الانزيمات

enzymes

الانزيمات عبارة عن مواد بروتينية أوجه الشبه والاختلاف بين الانزيمات والعوامل المساعدة غير العضوية :يمكن ان تعرف الانزيمات بانها عوامل مساعدة حيوية Biocatalystsمكونة من مادة البروتين ، ويتم صنعها بواسطة خلايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية ولكنها يمكن أن تعمل مستقلة عنها فمثلا تقوم خلايا الخميرة بتحويل سكر العنب الى كحول وغاز ثاني اوكسيد الكاربون ، كما انه يمكن لمستخلص الخميرة الخالي من الخلايا أن يقوم بنفس العمل والانزيمات عوامل مساعدة حساسة جدا للعوامل المختلفة كالحرارة والاس الهيدروجيني ... الخ . ووجود الانزيمات في محلول يغلي يكفي لان يتلفها ويوقف نشاطها الى غير رجعة كما أن الانزيمات ذات تخصص دقيق لا تحيد عنه ، فمثلا انزيم اليورييز ureaseلا يعمل الا على مركب اليوريا أما الزيم اللايبيز فلا يحلل الا الدهون وهكذا والانزيمات لها فاعلية ونشاط كبير على المركبات التي تؤثر عليها ، ويمكن ايضاح ذلك بان البروتينات لا تتحلل خارج الجسم الا في درجات حرارة عالية وحموضة شديدة، وتحتاج الى مالا يقل عن عشرين ساعة ، بينما يتم في اجسادنا في حوالي اربع ساعات وفي درجات حرارة منخفضة لا تزيد عن تحالها٣٧ درجة مئوية .والانزيمات كما سبق ان ذكرنا تعمل سواء داخل او خارج وهكذا يميزها عن الفيتامينات والهورمونات التي لا تعمل الا داخل الجيم فقط . والانزيمات من حيث تأثيرها على التفاعلات الكيميائية فانها لا تفق التفاعل الكيميائي من العدم ، بل تقوم بزيادة سرعته مئات المرات

تواجد الانزيمات في الكائن الحي :

1 - قد تكون الانزيمات ملتصقة التصاقا شديدا بخلايا الكائن الحي ولذلك لا يمكن الحصول عليها الا بتهشيم الخلايا تهشيما كاملا . ومثل هذه الانزيمات يطلق عليها اسم الانزيمات الداخلية Damsenzymes Intracellular enzymes orومثال ذلك الانزيمات التنفسية Respiratory enzymes

2 - هناك أيضا بعض أنواع الانزيمات التي توجد في الصورة المنفردة والفول خارج الخلايا ومثال ذلك بتيالين اللعاب والانزيمات الهاضمة عموما ومثل هذه الانزيمات يطلق عليها اسم الانزيمات الخارجية Lyoenzymes or extracellular enzymes

التركيب الكيميائي للأنزيمات

تتركب الانزيمات أساسا من مادة البروتين ، أي أنها تتركب من عدد كبير من الاحماض الامينية المرتبطة بعضها بواسطة الاواصر الببتيدية . وتبعا للمكونات الكيميائية للانزيمات فانه يمكن تقسيمها الى :

١ - انزيمات مكونة من مادة بروتينية فقط :مثل البيسين والتربين وفي هذه الحالة يكون الانزيم عبارة عن مادة بروتينية فقط ولا يشترط لفاعليتها ونشاطها وجود اى مركبات اخرى

٢ - انزيمات مكونة من مادة بروتينية + كوانزيم Co-enzymeوالانزيم في هذه الحالة يتكون من جزئين، أحدهما هو الجزء البروتيني ويطلق عليه اسم ابو انزيم Apoenzymeوالآخر غير بروتيني يسمى كو انزيم Co-enzyme . وليس لاى من هذين الجزئين بمفرده القدرة على النشاط الانزيمي، كما لا يمكن اعتبار كل منهما على حدة انزيم كامل .

وفي هذه الحالة يتم النشاط الانزيمي بارتباط الجزيئين معا ويسمى الام في هذه الحالة بالانزيم الكامل Holoenzyme Holoenzyme + Coenzyme Apoenzymeشيءأوالكوانزيم لا يعمل فقط مع انزيم واحد ، ولكنه قد يعمل مع أكثر من أنزيم ، والكوانزية لا يوجد متحدا اتحادا شديدا مع الجزء البروتيني للانزيم ولكنه يرتبط به وقت العمل فقط وعلى ذلك فيسهل فصل الكوانزيم عن الانزيم نفسه بواسطة عملية الفرز الغشائي Dialysis . ويلاحظ أن الكوانزيمات غالبا ما يدخل في تركيبها الفيتامينات ، فمثلا الكوانزيم NADيحتوى على مركب الشيكوليناميد nicotinamideهو الفيتامين المانع لمرض البلاكرا وهو في الوقت نفسه احد افراد فيتامين (ب) المركب ، بينما في الكوانزيم كو كاربوكسيليز Co carboxylaneفانه يدخل في تركيبه فيتامين ب وهكذا .

3 - انزيمات مكونة من مادة بروتينية + مجموعة في مرتبطة ارتباطا شديدا بالجزء البروتيني :وفي هذه الحالة يكون الانزيم عبارة عن بروتين معلق (او مرتبط) Conjugated Proteinوالبروتين المعشق عبارة عن بروتين بسيط مرتبط به مجموعة لا تمت بصلة ، ولا يمكن فصل هذه المجموعة المرابطة او الاضافية) Prosthetic groupعن الانزيم ، ويقرض ازالتها فان الانزيم يفقد نشاطه وفاعليتهوهناك فرق كبير بين المجموعة المرتبطة والكوانزيم ، وذلك لانه في الحالة الأولى لا يمكن فصل المجموعة المرتبطة عن الانزيم بواسطة الفرز الغشائي ،بينما في حالة الكوانزيم فانه يمكن فصله عن الأنزيم بواسطة الفرز الغشائي وفيما يلى نبذة عن المجموعات المرتبطة (الاضافية) والكو- انزيمات . وتقسم المجموعات المرتبطة الى قسمين

1- المجموعات المرتبطة بالانزيمات

ذكرنا من قبل أن بعض الانزيمات قد تكون مكونة من جزء بروتيني متصل به مجموعة مرتبطة أو اضافية prosthetic groupلا تمت للبروتين بصلة من حيث تركيبها الكيميائي . وقد تحتوى هذه المجموعة المرتبطة على فلز من أمثلة ذلك : الفلزات ومن امثلة ذلك

أ- الحديد: الذي يدخل في تركيب العديد من الانزيمات مثل انزيم الكاتاليز والبير أوكسيديز peroxidase والسيتوكروم أوكسيديز Cytochrome oxidase

ب -النحاس: الذى يدخل في تركيب انزيم أوكسيديز حامض الاسكوربيك أوكسيديز حمض الأسكوربيك

ج - الزنك : الذى يدخل في تركيب انزيم انهيدريز حامض الكاربونيك . Carbonic anhydraseالذى يساعد على تكوين حامض الكاربونيك من ثاني اوكسيد الكاربون

وتتصف المجموعات الاضافية بالاتي :

1 - يعتمد نشاط الانزيم اعتمادا تاما على وجودها ، ويفقد هذه المجموعة يفقد الانزيم نشاطه تقدر تاما .

٢- لا يمكن ازالة المجموعة الاضافية من الجزء البروتيني للأنزيم بواسطة عمليات الفرز الفضائي Dialysisبينما يمكن فصل الكوانزيم عن الجزء البروتيني للانزيم بمثل هذا الاجراء

٣- العوامل الكيميائية التي تؤثر على المجموعات الاضافية تؤثر أيضا على نشاط الانزيم .

2- الكوانزيمات Co - enzymes

الكو انزيمات مركبات عضوية لا بد من وجودها لكى تقوم بعض الانزيمات بعملها ، والكوانزيم يكون مع الجزء البروتيني للانزيم (ابو انزيم) ما يسمى بالانزيم الكامل Holoenzymeولا يعمل الكوانزيم بمفرده ، كما لا يعمل الجزء البروتيني بمفرده ايضا ، ولبدء النشاط الانزيمي لابد من وجود كليهما . والكوانزيمات تختلف عن المجموعات المرتبطة (الاضافية) في انها يسهل فصلها عن الانزيم بواسطة عملية الفرز الفضائي Dialysisهذا وتتصف الكوانزيمات بالاتي : صفات الكو انزايمات

1 - الكوانزيمات سهلة الانفصال عن الجزء البروتيني للانزيم (الأبوانزيم) ،ويمكن فصلها بسهولة بطريقة الفرز الغشائي

2 - غالبا ما يدخل في تركيب الكوانزيم احد الفيتامينات، ولهذه الحقيقة اهميتها اذ يوضح مدى الارتباط بين الفيتامينات والانزيمات

3 - الكوانزيمات مركبات ثابتة عضوية التركيب.

4- توجد الكوانزيمات في وسط التفاعل بعيدة عن الابو انزيم (الجزء البروتيني) ، ولا يتم التصاقهما الا عند بدء النشاط الانزيمي

تحضير الانزيمات

قد توجد الانزيمات داخل الخلايا ولظل بها لا تغادرها ، وقد توجد ايضا خارج الخلايا وعلى ذلك فتختلف طرق الحصول على الانزيمات في الحالة الأولى عنها في الحالة الثانية ، وفيما يلي أهم الطرق التي يمكن اتباعها للحصول على الانزيمات

1- جمع السوائل التي بها الانزيمات : ومثال ذلك جمع العصير المعدى بواسطة انبوبة مطاطية رفيعة تصل الى المعدة ومن هذا العصير يمكن الحصول على انزيمات الببسين والرينين .. الخ . كما أنه من اللعاب يمكن الحصول على انزيم البيتيالين . وطبيعي انه في هذه السوائل لا توجد الانزيمات بصورة نقية ، وفي حالة اذا ما أريد الحصول عليها في الصورة النقية فانه يجب اتباع اجراءات خاصة

2- الاستخلاص :ويتم ذلك عن طريق تبريد المادة بمجرد فصلها والحصول عليها تبريدا شديدا ثم تقطيعها قطعا صغيرة وطحنها طحنا جيدا بعد خلطها بالرمل الناعم ، وبذلك تتمزق جدد الخلايا وتنساب الانزيمات الى الخارج. بعد ذلك تستخلص الانزيمات من الانسجة الممزقة بمحاليل مختلفة مثل محلول الكليسيرين الماني والكحول أو الأسيتون المخفف جدا ، وفي بعض الاحيان قد استخدم المحاليل المنظمة أو المحاليل ذات الاس الهيدروجيني المعلوم .

3- الحصول على الانزيمات بعد اجراء عملية تحلل ذاتي للانسجة :في حالة الانزيمات التي توجد مرتبطة مع بعض مكونات الخلية (مثل انزيم السكريز الذي يوجد في الخميرة) ، فان الأمر يتطلب تحلل مكونات الخلية حتى ينفرد الانزيم ، ويمكن استخلاصه ، ولذلك يترك مخلوط الخميرة مع المساء بضعة أيام في وجود مادة التولوين Toleuneالتي لقى المحلول من تأثير الكائنات الدقيقة ، وفي خلال هذه الفترة يحدث تحال ذاتى Autolysis المكونات خلايا الخميرة ، وبذلك ينفرد الانزيم ويسهل استخلاصه . وفي مثل هذه الحالات فان مجرد تمزيق الخلايا بالطريقة رقم (٢) لا لكون كافية لاستخلاص مثل هذه الانزيمات

اهم خواص الأنزيمات

1- الانزيمات مواد بروتينية :جميع الانزيمات مكونة من مادة البروتين : كما انها ذات وزن جزيئي عالى ، وهي تذوب في الماء معطية محاليل غروية ، ولهذا السبب فهى لا تستطيع النفاذ خلال الاغشية شبه المنفذة ويستفاد من هذه الخاصة في فصل الانزيمات عما يخالطها. الالكتروليتات ، ويتم الفصل بواسطة الفرز الغشائي dialysisومن خصائص الانزيمات انها تترسب بواسطة الاملاح المتعادلة ككبريتات الأمونيوم ، ولقد أمكن تحضير بعض الانزيمات في صورة نقية جدا وعلى شكل بلورات ذات شكل مميز امثلة الانزيمات البلورية الزيم البيسين والتريسين واليوريز من

٢- ذوبان الانزيمات في المذيبات وترسيبها تذوب الانزيمات بسهولة في الماء وفي محاليل الكليسيرين والاحماض المخففة. ويتميز الكليسيرين من المذيبات الهامة للانزيمات اذ انه يعمل كمذيب وكحافظ للانزيم في نفس الوقت . وقد تترسب الانزيمات بالكحول ويتشيع المحلول بكبريتات الأمونيوم

3-الانزيمات ودرجات الحرارة الانزيمات حساسة لدرجات الحرارة ، فعند درجة الصفر بقف عمل الانزيم ولكنه لا يتحلل . ويمكنه استعادة نشاطه مرة أخرى برفع درجة الحرارة وبارتفاع درجة الحرارة تدريجيا عن درجة الصفر يزداد نشاطا الانزيم تدريجيا ، ويصل نشاط الانزيم الى ذروته القصوى عند درجة حرارة تتراوح بين ٣٧ - ٤٠ م ، وكلما ارتفعت درجة الحرارة عن هذا الحد كلما نقص نشاط الانزيم. وتفقد معظم الانزيمات نشاطها نهائيا بالغليان ، ويرجع ذلك إلى تغير في التركيب الطبيعي البروتين الانزيم ويستفاد من خاصية وقف النشاط الانزيمي عند درجات الحرارة المنخفضة في حفظ الفواكه والخضروات التي يسهل تحللها نتيجة نشاط ما بها من أنزيمات

4-- تاثر الانزيمات بالاس الهيدروجيني PHالانزيمات حساسة للتغير في الأس الهيدروجيني للوسط الذي تعمل به ، فمثلا الببسين لا يحلل البروتينات الى بروتيونات ويستونات الا في وسط حامضى ، أما اذا تغير وسط التفاعل الى الوسط القاعدي فان البيسين يقف أما التريسين فعكس الببسين اذ يعمل في وسط قلوى وعند تغير الوسط الى الوسط الحامضي فانه يكف عن التفاعل.

ه ـ الصور الخاملة والصور الفعالة لبعض الانزيم قد توجد الانزيمات في الخلايا أو قد تفرز في العصارات على شكل انزيمات غير فعالة (صورة خاملة) ، ليس لها القدرة على القيام بالعمل الانزيمي ، وهذه الصور الخاملة من الانزيمات تسمى زيمو جن Zymogenاو بروا نزيمات pro-enzymesولتحويل الانزيمات الخاملة الى انزيمات نشطة يستلزم ذلك وجود مواد عضوية خاصة كل منها يسمى كينيز Kinaseفمثلا انتير وكينيز يقوم بتنشيط انزيم الترسينو جن trypsinogenالخامل الى انزيم التريسين النشط ، ويرجع ذلك الى تأثيره على الانزيم الحامل ، وذلك بازالة بعض الأواصر الببتيدية التي تغطي مراكز النشاط به. وعلى ذلك فانه ينتج عن تأثير الانتير وكينيز كشف للمراكز النشطة بالانزيم وبذلك يتحول من الصورة الخاملة الى الصورة الفعالةTrypsinogen وقد يكون للانزيم في صورته النشطة تأثير منشط على نفس الانزيم في الصورة الخاملة ، فمثلا يؤثر التريسين على الترسينو جن محولا إياه إلى الانزيم النشط تريسين Trypsin، وفي مثل هذه الحالات يعتبر التأثير تأثيرا ذاتيا ، عن طريق تنشيط الانزيم وهو في صورته الخاملة بواسطة نفس الانزيم في صورته الفعالة ولا يقتصر تحويل الانزيمات الخاملة الى الانزيمات الفعالة على وجود مواد عضوية ، بل في بعض الاحيان يمكن تنشيط الانزيمات الخاملة بواسطة سواء غير عضوية ، فمثلا التربسينوجن يمكن تحويله الى تريسين بمحلول مركز كما يتحول الببسينوجين من كبريتات الأمونيوم أو كبريتات المغنسيوم كما يتحول الببسينوجين الى

بيستين بواسطة حامض الهيدروكلوريك بالمعدة وما يحدث في المعدة هو أن الريم البيسينوجن الحامل يفرز في التجويف المعدي حيث يقوم حامض الهيدروكلوريك يتحويل بعض البيسينو جن الى بيسين نشط، وبمجرد الكون بعض البيسين النشط فانه يقوم بتحويل ما يتبقى من ببسيتوجن فعال . وفي هذا المثال يلاحظ أن تنشيط الانزيم الحامل وهو الببسينو جن قد يتم بواسطة مادة غير عضوية هي حامض الهيدروكلوريك وماده عضوية هي حامل الى بيين الببسين .والتحول من الصورة الحاملة الى الصورة الفعالة تحول غير عكى ، ويرجع بمعنى أن الصورة النشطة لا تتحول مرة اخرى الى الصورة الخاملة ذلك الى حدوث تغيير كبير في التركيب الكيميائى للانزيم . وكما سبق أن ذكرنا ففى كثير من الاحيان تكون المجموعات الفعالة في الانزيم الحامل في صورة مقنعة ، وتحت تأثير العوامل المختلفة تظهر هذه المجموعات النشطة ، وبذلك الانزيم قادرا على اداء عمله .

وتختلف بعض خواص الانزيم في صورته الخاملة عنها في الحالة الفعالة ، فيجانب عدم مقدرته على العمل ، فهو يقاوم بعض الظروف التي لا يتحملها الانريم في الحالة النشطة ، فمثلا يقاوم البيسينوجن قلوية المحلول بدرجة أكبر ن البيسينThrombokinase وقد يكون لوجود الانزيم في الحالة الخاملة اهمية حيوية كبرى فمثلا يوجد بالدم انزيم حامل يسمى بروترومبين Prothrombinوهذا الانزيم بسرى دائما في الدم بهذه الصورة ، وعند حدوث جرح أو تهتك بالانسجة تتكسر الصفائح الدموية وينفصل عنها مادة ترمبو كينيز التي في وجود أبونات الكالسيوم تحول الانزيم الحامل بروترومبين الى الانزيم الفعال ترومبين ، وهذا الانزيم الاخير يقوم بتحويل بروتين الدم الذائب المسمى فيبرنيو جن الى نوع من البروتين غير الذائب يسمى فيبرين الذي يترسب على شكل خيوط بيضاء متقاطعة تضم بينها كرات الدم وتكون ما يسمى الجلطة

6- الانزيمات والمراكز النشطة في الجزيئات هناك أدلة تدل على ان عمل الانزيم يرجع الى مواضيع معينة في الجزىءوليس الى الجرىء كوحدة واحدة. ومما يدل على ذلك أن الببسين يفقد عمله باتحاد مجموعاته الفعالة مع مواد اخرى ، ويمكن ان يسترد هذا الانزيم نشاطه عند ازالة هذه المواد فتحرر المجموعات الفعالة مرة اخرى .ولكل انزيم مركز نشاط او اكثر ، يقع على عاتقه العمل الانزيمي ، فانزيم التربسين مثلا يحتوي على مركز نشاط واحد بينما يحتوي انزيم البوربير على أربعة مراكز تشعلة على الاكثر في الجزء. ويمكن الاستدلال على عدد المواضع النشطة في الجزيء بطرق غير مباشرة، فتقدير اقصى عدد من ايونات المادة التي لها القدرة على وقف عمل الانزيم تماما يمكن ان توضح عدد المراكز النشطة في الجزىء ، فمثلا نجد أن انزيم اليورييز Ureaseيفقد عمله بتأثر ايونات الفضة ، وان أربعة أيونات من الفضة لازمة لوقف عمل جرى الانزيم تماما ، ومعنى هذا ان الانزيم يحتوى على اربعة مراكز نشطة على الأكثر في الجزيء .

7 ـ الخاصية النوعية للانزيمات خصوصية الانزيمات لكل نوع من أنواع الانزيمات المختلفة تخصص نوعى من ناحية تأثيرها على مواد معينة، واتحاد الانزيم بالمادة التي يتفاعل معها ويؤثر عليها يتوقف على تناسق حجم وشكل كل من جزى الانزيم بالمفتاح والمادة التي يؤثر عليها بالقفل وعلى ذلك فليس هناك الا مفتاح واحد لكل فعل ، كما أن لكل مادة الزم خاص يؤثر عليها

الانزيمات حسب تخصصها يمكن تقسيمها الى

أ - انزيمات ذات تخصص نوعى مطلق : Absolute specificity ومثل ذلك انزيم اليوربيز Ureaseالذى لا يؤثر الا على مادة اليوريا فقط . وفي ذلك هذه الحالة لا يعمل الانزيم الا على مادة واحدة فعمد هي اليوريا .

ب - انزيمات ذات تخصصات نوعية نسبيه : Relative specificityومثال ذلك انزيمات الاستيريز esteraseوهي التي تحلل أنواعا عديدة من الاسترات مثل الدهون والفوسفاتيدات، وهي في تاثيرها على الاسترات المختلفة يتفاوت تأثيرها من استر الى استر آخر فقد تحلل نوعا من الاسترات في عشر دقائق بينما تحلل نوعا آخر في نصف ساعة وهكذا .وفي هذه الحالة لا يؤثر الانزيم على نوع واحد من المركبات بل على انواع عديدة من المركبات المتشابهة في التركيب الكيميائي ، ووجه التشابه بين هذه المركبات المختلفة هو وجود أصرة كيميائية معينة متواجدة فيها جميعاومن امثلة هذا النوع من الانزيمات تذكر انزيم اللايبيز الذي يعتبر متخصصا في تحليل الدهون ولا يمكن ان يحلل غير الدهون والاسترات ، ولكنه لا يعتبر متخصصا في تحليل نوع معين من الدهون ، وذلك للتشابه الكيميائي بين الدهون المختلفة ، ولوجود أواصر كيميائية معينة في جميع الدهون وبالمثل فان الانزيمات التي تحلل المواد البروتينية والمواد النشوية ، تدخل ضمن هذه المجموعات من الانزيمات ذات التخصص النوعي النسبي . وفي التخصص النوعي النسبي لا يكون الانزيم متخصصا في التأثير على مركب معين، بل يكون متخصصا في أصرة كيميائية معينة ، بغض النظر عن الوحدات البنائية المرتبطة بهذه الأواصر الكيميائية . فأنزيم اللايبيز يحلل ماليا رابطة استر الزيوت والدهون بعض النظر عن نوع الاحماض الدهنية المرتبطة مع الكليسيرين ، ولكن لا يحلل هذا الانزيم الأصرة الكلوكوسيدية للمواد الكاربوهيدراتية أو الاصرة الببتيدية للبروتينات .

ج - انزيمات ذات تخصص نوعى بالنسبة للمتشابهات الفضائية Stereochemical specififcityفي هذه الحالة يعمل الريم على مركب ولا يعمل على المركب المشابه له فضائيا (مثل المشابهات الضوئية والمشابهات الهندسية) بالرغم من التمائل الوليق في تركيبها الكيميائي . فمثلا انزيم Lamino acid oxidase يؤثر على الاحماض الأمينية من النوع مال ولا يؤثر على الاحماض الامينية من النوع D .

د- إنزيمات من نوع خاص بنيوي:هناك بعض الانزيمات لا تتخصص فقط في التأثير على أصرة معينة في الجزىء ، ولكنها لكى تؤثر على هذه الآصرة ، يشترط وجود مجموعات خاصة ملاصقة ، ويمن ايضاح ذلك بالامثلة الآتية :

أ- إنزيم كاربوكسي ببتيداز:يؤثر فقط على الأسرة الببتيدية المجاورة للمجموعة الكاربوكسيلية الحرة في المركب عديد الببتيد مما ينتج عنه انفصال الحامض الاميني الطرفي .CONH CNH CONH.CONH COOH

ب - إنزيم أمينوبيبتيدازيؤثر فقط على الأصرة الببتيدية المجاورة للمجموعة الامينية الحرة في المركب عديد الببتيد ، مما ينتج عنه انفصال الحامض الاميني الطرق كالاتى : NH, CONH – CNH – CONH – CONH COOH

ج- الببسين يؤثر على الاصرة الببتدية CONEHالداخلية الموجودة في جزىء البروتين والتي يشارك في تركيبها الأحماض الامينية الامينية القاعدية في تكوينها بمجموعتها الامينية NH
. اما في حالة الكيموتريسين فانه يؤثر على الأواصر الببتيدية الداخلية التي تشارك في تكوينها الاحماض الامينية الارومانية بالمجموعة الكاربوكسيلية - COOH groupوهنا يجب أن تذكر أن الأسرة الببتيدية يلزم لتكوينها ومجموعة كاربوكسيلية، وكل مجموعة منها مشتقة من حامض مجموعة امينية اميني ويمكن ايضاح ذلك فيما يلي :
R. CH NH ، COOH + HHN. CH ، COOHحامض اميني يشارك فيحامض أميني يشارك فيتكوين الأصرة الببتيدية تكوين الأسرة الببتيدية بمجموعته الكاربوكسيلية بمجموعته الامينية R. CHÍNH, CONH. CH, COOHثنائي الببتيد Dipeptideوعلى ذلك فيمكن بيان تأثير الانزيمات بيبسين وتريسين وكيموتريسين على المجموعات الببتيدية الداخلية كالآتي:-
H_2N- COOH HHN COOH HHN COCH FHN-COOH
يؤثر التربين على يؤثر الكيموتريسين على يؤثر الببسين على هذه الاصرة الببتيدية

8- وحدات الانزيم Enzyme Unitsتعرف وحدة الانزيم بأنها الكمية المعلومة من الانزيم التي تستطيع في زمن معين وفي درجة حرارة معينة وعند اس هيدروجيني معين أن تؤثر على كمية محدودة من المادة

تسمية الانزيمات Enzyme nomenclature

يمكن أن يسمى الانزيم من واقع طبيعة التفاعل الذي يقوم به ، وظلال وطبقا لهذا التقسيم و فانه يمكن تقسيم الانزيمات الى - أ- انزيمات خاصة بعمليات التحلل الماني : ويدخل في ذلك :

ا - انزيمات تحلل المواد الكاربوهيدراتية تحليلا مائياً : مثل السرمالبتبالين واللاكتيز والسكريز والمالتيز

٢ - انزيمات تحلل المواد الدهنية تحليلا مائيا : مثل انزيم اللاييبيز

٣ - انزيمات تحلل المواد البروتينية تحليلا مائية : مثل البيي Valtricinو chymulricin valcarboxy bitididir vala minuitidir .الخ .وتشترك جميع هذه الانزيمات السابقة في أنها تحلل المركبات التي تؤثر عليها عن طريق ادخال عناصر الماء

ب - انزيمات خاصة بعمليات الاكسدة والاختزال : ومثال ذلك أنريالديهيدروجينيز dehydrogenaseوانزيمات الكاتاليز Catalaseوبير اوكسيديز ... Peroxidaseالخ- الزيمات تقوم بعمليات أخرى خاصة مثل انزيم ترانس آميتيز الذي ينقل المجموعة الامينية من الحامض الاميني الى الحامض الكيتوني وانزيم ديكاربوكسيليز decarboxylaseالذي يزيل المجموعة الكاربوكسيلية من المركب ... الخ

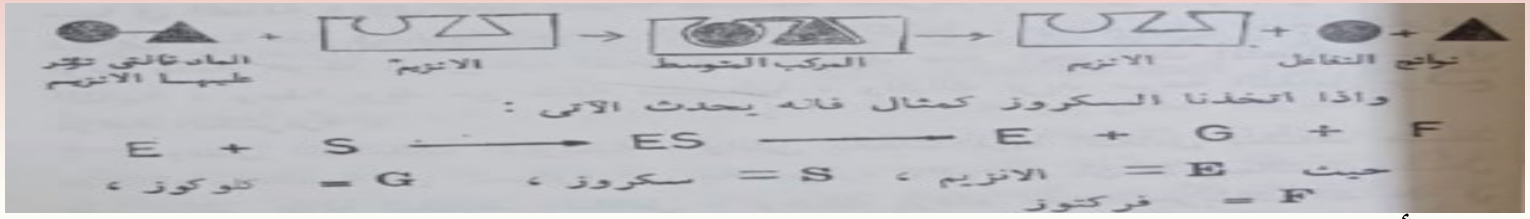
ج- لا تقتصر التسمية على النظام السابق ، بل قد تكون التسمية اكثر تحديدا ويكون الاسم في هذه الحالة مشتقا من اسم المركب الذي يؤثر عليه الانزيم ، وطبقا لهذه التسمية يوجد انزيم اللاييبز الذي يؤثر على الليبيدات ، وانزيم البورييز الذي يؤثر على اليوريا ، وأنزيم المالتيز الذى يؤثر على المالتوز وهكذا . والتسمية في الحالة الاخيرة أكثر تحديد امن الحالة الاولى.

طريقة عمل الانزيم

تحدث التفاعلات الانزيمية في خطوتين أساسيتين

الخطوة الأولى : وفيها تتحد المادة المتفاعلة مع الانزيم لتكوين مركب متوسط:.

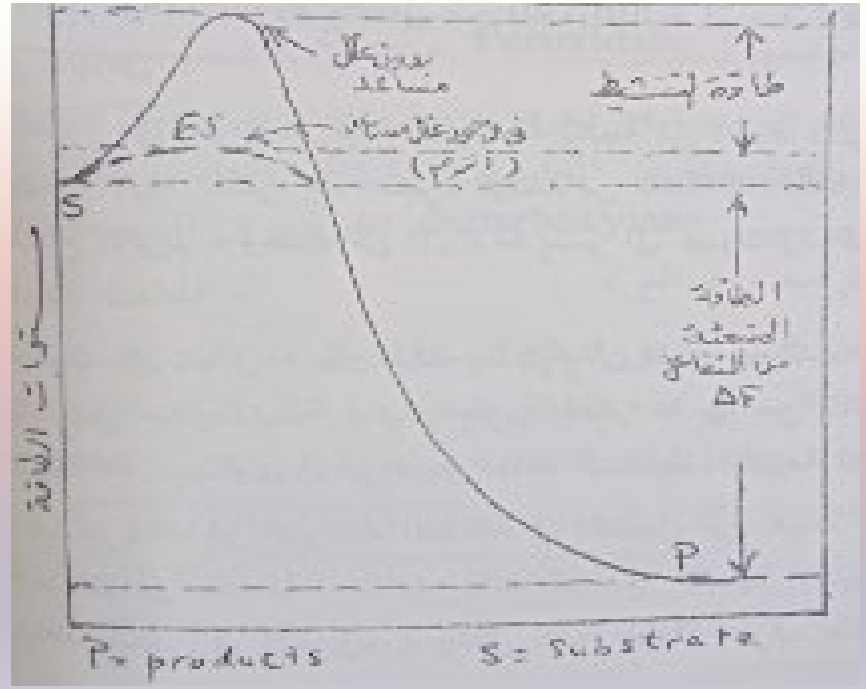
الخطوة الثانية : وتشمل تفكك المركب المتوسط مع تكوين نواتج التفاصل و انفراد الانزيم مرة



وفي حالة وجود أكثر من مادة متفاعلة واحدة ، فان احداها تكون مركبا متوسطا مع الانزيم وهذا بدوره يتفاعل مع المادة الثانية ثم بعد ذلك ينفرد الانزيم ونواتج التفاعل والأدلة كثيرة على تكوين مركبات متوسطة ناتجة من اتحاد الانزيم بالمادة المتفاعلة . وبعض الآراء تفره بانه مجرد الامتصاص absorptionللمادة المتفاعلة على سطح الانزيم ، وهناك من الآراء ما يشير الى حدوث ارتباط كيميائى بين الانزيم والمادة المتفاعلة .وعند حدوث اى تفاعل ، فان ذلك يستلزم أن تكون جزيئات او ايونات المركبات المتفاعلة في حالة نشطة ، وان يكون مقدار ما بها من طاقـــــــة energy content يساوى أو يزيد عن طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل . وتختلف الجزيئات أو الايونات الداخلة في التفاعل من حيث محتواها الطاقة تبعا لعوامل مختلفة ، فالجزيئات تكتسب طاقتها نتيجة لترتيب الذرات وارتباطها ببعض في الجزيء ، ومثل هذه الطاقة تعرف بطاقة تكوين من

المركبات ، وقد تكتسب الطاقة من مصادر خارجية مثل طاقة الحركة Kinetic energy، وتمتاز الايونات من جزيئات المركبات العضوية في أنها تشترك في التفاعلات بسرعة ، وذلك لانخفاض الطاقة في المركبات العضوية .. ولكى تدخل في التفاعلات لا بد ان تحصل على مقدار من الطاقة يكفى لرفعها إلى المستوى النشط activated stateويصبح ما بها من طاقة يساوى على الاقل طاقة تنشيط التفاعل.

والجزيئات يمكنها ان تكتسب طاقة خارجية بتصادمها مع جزيئات أعلى منها في الطاقة ، وفي هذه الحالة تكتسب الجزيئات الاولى كمية من الطاقة ، ويقابل هذا فقد في كمية الطاقة بالجزيئات الثانية . وعند رفع درجة الحرارة تزيد طاقة حركة الجزيئات المتفاعلة ، ويزيد عدد الجزيئات المتصادمة في وهذا يزيد من طاقة تنشيطها ، ولذلك تزيد سرعة التفاعل برقع درجة الحرارة . الثانية وتعلل التفاعلات الانزيمية) و التى يحدث فيها التفاعل بنشاط عند درجات منخفضة من الحرارة درجة حرارة (٣٧م) بان الانزيمات تعمل على خفض طاقة تنشيط التفاعل ، وبذلك يزداد عدد الجزيئات الداخلة في التفاعل ، مما ينتج عنه زيادة في سرعة التفاعل (انظر الرسم) .



العوامل التي تؤثر على التفاعلات الانزيمية

هناك العديد من العوامل التي يمكن أن تؤثر على التفاعلات الانزيمية يمكن اجمالها فيما يلى

1- درجة الحرارة :يمكن تقسيم تأثير الحرارة على عمل الانزيمات الى ثلاثة مراحل :

أ - المرحلة الاولى : ويحدث فيها زيادة في سرعة عمل الانزيم

ب - المرحلة الثانية : وفيها تنخفض سرعة عمل الانزيم .

ج - المرحلة الثالثة : وفيها يقف التفاعل تماما ..

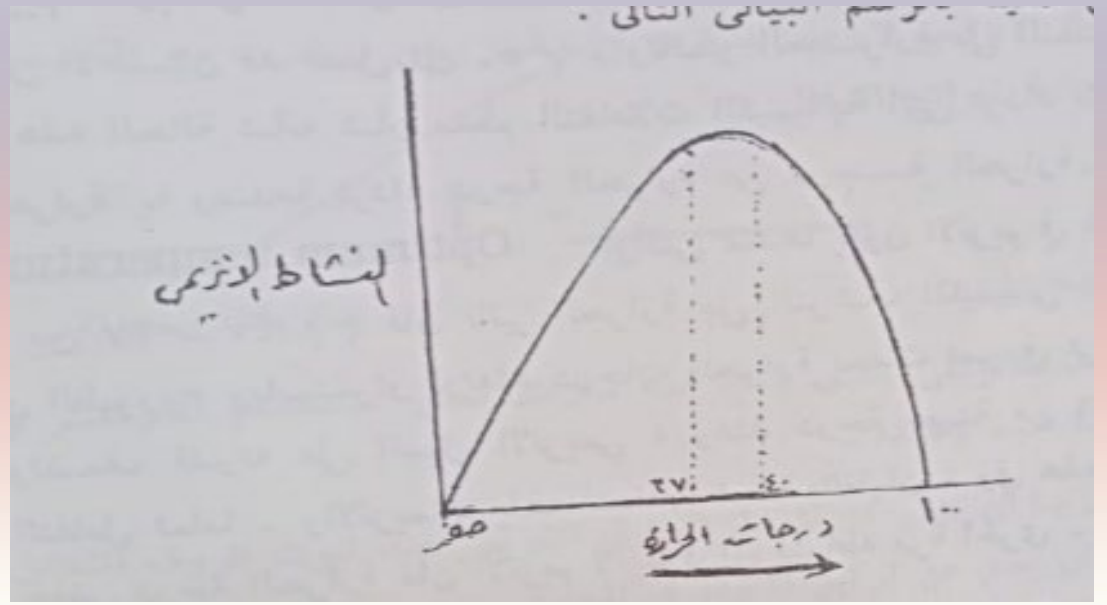
وفي اذا خلط الانزيم مع المواد المتفاعلة وكانت درجة الحرارة تبلغ الصغر ، فانه يلاحظ عدم حدوث تفاعل ، وذلك للانخفاض الشديد في درجات الحرارة ، وبارتفاع درجات الحرارة تدريجيا فانه يصاحب ذلك زيادة تدريجية في نشاط الانزيم ، ويصل التفاعل الى ذروته القصوى عند حوالي ٣٧ - ٤٠ بعض الاحيان قد تصل الى ٥٠م، وتأثير الحرارة على النشاط الانزيمي في هذه الحالة شبانه شان معظم التفاعلات الكيميائية التي تزداد بارتفاع درجة الحرارة. وعندما تزداد درجة الحرارة عن درجة الحرارة المثلى والتي عندها يكون الانزيم في ذروة نشاطه بين(٣٧ - ٤٠ م) فان تأثير الحرارة على التركيب الكيميائي للأنزيم يبدا في الظهور، وباستمرار ارتفاع درجات الحرارة يحدث تغير في تركيب الانزيم ولضعف قدرته على العمل الانزيمي ، وعند درجة معينة من الحرارة يقف التفاعل تماما . والانزيمات يقف نشاطها تماما بالغليان ، وفي هذه الحالة عند خفض درجة الحرارة فان الانزيم لا يعود إلى نشاطه مرة أخرى . Optimum temperatureبدال و تأثير الحرارة على النشاط الانزيمي يشمل النقطتين الآتيتين معا :

ب- تغيير في التركيب الطبيعي للأنزيم وهذان العاملان يسيران جنبا الى جنب ، ففى الدرجات المنخفضة الحرارة يتغلب العامل الأول على العامل الثانى ، حتى تصل درجة حرارته الدرجة الحرارة المثلى ، ثم بزيادة درجات الحرارة عن درجة الحرارة المثلى ،يتغلب العامل الثاني على العامل الأول وعند مناقشة تأثير الحرارة على النشاط الانزيمي فانه في الاعتبار الملاحظات الآتية :

ا - تحافظ الانزيمات في الحالة الجافة على نشاطها ، كما تقاوم التحلل بارتفاع درجة الحرارة ، وفي كثير من الاحيان تظل الانزيمات الصلبة في الحالة النشطة بالرغم من تسخينها الى درجة ١٠٠ المحاليل ، فان الانزيمات تبدا في التحلل ابتداء من درجة ٥٠ وعند درجة ٨٠ تتحلل الانزيمات تماما ويقف عملها م . اماني .هي درجة .

2 - درجة الحرارة المثلى Optimum temperature الحرارة التي عندها تصل سرعة التفاعل الى الذروة القصوى، وفي الوقت نفسه لا يحدث تحلل أو تدهور الانزيم .

3- الرسم البياني لتأثير درجات الحرارة على سرعة التفاعلات الانزيمية يمكن تمثيله بالرسم البياني التالي :



النهائية لعاملين، أحدهما التنشيط الذي يحدث للتفاعل الانزيمي بارتفاع درجة الحرارة والاخر تدهور الانزيم باعتباره بروتين بارتفاع درجة الحرارة .

4-يقف النشاط الانزيمي في درجة الصفر وعند العليان ، ولكن الفرق بين الحالتين أنه في حالة رفع درجة الحرارة من الصفر يبدأ نشاط الانزيم في الظهور ، بينما في الحالة الثانية لا يعود النشاط مرة أخرى بخفض درجة الحرارة .

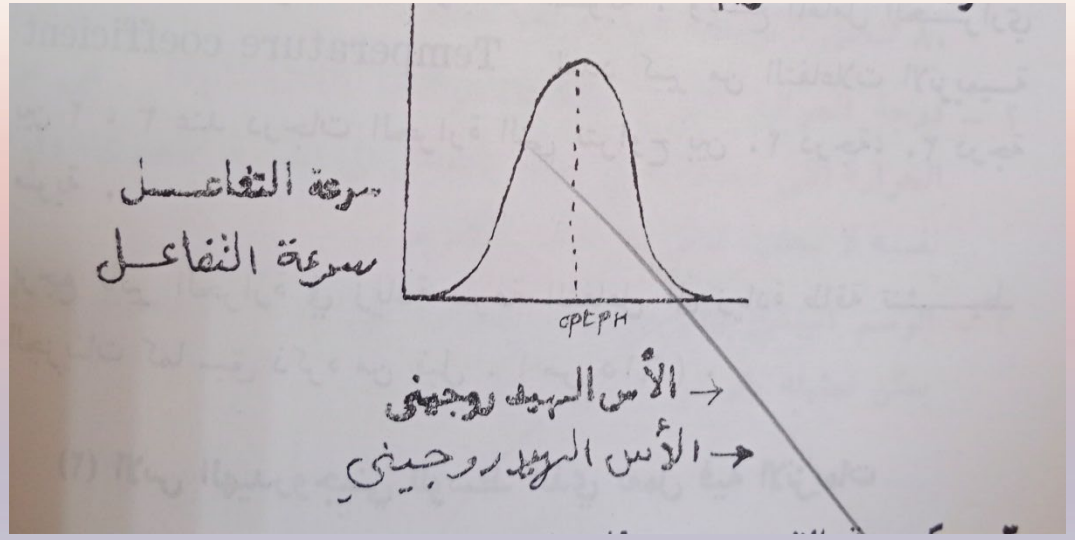
5- بالنسبة لوقف العمليات الانزيمية داخل الخلايا يخفض درجات الحرارة فانه يستفاد من هذه الظاهرة في حفظ الفواكه والخضروات والماكولات بوضعها في الثلاجات .

6- تزداد سرعة التفاعل الانزيمي وتصبح مضاعفة أو ثلاثة أضعافها كلما ارتفعت درجة الحرارة ١٠ درجات مئوية. ويقع المعامل الحراري Temperature coefficientلعدد كبير من التفاعلات الانزيمية بين ٢ ، ٣ عند درجات الحرارة التي تتراوح بين ٢٠ درجه ٣٠ درجة مئوية 7- يرجع تأثير الحرارة في زيادة سرعة التعامل إلى زيادة طاقة تنشيط الجزيئات كما سبق ذكره من قبل . (ص ٦٢٥)

.

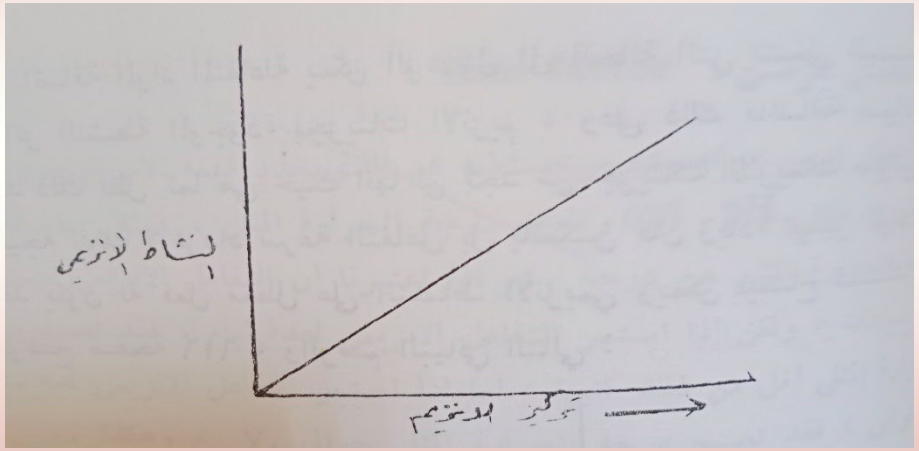
(٢) الأس الهيدروجيني للوسط الذي تعمل فيه الانزيم

يتأثر نشاط الانزيم بالاس الهيدروجيني للوسط الذي يعمل به . وتختلف الانزيمات من حيث الوسط الذي تعمل فيه ، فمثلا يعمل البيسين في الوسط الحامضي ، بينما يعمل التريسين في الوسط القاعدي . والانزيمات تعمل عادة في حدود ضيقة من درجات الاس الهيدروجيني ، فمثلا يعمل البيسين في المحاليل التي يتراوح أنها الهيدروجيني بين ١-٢ ، كما يعمل البنيالين في الوسط الذي يتراوح أسه الهيدروجيني بين ٨٦ وهكذا . وهناك ما يسمى بالقيمة المثلى للأس الهيدروجيني Optimum pHوالتي عندها يصل نشاط الانزيم الى اقصاه، وعند حدوث تغير في قيمة هذا الاس لهيدروجيني سواء بالزيادة أو النقصان فانه يتبع ذلك نقص في الانزيم .واذا اتخذنا انزيم البنيالين (انزيم يوجد باللعاب) مثالا ، فانه يلاحظ انه يعمل في أقصى نشاطه عند الاس الهيدروجيني ٦,٧ - البنيالين لا يعمل فقط في الغم ، ولكنه يعمل ايضا في المعدة في خلال نصف الساعة الأولى من ابتداء تناول الطعام ، ويرجع السبب في ذلك الى انه في هذه الفترة لا يفرز حامض الهيدروكوريك بالمعدة بالكميات الكافية التي تؤثر تأثيرا كبيرا على الاس الهيدروجيني الذي يعمل فيه البنيالين .امثلة للقيم المثلى للاس الهيدروجيني لبعض الانزيمات البين = ١,٥ الرسم البياني الذي يوضح العلاقة بين التغير في الأس الهيدروجيني ونشاط الانزيم .



3- كمية الانزيم : الانزيم : Enzyme concentration

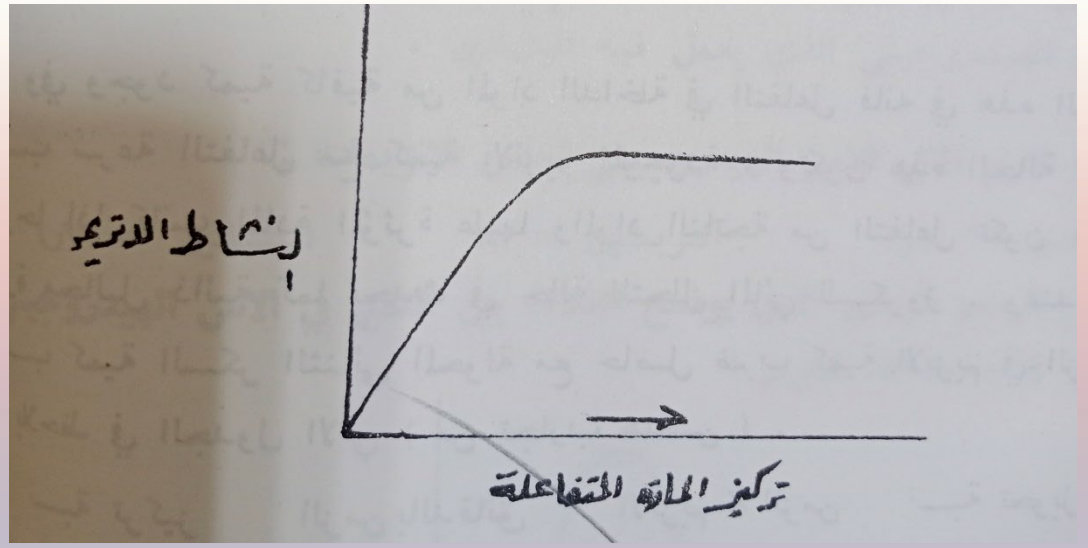
تتناسب سرعة التفاعل الانريمي مع تركيز الانزيم بشرط وجود زيادة في المواد المتفاعلة ، وهناك ارتباط بين تركيز الانزيم والوقت المسموح للانزيم بالعمل خلاله ، فكمية قليلة من الانزيم تؤثر في المادة بدرجة مماثلة لتلك الناتجة عن كمية كبيرة من الانزيم اذا اعطى لها الوقت الكافي لانهاء التفاعل . وعلى ذلك ، فلمدة قصيرة تتناسب سرعة فعل الانزيم تناسب طرديا مع تركيز الانزيم ، وبمضاعفة الانزيم تتضاعف سرعة التفاعل ويمكن في هذه الحالة أن يمثلها الرسم البياني الاتي :



في وجود كمية كافية من المواد الداخلة في التعامل فانه في هذه الحالة تناسب سرعة التفاعل مع كمية الانزيم الموجودة ، وتكون هذه الحالة اكثر وضوحا اذا كانت المادة المؤثرة عليها والمواد الناتجة من التفاعل تكون في صورة محاليل ذائبة كما يحدث في حالة التحلل الماني للسكروز .

4 - كمية المواد الداخلة في التفاعل :Substrate concentration

يزداد تفاعل الانزيم بازدياد تركيز المواد الداخلة في التفاعل مع ثبوت كمية الانزيم ، وتستمر سرعة التفاعل في الزيادة حتى تصل إلى مقدار معين تم تثبت بعد ذلك مهما أضيف من مواد متفاعلة ويمكن ايضاح ذلك بان المواد المتفاعلة في بدء التجربة تحد من جزيئات الانزيم ما تتحد معه مكونة المركبات المتوسطة التي سبق ذكرها .
وباستمرار اضافة المواد المتفاعلة يمكن الوصول الى الحالة التي تشغل فيها جميع المراكز النشطة الموجودة بجزيئات الانزيم ، وعلى ذلك فإضافة مواد متفاعلة بعد ذلك نقل كما هي حيث انها لن تجد من جزيئات الأنزيمات ما يؤثر عليها ، نتيجة لذلك لا تزداد سرعة التفاعل بل بالعكس فإن زيادة تركيز المواد المتفاعلة قد يكون له فعل معطل على النشاط الانزيمي ويمكن ايضاح ذلك بالرسم الموضح صفحة ٦١٦، والرسم البياني التالي



ه - مساحة السطح المعرض لتأثير الانزيم : Surface area
تعتمد التفاعلات الانزيمية على مدى الالتصاق بين الانزيمات والمواد المتفاعلة ، ومساحة السطح المعرض . وكمثال لذلك تذكر أن الدهون مواد لا توجد في حالة ذائبة في الماء ، وعلى ذلك موجودها على شكل حبيبات كبيرة غير ذائبة يجعل سطحها المعرض لتاثير انزيم اللايبيز قليل المساحة ، ولكن ينجزلة ، هذه الحبيبات الكبيرة الى دقائق صغيرة فانه في هذه الحالة يزداد السطح المعرض التأثير الانزيم زيادة كبيرة وبذلك تزداد سرعة التعامل زيادة واضحة .
ومن هذا تتضح اهمية املاح الصفراء في تحويل حبيبات الذهن الكبيرة الى دقائق صغيرة جدا ، تكون مع الماء مستحلبا ثابتا ، ووجود الدهون على شكل مستحلب يزيد اولا من السطح المعرض لتأثير الانزيم ، ويسبب ثانيا زيادة في سرعة هضم الدهون بواسطة انزيم اللايبيز ، وعلى ذلك ففي حالة امتناع وصول الصفراء الى الاثني عشر كما في حالة انسداد القناة المرارية ، يتأثر هضم الدهون تأثيرا واضحا .
6- عامل الزمن : Time factor
عامل الزمن له أهميته من حيث أنه هو الذي يحدد قيمة الأس الهيدروجيني في صورته المثلي opt.pnوكذلك درجه الحرارة المثلى. فمثلا يمكن اعتبار درجة الحرارة المثلى هي درجه نام اذا اعتبرنا أن التعامل الأنزيمي يستغرق بدة ساعات، ولكن اذا استمر التعامل الانزيم لعدة أيام، فقد تصبح درجة الحرارة المثلى أقل من ذلك كثيرا ، اما اذا استمر التعامل الانزيمي لمدة دقائق او توانى ، فقد تصبح درجة الحرارة المثلى حوالى ٧٠ م وهكذا

٧ - تراكم نواتج التفاعل : End products concentrationتمتاز التفاعلات الانزيمية بأنها تفاعلات عكسية ، بمعنى أن انزيم اللاييز مثلا يمكنه أن يحلل الدهون الى اليسيرين واحماض دهنية، كما أنه يمكنه ايف تكوين الدهون من الكليسيرين والأحماض الدهنية. وعلى ذلك فاذا ازيلت نواتج التفاعل باستمرار، فان هذا يؤدى الى أن يعمل الانزيم في الجام واحد ، اما تراكم نواتج التحلل فان هذا يدعو الانزيم الى ان يعمل في الاتجاه المضاد، ويلاحظ أنه في القناة الهضمية يحدث امتصاص النواتج تحلل المواد الغذائية وبذلك لا تتاح الفرصة للإنزيمات الى تحويلها الى المكونات الاصلية مرة اخرى (حدوث التفاعل العكسي) .

8- وجود الانزيم المناسب للمادة المتفاعلة :فمثلا يؤثر انزيم البوربير areaseعلى مادة اليوريا محولا اياها الى ثاني اوكسيد الكاربون وأمونيا، فاذا امزج الريم اليورييز مع مادة البوريا حدث التعامل ، اما اذا خلط بالدهون فإنه لن يؤثر عليها ولا يظهر أدنى تفاعل ، وفي هذه الحالة يعتبر أنزيم اليوربيز انزيما خاملا . وعلى ذلك فمن للمادة المتفاعلة المناسبة الأهمية بمكان اختيار الانزيم-

9- المنشطات

Activators : وجد أن النشاط الانزيمي يزداد بصورة واضحة في وجود مواد أو أيونات معينة في الوسط الذي يعمل فيه الانزيم ، وتسمى هذه الأيونات أو المواد.

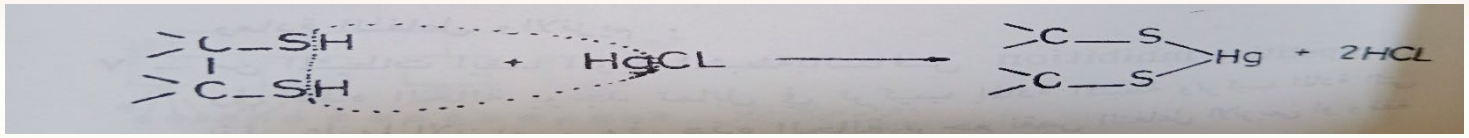
- بالمنشطات . Activatorsوعلى ذلك تحقيقه ان الانزيم يعمل في غياب هذه المنشطات ، ولكن نشاطه برداد كثيرا في وجودها، وهناك فرق كبير بين الكوانزيم والمنشطات ، إذ أن في غياب الكوازيم لا يعمل الانزيم مطلقا لان الكوانزيم جزء لا يتجرا من الانزيم الكامل ، اما في حالة المنشطات فانه يمكن الاستغناء عنها ، ويمكن للتفاعل الانزيمي أن يستمر بدونها ، ولكن التفاعل في هذه الحالة يكون ويتشابه المنشط مع الكوانزيم بأنه لا يتصف بميزة التخصص (النوعية) ، فمثلا بنيالين اللعاب ينشط بالكوريدات أو البروميدات او البوديدات .. السع، وبالمثل فالكوانزيم قد يدخل في عدة تفاعلات مختلفة .
- أ- انزيم اللاييبيز الذى يحلل الدهون ينشط عمله وتزيد سرعة تفاعله وجود املاح الصفراء او اولييات الكالسيوم .
- ب - يحتاج أميليز اللعاب والبنكرياس الى ابونات الكور أو البروم او البود.
- ج- يحتاج أنزيم الأرجينييز الى ايونات الكوبالت والمنغنيز والنيكل د يحتاج انزيم الفوسفاتيز الى ايونات المغنسيوم .... الخ .
- طريقة عمل المنشطات :
- 1 - قد يعمل المنشط عن طريق المادة تجرينا دقيقا (استحلابها) وبذلك يساعد على سهولة تحللها ، ويرجع تنشيط احماض الصفراء الانزيم اللاييبيز الى هذه الخاصية ..
- 2- قد يحمى المنشط المجموعات الفعالة والمراكز النشطة بجزيئات الانزيم .
- 3- قد يمنع المنشط التأثير الضار لبعض أيونات المعادن الثقيلة التي قد توجد في الوسط الذى يعمل فيه الانزيم. وفي حالة خلو الوسط من المعادن الثقيلة فان الانزيم يعمل بدون المنشط .
- ٤ - قد يؤثر المنشط في المادة المتفاعلة ويزيد من قابليتها للتفاعل مع الانزيم .
- 5- قد يفسر عمل المنشط بأنه هو الصلة التى تربط بين الانزيم والمادة المتفاعلة التي يؤثر عليها الانزيم فمثلا انزيم ثنائى الببتيديز depeptidase يؤثر على المركب ثنائي البينيد عن طريق اتصال معدني

10 - المثبطات Inhibitors

يقصد بالمثبطات تلك المركبات التي يترتب على وجودها انخفاض نشاط الانزيم ، وفي بعض الاحيان قد يعف النشاط الانزيمي كلية . ووقف النشاط الانزيمي بواسطة الغليان او الاحماض المركزة لا يدخل ضمن نطاق هذا الموضوع .والمثبطات يمكن تقسيمها الى نوعين

1- النوع الاول : له تأثير مؤقت على التفاعل الانزيمي ، وفي هذه الحالة يستعيد الانزيم نشاطه عند زوال المؤثر ، والتغير هنا تغير عكسى

٢ - النوع الثاني : له تأثير ثابت على التفاعل الانزيمي ولا يستعيد الانزيم نشاطه مرة اخرى اى انه يعمل بطريقة غير عكسية .ومن امثلة المثبطات يمكن ان تذكر الآتى :



وقد يكون لهذه المركبات تأثير مؤقت ، فتسمم الانزيم بواسطة الزرنيخ يمكن التغلب عليها بمعاملة الانزيم مع الزرنيخ باضافة - Dimercapto propyl alcoholولكن في بعض الحالات لا يمكن ان يسترجع الانزيم نشاطه مثل تسمم انزيم اليوربيز باملاح الفضة .

3- تعتبر الكحولات والاثيرات والفورمالدهايد من المثبطات وذلك لتغييرها للتركيب الكيميائي البروتين الانزيم

4- تؤثر المواد المؤكدة مثل فوق اوكسيد الهيدروجين وسيانيد البوتاسيوم الحديديك على بعض المجموعات النشطة في بعض الانزيمات) مثل مجموعه SH وعلى ذلك موجودها يقلل من التفاعلات الانزيمية .

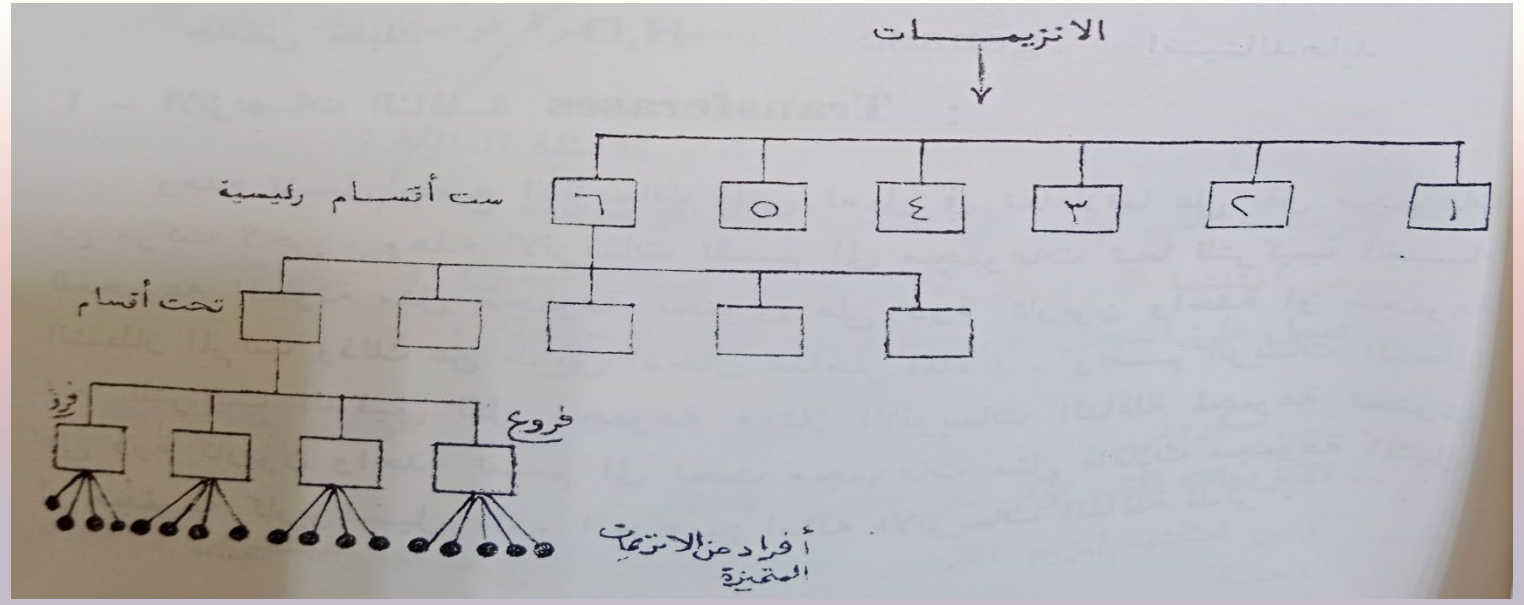
.

5- - من المواد المثبطة التى تؤثر على معظم الانزيمات السيانيد والفلوريدات وكذلك أول اوكسيد الكاربون واملاح حامض الايودو خليك Iodoacetic ويستفاد من هذه المركبات في وقف عمل الانزيم عند خطوة معينة من سلسلة تفاعلاته ، وبذلك يمكن دراسة المركبات المتوسطة . التفاعل .

٦ - هناك من المثبطات ما تتحد مع الانزيم والمادة المتفاعلة. غير فعالة لا تتحلل الى الانزيم ونواتج التحلل.

7- من المثبطات ايضا المواد المثبطة بالتنافس Competitive inhibition وفي هذه الحالة يوجد تماثل في تركيب المادة المثبطة وتركيب المادة التي يؤثر عليها الأنزيم. وفي هذه الحالة يرجع نقص التفاعل الانزيمي او أن الانزيم في عمله العادى يرتبط مع المادة المتفاعلة مكونا مركبا متوسطا ، ثم يتحلل هذا المركب معطيا الانزيم مرة أخرى ونواتج التحلل في آن واحد . اما في وجود المثبط ونظرا لتماثل تركيب المادة المثبطة والمادة التى يتفاعل معها الانزيم، فانه يحدث ارتباط بين الانزيم والمثبط ويقف التفاعل الانزيمى عند تكوين المركب المتوسط الثابت التركيب ، الذي لا ينحل الى الانزيم ونواتج التفاعل . ومثال ذلك تأثير اضافة مركبات السلفة إلى البكتيريا ..
ان تذكر الآتى :

- 8- مضادات الانزيمات Anti-enzymes
- هذه المواد موجودة في الطبيعة وهي تفسر عدم هضم ديدان الاسكارس التي توجد في الامعاء بواسطة العصارات الهاضمة . وقد ثبت احتواء مثل هذه الديدان على مضاد الببسين والتربسين ، كما أن بعض هذه المضادات امكن الحصول عليها في صورة نقية .و طبيعى أنه في وجود مضاد الانزيم يقف عمل الانزيم تماما
- تقسيم الانزيمات تقسم الانزيمات طبقا للنظام الحديث الذي اقره اتحاد الكيمياء الحيوية في السنين الاخيرة الى ست اقسام رئيسية ، ولكل قسم رقم معين يدل عليه وكل قسم يشمل تحت اقسام متعددة ، وهذه بدورها تقسم الى فروع كل منها يشمل مجموعة من أفراد الانزيمات أن



- أما الاقسام الستة الرئيسية للانزيمات فهي :
- 1 - انزيمات الاكسدة والاختزال : Oxidoreductases وهي تشمل جميع الانزيمات التي تعمل في تفاعلات الاكسدة والاختزال . ومن أمثلتها :
- أ - انزيمات تعمل على مجموعة - : CH - CH
- ب - انزيمات تعمل على اكسدة مجموعة كحولية طرفية :
- ج - انزيمات تعمل على اكسدة المجموعة الالدهيدية :

- 2- الأنزيمات الناقلة . Transferasesوهذه تشمل جميع الانزيمات التى تعمل في تفاعلاتها على نقل مجموعات من مركب لآخر، وهذه الانزيمات تقسم الى مجموعات تبعا للتركيب العام للمجموعة المنقولة مثل مجموعة تحتوى على ذرة كاربون واحدة أو مجموعة انشطار المركب وذلك عن طريق ادخال عناصر الماء) . وتقسم انزيمات التحلل تبعا للتركيب الدقيق لكل مجموعة فمثلا الانزيمات الناقلة لمجموعة تحتوى على ذرة كاربون واحدة تقسم الى تحت مجموعات مثل ناقلات مجموعة المثيل او مجموعة كاربوكسيل الح ومن امثلة الانزيمات الناقلة نذكر :

- 3-- انزيمات التحلل المائي : Hydrolasesوهذه تشمل جميع الانزيمات التي تعتمد في تعاملاتها على التحلل المائي انشطار المركب وذلك عن طريق ادخال عناصر الماء. وتقسم انزيمات التحلل الماني تبعا لنوع الأسرة التي تتحلل مائيا مثل الأصرة الكلايكوسيدية والأسرة الببتيدية ... الخ . وتقسم كل مجموعة إلى تحت مجاميع تبعا لخواص الاصرة فمثلا الانزيمات المحللة مائيا لأسرة الاستر تقسم الى تحت مجموعات مثل :امرة استر كاربوكسيلية أصرة لبول استر، آصرة فوسفوريك أحادي الاستر،امرة فوسفوريك ثنائي الاستر وهكذا ..

- ا - الانزيمات التي تؤثر على الأصرة الكلايكوسيدية :ومن امثلتها الانزيمات التي تحلل النشاء اميليز) او التي تحلل وهذه تعمل على التحلل المائى للأواصر الكلوكوسيدية.

- ب- ومن أمثلتها انزيم اللاييبز الذى يحمل الدهون الى كليسيرين وأحماض الانزيمات التي تؤثر على اصرة الاستر :
- ج- لانزيمات التى تؤثر على أصرة ببتيدية : ومن أمثلتها الانزيمات التي تؤثر على البروتينات ومركباته المتوسطة محولة الى احماض امينية

- 4- الانزيمات النازعة Lyases
- وهذه تشمل جميع الانزيمات التي تعمل عن طريق فصل أو نزع اجزاء من مركب ، مثل نزع المجموعة امين في صورة امونيا أو نزع عناصر الماء تفصل مجموعة الامين، في تحويل حامض الاسبارتيك الى حامض فيوماريك وتقسم هذه الانزيمات الى مجموعات تبعا للآصرة التي تؤثر عليها مثل امرة بين ذرتي كاربون ، أو أصرة بين ذرة كاربون واوكسجين ، أو أصرة بين ذرة كاربون ونتروجين وهكذا ... ثم تقسم الانزيمات التابعة لكل مجموعة الى تحت مجاميع تبعا لطبيعة المجموعة الكيميائية المفصولة ، فمثلا تقم الانزيمات التي تؤثر على الآصرة بين ذرتي كاربون الى انزيمات تعمل على فصل المجموعة الكاربوكسيلية أو تعمل على فصل الدهيد الخ وفيما يلى بعض الامثلة التوضيحية . ...
- ا - انزيمات تعمل على فصل ثاني اوكسيد الكاربون :
- ب- انزيمات تعمل على فصل الدهيد .
- ه - انزيمات الإيزو ميريزات : Isomerasesو هذه تشمل جميع الانزيمات التي تحول أحد مشابهات مركب ما الى المشابه الآخر . وهذه المشابهات قد تكون مشابهات ضوئية أو هندسية . الخ وهذه الانزيمات تقسم إلى تحت مجموعات مثل الانزيمات التي تؤثر على الاحماض الامينية أو المواد الكاربوهيدراتية وهكذا . ومن الأمثلة على انزيمات الايزو ميريزات تذكر.
- 6- الانزيمات الرابطة : bigases وهذه تشمل الانزيمات التي تعمل على تكوين أصرة معينة ، وهي تقسم إلى مجموعات تبعا لنوع الأصرة المتكونة ، مثل الانزيمات التي تعمل على تكوين امرة بين الكاربون والأوكسجين، أو أسرة ما بين الكاربون والكبريت أو الكاربون والنتروجين، أو الكاربون والكاربون. وتقسم كل مجموعة الى تحت مجموعات تبعا لنوع المركبات المرتبطة مع بعضها وتتصف هذه التفاعلات الامريمية بأنها تحتاج الى طاقة خارجية تمدها بها أواصر فوسفاتية ذات طاقة عالية .

والخلاصـــة انه :

في هذا التقسيم الحديث للانزيمات يعبر عن الانزيم بأربعة ارقام مثل انزيم (١ ، ١ ، ١ ، ١) أو (٤ ، ١ ، ٢ ، ١) فيدل الرقم الاول على القسم ، الرقم الثانى على تحت القسم ، الرقم الثالث على الفرع والرابع على الانزيم ..

وعلى ذلك يكون :

اولا : اقسام الانزيمـــات :

١ ـ انزيمات الاكسدة والاختزال (وهذه دائما تحمل الرقم ١)
٢ ـ الانزيمات الناقلـــة (وهذه دائما تحمـل الرقـم ٢)
٣ ـ انزيمات التحلل المـائى (وهذه دائما تحمل الرقـم ٣)
٤ ـ الانزيمات النازعـــة (وهذه دائما تحمل الرقم ٤)
٥ ـ انزيمـات الابزومـيريزات (وهذه دائما تحمل الرقم ٥)
٦ ـ الانزيمـات الرابطـــة (وهذه دائما تحمل الرقـم ٦)

ثانيا ـ امثلة لتحت الاقسـام :

القسم	تحت القسم	
١	١	تشمل انزيمات الاكسدة والاختزال التى تؤثر عـــلى مجموعـــة CHOH .
١	٢	تشمل انزيمات الاكسدة والاختزال التى تؤثر عـــلى المجموعة الدهيدية او الكيتونية .
٢	١	تشمل انزيمات ناقلة لمجموعات تحمل ذرة كاربـــون واحـــدة .
٢	٢	تشمل انزيمات ناقلة لركاز الدهيدى او كيتونى aldehyde or ketonic residue
٣	١	تشمل انزيمات التحلل المائى التى تؤثر على آصرة استر
٣	٢	تشمل انزيمات التحلل المائى التى تؤثر على آصـــرة
٤	١	تشمل انزيمات نازعة تؤثر على آصرة C-C .
٤	٢	تشمل انزيمات نازعة تؤثر على آصرة C-O .
٥	١	تشمل انزيمات الايرومييريزات التي من النوع راسميزات وابيميريزات racemases and epimerases .
٥	٢	تشمل انزيمات الايزوميريزات التي تعمل على الايزوميرات سس وترانس Cis and trans .
٦	١	تشمل الانزيمات الرابطة التى تؤثر على الآصرة C-O .
٦	٢	تشمل الانزيمات الرابطة التى تؤثر على الآصرة C-S .

ثالثا ـ امثلة للفـروع :

القسم	تحت القسم	الفرع	
١	١	١	تشمل انزيمات الاكسدة والاختزال التى تؤثر عـــلى مجموعة CHOH والتى تستخـــدم NAD او NADP كمواد حاملة للهيدروجين .
٢	١	١	تشمل الانزيمات الناقلة لمجموعات تحمل ذرة كاربون واحدة ممثلة في مجموعة مثيل .
٣	١	١	تشمل انزيمات التحلل المائى التى تؤثر على آصرة استر وتعمل على استرات كاربوكسيلية .
٤	١	١	تشمل انزيمات نازعة على آصرة C-C من النـــوع كاربوكسيليز .
٥	١	١	تشمل انزيمات الايزوميريزات Isomerases التى من النـــوع راســـيميزات Racemases وابيمريـــزات Epimerases والتي تؤثر على الاحماض الامينيـــة ومشتقاتها .
٦	١	١	تشمل الانزيمات الرابطة التى تؤثر على الآصرة C-O من النوع Amino acid - RNA ligase .

رابعا ـ امثلة للانزيمات المتخصصة (الاسماء الرباعية) :

وهذه يعبر عنها بأرقام اربعة والتى تمثل الارقام الشفرية للانزيم والتى تحدده ـ ومثال ذلك :

القسم	تحت القسم	الفرع		
١	١	١	١	يمثل الانزيم

Alcohol : NAD Oxidoreductase (alc . dehydrogenase)

٢	١	١	١	يمثل الانزيم

S - adenosylmethionine : Nicotinamide methyltrans - ferase (nicotinamide trasferase)

٣	١	١	١	يمثل الانزيم

Carboxylic-ester hydrolase (Carboxyl esterase)

٤	١	١	١	يمثل الانزيم

2- Oxoacid carboxylase (pyruvate decarboxylase)

٥	١	١	١	يمثل الانزيم

alanine racemase

٦	١	١	١	يمثل الانزيم

L - tyrosine : s RNA ligase (AMP) ; (tyrosyl - s. RNA synthetase)

وعموما فان الانزيم معبرا عنه بالاسم الرباعى ـ تتضح فيه الآتى :

الرقم الاول	الرقم الثاني	الرقم الثالث	الرقم الرابع
الرقم هنا يمثل القسم	الرقم هنا يمثل تحت القسم	الرقم هنا يمثل الفرع	الرقم هنا يحدد الانزيم

ومثال ذلك الانزيم : ١ . ١ . ٥ . ١ وهو Alanine racemase كما سبق ذكره .