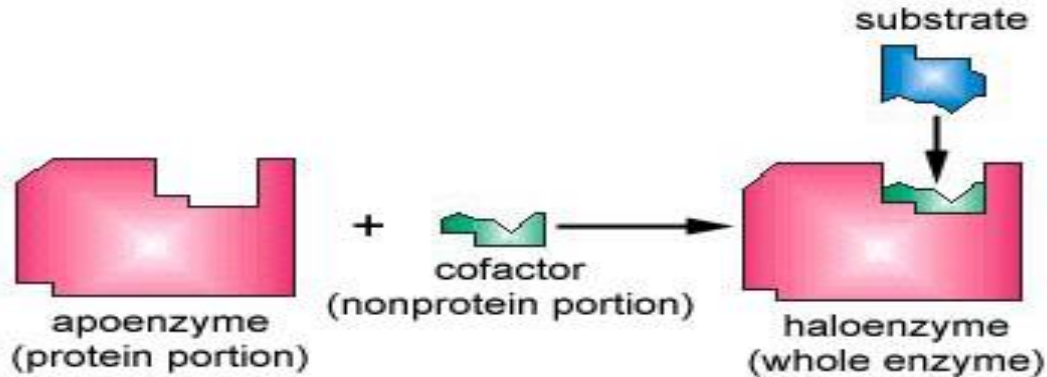


الانزيمات Enzymes

❖ هي عوامل بايولوجية محفزة (بروتينية التركيب ذات اوزان جزيئية عالية)، تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية داخل الخلية الحية. ان المادة التي يعمل عليها الانزيم تدعى المادة الاساس Substrate.

❖ تحتاج بعض الانزيمات لإنجاز عملها الى مكون غير بروتيني يدعى العامل المرافق Cofactor والذي يكون بهيئة ايونات (Fe^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} , or Zn^{+2}) او بشكل جزيئة عضوية تسمى Coenzymes مثل FAD, NADPH, NADH. وقد تحتاج بعض الانزيمات الى كلا النوعين (ايون معدني و Coenzymes).

❖ عند ارتباط العوامل المرافقة باصرة تساهمية مع الإنزيم فعنده تسمى بالمجموعة الترقية Prosthetic group.

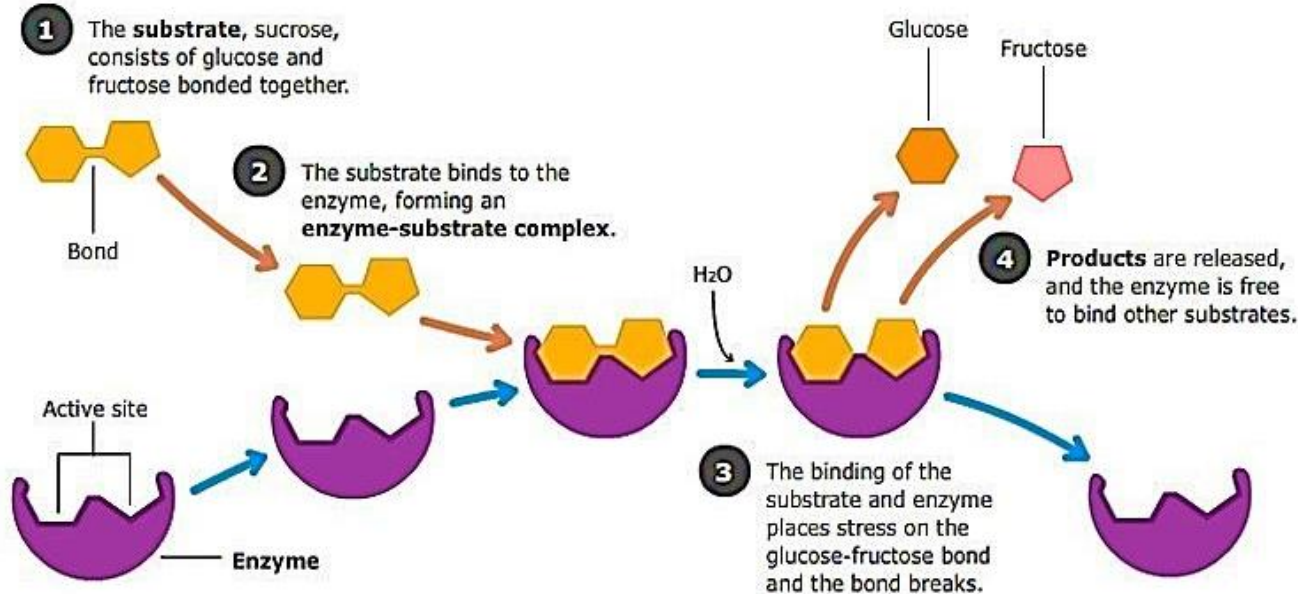


الانزيمات والعوامل المساعدة اللاعضوية:

- ✓ الطبيعة
- ✓ الوزن الجزيئي
- ✓ التخصص
- ✓ ظروف العمل

الموقع الفعال The Active site

يرتبط المادة الاساس بالانزيم بمنطقة محددة تدعى الموقع الفعال للانزيم. يكون هذا الموقع بشكل تجويف مكون من وحدات الاحماض الامينية التي تشترك في التحفيز الإنزيمي.

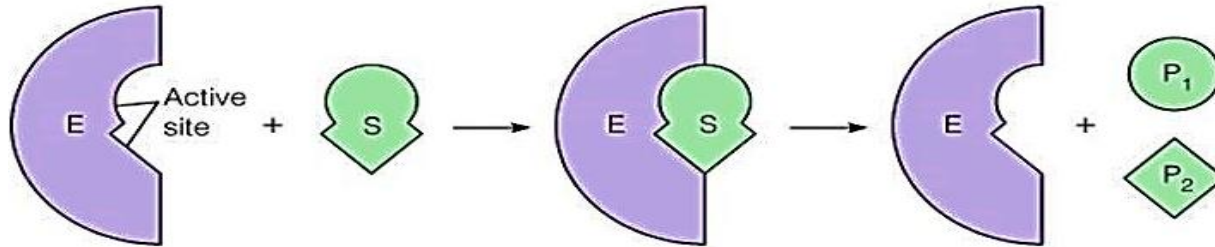


ميكانيكية عمل الإنزيم:

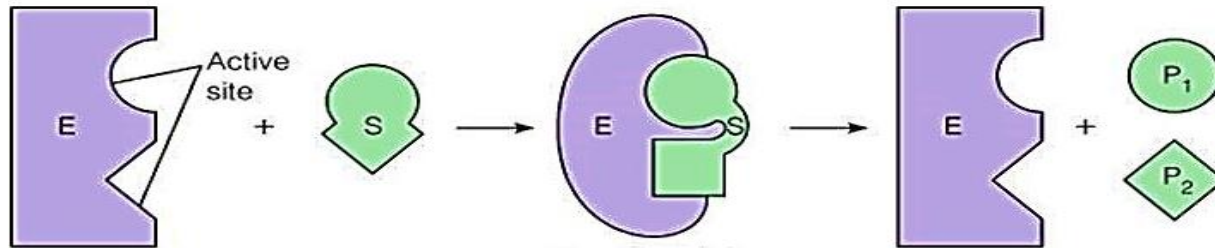
في أي تفاعل إنزيمي يرتبط الإنزيم (E) مع المادة الأساس (S) مكوناً معقد يسمى الإنزيم-المادة الأساس (ES) (في الموقع الفعال للإنزيم) ثم يتحلل هذا المعقد مكوناً نواتج التفاعل (P) ويتحرر الإنزيم (E).



وهناك فرضيتان لكيفية ارتباط المادة الأساس بالموقع الفعال للإنزيم وتكوين المعقد ES هما:



(a) Lock-and-key model



(b) Induced fit model

Classification of Enzymes

Class	Type of Chemical Reaction Catalyzed	Examples
Oxidoreductase	Oxidation-reduction in which oxygen and hydrogen are gained or lost	Cytochrome oxidase, lactate dehydrogenase
Transferase	Transfer of functional groups, such as an amino group, acetyl group, or phosphate group	Acetate kinase, alanine deaminase
Hydrolase	Hydrolysis (addition of water)	Lipase, sucrase
Lyase *	Removal of groups <input type="text"/> without hydrolysis	Oxalate decarboxylase, isocitrate lyase
Isomerase	Rearrangement of atoms within a molecule	Glucose-phosphate isomerase, alanine racemase
Ligase **	Joining of two molecules (using energy usually derived from the breakdown of ATP)	Acetyl-CoA synthetase, DNA ligase

* Synthase

** Synthetase

Principle of the international classification

All enzymes are classified into **six categories** according to the **type of reaction** they catalyze

Each enzyme has an official international name ending in *-ase*

Each enzyme has **classification number** consisting of four digits: **EC: 2.3.4.2**

First digit refers to a **class** of enzyme, second - to a **subclass**, third - to a **subsubclass**, and fourth means the **ordinal number** of enzyme in subsubclass

Example, **EC: (2.7.1.1)** HEXOKINASE

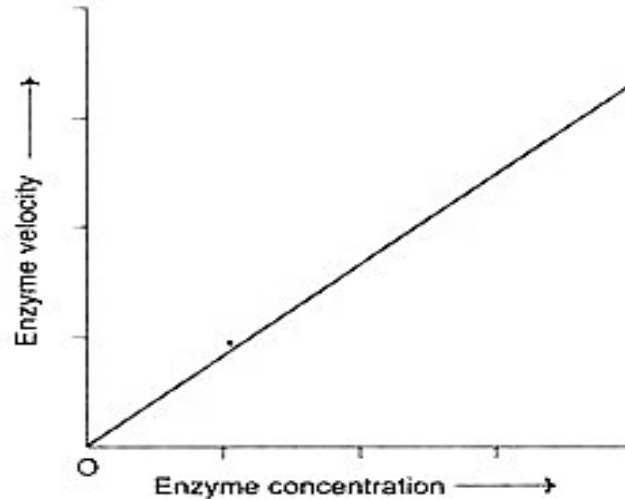
العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الإنزيمي

تتأثر سرعة التفاعل الإنزيمي بعدة عوامل هي:

- ١- تركيز الإنزيم (E)
- ٢- تركيز المادة الاساس (S)
- ٣- درجة الحرارة
- ٤- الاس الهيدروجيني pH
- ٥- وجود المثبطات

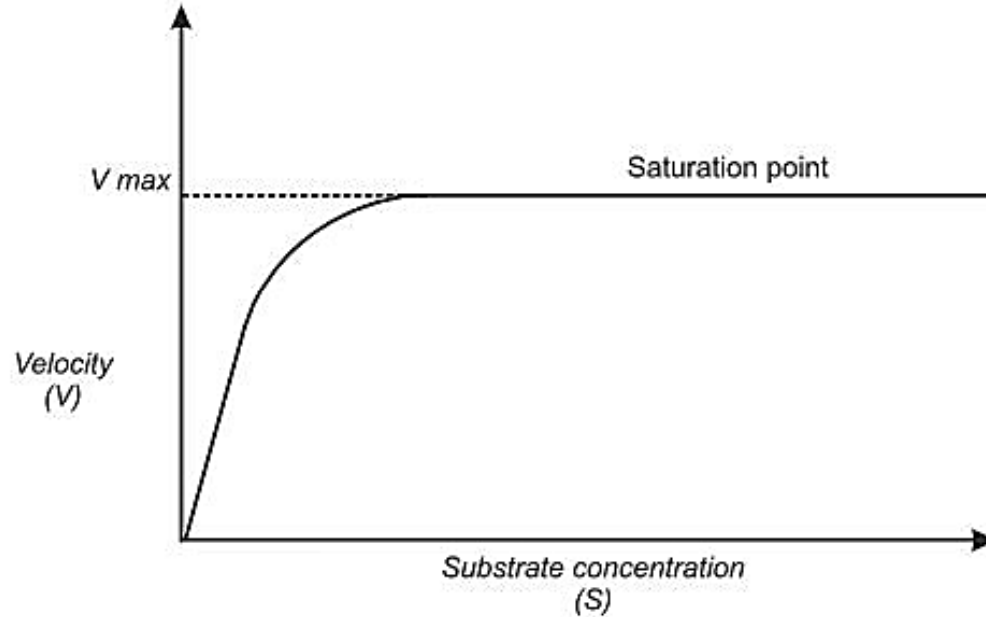
تأثير تركيز الانزيم:

ان سرعة التفاعل الإنزيمي تزداد طرديا مع زيادة تركيز الإنزيم.



تأثير تركيز المادة الاساس:

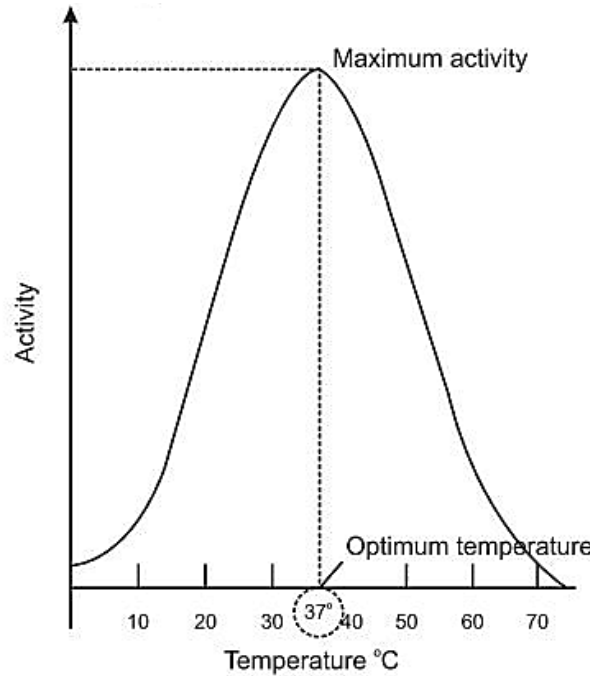
عند إبقاء تركيز الانزيم ثابتاً، تزداد سرعة التفاعل الإنزيمي طردياً بزيادة تركيز المادة الاساس حتى تصل إلى قيمة ثابتة لا تزيد بعدها مهما زاد تركيز المادة الاساس.



تأثير درجة الحرارة:

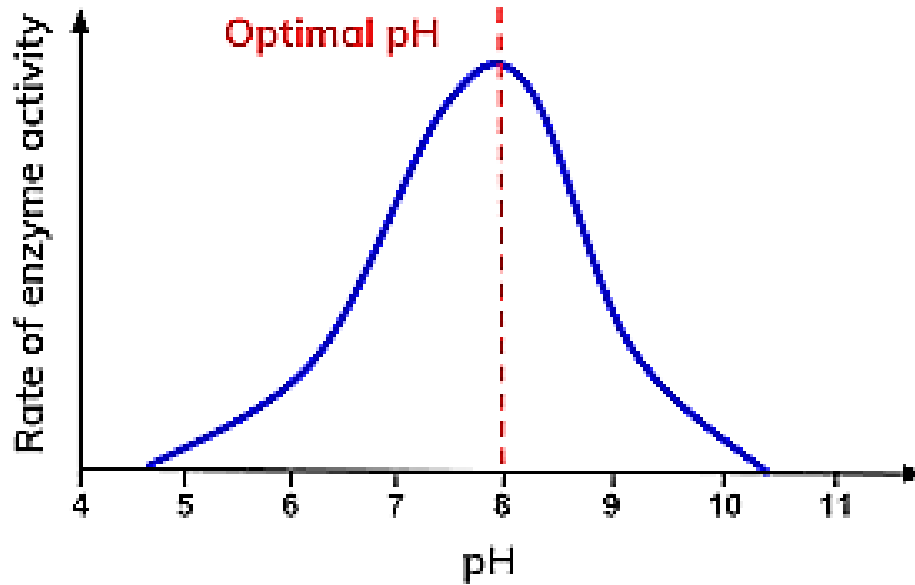
إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة فعالية الانزيم وبالتالي تسريع التفاعلات الإنزيمية (يجب الا تصل الى الحد الذي يؤدي الى مسخ البروتين). ان لكل تفاعل إنزيمي درجة حرارة مناسبة تكون سرعة التفاعل عندها أكبر ما يمكن، ثم تقل السرعة إذا زادت الحرارة عن ذلك أو قلت.

وتعرف درجة الحرارة التي عندها يكون التفاعل الإنزيمي بسرعه القصوى بدرجة الحرارة المثلى Optimum Temperature (تكون عند 37م في الإنسان).



تأثير الاس الهيدروجيني:

إن لكل إنزيم أس هيدروجيني pH عنده يُبدي الانزيم اقصى فعالية ويسمى بالاس الهيدروجيني الامثل Optimal pH، وتقل هذه الفاعلية إذا حدث تغير في هذا التركيز سواء بالارتفاع أو بالانخفاض.



تأثير المثبطات:

تتحد بعض المواد مع إنزيمات معينة فتمنع ارتباطها مع المادة الاساس، فتؤثر سلباً على سرعة التفاعل الإنزيمي، وتعرف هذه المواد بالمثبطات Inhibitors وهي مركبات كيميائية قد تكون ايونات معدنية او جزيئات عضوية يؤدي ارتباطها بالإنزيم الى انخفاض معدل سرعة التفاعل الإنزيمي او توقفه. يمكن تصنيف مثبطات الانزيم الى:

١- التثبيط العكسي Reversible Inhibition

٢- التثبيط غير العكسي Irreversible Inhibition

١- التثبيط العكسي:

يرتبط المثبط بالإنزيم بأواصر ضعيفة مكوناً معقد EI الذي سرعان ما يتفكك ويعطي الإنزيم والمثبط. وفي هذا النوع من التثبيط يمكن للإنزيم ان يستعيد فعاليته عند التخلص من المثبط ، ويمكن تمييز ثلاث انواع من التثبيط العكسي هي:

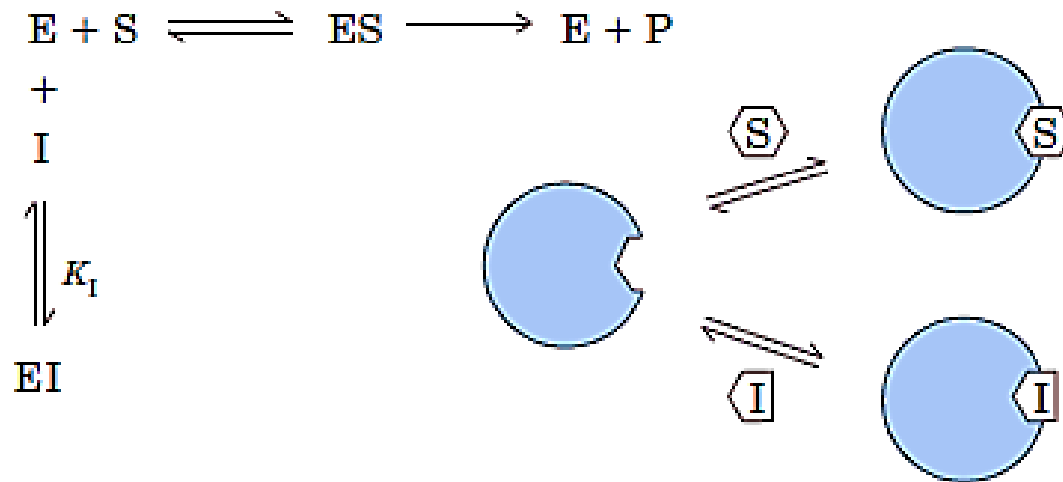
- التثبيط التنافسي Competitive inhibition

- التثبيط غير التنافسي Noncompetitive inhibition

- التثبيط اللا تنافسي Uncompetitive inhibition

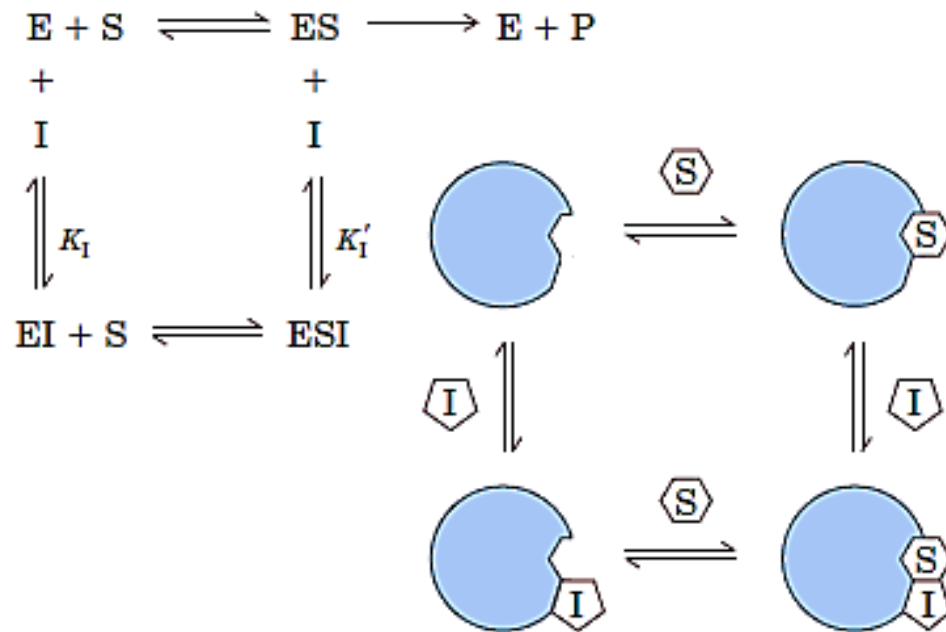
Competitive inhibition

في هذا النوع من التثبيط يكون تركيب المثبط مشابه لتركيب المادة الاساس، لذا فإنه يرتبط بالموقع الفعال للإنزيم مانعاً بذلك ارتباط المادة الاساس بالإنزيم، وبهذا يتنافس كل من المثبط والمادة الاساس على الارتباط بالإنزيم. ويمكن التقليل من أثر المثبط بزيادة تركيز المادة الاساس. كما يمكن ازالة المثبطات التنافسية بالتخفيف او الـ Dialysis.



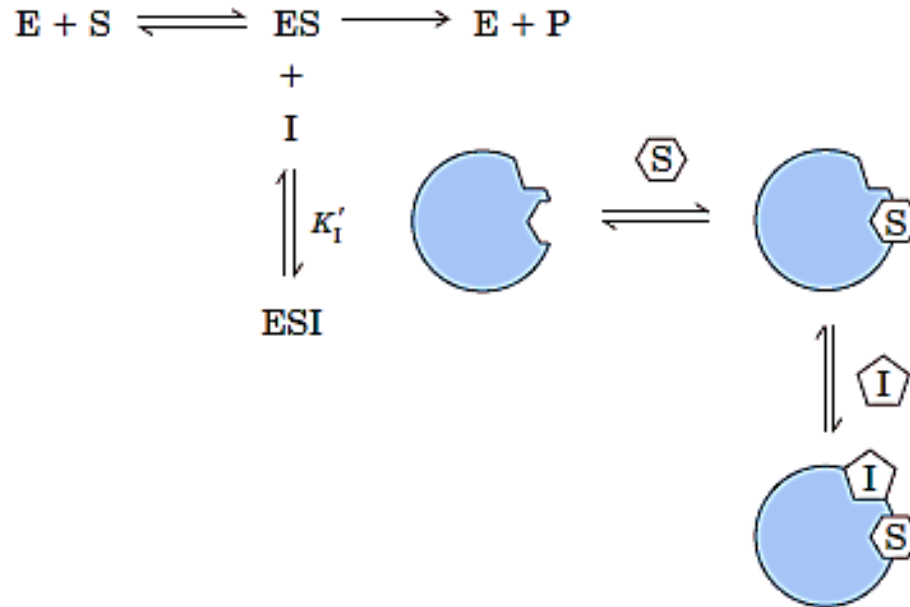
Noncompetitive inhibition

في هذا النوع من التثبيط لا يكون تركيب المثبط مشابه لتركيب المادة الاساس، لذا فإنه يرتبط بموقع آخر غير الموقع الفعال للإنزيم ولا يوجد تنافس بين المثبط والمادة الاساس على الارتباط بالموقع الفعال للإنزيم. بناءً على ذلك فان زيادة تركيز المادة الاساس لا يُلغي تأثير المثبط.



Uncompetitive inhibition

كذلك في هذا النوع من التثبيط، يرتبط المثبط بموقع آخر غير الموقع الفعال للإنزيم ولا يوجد تنافس بين المثبط والمادة الاساس على الارتباط بالموقع الفعال للإنزيم. بناءً على ذلك فان زيادة تركيز المادة الاساس لا يُلغي تأثير المثبط.



٢- التثبيط غير العكسي:

وفيه يرتبط المثبط بالموقع الفعال للإنزيم بأواصر تساهمية قوية بحيث لا يمكن فصل المثبط غير العكسي عن الإنزيم ولا يمكن إزالة تلك المثبطات بالتخفيف أو الـ Dialysis. ان هذه الحالة تسمى احياناً بتسمم الإنزيم Poison enzyme، حيث تقوم المثبطات غير العكسية بتحويل الإنزيم وخفض فعاليته ثم توقفها كلياً. من امثلة المثبطات غير العكسية غاز الأعصاب المستخدم في الحروب الكيميائية، والمركبات الفوسفورية المستخدمة كمبيدات حشرية وايونات المعادن الثقيلة وغيرها.

الإنزيمات المتماثلة Isoenzymes

هي الإنزيمات التي توجد بأشكال مختلفة ولها ذات الفاعلية التحفيزية والتخصص (مادة الأساس) لكنها تختلف فيما بينها في خصائصها الكيميائية والفيزيائية والمناعية ويتم فصلها بطريقة الهجرة الكهربائية electrophoresis. مثل إنزيم Lactate dehydrogenase LDH الذي وجد منه خمسة أشكال في مصل دم الإنسان. ان الإنزيمات المتماثلة ضرورية لتنظيم العمليات الحيوية المختلفة وكذلك ولها دور كبير في المجال الطبي للكشف عن الأمراض.

الإنزيمات المنظمة Allosteric enzymes

تمتلك الإنزيمات المنظمة على طرف (موقع منظم) يختلف عن الطرف المحفز (الموقع الفعال)، حيث ترتبط في الموقع المنظم المواد المؤثرة او المعدلة (effectors). ويكون تأثيره سلبياً او ايجابياً على ارتباط المادة الأساس بالموقع الفعال. فإما ان يقلل من ارتباط المادة الأساس بالإنزيم (Negative effector) او يزيد من الارتباط (Positive effector). تعمل هذه الإنزيمات على تنظيم سرعة المسارات الايضية وحسب حاجة الخلية.