كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : الانزيمات

المحاضرة : ملحق الرابعة/نظري/د.سومر

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الرابعة

الموضوع : ملحق المحاضرة تاريخ : / / ٢٠

تصنيف الأنزيمات

الدكتور سومر راجب شعبان

نظراً لازدياد عدد الأنزيمات المعروفة فقد اقترح الاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية إدخال النظام العشري للأنزيمات المبني على طبيعة التفاعل الكيميائي الوساطي، يعطي هذا التصنيف معلومات مباشرة عن ميكانيكية عملية الوساطة الجارية واستناداً عليه تم تقسيم الأنزيمات إلى ست صفوف رئيسية وهي:

١- أنزيمات الأكسدة والإرجاع وتقسم إلى ١٩ تحت صف
٢- الأنزيمات الناقلة (ترانس فيراز): ٨ تحت صفوف
٣- أنزيمات الحلمهة (هيدرولاز): ٨ تحت صفوف
٤- أنزيمات التفكك (ليياز): ٤ تحت صفوف
٥- أنزيمات التماكب (ايزوميراز): ٥ تحت صفوف
٦- أنزيمات الاصطناع: ٤ تحت صفوف

يقسم كل صف من هذه الصفوف إلى تحت صف وذلك حسب نمط الزمرة التي تعاني التفاعل * مثلاً في أنزيمات الأكسدة والإرجاع يدل تحت الصف على طبيعة الجسم المانح للالكترونات أو البروتونات (وهنا يصف الجسم الخاضع لعملية الأكسدة والإرجاع)
- في الأنزيمات الناقلة يدل تحت الصف على طبيعة الزمرة المنتقلة
- في الأنزيمات المحللة يدل تحت الصف على طبيعة الرابطة المحللة
- في الأنزيمات المفككة يدل تحت الصف على نوع الرابطة الخاضعة للكسر

* إن كل تحت صف يقسم إلى تحت تحت صف اعتماداً على طبيعة الزمرة الناتجة أو المنحول إليها.

وهكذا ظهرت تسمية جديدة تعبر عن اسم الأنزيم وهي عبارة عن شيفرة مؤلفة من أربعة أرقام تفصل بينها يدل الرقم الأول على الصف ويدل الرقم الثاني على تحت الصف والثالث على تحت تحت الصف أما الرقم الرابع فهو يدل على الترتيب التسلسلي للأنزيم.

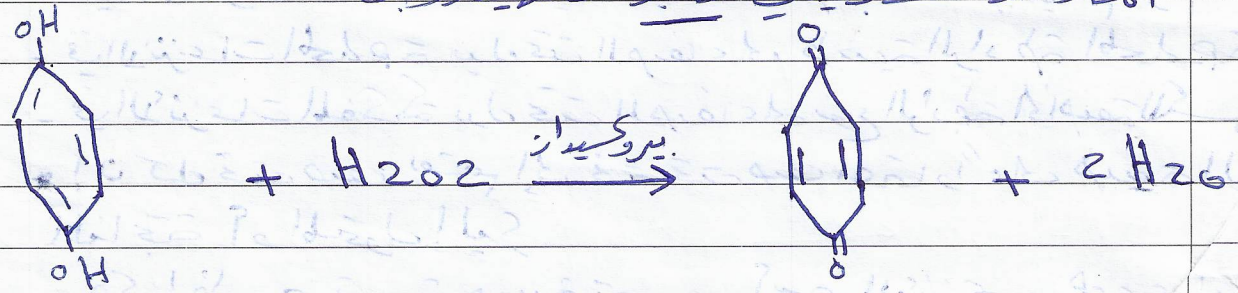
The LORD

مثال : أنزيم الغلوتامات دي هيدروجيناز عليك السهرة
E.C. 1.4.1.3

هذا الأنزيم ينتمي للصف الأول (أنزيمات الأكسدة والإرجاع) وينتمي لتحت الصف 4 حيث يؤثر على المجموعة الأمينية المتعلقة بذرة الكربون $CH-NH_2$ <
وينتمي إلى تحت تحت الصف 1 حيث يوصف طبيعة الآخذ الذي هو في هذه الحالة NAD^+
أما الرقم الرابع 3 يدل على الرقم المتسلسل في تحت تحت الصف
وتصبح التسمية المنهجية لهذا الأنزيم :
أوكسيدوريدوكتاز NAD^+ : غلوتامات . L

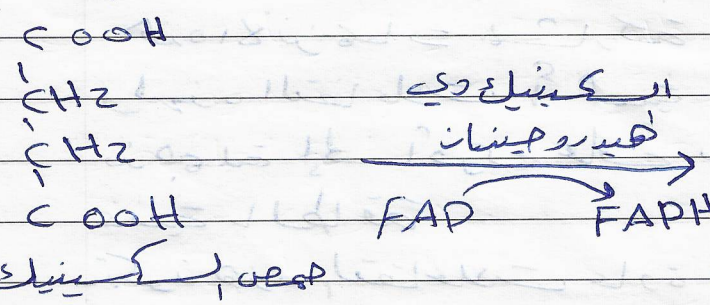
أولاً : أنزيمات الأكسدة والإرجاع
تنقل هذه الأنزيمات الهيدروجين أو الإلكترونات ما بين الجزيئات المتفاعلة وتتوسط الأكسدة البيولوجيا ويكون لهذه الإنزيمات مرافقات أنزيمية نوعية مثل NAD^+ أو NADP أو FAD
★ بعض الأمثلة حول عمليات الأكسدة والإرجاع في الخلية الحية :

1 أكسدة المركبات الحلقية بواسطة البيروكسيداز حيث يعمل الماء الأكسجيني كآبٍ للهيدروجين

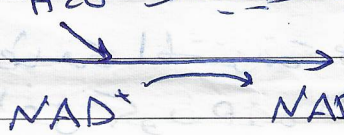


دي هيدروكينون — كينون

٢ تفاعل أكسدة حمض السكسينيك عن طريق نزع الهيدروجين منه لتشكيل رابطة مضاعفة بواسطة أنزيم السوكسينيك ديهيدروجيناز والمرافق الأنزيمي FAD وذلك وفق التفاعل



٣ تحويل الألدهيدات المتشكلة خلال استلاب الحموض الدسمة إلى حموض كربوكسيلية بواسطة أنزيم الألدهيد دي هيدروجيناز



ثانياً الأنزيمات الناقلة: تتوسط هذه الأنزيمات تفاعلات نقل مجموعات مختلفة (الميتيل، الكربوكسيل، الألدهيد) من جزيئة إلى أخرى بواسطة حوامل خاصة نوعية تعمل كرافقات أنزيمية

١- أنزيم ترانس كيتولاز: ينقل مجموعة غليكول ألدهيد من أحد الكيتوزات إلى ألدهيد آخر ويتطلب وجود مركب الثيامين بيروفوسفات TPP كمرافق أنزيمي و Mg^{++}

٢ الأنزعات الناقلة لمجموعة الأسيل R.CO: نذكر منها أنزيم الأسيتيل ترانس أسيلاز الذي يلعب دوراً هاماً في استلاب المواد الدهنية بمشاركة بروتين حامل لجذر الأسيل كما يشارك في هذا الاضطناع الكوأنزيم A (منبع للطاقة)

٣) الأنزيمات الناقلة للكوأنزيم A : تنقل CoA وهي شبيهة جداً بالسابقة

٤) الأنزيمات الناقلة لمجموعة الفوسفات : تجري أغلب تفاعلات هذه الأنزيمات بمشاركة ATP وأنزيمات تدعى الكينازات ولهذه التفاعلات أهمية كبرى كونها ناقلة للطاقة من جملة إلى أخرى على شكل روابط فوسفاتية غنية بالطاقة

- تكون هذه التفاعلات عادة غير عكوسة بسبب استبدال الطاقة العالية في الكاشف بطاقة منخفضة في الناتج ومن أمثلتها الهكسوكيناز:

$$\text{غلوكوز} + \text{ATP} \xrightarrow[\text{هكسوكيناز}]{Mg^{++}} \text{غلوكوز-6-فوسفات} + \text{ADP}$$

- أما إذا كانت الطاقة المختزنة في الناتج تعادل الطاقة المختزنة في الداخل تكون هذه العمليات عكوسة

$$AMP + ATP \xrightleftharpoons[\text{ميوكيناز}]{Mg^{++}} ADP + ADP$$

٥) الأنزيمات الناقلة لمجموعة الأمين : لهذه الأنزيمات أهمية في استقلاب الأحماض الأمينية وتتم عملية نقل المجموعة الأمينية من الجسم الحاوي (الحمض أمينية) إلى الأخذ (كيتوني) تستخدم هذه الأنزيمات (B6) كمرافق أنزيمي

$$R_1-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-R_2 + R_3-\underset{\underset{O}{||}}{C}-R_4 \xrightarrow[\text{ترانس أمينيز}]{B6} R_1-\underset{\underset{O}{||}}{C}-R_2 + R_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-R_4$$

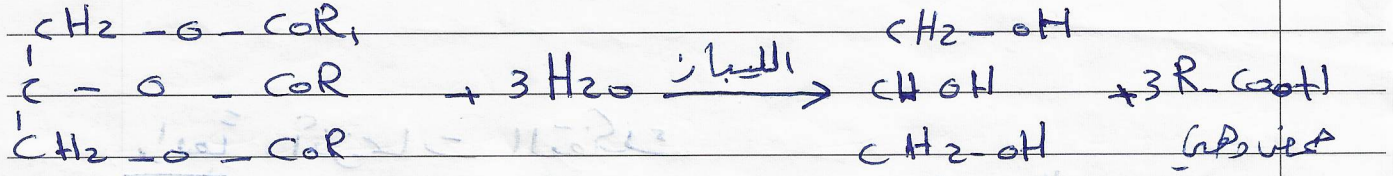
مركب أمينية — مركب كيتوني

ثالثاً أنزيمات الحلمهة

إن الصفة العامة لهذه الأنزيمات هي أنها يتوسطون التفاعل بوجود جزيئة ماء أي فهم الارتباطات المعقدة إلى اتحادات أبسط عن طريق ربط جزيئة ماء على طرفي الرابطة المنكسرة.

* نذكر من أنزيمات الحلمهة

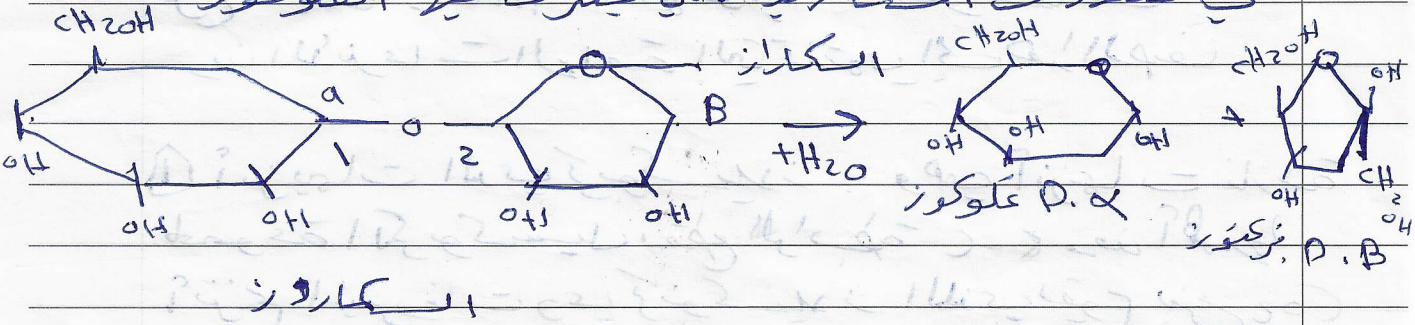
١ أنزيم الليباز : يتوسط حلمهة الليبدات عن طريق تحليم الروابط الاستيرية للليبدات وذلك حسب المعادلة



ليبيد

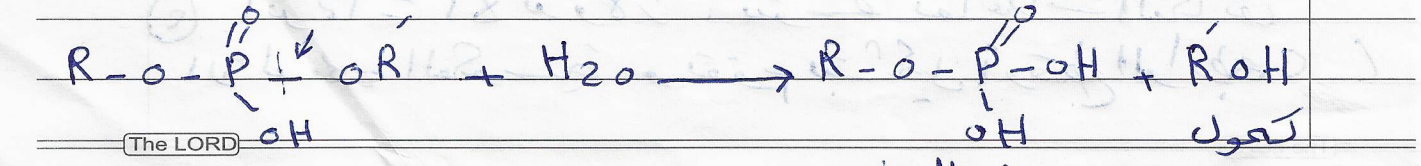
٢ الأنزيمات الهاضمة : مثل البيبسين ، التربسين ، الكيموتريبسين وتقوم على تحليم الروابط الببتيدية في البروتينات والببتيدات

٣ الكاربوهيدراز : يتوسط تفاعلات تحليم الروابط الغليكوزيدية في متعددات السكاريد التي يشترك في تركيبها الغلوكوز



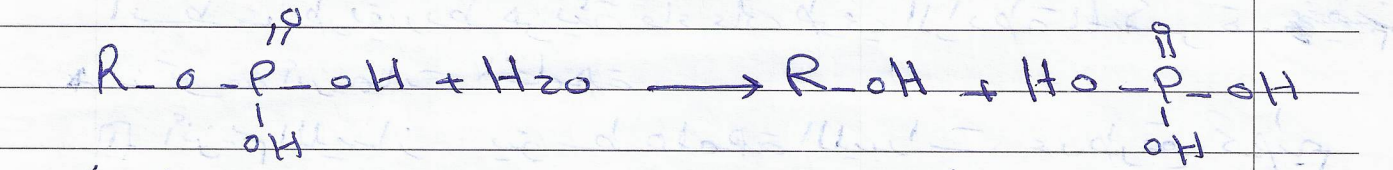
الكاربوهيدراز

٤ الفوسفوري استيراز : يعمل هذا الأنزيم على حلمهة الروابط الإستيرية المتكونة بين المجموعات الهيدروكسيلية في الكحولات وحمض الفوسفات المتأين فمن هو الفوسفور بوجود جزيئة ماء



The LORD

٥- الفوسفتاز : يساهم الفوسفتاز بنوعيه الحمضي والقلوي في حلمهة وتحريم الروابط الإيثرية التي يشترك فيها هذا الفوسفور ليشكل الكحول والفوسفور

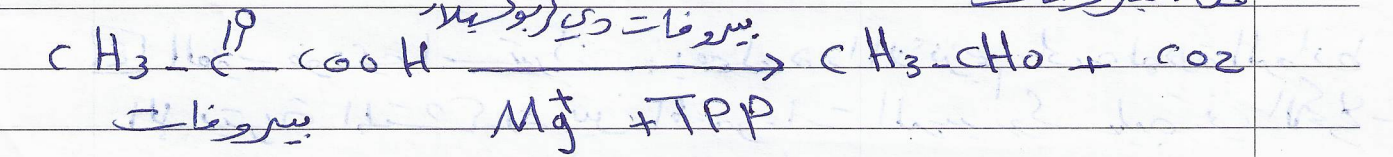


رابعاً : أنزيمات التفكك

تنتمي أنزيمات التفكك للصف الرابع وتقسم إلى ٤ تحت صنف تقوم هذه الأنزيمات بعملها عن طريق حذف / نزع / جزيئات صغيرة من جزيئة الركازة لتشكيل روابط مضاعفة أو على العكس تقوم بضم جزيئات صغيرة إلى جزيئة الركازة ذات الرابطة المضاعفة وذلك بطريق غير طريق الحلمهة مثلاً نزع CO_2 ، H_2O ، الأمونيا ، الفوسفات

ومن الأنزيمات الهامة التي تنتمي إلى هذا الصف

١) أنزيمات الدي كربوكسيلاز : وهي أنزيمات نازعة لمجموعة الكربوكسيل بقطع الرابطة C-C ومن أهمها أنزيم البيروفات دي كربوكسيلاز الذي يقوم بنزع CO_2 من البيروفات



٢) أنزيمات الألدولاز : تتوسط تفاعلات التكاثف الألدولي العكوسية وتقوم بتشكيل أو قطع الرابطة C-C

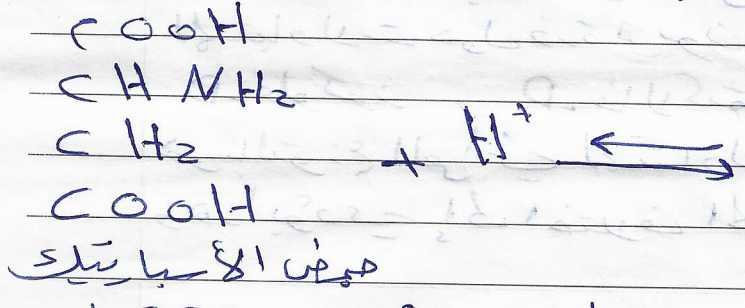
The LORD

مثال : أنزيم فركتوز دي فوسفات ألدولاز الذي يقوم بكسر الرابطة بين ذرتي الكربون 3 و 4 في الفركتوز لتشكيل جزيئين من السكر الثلاثية تشمل ألدهيد وكيتون

ألدهيد + كيتون ← فركتوز دي فوسفات ألدولاز — فركتوز دي فوسفات

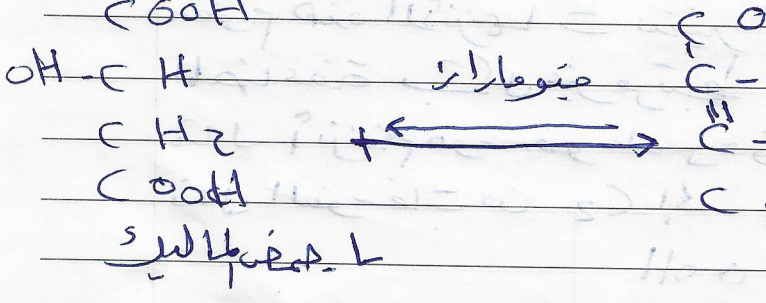
٣ أنزيمات الدي أمينيز : تقوم بنزع مجموعة أمين (مجموعة عنترة كربونية من الأمينات والأحماض الأمينية مما يؤدي إلى تشكيل حمض كربوكسيلي غير مشبعة

مثال أنزيم الأسبارتيز يتوسط نزع جزيئة نشادر من حمض الأسبارتيك وتم حفزها إلى حمض الفيومارليك



حمض الأسبارتيك — حمض الفيومارليك

٤ أنزيمات الهيدراز : تقوم بإضافة أو نزع جزيئة ماء إلى الجزيئة العضوية كأنزيم الفيومارز



L حمض الماليك — حمض الفيومارليك

خامساً : أنزيمات المماكب

تشمل هذا الصنف كل الأنزيمات التي تتوسط التحولات الداخلية للماكبات الضوئية، الهندسية والموضعية وأهم

① أنزيمات الراسيماز (تحت الصنف الأول)

تتوسط تفاعلات تحول الحموض الأمينية من النوع L إلى خليط مؤلف من النوعين L و D مثال الألانين راسيماز يحول L ألانين إلى D ألانين

② أنزيمات الأيبيميراز (تحت الصنف الأول)

تصادف هذه الأنزيمات في تحولات السكر إذ يقال عن سكر أنه إيبيمير لآخر إذا اختلف بالتوزع الفراغي للمتبادلات حول ذرة كربون واحدة مثال

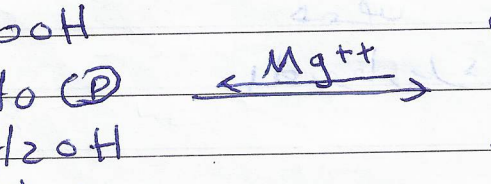
D-غلوكوز و D-غالاكتوز، الاختلاف بين السكرين هو بالتوزع الفراغي للمتبادلات حول ذرة الكربون الرابعة وهذا يؤدي إلى اختلاف الخواص الفيزيائية والكيميائية

③ أنزيمات مقرون-مفروق (Cis-Trans)

(تحت الصنف الثاني)

تقوم هذه الأنزيمات بتغيير التشكيل الهندسي حول الرابطة المضاعفة بشكل غير مرتبط بالفعالية الضوئية للجزيء

مثال أنزيم فوسفوغليسروموتاز الذي يتوسط عملية نقل الفوسفات من C2 إلى C3 في فوسفوحمض الغليسريك



سادساً : أنزيمات الليغاز (سينثاز)

تقسم إلى ٤ تحت مسقوف وتتوسط تفاعلات ربط جزيئتين مع بعضهما لتشكيل إحدى الروابط C=O أو C-O أو C=S أو C-S أو N=S أو N-S أو C=N أو C-N

تتميز هذه التفاعلات بماعدة الـ ATP وذلك لأهمية الطاقة للاصطناع نذكر من الأمثلة

١- تشكيل الرابطة C-S بواسطة أنزيم أسيل كوانزيم A سينثاز

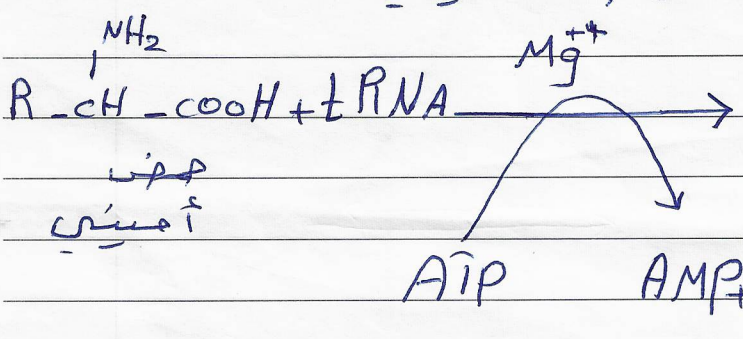
$$CoA\text{-}SH + CH_3COOH \xrightarrow{ATP} CH_3\text{-}CO\text{-}S\text{-}CoA + H_2O$$

كوانزيم A — حمض الخل — أسيل كوانزيم A

يمكن أن يكون هذا التفاعل عكوسي لأن المركب الناتج غني بالطاقة

٢- تشكيل الرابطة C-O بواسطة أنزيم الأمينوأسيل TRNA سينثاز

حيث تقوم هذه الأنزيمات بتنشيط الحموض الأمينية في عملية اصطناع البروتين، حيث أن الأمينوأسيل-tRNA هو الشكل الفعّال للحمض الأميني



٣- تشكيل الرابطة C-C يقوم بعمل هذه التفاعلات أنزيمات الكربوكسيلات يتلزم لعملها وجود البيوتين كمرافق أنزيمي وحامل لمجموعة الكربوكسيل إضافة للـ ATP مثال أنزيم بيروفات كاربوكسيلاز

The LORD

٤. تشكيل الرابطة C-N عن طريق تثبيت الأنيون
يتكل نادر على الجزيئة المضنوية مثل
أنزيم الفلوتاميد سيناز

المحاضرة الخامسة
بعنوان
(مضادات الأكسدة)

مكتبة A to Z