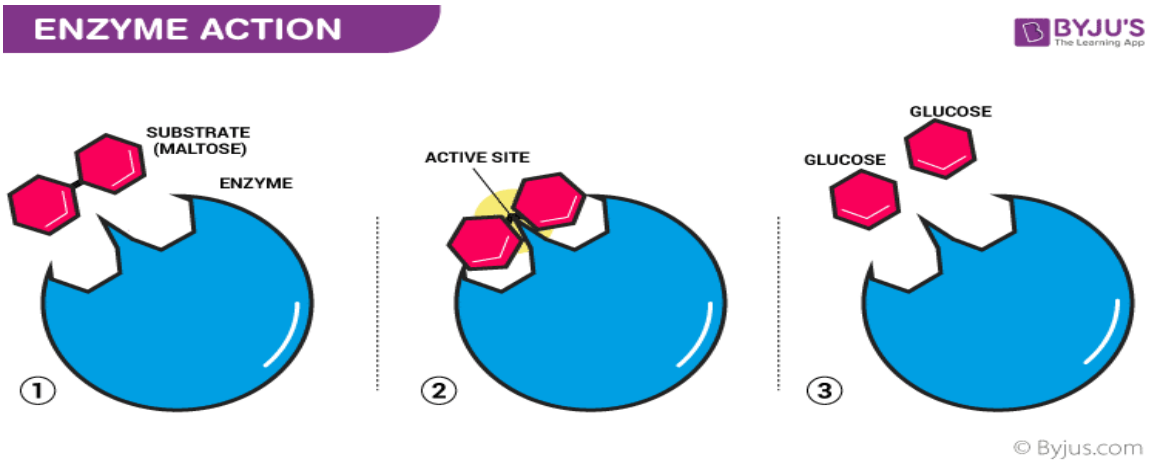
أسئلة طرحها الآخرون

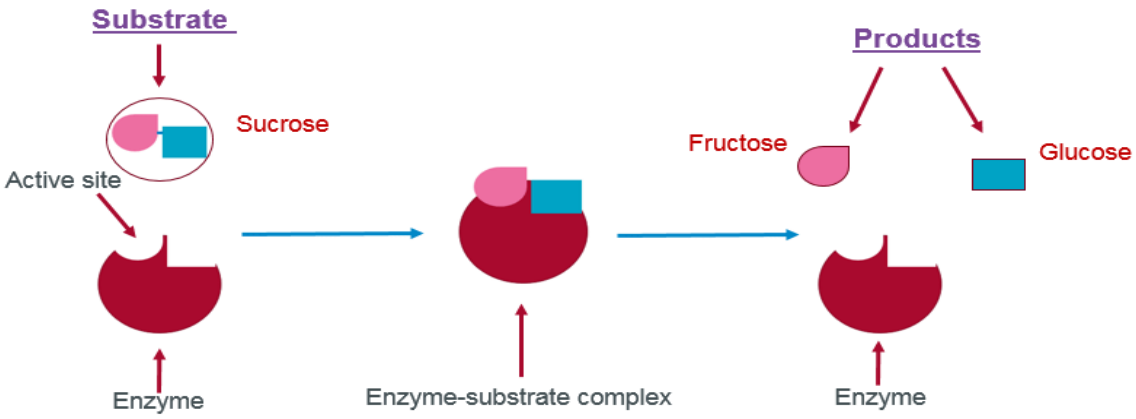
What is enzyme in plants?

How do plants make enzymes?

Why are enzymes important in plants?

Which enzyme can digest plant protein?




المصادر:

ياسين. بسام طه.2001. اساسيات فسيولوجيا النبات. كلية العلوم – جامعة قطر.

دلفن. م روبرت. فسيولوجية النبات . ترجمة . عبد الحميد بن حميدة ، محمد الجيلاني و حازم الالوسي. مكتبة النرجس.

Rose.Z.B.The Glucose Biophosphate Family of Enzymes,,TIBS,1986.