اللايكيز (Ligase) :

وهي مجموعة من الأنزيمات تعمل على تحفيز انشاء روابط جديدة بين مركبين مختلفين، او متشابهين، ويتطلب قيام هذه الانزيمات بدورها على الطاقة المختزلة في جزيئة الـ (ATP) أي ان هذا النوع من التفاعلات يرافقها تحطم رابطة البايروفوسفات في جزيئة.(ATP)

بموجب هذا النظام يعطى لكل أنزيم اسم خاص مؤلف من اسم المادة الأساس (الهدف)، ونوع التفاعل مع اضافة المقطع (أز (ase = الى نهاية الاسم. وقد قسمت التفاعلات الكيميائية بموجب هذا النظام الى ستة أصناف رئيسية (Classes) وكما هو موضح في أعلاه، يحتوي كل صنف رئيسي على عدد من الأصناف الفرعية (Subclasses) تتكون بدورها من عدد من الفروع الثانوية Sub sub) classes).كما يلحق بهذا النظام طريقة لترقيم الانزيمات تعطي لكل انزيم رقما خاصا به، فعلى سبيل المثال الأنزيم(Ec 1.2.1.7) ، ان الرمز المؤلف من أربعة أرقام، يدل الرقم الأول على الصنف الرئيسي لهذا الانزيم، اي ان هذا الانزيم هو من صنف الانزيمات المؤكسدة والمختزلة، بينما يدل الرقم الثاني على الصنف الفرعي، ويدل الرقم الثالث على الفرع الثانوي، اي ان التقسيمات الفرعية تصف طبيعة مرافق الأنزيم ان وجد او نوع المتشكل(Isomere) ، او نوع الرابطة المراد تحليلها، في حين يكون الرقم الرابع خاصا بالانزيم ويمثل تسلسل الأنزيم في المجموعة فرع الفرعية، اما الحرفان (E.C) فهما الحرفان الأولان من كلمتي (Commission Enzme) وهي اللجنة الخاصة في الأنزيمات، وتشترك جميع أرقام الانزيمات في هذين الحرفين، ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي:

مثال (1) : أنزيم 1.1.11 (الكحول NAD أوكسيدو ريداكتيز.(

الاسم الشائع لهذا الانزيم هو : الكحول – ديهايدروجينيز، يدل الرقم (1) الأول على نوع التفاعل، وهو حسب تصنيف الانزيمات من نوع الاوكسيدو ريداكتيز، الرقم (1) الثاني، يدل على ان الانزيم يعمل على المجموعة المالحة(−CH−OH) ، الرقم (1) الثالث يدل على قيام+NAD، او +NADP بدور المستقبل وهي مرافقات انزيمية، أما الرقم (1) الرابع فإنه يدلل على تسلسل الانزيم الذي يتضمن اتحاد الكحول بجزيئة +NAD وكما يلي:

$$\text{Alcohol} + \text{NDA}^{+} \rightarrow \text{Aldehyde or ketone} + \text{NADH}$$

مثال (2) : أنزيم 4.3.1.1 (بيتا – D – كلوكوز، اوكسجين أوكسيدو رايدكتيز(

يمثل الرقم (1) الأول نوع التفاعل وهو كما في المثال (1) الرقم (1) الثاني، يدل على نوع المجموعة المانحة، وكما في المثال الأول.

الرقم (3) فإنه يدل على قيام الاوكسجين بدور المستقبل.

الرقم (4) يدل على نوع المادة الأساس (الهدف) وكما هو موضح في التالي:

$$\beta - D \text{ glucose} + O_2 \rightarrow D - \text{gluconolactone} + H_2O_2$$

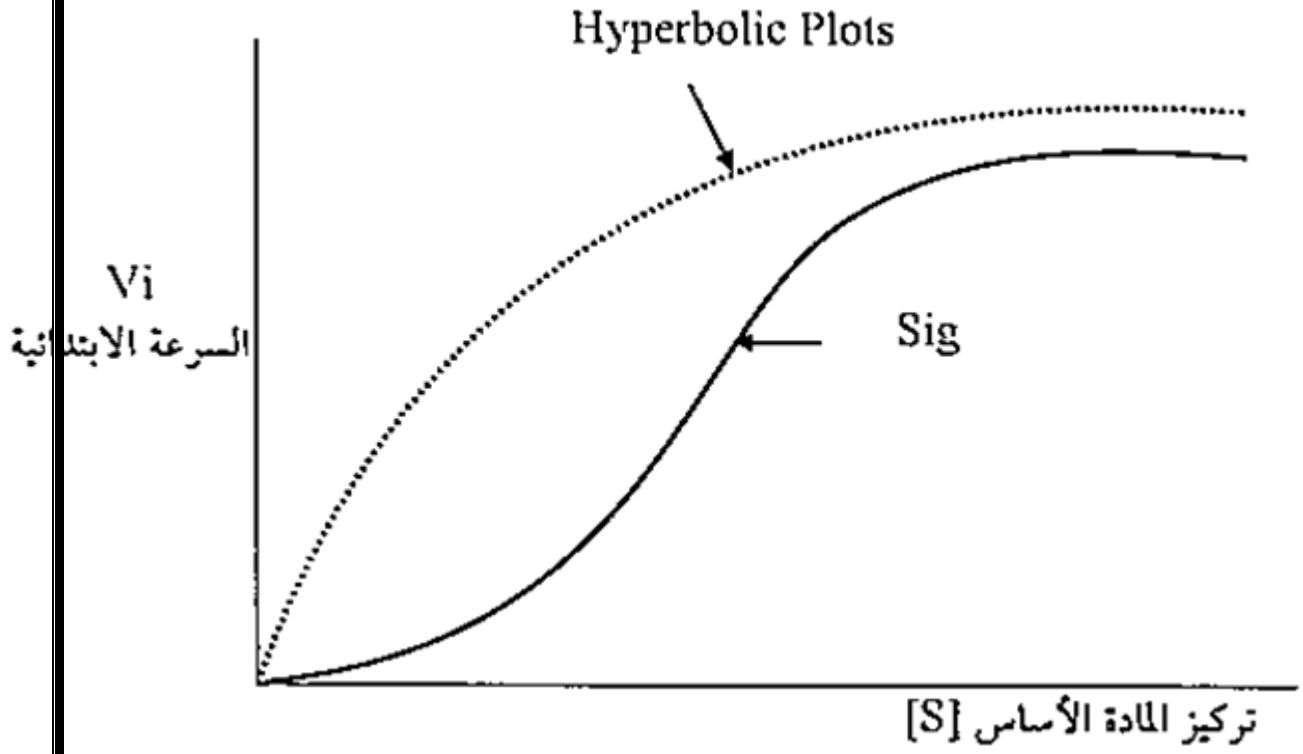
وعلى الرغم من ملائمة هذا النظام لكل العمليات الحيوية فإنه ما يزال قليل الاستعمال، بسبب سهولة استخدام الأسماء الشائعة للأنزيمات.

: لأنزيمات المنظمة – الأنزيمات الألوستيرية

(Regylatory Enzymes – Allosteric Enzymes)

لاحظنا ان معظم الأنزيمات تحتوي على أكثر من وحدة بروتينية في جزيئة، الا ان هنالك مجموعة من الانزيمات تحتوي على أكثر من وحدة بروتينية في جزيئة ولكل وحدة من هذه الوحدات البروتينية موقع فعال، لذلك يمكن لعدد من جزيئات المادة الاساس (الهدف) مساو لعدد المواقع الفعالة ان ترتبط في الوقت نفسه على سطح جزيئة الانزيم ويؤدي هذا الارتباط بين جزيئات المادة الاساس (الهدف) واحدى وحدات الأنزيم الى تغييرات تركيبية في البناء الهيكلي لبقية الوحدات في الجزيئة الأنزيمية (Conformational Changes)فتتغير بذلك قدرة الأنزيم على الارتباط مع المادة الأساس.

وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الارتباط التعاوني (Cooperative binding) بسبب ان ارتباط المادة الاساس مع احدى الوحدات في تركيب الانزيم يؤثر على الوحدات الاخرى. ان هذا التأثير يمكن ان يكون ايجابيا اذا ازدادت قدرة الوحدات الاخرى على الارتباط مع المادة الاساس (الهدف)، وقد يكون التأثير سلبياً اذا قلت قدرة هذه الوحدات في الارتباط بالمادة الأساس. ان العلاقة بين سرعة تفاعل الأنزيم وتركيز الهدف في هذه الانزيمات تختلف مما هو في الانزيمات العادية التي تتبع نموذج ميكلس – منتن، وكما هو موضح في الشكل التالي :



العلاقة بين سرعة التفاعل وتركيز المادة الاساس

(الخط المنقط يمثل الانزيمات العادية، والخط المتصل يمثل الانزيمات الأولستيرية)

تحتوي كل وحدة من وحدات الانزيمات الأولستيرية (الانزيمات المنظمة) على موقع آخر غير الموقع الفعال المخصص للارتباط بالمادة الاساس، ولذلك فهي تسمى بالأنزيمات ذات الموقع الآخر. ان هذه المواقع مهيئة للاتحاد مع المركبات الكيميائية بروابط ضعيفة غير تساهمية، يؤدي هذا الارتباط بتلك المركبات الكيميائية الى تغيير نشاط الانزيم سلبيا او ايجابياً، لذلك فإن هذه المركبات الكيميائية تسمى بالمعدلات (Modifiers)، فتسمى المعدلات التي تزيد من نشاط الانزيم بالمنشطات (Activators)، وتلك التي تؤدي الى اضعاف نشاط الانزيم بالمنشطات (Inhibitors).

ان بعض المعدلات الانزيمية لها علاقة بالمسار الايضي الذي يساهم فيه الانزيم الأولستيري، وهي بتلك اي المعدلات تحمل اشارة لتنظيم فعالية الأنزيم، مما يؤدي بالتالي الى تنظيم المسار الايضي، فقد يكون

الناتج النهائي للمسار الأيضي مثلاً مثبطاً لفاعلية الأنزيم الأول في ذلك المسار فيحدث بذلك التثبيط بالتغذية الراجعة (Negative Feedback inhibition).

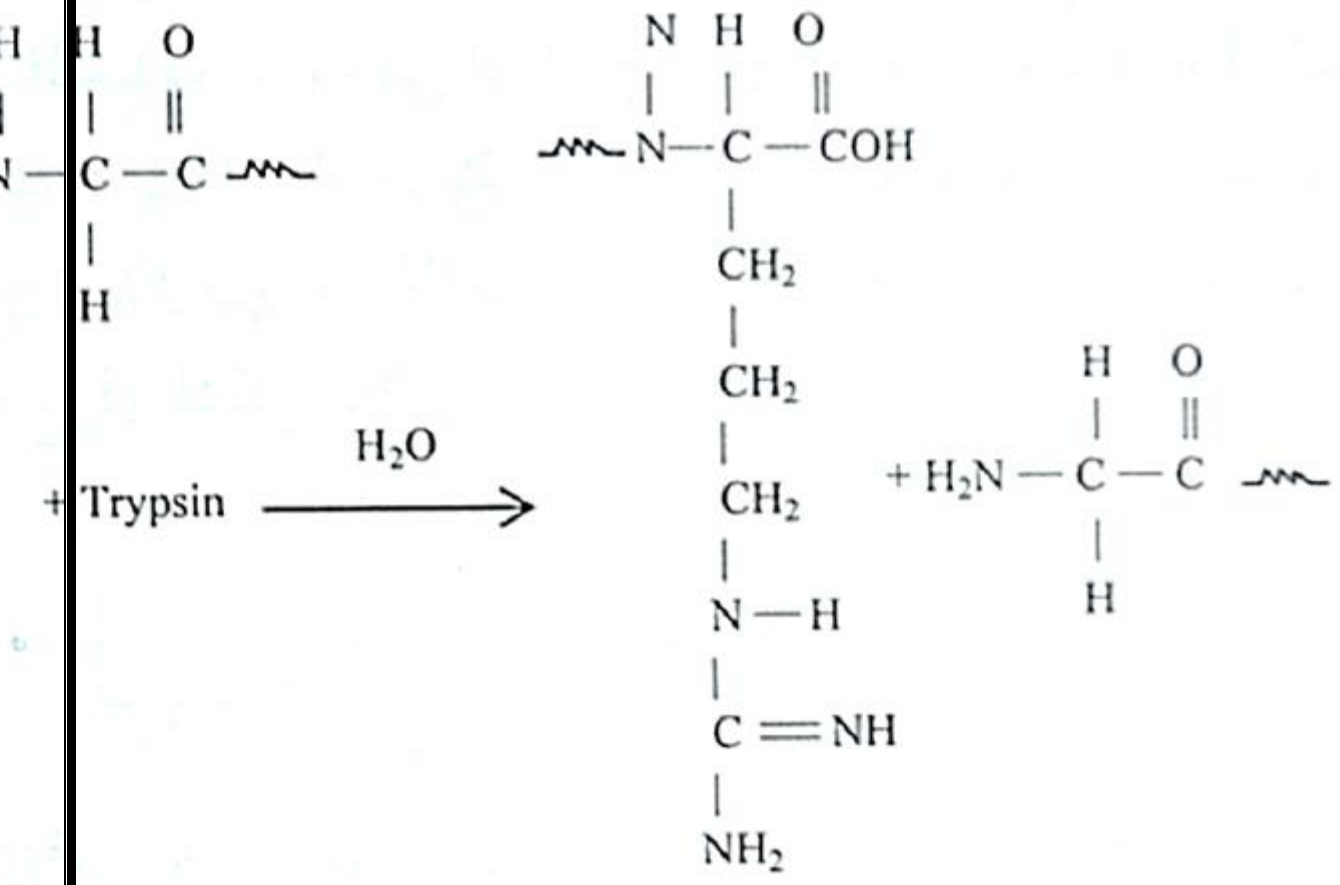
من الامثلة على هذا النمط من التنظيم تأخذ انزيم الاسبارتات ترانس كربامیلیز (Aspartate transcarbamoylase) ان هذا الانزيم ذو الموقع الآخر يحفز الخطوة الأولى في صناعة البريميدينات، فالناتج النهائي (CTP) النيوكلوتيد البريميدبني والذي يتكون كحصيلة لعدد من التفاعلات يعمل مثبطا لعمل الأنزيم المذكور، ومن جهة اخرى يعمل النيوكلوتيد البيوربني (ATP) على تنشيط عمل هذا الانزيم. وفي كلتا الحالتين يتم التنظيم بعد أن يرتبط احد المركبين على الموقع الآخر للأنزيم. وتساعد هذه الآلية على تنظيم كمية (CTP) وجعلها متوازنة مع كمية (ATP).

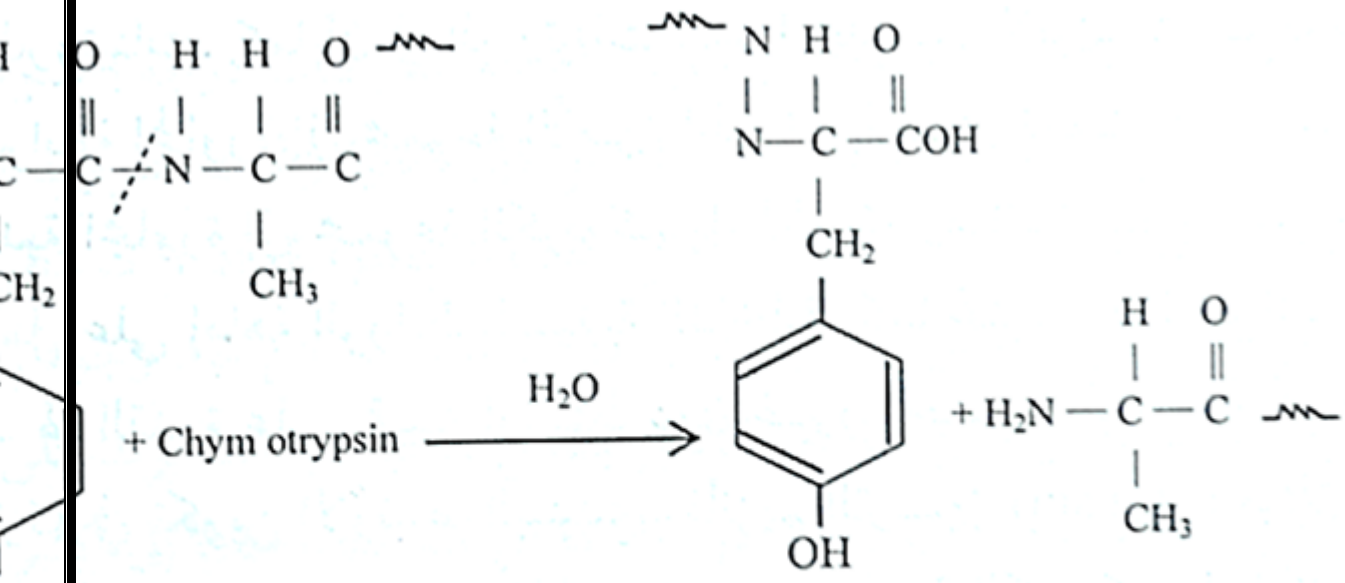
خصوصية الأنزيم

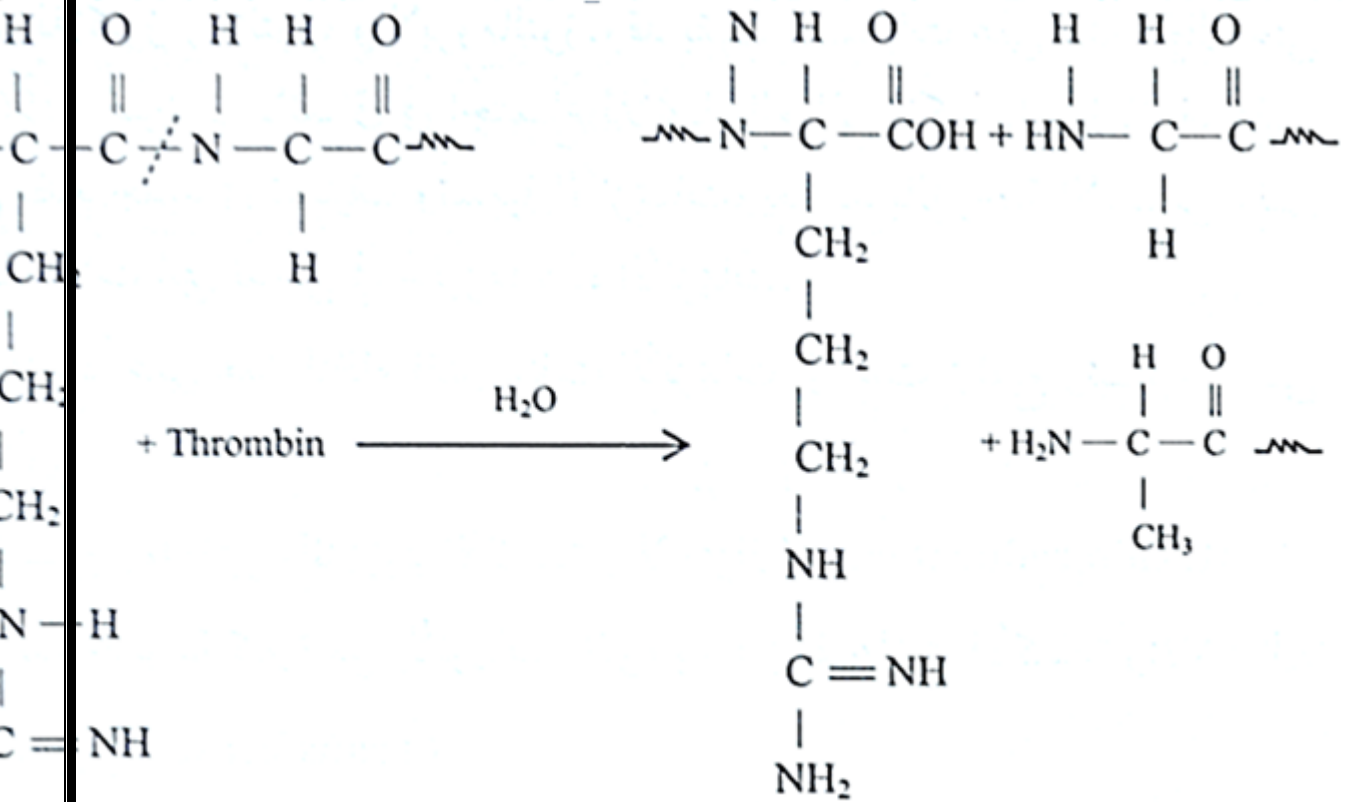
تتصف المركبات الانزيمية بخصوصيتها العالية سواء كان ذلك في التفاعل الذي تحفزه او في اختيارها للمواد المتفاعلة والتي تسمى بالمواد الأساس (Substrates). وقد يختص الأنزيم بعائلة معينة من المواد المتشابهة في البناء الكيميائي وان لكل تفاعل أنزيماً خاصاً به، حتى وان كانت هذه التفاعلات تنطلق من الهدف نفسه. ومن الأمثلة على اختلاف الانزيمات باختلاف الهدف نذكر منها عملية تميؤ (أماهة) الارتباط الببتيدي او الارتباط الأستري او الارتباط الكلايكوسيدي في جزيئات البروتينات والدهون والسكريات المتعددة. يتلخص التفاعل في جميع هذه الحالات ف يكسر الارتباط بين ذرتين ويتم ذلك بإضافة جزيئة الماء، اذ تضاعف مجموعة الهيدروكسيل (OH−) الى أحد الذرتين المشاركتين في الارتباط واضافة ذرة الهيدروجين الى الذرة الاخرى وكما هو موضح في الشكل التالي :

تحتاج التفاعلات في هذه الحالات الثلاثة الى انزيمات مختلفة لأن الاهداف مختلفة. فالأنزيم الذي يصلح لإماهة الكلايكوسيدي في النشا على سبيل المثال لا يصلح لأماهة الارتباط الأستيري في الدهون وكذلك لا يصلح لإماهة الارتباط الببتيدي في البروتينات. كما ان في البروتينات نفسها نجد من الأنزيمات ما يعمل على اماهة الرابطة المجاورة الى مجموعة الأمين الحرة، واخرى تعمل على اماهة الرابطة الببتيدية

المجاورة الى مجموعة الكربوكسيل الحرة، وهنالك نوع اخر من الانزيمات يعمل على اماهة الروابط الببتيدية الداخلية. كما نجد ان هنالك العديد من الانزيمات لها القدرة على تمييز ارتباط دون غيره وحسب طبيعة الاحماض الأمينية المشتركة في تكوين الارتباط الببتيدي. فانزيم التربسين (Trypsin) مثلا له القدرة على اماهة الروابط الببتيدية المتكونة من مجموعة الكربوكسيل الخاصة بحامضي الأرجنين (Arg) واللايسين (Lys) ومجموعة الأمين للحامض الأميني الذي يلي أيا منهما في السلسلة الببتيدية. كما ان انزيم الكيموتربسين(Chymotrypsin) يختص بالارتباطات الببتيدية المتكونة من مجموعة الكربوكسيل العائدة للأحماض الأمينية ذات الحلقة الأروماتية.




+ Chym otrypsin
H_2O
OH


+ Thrombin
H_2O
NH
C ═ NH
NH_2