٢ — Penecillium camemberti ، بنسيليوم كامبرتاى ، وهو الذى ينمو على سطح الجبن الكامبير ويستخدم فى انتاجها وإكسابها الطعم المميز .

٣ — أنواع من البنيسيليوم تستخدم فى تحضير الانزيمات البكتينية التى تستخدم فى الترويق الانزيمى لعصير الفواكه .

٤ — أنواع من البنيسيليرم تستخدم حديثا فى تحضير مستحضرات البنسلين التى تعالج بها الكثير من الأمراض .

٥ — أنواع من الأسبرجيللس تستخدم فى بعض البلاد لتحضير بعض المشروبات الكحولية . فى اليابان يستخدم العفن أسبرجيللس أوريزى Asporgillus oryzae ، لتحضير الشراب المسمى بالساكى Saki من الأرز .

٦ — بعض أنواع ميوكر تستخدم فى تحضير الكحول من الحبوب . وفى الصين يستخدم العفن Mucor rouxii فى تحضير شراب كحولى من الأرز .

الباب الثالث

الانزيمات

يمكن تعريف الانزيمات بأنها مواد عضوية مساعدة حساسة للحرارة تفرزها الخلايا الحية، ولها القدرة على احداث تأثيراتها مستقلة عن هذه الخلايا، وهى أما أن تفرز خارج الخلية Exoenzymes أو داخلها Endoenzymes ، وهى توجد فى الخلايا على حالة غروية . وقد أمكن فصل الكثير من الانزيمات على حالة بلورية والاستدلال على تركيبها الكيمائى . وجميع الانزيمات التى فصلت ثبت أنها بروتينات والكثير منها بروتينات متصلة . وهى فى الانسان ترتبط بكثير من العمليات الحيوية كالهضم والتمثيل الخ .....

والنظرية السائده هى أن الانزيمات تحدث تأثيراتها باتحادها مع المواد المؤثر عليها Substrates لتكون مركبا وسطيا غير ثابت ينحل بدوره فيعطى الناتجات النهائية وينفرد الانزيم ثانية .

التسمية والتقسيم:

تقسم الانزيمات عادة تبعا لنوع التغير الكيمائى الذى تحدثه ، وأكثر الانزيمات انتشارا هى التى تحدث الانحلال المائى والاكسدة . وعادة ينتهى اسم الانزيم بالمقطع آز ase ، أما المقطع الأول من الاسم فيعبر عن المادة المؤثر عليها فيطلق اسم الملتـــاز Maltase مثلا على الانزيم الذى يحلل سكر المالتوز ، والتيروسيناز على الانزيم الذى يحلل التيروسين . وللاسف لم يتبع نظام التسمية هذا الا بعد أن تمت تسمية بعض الانزيمات الشائعة .

نوعية الانزيم:

وعلى الرغم من أن التسمية الحديثة للانزيمات كان الغرض منها التدليل على علاقة الانزيم بالمادة المؤثر عليهـا والتى أشتق أسمه منها ، فانهـا تؤدى فى نفس الوقت إلى التعبير عن نوعية الانزيم بصفة عامة ، إذ لوحظ أن الانزيمات المحللة للدهون ليس لها تاثير على الكربوايدرات أو البروتينات وأن الانزيمات الخاصة بالاخيرة لاتؤثر على الأولى . الا أنه قد تبين أن نوعية الانزيم تعتمد فى أغلب الاحيان على نوع الرابطة الكيمائية الموجودة وليس على نوع كل مركب من المركبات . فمثلا إنزيم التربسين Trypsine يستطيع هضم أنواع متعددة من البروتين ، متباينة فى التركيب وفى حجم الجزىء ، بينما نجد أن إنزيم الإمالسين Emulsin الذى يحدث انحلالا مائيا لكثير البيتاجلوكوسيدات B-Glucosides لايحدث تأثيرا على مشابهاتها الالفاجلوكوسيدات A-Glucosides

وهناك اتجاه نحو تمييز نوعيـــة الانزيم على وجهين : نوعية مطلقة Absolute Specificity وهى التى فيها يؤثر الانزيم على نوع واحد من الرباط

الكيميائى ونوعية نسبية Relative Specificity ويقصدبها أن الانزيم رغم تأثيره التفضيلى على مادة خاصة أو رباط كيمائى خاص فانه يؤثر أيضا بنسبة أقل على مواد أخرى أو رابطات كيماوية ذات قرابه نسبية . ويظهر أن معظم الإنزيمات تتبع هـذا القسم فقـد اتجه الرأى إلى تقسيم الانزيمات المحللة لاسترات الاحماض الدهنية إلى استرازات Esterases وليبازات Lipases ، فمجموعة الاسترازات تظهر ميلا أو تفضيلا للافراد السفلى من سلسلة الاحماض الاليفاتية مع تناقص تأثيرها تدريجيا كلما اتجهت نحو الافراد العليا ، ومجموعة الليبازات تظهر تفضيلا للافراد العليا مع تناقص تاثيرها كلما اتجهت نحو الافراد السفلى .

نشاط الانزيمات

للانزيمات القدرة على إحداث تغييرات كبيرة باستخدام كميات ضئيلة جدا منها ، فهى مثلا تهضم من المواد الغذائية قدر وزنها من ٥٠٠ر٠٠٠ إلى ٤ مليون مرة ، ويضعف تأثير الانزيم كلما تجمعت نواتج الانحلال وهو ما يفسر أثرها فى حدوث التفاعلات العكسية .

هناك بعض انزيمات تفرز فى صورة غير فعالة يطلق على كل منها اسم الزيموجين Zymogen ، ولكل زيموجين مركب خاص أو أيون خاص يؤدى وجوده إلى تحول الزيموجين إلى انزيم فعال ، فمثلا البيسينوجين Pepsinogen ، وهو الصورة غير الفعالة لانزيم البيسين ، ينشط ببطء تحت تأثير أيونات الايدروجين لحمض الكلوروديك ، ولكن نشاطه يزيد بفعل انزيم البيسين نفسه وهو تنشيط ذاتى Autocatalytic وكذلك التريبسينوجين Trypsinogen ولو أنه ينشط ذاتيا بواسطة التربسين الا أن هناك سبيلا آخر لتنشيطه وذلك بتأثير انزيم الانتروكيناز Entrokinase الذى تفرزه اغشية الأمعاء .

مرافقات الانزيم Co-enzymes هناك بعض تحضيرات انزيمية يمكن فصلها بطريقة الانتشار الغشائى Dialysis إلى جزئين ، احدهما يمر خلال

الغشاء ، ومن صفاته أنه لا يتأثر بالحرارة ، والثانى لا يمر خلال الغشاء وهذا يتميز بأن الحرارة تؤثر فيه . وكل جزء منهما يكون غير فعال فى حالته المنفردة فاذامزج الإثنان استردت المادة نشاطها الانزيمى . ويطلق على الجزء القابل للانتشار إذا كان مركبا عضويا اسم مرافق الانزيم Coenzyme، ومرافقات الانزيم ذات أهمية حيوية خاصة فى عمليات التأكسد الانزيمية ، وهى تعمل « حاملات للايدروجين » وتمتاز بقدرتها على أن تختزل وتتأكسد على التوالى بالاتحاد بالايدروجين أو بفقده . وأهمها مرافقا الانزيم Co-enzyme 1, Co-enzyme 11. ، وهى تحتوى على سكر الريبوز متحداً مع الأدنين Adenine وأميد حمض النيكوتينيك « الفيتامين المانع للبلاجرا ».

وهناك علاوة على المرافقات السابق ذكرها عدد آخر من المرافقات مثل الجلوتاثيون ونوكليوتيدات الفلافين التى تحتوى على الريبوفلافين متحدا مع البروتين وحمض الفوسفوريك، وهى تسمى أحيانا بالانزيمات الصفراء . وكذلك يعمل حمض الاسكوربيك مع الجلوتاثيون مرافقا للانزيم.

الحرارة ونشاط الانزيمات : فى حدود معينة تزيد سرعة التأثير الانزيمى كثيرا بزيادة الحرارة حتى تصل إلى الدرجة المثلى ، وبعد ذلك تقل سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة حتى تصل إلى درجة الحرارة التى يقف عندها نشاطه تماما إذ يصبح الانزيم غير فعال . وتتأثر درجة الحرارة المثلى بعوامل مختلفة مثل درجة تركيز الانزيم والمادة المؤثر عليها ومثل درجة التركيز الايدروجينى بوجه خاص، ولذلك كان لابد عند ايجاد درجة الحرارة المثلى لأى انزيم من تحديد رقم $_pH$ ودرجة تركيز الانزيم والمادة المؤثر عليها . وتقع الدرجة المثلى لمعظم الانزيمات عادة بين ٤٠° و ٥٠° م ، ولو أن عددا منها تقع درجة حرارته المثلى قريبة من ٦٠° م . وأنسب درجة حرارة لنشاط انزيمات الهضم والتمثيل فى الانسان هى درجة حرارة الجسم .

ويضعف نشاط الانزيمات عادة فوق درجة ٥٠م حتى يقف نهائيا بالنسبة لمعظم الانزيمات فى المحاليل عند قيمة pH المثلى وفى غياب المادة المؤثر عليها تكون درجة حرارة تثبيطها إذا ماسخنت لمدة ٥ دقائق هى بين ٧٠° - ٨٠ م، وكلما زادت درجة الحرارة كلما زادت سرعة الاتلاف للانزيم. والانزيمات فى حالتها الجافة أكثر مقاومة للحرارة منها فى المحاليل. وقد وجد أن البعض منها أمكنه، وهو فى الحالة الجافة، تحمل درجة حرارة بين ١٠٠° و ١٢٠° م لمدد طويلة. ودرجات الحرارة المنخفضة تحد من نشاط الانزيم، إلا أن وقوف نشاط الانزيمات تماما يستلزم خفض درجة الحرارة إلى حد كبير. وهناك بعض الانزيمات مثل تلك التى توجد فى الخضر يمكنها أن تحدث تغيرات غير مرغوبة فى الرائحة والنكهة عند تجميد هذه الخضر، ولذلك يجرى سلق هذه الخضر قبل تجميدها.

مجال الحموضة: يتحدد نشاط الانزيمات بمجال حموضة خاص. وتقرب درجة الحموضة المثلى لها من نقطة التعادل، وانزيم الببسين يكاد يكون الانزيم الوحيد الذى يشذ عن هذه القاعدة العامة فهو أكثر نشاطا فى البيئة الحمضية «بين pH ١,٥ و pH ٢,٥ تقريبا».

جدول - ١٥ - أرقام pH المثلى لبعض الانزيمات الهامة:

نوع الانزيم	رقم pH	نوع الانزيم	رقم pH
الببسين (المعدة)	١,٥ - ٢,٥	بابين	٥ - ٧,٢
انفرتاز Asp. Niger	٢,٥ - ٣,٥	فوسفاتاز «البذور»	٦,٥
الببسن (المولت)	٣,٧ - ٤,٢	ملتاز «الخميرة»	٦,٦
بيروكسيداز (الجذور)	٥	اميلاز «اللعاب والبنكرياس»	٦ - ٧
انيولاز	٣,٨	االيلاز «امعاء الثدييات»	٧
دكستونياز	٤	بروتياز (البكتريا)	٦ - ٧,٢

تابع جدول — ١٥ —

نـــوع الانزيم	رقم pH	نـــوع الانزيم	رقم pH
ببسين (الخميرة)	٤ - ٤,٥	فوسفاتاز (البذور)	٦,٥
انفرتاز (البطاطس)	٤ - ٥	تيروسيناز (البطاطس)	٦,٥ - ٨
بكتاز (الفواكه)	٤,٣	انزيمات بروتيليتية (الخميرة)	٦,٧ - ٨,٥
جلوكوسيداز	٤,١ - ٤,٤	كاتلاز (الكبد)	٦,٣ - ٩,٥
انفرتاز (الخميرة)	٤,٦ - ٥	كاتلاز (الخضر)	٧
زيماز (الخميرة)	٤,٥ - ٦,٥	بكتاز (الفاكهة)	٧
كربوكسيلاز (الخميرة)	٤,٨	لكتاز (الخميرة)	٧
لياز (بذرة الخروع)	٤,٧ - ٥	يورياز (فول الصويا)	٧,٢ - ٧,٩
لياز (معدة الانسان)	٦	أكسيدازات وبيروكسيدازات	٧ - ١٠
بروتياز Asp. Orizza	٥,٩	لياز (البكتريا)	٧,٢ - ٩
فيتاز (النبات)	٥,٤ - ٥,٥	لياز (الكبد)	٨,٣
انزيمات بروتيلية (المولت)	٥,٨	تربسين (البنكرياس)	٨ - ١٠
فوسفاتاز (اسبرجيلس)	٥,٥	ديهيدروجيناز اللكتيك	٩
فوسفاتاز (المولت)	٥,٦	ديهيدورجيناز السكنيك	٩
ملتاز (أمعاء الانسان)	٦,١	فوسفاتاز (انسجة الدرنيات)	٩ - ٩,٢
بروتياز (البكتريا)	٦ - ٧,٢		

وللانزيمات المقدرة على احداث تغييرات كبيرة حتى مع استعمال كميات ضئيلة منها ، فهى تهضم من المواد الغذائية قدر وزنها من ٥٠٠,٠٠٠ إلى ٤ مليون مرة . ويضعف تأثير الانزيم كلما تجمعت نواتج الانحلال وهو ما يفسر حدوث التفاعلات العكسية بتأثير الانزيمات . وتنقسم الانزيمات بصفة عامة إلى مجموعتين كبيرتين هما :

١ ــ الانزيمات الايدروليتية (المحللة مائيا) : تدخل معظم انزيمات الهضم والانزيمات المحللة المواد الغذائية تحت هـــذه المجموعة وتشمل الانزيمات الايدروليتية المجموعات الانزيمية الآتية :

١ ــ الكربوايدرازات Carbohydrases ، وتشمل الانزيمات التى تؤثر على المركبات الكربوايدرانية فى كافة الكائنات الحية ، ومن أمثلتها A. glucosidase .

١ ــ المتالتاز Maltase : يوجـــد فى الأمعاء الدقيقة وفى الخميرة والعفن وفى المولت ، وهو يوجد فى عادة فى انزيم الاميلاز ، وهو يحول الالفاجلوكوسيدات أوالملتوز إلى جلوكوز .

٢ ــ البيتاجلوكوسيداز B. glucosidase : يوجـد فى العائلة الوردية ويحتوى الكثير من البذور على هذا الانزيم ، وهو يوجد بكثره فى اللوز كما أنه يوجدفى الخميرة وفى الفطر والبكتريا ، وهو يؤثر على B. glucosi des فينفصل منها الجلوكوز .

٣ ــ اللكتاز Lactase : يؤثر على السكر اللكتوز ويعطى الجلاكتوز والجلوكوز ويوجد فى الكبد والطحال وكذلك يوجد فى اللوز والخميرة .

٤ ــ السكروز Saccharase : يوجـد فى النباتات وفى الاحياء الدقيقة وعلى الأخص فى الخميرة وفى العصير المعوى ، وهو يحلل السكروز تحليلا مائيا إلى جلوكوز وفركتوز .

٥ ــ انزيمات الاميلاز أو الدايستاز Amylases : توجـــد فى جميع النباتات تقريبا وفى الحيوانات والاحياء الدقيقة ، وتوجد على الاخص فى البذور النشوية خصوصا بعد الانبات ، كما توجد بكمية وفيرة فى الفطريات

وتوجد أيضا فى اللعاب .وفى البنكرياس فى الحيوانات الراقية وفى النباتات يحول الاميلاز النشا المخزون إلى حالة يمكن انتقالها وتمثيلها وهى الملتوز ، والحيوانات تستخدم الاميلاز فى عملية الهضم .

٦ — سيليولاز cellulase : تفرزه أنواع من البكتريا والعفن ويمكن لبعض أنواع البكتريا المحبة للحرارة إفرازه .

٧ — انيولاز Inulase : انزيم يحلل الانيولين وبعض عديدة السكريات ، تفرزه بعض الفطريات مثل P. glaucum, Aspergillus niger.

٨ — البروتوبكتاز : هو الانزيم الذى يحدث التعفن فى الكتان ويؤدى إلى انحلال البروتوبكتين إلى البكتين القابل للذوبان ، ويفرزه كثير من الفطريات والبكتريا ، وهو يوجد فى الخضر والفواكه وهو العامل الأول فى عملية التليين « الليونة » Softening التى تحدث للفاكهة أثناء النضج .

٩ — البكتناز : يفرزه الكثير من العفن والبكتريا ، وهو يؤثر على البكتين القابل للذوبان وعلى بكتات الكالسيوم وعلى حمض البكتيك . ويكون من أثر ذلك نواتج انحلال منها حمض الجلاكتيورونيك galacturonic acid ومواد أخرى . وهو يستعمل صناعيا فى ترويق عصير الفاكهة ، ويحضر صناعيا من العفن ، وهو يوجد كأحد الانزيمات البكتينية فى الفواكه .

٢ — الاسترازات Esterases : يشمل الانزيمات التى تؤثر على المركبات العضوية المسماة بالاسترات والتى تتكون فى الاصل من اتحاد كحول مع حمض عضوى وهى تشمل الدهون .وعند انحلال الاسترات انحلالا مائيا ينفرد الكحول والحمض العضوى ، وتشمل هذه المجموعة بعض

انزيمات الهضم كما تشمل بعض الانزيمات التى توجد فى العضلات والدم . وهى انزيمات تعمل على حدوث التفاعل العكسى الآتى :

قَ . ا . اك ق + بدم ⟵⟶ قَ اند + ق ك ا اند .
استر ماء كحول حمض

ومن أمثلتها :

١ — استاراز الكبد واستاراز العضلات : يوجد فى جسم الإنسان . وفى أنسجة بعض الحيوانات .

٢ — كلوروفيللاز: يوجد فى الأنسجة النباتية التى تحتوى على الكلوروفيل .

٣ — ليباز المعدة : لهضم الدهون ، وكذلك ليباز البنكرياس .

وليباز فى النبات : كما فى بذرة الخروع .

٤ — البكتاز : ويحدث تأثيره على البكتين كالآتى :

البكتين + ماء = حمض بكتيك + كحول ميثايل .

٥ — فوسفاتاز : يوجد فى جميع الخلايا الحية تقريبا خصوصا فى العظام وكريات الدم الحمراء والبيضاء وبلازما الدم والكبد والكلى والخلايا المبطنة للامعاء ، ويوجد كذلك فى البول وردة الأرز ، كما يفرزه الفطر والخميرة .

٦ — التاناز : يؤثر على التانينات ويوجد فى كثير من أنواع الفطر مثل Asper. niger ، P. Glaucum وفى الثمار . وهو يحلل الاسترات تحليلا مائيا .

٣ — الاميدازات Amidases : تشمل الانزيمات التى تتولى انحلال الأحماض الأمينية واليوريا .

ومن أمثلتها :

١ — الأرجيناز Arginase : هو انزيم يفرزه الجسم من الحيوانات الثديية ، وهو يوجد أيضا فى الكلى والحالب Sploen ، أما فى النبات فهو يوجد فى بعض البذور ، وهو يحلل الحمض الأمينى أرجنين إلى أورنثين ويوريا Ornithine .

٢ — الاسبارجيناز Asparginase : يوجد فى البكتريا والخميرة والعفن كما يوجد فى الشعير وغيرها من الحبوب وكذلك يوجد فى الأمعاء والكبد . وهو يؤثر على الاسبارجين ويكون حمض اسبارتيك وأمونيا .

٣ — اسبارتاز Aspartase : يوجد منتشرا فى النباتات وفى بعض أنواع البكتريا والخائر ، وهو يحول حمض الاسبارتيك إلى أمونيا وحمض فيوماريك Fumaric .

٤ — يورياز Urease : يوجد فى أنواع كثيرة من البكتريا والعفن وفى كثير من النباتات الراقية وخصوصا الفاصوليا وفول الصويا ، وكذلك يوجد فى الانسان وفى بعض الحيوانات . وهو يؤثر على اليوريا ويكون كربونات أمونيوم Amm. carbonate ، وهذه قد تتحول بدورها إلى أملاح أمونيوم وحمض كربونيك . ويلعب الانزيم الذى يفرزه البكتريا دورا هاما فى دورة الازوت.

٥ — أدينياز Adinase : يؤثر على ادنين.

٦ — جوانياز Ouanase : يؤثر على جوانين .

وهذان الأخيران يوجدان فى الكبد ويعطيان أمونيا وزانثين وهيبوزانثين .

٤ — الانزيمات البروتيوليتية Protiolytic Enzymes : فى الانزيمات التى تلعب الدور الرئيسى فى هضم بروتين الغذاء وهى تؤدى إلى انحلال البروتينات كما يؤثر على نواتج انحلالها الوسطية مثل البروتيوزات والبيتونات وعديدة الببتيدات ، وتشتمل الانزيمات البروتيوليتية على مجموعات مميزة من الانزيمات مثل .

١ — الببتيدازات Peptidases : تؤثر على الببتيدات المختلفة . وتشمل هـــذه المجموعة انزيمات خاصة يقوم كل منها بنصيبه فى تجزئة الببتيدات المختلفة من كربوكس ببتيدية أو أمينو ببتيدية أو ثنائية الببتيدات أو عديدة الببتيدات وتنتهى بها الأحماض الأمينية .

٢ — البروتينـازات Proteinases : تشمل هذه المجموعة الانزيمات التى تؤثر على البروتينات وتحولها إلى مركبات بروتينية أبسط تركيبا مثل عديدة الببتيدات ومن أمثلتها :

ا — الببسين ، وهو يوجد بصفة عامة فى العصير المعوى للحيوانات الثديية والطيور والزواحف والسمك وهو يؤثر على البروتين ، وتتكون نواتج انحلاله أساسيا من بروتيوزات وببتونات وكميات قليلة من الأحماض الأمينية .

ب — الرنين Rennin ، هو الانزيم الذى يجبه اللبن ، وهو يوجد فى المعدة الرابعة للعجول الصغيرة ، ويؤثر الرنين على كيزين اللبن ويحوله إلى باراكيزين Paracasein ، وعند تجبن اللبن يتحول الباراكيزين فى وجود أيونات الكالسيوم إلى خثرة من باراكيزينات الكالسيوم .

حـ — التربسين Trypsin ، وهو يوجد فى العصير البنكرياسى بعد دخوله إلى الامعـــاء الدقيقة ، ويؤدى انزيم الانتروكيناز الذى تفرزه

الامعاء إلى تنشيط التربسين ، وهو يساعد على انحـــلال رابطة الببتيد في البروتين وعلى الأخص البروتينات المنحلة جزئيا ، وينتج عن ذلك مركبات عديدة الببتيد وأحماض أمينية .

و ــ كيموتربسين Chymotrypsin ، وهو يوجـــد فى البنكرياس والعصير البنكرياسى ، وفى الامعاء الدقيقة بعد أن يمتزج عصير البنكرياس بانزيم الانتروكيناز Entrokinase الذى ينشط التربسين ، وهذا يؤثر بدوره على الكيموتربسينوجين Chymotrypsinogen ، وهذا الانزيم يساعد على الانحلال المائى لعدد من البروتينات ولنواتج هضمها بالببسين وذلك بمساعدة الببسين ويعطى عديدة الببتيدات وأحماض أمينية .

هـ ــ البابايين Papein ، ويوجد هذا الانزيم فى العصير اللبنى للباباز ، كما توجد انزيمات مماثلة له فى الـSap ، العصير الحلوى ، لشجرة التين وفى الأناناس والقمح وبعض أنواع الفاصوليا . ويحل معظم البروتينات والكثير من البروتيوزات والببتونات انحلالا مائيا ويعطى مركبات عديدة الببتيدات .

وهناك انزيمات أخرى نباتية مثل الفيسين وهو يوجد فى العصير اللبنى فى شجرة التين ، ومثل البروميلين وهو يوجد فى الأناناس ، وهناك انزيمات مماثلة له فى حبوب القمح المنبتة وفى فاصوليا الليما .

٣ ــ انزيمات تنفسية Respiratory : وهى تشمل الانزيمات المؤكسدة Oxidising Enzymes ، وهذه الانزيمات ذات أهمية خاصة من الناحية الحيوية لعلاقتها بالتنفس الهوائى أو غير الهوائى للكائنات الحية ، فالتأكسد إما أن يستلزم الحصول على الاكسجين الخارجى ويناظره فى الجسم عملية التنفس أو قد يحدث التأكسد دون حاجة إلى الاكسجين الخارجى كما يحدث فى الأحياء الدقيقة وهو ما نعبر عنه عادة بالتخمر . وتتم عمليات التأكسد بطرق مختلفة فتحدث عن الاتحـــاد بالاكسجين أو عن سلب

الايدروجين أو عن فقد اليكترونات، وتشمل الانزيمات المؤكسدة المجموعات الانزيمية الرئيسية الآتية إلى جانب أنواع أخرى من الانزيمات .

١ ـ اكسيدازات Oxidases ، وهذه الانزيمات تؤدى إلى تأكسد المواد بواسطة اكسجين الجو ، وتنقسم الاكسيدازات عادة إلى :

ا ـ اكسيدازات حديدية وهى التى تحتوى على الحديد الذى تعتمد عليه فى خواصها ، وتشمل هذه المجموعة .

الكاتلاز Catalase ـ وهو يوجد فى الكبد وفى كافة الكائنات الحية وفى الاحياء الدقيقة فيما عدا بعض أنواع منها . وعلى الرغم من أن هذا الانزيم ليس انزيما مؤكسدا إلا أنه يوضع تحت مجموعة الانزيمات المؤكسدة لأنه يشابهها فى الناحية الكيمائية ولأن تأثيره يرتبط عن قرب بعملية التأكسد الفسيولوجية . والتأثير الوحيد لهذا الانزيم هو تحليل بد٢ ا٢ لتكوين الماء والاكسجين الغازى

$$٢\ بد_{٢}\ ا_{٢} = ٢\ بد_{٢}\ ا + ا_{٢}$$

ويعتبر هذا الانزيم من أقوى الانزيمات المعروفة تأثيرا ، فالجزىء الواحد منه يستطيع أن يحلل ٥ مليون جزىء من بد٢ ا٢ فى دقيقة واحدة فى درجة الصفر المئوى .

البيروكسيداز Peroxidase ـ وهو يكاد يوجد فى جميع خلايا النبات ، وأعلى درجة تركيزله وجدت فى العصير الحلوى لشجرة التين . وهناك شك فيما يتصل بوجود هذا الانزيم وتوزعه فى أنسجة الحيوان وذلك لاحتواء هذه الانسجة على مواد تستجيب لاختبار البيروكسيداز وعلى الأخص الهموجلوبين والسيتوكروم ، ويوجد البيروكسيداز فى اللبن ، وهو يساعد على تأكسد عدد كبير من الفينولات والامينات العطرية وذلك فى وجود

فوق اكسيد الايدروجين ، فهو يؤثر على البيروجاللول Pyrogallol والجواياكول Guaiacol والكاتيكول Cateckol والايدروكونيون Hydroquinone وغيرها . وتختلف نواتج تأثيره تبعا للمادة المؤثر عليها . وهذا الانزيم أقل حساسية للحرارة العالية من كثير من الانزيمات ويثبط نشاطه حمض الايدروسيانيك وكبريتور الايدروجين واكسيد النتريك وكذلك الثيوريا Thiourea ، وتستخدم هذه الأخيرة صناعيا فى منع تلون الخضر والفاكهة بالتأكسد .

الفيردوبيروكسيداز - وهو يوجد فى الكريات البيضاء leucocytes بتركيز ١٪ ، كما تشمل مادة سيتوكروم C وهى تعمل كرافق انزيم .

اكسيداز السيتوكروم - وهو يوجد فى كافة صور الحياة . وهناك أدلة كثيرة على احتواء هذا الانزيم على الحديد ، ويعتقد أنه يساعد على تأكسد الفينولات والامينات الخ ... بطريقة غير مباشرة ، وذلك بأكسدة سيتوكروم C المختزل ، وهذا يؤكسد بدوره الفينولات أو الامينات كما هو واضح من المعادلة .

سيتوكروم C مختزل + بد + $\frac{1}{2}$ ا$_2$ = سيتوكروم C مؤكسد + بد ا$_2$

سيتوكروم C مؤكسد + بد = سيتوكروم C مختزل + بد +

ويحتاج هذا الانزيم إلى الاكسجين الغازى لكى يحدث تأثيره ، وهو لا يكون بد ا$_2$ ، وهو يلعب دورا كبيرا فى معظم عمليات التأكسد البيولوجية الهوائية .

ب - اكسيدازات نحاسية ، وهى تشمل الكثير من الانزيمات المؤكسدة النباتية مثل التيروسناز Tyrosinase وهو يوجد فى النباتات وفى العفن ، وتعتبر البطاطس وأبصال الداليا وردة القمح غنية بهذا الانزيم . وهو يؤثر

على الفينول والكاتيكول والتيروسين ، ويحتاج فى تأثيره إلى الاكسجين العازى ، وهو لا يكون بد ٢ ا ٢ ، وهو يؤكسد التيروسين إلى هالوكروم Hallochrome وهى صبغة حمراء تتأكسد ذاتيا بدورها لتكون الصبغة السوداء غير القابلة للذوبان المسماة بالميلانين Melanin. وتشتمل الاكسيدازات النحاسية كذلك على اللكاز Laccase وهو يوجد فى اللاتيكس Latex لشجرة اللاك Lac وكذلك فى عدد من النباتات والفطريات وفى البطاطس وبنجر السكر والتفاح والكرنب، وهو يؤكسد الفينولات إلى أرثوو باراكيتونات ، ويحتاج إلى الاكسجين فى تأثيره . وكذلك تشتمل الاكسيدازات النحاسية على انزيم الارثوفينولاز ، وهو انزيم يوجد فى البطاطا ، وهو يؤكسد الارثوفينولات كما يؤكسد الكاوتيكول وكريسول O—cresol .

حـ — اكسيداز حمض الاسكوربيك - ويوجد فى عدة أصناف من القرع Squach وفى الخيار والموز والخس والفاصوليا والسبانخ . وهو يؤكسد حمض الاسكوربيك 1—acorbic acid وذلك فى وجود الاكسجين ، فيتحد بمجموعتين من الايدروكسيل ويكون Dehydroascorbic acid، وفى هذا التفاعل لا يتكون بد ٢ ا ٢ ، ويمكن اختزال ديهيدروحمض الاسكوربيك ثانية بكبريتور الايدروجين .

٢ — انزيمات مزيلة للايدروجين «ديهدروجينيزات Dehydrogenases ».

وتؤثر هذه الانزيمات على مركبات خاصة وتزيل الايدروجين وبذلك تؤدى إلى تأكسدها . ويمكن لبعض هذه الانزيمات نقل الايدروجين مباشرة الى اكسجين غازى وتعتبر غير هوائية ، وبعضها الآخر يعمل على نقل الايدروجين إلى صبغة الميثلين الزرقاء أو إلى مستقبل للايدروجين Acceptor وهذه المجموعة من الانزيمات يكون تأثيرها مطردا بحيث تحدث سلسلة من التفاعلات تؤدى إلى تكون الماء فى النهاية .

ويمكن تقسيم هذه المجموعات إلى الاقسام الثلاثة الآتية :

١ ـ انزيمات يحتاج نشاطها إلى Co—ensyme 2, Co—enzyme 1

٢ ـ انزيمات تحمل اليكترونات إلى السيتوكروم

٣ ـ الانزيمات الصفراء

ومن أمثـــلة القسم الأول ـ ديهدروجيناز الكحول Alchohol Dehydrogenase ، وهو يوجد فى الخميرة والبكتريا . ويحتمل وجود انزيم مماثل له فى النباتات الراقية ، كما أن هناك مماثلا له فى الحيوانات. وهناك Malic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض الماليك وينتج حمض اوكسالخيك، و Lactic dehydrogenase وهو يؤثر على حمض اللاكتيك وينتج حمض بيروفيك و Succinic dohydrogenase وهو يؤثر على حمض السكسفيك ويكون حمض الفيوماريك Fumaric ، يوجد هذا الانزيم فى النبات والحيوانات والاحياء الدقيقة ويحدث عملية التأكسد بشرط وجود مستقبل للايدروجين ويدخل فى نظام تفاعله وجود سيتوكروم Cytochrome C ، C الذى يعمل فى صورته المؤكسدة والمختزلة، ومن المحتمل أن له اتصالا بعملية التنفس فى الخلايا الحيوانية والنباتية .

٣ ـــ فسفوريلازات Phosphorylases ، وتشبه هـــذه المجموعة من الانزيمات فى تفاعلها الانزيمات الايدروليتية فى أنها بدلا من أن تساعد على تفاعل المادة مع الماء تؤدى إلى تفاعل المادة مع مركب فوسفاتى ، ويطلق على هذه العملية أحيانا Phosphorolysis . ومن أهم انزيمات هذه المجموعة فوسفوريلاز الألفا جلوكوسان وهـــو منتشر فى الحيوانات والنباتات والاحياء الدقيقة ، ويعمل الفوسفوريلاز الحيوانى على تكوين النشا فى الحيوان كما يعمل على انحلاله .

٤ ـــ انزيمات مزيلة للكربوكسيل Dicarboxylases ، ديكربوكسيلازات،

وتشمل هذه المجموعة انهيدراز الكربونيك Carbonic anhydrase ، وهو انزيم تنفسى هام يساعد على تكوين وتحليل حمض الكربونيك .

$$ك ا_{٢} + بد_{٢} ا \rightleftharpoons بد_{٢} ك ا_{٣}$$

وهو منتشر فى جسم الحيوان ، إلا أنه يوجد بكثرة فى كريات الدم الحمراء وهو بروتين محتو على الزنك .

٥ ــ امينازات ناقلة Transaminases ، وهى انزيمات تساعد على انتقال مجموعة الأمينو من بعض الأحماض الأمينية إلى الاحماض الالفاكيتونية . ويسود هذا التفاعل بين الاحماض الثنائية الكربوكسيل وتتكون نتيجته ك ا_{٢} بد_{٢} ا احماض كيتونية وأحماض أمينية .

الباب الرابع

الأحياء الدقيقة

وما تحدثه من تغييرات

تحدث الأحياء الدقيقة بنموها وتكاثرها فى المواد الغذائية عدة تغييرات فى تركيبها الكيمائى . وهى فى نموها وتكاثرها تحلل الكثير من المواد العضوية بتأثير ما تفرزه من انزيمات متنوعة ، وهى تحلل هذه المركبات بغرض الحصول على الطاقة والغذاء اللازمين لبقائها ونموها . ولا شك أن الجزء الأكبر مما تحلله من هذه المركبات هو لسد حاجتها من الطاقة . وتحتوى المواد الغذائية نباتية كانت أو حيوانية على الكربوايدرات والبروتينات والدهون والمواد المعدنية والفيتامينات . والأحياء الدقيقة فى ميلها إلى المركبات العضوية الثلاثة الأولى تفضل الكربويدرات