٤- إنزيمات الهدم:

ميكانيكية عمل إنزيمات هذا القسم لا تعتمد على إضافة الماء ولكنها تعتمد على هدم الراوط الكيميائية بين ذرات C-C أو C-N أو C-O أو C-S وقد تتكون أثناء هذا الهدم روابط زوجية أو مواد جديدة مثل ثانى أكسيد الكربون الذى يقوم بنزع أو هدم جزئ ثانى أكسيد الكربون من مادة التفاعل مثل إنزيم Decarboxylase، أو تتكون أمونيا مثل إنزيم Deaminase الذى يقوم بنزع أو هدم مجموعة أمونيا من مادة التفاعل، أو نزع ماء من مادة التفاعل فيسمى الإنزيم Hydro-lyase، والاسم الدارج لها هو Dehydratase وهنا يجب أن تلاحظ أنه تم وضع شرطة قبل كلمة lyase– وذلك بهدف التمييز بين هذه الإنزيمات وإنزيمات التحليل المائى السابقة فى القسم الثالث التى تسمى هيدروليز Hydrolyase،

وبفرض أن هناك مادة تركيبها X-A-B-Y تقوم هذه المجموعة من الإنزيمات بكسر الرابطة فى الموقع X-A بين مادة A إلى أخرى X وأيضا تكسر الرابطة فى الموقع B-Y بين مادة B إلى أخرى Y ويتكون مادة جديدة هى X-Y بالإضافة إلى الجزء المتبقى من باقى المادة الإصلية بعد نزع هذه مجموعة وهى B-A والمعادلة النموذجية لهذا التفاعل الإنزيمى هى:

$$RCOCOOH \rightarrow RCOH + CO_2$$

$$\text{or } [X\text{-}A\text{-}B\text{-}Y] \rightarrow [A\text{-}B + X\text{-}Y]$$

ويوضح الجدول التالى (جدول ٤) أسماء بعض إنزيمات الهدم والرقم الأول والثانى للـEC الخاص بهما. وتبع فى تسمية هذه المجموعة من الإنزيمات كتابة اسم مادة التفاعل يليها كلمة lyase.

جدول ٤: إنزيمات الهدم Lyases (EC:4.--.--.--)

Subclass	Name
EC 4	Lyases
EC 4.1	Carbon-carbon lyases
EC 4.2	Carbon-oxygen lyases
EC 4.3	Carbon-nitrogen lyases
EC 4.4	Carbon-sulfur lyases
EC 4.5	Carbon-halide lyases
EC 4.6	Phosphorus-oxygen lyases
EC 4.7	Carbon-phosphorus lyases
EC 4.99	Other lyases

مثال لأحد إنزيمات الهدم:

- إنزيم Histidine decarboxylase (EC 4.1.1.22) وهو يحفز تكوين الأمين الهيستامين من الحمض الأمينى الهيستيدين والكثير من الكائنات الحية الدقيقة تستطيع إفراز هذا الانزيم

$$\text{Histidine} \xrightarrow{\text{Histidine decarboxylase}} \text{Histamin} + CO_2$$

٥- إنزيمات التشابه

ميكانيكية عمل إنزيمات هذا القسم تعتمد على إعادة ترتيب الروابط داخل الجزيئ الواحد، أي أنها تغير من شكل الجزء الجزيء الواحد أو تغير الوضع الفراغى للجزئ، وبفرض أن هناك مادة تركيبها ABC فتقوم هذه المجموعة من الإنزيمات بإعادة ترتيب الذرات لتكوين مركب جديد ولكنه مشابه للمركب الأصلى وهو BCA، ومن أمثلة انزيمات هذا القسم إنزيم Isomerase وإنزيم mutase والمعادلة النموذجية لهذا التفاعل الإنزيمى هى

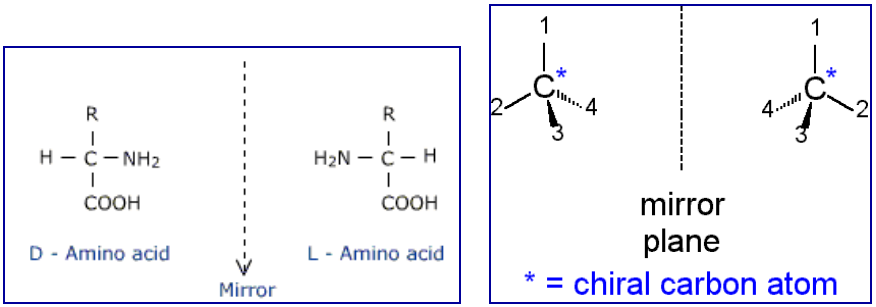
$$ABC \rightarrow BCA$$

ملخص إنزيمات التشابه (الإيزوميريز) Isomerases

١- تحت قسم ١ : يحتوى على نوعين من التفاعلات لأشباه مرآوية optical isomers لكل من (الكربوهيدرات ومشتقاتها والأحماض الأمينية ومشتقاتها والأحماض الكبروكسيلية ومشتقاتها) حيث يحدث قلب أوضاع لمجاميع فعالة فى تلك المركبات وتختلف تلك المركبات فى شكلها فمنها من له مركز إنقلاب واحد racemase أو قد يكون لها أكثر من مركز إنقلاب epimerase ومنها على سبيل المثال تلك الإنزيمات التى تحويل الصورة اليسارية للمركب إلى الصورة اليمينية وبالعكس.

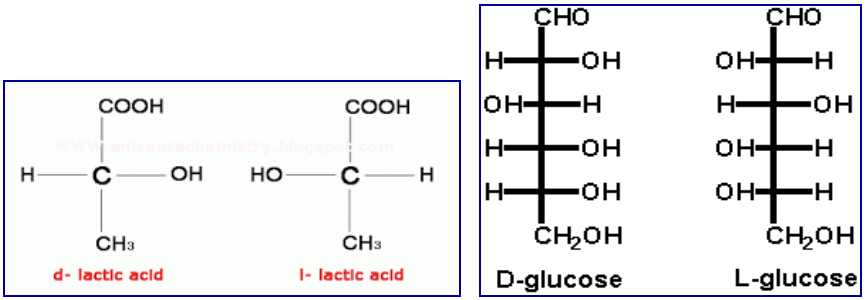
ماذا نعنى بكلمة التشابه (الإيزوميز) Isomerization؟ توجد المركبات فى الطبيعة فى أوضاع مرآوية (شكل ١٧) (بمعنى آخر) توجد

للمركبات صور وكأنها فى المرآه optical isomers لكل من (الكربوهيدرات ومشتقاتها والأحماض الأمينية ومشتقاتها والأحماض الكبروكسيلية ومشتقاتها).



شكل رقم ١٧: الإوضاع المرآوية لبعض المركبات الكيميائية

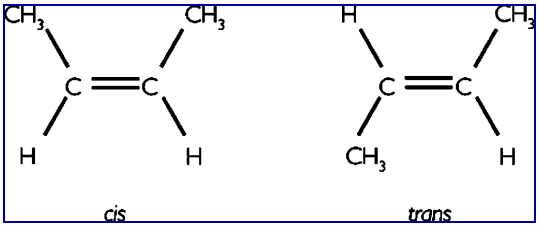
والصور التالية (شكل ١٨) توضح بعض الفروق بين المشابهات اليمينية واليسارية فى الأحماض العضوية والسكريات.



شكل رقم ١٨: المشابهات اليمينية واليسارية لبعض الأحماض والسكريات

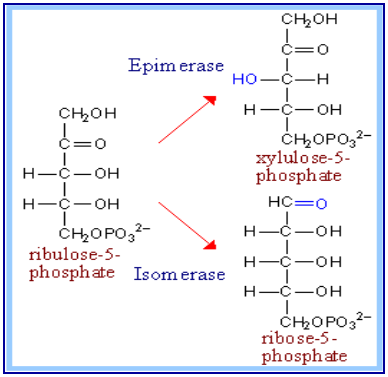
٢- تحت قسم ٢ : يحتوى على إنزيمات يمكنها أن تغير الشكل الهندسى للمركب حول الرابطة الزوجية بحيث يتغير الشكل الهندسى للمركب حول الرابطة

الزوجية (فإذا حدث الإنقلاب فى نفس اتجاه الرابطة تسمى cis-isomer وإذا حدث الإنقلاب على جانبى الرابطة تسمى trans-isomer) ويشير الرقم الذى يسبق الكلمة إلى ذرة الكربون الذى يحدث عندها الإنقلاب (شكل ١٩).



شكل رقم ١٩: المشابهات cis-isomer وtrans-isomer على جانبى الرابطة

وإذا حدث قلب أوضاع لمجاميع فعالة فى تلك المركبات فيختلف هذا الإنقلاب فمنه من له مركز إنقلاب واحد racemase أو isomerse أو قد يكون له أكثر من مركز إنقلاب epimerase.



شكل رقم ٢٠: المشابهات التى لها مركز واحد racemase أو isomerse أو لها أكثر من مركز إنقلاب epimerase

٣- تحت قسم ٣ : يحتوى على إنزيمات تشبه فى عملها إنزيمات الأكسدة والإختزال.

٤- تحت قسم ٤ : يحتوى على إنزيمات تشبه فى عملها إنزيمات النقل mutase

٥- تحت قسم ٥ : يحتوى على إنزيمات تضيف الماء إلى الروابط الزوجية أو تزيل منها الماء.

ويوضح الجدول التالى (جدول ٥) أسماء بعض إنزيمات التشابه isomerase والرقم الأول والثانى للـEC الخاص بهما. وعند تسمية هذه المجموعة من الإنزيمات نستخدم الكلمات التالية: isomerase أو racemase أو epimerase أو cis-isomerase أو trans-isomerase أو mutase.

جدول ٥: إنزيمات التشابه Isomerases (EC:5.--.--.--)

Subclass	Name
EC 5	Isomerases
EC 5.1	Racemases and epimerases
EC 5.2	*cis-trans*-Isomerases
EC 5.3	Intramolecular isomerases
EC 5.4	Intramolecular transferases (mutases)
EC 5.5	Intramolecular lyases
EC 5.99	Other isomerases

مثال لأحد إنزيمات التشابه:

- إنـزيم Glucose isomerase (EC 5.1.3.9) ويسـتخدم فـى تحويـل الجلوكوز إلى الفركتوز والكثير من الكائنات الحية الدقيقة تستطيع إفراز هذا الانزيم.

$$\text{Glucose} \xrightarrow{\text{Glucose isomerase}} \text{Fructose}$$

٦- إنزيمات الربط أو البناء

ميكانيكية عمل إنزيمات هذا القسم تعتمد على إتحاد بين مادتين مادة X مع مادة أخرى Y معا مستهلكة أثناء هذا التفاعل الطاقة المخزنة فى جزئ ATP الذى يحتوى على ثلاث مجموعات فوسفات الغنية بالطاقة ويتكون مادة جديدة هى XY وتتحرر ذرة فوسفات مع جزئ ADP الذى يحتوى على مجموعتين فوسفات فقط والذى يحمل طاقة أقل. وقد يكون هذا الإتحاد بين ذرات C-O، C-S، C-N أو C-C وعرفت إنزيمات هذا القسم باسم Synthetase والمعادلة النموذجية لهذا التفاعل الإنزيمى هى

$$X + Y + ATP \rightarrow XY + ADP + Pi$$

تشتق تسمية انزيمات هذا القسم من اسم ناتج التفاعل (أى عكس باقى الاقسام الخمسة السابقة) ثم يضاف المقطع synthetase أو تسمى بكتابة اسم المادتين الداخلتين فى التفاعل ثم كلمة ligase

ويوضح الجدول التالى (جدول ٦) أسماء بعض إنزيمات الربط ligase أو النباء synthetase والرقم الأول والثانى للـEC الخاص بهما. وعند تسمية هذه الإنزيمات نستخدم الكلمات التالية: ligase أوsynthetase .

جدول ٦: إنزيمات الربط (البناء) Ligases (EC:6.--.--.--)

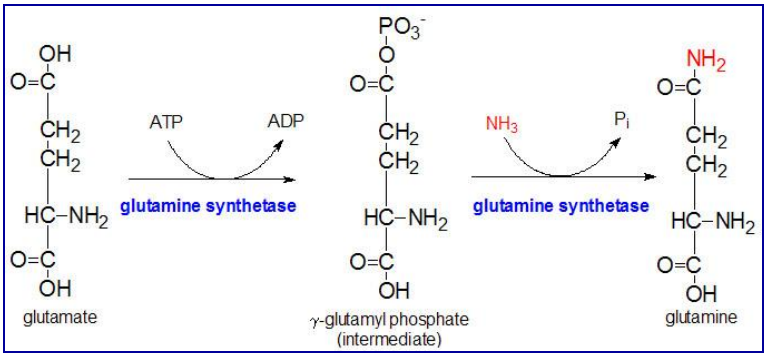
Subclass	Name
EC 6	Ligases
EC 6.1	Forming carbon—oxygen bonds
EC 6.2	Forming carbon—sulfur bonds
EC 6.3	Forming carbon—nitrogen bonds
EC 6.4	Forming carbon—carbon bonds
EC 6.5	Forming phosphoric ester bonds
EC 6.6	Forming nitrogen—metal bonds

مثال لأحد إنزيمات البناء أو الربط:

- إنزيم Glutamine synthetase (EC 6.3.1.2) ويستخدم ربط الإمونيا مع الحمض العضوى المسمى الجلوتاميك لتكوين الحمض الإمينى الجلوتامين واستلاك الطاقة من جزئ ATP (شكل ٢١) والكثير من الكائنات الحية الدقيقة تستطيع إفراز هذا الانزيم. ويلاحظ أنه يمكن تسمية هذا الإنزيم بطريقة أخرى هكذا Glutamine acid:NH_3ligase

أو Glutamate--ammonia ligase

$$\text{Glutamine acid} + NH_3 + ATP \xrightarrow{\text{Glutamine synthetase}} \text{Glutamine} + ADP$$



شكل رقم ٢١: ميكانيكية عمل إنزيم Glutamine synthetase

٧- إنزيمات النقل المحددة Translocases

ولقد أضاف العلماء حديثا (فى أكتوبر ٢٠١٨) قسما جديدا للإنزيمات وهو القسم السابع للانزيمات ولقد وضعوا فى هذا القسم مجموعة من الإنزيمات تنشط حركة الأيونات أو الجزيئات عبر الأغشية السيتوبلازمية وتسمى Translocases حيث تنقل الإيونات أو الجزيئات من داخل الخلية إلى خارجها وبالعكس ومن هنا جاءت تسميتها حيث تقوم بعمل نقل ولكن هذه العملية مرتبطة فقط بالغشاء السيتوبلازمى إى أن مكان عملها محدد ومن هنا كانت تسميتها بإنزيمات النقل المحددة.

جدول ٧: إنزيمات النقل المحددة Translocases (EC:7.--.--.--)

Subclass	Name
EC 7	Translocases
EC 7.1	Contains enzymes catalysing the translocation of hydrons (hydron being the general name for H+in its natural abundance)
EC 7.2	Contains those catalysing the translocation of inorganic cations and their chelates
EC 7.3	Contains those catalysing the translocation of inorganic anions
EC 7.4	Contains those catalysing the translocation of amino acids and peptides
EC 7.5	Contains those catalysing the translocation of carbohydrates and their derivatives
EC 7.6	Contains those catalysing the translocation of other compounds