

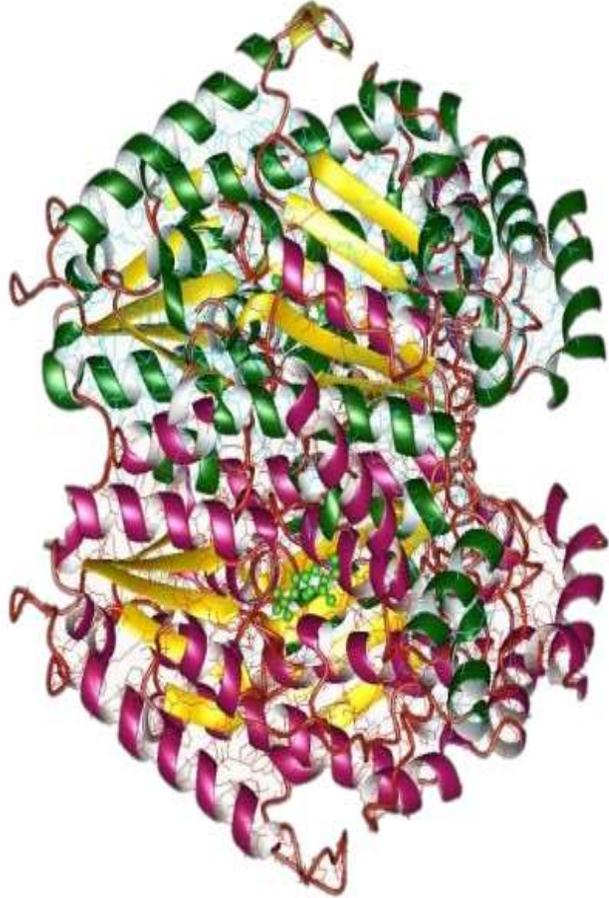
Enzymes

مدخل الى الانزيمات تصنيف الانزيمات

الأستاذ المساعد الدكتور ضياء فالح الفكيكي
كيمياء الحيوية - انزيمات
قسم علوم الأغذية - كلية الزراعة
جامعة البصرة

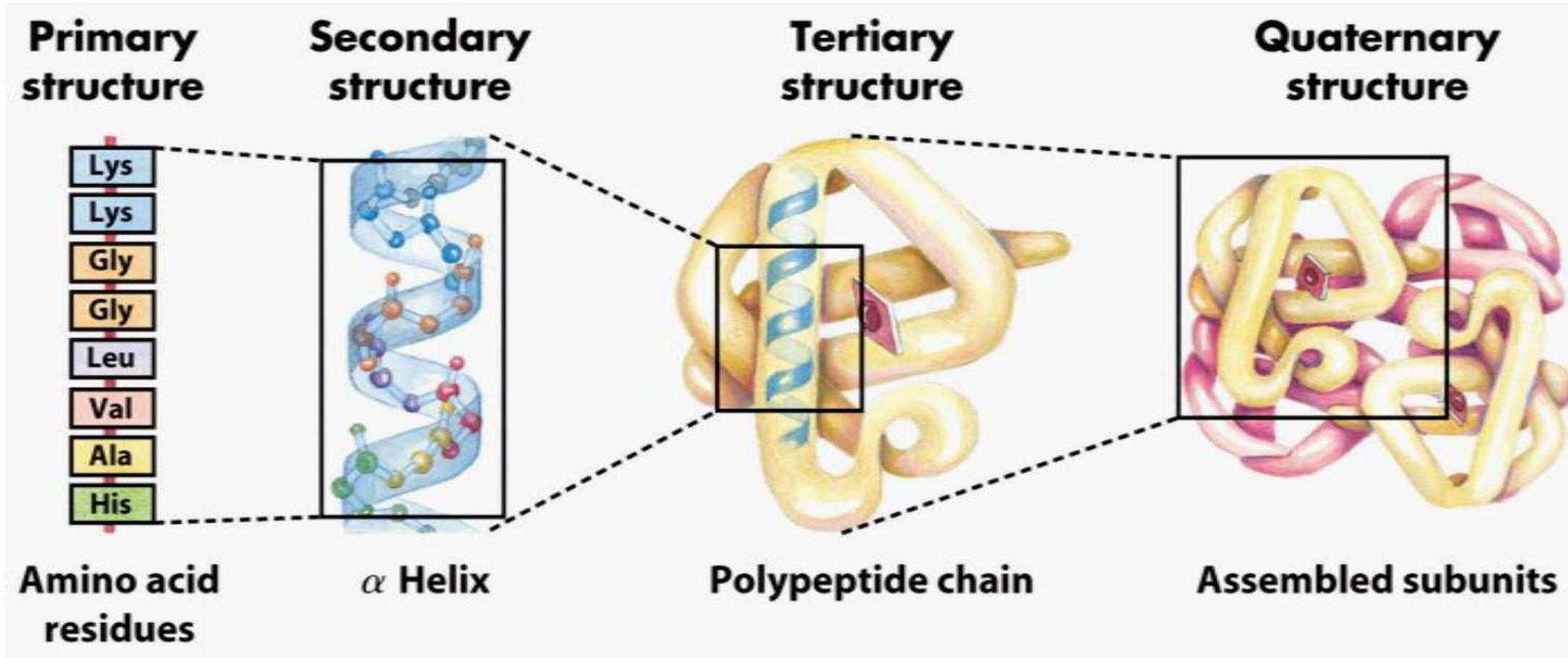
Dr. Dhia .F. Al-Fekaiki

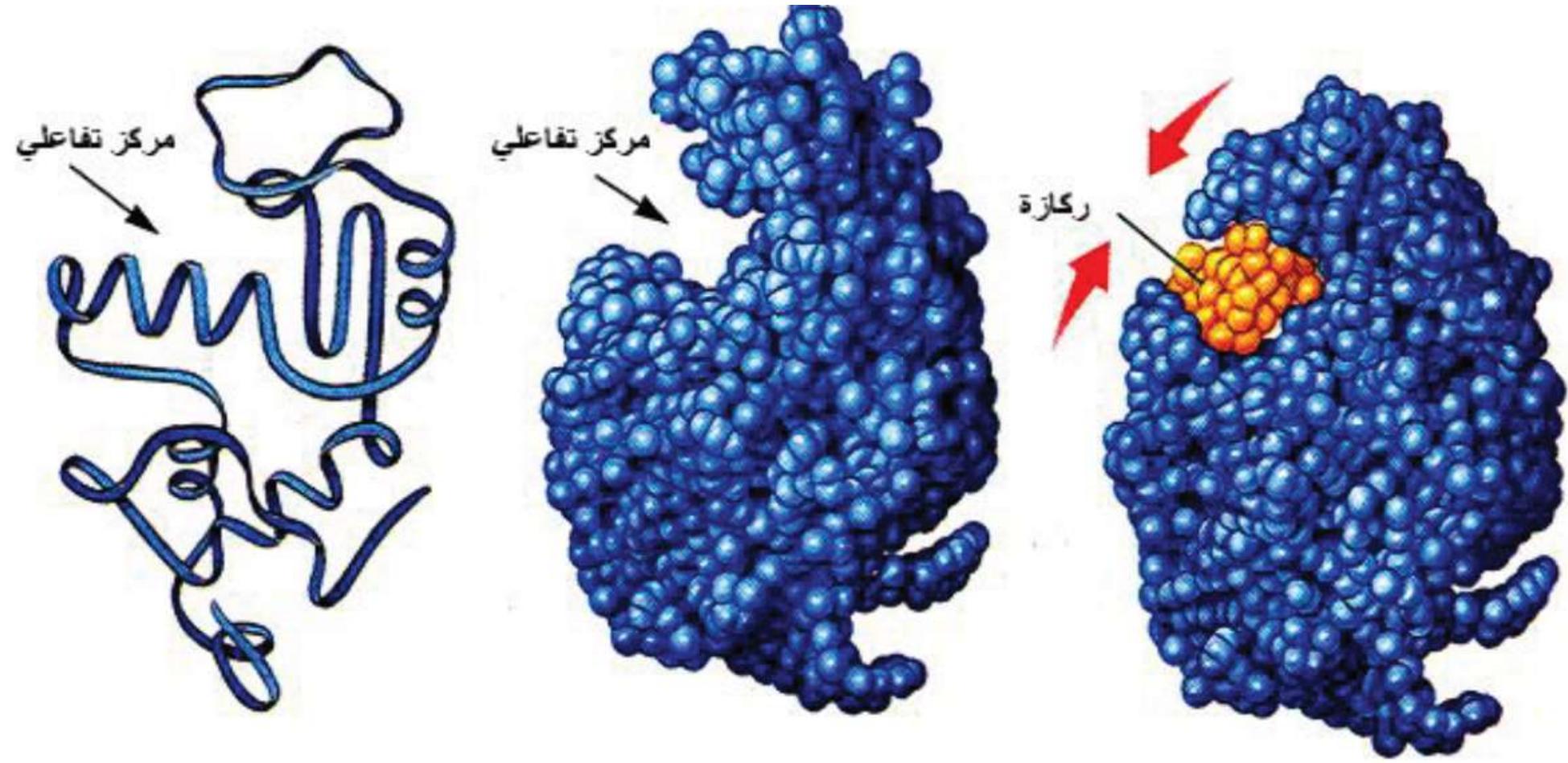
2019



Enzymes 3D structure

- Enzymes are proteins and their activities depends on the 3D structure of the amino acids that compose them (note: also some RNAs have catalytic activity but they won't be covered in this course)





الشكل 28 : يبين موضع مركز التفعيل في الأنزيم ومركزته

تعريف الأنزيمات



هي بروتينات متخصصة تنتجها الخلايا لتحفيز التفاعلات المختلفة في الجسم والآنزيم جزئي بروتيني يصنع بواسطة الخلايا الحية

قد يتألف الأنزيم من سلسلة واحدة أو عدة سلاسل من البروتين

بما أنها بروتينات فلها صفات البروتينات حيث تتأثر بالحرارة والاحماض و القواعد القوية ممايسبب لها تكسر وتغير صفاتها الطبيعيه.

تعتبر عملية الحفز أو التسهيل والتعجيل للتفاعلات الكيمائييه داخل الخليه من أهم وظائف الإنزيمات

تحفز التفاعلات الكيمائييه ولا تستهلك خلال ذلك التفاعل .

تعريف وخصائص الإنزيمات

هي عوامل مساعدة أو محفزات بيوكيميائية
تعمل علي تخفيض طاقة التنشيط المطلوبة لبداية التفاعل
لا تؤثر علي ثابت الإتزان في التفاعل
لا تؤثر علي تغيرات الطاقة الحرة للتفاعل
لا تستهلك أثناء التفاعل
تزيد من معدل سرعة التفاعل إلي حوالي 10¹⁴
بروتينية التركيب

تصنيف الإنزيمات



كان الباحثون قبل عام ١٩٦١ يصنفون الإنزيمات وفق مبادئ مختلفة إلى أن قررت اللجنة الدولية اعتماد المبادئ الثلاثة التالية أساساً للتصنيف:

➤ المبدأ الأول على الطبيعة الكيمياوية للإنزيم.

➤ المبدأ الثاني على الطبيعة الكيمياوية للركيزة التي يؤثر فيها الإنزيم.

➤ المبدأ الثالث على نمط التفاعل الذي يتم بوساطة الإنزيم والذي يعد أساساً عاماً في تسمية الإنزيمات.

تسمية الإنزيمات وتصنيفها



تصنيف قديم ليس له دلالة (تريپسين trypsin – ببسين pepsin)

تصنيف حديث بإضافة مقطع **ase** إلى اسم مادة التفاعل
(ليباز lipase – أميلاز amylase – يوريباز urease)

تصنيف الإتحاد الدولي للكيمياء الحيوية IUB:

تقسم فيه الإنزيمات إلى 6 أصناف حسب نوع التفاعل
يقسم كل قسم إلى أقسام فرعية مرقمة بأربع أرقام لكل إنزيم
الرقم الأول يدل على الصنف (1-6)

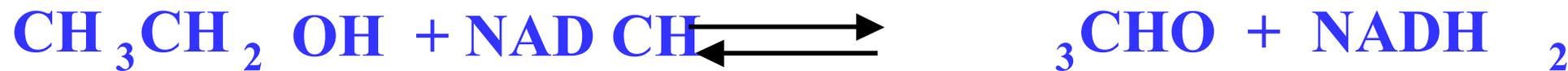
الرقم الثاني يدل على المجموعات التي تضاف أو تحذف

الرقم الثالث يدل على المرافق الإنزيمي أو المجموعة المتقبلة للمواد

الرقم الرابع يدل على نوع مادة التفاعل

1- إنزيمات الأكسدة والإختزال Oxidoreductases:

- انتقال إلكترونات من مادة مختزلة إلى مادة مؤكسدة
- مثال 1: إنزيمات التنفس والأكسدة الحيوية
- مثال 2: إنزيمات نزع الهيدروجين من الكحولات
- يتم نقل 2 ذرة هيدروجين و 2 إلكترونين المادة من المختزلة (الكحول) إلى المادة المؤكسدة (المرافق الإنزيمي)



E.C. 1.1.1.1 Alcohol:NAD Oxidoreductase

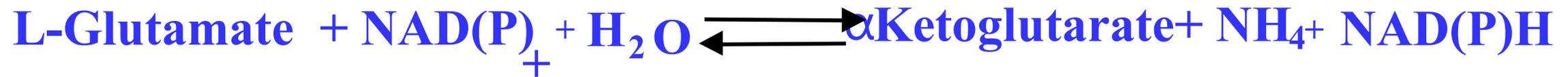
Oxidoreductases

- [EC 1.1](#) includes oxidoreductases that act on the CH-OH group of donors ([alcohol oxidoreductases](#))
- [EC 1.2](#) includes oxidoreductases that act on the [aldehyde](#) or oxo group of donors
- [EC 1.3](#) includes oxidoreductases that act on the CH-CH group of donors ([CH-CH oxidoreductases](#))
- [EC 1.4](#) includes oxidoreductases that act on the CH-NH₂ group of donors ([Amino acid oxidoreductases](#), [Monoamine oxidase](#))
- [EC 1.5](#) includes oxidoreductases that act on CH-NH group of donors
- [EC 1.6](#) includes oxidoreductases that act on NADH or NADPH
- [EC 1.7](#) includes oxidoreductases that act on other nitrogenous compounds as donors
- [EC 1.8](#) includes oxidoreductases that act on a [sulfur](#) group of donors
- [EC 1.9](#) includes oxidoreductases that act on a [heme](#) group of donors
- [EC 1.10](#) includes oxidoreductases that act on [diphenols](#) and related substances as donors
- [EC 1.11](#) includes oxidoreductases that act on [peroxide](#) as an acceptor ([peroxidases](#))
- [EC 1.12](#) includes oxidoreductases that act on hydrogen as donors
- [EC 1.13](#) includes oxidoreductases that act on single donors with incorporation of molecular oxygen ([oxygenases](#))
- [EC 1.14](#) includes oxidoreductases that act on paired donors with incorporation of molecular oxygen
- [EC 1.15](#) includes oxidoreductases that act on [superoxide](#) radicals as acceptors
- [EC 1.16](#) includes oxidoreductases that oxidize metal ions
- [EC 1.17](#) includes oxidoreductases that act on CH or CH₂ groups
- [EC 1.18](#) includes oxidoreductases that act on iron-sulfur proteins as donors
- [EC 1.19](#) includes oxidoreductases that act on reduced [flavodoxin](#) as a donor
- [EC 1.20](#) includes oxidoreductases that act on [phosphorus](#) or [arsenic](#) in donors
- [EC 1.21](#) includes oxidoreductases that act on X-H and Y-H to form an X-Y bond
- [EC 1.97](#) includes other oxidoreductases



مثال 3: إنزيمات نزع الهيدروجين من الأمين

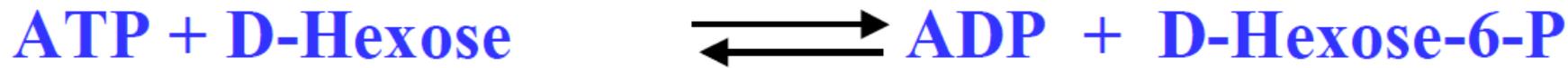
يتم نزع ذرة هيدروجين من الجلوتامات إلى المادة المؤسدة
(المرافق الإنزيمي
(



E.C. 1.4.1.3 Glutamate: NAD(P) Oxidoreductase

2- الإنزيمات الناقلة :Trasferases

- انتقال مجموعة كيميائية من مركب لآخر
- مثل نقل ذرة كربون أو مجموعات كيتونية أو ألدهيدية أو مجموعات محتوية على فوسفور أو كبريت.
- مثال 1:



E.C. 2.7.1.1 ATP:D-Hexose-6-Phosphotransferase (Hexokinase)

مثال 2: إنزيمات مجموعة الأمين Transaminases

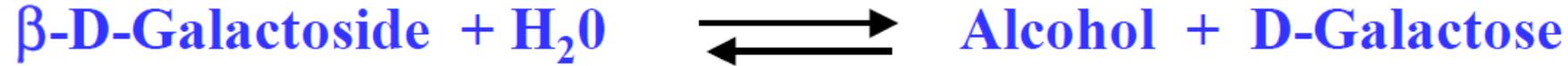


Transferases

- [EC 2.1](#) includes enzymes that transfer one-carbon groups ([methyltransferase](#))
- [EC 2.2](#) includes enzymes that transfer [aldehyde](#) or [ketone](#) groups
- [EC 2.3](#) includes [acyltransferases](#)
- [EC 2.4](#) includes [glycosyltransferases](#)
- [EC 2.5](#) includes enzymes that transfer [alkyl](#) or [aryl](#) groups, other than methyl groups
- [EC 2.6](#) includes enzymes that transfer [nitrogenous](#) groups ([transaminase](#))
- [EC 2.7](#) includes enzymes that transfer [phosphorus](#)-containing groups ([phosphotransferase](#), including [polymerase](#) and [kinase](#))
- [EC 2.8](#) includes enzymes that transfer [sulfur](#)-containing groups ([sulfurtransferase](#) and [sulfotransferase](#))
- [EC 2.9](#) includes enzymes that transfer [selenium](#)-containing groups

• 3- إنزيمات التحلل المائي **Hydrolases**:

- تحلل الروابط بإضافة OH ، H على طرفي الرابطة
- مثال 1: إنزيمات تحلل الرابطة الجلايكوزيدية



E.C. 3.2.1.23 β -D-Galactoside galactohydrolase

- مثال 2: إنزيم ليباز الذي يحلل الجليسيريدات الثلاثية مائياً إلى جليسيرول وأحماض دهنية

E.C. 3.1.3.1 Glycerol ester hydrolase (Lipase)

E.C. 3.2.1.26 β -D-Fructofuranoside fructohydrolyse (Sucorase)

hydrolases

- EC 3.1: ester bonds (esterases: nucleases, phosphodiesterases, lipase, phosphatase)
- EC 3.222: sugars (DNA glycosylases, glycoside hydrolase)
- EC 3.3: ether bonds
- EC 3.4: peptide bonds (Proteases/peptidases)
- EC 3.5: carbon-nitrogen bonds, other than peptide bonds
- EC 3.6 acid anhydrides (acid anhydride hydrolases, including helicases and GTPase)
- EC 3.7 carbon-carbon bonds
- EC 3.8 halide bonds
- EC 3.9: phosphorus-nitrogen bonds
- EC 3.10: sulfur-nitrogen bonds
- EC 3.11: carbon-phosphorus bonds
- EC 3.12: sulfur-sulfur bonds
- EC 3.13: carbon-sulfur bonds



• 4- إنزيمات التفكك **Lyases**:

- تفكيك المركب ونشوء رابطة مزدوجة والتفاعلات العكسية لها
- مثال 1: إنزيمات تحلل الرابطة الجلايكوزيدية



E.C. 4.1.2.1 L- Malate Hydrolyase (Fumarase)

- مثال 2: إنزيم ألدولاز الذي يحلل الكيتوز فوسفات إلى ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات + الدهايد



E.C. 4.1.2.7 Ketose 1-Phosphate Aldehydelyase (Aldolase)

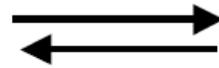
Lyases

- [EC 4.1](#) includes lyases that cleave carbon-carbon bonds, such as [decarboxylases](#) (EC 4.1.1), [aldehyde lyases](#) (EC 4.1.2), oxo acid lyases (EC 4.1.3) and others (EC 4.1.99)
- [EC 4.2](#) includes lyases that cleave carbon-oxygen bonds, such as [dehydratases](#)
- [EC 4.3](#) includes lyases that cleave carbon-nitrogen bonds
- [EC 4.4](#) includes lyases that cleave carbon-sulfur bonds
- [EC 4.5](#) includes lyases that cleave carbon-halide bonds
- [EC 4.6](#) includes lyases that cleave phosphorus-oxygen bonds, such as [adenylate cyclase](#) and [guanylate cyclase](#)
- [EC 4.99](#) includes other lyases, such as [ferrochelataase](#)

• 5- إنزيمات التماكب **Isomerases**:

- وهي إنزيمات تحول المركبات إلى مماكبات سواء تماكب موضعياً أو هندسياً أو ضوئياً

All Trans Retinene



11-Cis-Retinene

**E.C. 5.2.1.3 All Trans Retinene 11-Cis-Trans
Isomerase (Retinene Isomerase)**

- مثال 2: إنزيمات تحويل السكر الأدهيدي إلى كيتوني
مثل ألدو كيتو أيزوميراز

**D-Glyceraldehyde 3-Phosphate
3-Phosphate**



Dihydroxy Acetone

E.C. 5.3.1.1 D-Glyceraldehyde 3-Phosphate Ketol Isomerase

Isomerases

- [EC 5.1](#) includes enzymes that catalyze [racemization](#) ([racemases](#)) and [epimerization](#) ([epimerases](#))
- [EC 5.2](#) includes enzymes that catalyze the isomerization of [geometric isomers](#) ([cis-trans isomerases](#))
- [EC 5.3](#) includes [intramolecular oxidoreductases](#)
- [EC 5.4](#) includes intramolecular [transferases](#) ([mutases](#))
- [EC 5.5](#) includes intramolecular [lyases](#)
- [EC 5.99](#) includes other isomerases (including [topoisomerases](#))

• 6- الإنزيمات الصانعة :Ligases

• تربط بين مركبين ونشوء رابطة بين C-C, C-N, C-O, C-S



E.C. 6.4.1.2 Acetyl CoA: CoA CO₂ Ligase
(Acetyl Co carboxylase)

Ligases

- [EC 6.1](#) includes ligases used to form carbon-oxygen bonds
- [EC 6.2](#) includes ligases used to form carbon-sulfur bonds
- [EC 6.3](#) includes ligases used to form carbon-nitrogen bonds (including [argininosuccinate synthetase](#))
- [EC 6.4](#) includes ligases used to form carbon-carbon bonds
- [EC 6.5](#) includes ligases used to form [phosphoric ester](#) bonds
- [EC 6.6](#) includes ligases used to form nitrogen-metal bonds

The EC System



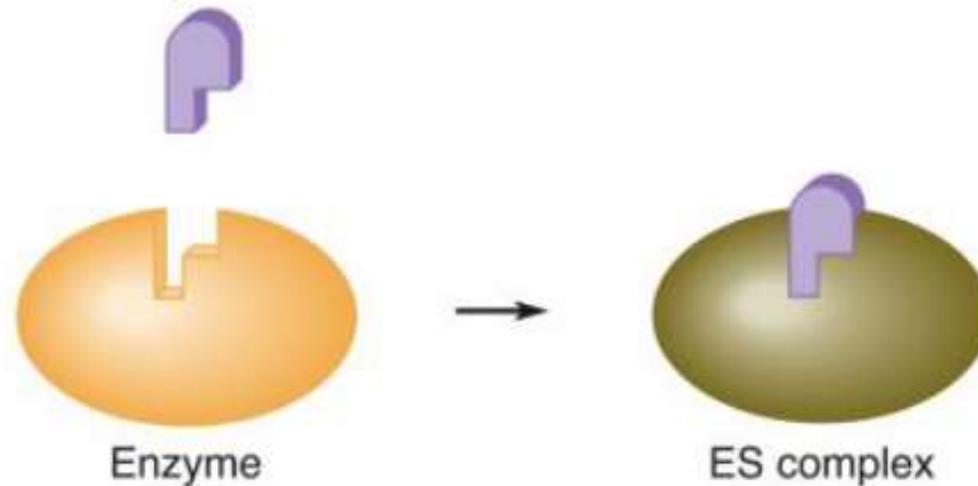
EC 1	Oxidoreductases	EC 3	Hydrolases
EC 1.1	Acting on the CH-OH group of donors	EC 3.1	Acting on Ester Bonds
EC 1.2	Acting on the aldehyde or oxo group of donors	EC 3.2	Glycosylases
EC 1.3	Acting on the CH-CH group of donors	EC 3.3	Acting on Ether Bonds
EC 1.4	Acting on the CH-NH ₂ group of donors	EC 3.4	Acting on peptide bonds (Peptidases)
EC 1.5	Acting on the CH-NH group of donors	EC 3.5	Acting on Carbon-Nitrogen Bonds, other than Peptide Bonds
EC 1.6	Acting on NADH or NADPH	EC 3.6	Acting on Acid Anhydrides
EC 1.7	Acting on other nitrogenous compounds as donors	EC 3.7	Acting on Carbon-Carbon Bonds
EC 1.8	Acting on a sulfur group of donors	EC 3.8	Acting on Halide Bonds
EC 1.9	Acting on a heme group of donors	EC 3.9	Acting on Phosphorus-Nitrogen Bonds
EC 1.10	Acting on diphenols and related substances as donors	EC 3.10	Acting on Sulfur-Nitrogen Bonds
EC 1.11	Acting on a peroxide as acceptor	EC 3.11	Acting on Carbon-Phosphorus Bonds
EC 1.12	Acting on hydrogen as donor	EC 3.12	Acting on Sulfur-Sulfur Bonds
EC 1.13	Acting on single donors with incorporation of molecular oxygen (oxygenases)	EC 3.13	Acting on Carbon-Sulfur Bonds
EC 1.14	Acting on paired donors, with incorporation or reduction of molecular oxygen	EC 4	Lyases
EC 1.15	Acting on superoxide as acceptor	EC 4.1	Carbon-Carbon Lyases
EC 1.16	Oxidizing metal ions	EC 4.2	Carbon-Oxygen Lyases
EC 1.17	Acting on CH or CH ₂ groups	EC 4.3	Carbon-Nitrogen Lyases
EC 1.18	Acting on iron-sulfur proteins as donors	EC 4.4	Carbon-Sulfur Lyases
EC 1.19	Acting on reduced flavodoxin as donor	EC 4.5	Carbon-Halide Lyases
EC 1.20	Acting on phosphorus or arsenic in donors	EC 4.6	Phosphorus-Oxygen Lyases
EC 1.21	Acting on X-H and Y-H to form an X-Y bond	EC 4.99	Other Lyases
EC 1.97	Other oxidoreductases	EC 5	Isomerases
EC 1.98	Enzymes using H ₂ as reductant	EC 5.1	Racemases and Epimerases
EC 1.99	Other enzymes using O ₂ as oxidant	EC 5.2	cis-trans-Isomerases
EC 2	Transferases	EC 5.3	Intramolecular Oxidoreductases
EC 2.1	Transferring One-Carbon Groups	EC 5.4	Intramolecular Transferases
EC 2.2	Transferring Aldehyde or Ketonic Groups	EC 5.5	Intramolecular Lyases
EC 2.3	Acyltransferases	EC 5.99	Other Isomerases
EC 2.4	Glycosyltransferases	EC 6	Ligases
EC 2.5	Transferring Alkyl or Aryl Groups, Other than Methyl Groups	EC 6.1	Forming Carbon-Oxygen Bonds
EC 2.6	Transferring Nitrogenous Groups	EC 6.2	Forming Carbon-Sulfur Bonds
EC 2.7	Transferring Phosphorus-Containing Groups	EC 6.3	Forming Carbon-Nitrogen Bonds
EC 2.8	Transferring Sulfur-Containing Groups	EC 6.4	Forming Carbon-Carbon Bonds
EC 2.9	Transferring Selenium-Containing Groups	EC 6.5	Forming Phosphoric Ester Bonds
		EC 6.6	Forming Nitrogen-Metal Bonds

EC 1.1	Acting on the CH-OH group of donors
1.1	EC 1.1.1 With NAD or NADP as acceptor
1.2	EC 1.1.2 With a cytochrome as acceptor
1.3	EC 1.1.3 With oxygen as acceptor
1.4	EC 1.1.4 With a disulfide as acceptor
1.5	EC 1.1.5 With a quinone or similar compound as acceptor
1.6	EC 1.1.99 With other acceptors

EC 1.1.1 With NAD or NADP as acceptor
EC 1.1.1.1: alcohol dehydrogenase
EC 1.1.1.2: alcohol dehydrogenase (NADP+)
EC 1.1.1.3: homoserine dehydrogenase

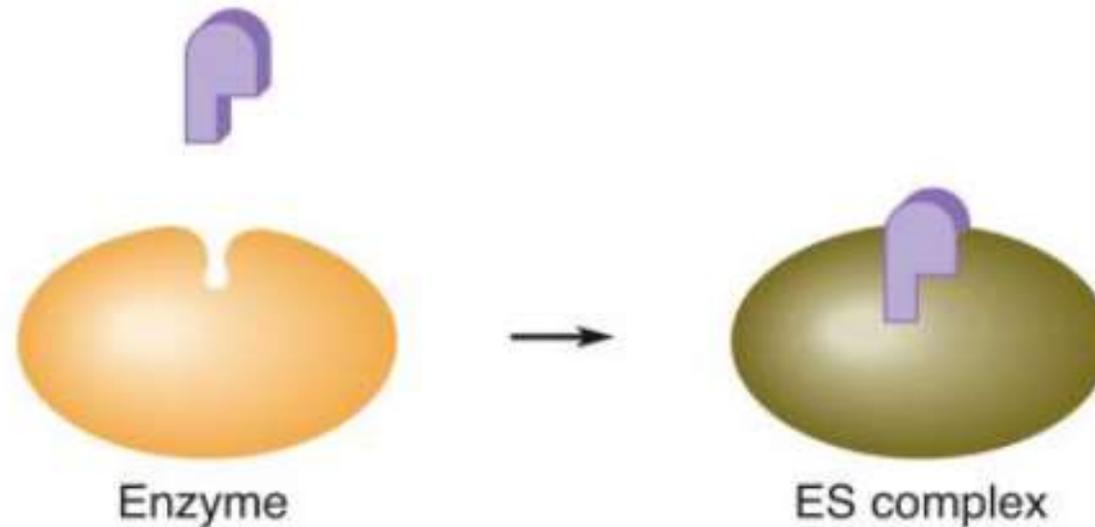
Lock-and-Key Theory

- The **lock-and-key theory** explains the high specificity of enzyme activity. Enzyme surfaces accommodate substrates having specific shapes and sizes, so only specific substances “fit” in an active site to form an ES complex.
- A limitation of this theory is that it requires enzymes conformations to be rigid. Research suggests that instead enzymes are at least somewhat flexible.



Induced-Fit Theory

- A modification of the lock-and-key theory called the **induced-fit theory** proposes that enzymes have flexible conformations that may adapt to incoming substrates.
- The active site adopts a shape that is complementary to the substrate only after the substrate is bound.



شكرا للأصغاء

ENZYME



Substrate



Active Site