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، لا يمكن لها أن تحدث بدرجات الحرارة الاعتيادية لولا وجود مواد عضوية خاصة يصنعها البروتوبلازم، تسمى الإنزيمات Enzymes

فالانزيمات محفزات بروتينية للتفاعلات الحياتية تعمل بتخصص عال على جزيئة مادة اساس معين او على صنف من الجزيئات المعينة وتحوي الخلية الواحدة ما يقارب 1000 من الانزيمات المختلفة وهذا يجعلها تعمل بكفاءة عالية .

والانزيمات تمتاز بكونها لا تستنفذ ولا تتغير بعد تحفيزها للتفاعل المعين وهي تخفض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل.

تمتلك الانزيمات قدرة على تحفيز التفاعلات تحت الظروف الحرارة المعتدلة وتركيز ايون الهيدروجين في الخلية.

ويمكن توضيح العمل التحفيزي للانزيم بالمثال التالي

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{كاتاليز}} 2H_2O + O_2$$

ان التفاعل اعلاه يتم ببطيء شديد بغياب الانزيم ولكن سرعة التفاعل اعلاه بوجود الكاتاليز تصبح 10^6 تحت ظروف المعتدلة.

وظيفة الانزيم:

1. تعمل الانزيمات على خفض طاقة التنشيط لمادة التفاعل.
2. تعمل الانزيمات كمواد عضوية محفزة اي مسرعة لتفاعلات كيميائية معينة، محولة مجموعة محددة من المواد المتفاعلة الى نواتج محددة عند درجة حرارة الجسم.
3. تزيد الانزيمات من معدل سرعة التفاعل الكيميائي الذي تحفزه الى حوالي 10^{14}

الطبيعة الكيميائية للانزيمات

الانزيمات هي بروتينات تتألف من عدد كبير من الاحماض الامينية يوجد بينها روابط ببيتيدية وتكون هذه الاحماض الامينية سلسلة او اكثر من سلاسل عديدة الببتيد. ويمكن تقسيمها الى نوعين:

1- انزيمات يتكون كل منها من نوع من انواع البروتينات فقط ولايرتبط معها اي جزء غير بروتيني من امثلتها انزيم لايبيز Lipases والبروتييز Proteases.

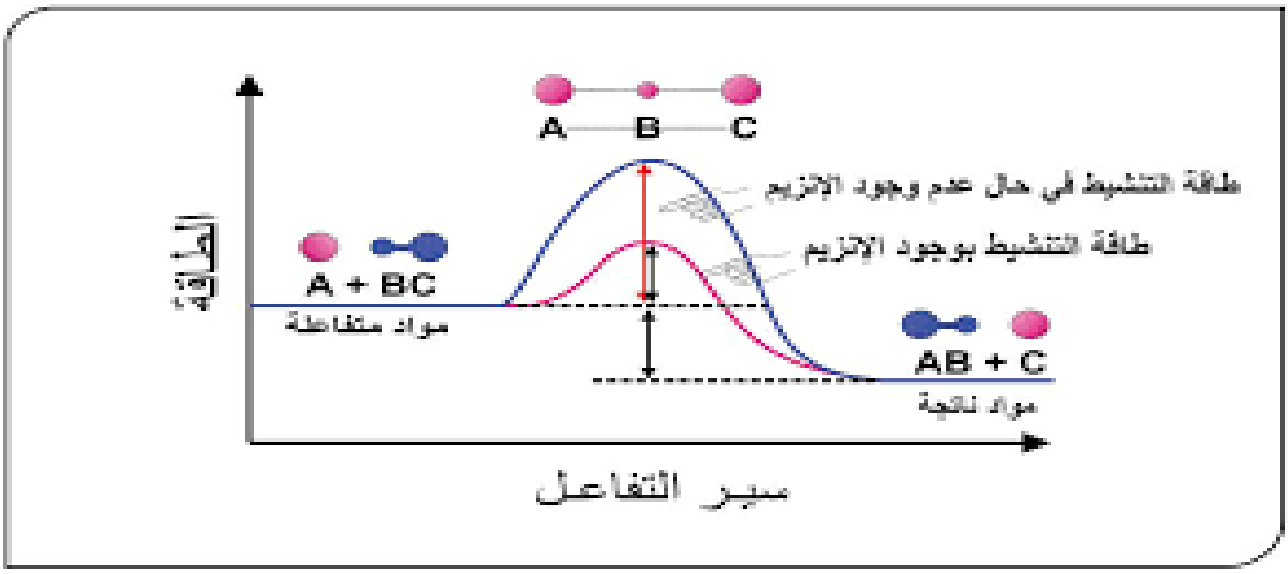
2- انزيمات تتكون من جزء بروتيني ومعه مركب غير بروتيني ان وجود هذا الجزء ضروري لكي يقوم الانزيم بعمله وتسمى هذه المواد بالعوامل المساعدة (Co- Factors).

العوامل المساعد للانزيمات Co- Factors تقسم الى:

1- معادن معقدة في صورة مغنيسيوم Mg ، ومنغنيز Mn، وحديد Fe.
2- جزيئات عضوية (مشتقات من الفيتامينات) وتسمى مساعدات الانزيم العضوية (Co- Enzymes).

طاقة التنشيط

المعلوم أن الجزيئات غالباً لا تتفاعل 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.



خصائص الإنزيمات

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

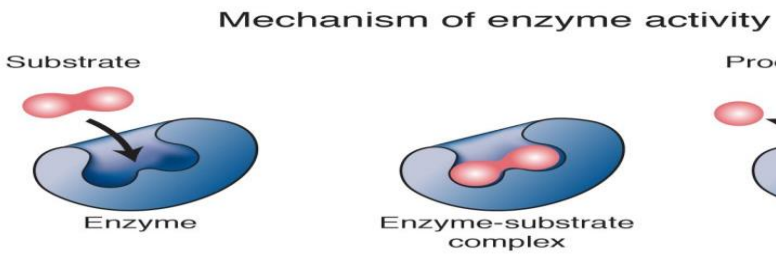
1. تستعمل بتركيزات بسيطة لإتمام التفاعل
2. لا تتغير خواصها اثناء التفاعل.
3. الانزيمات ذات طبيعة بروتينية يمكن ان يحدث لها تخثر بفعل الحرارة، لذلك هي تتطلب درجة حرارة مثالية ورقم هيدروجيني مثالي للقيام بوظيفتها المعتادة داخل الخلية.
4. (التسخين الشديد، معاملة الانزيم باحماض او قواعد قوية) هي عوامل تستطيع تحطيم تركيب البروتين الطبيعي للانزيم

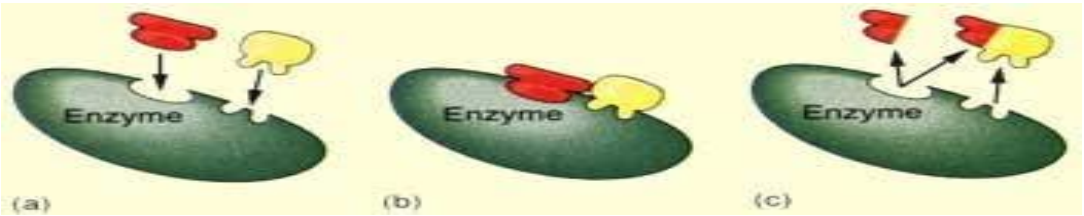
الية عمل الانـزيم

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 تعمل الانزيمات على تنشيط مادة التفاعل بالاتحاد معها اولا مكونة مركب وسطي غير ثابت يسمى الكتلة النشطة التي تتحلل بعد ذلك الى نواتج التفاعل والانزيم. ويكون هذا الاتحاد بين مادة لتفاعل والانزيم عن طريق مناطق نشطة.

Enzyem + substrate $\rightleftharpoons$ Enzyme-substrate $\rightleftharpoons$ Enzyme + product



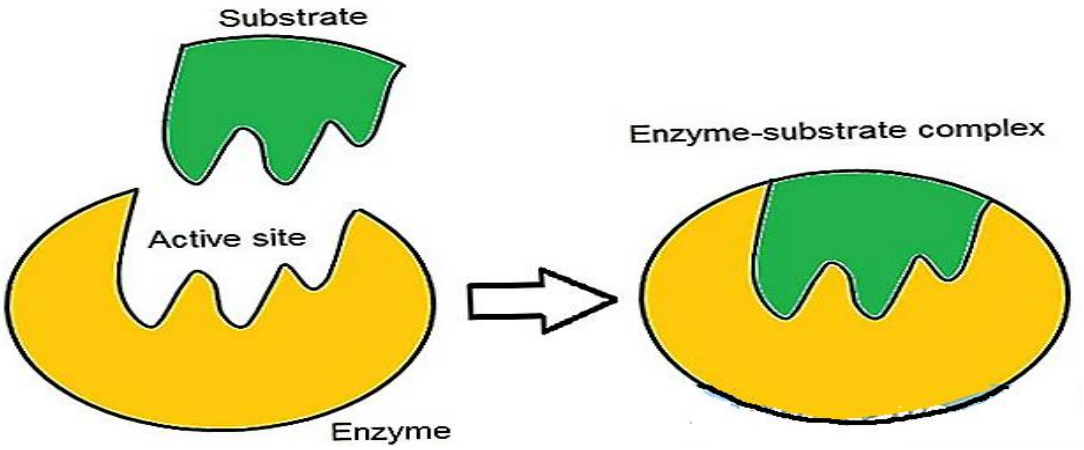


فرضيات اتحاد المادة الاساس مع الانزيمات

1. فرضية القفل والمفتاح

اقترح العالم فيشر انه في التخصص الانزيمي وجود تراكيب مكملة واحدة للاخرى بين الانزيم والمادة الاساس وبذلك يقترن الانزيم بالمادة الاساس اثناء عملية تحفيز التغاعلات الحيوية بشكل يكون فيه الموقع الفعال للانزيم موافق للمادة الاساس وهو بهذا يشبه لحد ما توافق عمل القفل والمفتاح .

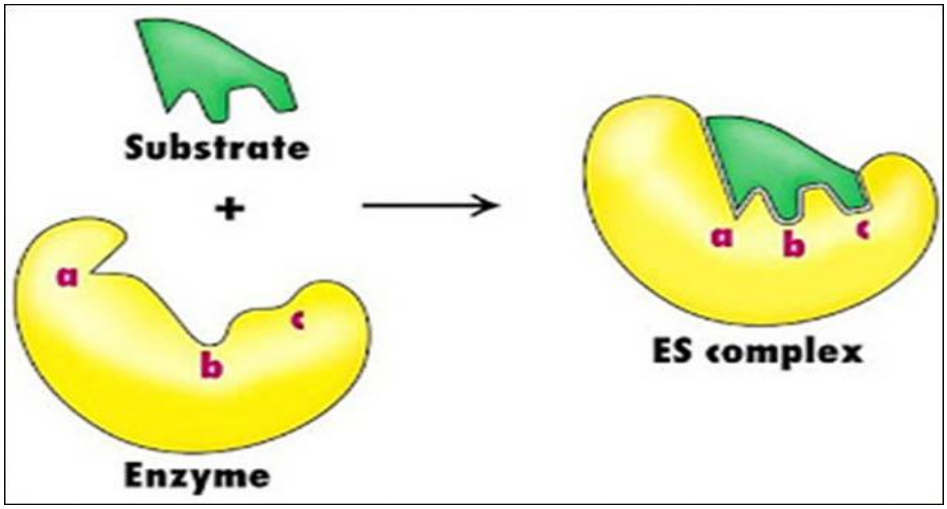
اثناء هذه العملية يصبح لدينا معقد يدعى انزيم- مادة اساس له تركيب جديد ، ثم تتحور مادة الاساس لتصبح مادة جديدة ناتجة ومن ثم تتحر بعدها من الانزيم الذي يستعيد شكله الاصلي



2. فرضية التوافق المستحث

اقترح وشلاند فرضية التوافق المستحث وهي تحوير لفرضية القفل والمفتاح لينتج نموذج جديد ومستحدث يدعى التلاؤم المستحث.

تصف هذه النظرية الية عمل الإنزيمات، بأن ارتباط الإنزيم بالمكان النشط يغير من شكل المكان النشط المستقبل للإنزيم لينتج شكل جديد مسؤول عن تحفيز وزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية.



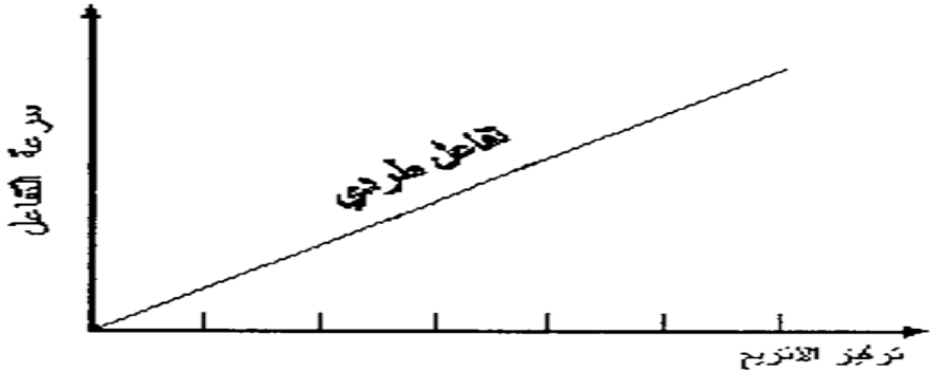
تخصص الانزيمات

إن التخصص من أهم مميزات الإنزيمات ويقصد بالتخصص أن لكل إنزيم مادة معينة أو مجموعة مواد متشابهة كيماوياً يستطيع أن يوثر فيها دون غيرها ولتخصص الإنزيمات درجات متفاوتة

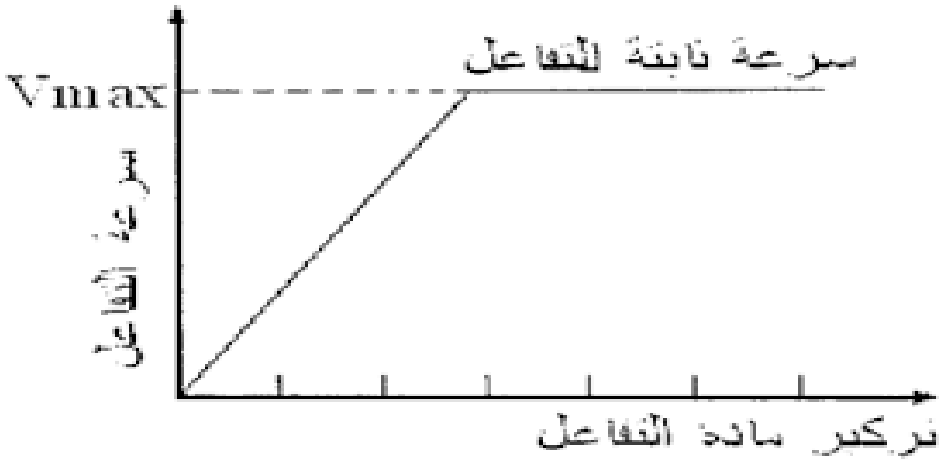
1. التخصص المطلق :- ويقصد به ان الانزيم يعمل على مادة اساس معينة ولا يعمل على أي مواد اخرى حتى ولو تشابهت مع المادة الاساس بالتركيب ومثال بأن يقوم به إنزيم المالتيز فهو لا يؤثر إلا فى سكر المالتوز فقط ولا يؤثر فى المركبات الاخرى.
2. الإنزيمات ذات التخصص الواطيء:- وهي انزيمات تعمل على عدد كبير جدا من المركبات التي لها ميزات تركيبية مشتركة ومثال ذلك انزيم اللايبيزLipase الذي يحلل عدد كبير من الدهون و ببتيديزPeptidase و كليكوسيديزGlucosidase
3. انزيمات ذات تخصص واسع :- وهي الانزيمات التي تعمل عدد من المركبات لها ميزات مشتركة ومثال ذلك انزيم الفوسفاتيز الذي يحلل استرات مختلفة لحامض الفسفوريك وبسرع مختلفة.
4. إنزيمات تخصص التشابه الفراغي:- تتخصص فى التاثير على المواد ذات التشابه الفراغي فالمعروف أن معظم المواد توجد على هيئتين (صورتين) D و L أي أن منها المركبات اليمينية والمركبات اليسارية ، ولقد بلغت معظم الإنزيمات درجة كبيرة في تخصصها بحيث أنها تؤثر فقط فى المركب اليمنى مثلا دون شبيه اليساري . فنجد أن إنزيم الكلوتاميز يساعد علي تحول L كلوتامين إلي حامض الكلوتاميك والأمونيا وفي حالة تواجد D كلوتامين فلا يحدث تفاعل .

العوامل المؤثرة في النشاط الانزيمي

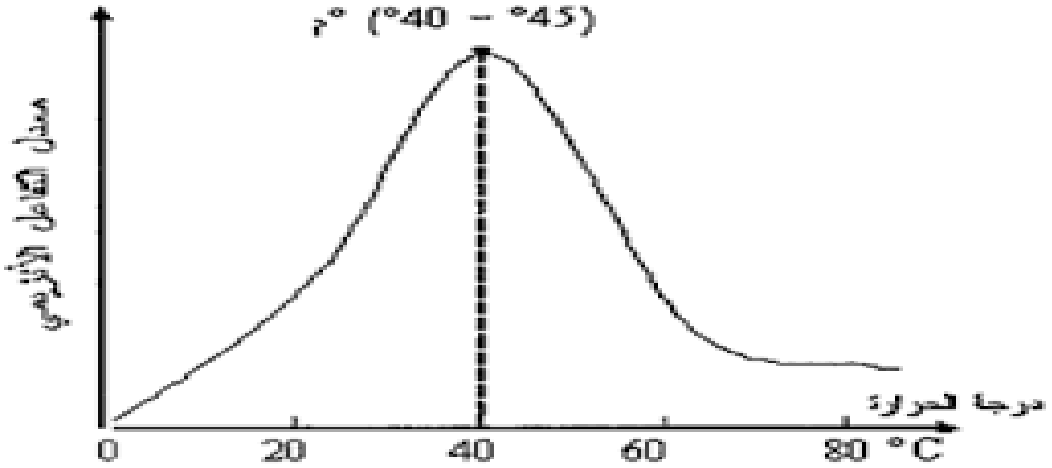
1. تركيز الانزيم :- يزداد معدل التفاعل الانزيمي زيادة طردية بزيادة تركيز الانزيم ما دامت مادة التفاعل متوفرة وقد يعزى ذلك الى ان المواقع الفعالة تزداد بزيادة تركيز الانزيم ولذلك يزداد احتمال اتصال المادة المتفاعلة مع الانزيم وتكوين المركب الوسطي الذي يؤدي الى تكوين الناتج.



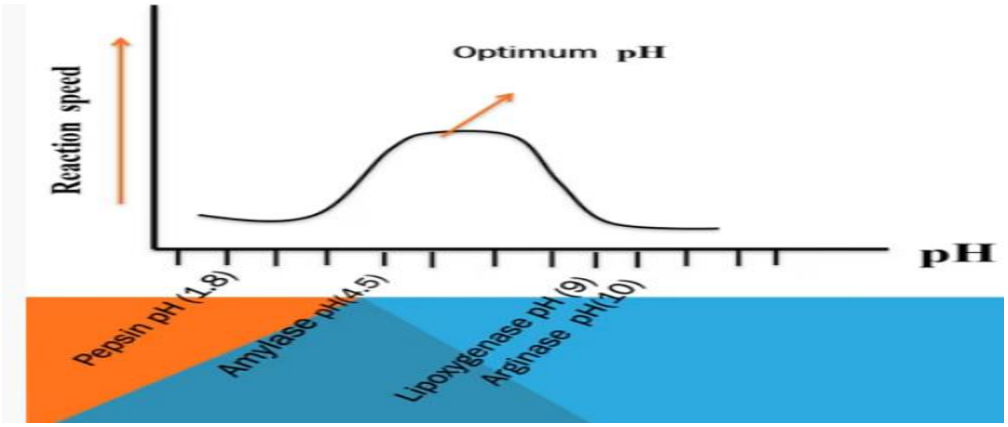
2. تركيز مادة التفاعل:- تزداد سرعة التفاعل الانزيمي الى درجة كبيرة بزيادة تركيز مادة التفاعل وتقل بعدها الكمية النسبية للمادة المتفاعلة مع الزمن وقد يكون ذلك بسبب تراكم النواتج النهائية للتفاعل وكذلك فان زيادة تركيز مادة التفاعل يؤدي الى تقليل تركيز الماء (الاجهاد المائي) وهذا يقلل من الطاقة الكامنة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



3. درجة الحرارة:- تزداد سرعة التفاعل الانزيمي بزيادة درجة الحرارة لحدود معينة حيث 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. ان الحد الاقصى عند 45 °م وفي هذه الدرجة تبدأ عملية تغير في التركيب الاساسي لجزيئ الانزيم وفي الحقيقة فان تغير خصائص الانزيم يبدأ من درجة 35 الى 60 °م.



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



.a

5. المنشطات والمثبطات :- وجد أن الأملاح وغيرها من المواد الذائبة تؤثر على نشاط الإنزيمات، فبينما يسبب بعضها تنشيطاً للتفاعلات الإنزيمية يسبب البعض الاخر تثبيطا وسبب التنشيط أن بعضاً من هذه الأملاح تعمل كعامل معاون للإنزيم

أما المثبطات فقد يرجع التاثير المثبط للدمصاص للمواد المثبطة على المراكز الفعالة بالإنزيم , أو يرجع التثبيط لتفاعل المثبطات مع مادة التفاعل أو للتأثير السام للمثبطات على بروتينات الإنزيم كما فى حالة والسيانيد

6. تراكم نواتج التفاعل

إن تراكم نواتج التفاعل يقلل عادة من سرعة التفاعل الانزيمى ومثلة فى ذلك مثل التفاعلات الكيمياويه العاديه ويعزى بطء التفاعل عند تراكم نواتجه لعدة أسباب منها ان زيادة كمية النواتج تعمل على اسراع التفاعل العكسى وبذلك تقل سرعة التفاعل الأصلى وقد تتراكم نواتج التفاعل على المراكز الفعالة للإنزيم فتقلل من قوة تنشيطه وقد تسبب نواتج التفاعل تغيير درجة تركيز أيون الهيدروجين لوسط التفاعل وبذلك بصبح غير مناسب لعمل الإنزيم

7. الماء:

يتضح تاثير زيادة الماء فى تنشيط الإنزيمات فى النسيج النباتى اثناء انبات البذور فنشاط الإنزيمات الموجودة فى البذور الجافة غير ملحوظ تقريبا فاذا ما امتصت البذور ازداد نشاط الإنزيمات زيادة كبيرة بإزدياد كمية الماء الممتص.

توزيع الإنزيمات داخل الخلية

إن معظم الإنزيمات ، إن لم تكن جميعاً موجودة فى البروتوبلازم وقليل جداً ان وجدت فى الفجوة أو فى جدران الخلية وعلى ذلك يظهر أن معظم بروتين السيتوبلازم عبارة عن بروتين إنزيمى . كثير من الإنزيمات مرتبطة بالاجسام الموجودة فى البروتوبلازم فانزيمات التمثيل الكلوروفيل موجودة فى البلاستيدات الخضراء و انزيم الفوسفوريليز المسؤولة عن التنفس توجد فى الميتاكوندريا والانزيمات المسؤولة عن تكوين الأحماض النووية والبروتين النوى موجودة في النواة وهكذا.

تسمية وتقسيم الإنزيمات:

تسمى الإنزيمات وتقسم عادة طبقا للتفاعل أو للتفاعلات التي تقوم بتنشيطها ويسمى الإنزيم عادة باسم التفاعل مضافاً اليه المقطع ase بعد حذف المقطع الأخير من اسم مادة التفاعل فمثلا يسمى الإنزيم الذى يحلل سكر المالتوز باسم انزيم المالتيزmaltase

وقد يسمى الإنزيم بإضافة المقطع ase مباشرة إلى اسم مادة التفاعل مثل إنزيم dextrinase الذى يحلل الدكسترين dextrin إلى سكر المالتوز.

وتقسم الإنزيمات الى الاقسام التالية:

1- الإنزيمات الهاضمة
2- الإنزيمات المؤكسدة والمختزلة
3- إنزيمات الاضافة
4- إنزيمات النقل
5- إنزيمات التشابه
6- إنزيمات الربط

المصادر

- اساسيات فسيولوجيا النبات ، 2008 ، حشمت سليمان الدسوقي
- عماد فسيولوجيا النبات ، 1998 ، عمادالدين وصفي
- الأسس العلمية لادارة وإنتاج وتحسين المحاصيل الحقلية ، 2018 ، اياد حسن علي و محمد عويد غدير