

**قسم الكيمياء الحيوية
كلية العلوم
جامعة الملك سعود**

مقرر 101 كيم

د/ محمد سمير الراج

مقدمة

- أقصى فترة للغياب هي 13 محاضرة.
- التواصل عن طريق المكتب: 2 أ 66 مبنى 5 (قسم الكيمياء الحيوية – كلية العلوم)
- أو عن طريق الإيميل: melrobh@ksu.edu.sa
- ملفات المقرر وإعلانات عن الإمتحان وغيره، موجودة بالموقع الشخصي: <http://fac.ksu.edu.sa/melrobh> وأيضا (lms.ksu.edu.sa).
- ستجد على الموقع نماذج لإمتحانات سابقة وتحميل ملفات المقرر وإعلانات عن موعد الإمتحانات الدورية وكذلك سيتم إعلان نتيجة الشهري الأول والثاني بالموقع.
- لمعرفة قاعات العملي، برجاء مراجعة لوحة الإعلانات بقسم الكيمياء الحيوية بالدور الثاني.
- توزيع الدرجات:
- الشهري الأول (15) درجة **غالبا**
- الشهري الثاني (20) درجة **غالبا**
- العملي 25 درجة

الجدول الزمني المقترح لمقرر كيم ١٠١

الكتاب الدراسي المقترح "مقدمة في الكيمياء الحيوية"

تأليف أ.د. عمر بن سالم العباس ، أ.د. ماجد بن صالح العقيل

أ.د. ناصر بن محمد الداغري ، أ.د. عادل بن عبدالله الغانم

الأسبوع	المحاضرات	الصفحات	الموضوع
الأول	٣ - ١	٣٠ - ١٥	تعريف بعلم الكيمياء الحيوية ، تعريف بالخلايا ووصف مكوناتها ووظائفها.
الثاني	٦ - ٤	٤٩ - ٣٧	الماء - تآين الماء - ، الأحماض القواعد ، الأس الهيدروجيني ، معادلة هندرسن هازلباخ ، المحاليل المنظمة.
الثالث	٩ - ٧	٦٣ - ٥٣	تعريف الحمض الأميني ومكوناته ، تقسيم الأحماض الأمينية ، خواص الأحماض الأمينية ، الكشف عن الأحماض الأمينية.
الرابع	١٢ - ١٠	٧٠ - ٦٤	تعريف البروتينات ، الببتيدات والرابطة الببتيدية ، خواص البروتينات. تقسيم البروتينات على حسب الوظيفة والتركيب ، البناء الحيوي للبروتينات (أولي، ثانوي، ثلاثي، رباعي).
الخامس	١٥ - ١٣	٩٠ - ٧١	تعريف الإنزيمات (أهم مميزات ، طبيعتها الكيميائية) ، تصنيف الإنزيمات ، ارتباطها مع المادة المتفاعلة ، المرافقات الإنزيمية ، طاقة التنشيط ، العلاقة بين تركيز المادة المتفاعلة وسرعة التفاعل (معادلة مكيلز منتن) ، العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الإنزيمي ، مثبطات الإنزيمات ، الزيموجينات.
السادس	١٨ - ١٦	١٠٥ - ٩٣	قواعد الكربوهيدرات ، تصنيف الكربوهيدرات ، السكريات الأحادية ،

د/ محمد الربيع

3

الخلية

The Cell

د/ محمد الربيع

4

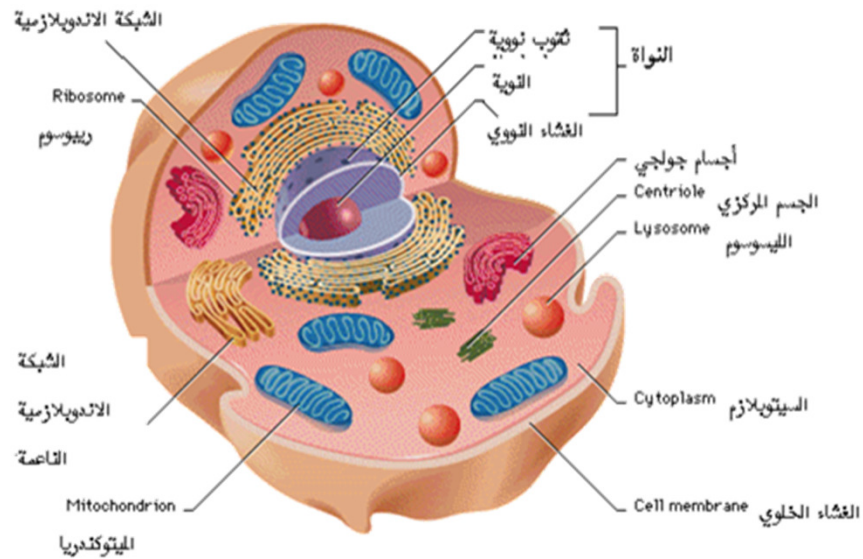
أنواع الخلايا

- يوجد نوعين من الخلايا:
- خلايا **حقيقية** النواة حيث **يوجد** لها غشاء محيط بالمادة الوراثية مثل الخلايا الحيوانية و النباتية
- خلايا **غير حقيقية** النواة حيث **لا يوجد** غشاء محيط بالمادة الوراثية مثل الكائنات الدقيقة (البكتيريا و الفيروسات)

د/ محمد الربيع

5

خلايا حقيقية النواة



د/ محمد الربيع

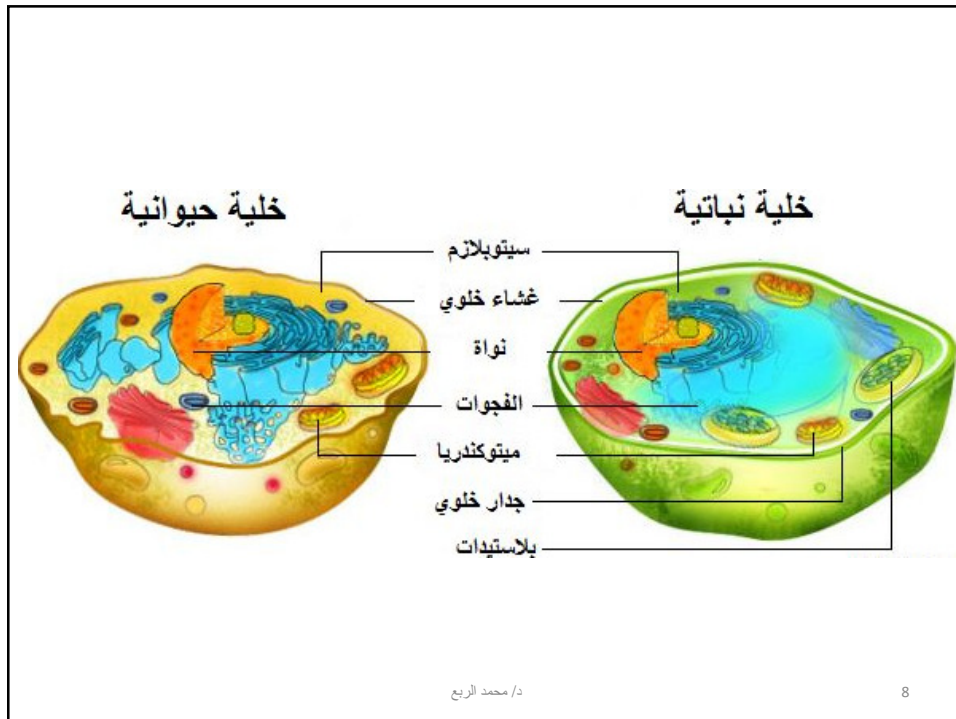
6

وظائف عضيات الخلية

- الريبوسومات: مكان تصنيع البروتينات.
- الليسوسومات: تحتوي على إنزيمات هاضمة.
- الميتوكوندريا: مكان إنتاج الطاقة (ATP).
- النواة: تحتوي على المادة الوراثية وهي أكبر عضيات الخلية حجماً.
- الغشاء الخلوي: الحماية.
- الجدار الخلوي: الحماية.
- الشبكة الإندوبلازمية الخشنة: تصنيع البروتينات التي سيتم إفرازها خارج الخلية.
- الشبكة الإندوبلازمية الناعمة: تصنيع وإفراز الدهون.

د/ محمد الربيع

7



د/ محمد الربيع

8

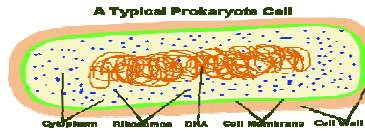
مقارنة

الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
لا يوجد بلاستيدات خضراء	لا يوجد بلاستيدات خضراء
النواة طرفية	النواة مركزية
لا يوجد جسم مركزي	يوجد جسم مركزي
يوجد جدار خلوي	لا يوجد جدار خلوي

د/ محمد الربيع

9

خلايا غير حقيقية النواة- البكتيريا



- البكتيريا (Bacteria) كائنات وحيدة الخلية تنتمي إلى مجموعة من البدائيات ، و لا تحتوي كلها على الكلوروفيل ، و هي صغيرة جداً لدرجة انه إذا صف 1500 من بكتيريا النوع المسبب لمرض التيفوئيد ، طرفاً لطرف ، لا يتجاوز حجمها حجم رأس الدبوس .
- و يتراوح طول خلية البكتيريا بين 3-10 ميكرون 1/1000 ملم ، و هي لا ترى بالعين المجردة ، و لكن يمكن رؤيتها خلال المجهر المركب ،
-

10

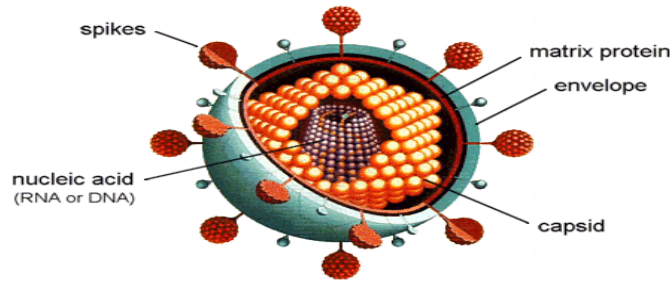
د/ محمد الربيع

- تعيش البكتيريا في كل مكان تقريباً على سطح الأرض ، و هي ذات أشكال مختلفة ، فهي : إما عصوية أو كروية ، أو حلزونية .
- يتרכب جدار الخلية في البكتيريا من مواد بروتينية و كربوهيدراتية ، و لا تحتوي النواة فيها على غشاء نووي ، و لا نوية ، بل توجد المادة الوراثية على شكل شريط من جزيء (DNA) داخل السيتوبلازم .
- تستطيع البكتيريا التكاثّر خارج جسم الكائن الحي أو في أوساط اصطناعية تحتوي على مواد غذائية .

د/ محمد الربيع

11

خاشا غير حقيقية النواة - الفيروسات



- أما الفيروسات (Viruses) في أصغر حجماً من البكتيريا ، و أكبرها لا يتجاوز حجمه 1/10 عُشر حجم بكتيريا عادية ، و لم يستطع العلماء مشاهدة الفيروسات إلا بعد اكتشاف المجهر الإلكتروني في القرن العشرين ، و من حيث الشكل فالفيروسات إما أن تكون عصوية أو كروية .

د/ محمد الربيع

12

- يتركب الفيروس من جدار بروتيني يحوي بداخله الحمض النووي
- (R.N.A.) أو (D.N.A.) .
- فالفيروسات التي تعيش داخل الخلايا الحيوانية ، أو داخل خلايا بكتيرية ، تحتوي على حمض (D.N.A.) .
- أما الفيروسات التي تعيش داخل الخلايا النباتية فتحتوي على الحمض
- (R.N.A.) . و لا تنمو الفيروسات أو تتكاثر إلا داخل الخلايا الحية ، و لم يستطع العلماء تنميتها في وسط اصطناعي كما هو الحال في البكتيريا .

د/ محمد الربيع

13

رابط يوضح مثال على نسبة الأشياء داخل وخارج الخلية

- <https://www.youtube.com/watch?v=l7kZideo0Cs>

د/ محمد الربيع

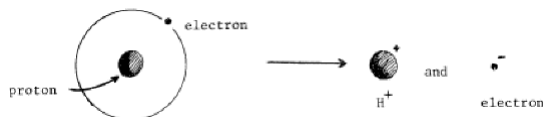
14

مقدمة في الكيمياء

د/ محمد الربيع

15

- ذرة الهيدروجين عبارة عن نواة بها بروتون واحد (موجب الشحنة) ويدور حولها إلكترون واحد (سالب الشحنة).
- فقد الإلكترون يجعل ذرة الهيدروجين تحمل شحنة موجبة وتسمى في هذه الحالة بروتون أو أيون الهيدروجين



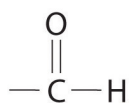
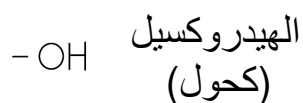
د/ محمد الربيع

16

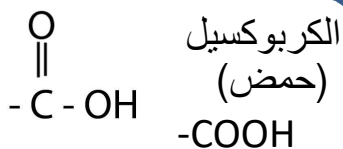
بعض المجموعات الوظيفية في الكيمياء العضوية



الكربونيل



الدهيد
-CHO
























د/ محمد الربيع

17

FUNCTIONAL GROUPS IN ORGANIC CHEMISTRY

FUNCTIONAL GROUPS ARE GROUPS OF ATOMS IN ORGANIC MOLECULES THAT ARE RESPONSIBLE FOR THE CHARACTERISTIC CHEMICAL REACTIONS OF THOSE MOLECULES. IN THE GENERAL FORMULAE BELOW, 'R' REPRESENTS A HYDROCARBON GROUP OR HYDROGEN, AND 'X' REPRESENTS ANY HALOGEN ATOM.

● HYDROCARBONS	● SIMPLE OXYGEN HETEROATOMICS	● HALOGEN HETEROATOMICS	● CARBONYL COMPOUNDS	● NITROGEN BASED	● SULFUR BASED	● AROMATIC
 <p>ALKANE Naming: -ane e.g. ethane</p>	 <p>ALKENE Naming: -ene e.g. ethene</p>	 <p>ALKYNE Naming: -yne e.g. ethyne</p>	 <p>ALCOHOL Naming: -ol e.g. ethanol</p>	 <p>ETHER Naming: -oxy-ane e.g. methoxyethane</p>	 <p>EPOXIDE Naming: -ene oxide e.g. ethene oxide</p>	 <p>HALOALKANE Naming: halo- e.g. chloroethane</p>
 <p>ALDEHYDE Naming: -al e.g. ethanal</p>	 <p>KETONE Naming: -one e.g. propanone</p>	 <p>CARBOXYLIC ACID Naming: -oic acid e.g. ethanoic acid</p>	 <p>ACID ANHYDRIDE Naming: -oic anhydride e.g. ethanoic anhydride</p>	 <p>ESTER Naming: -yl -oate e.g. ethyl ethanoate</p>	 <p>AMIDE Naming: -amide e.g. ethanamide</p>	 <p>ACYL HALIDE Naming: -oyl halide e.g. ethanoyl chloride</p>
 <p>AMINE Naming: -amine e.g. ethanamine</p>	 <p>NITRILE Naming: -nitrile e.g. ethanenitrile</p>	 <p>IMINE Naming: -imine e.g. ethanimine</p>	 <p>ISOCYANATE Naming: -yl isocyanate e.g. ethyl isocyanate</p>	 <p>AZO COMPOUND Naming: -azo- e.g. azoethane</p>	 <p>THIOL Naming: -thiol e.g. methanethiol</p>	 <p>ARENE Naming: -yl benzene e.g. ethyl benzene</p>

© COMPOUND INTEREST 2014 WWW.COMPOUNDCHEM.COM
Shared under a Creative Commons Attribution NonCommercial NoDerivatives licence.



الأحماض والقواعد

- 1. تعريف أرهينيوس للأحماض:
- هي المركبات التي تتأين في المحاليل المائية لتعطي أيونات الهيدروجين (تسمى أيضا بروتون H^+).
- 2. تعريف أرهينيوس للقواعد:
- هي المركبات التي تتأين لتعطي أيونات الهيدروكسيل (OH^-).
- 3. تعريف برونستد - لوري للأحماض:
- هو معطي أو مولد للبروتونات.
- 4. تعريف برونستد - لوري للقواعد:
- هي مستقبل للبروتونات.

د / محمد الربيع

19



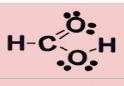


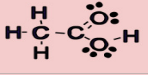

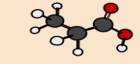
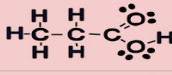

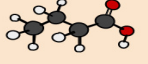
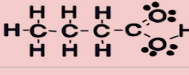

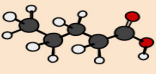
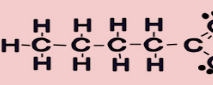
ما هو الحمض

- الذي يعطي بروتونات.
- $AH \rightarrow A^- + H^+$
- $R-COOH \rightarrow R-COO^- + H^+$

د / محمد الربيع

20

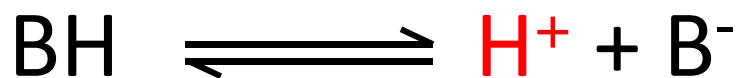
ما هي الـ R

Carboxylic Acids - Structures and Names				
Space-Filling Model	Ball-and-Stick Model	Lewis Structure	Stock Name	IUPAC Name
			Formic Acid	Methanoic Acid
			Acetic Acid	Ethanoic Acid
			Propionic Acid	Propanoic Acid
			Butyric Acid	Butanoic Acid
			Valeric Acid	Pentanoic Acid

د/ محمد الربيع

21

الأحماض والقواعد



حمض قاعدة بروتون

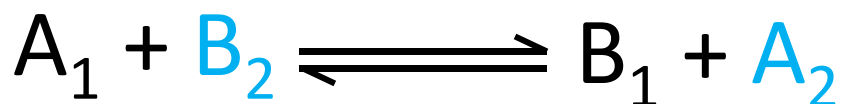
- لكل حمض قاعدة مرافقة له ولكل قاعدة حمض مرافق له.
- وبالتالي تسمى القاعدة B^- بالقاعدة المرافقة للحمض BH .
- والحمض BH هو الحمض المرافق للقاعدة B^- .

د/ محمد الربيع

22

الأحماض والقواعد

- يعتبر تعريف برونستد - لوري تعريفا عاما حيث يمكن تطبيقه على أي نوع من المذيبات، بينما يقتصر تطبيق أرهينيوس على المحاليل المائية.
- البروتون الحر لا يمكن تواجده إلا في الفراغ أو في الغازات المخففة جدا.
- كل تفاعلات الأحماض والقواعد من النوع التالي:

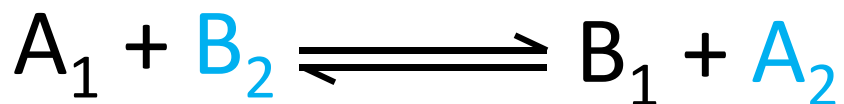


د/ محمد الربيع

23

الأحماض والقواعد

- أين هو زوج الحمض والقاعدة المرافقة له:

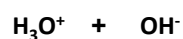
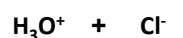
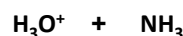
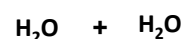
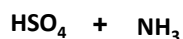
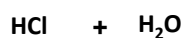
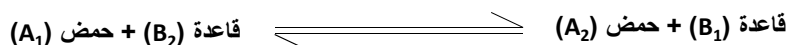


د/ محمد الربيع

24

الأحماض والقواعد

- أي أنه لإظهار الخاصية الحمضية لأي حمض، فلا بد من توفر مستقبل للبروتونات (أي القاعدة).
- وهذه بعض الأمثلة:



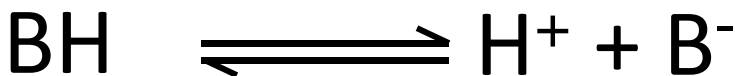
التأين الذاتي (Autoprotolysis)

د/ محمد الربيع

25

الأحماض والقواعد

- معظم الأحماض في الكائنات الحية عبارة عن أحماض ضعيفة أي تتأين بدرجة ضعيفة جدا بعكس الأحماض القوية:
- تمرين: أيهم حمض ضعيف

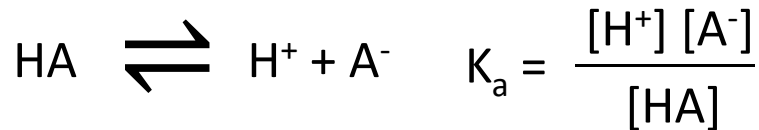


د/ محمد الربيع

26

الأحماض والقواعد

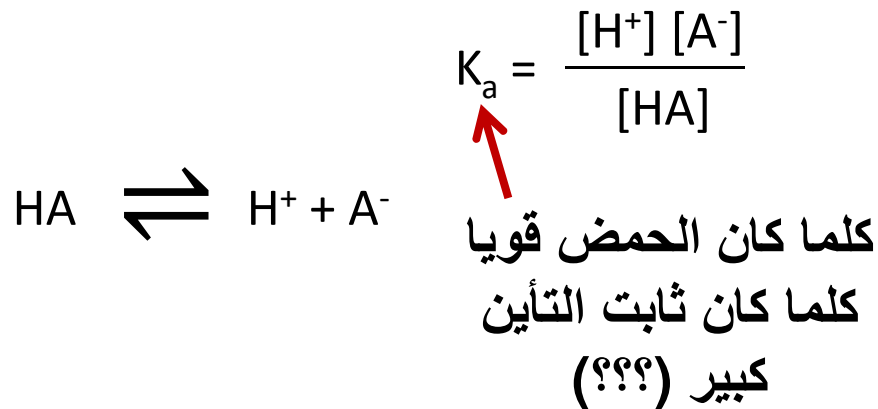
- تقدر قوة الأحماض بمدى ميائها لفقد أو إعطاء بروتون.
- كذلك تقدر قوة القواعد بمدى ميلها لإستقبال بروتون.
- أي أنه يمكن تقدير قوة الحمض أو القاعدة بحساب ثابت التأيّن للحمض:



د/ محمد الربيع

27

تقدر قوة الحمض بمدى ميله لفقد أو إعطاء بروتون



د/ محمد الربيع

28

الأحماض والقواعد

- قدرة المذيب على الارتباط بأيونات الهيدروجين تؤثر كثيرا على قوة الحمض أو القاعدة.
- لذلك يمكن لأي مركب أن يسلك كحمض قوي في مذيب وحمض ضعيف في مذيب آخر.
- يعتبر حمض الخليك حمضا ضعيفا في الوسط المائي بينما يعتبر قويا في الأمونيا بسبب سهولة ارتباط المذيب بالبروتونات.

د/ محمد الربيع

29

الأحماض والقواعد

- القاعدة المرافقة للحمض القوي تكون ضعيفة.
- القاعدة المرافقة للحمض الضعيف تكون قوية.
- كذلك كلما كان الحمض قويا تكون قاعدته المرافقة ضعيفة والعكس صحيح.
- فمثلا أيونات الهيدروكسيل (OH^-) (أي القاعدة) هي قاعدة مرافقة للماء وهو حمض ضعيف.
- أي أن أيونات الهيدروكسيل هي قاعدة قوية.

د/ محمد الربيع

30

تذكر

- تتواجد الأحماض بصورة متأينة في ظروف الخلية.
- أي أن جميع الأحماض داخل الخلية (مثل حمض البايروفيك وحمض اللاكتيك وحمض الستريك) تتواجد على هيئة أملاح (RCOO^-) لا شكل أحماض (RCOOH).
- وبالتالي تسمى بايروفات و لاكتات و سترات، على التوالي.

د/ محمد الربيع

31

الأس الهيدروجيني pH

- هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

- يمكن حساب الـ pH للماء النقي:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 10^{-7}$$

$$\text{pH} = 7.0$$

د/ محمد الربيع

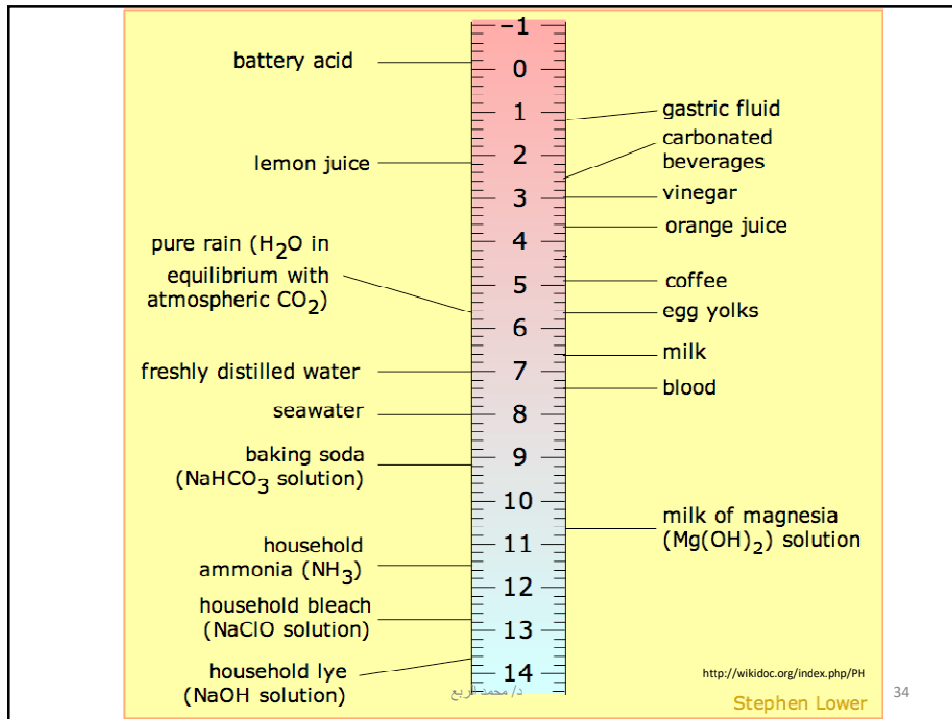
32

الأس الهيدروجيني pH

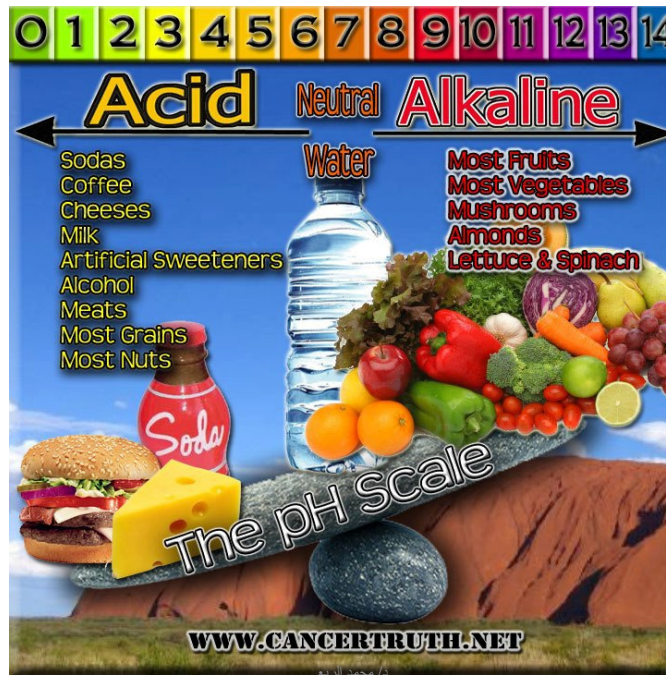
- القيم المنخفضة (أقل من 7.0) من الـ pH (الأوساط الحامضية) تعني تركيزات عالية من أيونات الهيدروجين $[H^+]$.
- بينما القيم المرتفعة (أعلى من 7.0) من الـ pH (الأوساط القاعدية) تعني تركيزات منخفضة من أيونات الهيدروجين $[H^+]$.

د/ محمد الربيع

33



34



35

الأس الهيدروجيني pH

- الأحماض القوية هي التي تتفكك أو تتأين كلياً حتى في المحاليل عالية الحمضية (أي الـ pH منخفض).
- بينما الأحماض الضعيفة (مثل الأسيتيك CH_3COOH) (أي الخل) فهي التي تتأين أو تتفكك جزئياً في المحاليل الحمضية.
- أيضاً فإن الـ pOH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروكسيل $[\text{OH}^-]$. أي أن:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

د/ محمد الرابع

36

الأس الهيدروجيني pH

- مجموع الـ pH والـ pOH هو يساوي تركيز أيون الهيدروجين في المحاليل الحمضية والقاعدية أي يساوي 14

$$14 = \text{pH} + \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-]$$

د/ محمد الربيع

37

معادلة هندرسون هاسيلبالخ

Henderson-Hasselbalch

- يمكن لهذه المعادلة حساب الـ pH للأحماض الضعيفة أو المحاليل المحتوية عليها.

- وإذا كانت معادلة تأين الحمض الضعيف هي:



- فإن معادلة **هندرسون هاسيلبالخ** تنص على:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

- حيث أن الـ pK هو الأس الأيوني للحمض ويستخدم للتعبير عن اللوغاريتم السالب لثابت تأين الحمض.

38

معادلة هندرسون هاسيلبالخ Henderson-Hasselbalch

- حين يكون الحمض نصف متأين أي أن:

$$[A^-] = [HA]$$

- فإن الـ pH يكون مساويا للـ pK كما يلي:

$$pH = pK$$

$$pH = pK + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$pH = pK + \log \frac{1}{1}$$

$$pH = pK + 0$$

د/ محمد الربيع

39

المحاليل المنظمة Buffers

- من المهم أن لا يحد الـ pH في كثير من العمليات الحيوية عن قيمة محددة بفارق كبير.
- فمثلا يعتمد الأداء السليم لدم الإنسان على الإبقاء على الـ pH قريبا جدا من 7.4 ولا يوجد إلا فرقا بسيطا (ليس أكثر من 0.02 وحدة pH) بين الدم الوريدي والشرياني وبالرغم من التفاعلات العديدة التي تنتج أحماضا وقواعد في الخلايا.
- عند درجة pH أقل من 7.0 يموت الإنسان نتيجة الغيبوبة الحمضية (Acidotic coma) وإذا ارتفع الـ pH لدرجة 7.8 فإن الموت يحدث نتيجة لمرض يسمى الكزاز (Tetany).

د/ محمد الربيع

40

المحاليل المنظمة Buffers

- ويعزى هذا الثبات في الـ pH للفعل التنظيمي المحاليل المنظمة.
- وتعريفها أنها المحاليل التي تقاوم إلى حد ما التغير في الـ pH عند إضافة الأحماض والقلويات إليها.
- وهي تتكون من: حمض ضعيف مع قاعدته المرافقة (أي حمض ضعيف مع ملحه) أو من قاعدة ضعيفة مع حمضها المرافق (أي قاعدة ضعيفة مع ملحها).

د/ محمد الربيع

41

المحاليل المنظمة Buffers

- تفيد المحاليل المنظمة أيضا في توفير الدرجة الملائمة من الحموضة والتي تلزم لإتمام التفاعلات الحيوية بواسطة الإنزيمات المختلفة داخل الكائن الحي.
- **كيف تعمل المحاليل المنظمة؟**
- يقاوم المحلول المنظم تغير الـ pH نتيجة لإحتوائه على مواد تتفاعل مع أيونات الهيدروجين (أي عندما يضاف حمض) وأخرى تتفاعل مع أيونات الهيدروكسيل (أي عندما يضاف قاعدة).

د/ محمد الربيع

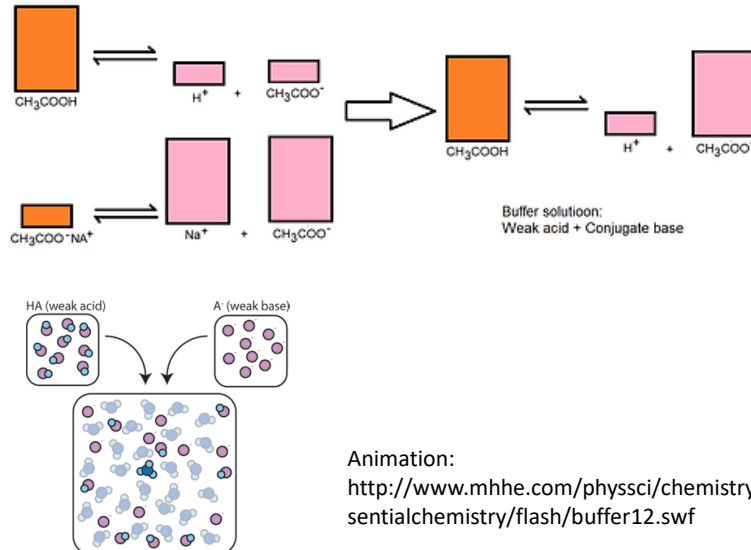
42

المحاليل المنظمة Buffers

- فعندما يضاف حمض الهيدروكلوريك أو هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول منظم مكون من حمض الخليك وملحه (خلات الصوديوم) يحدث ما يلي:
- يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع خلالات الصوديوم فينتج كلوريد الصوديوم (الذي لا تؤثر أيوناته على الـ pH) وحمض الخليك ضعيف التآين، وبالتالي يكون التغير في الـ pH طفيفا جدا.
- كذلك يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الخليك فينتج الماء وخلالات الصوديوم وكلاهما ذو تأثير طفيف على الـ pH.

د/ محمد الربيع

43



د/ محمد الربيع

44

المحاليل المنظمة Buffers

- تتناسب قوة المحلول المنظم طردا مع تركيز مكوناته.
- كما تبلغ القدرة على المقاومة أو ما يسمى بالسعة التنظيمية Buffer Capacity حدها الأقصى عندما يتساوى تركيز الحمض وقاعدته المرافقة.
- تطبق معادلة هندرسون - هاسيلبالخ في حساب الـ pK للمحاليل المنظمة.
- وتفيد المحاليل المنظمة في الحفاظ على رقم الـ pH في حدود ± 1 من السعة القصوى.
- فمثلا، لو كانت الـ pH للمحلول المنظم هي 4.74 فإنه سيتم المحافظة على التغير في الـ pH بين 3.74 و 5.74.

د/ محمد الربيع

45

الأحماض الأمينية

د/ محمد الربيع

46

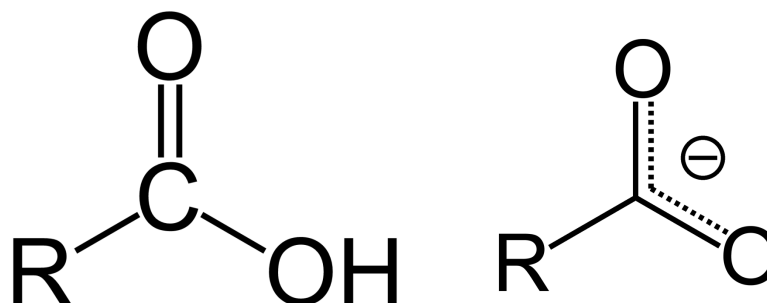
الحمض ومجموعة الأمين

- الحمض هو الذي يأخذ الشكل التالي:
 – في الكيمياء العضوية (أو الكيمياء الحيوية) فهو ينتهي بالمقطع :
 (COOH) حيث يمكن فقد ذرة الهيدروجين (مثل حمض البالميتيك
 $(CH_3)_{15} - COOH$).
- في الكيمياء الغير عضوية فهو أي مركب يحتوي على ذرة هيدروجين،
 أي يأخذ الشكل العام XH (مثل حمض الكبريتيك H_2SO_4).
- النيتروجين (N) يتواجد في صورة مجموعة أمين (NH_3) .

د/ محمد الربيع

47

الأحماض العضوية تحتوي على المجموعة الكربوكسيلية

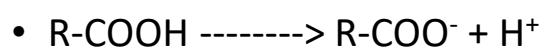
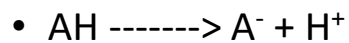


د/ محمد الربيع

48

ما هو الحمض



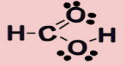


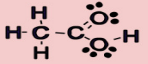

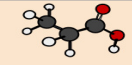
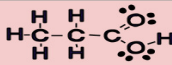

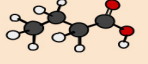
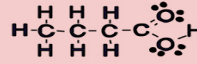


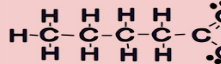
• الذي يعطي بروتونات.



د/ محمد الرابع

49

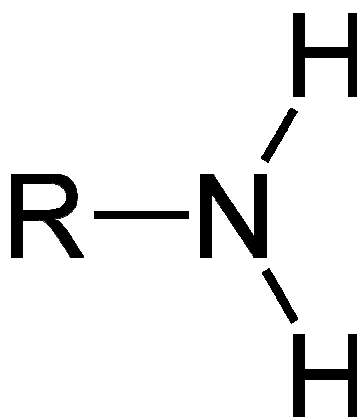
ما هي الـ R

Carboxylic Acids - Structures and Names				
Space-Filling Model	Ball-and-Stick Model	Lewis Structure	Stock Name	IUPAC Name
			Formic Acid	Methanoic Acid
			Acetic Acid	Ethanoic Acid
			Propionic Acid	Propanoic Acid
			Butyric Acid	Butanoic Acid
			Valeric Acid	Pentanoic Acid

د/ محمد الرابع

50

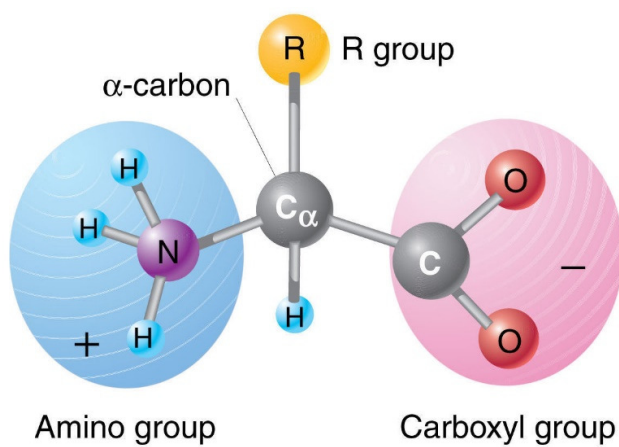
الكيمياء (مجموعة الأمين)



د/ محمد الرابع

51

الأحماض الأمينية



© 2010 Pearson Education, Inc.

د/ محمد الرابع

52

الشكل العام للأحماض الأمينية

- لاحظ أن مجموعة الأمين تقع على الطرف اليسار، وقد إصطلح على تسمية هذا الشكل بال- L (وذلك عندما تكون مجموعة الكربوكسيل للأعلى).
- وبالتالي فجميع الأحماض الأمينية من النوع L ألفا (α)

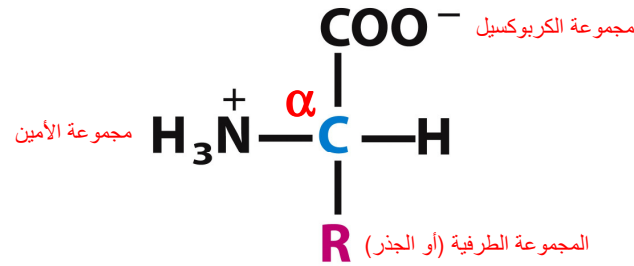


Figure 3-2
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

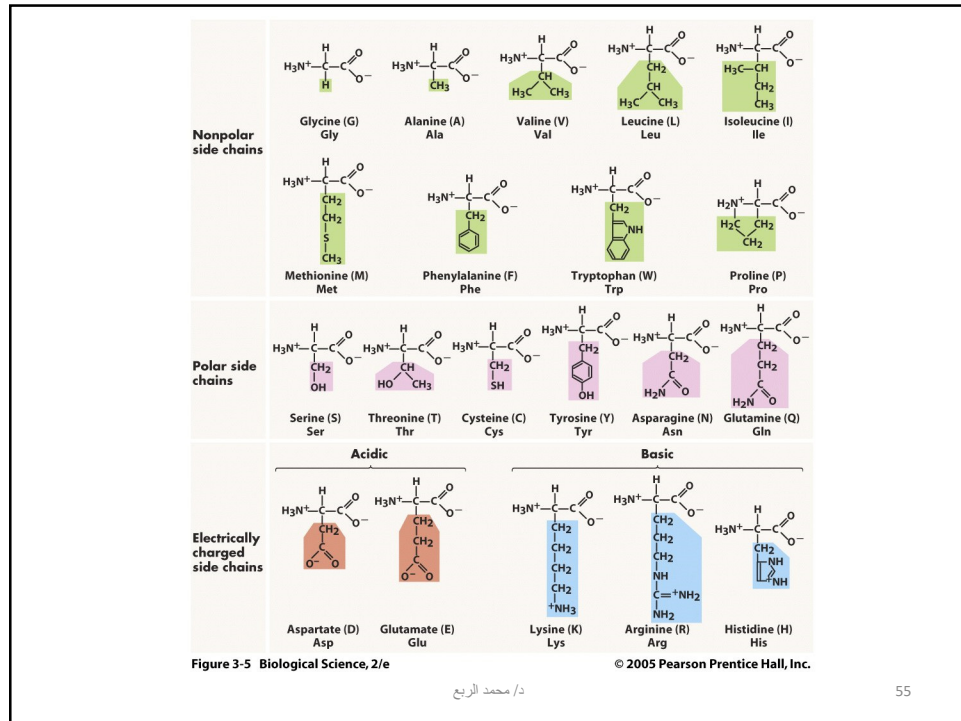
53

النشاط الضوئي

- إن أبسط الأحماض الأمينية هو الذي تكون فيه الجذر (أو المجموعة الطرفية) $R=H$ ويسمى هذا الحمض الأميني جلايسين.
- جميع الأحماض الأمينية نشطة ضوئيا ما عدا الجلايسين.
- لأن ذرة الكربون ألفا (α) في جميع الأحماض الأمينية تكون غير متناسقة (ما عدا في حالة الجلايسين، حيث تكون الذرة ألفا متناسقة).
- يعد الجلايسين أيضا من أصغر الأحماض الأمينية في الوزن الجزيئي.

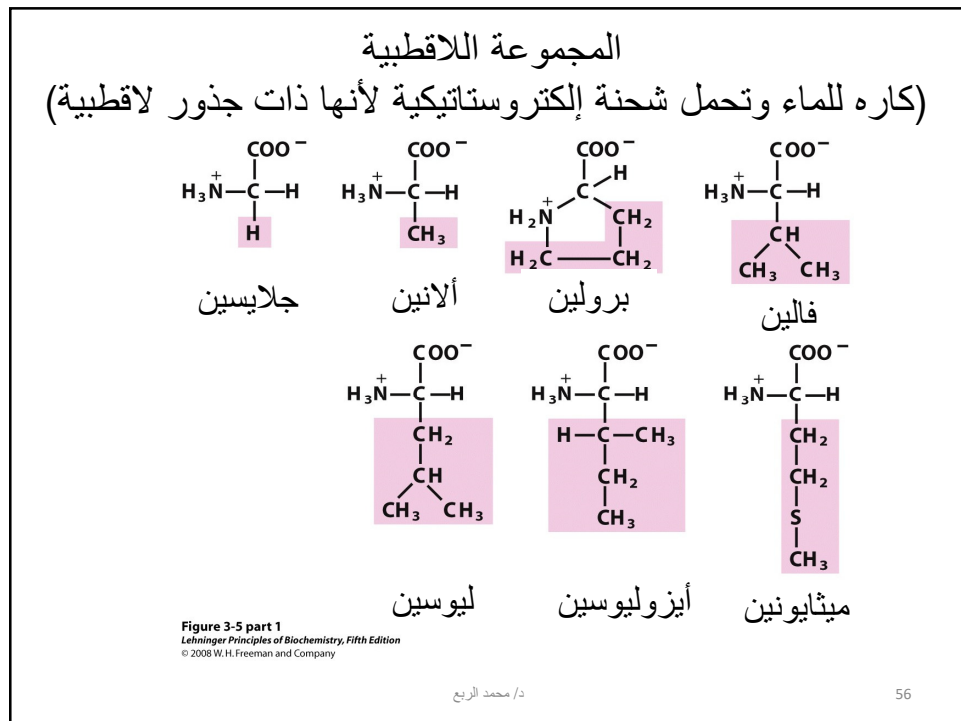
د/ محمد الربيع

54



د/ محمد الرابع

55



د/ محمد الرابع

56

المجموعة القطبية
(محبة للماء ويمكن أن تتأين لأنها ذات جذور قطبية)

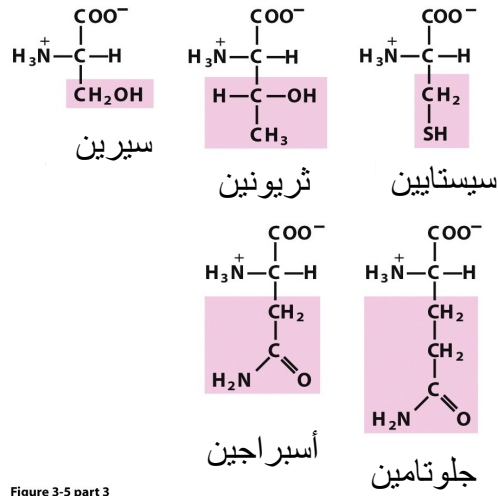


Figure 3-5 part 3
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

57

المجموعة الأروماتية
(أحماض أمينية ذات جذور عطرية)

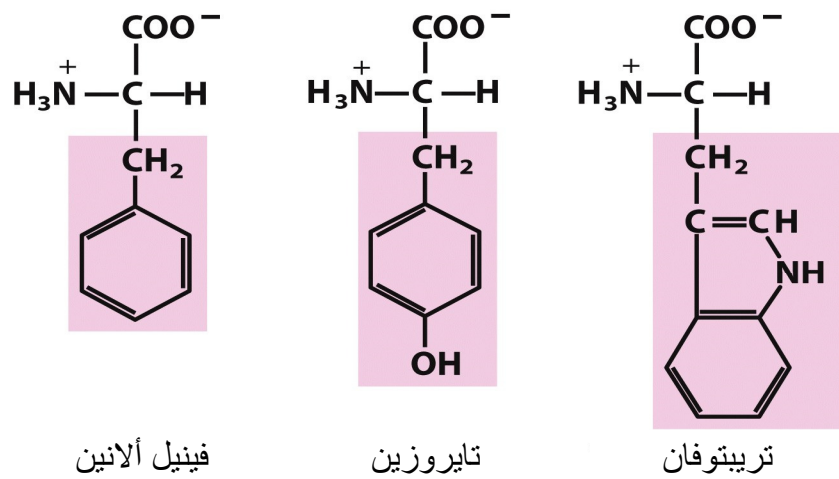


Figure 3-5 part 2
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

58

أحماض أمينية ذات جذور تحمل شحنات موجبة

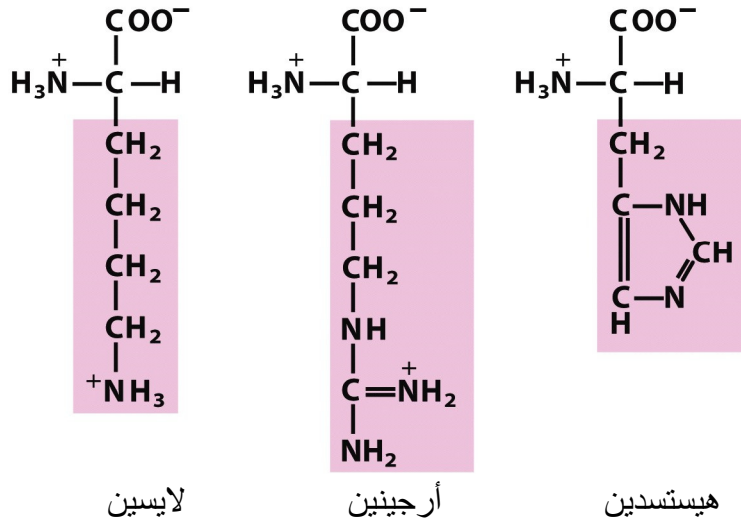


Figure 3-5 part 4
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

59

أحماض أمينية ذات جذور تحمل شحنات سالبة

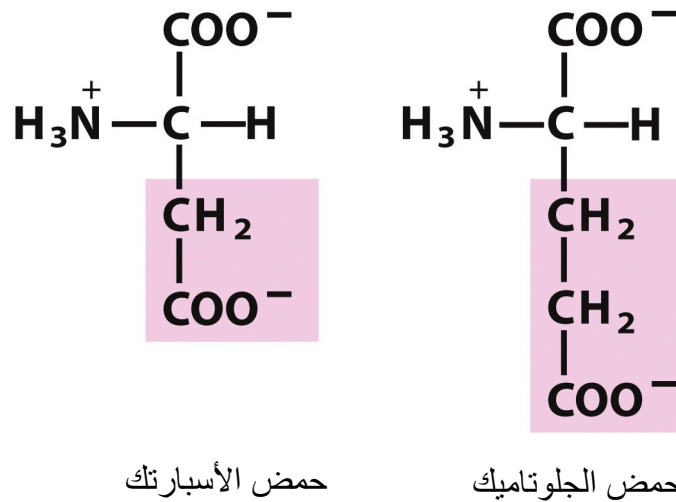


Figure 3-5 part 5
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

60

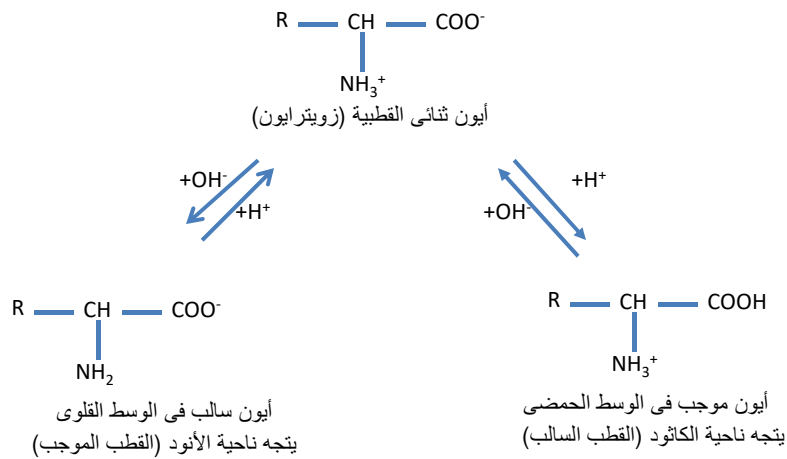
خواصها

- الذوبانية: تذوب في الماء ولا تذوب في المركبات العضوية.
- درجة الانصهار: تنصهر في درجة حرارة عالية ---> تشبه المركبات الأيونية.
- الخاصية الأمفوتيرية: تملك \square لك \square لوك الأحماض والقلويات لأنها تعتبر أيونات ثنائية القطبية أو زويترايون.

د/ محمد الربيع

61

ما هو أيون زويترايون؟



في محلول متعادل ؟ ماذا يحدث؟؟؟

د/ محمد الربيع

62

إتجاه الحمض الأميني في وسط أيوني

- إذا وضع المحلول **الحمضي** للأحماض الأمينية في مجال كهربائي، فإن الأيونات تتجه إلى **الكاثود (Cathode)** (القطب السالب).
- إذا وضع المحلول **القلوي** للأحماض الأمينية في مجال كهربائي، فإن الأيونات تتجه إلى **الأنود (Anode)** (القطب الموجب).

د/ محمد الربيع

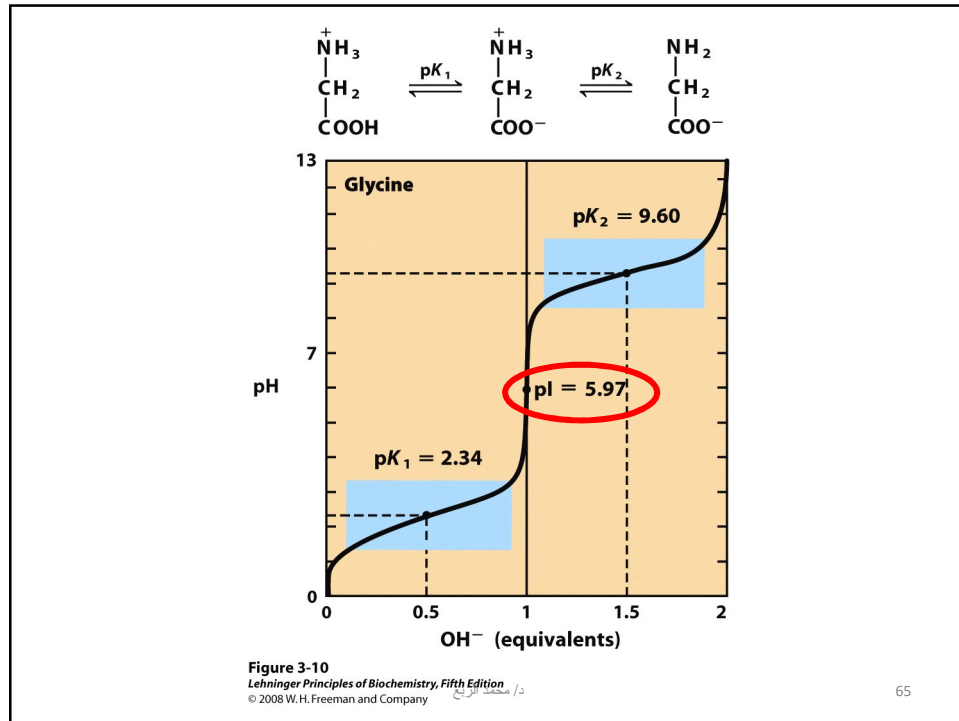
63

نقطة التعادل الكهربائي (pI = Isoelectric point)

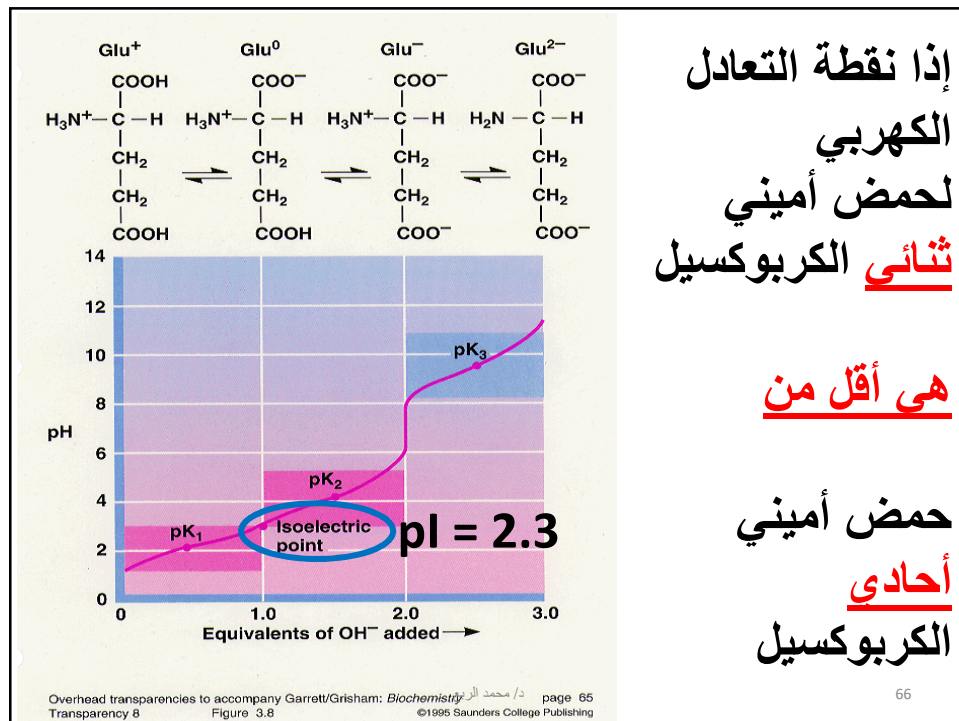
- إذا وضع محلول متعادل الحموضة (pH) للأحماض الأمينية في مجال كهربائي فإنه لن تكون هناك هجرة لأي من القطبين.
- تسمى هذه الدرجة بنقطة التعادل الكهربائي ويرمز لها بالرمز pI
- **وتعرف بأنها** درجة الـ pH التي يتساوى عندها عدد الشحنات الموجبة والسالبة في الحمض الأميني أي أن الحمض عندها يكون متعادل الشحنة الكهربائية.

د/ محمد الربيع

64



65



66

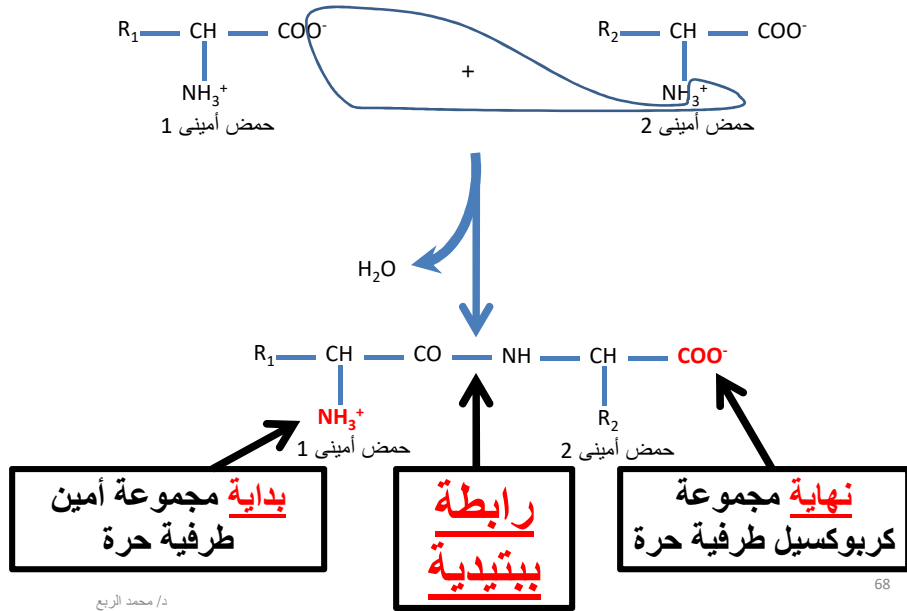
الببتيدات Peptides



د/ محمد الرابع

67

تكوين الرابطة الببتيدية



68

الببتيدات Peptides

- يمكن أن يرتبط حمضان أمينيان أو أكثر ليكون ببتيديات ثنائية (Dipeptide) وثلاثية (Tripeptide).
- إذا كان عدد الأحماض الأمينية المرتبطة 100 فإن عدد الروابط الببتيدية هو ؟؟؟
- (99).
- يضاف المقطع (يل ، γ) بنهاية كل حمض أميني مكون للببتيد فيما عدا الحمض الأميني الأخير الذي يحتوى على مجموعة كربوكسيل طرفية حرة.
- جلايسيل جلايسين (Gly-Gly)؟
- ألانيل جلايسين (Ala-Gly)؟
- جلايسيل ألانين (Gly-Ala)؟
- سيستائينيل ثريونين (Cys-Thr)؟

د/ محمد الربيع

69

كيفية كسر الرابطة الببتيدية

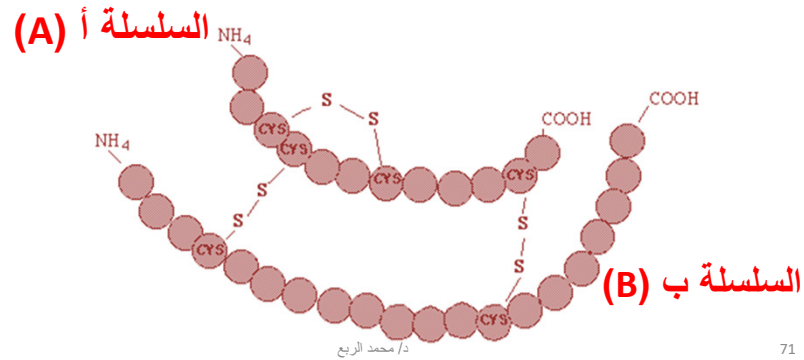
1. استعمال الأحماض المخففة.
2. استخدام هاضمة (كربوكسي ببتيداز Carboxypeptidase).
3. استخدام إنزيم تريسين (Trypsin) كسر الرابطة الببتيدية التي تربط حمض أرجينين أو لايسين بحمض أميني آخر.
4. استخدام إنزيم كيموتريرسين (Chymotrypsin) وهو متخصص في كسر الرابطة بين حمض تايروزين أو فينيل الانين أو تريبتوفان مع حمض أميني آخر.

د/ محمد الربيع

70

أهم البيبتيدات: 1- الإنسولين

- الإنسولين: يتكون من سلسلتين بيبتيديتين أ (A) و ب (B).
- مرتبطتين بإثنين من روابط ثنائية الكبريت. وتحتوي السلسلة أ على رابطة ثنائية الكبريت إضافية.



71

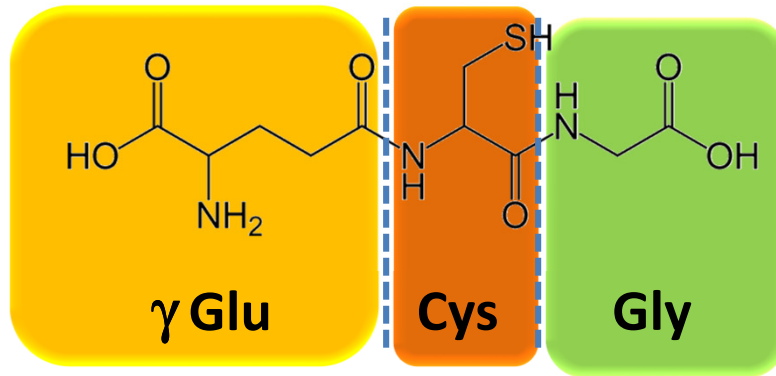
أهم البيبتيدات: 2- الجلوتاثيون (Glutathione)

- يوجد حراً في النباتات والكبد والعضلات والدماغ **وكرات الدم الحمراء**.
- إسمه: جاما - جلوتاميل سيستائينيل جلايسين.
- γ Glu - Cys - Gly.
- (جاما تدل على ارتباط مجموعة الكربوكسيل على الذرة جاما في حمض الجلوتاميك وليس الذرة ألفا كربوكسيل - كما هو العادة).
- نظراً لإحتوائه على مجموعة الـ α -لفهيدريل فيلعب الجلوتاثيون دوراً هاماً في تفاعلات الأكسدة والإختزال. حيث أن مجموعة الـ α -لفهيدريل هي مجموعة مختزلة قادرة على إعطاء بروتونات تتحول بالأكسدة (نزع الهيدروجين) إلى ثنائي كبريت (لفيد) والتفاعل عكسي.

د/ محمد الربيع

72

التركيب الكيميائي للجلوتاثيون

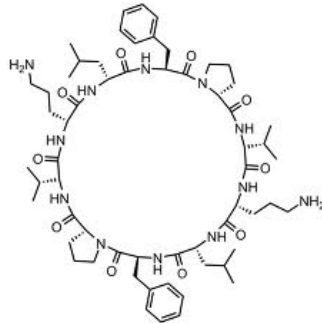


د/ محمد الربيع

73

أهم الببتيدات: 3- جراميسيدين (Gramicidin)

- هو مضاد حيوي مكون من ببتيد حلقي مؤلف من إرتباط عشرة أحماض أمينية.



د/ محمد الربيع

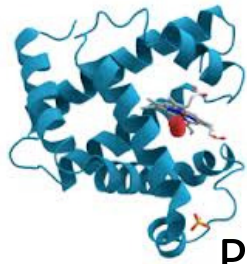
74

الببتيدات (Peptides)

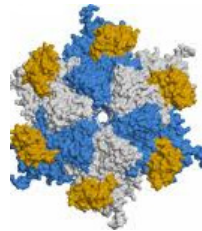
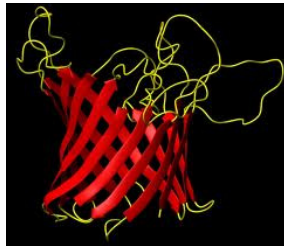
- إذا كان عدد الأحماض الأمينية المترابطة بين 3-10 فهو ببتيد مركب أو قليل (Oligopeptide) وإذا كان العدد بين 10-100 فالناتج ببتيد عديد (Polypeptide).
- أما البروتينات فهي ببتيدات عديدة مرتفعة الوزن الجزيئي يزيد عدد الأحماض الأمينية فيها عن 100.

د/ محمد الربيع

75



البروتينات Proteins



د/ محمد الربيع

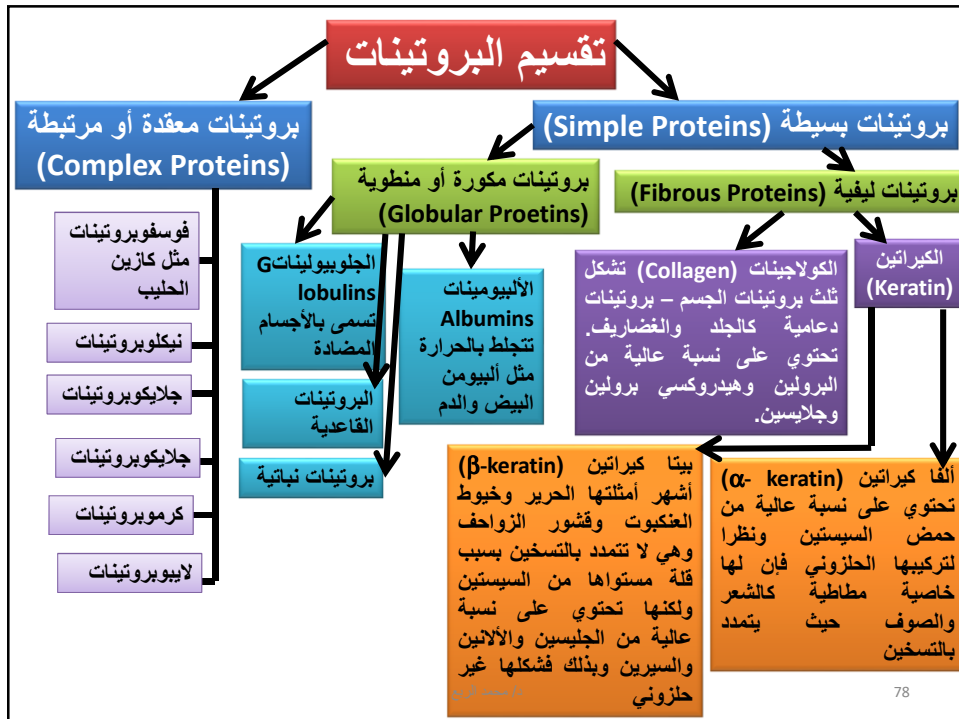
76

مصطلحات

- بروتون. (أيون الهيدروجين = H^+).
- بروتين. (مفرد البروتينات وهي سلسلة طويلة من الببتيدات أو الأحماض الأمينية).
- بروتينات. (الجمع).

د/ محمد الربيع

77

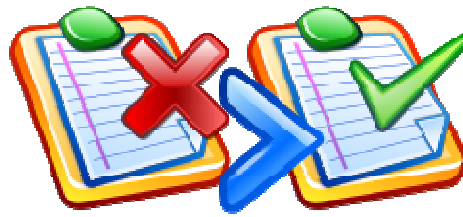


78

تذكر !!



- كاروتين
- كيراتين (ألفا و بيتا)
- كرياتينين

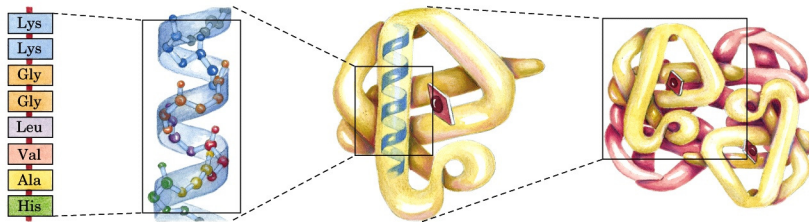


د/ محمد الربيع

79

البنية العامة للبروتينات

التركيب الرابعي التركيب الثالثي التركيب الثانوي التركيب الأولي



د/ محمد الربيع

80

التركيب الأولي (Primary Structure)

- يصف هذا التركيب تسلسل الأحماض الأمينية في السلسلة أو السلاسل الببتيدية المكونة للبروتين.
- تذكر أن الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتينات هي من النوع **ألفا (أي تسمى حمض أميني ألفا)**.
- غالبا ما يتكرر الحمض الأميني الواحد في جزئ البروتين وبالتالي يمكن وجود بروتينات مختلفة تحتوي على تركيب واحد من الأحماض الأمينية وتختلف فقط في طرق ارتباطها وترتيبها.

د/ محمد الربيع

81

التركيب الأولي

- لكل بروتين تركيب أولي خاص به يتحدد وينضبط بشكل وراثي.
- هرمون الإنسولين من مصدر الإنسان يختلف عن الهرمون البقري في ثلاثة أحماض أمينية (الأنين بدل ثريونين رقم 8 وفالين بدل أيزوليوسين رقم 10 والأنين بدل ثريونين رقم 30).
- أيضا هيموجلوبين الدم وجد أنه يتكون من أربع سلاسل ببتيدية تحتوي على 574 حمضا أمينيا.

د/ محمد الربيع

82

التركيب الأولي

- التركيب الأولي للبروتين مهما جدا حيث أن أي إختلال في تركيب البروتين الأولي قد يؤثر على صفاته وخواصه.
- فمثلا حلول حمض أميني واحد محل حمض أميني آخر في التركيب الأولي لبروتين الهيموجلوبين يسبب بعض أمراض فقر الدم الوراثية.
- يمكن معرفة وحساب التركيب الأولي لأي بروتين بالتحليل المائي وطريقة سانجر وإدمان.

د/ محمد الربيع

83

التركيب الثانوي (Secondary Structure)

- يبين هذا التركيب الشكل الفراغي للسلسلة الببتيدية وكيفية إتوائها والتفافها.
- نظرا لوجود الروابط الهيدروجينية فإن جزئ البروتين يمكن أن يأخذ اشكالا مختلفة.
- هناك عدة نماذج للتركيب الثانوي للبروتينات من أهمها

1. التركيب الحلزوني (اللولبي) α -helix أو الهيلكس

2. الصفيحة المطوية β -sheet (أو التركيب بيتا)

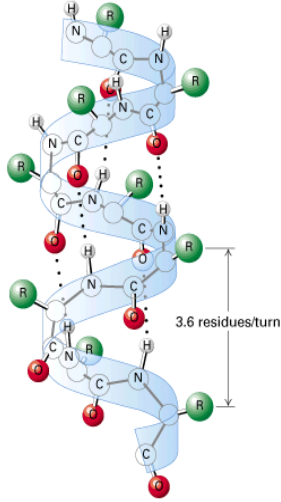
د/ محمد الربيع

84

التركيب الثانوي (Secondary Structure)

الشكل الحلزوني (اللولبي) α -helix

- يعرف بإسم ألفا هيلكس (α -helix) وهو يمثل شكل ألفا كيراتين.
- هو التركيب السائد في السلاسل الببتيدية المكونة للبروتينات الليفية كبروتين العضلات المايوسين (Myosin) وأيضا الكيراتينات من النوع ألفا كالشعر والصوف والأظافر.
- تحتوي كل لفة على من الحلزون على 3.6 أحماض أمينية.
- تكون فيها جذور الأحماض الأمينية متجهة نحو الخارج.



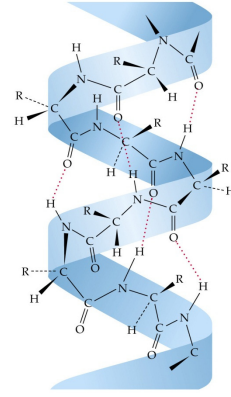
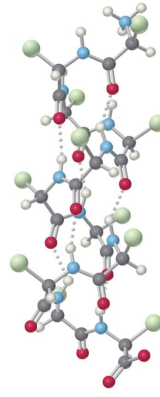
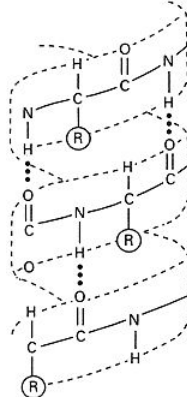
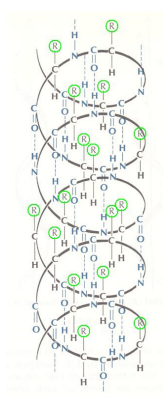
د/ محمد الربيع

85

التركيب الثانوي (Secondary Structure)

الشكل الحلزوني (اللولبي) α -helix

- يستمد هذا التركيب الحلزوني قوته وثباته من وجود عدد كبير من الروابط الهيدروجينية الموازية لمحور الحلزون.



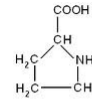
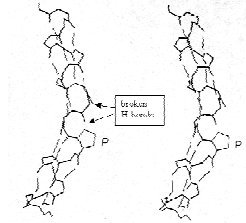
د/ محمد الربيع

86

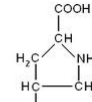
التركيب الثانوي (Secondary Structure)

الشكل الحلزوني (اللولبي) α -helix

- بعض الأحماض الأمينية كحمض البرولين وهيدروكسي برولين تسبب إنحناء في تركيب الحلزون في مكان وجودها فيه بسبب بنيتها الحلقية.
- والمجموعات التي ترتبط بذرة النيتروجين وذرة كربون ألفا \square يمكنها الدوران بصورة حرة لتكون التركيب الحلزوني ألفا.



proline



hydroxyproline

د/ محمد الربيع

87

التركيب الثانوي (Secondary Structure)

الترتيب الحلزوني العشوائي (Random Coil Arrangement)

- بالإضافة إلى التركيب الحلزوني السابق، فإنه يمكن لبعض السلاسل الببتيديّة أن تتخذ شكل مرّن ومتغير يسمى الترتيب الحلزوني العشوائي.
- فمثلا سلسلة متعددة اللايسين تتواجد على شكل حلزوني عشوائي ولا تتواجد على الشكل الحلزون ألفا.
- عند الـ pH تساوي 7 تكون مجموعات الأمين الإضافية لجذور أحماض اللايسين مشحونة بشحنات موجبة. وبالتالي تكون قوى التنافر بينها عالية جدا بحيث يمكنها التغلب على ثبات الحلزون ألفا المكتسب من وجود الروابط الهيدروجينية.

د/ محمد الربيع

88

التركيب الثانوي (Secondary Structure)

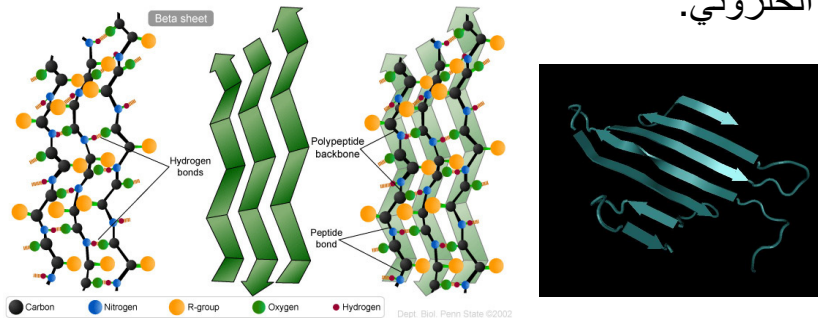
- وعند الـ pH تساوي 12 تكون مجموعات الأمين الإضافية غير مشحونة وتأخذ متعددة اللايسين شكل الحلزون ألفا.
- تعزى مرونة بروتينات الشعروالصوف أو قابليتهما للتمدد بالحرارة إلى تغير هذا التركيب الثانوي (الحلزوني) وتحوله إلى تركيب آخر هو الزكزاك (المتعرج) أو الصفيحة المطوية وذلك بسبب إنكسار الروابط الهيدروجينية التي تثبته.
- ولكن بالتبريد وزوال قوة الشد كافيان للعودة إلى التركيب الحلزوني الأص

د/ محمد الربيع

89

التركيب الثانوي (Secondary Structure) الصفيحة المطوية β -sheet (أو التركيب بيتا)

- وفيه ترتبط السلاسل الببتيديّة **المتجاورة** (سلسلتان فأكثر) بأقصى عدد ممكن من الروابط الهيدروجينية **بدلاً** من وجود تلك الروابط **بين لفات السلسلة الواحدة** كما في الشكل الحلزوني.



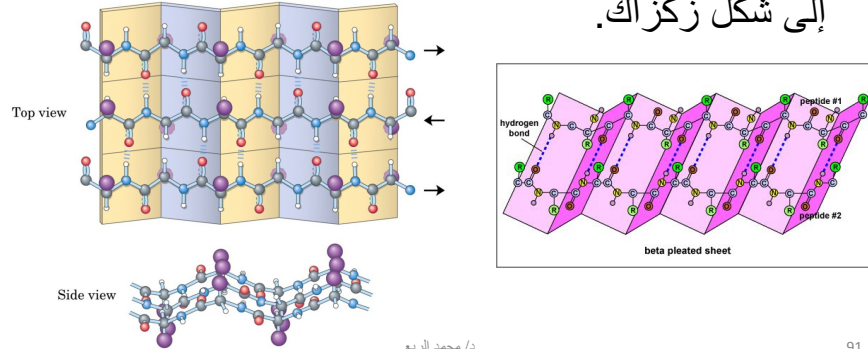
د/ محمد الربيع

90

التركيب الثانوي (Secondary Structure) الصفحة المطوية β -sheet (أو التركيب بيتا)

- والسلاسل الببتيدية المتجاورة إما أن تكون موحدة الإتجاه (من الطرف الأميني للطرف الكربوكسيلي) كما في الشعر والصوف عند تمدها بالحرارة وتحول التركيب الحلزوني إلى شكل زكزاك.

(a) Antiparallel



د/ محمد الربيع

91

التركيب الثانوي (Secondary Structure) الصفحة المطوية β -sheet (أو التركيب بيتا)

- أو تكون متعاكسة الإتجاه كما في ألياف الحرير. ويساعد التركيب الأولي للحرير نظرا لغناه بالجلاليسين والسيرين والألانين على ثبات شكل الزكزاك أو الصفحة المطوية لأن جذور هذه الأحماض الأمينية صغيرة يمكن توزيعها بانتظام فوق وتحت مستوى الصفحة.
- أما في الألفا كيراتينات كالشعر والصوف فإن شكل الصفحة المطوية مؤقت وغير ثابت بسبب الجذور الكبيرة للأحماض الأمينية المكونة لتلك البروتينات حيث تتدافع هذه الجذور وتسبب العودة إلى الشكل الحلزوني الأصل عند زوال الحرارة.

د/ محمد الربيع

92

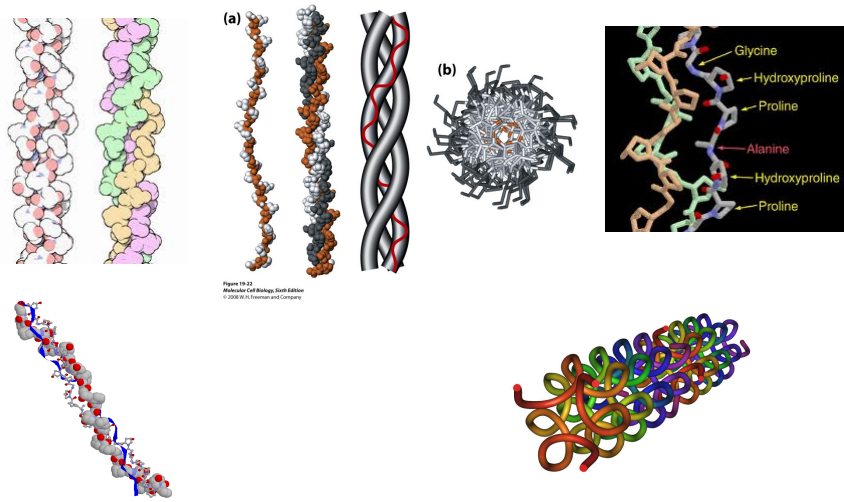
التركيب الثانوي (Secondary Structure) الحلزون الثلاثي الكولاجيني (Tropocollagen)

- يكاد يقتصر وجوده على بروتين الكولاجين الذي يتألف من العديد من الحزم المتوازية وكل منها مكون من ليفات ذات سلاسل بيبتيديّة ملتفة حول بعضها البعض بحيث تشكل حلزونا واحدا.
- يثبت هذا التركيب وجود الروابط الهيدروجينية بين سلسلة وأخرى ولكن ليس بين لفات السلسلة الواحدة كما في الشكل ألفا هيلكس.
- يتواجد حمض الجلایسین والبرولین والهیدروکسی برولین بنسبة عالية تقترب من الثلثين في الكولاجينات.

د/ محمد الربيع

93

التركيب الثانوي (Secondary Structure) الحلزون الثلاثي الكولاجيني (Tropocollagen)



د/ محمد الربيع

94

التركيب الثالثي (Tertiary Structure)

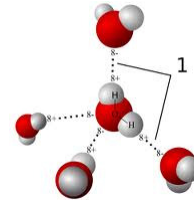
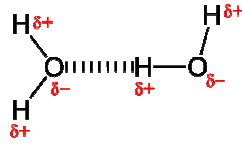
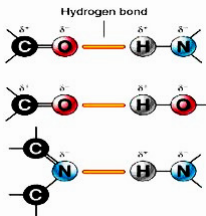
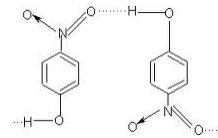
- هو إلتفاف وإنثناء السلسلة أو السلاسل البيبتيدية وتربطها حتى تكتسب التركيب المعين للبروتين.
- هذا الإلتفاف أو الإنثناء لا يحدث عشوائيا.
- لكل بروتين تركيبا ثالثيا محددا خاصا به قد يكون شبيها بالألياف أو الطبقات أو الأقراص أو الكرات إلخ.
- تساهم العديد من القوى والروابط في تثبيت هذا التركيب الثالثي.

د/ محمد الربيع

95

التركيب الثالثي (Tertiary Structure) 1- الروابط الهيدروجينية (Hydrogen Bonds)

- بين الحلزونات المتجاورة أو بين المجموعات الجانبية للأحماض الأمينية



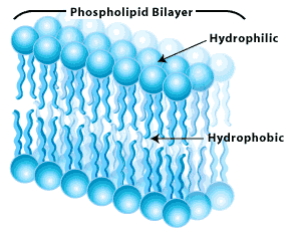
د/ محمد الربيع

96

التركيب الثالثي (Tertiary Structure)

2- التجمعات غير المحبة للماء أو الكارهة للماء (Hydrophobic Bonds)

- بين الجذور اللاقطبية للأحماض الأمينية وذلك شبيه بالقوى التي تجذب قطرات الزيت بعضها إلى بعض عند وجودها في محلول مائي.



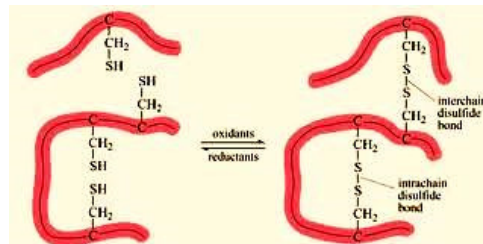
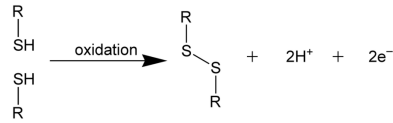
د/ محمد الربيع

97

التركيب الثالثي (Tertiary Structure)

3- الروابط ثنائية الكبريت (Disulphide Bonds)

- ناتجة من ارتباط جزيئي سيستئين بأكسدة مجموعتي السلفهيدريل فيهما.



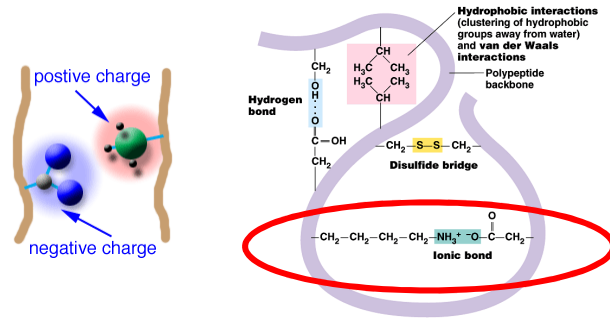
د/ محمد الربيع

98

التركيب الثالثي (Tertiary Structure)

4- الروابط الأيونية (Ionic Bonds)

- بين المجموعات المشحونة إيجابيا والمشحونة سلبيا في جذور الأحماض الأمينية كما هو الحال في تجاذب مجموعة الكربوكسيل الثانية للجلوتاميك مع مجموعة الأمين الثانية للايسين.

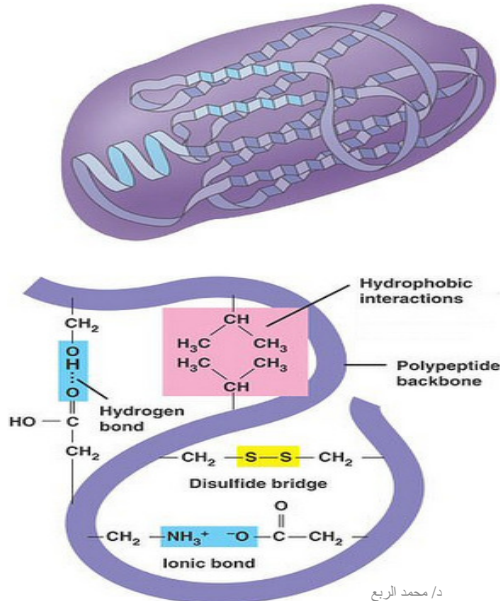


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

د / محمد الرابع

99

التركيب الثالثي (Tertiary Structure) – أنواع الروابط



د / محمد الرابع

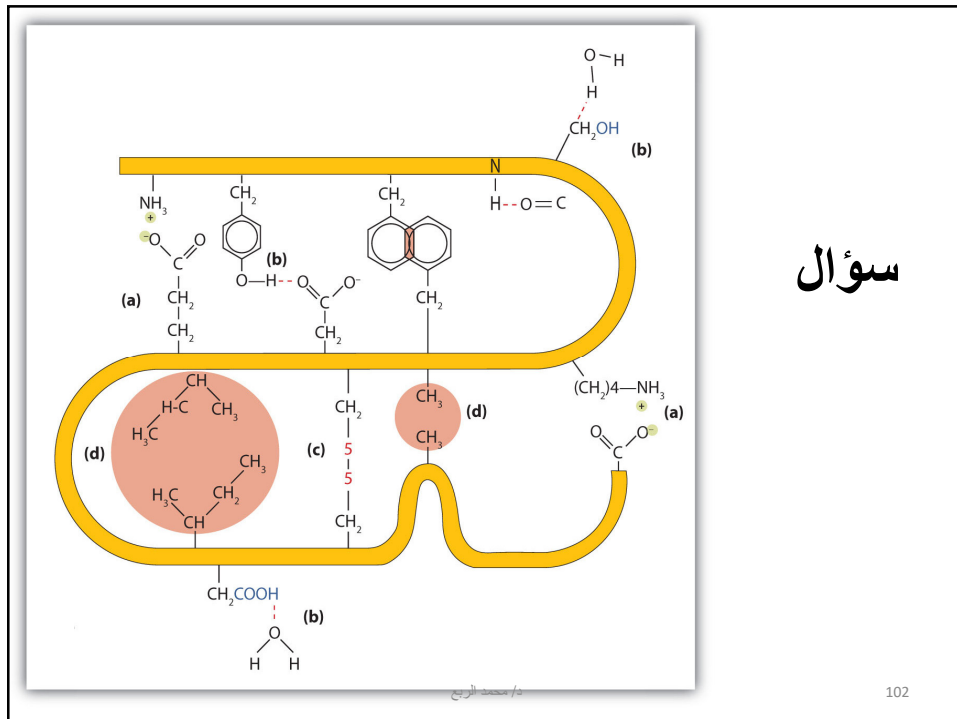
100

التركيب الثالثي (Tertiary Structure)

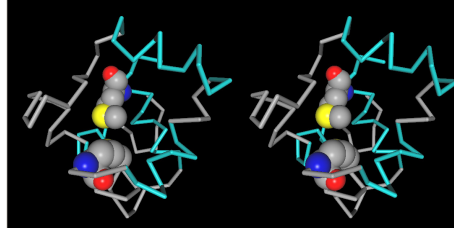
- تتميز معظم البروتينات بأن الإنطواءات تحدث في تركيبها بحيث يتعرض أكبر عدد ممكن من المجموعات القطبية (Hydrophilic Groups) للوسط السائل بينما يكون أكبر عدد من المجموعات الغير قطبية (Hydrophobic Groups) داخل جزئ البروتين.
- يعد المايوجلوبين Myoglobin والهيموجلوبين Hemoglobin من البروتينات المتكورة وهي من أول البروتينات التي تم دراسة تركيبها بأشعة X.

د/ محمد الربيع

101



102



د/ محمد الربيع

103

التركيب الرابعي (Quaternary Structure)

- كثير من البروتينات تتكون من سلسلة ببتيدية واحدة.
- ولكن هناك أنواع كثيرة أخرى تتكون من سلسلتين ببتيديتين أو أكثر.
- قد تكون هذه السلاسل متماثلة أو مختلفة كلياً عن بعضها.
- إن ترتيب وترابط هذه السلاسل الببتيدية مع بعضها لتشكيل جزئ البروتين يسمى التركيب الرابعي.
- وترتبط الوحدات أو السلاسل ببعضها بروابط غير تساهمية (كالروابط الأيونية والقطبية والروابط الكارهة للماء) في تجمعات أكبر كي تشكل جزئ البروتين.

د/ محمد الربيع

104

التركيب الرابعي (Quaternary Structure)

- قد تكون هذه الوحدات متجانسة كما في بعض الإنزيمات كإنزيم فوسفوريلاز (Phosphorylase).
- أو غير متجانسة مثل هيموجلوبين الدم وهو البروتين الذي يحمل الأوكسجين في خلايا الدم الحمراء والذي يتألف من زوجين من البروتينات المختلفة (α و β). وكل زوج مكون من وحدتين أو سلسلتين بيبتيديتين متماثلتين.

د/ محمد الربيع

105

التركيب الرابعي (Quaternary Structure)

The $\alpha_2\beta_2$ tetramer of human hemoglobin

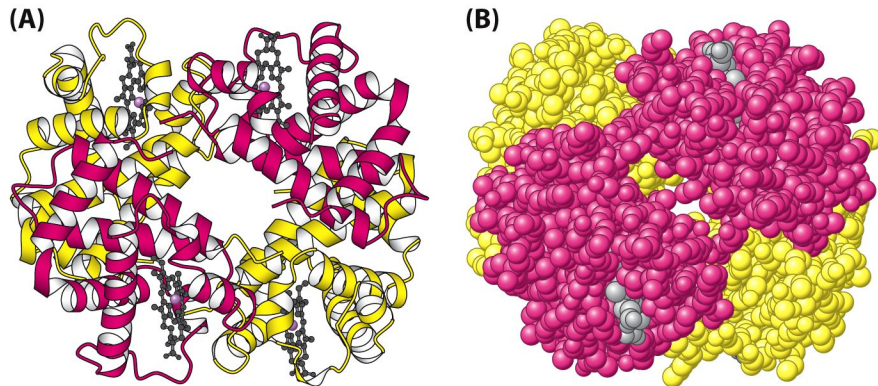


Figure 2.49
Biochemistry, Seventh Edition
© 2012 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

106

التركيب الرابعي (Quaternary Structure)

- التركيب الرابعي قد يؤثر على نشاط بعض الإنزيمات، فبعضها يكون نشطا في حالة تجمع الوحدات البروتينية وإرتباطها ويفقد نشاطه في حالة انفصال هذه الوحدات عن بعضها.
- ومع بعض الإنزيمات الأخرى يمكن ملاحظة عكس هذا السلوك.

د/ محمد الربيع

107

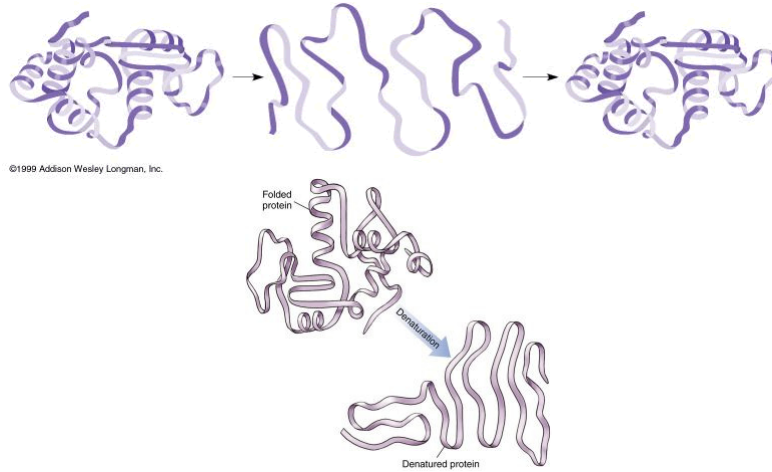
تغير التركيب الطبيعي (Denaturation)

- تسمى أيضا مسخ أو تخريب البروتين.
- يحدث هذا التخريب نتيجة لعدة تغيرات في تركيبه.
- هذا التغير لا يشمل تكسير الروابط البيبتيدية.
- إنما هو عبارة عن إختلال في التركيب الثانوي والثالثي وإرتخاء الحلزونات وإنكسار معظم الروابط الهيدروجينية فيفقد البروتين تركيبه الطبيعي الأصلي.
- فيتغير شكله وحجمه كما تتغير خواصه الفيزيائية فتزداد اللزوجة ويقل الذوبان.

د/ محمد الربيع

108

تغير التركيب الطبيعي (Denaturation)



د/ محمد الربيع

109

تغير التركيب الطبيعي (Denaturation)

- غالبا ما يتجلط البروتين ويترسب أحيانا وتتغير فعاليته الضوئية.
- أيضا تتغير خواصه الحيوية فتفقد الإنزيمات نشاطها.
- ومن العوامل التي تغير التركيب الطبيعي للبروتين الحرارة والإشعاع والمذيبات العضوية والمعاملات الكيميائية والأحماض والقواعد القوية والتراكيز العالية من بعض الأملاح أو المنظفات أو اليوريا.

د/ محمد الربيع

110

تغير التركيب الطبيعي (Denaturation)

- وفي حالات نادرة يكون تغير التركيب الطبيعي عكسي.
- أما معظم البروتينات يكون تغيرها غير عكسي أي أنها لا تستعيد بنيتها وشكلها الأصلي (Native) بعد تغير تركيبها الطبيعي.
- (ملاحظة: قارن بين التغير الطبيعي في البروتينات والأحماض النووية)

د/ محمد الربيع

111

أهم خواص البروتينات

- البروتينات مواد أمفوتيرية تحمل شحنات موجبة وسالبة تبعاً لنوع الجذور الجانبية للأحماض الأمينية المكونة لها وتبعاً لرقم الـ pH.
- الأحماض الأمينية الضرورية أو الأساسية – أي يحتاج إليها الإنسان أو الحيوان في الغذاء لأنه لا يمكنه تصنيعها داخل الجسم بالقدر الذي يحتاجه منها.
- وهي بالنسبة للإنسان ثمانية أحماض:
- ليوسين-آيزوليوسين-لايسين-ميثايونين-فينيل ألانين-ثريونين-تريبتوفان-فالين.

د/ محمد الربيع

112

أهم خواص البروتينات

- البروتينات مواد أمفوتيرية تحمل شحنات موجبة وسالبة تبعاً لنوع الجذور الجانبية للأحماض الأمينية المكونة لها وتبعاً لرقم الـ pH.
- الأحماض الأمينية الضرورية أو الأساسية – أي يحتاج إليها الإنسان أو الحيوان في الغذاء لأنه لا يمكنه تصنيعها داخل الجسم بالقدر الذي يحتاجه منها.
- وهي بالنسبة للإنسان ثمانية أحماض:
- ليوسين-آيزوليوسين-لايسين-ميثايونين-فينيل ألانين-ثريونين-تريبتوفان-فالين.

د/ محمد الربيع

113

أهم خواص البروتينات

- البروتينات من مصادر حيوانية غنية بالأحماض الأمينية الضرورية بعكس البروتينات من مصدر نباتي. لذلك ينصح بخلط الأغذية النباتية مع بعضها البعض.
- من وظائف البروتينات:
- 1. لها وظيفة وقائية كالأجسام المضادة.
- 2. منها ما يقوم بعمل الهرمونات.
- 3. لها وظيفة بنائية كما في حالة العضلات.
- 4. تسريع التفاعلات الكيميائية كما في حالة الإنزيمات.
- 5. نقل المركبات والغازات داخل جسم الإنسان كما هو الحال في بروتين الألبومين.
- منها ما هو سموم.

د/ محمد الربيع

114

الإنزيمات



د/ محمد الرابع

115

تسمية الإنزيمات وتصنيفها

- تسمى الإنزيمات طبقاً لنوعين من طرق:
- 1. غير نظامية:
- مثل الببسين (Pepsin) يعني باللاتيني الهضم.
- والتريپسين (Trypsin) يعني المضغ.

د/ محمد الرابع

116

تسمية الإنزيمات وتصنيفها

- 2. نظامية:
- إضافة المقطع آز (ase) إلى اسم مادة التفاعل:
- مثل يورياز (Urease) يحلل اليوريا.
- أميلاز (Amylase) يحلل النشا.
- بروتياز (Protease) تحلل البروتين.
- ليباز (Lipase) تحلل الدهون.

د/ محمد الربيع

117

تسمية الإنزيمات وتصنيفها

- تصنيف الإنزيمات:
- تصنف الإنزيمات إلى ستة أصناف تبعا لنوع التفاعل الذي تقوم به.
- ثم قسم كل منها إلى أقسام فرعية.
- يدل الرقم الأول على الصنف والرقم الثاني على المجموعات التي تنتم إليها أو إزالتها والرقم الثالث على المرافق الإنزيمي والرقم الرابع على نوع مادة التفاعل.

د/ محمد الربيع

118

تسمية الإنزيمات وتصنيفها

1. إنزيمات الأكسدة والإختزال: **EC 1 Oxidoreductases**
2. الإنزيمات الناقلة: **EC 2 Transferases**
3. إنزيمات التحليل المائي: **EC 3 Hydrolases**
4. إنزيمات التفكيك: **EC 4 Lyases**
5. إنزيمات التماكب: **EC 5 Isomerases**
6. الإنزيمات الصانعة: **EC 6 Ligases**

د/ محمد الربيع

119


1. إنزيمات الأكسدة والإختزال:
 - 1.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة =CH-OH
 - 2.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة =C=O
 - 3.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة -CH=CH-
 - 4.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة =CH-NH_2
 - 5.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة -CH=NH
 - 6.1. الإنزيمات المؤثرة على المجموعة NADPH, NADH
2. إنزيمات النقل:
 - 1.2. الإنزيمات الناقلة لمجموعة مؤلفة من ذرة كربون واحدة.
 - 2.2. الإنزيمات الناقلة لمجموعات الأدهيد والكيتونية.
 - 3.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة الأسيلية.
 - 4.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة الجلوكوزية.
 - 5.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة الأكلية.
 - 6.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة النيتروجينية.
 - 7.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة الحاوية على الفوسفور.
 - 8.2. الإنزيمات الناقلة للمجموعة الحاوية على الكبريت.
3. إنزيمات التحلل المائي:
 - 1.3. الإنزيمات المحللة للروابط الإستيرية.
 - 2.3. الإنزيمات المحللة للروابط الجليكوسيدية.
 - 3.3. الإنزيمات المحللة للروابط الإثيرية.
 - 4.3. الإنزيمات المحللة للروابط البيبتيدية.
4. إنزيمات التفكيك:
 - 1.4. الإنزيمات المفككة للرابطة C-C
 - 2.4. الإنزيمات المفككة للرابطة O-C
 - 3.4. الإنزيمات المفككة للرابطة N-C
 - 4.4. الإنزيمات المفككة للرابطة C-S
5. إنزيمات التماكب:
 - 1.5. إنزيمات التماكب البنيوي.
 - 2.5. إنزيمات التماكب الهندسي (المجاور والمقابل).
 - 3.5. إنزيمات تماكب المجموعات الألهيدية والكيتونية.
 - 4.5. إنزيمات التماكب الحركي.
6. الإنزيمات الصانعة:
 - 1.6. الإنزيمات الصانعة للرابطة C-O
 - 2.6. الإنزيمات الصانعة للرابطة C-S
 - 3.6. الإنزيمات الصانعة للرابطة C-N
 - 4.6. الإنزيمات الصانعة للرابطة C-C

د/ محمد الربيع

120

تسمية الإنزيمات وتصنيفها

- ما هو نوع الإنزيم ذو التصنيف:

E. C. 1.1.1.1

 E. C. 1.1.1.1

د/ محمد الربيع

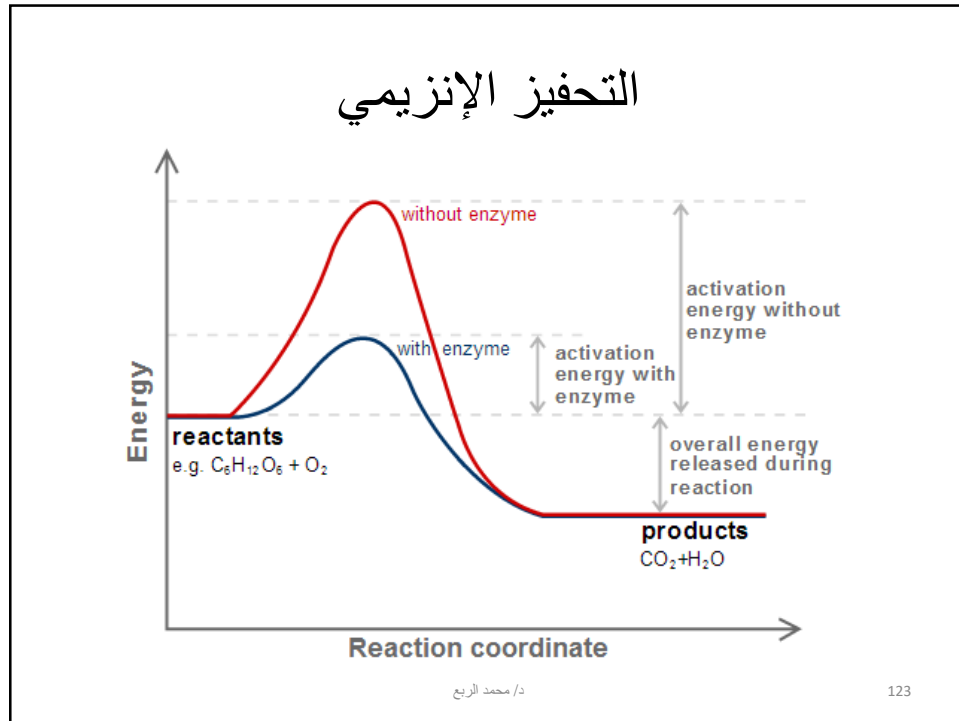
121

التحفيز الإنشيمي

- كل الإنزيمات ذات طبيعة بروتينية (بإستثناء الريبوزيم (ribozyme).
- الإنزيمات عوامل مساعدة تعمل على تخفيض طاقة التنشيط.
- لا تؤثر على ثابت الإتزان (أي لا تؤثر على إتجاه التفاعل)
 في تفاعلات كيميائية ولا على تغيرات طاقة حرارة التفاعل.
- الإنزيمات تسرع تفاعل إلى حوالي 10^{14} مرة.

د/ محمد الربيع

122



العوامل التي تؤثر على سرعة التفاعل الإنزيمي

- 1. درجة الحرارة.
- 2. تركيز الأيون الهيدروجيني pH
- 3. تركيز الإنزيم.
- 4. تركيز مادة التفاعل.

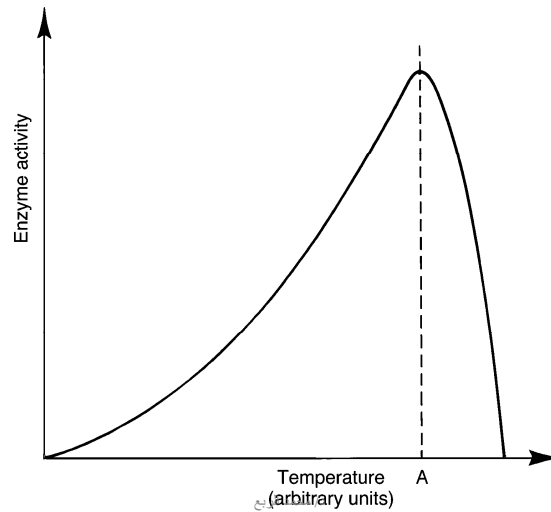
1. درجة الحرارة.

- تزداد سرعة التفاعل الإنزيمي بزيادة درجة الحرارة.
- حتى تصل إلى درجة الحرارة المثلى يكون فيها نشاط الإنزيم أعلى ما يمكن.
- لكل إنزيم درجة حرارة مثلى خاصة به وهي تقع بين 20 و40°م.
- يؤدي ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى إلى تغير التركيب الطبيعي لبروتين الإنزيم وبالتالي يفقد الإنزيم نشاطه بشكل غير عكسي.
- أي أنه في أغلب الأحيان □ يعود الإنزيم لنشاطه عند خفض درجة الحرارة.
- غالبا ما تفقد الإنزيمات نشاطها قبل الوصول إلى درجة 70°م.

د/ محمد الربيع

125

1. درجة الحرارة.



126

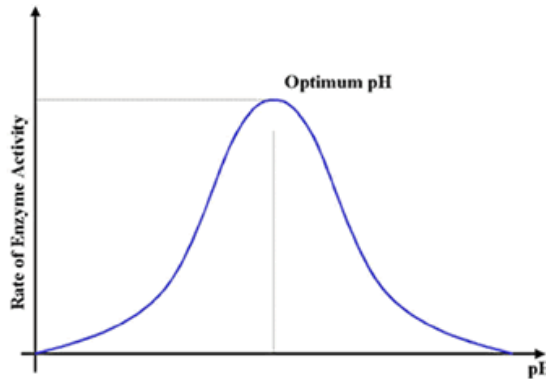
2. تركيز الأيون الهيدروجيني pH

- لكل إنزيم درجة pH معينة تسمى درجة الـ pH المثلى يكون نشاطه عندها أعلى ما يمكن.
- سرعة التفاعل الإنزيمي تقل كلما إنخفضت أو إرتفعت درجة الـ pH عن الدرجة المثلى.
- يعتمد نشاط الإنزيم على إحتواء بروتين الإنزيم على أحماض أمينية تحتوي على مجموعات وظيفية بدرجة معينة من التأين.
- أي تغير في طبيعة تأين تلك المجموعات نتيجة لتغير الـ pH يؤدي إلى إنخفاض نشاط الإنزيم وبالتالي إنخفاض سرعة التفاعل.
- أيضا يؤدي التغير في الـ pH إلى تغير التركيب الطبيعي لبروتين الإنزيم.
- درجة الـ pH المثلى لمعظم الإنزيمات بين 4 و 9 بإستثناء بعض الإنزيمات مثل الببسين الذي تفرزه المعدة (1,5 إلى 2).
- إنزيم التربيسين تفرزه الأمعاء (8).

د/ محمد الربيع

127

2. تركيز الأيون الهيدروجيني pH

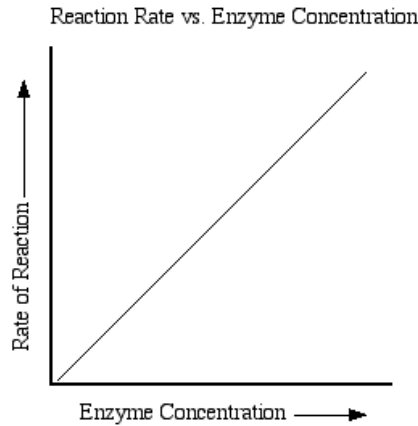


د/ محمد الربيع

128

3. تركيز الإنزيم.

- تتناسب سرعة التفاعل الإنزيمي طردا مع تركيز الإنزيم.



د/ محمد الربيع

129

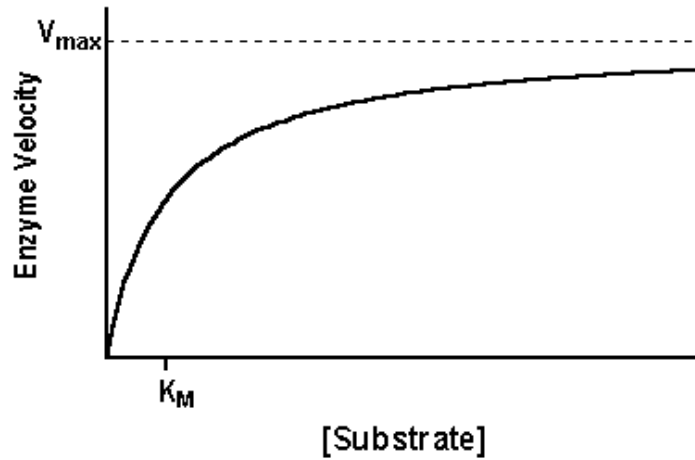
4. تركيز مادة التفاعل.

- سرعة التفاعل تزداد بزيادة تركيز مادة التفاعل.
- تكون زيادة السرعة كبيرة في البداية كلما زاد تركيز مادة التفاعل ثم تصبح الزيادة أقل وهكذا إلى أن تثبت سرعة التفاعل عند حد معين يسمى السرعة القصوى.
- وهي أعلى سرعة للتفاعل ويرمز لها بالرمز V_{max} حيث تكون عندها كل الجزيئات الإنزيم مرتبطة بمادة التفاعل.

د/ محمد الربيع

130

4. تركيز مادة التفاعل.



د/ محمد الرابع

131

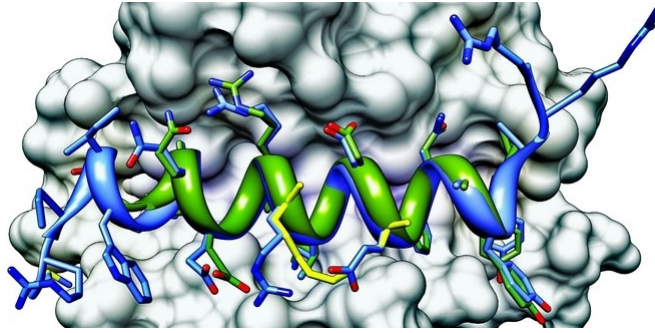
آلية عمل الإنزيمات

- لكل إنزيم تركيب بروتيني فراغي معين يسمح بإرتباط مادة التفاعل معه في موقع أو أكثر.
- تسمى هذه المواقع بالمراكز الفعالة (Active sites) في الإنزيم وهي موجودة في أماكن معينة على سطح الإنزيم وتحتوي عادة على المجموعات الوظيفية الفعالة في جذور الأحماض الأمينية المكونة لبروتين الإنزيم.

د/ محمد الرابع

132

شكل الموقع النشط لأحد الإنزيمات



د/ محمد الربيع

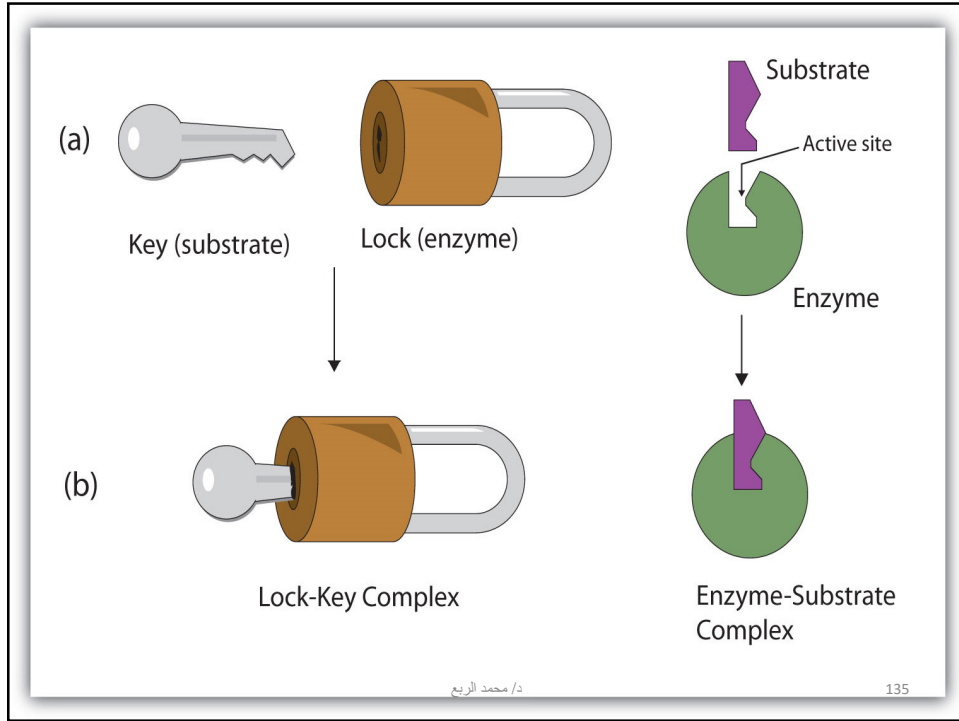
133

آلية عمل الإنزيمات

- يتم إرتباط مادة التفاعل بالموقع الفعال للإنزيم بإحدى طريقتين:
- الطريقة الأولى تشبه إرتباط المفتاح بأسنان القفل. حيث تكون مادة التفاعل ذات شكل ملائم تماما للموقع الفعال ويكون الموقع الفعال في هذه الطريقة صلب وغير مرن بالنسبة للمادة المتفاعلة.

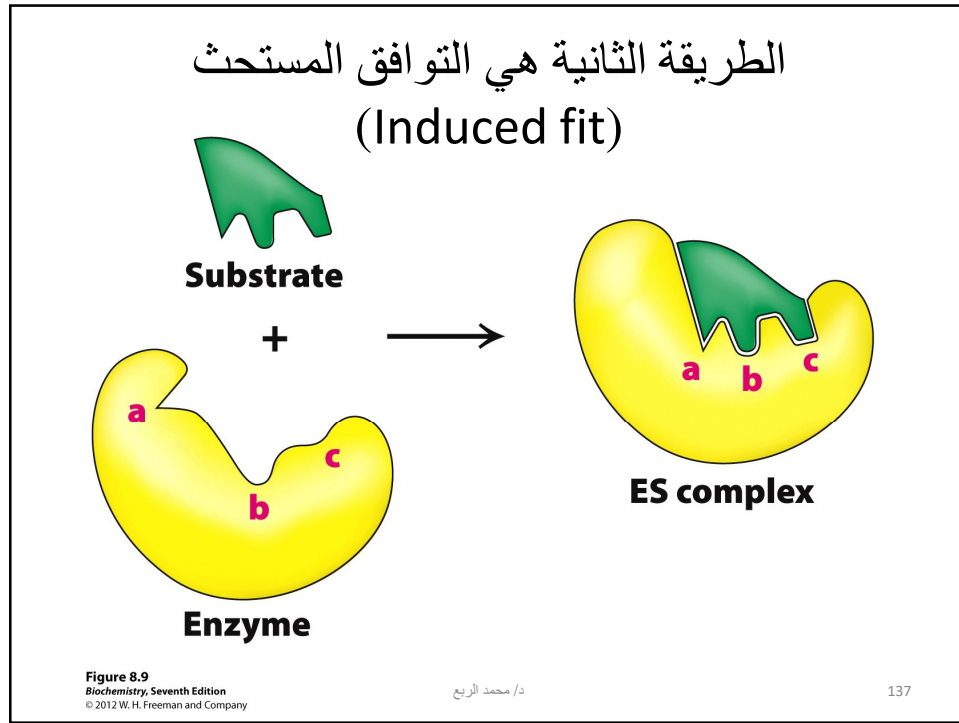
د/ محمد الربيع

134



آلية عمل الإنزيمات

- الطريقة الثانية هي التوافق المستحث (Induced fit) ويتميز الموقع الفعال في هذه الطريقة بمرونته وعدم صلابته.
- حيث أن مادة التفاعل ذات شكل غير ملائم تماماً للموقع الفعال للإنزيم.
- ويتغير شكل الموقع الفعال عند ارتباط مادة التفاعل به تماماً كما يتغير شكل القفاز عند دخول اليد فيه.



آلية عمل الإنزيمات

- تحدث عملية التحفيز الإنزيمي (Enzyme Catalysis) عند المركز الفعال من خلال عدة خطوات:
- الخطوة الأولى هي ارتباط مادة التفاعل (Substrate) بالإنزيم ويحدث ذلك بتفاعلات دقيقة جدا بين مادة التفاعل وجذور الأحماض الأمينية المكونة للموقع الفعال.
- بعد هذا الارتباط تصبح مادة التفاعل في حالة فعالة أي تصل إلى الحالة الإنتقالية.
- في الحالة الإنتقالية تكون مادة التفاعل مرتبطة بالقرب من الذرات التي ستتفاعل معها.

آلية عمل الإنزيمات

- وبالتالي تكون مادة التفاعل موضوعة في الموقع المناسب بالنسبة لتلك الذرات.
- وهكذا تزداد سرعة التفاعل وتتكسر روابط وتتكون روابط جديدة. أي تتحول مادة التفاعل إلى نواتج.

د/ محمد الربيع

139

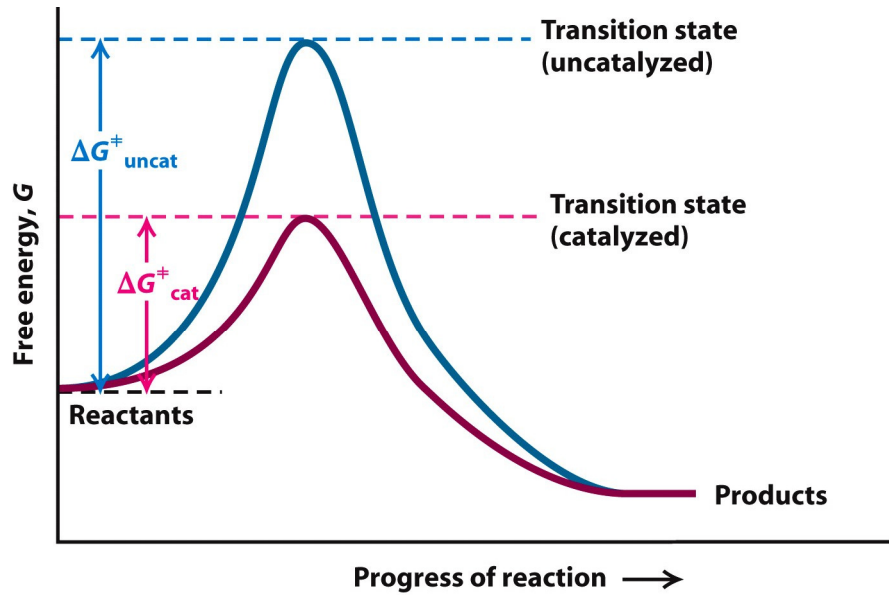
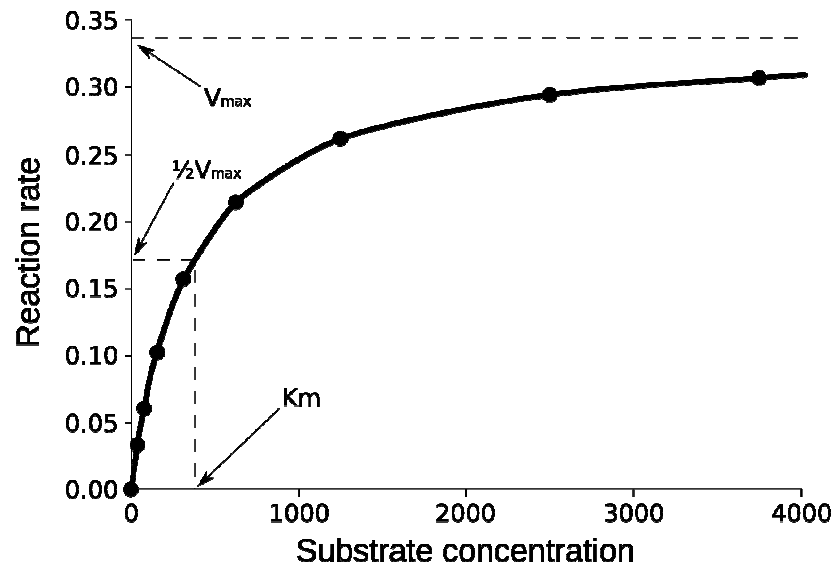
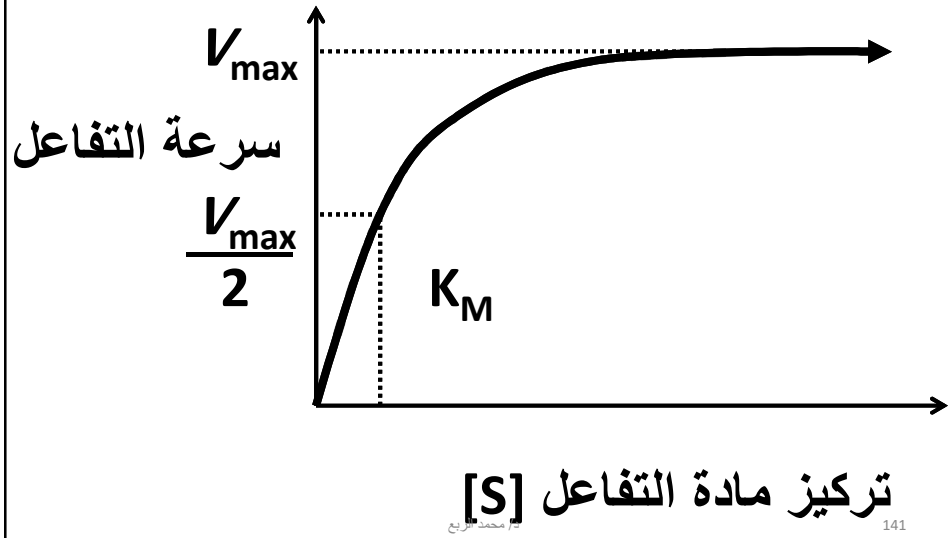


Figure 3-20
Molecular Cell Biology, Sixth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

140

حركية الإنزيمات – معادلة ميكاليس مينتين
ثابت ميكاليس وعلاقته بسرعة التفاعل



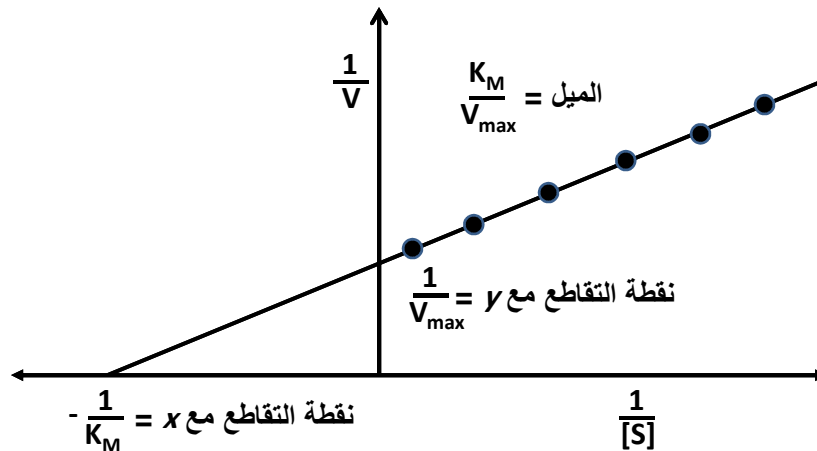
ما هو تعريف ثابت ميكاليس Km هو :

تركيز المادة المتفاعلة للوصول
إلى نصف السرعة القصوى

د/ محمد الربيع

143

معادلة لاينويفر - بيرك (Lineweaver-Burk)
العلاقة بين معكوسي السرعة وتركيز مادة التفاعل



د/ محمد الربيع

144

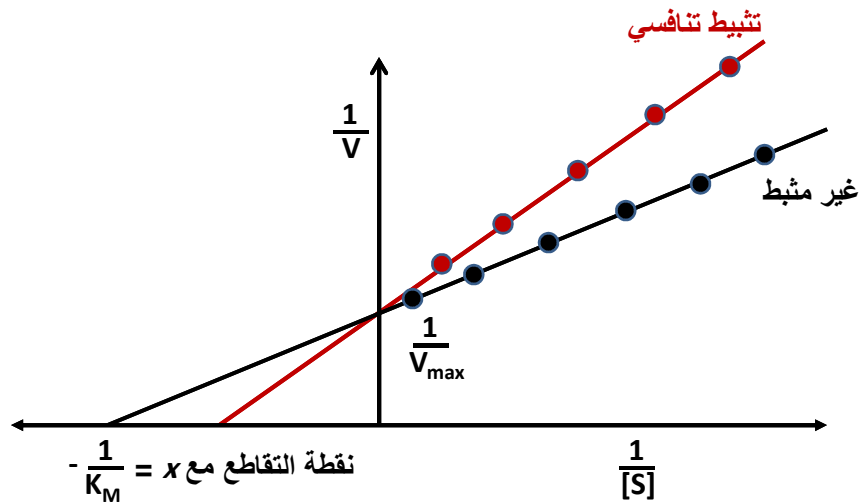
تنشيط الإنزيمات

- 1. التنشيط التنافسي:
يتشابه المثبط مع مادة التفاعل في التركيب الكيميائي مما يؤدي إلى حدوث تنافس بينهما على الارتباط بالموقع الفعال للإنزيم.
- هو تنشيط عكسي يعتمد على تركيز كل من المثبط ومادة التفاعل.
- السرعة القصوى (V_{max}) تبقى ثابتة
- بينما تزداد قيمة ثابت ميكاليس في هذا النوع من التنشيط.

د/ محمد الربيع

145

1. التنشيط التنافسي:



د/ محمد الربيع

146

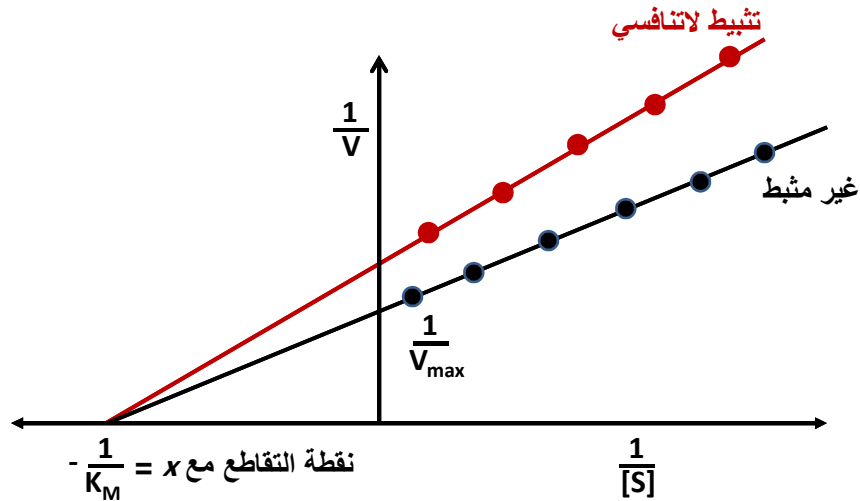
2. التثبيط اللاتنافسي

- هو تثبيط عكسي يتعلق بتركيز المثبط لا بتركيز مادة التفاعل أو بمعنى آخر لا يوجد تنافس بين المثبط ومادة التفاعل \square يث أنه لا يوجد تشابه في التركيب بين المثبط ومادة التفاعل. أي أنه لا يمكن التغلب على هذا النوع من التثبيط بزيادة مادة التفاعل.
- ترتبط المادة المثبطة في هذه الحالة بالإنزيم أو المعقد الإنزيمي في مواقع غير المواقع الفعالة للإنزيم فتكون النتيجة تغيير شكل الإنزيم وتمنع المواقع الفعالة من الارتباط مع مادة التفاعل.
- تقل السرعة القصوى للإنزيم.
- بينما \square تتغير قيمة ثابت ميكاليس.

د/ محمد الربيع

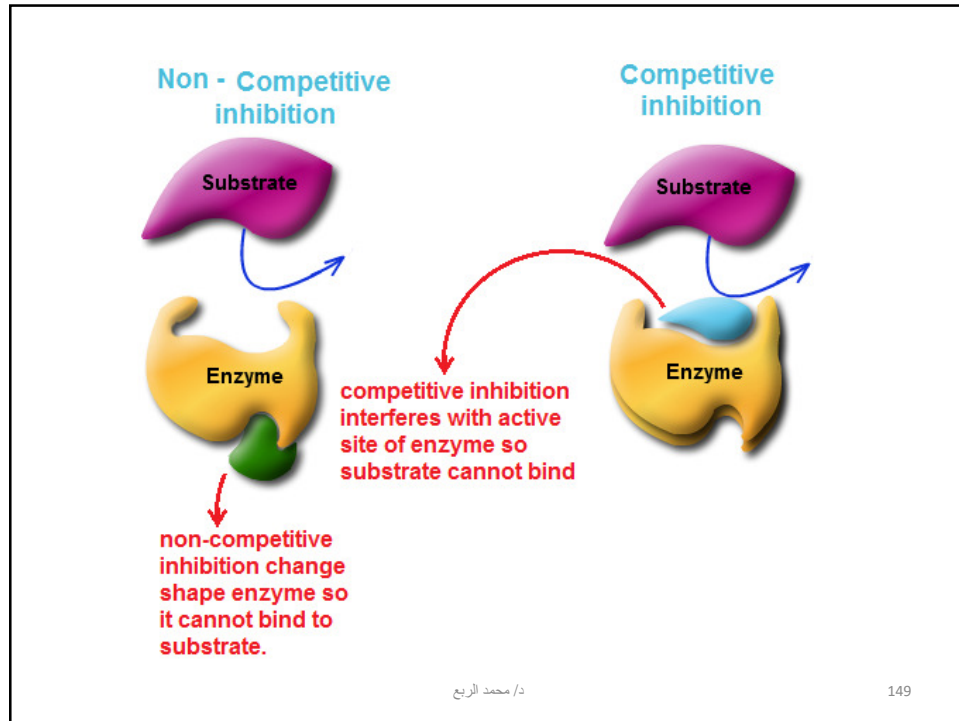
147

2. التثبيط اللاتنافسي



د/ محمد الربيع

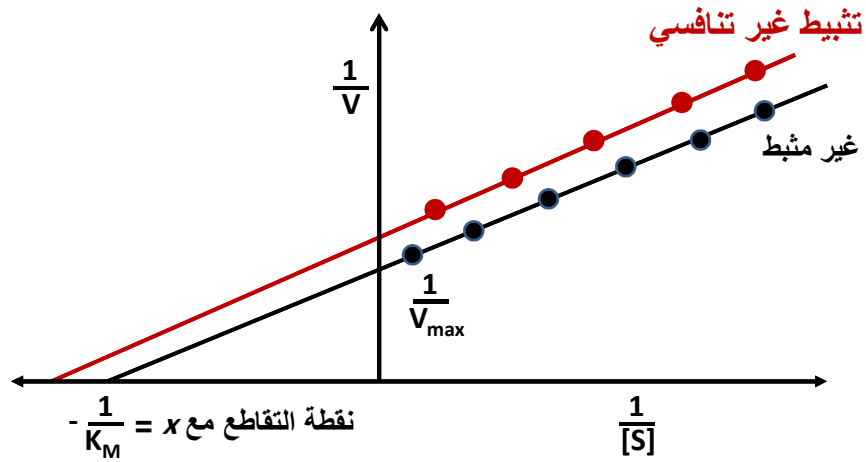
148



3. التثبيط غير التنافسي

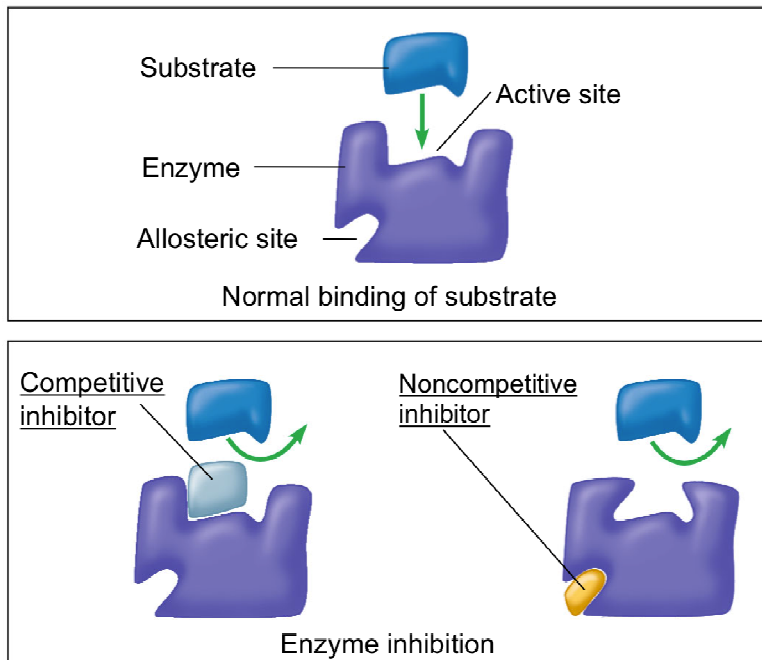
- يرتبط المثبط بمعقد الإنزيم ومادة التفاعل (ES) فقط ليكون ESI الذي لا يستطيع أن يعطي نواتج للتفاعل.
- تقل كلا من السرعة القصوى وقيمة ثابت ميكاليس.

3. التثبيط غير التنافسي



د/ محمد الرابع

151



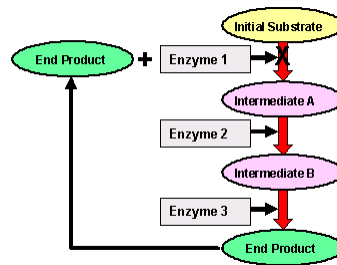
© 2012 Pearson Education, Inc.

د/ محمد الرابع

152

4. التثبيط بالتغذية المرتدة

- يكون فيه الناتج النهائي لمجموعة من التفاعلات الإنزيمية المتتالية يثبط أحد الإنزيمات المشتركة في المراحل الأولى من تلك التفاعلات.
- أي أن زيادة التركيز عن حد معين يؤدي إلى تثبيط الإنزيم.



د/ محمد الربيع

153

5. التثبيط الغير عكسي

- يرتبط المثبط بالمركز الفعال للإنزيم إرتباطا غير عكسي فلا يمكن فصله بعد ذلك.
- أي يحدث تخريب للمركز الفعال للإنزيم.

د/ محمد الربيع

154

الإيزوإنزيمات

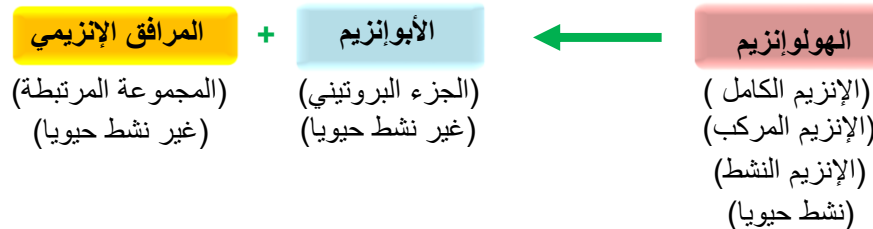
- هي مجموعة من الإنزيمات والتي يقوم كل منها بنفس العمل لكنها مختلفة في خواصها مثل إختلافها في تركيبها أو حساسيتها للمثبطات والمنشطات وفي الثوابت الحركية (V_{max} , K_M) والوزن الجزيئي و درجة الـ pH المثلى لنشاط الإنزيم.
- يرجع ذلك لإختلافها في التركيب الأولي أو الثانوي أو غيره.

د/ محمد الربيع

155

المرافقات الإنزيمية – الإنزيمات المركبة

- في بعض الحالات، يتطلب لنشاط الإنزيم جزء غير بروتيني يسمى المرافق الإنزيمي (فيتامينات، الماغنيسيوم، المنجنيز).



د/ محمد الربيع

156

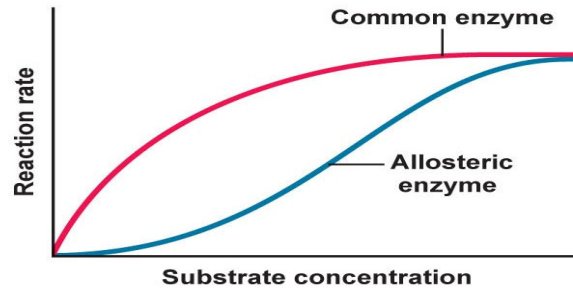
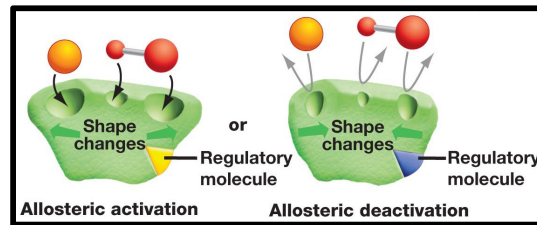
الإنشيمات الألوستيرية

- تتميز الإنزيمات الألوستيرية بأنها تحتوي على مركز فعال ومركز تنظيمي.
- ترتبط المادة التي تؤثر في النشاط الإنزيمي بالمركز التنظيمي وبالتالي قد يكون التأثير يؤدي إلى نقصان سرعة التفاعل (في حالة ارتباط مؤثر سالب) أو زيادة سرعة التفاعل (في حالة ارتباط مؤثر موجب).
- وهي إنزيمات لا تخضع لحركيات ميكاليس - مينتن حيث تعطي منحنى أسي للعلاقة بين سرعة التفاعل وتركيز مادة التفاعل.

د/ محمد الربيع

157

الإنزيمات الألوستيرية □ عطي منحنى أسي للعلاقة بين سرعة التفاعل □ ركيز مادة التفاعل



د/ محمد الربيع

158

الزيموجينات

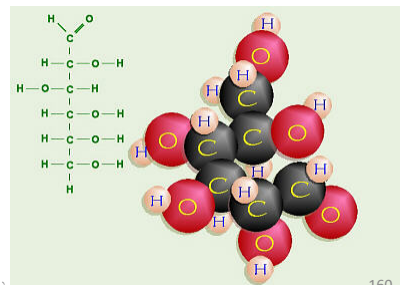
- هي مجموعة من الإنزيمات والتي تفرز في صورة أولية غير نشطة (zymogen) وتنشط عند الحاجة إليها.
- وآلية التنشيط هي إما:
 1. بشطر أو قطع جزء صغير من الشق البروتيني والذي يغطي الموقع النشط.
 2. بالتغير في درجة الـ pH المحيطة بالزيموجين.
 3. من الأمثلة عليها إنزيم التربسينوجين والذي يتحول للصورة النشطة وهي تريسين. وكذلك الحال في إنزيمات الببسينوجين والكايموتريبسينوجين.

د/ محمد الربيع

159



الكربوهيدرات (السكريات)

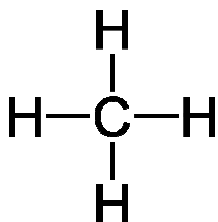


د/ محمد الربيع

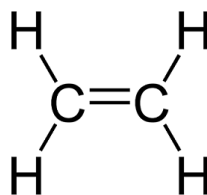
160

مقدمة (1): أنواع الروابط

- رابطة أيونية Na^+Cl^-
- رابطة تساهمية (لاحظ أن الكربون دائما محاط بأربعة روابط)



مركب مشبع



مركب غير مشبع

أي به رابطة واحدة تساهمية غير مشبعة

د / محمد الربيع

161

مقدمة (2): المقطع في أول الكلمة

Number	Prefixes
1	mono
2	di
3	tri
4	tetra
5	penta
6	hexa
7	hepta
8	octa

De = منزوع

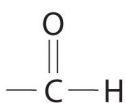
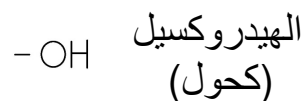
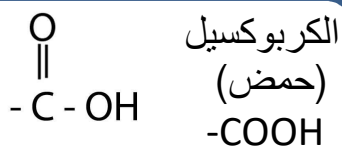
د / محمد الربيع

162

مقدمة (3): بعض المجموعات الوظيفية في الكيمياء العضوية



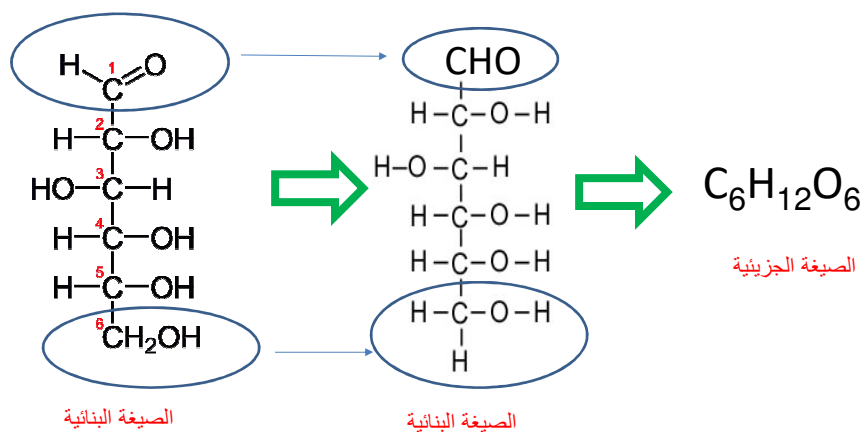
الكربونيل

الدهيد
-CHO

د/ محمد الربيع

163

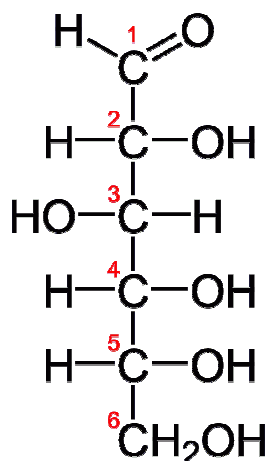
يمكن كتابة المركب بأكثر من صورة
(الصيغة الجزيئية والصيغة البنائية)
وبالتالي يمكن أن تشابه مركبان في الصيغة الجزيئية وتختلفا في الصيغة البنائية



د/ محمد الربيع

164

تعريف الكربوهيدرات (أيضا تسمى بالسكريات)



- تعرف الكربوهيدرات بأنها مشتقات ألدهيدية أو كيتونية لكحولات عديدة الهيدروكسيل.
- أو هي المركبات التي تعطي هذه المشتقات بالتحليل المائي.
- جميع السكريات (أو الكربوهيدرات تأخذ المقطع ose في آخر الكلمة).

د/ محمد الربيع

165

تقسم الكربوهيدرات (السكريات) إلى:

1. السكريات الأحادية. وسوف ندرس منها التالي:
الجليسرالدهيد وثنائي هيدروكسي الأسيتون والريبوز والجلوكوز والجالاكتوز والمانوز والفركتوز
2. السكريات القليلة (أو تسمى أيضا الأوليجوسكريات وهي من وحدتين إلى عشرة) - وسوف ندرس منها فقط السكريات الثنائية التالية:
السكروز واللاكتوز والمالتوز والأيزومالتوز و السيلوبيوز
3. السكريات العديدة (أو تسمى أيضا بالبولي سكريات وهي من عشرة فما فوق). وسوف ندرس منها التالي:
النشا والجليكوجين والسليولوز

د/ محمد الربيع

166

خواص السكريات

- تعزى لوجود مجموعة ألدهيد أو كيتون **حرة** (أي غير مرتبطة برابطة) صفة القدرة على الإختزال.
- وبالتالي فإن جميع السكريات الأحادية لها قدرة إختزالية.
- جميع السكريات الثنائية لها قدرة إختزالية ما عدا **السكروز**.
- السكريات العديدة لها طرف وحيد مختزل وآلاف الأطراف الغير مختزلة (وبالتالي فهي تعد ليس لها قدرة إختزالية).
- القدرة الإختزالية تعني أيضا أنها تستطيع أن تقوم بتفاعل الأوزازون.



د/ محمد الربيع

167

السكريات الأحادية

- تسمى أيضا السكريات البسيطة وهي الوحدات البنائية للسكريات الأخرى
- هي أبسط وحدات الكربوهيدرات حيث لا يمكن تحليلها إلى وحدات أصغر
- أكثر السكريات الأحادية إنتشارا في الطبيعة هي السكريات السداسية
- تشترك في الصيغة العامة $C_nH_{2n}O_n$ حيث $n = 3$ أو أكثر

د/ محمد الربيع

168

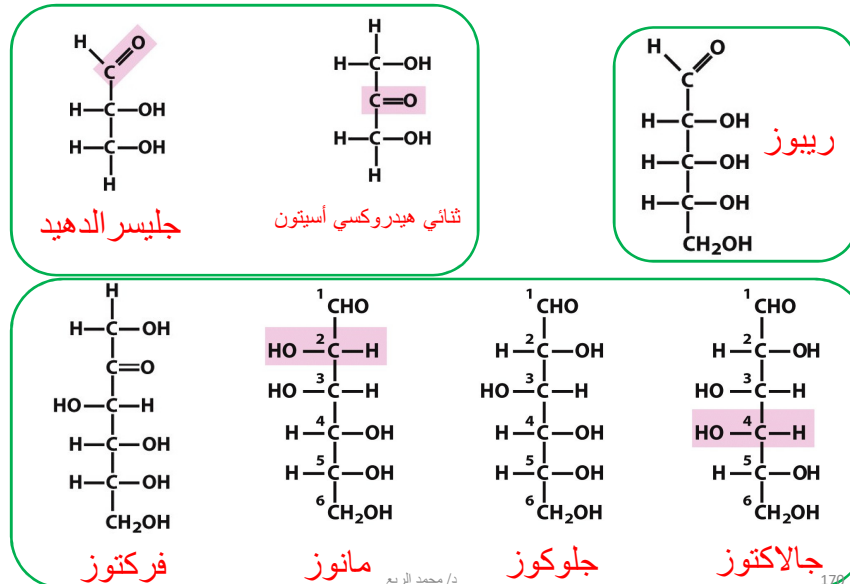
تقسم السكريات الأحادية

- إما وفقا لعدد ذرات الكربون الموجودة:
 - ثلاث ذرات كربون (ترايوز) **Triose**
 - خمس ذرات كربون (بنتوز) **Pentose**
 - ست ذرات كربون (هكسوز) **Hexose**
 - سبع ذرات كربون (هيبنتوز) **Heptose**
- أو لوجود مجموعة ألدهيد أو كيتون فيها:
 - السكريات المحتوية على مجموعة ألدهيد تسمى ألدوزات (**Aldoses**)
 - السكريات المحتوية على مجموعة كيتون تسمى كيتوزات (**Ketoses**)

د/ محمد الأربع

169

السكريات الأحادية المقررة



د/ محمد الأربع

170

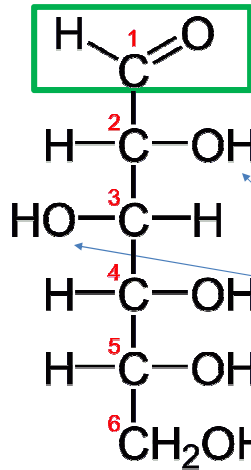
يمكن أن يدمج التقسمين في تسمية السكريات الأحادية

- الجليسرالدهيد يسمى أيضا:
ترايوز (ثلاث ذرات كربون) أو الألدوز
الثلاثي أو الدوترايوز (Aldotriose)
- ثنائي هيدروكسي أسيتون يسمى أيضا:
ترايوز (ثلاث ذرات كربون) أو الكيتون
الثلاثي أو كيتوترايوز (Ketotriose)
- ريبوز يسمى أيضا:
بنقوز (خمسة ذرات كربون) أو الألدوز
الخماسي أو ألديبنقوز (Aldopentose)
- الجلوكوز (والجالاكتوز والمانوز) يسمى:
هكسوز (ستة ذرات كربون) أو الألدوز
السداسي أو ألدوهكسوز (Aldohexose)
- الفركتوز يسمى أيضا:
هكسوز (ستة ذرات كربون) أو الألدوز
السداسي أو كيتوهكسوز (Ketohexose)
- (تذكر الفرق بين المقطعين ose و ase)

د/ محمد الربيع

171

الجلوكوز - Glucose



- لاحظ المقطع (وز) أو (ose) في مسمى السكر
- لاحظ وجود مجموعة ألدهيد
- لاحظ وجود أكثر من مجموعة هيدروكسيل
- لاحظ عدد ذرات الكربون (يساوي 6)

د/ محمد الربيع

172

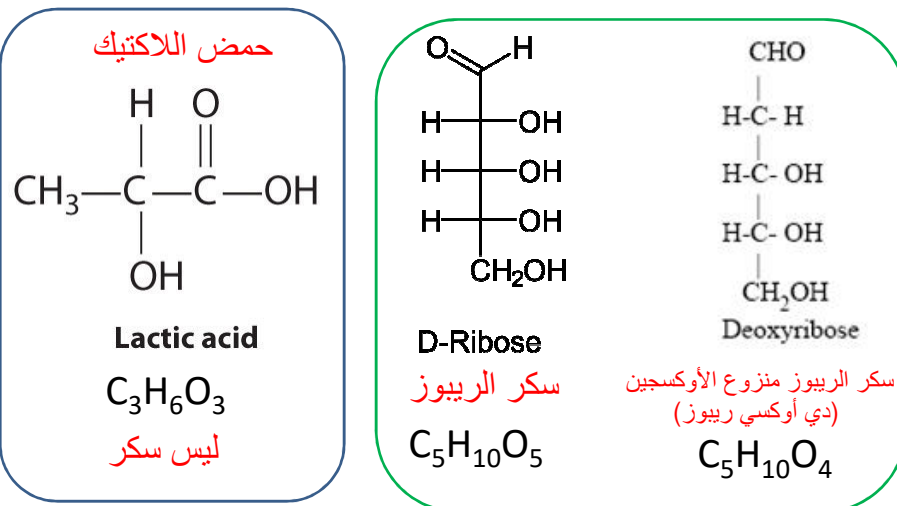
الكربوهيدرات

- تحتوي على كربون وأيضاً هيدروجين والأكسجين بنسبة وجودهما في ماء (أي بنسبة 1:2).
- أي أن كربوهيدراتها صيغة تجريبية $C_nH_{2n}O_n$
- فمثلاً سكر الريبوز يحتوي على خمس ذرات كربون وبالتالي فتصبح الصيغة البنائية هي $(C_5H_{10}O_5)$.
- ليس جميع الكربوهيدرات لها مثل هذه الصيغة فمثلاً سكر الريبوز منقوص الأكسجين له الصيغة البنائية $(C_5H_{10}O_4)$ وهو يعد من السكريات.
- بينما مثلاً هناك بعض المركبات العضوية لها مثل هذه الصيغة ولكنها لا تصنف على أنها كربوهيدرات مثل حمض اللاكتيك $(C_3H_6O_3)$.

د/ محمد الربيع

173

سكر الريبوز وحمض اللاكتيك



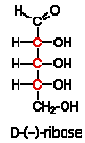
د/ محمد الربيع

174

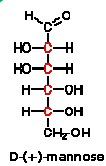
السكريات الأحادية الألدهيدية (جميعهم لهم قدرة إختزالية)

مراجعة

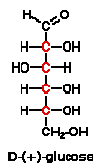
ريبوز (سكر خماسي)
بننوز (ألدوبتوز)



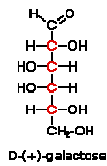
جليسرالدهيد (سكر ثلاثي)
تريوز (ألدوتريوز)
D-(+)-glyceraldehyde



مانوز



جلوكوز



جالاكتوز

سكريات سداسية
هكسوز (ألدوهكسوز)

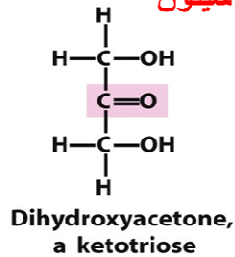
د/ محمد الربيع

175

مراجعة

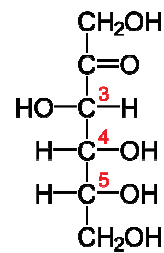
السكريات الأحادية الكيتونية (لهما قدرة إختزالية)

ثنائي هيدروكسي
الأسيتون



سكر ثلاثي

الفركتوز



D-Fructose

سكر سداسي

د/ محمد الربيع

176

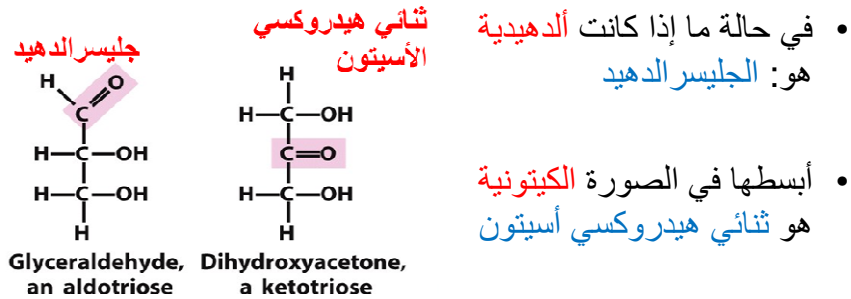
أين تقع المجموعة الوظيفية في السكريات

- في حالة السكريات الألدهيدية، تكون مرتبطة بالكربون رقم 1
- في حالة السكريات الكيتونية، تكون مرتبطة بالكربون رقم 2

د/ محمد الربيع

177

إذا ما هي أبسط السكريات



د/ محمد الربيع

178

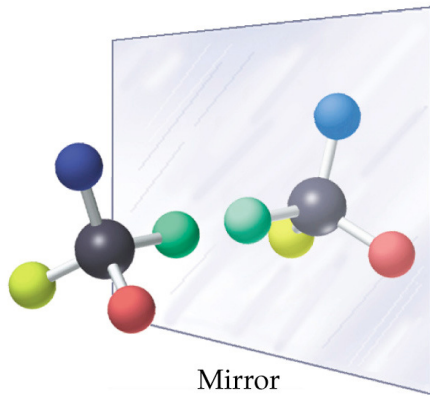
الخواص الكيميائية والفيزيائية للسكريات

- التماكب الفراغي:
- هو وجود مركبين أو أكثر متفقين في الصيغة الجزيئية ومختلفين في الصيغة البنائية
- التدوير الضوئي (النشاط الضوئي):
- هو حدوث تغير في اتجاه الضوء المستقطب نتيجة لممره في مادة تحتوى على جزيئات كايرال.

د/ محمد الربيع

179

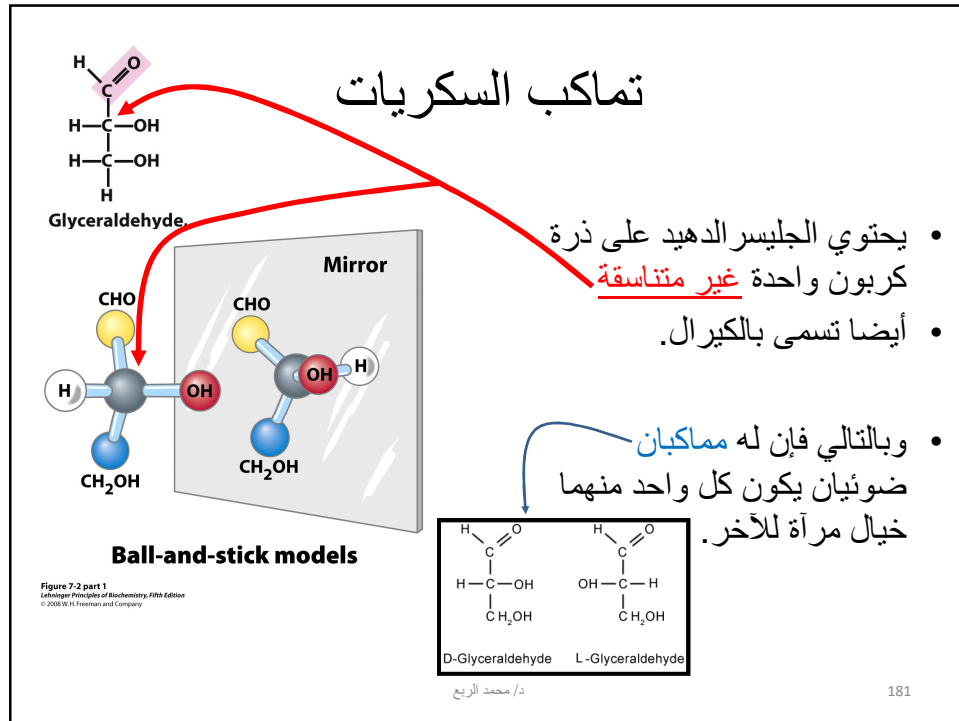
التماكب الفراغي



- الذرة باللون الأسود
- محاطة بأربع مجموعات مختلفة
- وبالتالي فإن الصورتين مختلفتين

د/ محمد الربيع

180

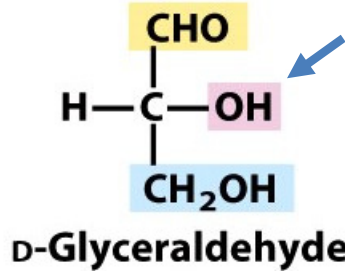


تعريف المماكب D

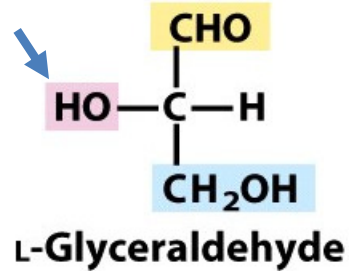
- هو أن تكون مجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربون الأكثر بعدا عن مجموعة الألدريد توجد على اليمين فيها جميعا.
- فمثلا في السكريات السداسية، ينظر لمجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربونة رقم 5
- وفي السكريات الخماسية، ينظر لمجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربونة رقم 4

الفرق بين D و L في السكريات

- الشكل D تكون فيه مجموعة الهيدروكسيل إلى اليمين حين تكون مجموعة الألدريد في الأعلى.



- الشكل L تكون فيه مجموعة الهيدروكسيل إلى اليسار حين تكون مجموعة الألدريد في الأعلى.



د/ محمد الربيع

183

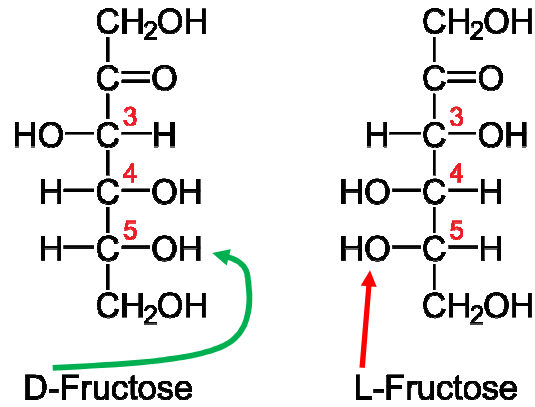
إينانتيومر - إبيمر - دياستيريوايزومر

- إينانتيومر: يرمز لـ D و L
- إبيمر: مثل D-جلوكوز ، D-مانوز. أي يختلفا في التوزيع الفراغي للمجموعات حول ذرة كربون واحدة غير متناسقة هي الذرة رقم 2
- دياستيريوايزومر: مثل D-مانوز ، D-جالاكتوز. أي يختلفا في التوزيع الفراغي للمجموعات حول أكثر من ذرة كربون غير متناسقة

د/ محمد الربيع

184

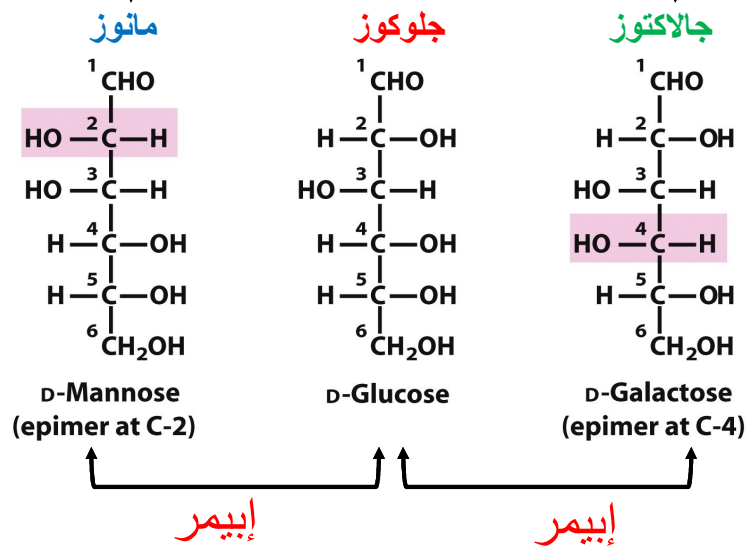
مثال آخر للإينانتيومر (D و L فركتوز)



د/ محمد الرابع

185

دياستيريو أيزومر



د/ محمد الرابع

186

قاعدة فانت هوف لتماكب السكريات



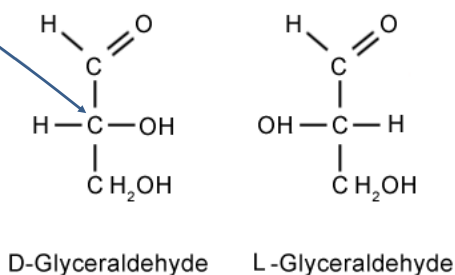
- قاعدة فانت هوف تنص على أن:
عدد المماكبات = 2^n
حيث n عدد ذرات الكربون غير المتناسقة

د/ محمد الربيع

187

أمثلة على قاعدة فانت هوف تماكب السكريات

- الجليسرالدهيد (وهو سكر ثلاثي أو ترايوز) عدد $2 = 2^1$ مماكبات هما الـ **D** و الـ **L**. (أي زوج من الإنانتيومرات).



د/ محمد الربيع

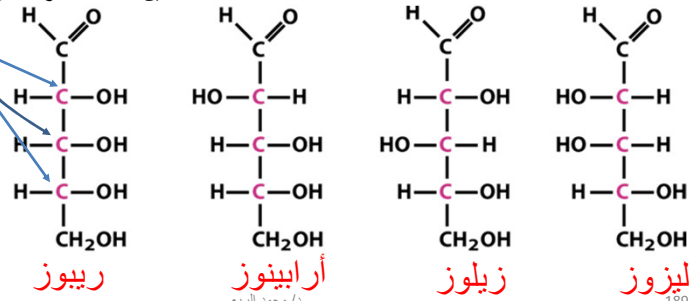
188

مثال آخر على قاعدة فانت هوف

- الريبوز (وهو سكر خماسي وأحادي وأيضا يسمى بنتوز) عدد $2^3 = 8$ مماكبات

- أربعة منها من النوع **D** والأربعة الأخرى من النوع **L** أى أنها أربعة أزواج من الإنانتيوميرات

مبين هنا فقط الأربعة من النوع D

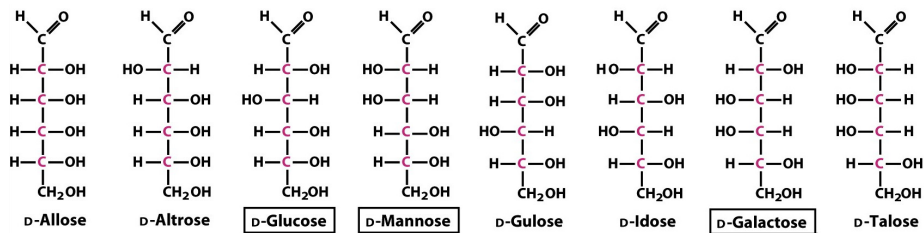


د/ محمد الربيع

189

آخر مثال على قاعدة فانت هوف

- الهكسوزات عدد $2^4 = 16$ مماكبا

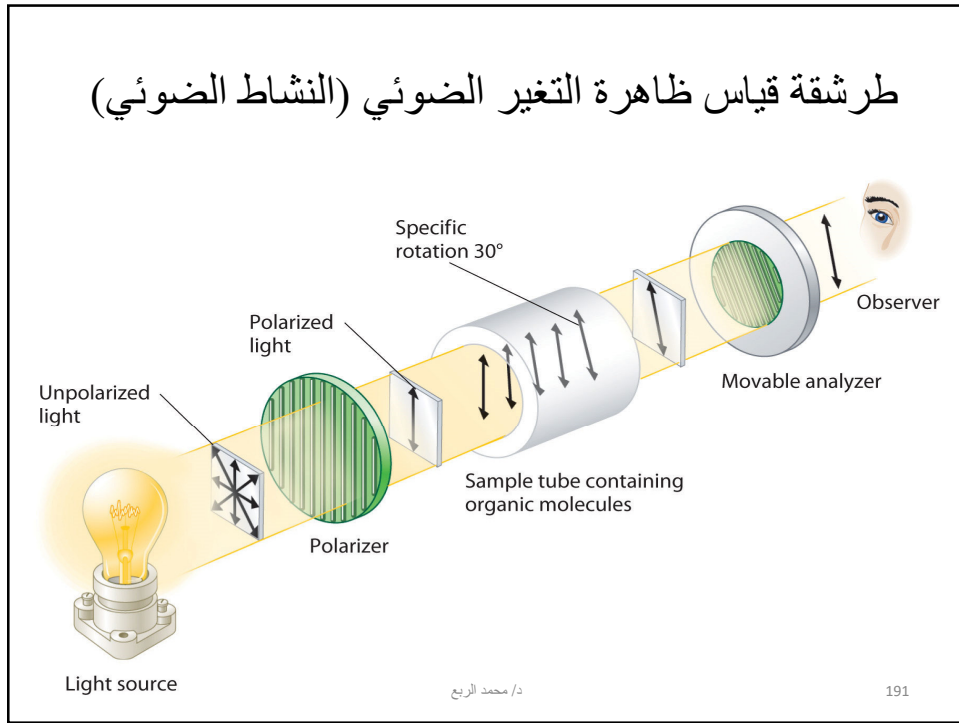


مبين هنا فقط الأربعة من النوع D

د/ محمد الربيع

190

طريقة قياس ظاهرة التغير الضوئي (النشاط الضوئي)



التدوير الضوئي للسكريات الأحادية

- إذا انحرف الضوء يمينا، يعطى الرمز + ويسمى من النوع ديكسترو
- إذا انحرف الضوء يسارا، يعطى الرمز - ويسمى من النوع ليفو
- أثبتت الدراسات أن D - جليسرالدهيد يميني التدوير الضوئي (+)
- وأن ال-L - جليسرالدهيد هو يساري التدوير الضوئي (-)

ماذا يعني التالي

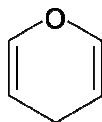
- D (+) – Glucose
- الحرف (D) يعني أن مجموعة الهيدروكسيل للكربون رقم خمسة تقع على اليمين.
- والمقطع (+) يعني أنه يحرف الضوء يمينا

د/ محمد الربيع

193

البيران والفيوران

- الحلقة السداسية التي بها ذرة أوكسجين تسمى بيران (Pyran)
- والسكريات التي تشبه في تركيبها شكل الحلقة السداسية فيلحق بها المقطع وز (ose).
- أي أنها تسمى بيرانوز.



- الحلقة الخماسية التي بها ذرة أوكسجين تسمى فيوران (Furan)
- والسكريات التي تشبه في تركيبها شكل الحلقة الخماسية فيلحق بها المقطع وز (ose).

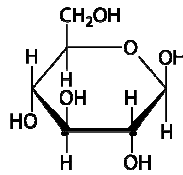
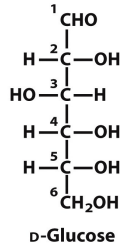


د/ محمد الربيع

194

الصيغة البنائية للجلوكوز

تركيب فيشر وتركيب هاورث وهيرست



- الصيغة البنائية المفتوحة هي مقترحة من العالم الألماني فيشر

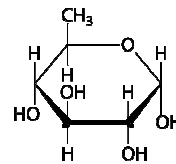
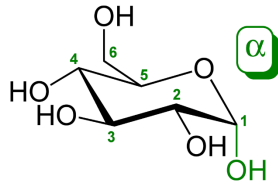
- إقترح العالمان البريطانيان هاورث وهيرست الشكل الحلقي المغلق للجلوكوز.
- صيغة هاورث هي الأقرب لتمثيل السكريات.

د/ محمد الربيع

195

جلوكوبيرانوز (Glucopyranose)

- وقد لوحظ أن الجلوكوز (أو جميع السكريات الألدهيدية السداسية فقط) تأخذ شكل مشابهة لحلقة البيران (والمقترح من العالمين هاورث وهيرست).
- وبالتالي فإن الجلوكوز أيضا يسمى جلوكوبيرانوز.
- وتوضح الصيغ البنائية التالية عدة أشكال من الجلوكوبيرانوز وهو في شكل هاورث

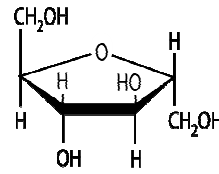


د/ محمد الربيع

196

فركتوفورانوز (Fructofuranose)

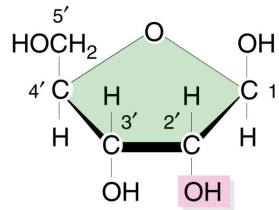
- بينما تأخذ السكريات السداسية الكيتونية (مثل الفركتوز) (وأیضا السكريات الخماسية الألدهيدية مثل الريبوز) شكل مشابهة للحلقة الخماسية ويسمى الفركتوز حينئذ فركتوفورانوز (Fructofuranose) وهو الشكل المقترح من العالمين هاورث وهيرست.
- لوحظ أيضا أن الحلقة السداسية أكثر ثباتا من الحلقة الخماسية



د/ محمد الربيع

197

الصيغة البنائية للريبوز بطريقة هاورث وهيرست



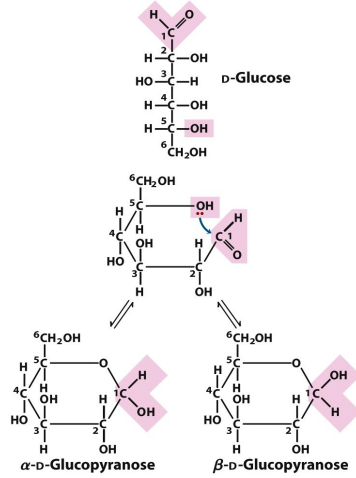
D-β-ريبوز

D-β-ريبوفورانوز

د/ محمد الربيع

198

ظاهرة التغير الدوراني للجلوكوز (Mutarotation of Glucose)



- تحدث في المحاليل المائية للجلوكوز.
- حيث يتحول فيها شكل الجلوكوز من الشكل المفتوح إلى الشكل المغلق.
- عندما تكون مجموعة الهيدروكسيل لأعلى، فيسمى بيتا (β).
- عندما تكون مجموعة الهيدروكسيل لأسفل، فيسمى ألفا (α).
- لاحظ أن الشكل المغلق لا يبقى مغلقاً طوال الوقت لأن التفاعل عكسي (أي يمكن الرجوع للشكل المفتوح).
- وبالتالي فالشكل المغلق له قدرة إختزالية طالما مجموعة الهيدروكسيل موجودة حرة.
- تتواجد الثلاثة أشكال (الشكل المفتوح والحالتين للشكل المغلق) في حالة إتزان في المحاليل المائية.

د/ محمد الربيع

199

الصفة الإختزالية للسكريات

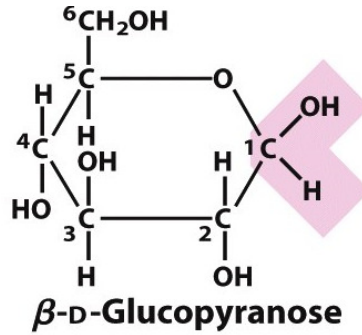
- تعزى الصفة الإختزالية للسكريات للمجموعة الوظيفية (وهي الألدهيد أو الكيتون).
- وحيث أن السكريات في شكل هاورث وهيرست تكون المجموعة الوظيفية حرة وغير مرتبطة، فإنها تقوم بالصفة الإختزالية.
- لكن إذا إرتبطت المجموعة الوظيفية فتفقد قدرتها على الإختزال (مثل في حالة السكروز).

د/ محمد الربيع

200

ملحوظة

- على الرغم من ارتباط المجموعة الوظيفية (الكربون رقم واحد) إلا أنها حرة ويمكن أن تكون في شكل المفتوح (فيشر)

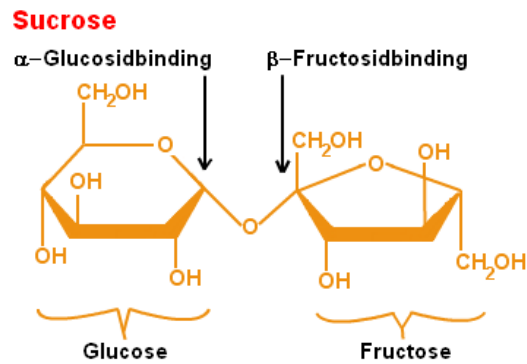


د/ محمد الربيع

201

السكروز

- غير مختزل



د/ محمد الربيع

202

مراجعة

- الجلوكوز هو سكر أحادي وسداسي ويسمى هكسوز أو ألدوهكسوز
- الفركتوز هو سكر أحادي وسداسي ويسمى هكسوز أو كيتوهكسوز
- أصغر أنواع السكريات هما الجليسرالدهيد (ويسمى أيضا تريوز أو ألدوتريوز) و ثنائي هيدروكسي الأسيتون (ويسمى تريوز أو كيتوتريوز)

د/ محمد الربيع

203

شرح مفصل للسكريات الأحادية

1. الجلوكوز (Glucose).
2. الفركتوز (Fructose).
3. الجالاکتوز (Galactose).
4. المانوز (Mannose).
5. الرايبوز (Ribose).

د/ محمد الربيع

204

الجلوكوز (Glucose)

- هو السكر الرئيسي في الدم ويستخدم للحصول على الطاقة.
- يعرف بإسم ديكستروز لأنه يميني التدوير الضوئي.
- يعرف أيضا بإسم سكر العنب (لوجوده بكثرة فيه).
- هو من السكريات الألدهيدية.
- يوجد في الفواكه وقصب السكر والخضروات والعسل.
- يمكن الحصول على الجلوكوز بالتحليل المائي للنشا

د/ محمد الربيع

205

الفركتوز (Fructose)

- هو من السكريات الكيتونية وهو من أكثر السكريات حلاوة (حوالي ثلاثة أضعاف حلاوة الجلوكوز وضعفي حلاوة السكروز).
- يسمى أحيانا ليفولوز لأنه يساري التدوير الضوئي.
- أيضا يعرف بإسم سكر الفاكهة لكثرة وجوده فيها. وأيضا في العسل ورحيق الأزهار.
- يمكن الحصول على الفركتوز بالتحليل المائي للإنولين.

د/ محمد الربيع

206

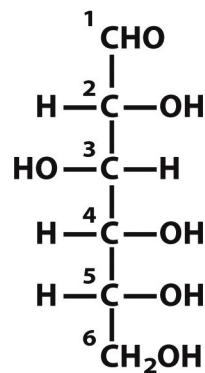
الجالاكتوز (Galactose)

- هو من السكريات السداسية الألهيدية.
- الجالاكتوز والجلوكوز إبيمران (يختلفا في التوزيع الفراغي حول ذرة كربون واحدة هي رقم 4).
- لا يوجد منفردا في الطبيعة ولكن مرتبطا كوجوده مع الجلوكوز مكونا اللاكتوز (سكر الحليب) أو مرتبطا مع الدهون مكونا الجلاكتوليبيدات.
- أشهر مشتقاته هو جالاكتوز أمين (Galactose amine) والذي يدخل في تركيب الغضاريف والأحبال الصوتية.

د/ محمد الربيع

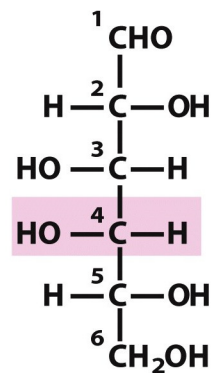
207

الجالاكتوز والجلوكوز إبيمران
(يختلفا في التوزيع الفراغي حول ذرة كربون واحدة هي رقم 4)



D-Glucose

جلوكوز

D-Galactose
(epimer at C-4)

جالاكتوز

د/ محمد الربيع

208

المانوز

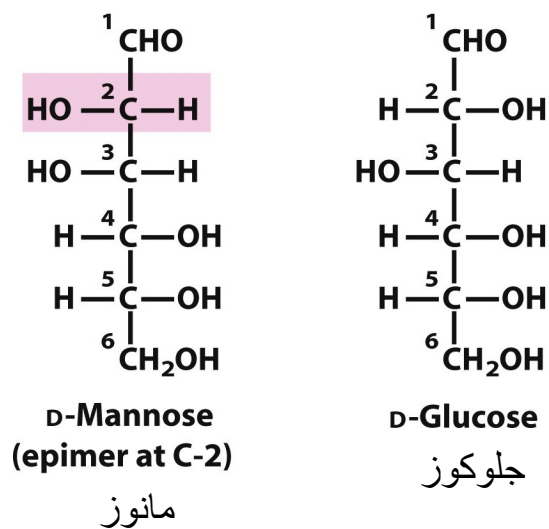
- هو إبيمر للجلوكوز (ذرة الكربون رقم 2).
- هو من السكريات السداسية الألدهيدية واسعة الانتشار.
- يوجد بصورة حرة في تركيب القشور الخارجية لبعض الحمضيات وثمار بعض النباتات.
- يتواجد أيضا في أشكال مرتبطة مكونا كربوهيدرات متعددة تعرف بالمانانات.

د/ محمد الربيع

209

المانوز والجلوكوز إبيمران

(يختلفا في التوزيع الفراغي حول ذرة كربون واحدة هي رقم 2)



د/ محمد الربيع

210

الريبوز

- هو من السكريات الخماسية الألدهيدية.
- بالرغم من أنه من النوع D إلا أنه يساري التدوير (-).
- هو أحد مكونات الحمض النووي الريبوزي:

RNA (Ribonucleic acid)

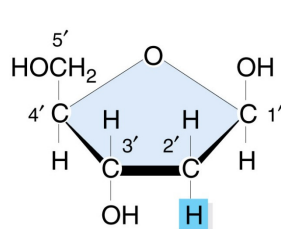
- كذلك يدخل في تركيب المرافقات الإنزيمية مثل نيكوتين أميد ثنائي النيوكليوتيد (NAD).
- يمكن بنزع ذرة الأوكسجين من ذرة الكربون الثانية الحصول على أحد أهم مشتقاته وهو:
- الرايبوز منزوع أو منقوص الأوكسجين (دي أوكسي ريبوز)
- وهو أحد مكونات الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين:

DNA (Deoxyribonucleic acid)

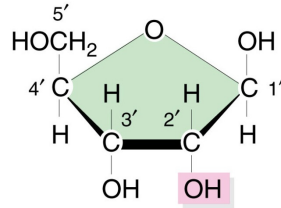
د/ محمد الربيع

211

الصيغة البنائية للريبوز والريبوز منزوع الأوكسجين



D-β-رايبوز منقوص الأوكسجين



D-β-ريبوز

D-β-ريبوفورانونز

د/ محمد الربيع

212

السكريات القليلة (أوليغوسكريات) Oligosaccharides

- تتكون السكريات القليلة من إرتباط عدد قليل يتراوح بين **إثنين وعشرة**، وغالبا ما تكون من السكريات السداسية.
- يمكن **بالتحليل المائي** للسكريات العديدة الحصول على بعض السكريات القليلة والتي بدورها تعطي السكريات الأحادية المكونة لها عند تحليلها مائيا.

د/ محمد الربيع

213

أهم السكريات القليلة

1. السكروز (Sucrose)
2. اللاكتوز (Lactose)
3. المالتوز (Maltose)
4. الأيزومالتوز (Isomaltose)
5. السيلوبيوز (Cellobiose)

د/ محمد الربيع

214

تذكر

- يجب أن تحفظ اسم السكر ونوع الرابطة.
- تذكر أن الرابطة في السكريات القليلة والعديدة تسمى رابطة جلايكوسيدية.
- نوع الرابطة في الجليسيريدات الثلاثية (الدهون) هي رابطة إستيرية
- نوع الرابطة في البروتينات تسمى رابطة بيبتيديّة

د/ محمد الربيع

215

السكروز (Sucrose)

- يسمى بسكر القصب.
- يوجد في البنجر.
- من أكثر السكريات إنتشارا.



د/ محمد الربيع

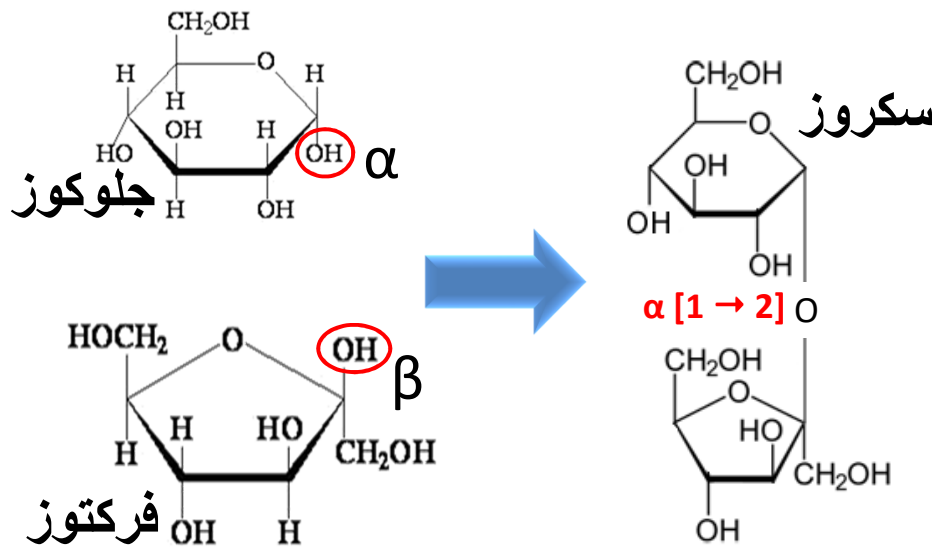
216

السكروز (Sucrose)

- يتكون السكروز من إرتباط جزئ جلوكوز مع جزئ فركتوز
- وذلك بين الكربون رقم 1 للجلوكوز مع الكربون رقم 2 للفركتوز.
- أي أنها $\alpha [1 \rightarrow 2]$

د/ محمد الربيع

217



د/ محمد الربيع

218

السكروز (Sucrose)

- نظرا لإرتباط مجموعتي الكربونيل في الجلوكوز والفركتوز فإن السكروز لا يكتسب خواص السكرين المكونين له.
- أي أن:
- 1. السكروز ليس له قدرة إختزالية.
- 2. لا يكون أوزازون.
- 3. لا يبدي ظاهرة التغير الدوراني.

د/ محمد الربيع

219

السكروز (Sucrose)

- ولكن السكروز نشط ضوئيا وهو يميني التدوير الضوئي.
- كما يتحلل السكروز مائيا بسهولة بوجود الأحماض أو بواسطة إنزيمات إلى جلوكوز وفركتوز.
- تعرف نواتج التحلل المائي للسكروز (مزيج من الجلوكوز والفركتوز) بإسم السكر المحول (invert sugar) لأنها يسارية التدوير الضوئي لأن الفركتوز يحرف الضوء المستقطب يسارا أكثر مما يحرفه الجلوكوز إلى اليمين.

د/ محمد الربيع

220

اللاكتوز (Lactose)

- يسمى بسكر الحليب. وهو يميني التدوير الضوئي.
- يتكون من:

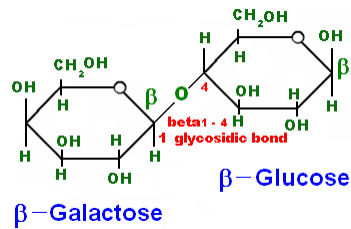
جزئ جلوكوز مع جزئ جالاكتوز

• نوع الرابطة $\beta (1 \rightarrow 4)$

• له قدرة إختزالية.

• يكون أوسازون.

• يبدي ظاهرة التغير الدوراني.



د/ محمد الربيع

221

المالتوز (Maltose)

- يسمى بسكر الشعير.
- يميني التدوير الضوئي.
- يمكن الحصول عليه بالتحليل المائي أو الإنزيمي للنشا.
- يتكون من جزئين من الجلوكوز. ونوع الرابطة $\alpha(1 \rightarrow 4)$

د/ محمد الربيع

222

المالتوز

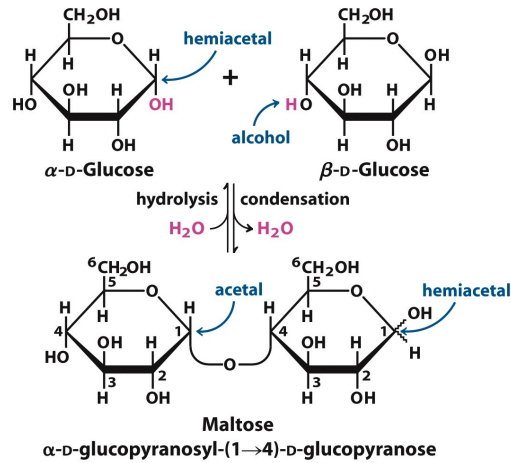


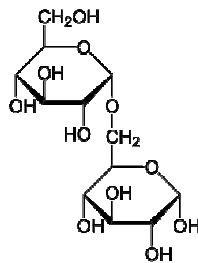
Figure 7-11
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د / محمد الرابع

223

أيزومالتوز (Isomaltose)

- هو سكر ثنائي يتكون كالمالتوز من ارتباط جزيئي جلوكوز ولكن يختلف عنه في طريقة ارتباطهما ببعض.
- نوع الرابطة (جلايكوسيدية) $\alpha(1 \rightarrow 6)$

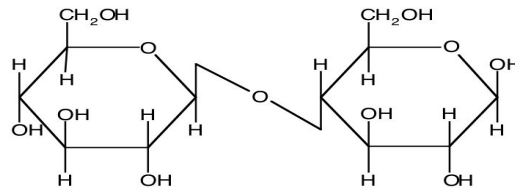


د / محمد الرابع

224

السيلوبايوز (Cellobiose)

- يمكن الحصول على السيلوبايوز عند التحليل المائي للسيلولوز. وهو يشبه المالتوز والأيزومالتوز إلا أن الرابطة هي $\beta (1 \rightarrow 4)$

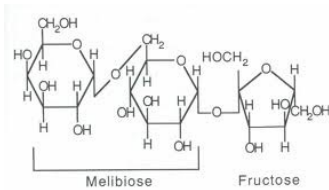


د/ محمد الربيع

225

الرافينوز (Raffinose)

- من أهم السكريات الثلاثية.
- يوجد في بذور القطن والبقوليات.
- يتكون من ارتباط ثلاثة جزيئات سكر مختلفة هي:
- $\alpha - D - \text{جالاكتوز} + \alpha - D - \text{جلوكوز} + \beta - D - \text{فركتوز}$
- سكر غير مختزل
- لا يكون أوسازون.
- لا يبدي ظاهرة التغير الدوراني.



د/ محمد الربيع

226

السكريات العشرة Polysaccharides

- هي مجموعة من الكربوهيدرات واسعة الانتشار في الطبيعة.
 - هي ناتجة عن تجمع عدد كبير من السكريات الأحادية يفوق العشرة وقد يصل إلى عدة آلاف.
 - تختلف عن بعضها تبعاً لنوع وعدد السكريات الأحادية المكونة لها وطريقة ارتباطها:
1. فقد تشكل سلاسل مستقيمة أو متفرعة.
 2. قد تكون متجانسة (Homopolysaccharides) أي تحتوي على نوع واحد من السكريات الأحادية كالنشأ والسلولوز والجلايكوجين.
 3. قد تكون غير متجانسة (Heteropolysaccharides) أي أنها تحتوي على أكثر من نوع من السكريات الأحادية كالهيبارين وحمض الهيالورونيك.

د/ محمد الربيع

227

أهم السكريات العديدة

1. النشا (Starch)
2. الجلاليكوجين (Glycogen)
3. السلولوز (Cellulose)

د/ محمد الربيع

228

النشا (Starch)

- يتواجد النشا كحبيبات في الجذور والدرنات وبذور النباتات.
- يتواجد بكثرة في الذرة والبطاطس والقمح والأرز.
- هو صورة تخزين السكريات في عالم النباتات.
- يستخدم كمصدر لطاقة في عالم النباتات.
- يتكون النشا من أميلوز وأميلوبكتين.
- يمكن فصل مكونات النشا (أميلوز وأميلوبكتين) بالتسخين.

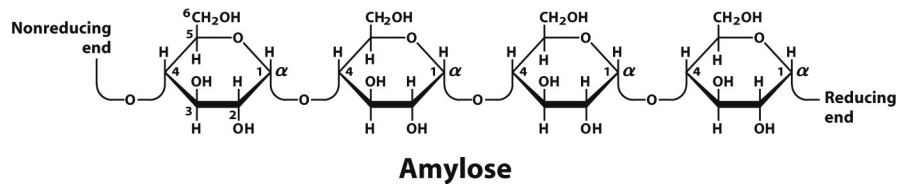


د/ محمد الربيع

229

الأميلوز (Amylose)

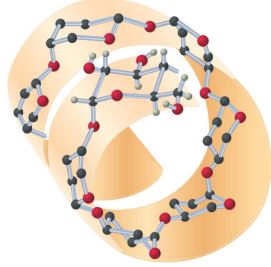
- يشكل 10-20% من النشا.
- يتكون من ارتباط جزيئات D- جلوكوز ببعضها برابطة جلايكوسيدية من نوع $\alpha (1 \rightarrow 4)$
- أي أن التحليل المائي للأميلوز ينتج مالتوز وبإكمال التحليل المائي ينتج جلوكوز.



د/ محمد الربيع

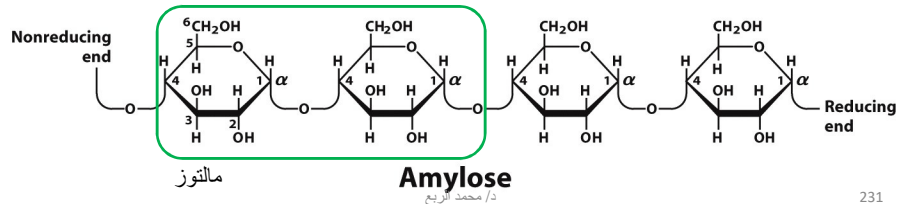
230

الأميلوز (Amylose)



- يتخذ جزئ الأميلوز شكل حلزوني

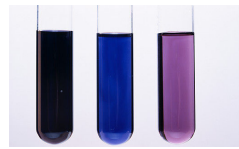
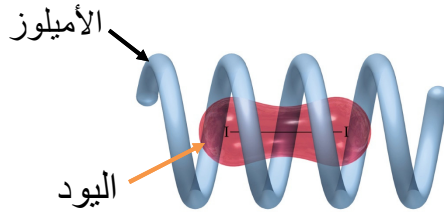
- يوجد جزئ جلوكوز وحيد عند طرف الحلزون له صفة إختزالية



231

تفاعل الأميلوز مع اليود

- يعطي الأميلوز لونا أزرقا شديدا مع اليود نتيجة لتواجد جزيئات اليود داخل لفات حلزون الأميلوز فتكسبها صفة اللون الأزرق.



درجات مختلفة من اللون نتيجة لتركيزات مختلفة من الأميلوز

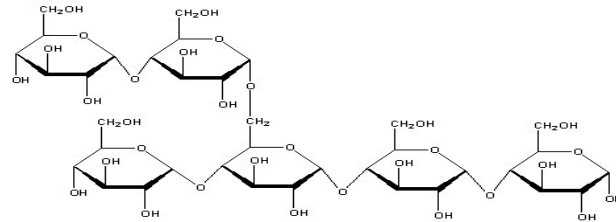
- يتميز هذا المعقد بتأثره بالحرارة وبالقلويات، حيث يزول اللون في الوسط القلوي وفي درجات الحرارة العالية.

د/ محمد الربيع

232

الأميلوبكتين (Amylopectin)

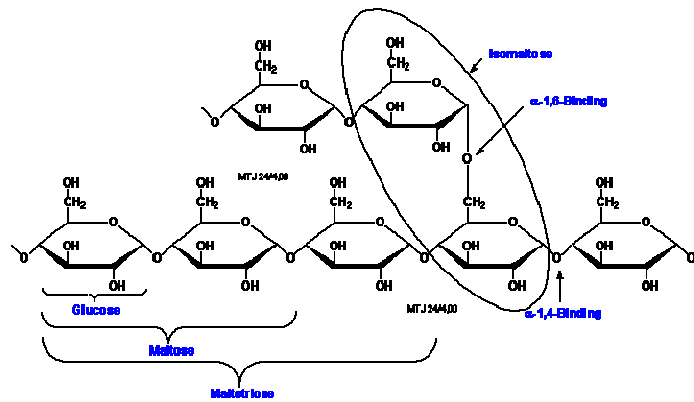
- يشكل حوالي 80-90% من النشا.
- يشبه الميلوز لكنه أيضا يحتوي على عشرات التفرعات أي أنه يشبه الشجرة ويكون الارتباط عند التفرع من النوع: $\alpha(1 \rightarrow 6)$



د/ محمد الربيع

233

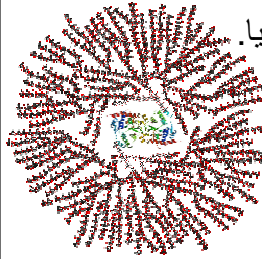
الأميلوبكتين (Amylopectin)



د/ محمد الربيع

234

الجليكوجين (Glycogen)



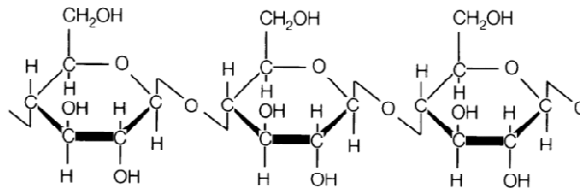
- يسمى أيضا بالنشا الحيواني ويتواجد في أنسجة الكبد والعضلات.
- حجمه الكبير نسبيا يمنعه من النفاذ خلال جدران الخلايا.
- هو صورة تخزين الكربوهيدرات في جسم الإنسان والحيوان.
- يستخدم كمصدر للطاقة.
- توجد إنزيمات خاصة تساعد على فصل الجلوكوز من جزيئ الجليكوجين.
- يشبه الجليكوجين الأميلوبكتين في تركيبه. إلا أنه أضخم منه وتفرعاته أكثر.
- أي أن الرابطة هي $\alpha (1 \rightarrow 4)$ و $\alpha (1 \rightarrow 6)$

د/ محمد الربيع

235

السلولوز (Cellulose)

- هو المادة البنائية في النباتات أي أن له صفة بنائية.
- الرابطة هي $\beta (1 \rightarrow 4)$
- يختلف عن الأميلوبكتين والجليكوجين في أنه غير متفرع فهو يكون سلسلة طويلة من جزيئات الجلوكوز (أو حزم من السلاسل).



د/ محمد الربيع

236

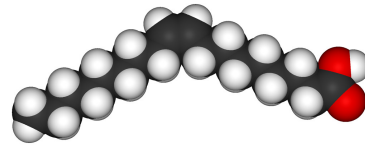
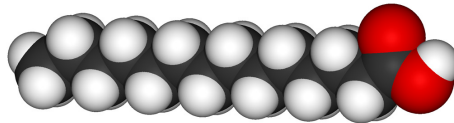
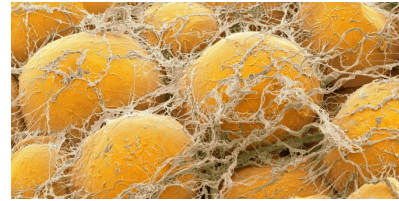
السلولوز (Cellulose)

- (إذا بالتحليل المائي (الجزئي والكامل) للسلولوز، ينتج السلوبيوز ومع استمرار التحليل المائي ينتج الجلوكوز
- الجهاز الهضمي للإنسان ومعظم الحيوانات لا يحتوي على الإنزيمات القادرة على كسر الرابطة $\beta (1 \rightarrow 4)$
- ولهذا السبب فهو غير قادر على هضم السلولوز ولكن بعض أنواع البكتيريا الموجودة في القناة الهضمية للمجترات يمكنها إستعماله كغذاء.

د/ محمد الربيع

237

الدهون (الليبيدات) (Lipids)



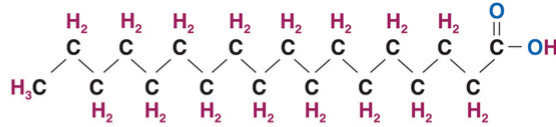
د/ محمد الربيع

238

الكيمياء (مشبع وغير مشبع)

مشبع

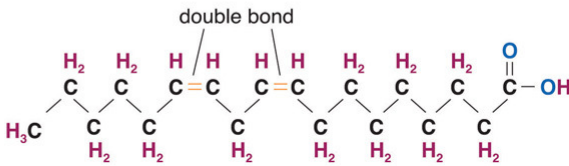
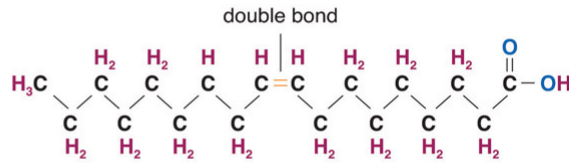
Stearic acid
 $C_{18}H_{36}O_2$
A saturated fat



A monounsaturated fat

غير مشبع

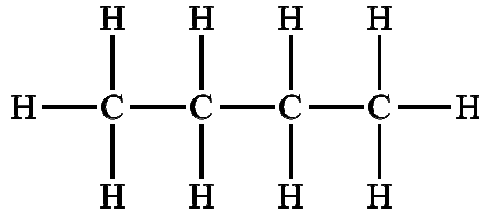
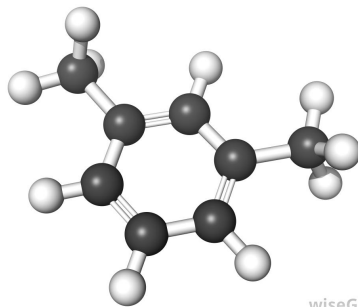
Linoleic acid
 $C_{18}H_{32}O_2$
A polyunsaturated fat



د/ محمد الرابع

239

الهيدروكربون - سلسلة طويلة كارهة للماء والروابط الأيونية



wiseGEEK

د/ محمد الرابع

240

الدهون (الليبيدات) (Lipids)

- لا تذوب في الماء.
- تذوب في المذيبات العضوية غير القطبية مثل الإيثر والكلوروفورم والبنزين.
- تدخل في تركيب جدران الخلايا وفي بلازما الدم والأنسجة العصبية.
- تخزن الدهون في الأنسجة الدهنية حيث تفيد في عزل الجسم حرارياً.
- مصدر للطاقة وتزود الإنسان ببعض الفيتامينات و بالأحماض الدهنية الضرورية (أي لا يستطيع الإنسان تصنيعها) وهي:
- حمض اللينوليك وحمض اللينولينيك وحمض الأراكيدونيك).

د/ محمد الربيع

241

تقسيم الدهون

- 1. الدهون البسيطة Simple Lipids :
إسترات الأحماض الدهنية مع الكحولات المختلفة. مثلا الزيوت والدهون الصلبة هي إسترات كحول ثلاثي الهيدروكسيل. أما الشموع فهي إسترات لكحولات طويلة السلسلة أحادى الهيدروكسيل.
- 2. الدهون المركبة Compound Lipids: وهي بالإضافة للحمض الدهنى والكحول تحتوى على:
أ. دهون فوسفورية (فوسفوليبيدات).
ب. دهون كربوهيدراتية (جلايكوليبيدات).
ج. دهون بروتينية (لايوبروتينات).
- 3. الدهون المشتقة Derived Lipids مثل الستيرويدات والفيتامينات الدهنية والكاروتينويدات.

د/ محمد الربيع

242

الأحماض الدهنية Fatty Acids

- أكثرها إنتشارا هي الأحماض ذو العدد الزوجى وهي إما مشبعة أو غير مشبعة.
- حمض البالميتيك أو حمض النخل (C_{16}) وحمض الستياريك (C_{18}) هما أكثر الأحماض المشبعة شيوعا.
- نواتج التحلل المائي للدهون هو مزيج من الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة.

د/ محمد الربيع

243

الأحماض الدهنية

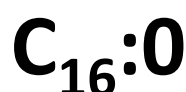
- **المشبعة:**
- حمض البالميتيك وحمض الستياريك.
- **الغير مشبعة:**
- حمض أوليك واللينوليك واللينولينيك والأراكيدونيك

د/ محمد الربيع

244

ترقيم الأحماض الدهنية - 1

- حمض البالميتيك ($C_{16}:0$):
- يعني أنه يحتوي على 16 ذرة كربون وعلى عدد صفر من الروابط الزوجية.

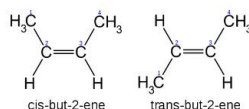


د/ محمد الربيع

245

ترقيم الأحماض الدهنية - 2

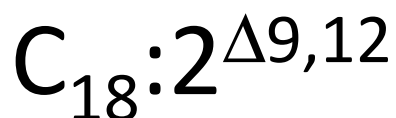
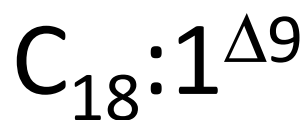
- حمض الأوليك ($C_{18}:1^{\Delta 9}$):
- يعني أنه يحتوي على 18 ذرة كربون وعلى رابطة زوجية واحدة وهي بين ذرة الكربون رقم 9 و10.
- حمض اللينولييك ($C_{18}:2^{\Delta 9,12}$):
- يعني أنه يحتوي على 18 ذرة كربون وعلى رابطتين زوجيتين وهما بين ذرة الكربون رقم 9 و10 والأخري بين ذرة الكربون رقم 12 و13.
- والنوع **Cis** هو الأكثر إنتشارا ولذلك لا يكتب أما النوع **Trans** فيكتب فقط.



د/ محمد الربيع

246

ترقيم الأحماض الدهنية - 3



د/ محمد الربيع

247

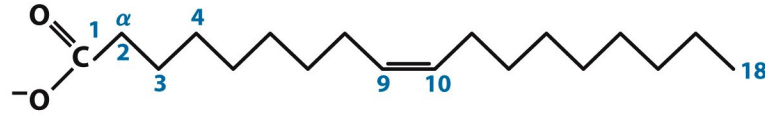
ترقيم الأحماض الدهنية - 4

- يدل المقطع الأول على عدد ذرات الكربون أما المقطع الأخير فيكون (Enoic) في حالة إحتوائه على رابطة مزدوجة واحدة. أو (Dienoic) في حالة إحتوائه على رابطتين.

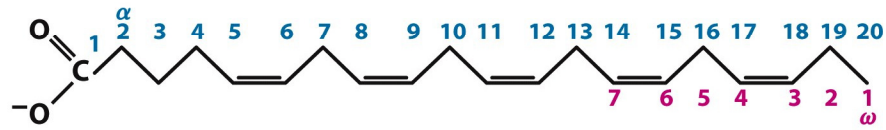
د/ محمد الربيع

248

مثال لترقيم الحمض الدهني



(a) 18:1(Δ^9) *cis*-9-Octadecenoic acid



(b) 20:5($\Delta^{5,8,11,14,17}$) Eicosapentaenoic acid (EPA),
an omega-3 fatty acid

Figure 10-1
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

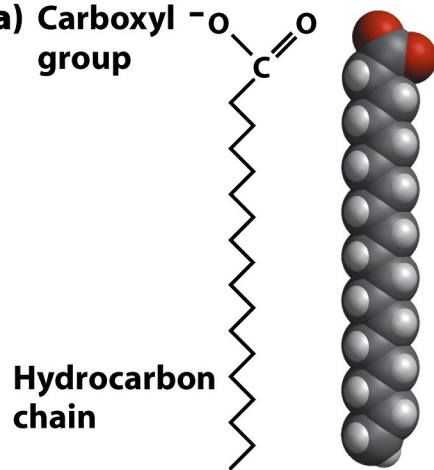
ω (omega; the last letter in the Greek alphabet).

د/ محمد الرابع

249

كلما زاد عدد الروابط الزوجية كلما زادت الإنتشاءات في جزئ حمض
فمثلا يمكن أن يأخذ حمض الأراكيدونيك شكلا مقو

(a) Carboxyl group



Hydrocarbon
chain

(b)

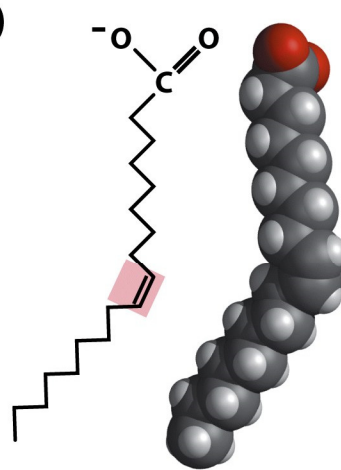
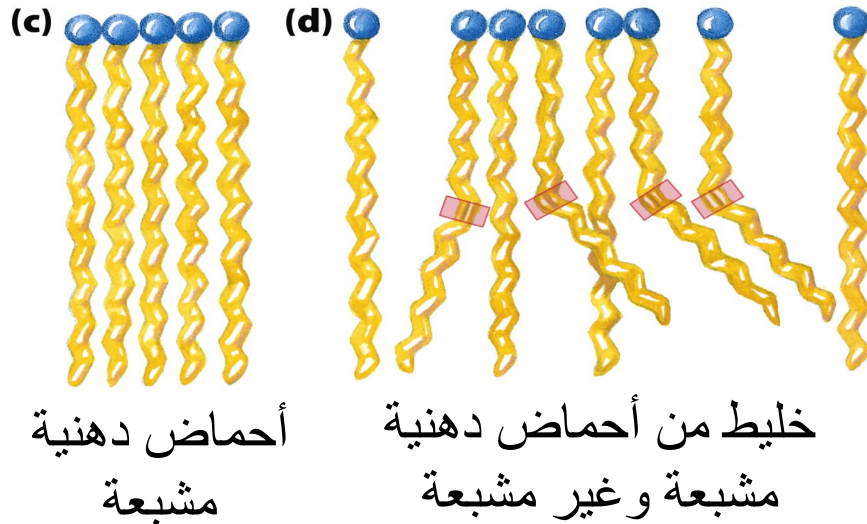


Figure 10-2ab
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الرابع

250

شكل الأحماض الدهنية في غشاء الخلية



د/ محمد الربيع

251

خواص الأحماض الدهنية

- الأحماض الدهنية المشبعة تتميز بارتفاع درجة إنصهارها أي أنها **صلبة** في درجة الحرارة العادية وذات تركيب شمعي.
- أما الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة والغير مشبعة فتتميز بانخفاض درجة إنصهارها أي أنها **سائلة** في درجة الحرارة العادية .



دهن



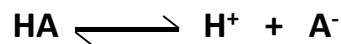
زيت

د/ محمد الربيع

252

خواص الأحماض الدهنية

1. الأحماض الدهنية □ تذوب في الماء ولكنها تشكل معه محاليل غروية حيث تنتشر بشكل يكون فيها الجذر الكربوكسيلي معرضا للماء بينما تتجه الجذور الكربونية غير الذائبة اللاقطبية إلى الداخل.
2. تتفاعل الأحماض الدهنية مع الكحولات فنتج إسترات.
3. تعتبر أحماض ضعيفة (أي أنها صعب أن تفقد البروتون (H^+)).

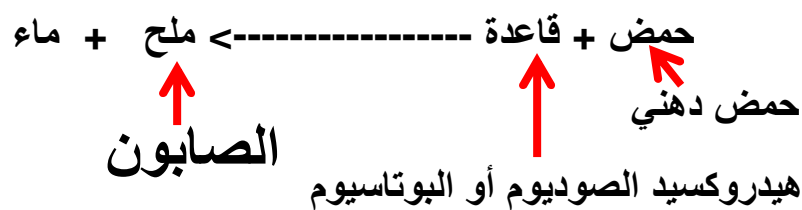


د/ محمد الربيع

253

خواص الأحماض الدهنية

4. التصبن:



أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم للأحماض الدهنية هي الصابون وذلك يحدث في المحاليل القلوية المخففة (؟؟).

د/ محمد الربيع

254

خواص الأحماض الدهنية

- تقدر درجة عدم التشبع للدهن بمعرفة كمية اليود المتفاعلة مع الحمض الدهنى (الرقم اليودى) وهو عدد جرامات اليود التى تتفاعل مع 100 جرام من الزيت. وبالتالي فهو يتناسب طردا مع عدد الروابط الزوجية. والرقم اليودى لحمض **الستياريك** هو صفر. ولحمض الأوليك 90 (كم عدد الروابط الزوجية؟) ولحمض اللينولييك 181 (كم عدد الروابط الزوجية؟).

د/ محمد الربيع

255

خواص الأحماض الدهنية

- الهدرجة (تفاعلات ضم الهيدروجين) ويستخدم فى الصناعة حيث تتم هدرجة الزيوت النباتية وتحويلها إلى دهون صلبة (سمن) عند درجات حرارة عالية (160-220°م).

د/ محمد الربيع

256

خواص الأحماض الدهنية

- الأكسدة (الترنخ): تحدث عندما يتعرض الدهن للهواء أو الماء أو بعض إنزيمات الأكسدة حيث يتكون هيدروبيروكسيدات ببطء تتحلل إلى ألدهيدات و كيتونات ذات روائح غير مقبولة.

د/ محمد الربيع

257

الجليسريدات

- تسمى الدهون المتعادلة لأنها لا تحمل شحنات كهربائية.
- هي إسترات الأحماض الدهنية مع الجليسرول.
- التسمية:
- عندما تؤستر مجموعة هيدروكسيل واحدة ينتج جليسرید أحادی.
- جليسرید ثنائی (مجموعتي هيدروكسيل).
- جليسرید ثلاثی (3 مجموعات هيدروكسيل).

د/ محمد الربيع

258

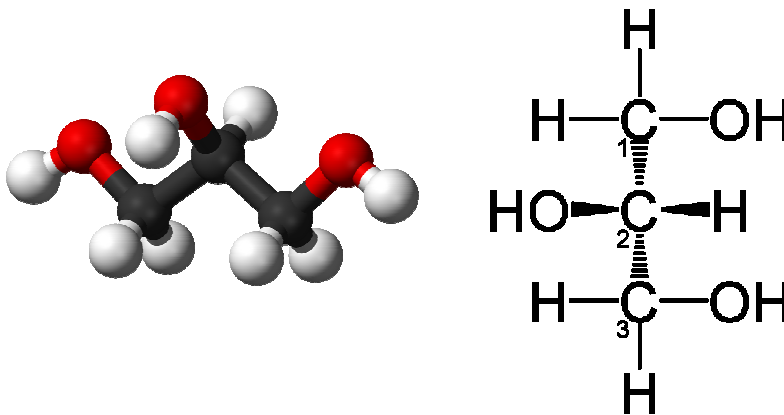
الجليسريدات

- وقد يسمى على أساس أن جذر الأحماض الدهنية يسمى أسيل (acyl) ومن ثم:
- أحادي أسيل جليسرول (Monoacylglycerol).
- ثنائي أسيل جليسرول (Diacylglycerol).
- ثلاثي أسيل جليسرول (Triacylglycerol).
- الجليسريدات الثلاثية هي الأكثر تواجدا بين الدهون المتعادلة وتتواجد بكثرة في الأغذية الحيوية

د/ محمد الربيع

259

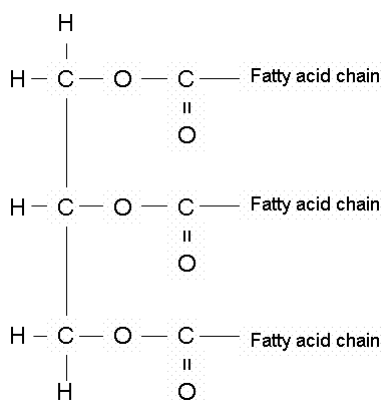
الجليسرول



د/ محمد الربيع

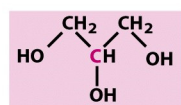
260

الجليسريدات

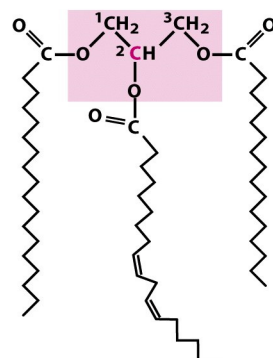
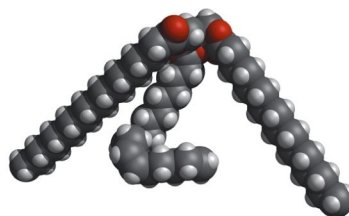


د/ محمد الربيع

261



Glycerol

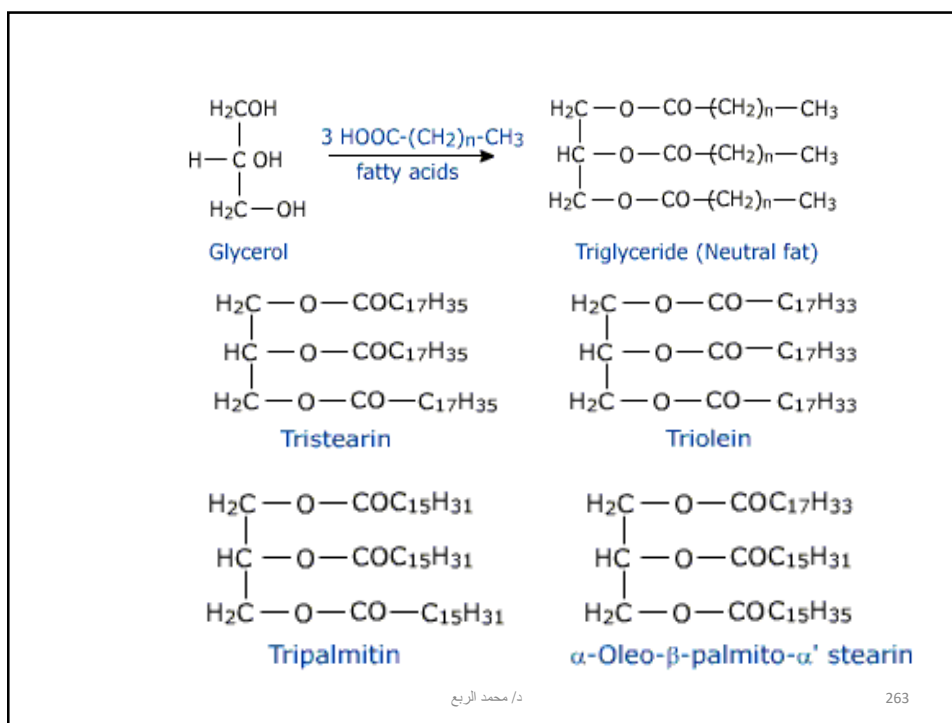


**1-Stearoyl, 2-linoleoyl, 3-palmitoyl glycerol,
a mixed triacylglycerol**

Figure 10-3
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربع

262



263

ملخص بأسماء الأحماض الدهنية

الإسم	الحالة الكيميائية	عدد ذرات الكربون	عدد الروابط الزوجية	مهم في الغذاء
بالميتيك	مشبع	16		
ستياريك	مشبع	18		
أوليك	غير مشبع	18	1	
لينوليك	غير مشبع	18	2	ضروري
لينولينيك	غير مشبع	18	3	ضروري
أراكيدونيك	غير مشبع	20	4	ضروري

تذكر أن الرابطة في الجليسرولات تسمى رابطة إستيريشة

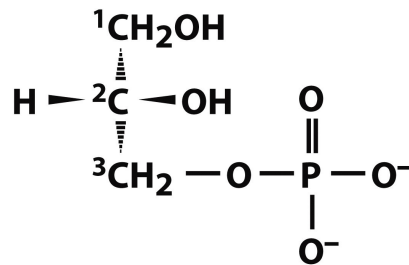
د / محمد الرابع

264

الدهون الفوسفورية (الفوسفوليبيدات) Phospholipids

- تسمى أيضا الفوسفاتيدات (Phosphatides)

حمض الفوسفاتيديك



د/ محمد الربيع

265

الدهون الفوسفورية (الفوسفوليبيدات) Phospholipids

- تذكر أن:

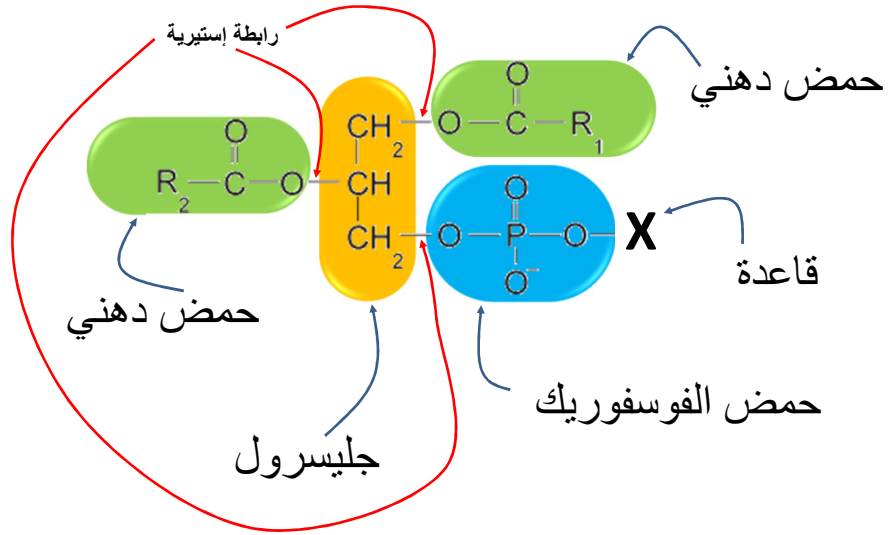
حمض + كحول = إستر

كحول + كحول = إيثر
حمض + حمض = أنهيدريد

د/ محمد الربيع

266

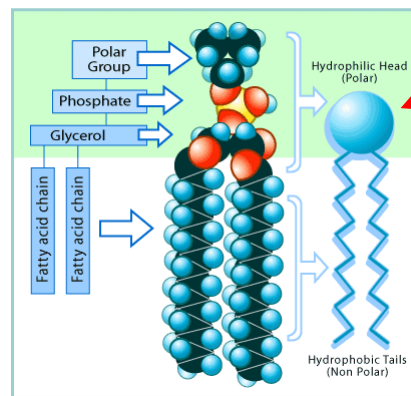
الصيغة العامة للفوسفوليبيدات



د/ محمد الربيع

267

الصيغة العامة للفوسفوليبيدات



د/ محمد الربيع

268

الشموع (Waxes)

- لا تحتوي على جليسرول.
- هي إسترات أحماض دهنية طويلة السلسلة لكحولات أليفاتية طويلة السلسلة الكربونية.
- صلبة في درجة حرارة الغرفة.
- تستخدم في مستحضرات التجميل والمراهم.
- توجد كمادة عازلة على أسطح الأوراق والثمار.

د/ محمد الربيع

269

الشموع (Waxes)

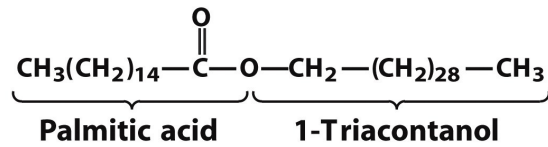


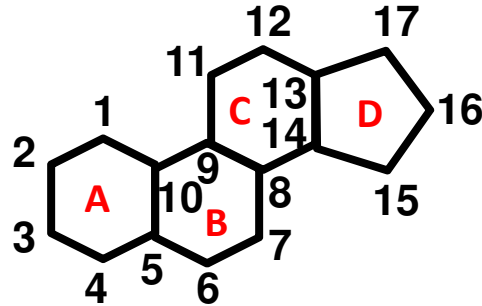
Figure 10-6
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الربيع

270

الستيرويدات (Steroids)

- لا تحتوي على أحماض دهنية.
- تفتقد إلى التصبن - الهدرجة - تفاعل الهالوجينات.

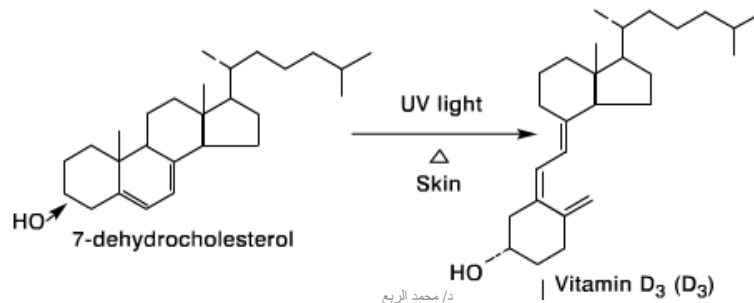


د/ محمد الربيع

271

من أهم الستيرويدات

- الكوليستيرول
- إرجوستيرول
- كالسيفيرول (فيتامين D₃)



د/ محمد الربيع

272

الستيروولات (Sterols) الكوليسترول (Cholesterol)

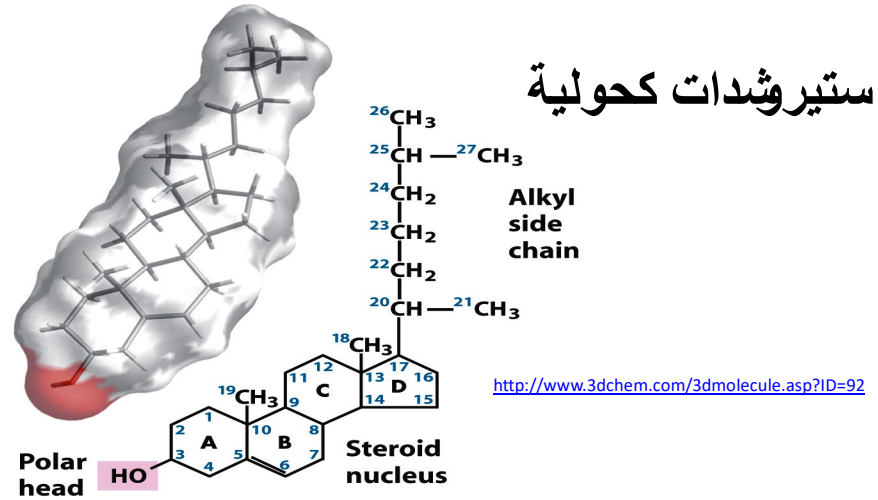
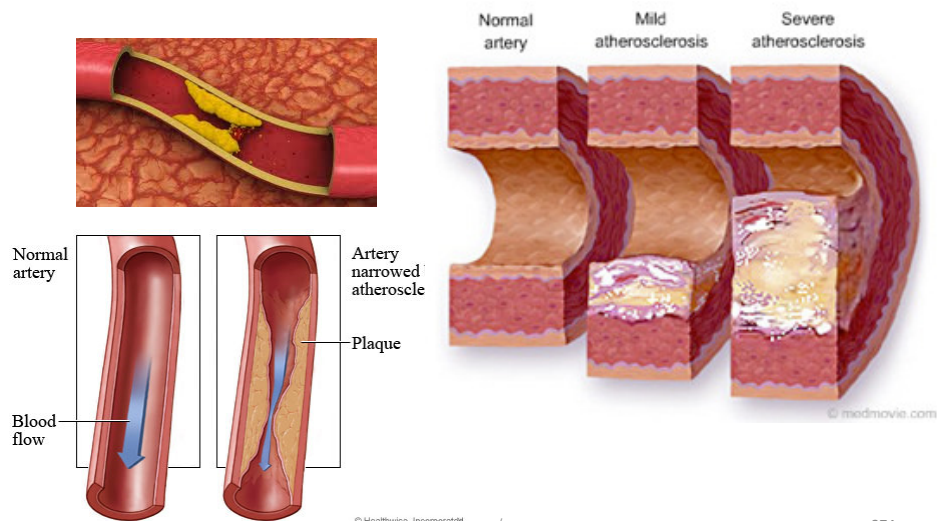


Figure 10-17
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

د/ محمد الرابع

273

الكوليستيرول والقلب



274

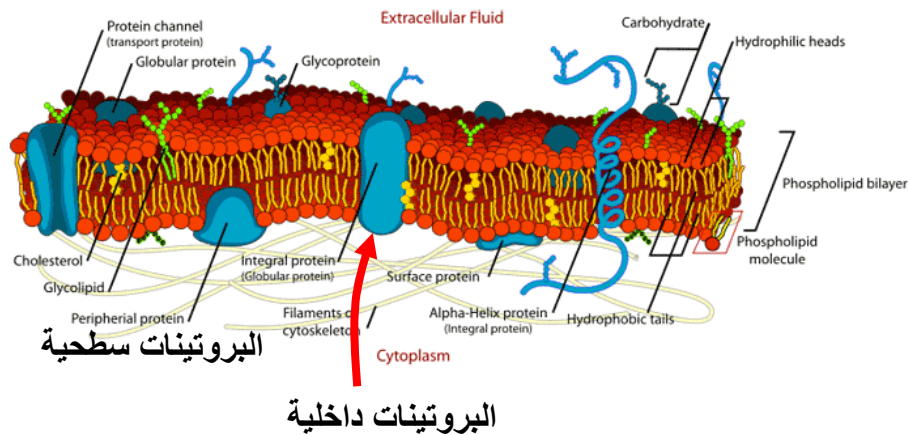
الأغشية الحيوية

- تتكون من الدهون والبروتينات.
- تتواجد الدهون على شكل طبقة ثنائية مزدوجة (Lipid Bilayer)
- تتواجد الدهون القطبية (مثل الفوسفوليبيدات والجليكوليبيدات).
- النموذج المرن متعدد العناصر (Fluid Mosaic Model).
- البروتينات قد تكون سطحية أو داخلية.

د/ محمد الربيع

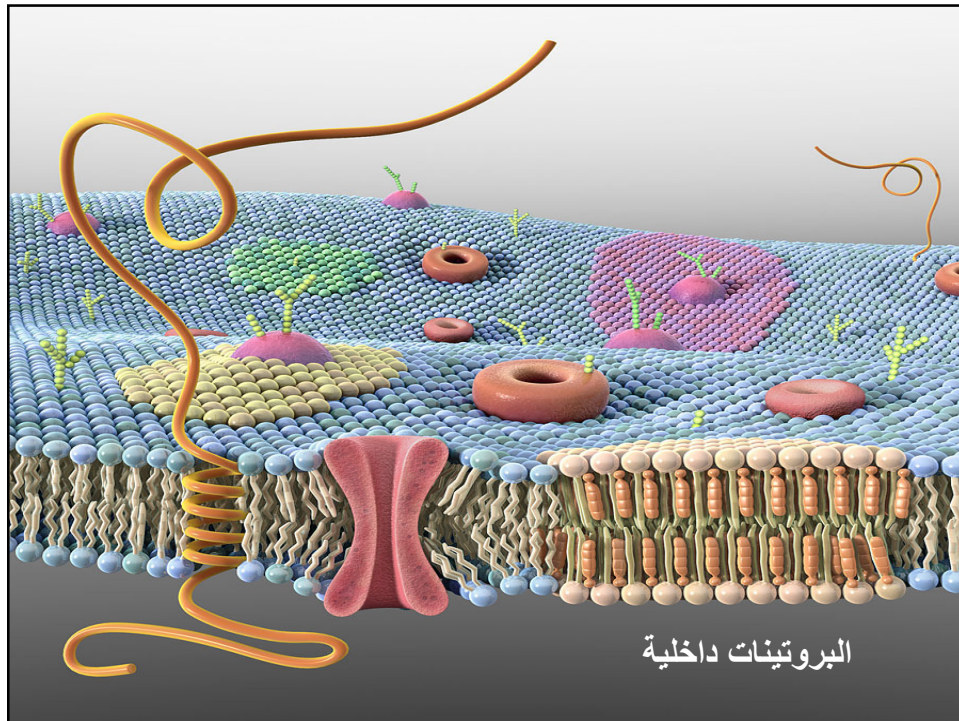
275

الأغشية الحيوية



د/ محمد الربيع

276



الأحماض النووية Nucleic Acids



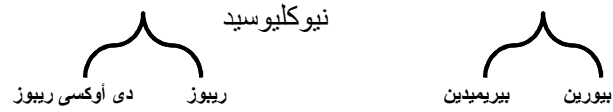
الأحماض النووية

تتكون الأحماض النووية من نيوكليوتيدات. والرابطة بين النيوكليوتيدات هي رابطة فوسفاتية.

النيوكليوتيدات عبارة عن:

قاعدة نيتروجينية + سكر ريبوز (أو سكر ريبوز منزوع الأوكسجين) + حمض الفوسفوريك

+ حمض الفوسفوريك



وتقسم الأحماض حسب نوع السكر الريبوزي إلى:-

Deoxyribonucleic Acid (DNA)

Ribonucleic Acid (RNA)

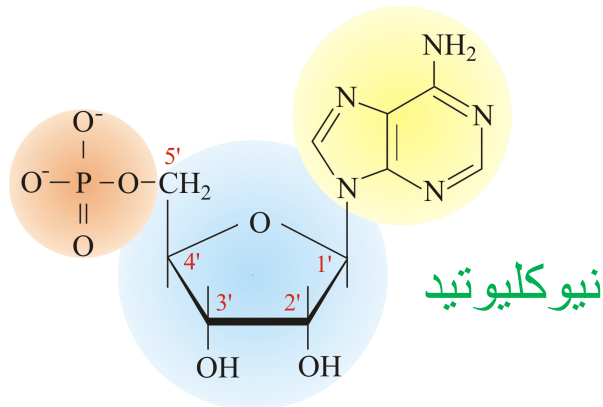
1- الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين

2- الحمض النووي الريبوزي

د/ محمد الربيع

279

تتكون الأحماض النووية من عدة نيوكليوتيدات.



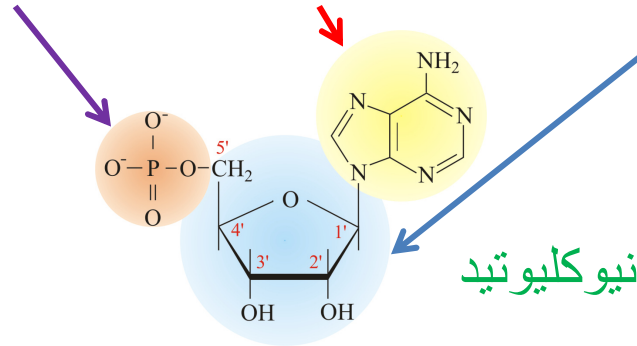
د/ محمد الربيع

280

الأحماض النووية

النوكليوتيدات عبارة عن:

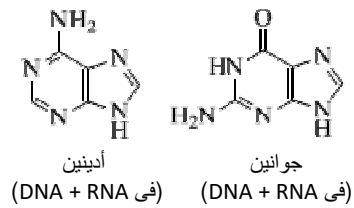
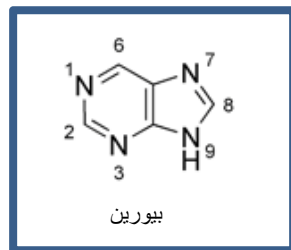
سكر + قاعدة نيتروجينية + حمض الفوسفوريك



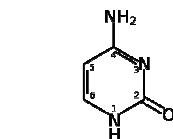
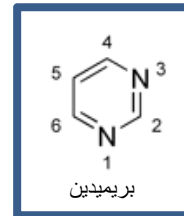
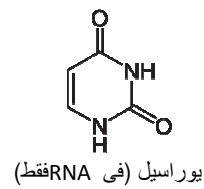
د/ محمد الربيع

281

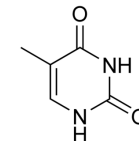
القواعد النيتروجينية



د/ محمد الربيع



السايٲوزين (في DNA+RNA)

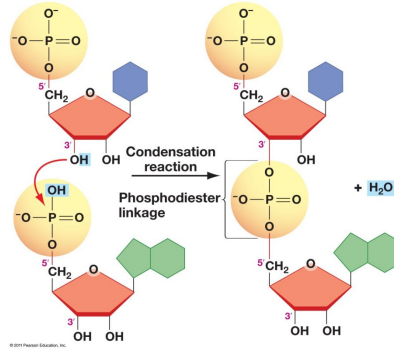


(في DNA غالباً)

282

ما هي نوع الرابطة بين النيوكليوتيدات؟

1. الرابطة بين النيوكليوتيدات (أي في نفس الشريط) هي رابطة فوسفاتية ثنائية الإستر.

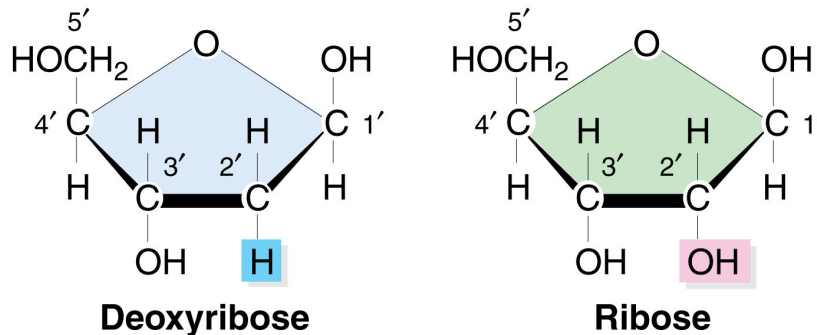


د/ محمد الأربع

283

نوع السكر في الأحماض النووية

• سكر الريبوز أو سكر ريبوز منزوع الأوكسجين



© 2010 Pearson Education, Inc.

(سكر خماسي وأحادي)

د/ محمد الأربع

284

تقسم الأحماض النووية

حسب نوع السكر:

- الحمض النووي الريبوزي (RNA) – وهو مكون من شريط واحد.
- الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين (DNA) وهو مكون من شريطين

د/ محمد الربيع

285

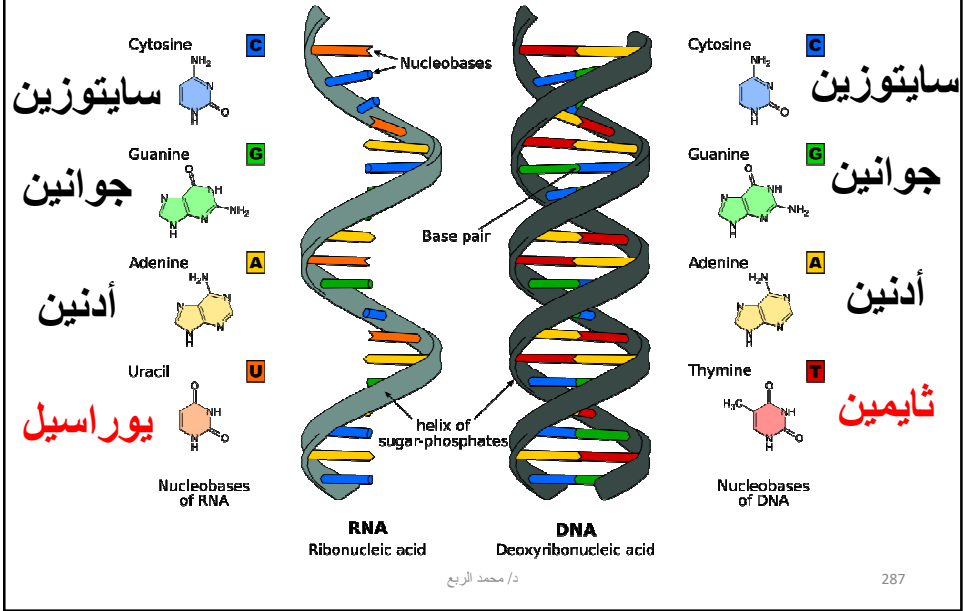
القواعد النيتروجينية

- في الـ DNA:
- أدينين (A) – جوانين (G) – سايتوزين (C) – ثايمين (T).
- في الـ RNA:
- أدينين (A) – جوانين (G) – سايتوزين (C) – يوراسيل (U).

د/ محمد الربيع

286

القواعد النيتروجينية (T في الـ DNA و U في الـ RNA)



الفرق بين نيوكلوتيدات و نيوكلوسيد

النيوكلوتيدات عبارة عن:
 قاعدة نيتروجينية + سكر + حمض الفوسفوريك

نيوكلوسيد + حمض الفوسفوريك

نيوكليوسيد

السكر	القاعدة النيتروجينية	نيكليوسيد
رايبوز	أدينين	أدينوزين
	جوانين	جوانوزين
	يوراسيل	يوريدين
	ثايمين	ثايميدين
	سايٲوزين	سايٲيدين

د/ محمد الربيع

289

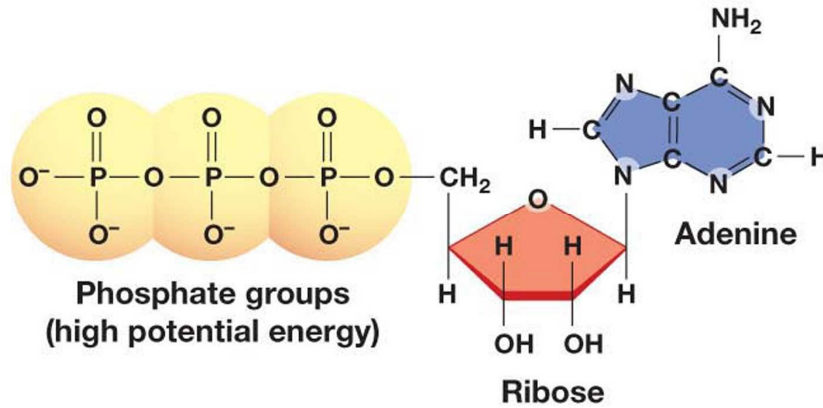
نيوكليوتيد

الاختصار	إسم النيوكليوتيد		حمض الفوسفوريك	القاعدة النيتروجينية	السكر
	الطريقة الثانية	الطريقة الأولى			
AMP	أدينوزين ٥'- أحادى الفوسفات	حمض الأدينيليك	حمض الفوسفوريك	أدينين	رايبوز
GMP	جوانوزين ٥'- أحادى الفوسفات	حمض جوانيليك		جوانين	
UMP	يوريدن ٥'- أحادى الفوسفات	حمض يوريديليك		يوراسيل	
TMP	ثايميدين ٥'- أحادى الفوسفات	حمض ثايميديليك		ثايمين	
CMP	سايٲيدين ٥'- أحادى الفوسفات	حمض سايٲيديليك		سايٲوزين	

د/ محمد الربيع

290

تركيب ATP

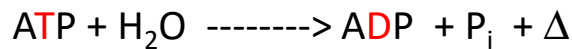


د/ محمد الرابع

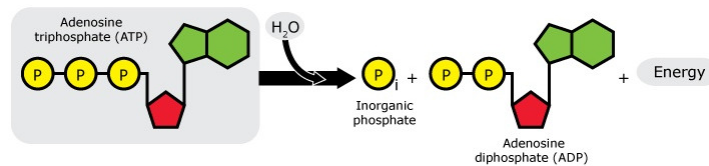
291

أهمية النيوكليوتيد الأحادي (ATP)

- يعد أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) ذا أهمية في تخزين الطاقة وإعطائها عند الحاجة في التفاعلات الحيوية:



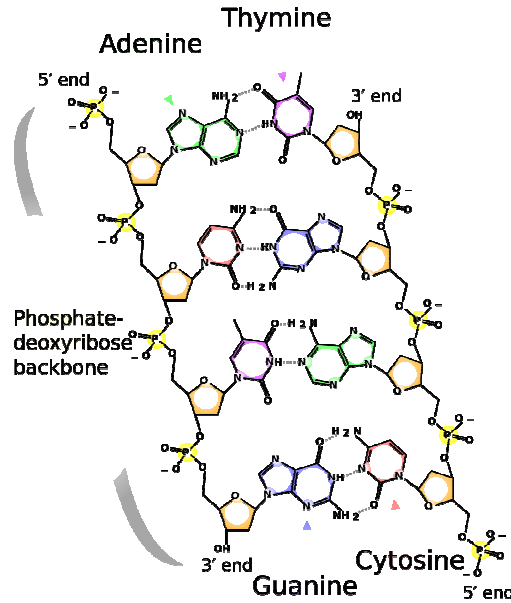
حيث Δ طاقة ، P_i مجموعة فوسفات



د/ محمد الرابع

292

التركيب الأولى للأحماض النووية



- يكون بداية الحمض النووى هناك مجموعة فوسفات حرة عند ذرة الكربون 5'.
- بينما فى نهاية الحمض النووى هناك مجموعة هيدروكسيل حرة عند ذرة الكربون رقم 3'.

د/ محمد الرابع

293

التركيب الثانوى والثالثى للأحماض النووية

- إقترح العالمان واطسون وكريك تركيبا حلزونيا مزدوجا كنموذج لـ DNA.
- تلتف سلسلتين من الـ DNA فى إتجاهين متعاكسين:
 - حيث تلتف السلسلة الأولى فى الإتجاه من 5' إلى 3'
 - فى حين تلتف الثانية فى الإتجاه من النهاية 3' إلى 5'.
- ترتبط السلسلتان بروابط هيدروجينية.
- (أين توجد الرابطة الفوسفاتية ثنائية الإستر).

د/ محمد الرابع

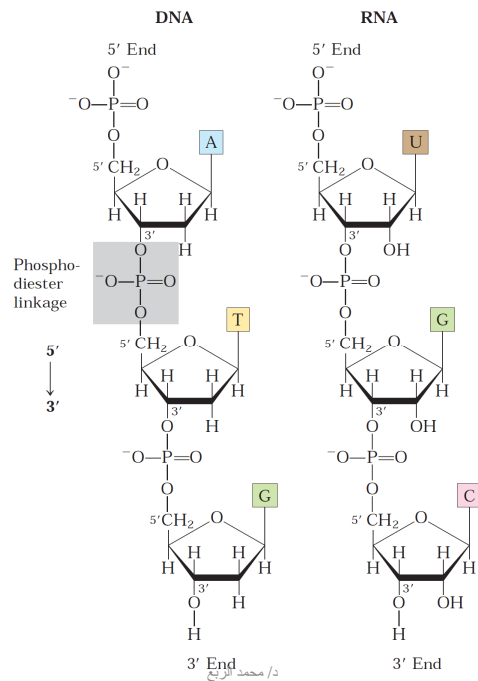
294



James Watson with Francis Crick in 1953, the year of their discovery of the DNA molecule.

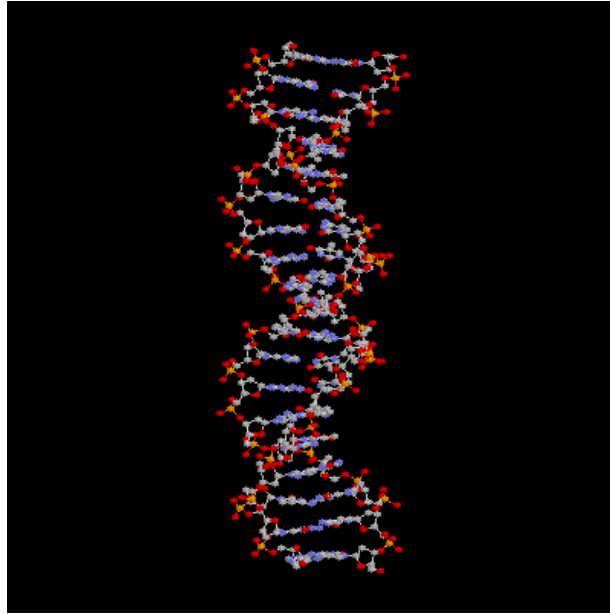
د/ محمد الرابع

295



د/ محمد الرابع

296



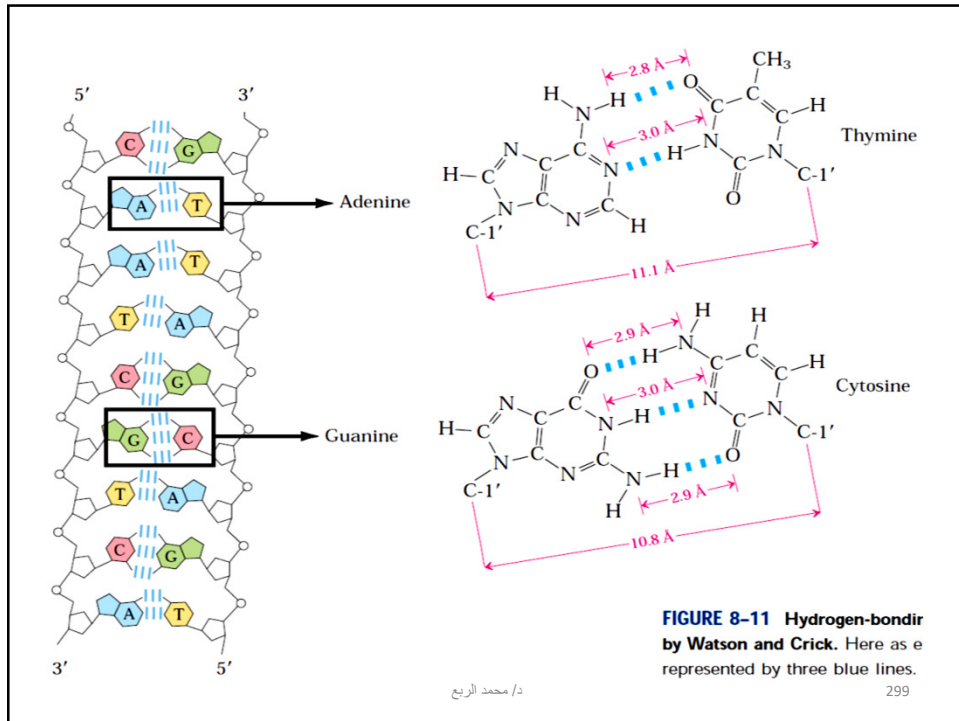
د/ محمد الربيع

297

- ترتبط الجوانين (G) مع الساييتوزين (C) بثلاثة روابط هيدروجينية.
- ترتبط الأدينين (A) مع الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين.
- وجود عدد متساو من كل من الجوانين والساييتوزين وكذلك عدد قواعد الأدينين يكون دائما مساو لعدد قواعد الثايمين في جزئ الـ DNA.

د/ محمد الربيع

298



- وعلى هذا تكون سلسلتى الـ DNA متممتان إحاهما الأخرى وليستا متشابهتين. (كيف؟)

5' GGAAATCCCGTCAGGTACCAG 3'

3' CCTTTAGGGCAGTCCATGGTC 5'

5' CTGGTACCTGACGGGATTTC 3'

- وبالتالي أينما وجد أدينين لابد أن يقابله ثايمين فى السلسلة الأخرى المعاكسة بحيث يرتبطان برابطتين هيدروجينيتين.
- وكذلك الحال بالنسبة للجوانين والسائتوزين فهما يرتبطان بثلاث روابط هيدروجينية.
- أما بالنسبة للحمض النووى الريبى RNA فهو لا يتمتع بالتركيب الحلزونى المزدوج كالـ DNA ولكنه يوجد على شكل سلسلة واحدة قد يكون حلزونيا وكثير الإلتواء بحيث ترتبط القواعد بروابط هيدروجينية ولكن اليوراسيل بدلا من الثايمين.

الحامض النووي الريبوزي عبارة عن شريط واحد

- أما بالنسبة للحمض النووي الريبى RNA فهو يتكون من شريط واحد ولا يتمتع بالتركيب الحلزوني المزدوج مثل الـ DNA. وأيضا لديه اليوراسيل بدلا من الثايمين.
- أيضا لا يوجد به عدد متساوي من (G ⇌ C) أو (A ⇌ T).

د/ محمد الربيع

301

الفرق بين DNA و RNA

الحمض النووي RNA	الحمض النووي DNA
يتكون من سكر رايبوزي غير منقوص الأكسجين	يتكون من سكر رايبوزي منقوص الأكسجين
يحتوي على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل	يحتوي على القاعدة النيتروجينية الثايمين
يتكون من سلسلة واحدة فقط	يتكون من سلسلتين

د/ محمد الربيع

302



إختيار الرقم الصحيح

- إذا كان عدد الثايمين 200 في الـ DNA، فما هو عدد الأدينين؟؟
- إذا كان عدد الثايمين 20% في الـ DNA، فما هو عدد الجوانين؟؟
- إذا كان عدد الأدينين 30% في الـ RNA، فما هو عدد السايتوزين؟؟
- إذا كان عدد اليوراسيل 200 في الـ RNA، فما هو عدد الأدينين؟؟

د/ محمد الربيع

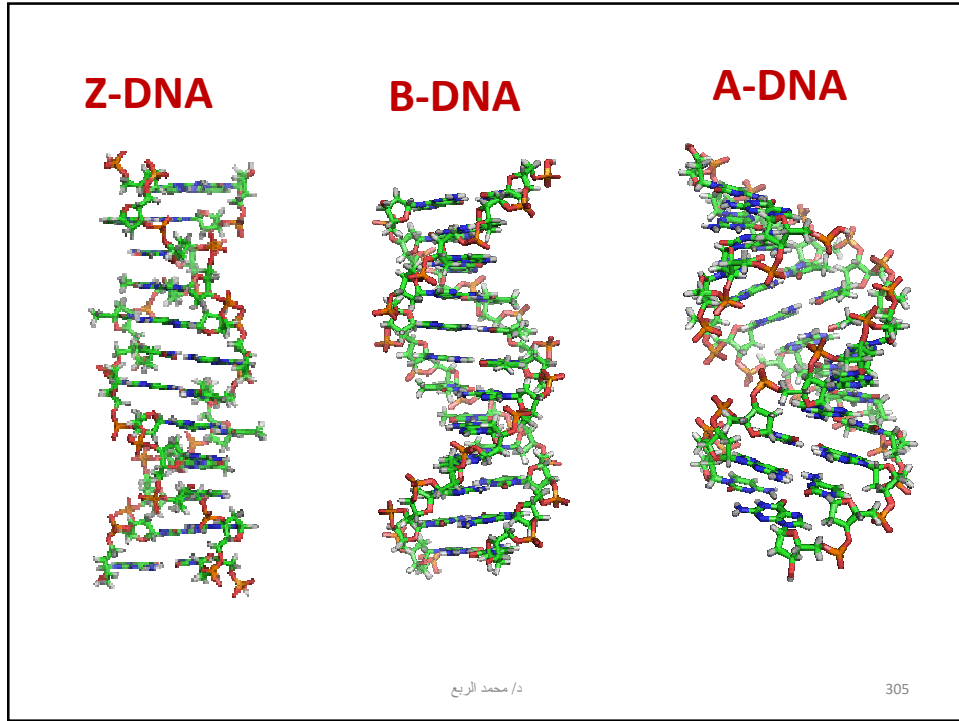
303

أشكال الـ DNA

- (B-DNA) يعتقد بأنه الشكل الأساسي الذي يتواجد في الطبيعة وهو أيضا الشكل الذي اقترحه واطسون وكريك. يحتوى على (10) أزواج من القواعد في كل لفة
- (A-DNA) يحتوى على (11) زوج من القواعد في كل لفة. وهذه الأزواج □ تكون عمودية على محور الجزيء ولكن تكون مائلة عليه بزاوية تشبه تقريبا شفرات المروحة.
- كلا من (B-DNA) و (A-DNA) يميني التدوير.
- (Z-DNA) يحتوى على (12) زوج من القواعد وهو يساري التدوير. هذا الشكل يحدث في الطبيعة حين يكون هناك تكرار للقاعدتين سايتوزين وجوانين (G-C) في تركيب الجزيء.

د/ محمد الربيع

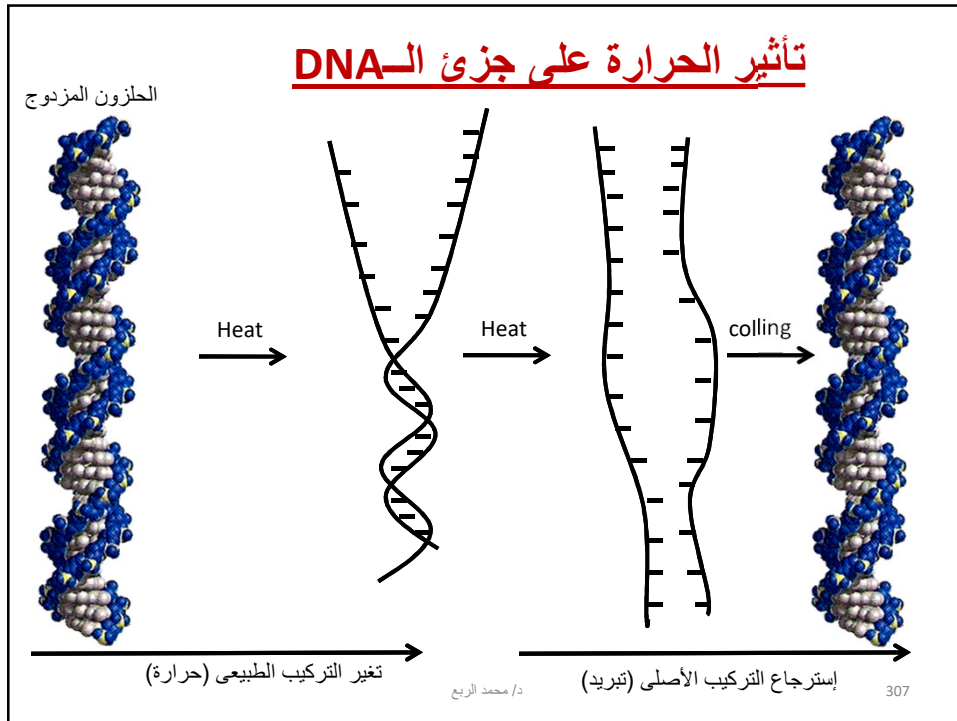
304



أهم الخواص الفيزيائية للـDNA

• تغير التركيب الطبيعي (Denaturation):

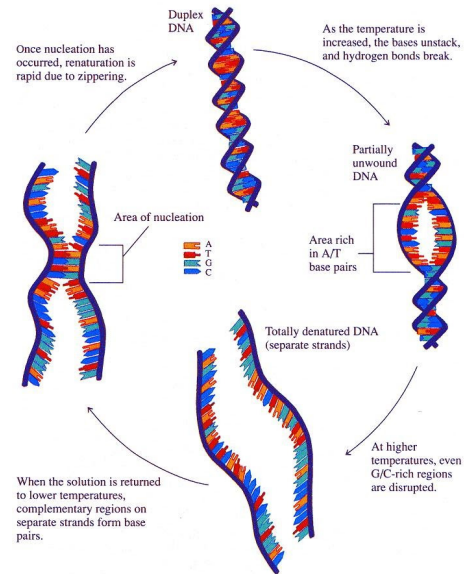
تسخين محلول من الـDNA يؤدي إلى كسر هذه الروابط الهيدروجينية وفصل سلسلتى النيوكليوتيدات عن بعضهما وهذا ما يعرف بتغير التركيب الطبيعي للـDNA وكنتيجة لذلك تنخفض اللزوجة ويزيد الإمتصاص الضوئى للأشعة فوق البنفسجية عند طول نانوميتر. وتسمى درجة الحرارة التى يحدث عندها تغير التركيب الطبيعي للـDNA بدرجة الإنصهار (T_m) ويمكن أن يسترجع جزئى الـDNA شكله الحلزونى الأصلى عند زوال الحرارة



تعريف تغير التركيب الطبيعي للـ DNA

- هو كسر الروابط الهيدروجينية بين السلسلتين وفصلهما عن بعض.
- تسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها تغير التركيب الطبيعي للـ DNA بدرجة الإنصهار (T_m).
- بالتبريد يسترجع الـ DNA شكله الحلزوني الأصلي المكون من شريطين.

تأثير الحرارة على الـ DNA



د/ محمد الربيع

Moran, L.A. et al. (1994) "Biochemistry" Neil Patterson Publishers/Prentice Hall p. 24-16

309

• الكثافة:

تعكس الكثافة مدى تراص بنيته وتزداد الكثافة بزيادة كمية الجوانين والسائتوزين في الحلزون المزدوج (لأن ارتباطهما يتم بثلاث روابط هيدروجينية بينما يكون الارتباط بين الأدينين والثايمين برابطتين هيدروجينيتين). كما أن كثافة الحلزون المزدوج أعلى بالطبع من كثافة الشريط المفرد.

د/ محمد الربيع

310

الكثافة

- تزداد الكثافة بزيادة كمية الجوانين والسائتوزين في الحلزون المزدوج (لماذا؟؟).
- كثافة الحلزون المزدوج أعلى بالطبع من كثافة الشريط المفرد.

د/ محمد الربيع

311

متى تزداد درجة الإنصهار (T_m) ؟؟؟؟



- كلما زادت نسبة الجوانين والسائتوزين.
- كلما زادت نسبة الأدينين و الثايمين.
- كلما قلت نسبة الجوانين والسائتوزين.
- كلما قلت نسبة الأدينين و الثايمين.
- كلما زادت نسبة الجوانين فقط.
- كلما زادت نسبة الأدينين فقط.
- أخرى.

د/ محمد الربيع

312

• الشكل والحجم:

جزيئات الـ DNA مستقيمة غير متشعبة وقد تكون خيطية ذات طرفين فى الكائنات الراقية غير أنها فى بعض الكائنات الدنيا تكون □ لى شكل دائرى مغلق.

يمكن وصف حجم الجزيء بعدد أزواج القواعد النيتروجينية فى حلزونه المزدوج أو بوزنه الجزيئى أو بطوله. فمثلا الحمض النووى DNA الذى يبلغ طوله ميكرونا واحدا (10-4 سنتيمتر) يحتوى □ لى 3000 زوج من القواعد ويصل وزنه الجزيئى لحوالى 2 مليون (2 x 10⁶) دالتون حيث أن متوسط الوزن الجزيئى لزوج من القواعد يساوى 660 وتختلف أحجام الأحماض النووية حسب نوعها حيث يتراوح الوزن الجزيئى لـ DNA بين مليون دالتون و□ دة ملايين. فمثلا يبلغ فى فيروس الجدرى 160 مليون دالتون، ويبلغ 200 مليون دالتون فى فيروس ط□ون الطيور.

د/ محمد الربيع

313

شكل الدنا

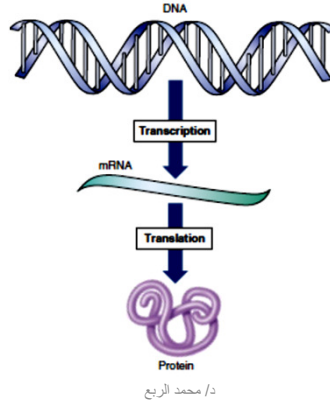


د/ محمد الربيع

314

المبدأ الأساسي للبيولوجيا الجزيئية

الجينات الموجودة في الـ DNA تعبر عن نفسها
في النهاية بالبروتينين □ ن طريق □ مليتين النسخ
والترجمة



د/ محمد الربيع

315

النسخ والترجمة

- عملية النسخ (تحدث في السيتوبلازم) ويحدث فيها نسخ الرسالة الوراثية من الـ DNA إلى mRNA.
- عملية الترجمة (تحدث في السيتوبلازم) ويتم فيها تصنيع البروتينات. ويتحول فيها الـ mRNA إلى بروتين.
- عملية الترجمة تحتاج إلى tRNA و rRNA.

د/ محمد الربيع

316

يتم تصنيع الـ mRNA داخل النواة بعملية تسمى النسخ.

حيث يتشكل الـ mRNA بترتيب معين من النيوكليوتيدات طبقاً للترتيب الذي تملكه إحدى سلسلتي الـ DNA.

ينتقل بعد ذلك الـ mRNA من النواة إلى الريبوسومات حيث يتم تصنيع البروتينات.

د/ محمد الربيع

317

الحمض النووي الريبوزي RNA

mRNA (الرسول)

tRNA (الناقل)

rRNA (الريبوسومي)

الرسول (m-RNA)

- ينقل الصفات الوراثية من النواة (الكرموسومات (DNA)) إلى مكان تصنيع البروتينات (الريبوسومات) في السيتوبلازم.
- أقل الأنواع تواجدا.
- أكثرهم تحللا (أي أن فترة نصف العمر له كبيرة).
- له عدة آلاف من الصور. ??? (لماذا)
- لأن لكل بروتين ينتج، هناك m-RNA خاص به.
- (أو لكل جين (مورث) (DNA) يوجد mRNA خاص به).
- يوجد منه عدة آلاف بالخلية (لوجود عدة آلاف من الجينات).
- متنوع في وزنه الجزيئي (يتراوح بين القليل والكبير).
- كل ثلاثة قواعد به تمثل شفرة.

د/ محمد الربيع

الناقل (t-RNA)

- أصغر الأنواع الثلاثة.
- يعمل على نقل الأحماض الأمينية إلى مكان تصنيع البروتينات في السيتوبلازم (الريبوسومات).
- لكل حمض أميني، يوجد tRNA خاص به.
- عدد الـ tRNA هو 20. لأن عدد الأحماض الأمينية هو 20، أو أكثر بقليل (في بعض الحالات، يوجد عدة tRNA خاص بحمض أميني واحد).
- كل جزيء tRNA يحتوي على رمز خاص مكون من ثلاث قواعد نيتروجينية يسمى الشفرة المضادة.
- الشفرة المضادة تكون مكملية في تركيبها للنوكليوتيدات الثلاثة المسماة بالشفرة الموجودة على الـ mRNA.

د/ محمد الربيع

320



جدول يوضح الشفرة الوراثية

		Second letter				
		U	C	A	G	
First letter	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG Trp	U C A G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

د/ محمد الرابع

322

الرايبوسومي (rRNA)

- هو أكبر الأنواع حجما (وزنه الجزيئي حوالى المليون).
- يتواجد بأنواع قليلة فى الخلية.
- يشكل حوالى 60-65% من وزن الرايبوسومات.
- حوالى 75-80% من مجموع الـ RNA الموجود فى الخلية.
- يوجد الـ r-RNA مرتبطا مع معقد بروتينى هو الرايبوسوم.

د/ محمد الربيع

323

الفرق بين DNA و RNA

RNA	DNA
سكر رايبوزي	سكر رايبوزي منقوص الأكسجين
يحتوي على اليوراسيل	يحتوي على الثايمين
A, G, C, U	A, G, C, T
يتكون من سلسلة واحدة فقط	يتكون من سلسلتين
له شكل mRNA و tRNA و rRNA	له شكل A و B و Z
يتواجد في السيتوبلازم	يتواجد في النواة
دوره في تصنيع البروتينات	حفظ ونقل الصفات الوراثية

د/ محمد الربيع

324

البناء الحيوى للأحماض النووية

- التضاعف:
- تضاعف الـ DNA يعطى جزيئين من الـ DNA جديدين يملك كل منهما سلسلة قديمة وأخرى جديدة ولهما نفس تتابع القواعد فى الجزئ الأسمى (شبه محافظ).

د/ محمد الربيع

325

الحمض النووى (Deoxyribonucleic Acid) DNA

- بمعرفة ترتيب وتتابع القواعد النيتروجينية فى إحدى السلسلتين يمكن معرفة تتابع القواعد فى السلسلة الأخرى.
- **الأهمية الحيوية لـ DNA:**

تضاعف الـ DNA (DNA Replication):

عند إنقسام الخلية وتكوين خلايا جديدة يبدأ أيضا DNA بالتضاعف حيث تنفصل السلسلتين لتشك كل واحدة قِايا لإصطناع سلسلة جديدة متممة لها فتكون النتيجة هى إصطناع جزيئين جديدين من DNA فى الخليتين الناتجتين عن الإنقسام. وبذلك تكون متشابهتين كما تشبهان الخلية الأم.

د/ محمد الربيع

326

• تعتبر أحماض DNA هي المكونات الأساسية للجينات الوراثية فهي المسؤولة عن إنتقال الصفات أو المعلومات الوراثية (Genetic Information) من جيل إلى آخر. في حين أن جزيئات السكر ومجموعات الفوسفات لها دورا بنائيا فقط في DNA ، فإن لترتيب القواعد النيتروجينية دورا أساسيا في نقل الصفات الوراثية.

• المبدأ المركزي للجينات الوراثية

- (Central dogma of molecular genetics):
 - ينص هذا المبدأ على أن المعلومات الوراثية تنتقل كالتالى:
- DNA <----- RNA <----- بروتينات

د/ محمد الربيع

327

فالبناء الحيوى أو صناعة البروتينات لها أهمية كبيرة لوظائف الخلية لأن البروتينات (كإنزيمات) تعمل على تسهيل كل تفاعلاتها.

لكل بروتين يصنع فى الخلية الحية يوجد ترتيبا خاصا من النيوكليوتيدات موجودا فى DNA، وهذا الترتيب يمكن تشبيهه بالشفرة التى تترجم كيميائيا إلى ترتيب آخر من الأحماض الأمينية التى يجب أن ترتبط ببعضها لتكوين البروتين المطلوب. وقد ثبت أن وحدات هذه **الشفرة** مكونة من رموز ثلاثية، أى أن كل ثلاثة نيوكليوتيدات (تسمى كودون Codon) ترمز إلى **حمض** أمينى معين.

د/ محمد الربيع

328

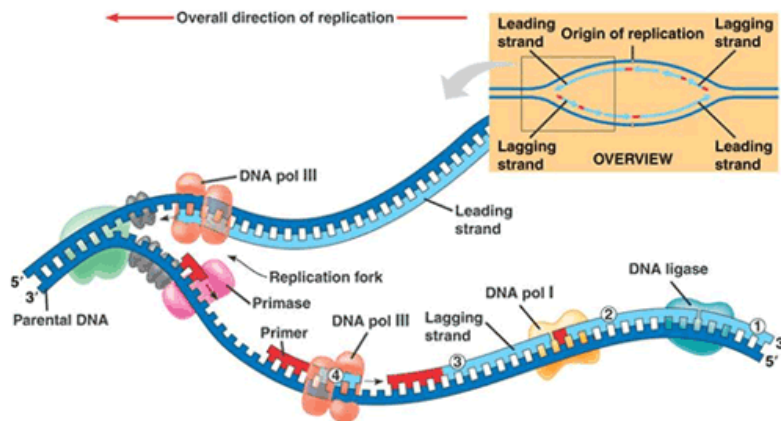
آلية تضاعف الحمض النووي DNA

- تتفصل سلسلتا جزيء DNA بعضها عن بعض بشكل تدريجي، نتيجة تكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد النيتروجينية ببعضها، فتتحول إلى سلاسل أحادية بدءاً من نقطة محددة، وينشطر بشكل طولي حتى نهاية السلسلة.
 - يرتبط إنزيم التضاعف بالسلسلة الأحادية، ويقوم بوضع النيوكليوتيدات - الموجودة في السائل النووي - الواحدة تلو الأخرى بشكل متمم حسب ترتيب القواعد النيتروجينية الموجودة في سلسلة جزيء DNA الذي يتم تضاعفه بحيث يتم وضع نيوكليوتيد T مقابل نيوكليوتيد A، ونيوكليوتيد G مقابل نيوكليوتيد C، وتستمر هذه العملية بتحريك إنزيم التضاعف من نقطة البدء حتى نهاية السلسلة.
 - يتم التصنيع في الاتجاه من 5' ← 3'. الشريط القائد هو من 5' ← 3'.
 - الشريط المتأخر هو 3' ← 5'. ويتم تصنيعه بشكل قطع أوكازاكي.
 - يتم إلتئام هذه القطع بإنزيم الصانع.
 - الطفرة الوراثية:
- يؤدي حدوث أي خطأ في ترتيب أو تسلسل القواعد النيتروجينية في جزيء DNA إلى تغيير المعلومات الوراثية، فينتج عن ذلك بما يسمى بالطفرة، كما يؤدي هذا التغيير في الخلايا الجسدية إلى خلل لدى الفرد الذي حدث له ذلك التغيير.

د/ محمد الربيع

329

آلية تضاعف الحمض النووي DNA



د/ محمد الربيع

330

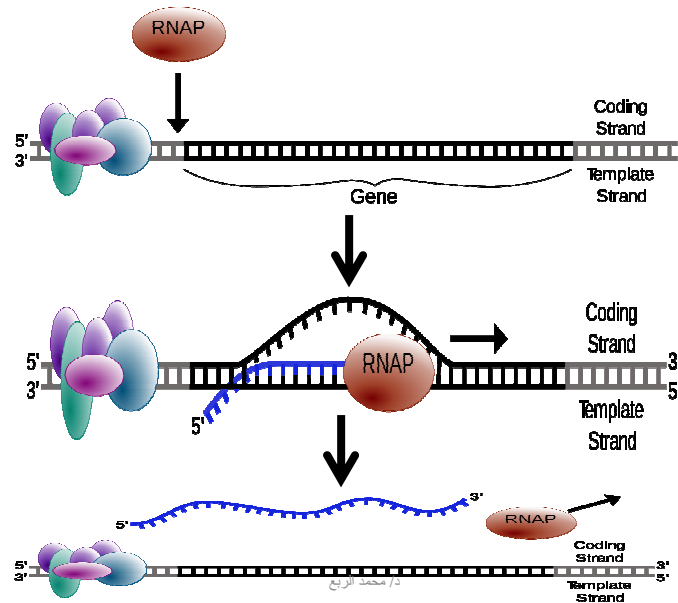
البناء الحيوى للأحماض النووية

- التضاعف Replication:
- تضاعف الـ DNA يعطى جزيئين من الـ DNA جديدين يملك كل منهما سلسلة قديمة وأخرى جديدة ولهما نفس تتابع القواعد فى الجزئ الأصى.
- **عملية النسخ (تكوين mRNA من DNA).**
- عملية الترجمة (تكوين البروتينات من الـ mRNA).

د/ محمد الرابع

331

النسخ Transcription



د/ محمد الرابع

332

البناء الحيوى للأحماض النووية

- التضاعف Replication:
- تضاعف الـ DNA يعطى جزيئين من الـ DNA جديدين يملك كل منهما سلسلة قديمة وأخرى جديدة ولهما نفس تتابع القواعد فى الجزئ الأسمى.
- عملية النسخ (تكوين mRNA من الـ DNA).
- **عملية الترجمة (تكوين البروتينات من mRNA).**

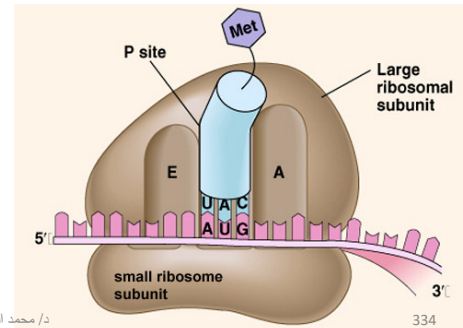
د/ محمد الربيع

333

عملية الترجمة

- تستخدم فيها الرايبوسومات والـ mRNA.
- كل ثلاثة قواعد نيتروجينية (تمثل شفرة واحدة) تكافئ حمض أميني واحد. (تذكر أن البروتينات تتكون من عدة أحماض أمينية).

second base in codon			
T	C	A	G
TTT Phe	TCT Ser	TAT Tyr	TGT Cys
TTC Phe	TCC Ser	TAC Tyr	TGC Cys
TTA Leu	TCA Ser	TAA stop	TGA stop
TTG Leu	TCG Ser	TAG stop	TGG Trp
CTT Leu	CCG Pro	CAI His	CGT Arg
CTC Leu	CCC Pro	CAC His	CCC Arg
CTA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
CTG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
ATT Ile	ACT Thr	AAT Asn	AGT Ser
ATC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
ATA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
ATG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
GTT Val	GCT Ala	GAT Asp	GGT Gly
GTC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGO Gly
GTA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
GTG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly



د/ محمد الربيع

334

الفيتامينات

1. الخواص الكيميائية لها شبيهة بالأمينات فسميت بالأمينات الحيوية ثم إختصارا إلى فيتامينات.
2. هي مواد عضوية يحتاجها الجسم بكميات قليلة.
3. معظم الفيتامينات □ يمكن لجسم الإنسان تخليقها (عدا فيتامين D و حمض النيكوتينيك)
4. نقصها يؤدي إلى ظهور أعراض □ كثير من الأمراض تسمى سوء التغذية.
5. أهميتها في أنها تدخل في تركيب المرافقات الإنزيمية.
6. المرافقات الإنزيمية هي مواد عضوية غير بروتينية و ترتبط مع الإنزيم.

د/ محمد الربيع

335


الفيتامينات




1. يحتاجها الجسم بكميات قليلة.
2. لا يمكن لجسم الإنسان تخليقها.
3. (بينما الهرمونات يصنعها الإنسان ويحتاجها بكميات قليلة).
4. نقصها يؤدي إلى ظهور الأمراض.

د/ محمد الربيع

336



الفيتامينات



الذوابة في الماء Water soluble

1. تحتوي على أجزاء قطبية ---> تذوب في الماء.
2. معظمها يدخل في تركيب المرافق الإنزيمي.
3. لا تخزن في جسم الإنسان.

تحتوي على :

1. فيتامين C (حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid)
2. الثيامين (Thiamine) (فيتامين B₁)
3. الرايبوفلافين Riboflavin (فيتامين B₂)
4. النياسين Niacin (حمض النيكوتينيك Nicotinic Acid)
5. حمض البانتوثينيك Pantothenic Acid
6. البيريدوكسين Pyridoxine (فيتامين B₆)
7. حمض الفوليك Folic Acid (الفولاسين Folacin)
8. البوتين Biotin
9. سيانوكوبالامين Cyanocobalamin (فيتامين B₁₂)
10. حمض لايبويك Lipoic Acid

الذوابة في الدهون Fat soluble


1. تحتوي على أجزاء لا قطبية ---> تذوب في الدهون.
2. لا تدخل في تركيب المرافق الإنزيمي.
3. تخزن في جسم الإنسان وقد تظهر حالات سمية.

تحتوي على :


1. فيتامين A (الريتينويدات Retinoids)
2. فيتامين D
3. فيتامين E (التوكوفيرولات Tocopherols)
4. فيتامين K
5. فيتامين Q

د / محمد الربيع

337



1. فيتامين C (حمض الأسكوربيك) (Ascorbic Acid)



2. عامل مختزل قوى:

يفقد حمض الأسكوربيك بسهولة ذرتي هيدروجين فينتج حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين - ديهيدروسكوربيك (Dehydroascorbic Acid)

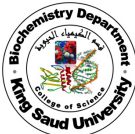
$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} \text{O} = \text{C} \\ | \\ \text{HO} - \text{C} \\ | \\ \text{HO} - \text{C} \\ | \\ \text{H} - \text{C} \\ | \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \begin{array}{c} \xrightarrow{-2\text{H}} \\ \xleftarrow{+2\text{H}} \end{array} & \begin{array}{c} \text{O} = \text{C} \\ | \\ \text{O} = \text{C} \\ | \\ \text{O} = \text{C} \\ | \\ \text{H} - \text{C} \\ | \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}
 \end{array}$$

حمض الأسكوربيك

حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين

د / محمد الربيع

338



1. فيتامين C س (حمض الأسكوربيك) (Ascorbic Acid)



3. تستطيع معظم الثدييات تصنيع حمض الأسكوربيك من D-جلوكوز ما عدا الإنسان.
4. يتواجد بكثرة في الموالح والخضروات والبطاطس.
5. يلعب دورا مهما في تفاعلات الأكسدة والاختزال.
6. يسبب نقصه مرض الأسقربوط (Scurvy) (تقرح و نزيف اللثة وعدم ثبات الأسنان و بعض أمراض المفاصل).

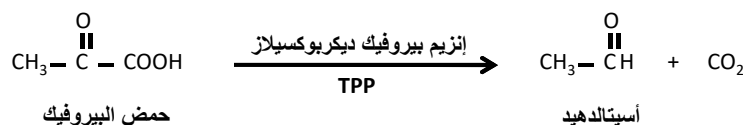


د/ محمد الربيع

339

2. الثيامين Thiamine (فيتامين B₁)

3. يوجد في النخالة والبيض والخميرة واللحوم والبقوليات.
4. يدخل في تركيب المرافق الإنزيمي ثيامين بيروفوسفات (TPP) في تفاعلات أكسدة الأحماض الكيتونية ونزع مجموعة الكربوكسيل:



5. يعمل كمرافق إنزيمي في تفاعلات نقل مجموعة الكربونيل و المسماة ترانس كيتولاز (Transketolase).
6. منشط لنمو الجذور النباتية.
7. ضروري لتمثيل الكربوهيدرات ووظائف الأعصاب وجودة النمو والهضم والشهية.
8. نقصه يسبب مرض الهزال المعروف باسم البري بري (Beri Beri).

340

3. الريبوفلافين Riboflavin (فيتامين B₂)

3. يوجد في جميع الخلايا النباتية و الحيوانية و بوفرة في الخميرة و الكبد والبيض و الألبان.
4. يدخل في تركيب الرافقات الإنزيمية لعدد من إنزيمات الأكسدة و الإختزال حيث يعمل كمستقبل للهيدروجين.
5. يوجد نوعان من الرافقات الإنزيمية:
أ. فلافين أحادي النيوكليوتيد (Avin Mono Nucleotide) ويرمز له بالرمز FMN ،
ب. فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد (Avin Adenine Dinucleotide) و يرمز له بالرمز FAD.
6. نقصه يؤدي لفقدان الشهية والتهاب الفم واللسان والجلد والعينين .

د/ محمد الربيع

341

4. النياسين Niacin حمض النيكوتينيك (Nicotinic Acid)

1. مركب أبيض قليل الذوبان في الماء البارد لكنه يذوب في الماء الساخن و الكحول.
2. يتواجد في صورتين : نيكوتين أميد (Nicotinamide) وحمض النيكوتينيك.
3. كلا الصورتين فعالة حيويًا إلا أن الأميد أكثر تواجدًا في الطبيعة.
4. يتواجد في الخميرة والكبد و اللحوم والأسماك والحبوب.
5. يمكن للنباتات تكوينه من الحمض الأميني الضروري تريبتوفان (Tryptophan).

د/ محمد الربيع

342

4. النياسين Niacin حمض النيكوتينيك (Nicotinic Acid)

6. يدخل في تركيب المرافقين الإنزيمين:
أ. نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد (Nicotinamide Adenine Dinucleotide) ويرمز له NAD^+ ،
ب. نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) ويرمز له $NADP^+$
7. الفرق بينهما هو في وجود مجموعة فوسفات على الذرة رقم 2 من سكر الريبوز بدلا من مجموعة الهيدروكسيل.
8. لهما أهمية في تفاعلات الأكسدة والإختزال.
9. النيكوتين أميد هو الجزء الفعال في إستقبال الهيدروجين.
10. نقصه يؤدي إلى مرض البلاجرا (Pellagra) وهو نوع من البرص يتميز بقروح في الفم و اللثة و إضطرابات عصبية.

د/ محمد الربيع

343

5. حمض البانتوثينيك Pantothenic Acid

1. زيت لزج يذوب بسهولة في الماء.
2. يتربط من ارتباط حمض بيتا ألانين بحمض البانتويك (Pantoic Acid) برابطة جلايكوسيدية.
3. ينتشر في أغذية كثيرة ولذلك فإن أعراض نقصه نادرة الظهور.
4. مهم في عمليات التمثيل الغذائي لكونه أحد مكونات المرافق الإنزيم أ (Coenzyme A) ويرمز له $CoA-SH$.
5. له دور مهم في تنشيط الأحماض الكربوكسيلية ونقل مجموعة الأسيل.
6. نقصه يؤدي إلى صداع و إرهاق وإضطراب معوى.

د/ محمد الربيع

344

6. البيريدوكسين (Pyridoxine) فيتامين B₆

1. يوجد في اللحوم و الأسماك والحبوب و الألبان و الخضروات.
2. يدخل في تركيب المرافق الإنزيمي فوسفات بيريدوكسال (Pyridoxal Phosphate) و فوسفات بيريدوكسامين (Pyridoxal Phosphamine).
3. له دور في نقل مجموعة الأمين (Transaminase) ونزع مجموعة الكربوكسيل (Decarboxylase).
4. مهم في مقاومة الالتهابات الجلدية ونقصه يؤدي إلى نوبات تشنجية في الأطفال.

د/ محمد الربيع

345

7. حمض الفوليك (Folic Acid) الفولاسين (Folacin)

1. يتوفر في الخميرة والكبد والخضروات.
2. له أهمية كمرفق إنزيمي في تفاعلات نقل المجموعات الحاوية على ذرة كربون واحدة.
3. نقصه يؤدي إلى فقر الدم (الأنيميا).

د/ محمد الربيع

346

8. البيوتين (Biotin)

1. يسمى أيضا فيتامين H (وليس فيتامين هـ). فيتامين هـ هو E
2. يرتبط البيوتين بالإنزيمات التي تشترك في المسارات الأيضية من خلال تنشيط ثنائي أوكسيد الكربون.
3. أعراض نقصه نادرة لأنه يصنع من قبل الأحياء الدقيقة بالأمعاء.
4. نقصه يحدث عند تناول كميات كبيرة من البيض الغير معرض للحرارة لأنه يحتوى على بروتين يسمى أفيدين (Avidin) يرتبط بالبيوتين ويمنع إمتصاصه.
5. أعراض نقصه إلتهاب جلدى وآلام عضلية وكسل وفقدان شهية وأرق.

د/ محمد الربيع

347

9- فيتامين ب₁₂ (B₁₂)

1. المادة الفعالة هي سيانوكوبلامين ويحتوى فلز الكوبالت.
2. يدخل مشتقاته كمرافق إنزيمى فاعلات نقل مجموعة الميثيل و ذرات الهيدروجين.
3. نقصه يؤدي إلى ظهور مرض الأنيميا.

د/ محمد الربيع

348

10. حمض لايبويك (Lipoic Acid)

1. يسمى أيضا حمض ثيوكتيك (Thioctic Acid).
2. يعرف بأنه الحمض الدهنى الذى يحتوى على كبريت.
3. عامل مهم لنمو بعض البكتيريا.
4. لا يمثل أحد العناصر الضرورية للإنسان.

د/ محمد الربيع

349

الفيتامينات الذائبة فى الدهون

1. فيتامين A أو الريتينويدات

(Retinoids)

1. تعتبر الكاروتينويدات مثل ألفا وبيتا كاروتين هى المولدات الرئيسية لجميع مركبات فيتامين A حيث تتحول فى الأمعاء إلى فيتامين.
2. فعالية بيتا كاروتين أقل من نصف فعالية الفيتامين.
3. يحتوى على العديد من الروابط الغير المشبعة من النوع المقابل (Trans).
4. يوجد فيتامين A على صورتين هما A_1 و A_2 .

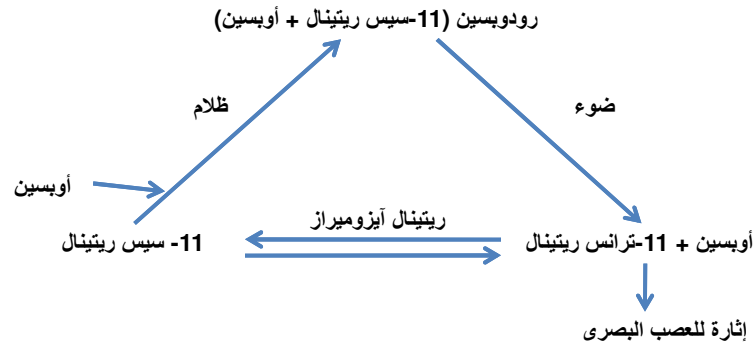
د/ محمد الربيع

350

1. فيتامين A أو الريتينويدات (Retinoids)

5. يتواجد فيتامين A1 على شكل ألدهيد (ريتينال Retinal) أو كحول (ريتينول Retinol) أو حمض ريتينويك (Retinoic).

6. يلعب فيتامين A دورا هاما في عملية الإبصار:



7. نقصه يؤدي إلى ضعف الرؤية في الليل (العشى الليلي).

د/ محمد الربيع

351

تذكر !!



- كاروتين
- كيراتين (ألفا و بيتا)
- كرياتينين



د/ محمد الربيع

352

2. فيتامين D

1. هي مجموعة من المركبات الستيرويدية.
2. أهم المشتقات هو D_2 (إيرجوكالسيفيرول Ergocalciferol) وهو من أصل نباتي.
3. و المشتق D_3 (كولكالسيفيرول Cholcalciferol) وهو من أصل حيواني.
4. يعتبر إيرجوستيرون (Ergosterol) هو مولد فيتامين D_2 لأنه يتحول إلى فيتامين في وجود الأشعة فوق البنفسجية.
5. بينما يتحول المركب 7-ديهيدروكوليستيرون (7-Dehydrocholesterol) إلى فيتامين D_3 حين يتعرض للأشعة فوق البنفسجية.
6. التعرض للأشعة فوق البنفسجية لفترات مناسبة يعوض نقصه في الغذاء.
7. أهميته في نمو العظام والأسنان و زيادة إمتصاص الكالسيوم والفوسفور بواسطة الأمعاء.
8. نقصه عند الأطفال يؤدي إلى لين العظام ومرض الكساح.

د/ محمد الربيع

353

3. فيتامين E التوكوفيرولات (Tocopherols)

1. أهم صوره هي ألفا وبيتا وجاما و دلتا-توكوفيرول ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$ -Tocopherols).
2. الصورة ألفا هي الأكثر فعالية و الوحيدة الضرورية في غذاء الإنسان.
3. أهم مميزاتها تأثيرها المضاد للأكسدة (Antioxidant) أي أنها سهلة الأكسدة.
4. لذلك فهو يحمي خلايا الدم الحمراء من التحلل الدموي أو الانفجار.
5. له دور مهم في حماية الأحماض الدهنية غير المشبعة من الأكسدة و بذلك يمنع تكون البيروكسيدات السامة.
6. عامل مضاد للعقم.
7. نقصه يؤدي للعقم وضمور العضلات و انفجار كرات الدم الحمراء.

د/ محمد الربيع

354

فيتامين هـ (E)

1. المادة الفعالة تسمى توكوفيرول
2. أهم مميزاتها تأثيرها المضاد للأكسدة.
3. عامل مضاد للعقم.
4. تذكر ما هي الهرمونات المضادة للأكسدة (سي، أ، هـ).

د/ محمد الربيع

355

4. فيتامين K

5. يسمى فيتامين تجلط الدم لدوره المهم في عملية تخثر أو تجلط الدم.
6. يساعد في تصنيع بروتين بروثرومبين (Prothrombin) في الكبد و الذي يتحول إلى إنزيم ثرومبين (Thrombin) في الدم.
7. يحول إنزيم الثرومبين مادة الفايبرينوجين (Fibrinogen) البروتين الذائب في الدم إلى بروتين عديم الذوبان يسمى فيبرين (Fibrin) الذي يشكل الخثرة الدموية فيوقف نزيف الدم.
8. نقصه يؤدي إلى إطالة المدة اللازمة لتجلط الدم و حدوث النزيف.

د/ محمد الربيع

356

فيتامين ك (K)

1. فيتامين ضروري لتجلط الدم.
2. ينتج في الأمعاء بواسطة البكتيريا.
3. يساعد في تصنيع بروتين بروثرومبين في الكبد و الذي يتحول إلى إنزيم ثرومبين في الدم.
4. نقصه يؤدي إلى حدوث نزيف.

د/ محمد الربيع

357

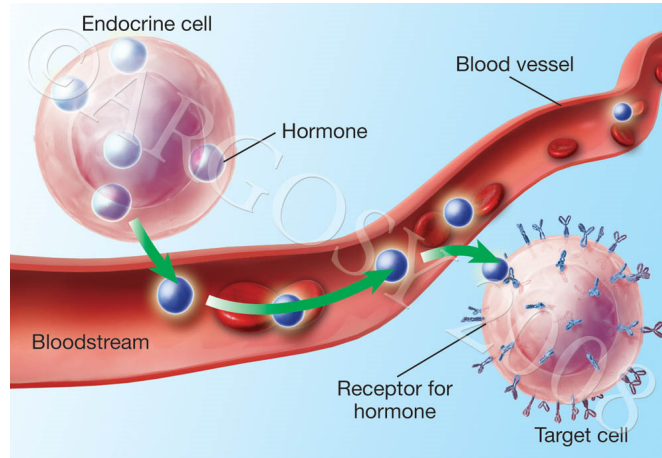
5. فيتامين Q

1. يضم مركبات يوبيكوينون (Ubiquinone) وبلاستوكوينون (Plastoquinone) و تشبه فيتامين K.
2. يتركز يوبيكوينون (Ubiquinone) في الميتوكوندريا في الأنسجة الحيوانية والبكتيريا.
3. أما بلاستوكوينون (Plastoquinone) فهو ينتشر في الكلوروبلاستيدات.
4. يلعب دورا مهما كمرافق إنزيمي يسمى مرافق الإنزيم Q والذي له دور في تفاعلات الأكسدة والإختزال.

د/ محمد الربيع

358

الهرمونات



د/ محمد الربيع

359

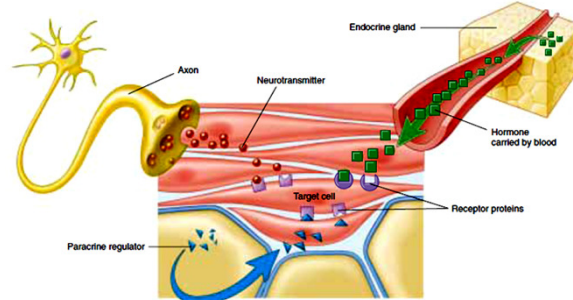
الهرمونات

1. الهرمونات مركبات عضوية تفرزها غدد معينة في الجسم بكميات ضئيلة ثم تنتقل إلى بقية الخلايا.
2. تقوم بالتنظيم والسيطرة على أوجه النشاط الحيوي المختلفة.
3. إذا اختلفت الكميات المفرزة عن الحد الطبيعي أدى إلى اضطراب في النشاط الحيوي.
4. يستطيع الكائن الحي تخليق الهرمونات ويتم نقلها عن طريق الدورة الدموية من مصادر إفرازها إلى أماكن عملها.
5. من ناحية التركيب الكيميائي فهي متبانية التركيب فبعضها مشتقات إسترودية (إستروجين) أو ببتيديات عديدة (إنسولين) أو مشتقات أحماض أمينية (إبينفرين).
6. تساعد على حفظ إتران الأنشطة الحيوية في الجسم (الإستقرار الداخلي) كتأثير الإنسولين على حفظ مستوى الجلوكوز في الدم.

د/ محمد الربيع

360

تنتقل الهرمونات في الدم إلى الخلايا المستهدفة حيث ترتبط بهذه الخلايا عن طريق المستقبلات



آلية عمل الهرمونات داخل الخلية

1. تحفيز إصطناع الإنزيمات على المستوى النووي.
2. تحفيز إصطناع الإنزيمات على المستوى الرايبوسومي.
3. التحفيز المباشر على المستوى الإنزيمي.
4. التأثيرات الهرمونية على المستوى الغشائي.
5. التأثيرات الهرمونية المتعلقة بمستوى النيكلوتيدات الحلقية.

د/ محمد الربيع

361

تقسم الهرمونات حسب تركيبها الكيميائي

ستيرويدات:

مثل هرمونات القشرة للغدة الكظرية والهرمونات الجنسية

ببتيدات:

مثل أغلب الهرمونات (هرمون الإنسولين والجلوكاجون والكالسيتونين والباراثورمون وهرمون النمو وغيرهم)

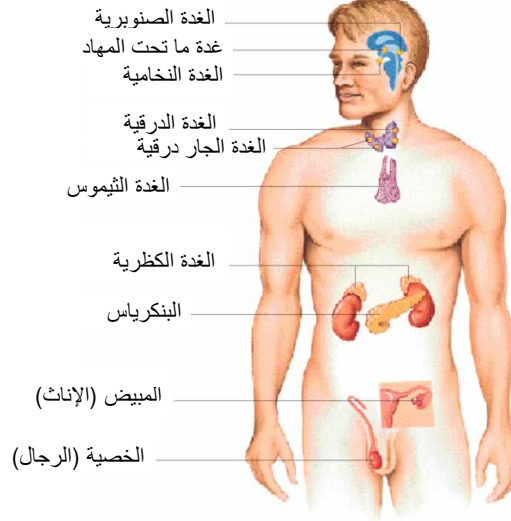
مشتقات أحماض أمينية:

مثل الثيروكسين والأدرينالين والنورأدرينالين

د/ محمد الربيع

362

تقسيم الهرمونات حسب الغدة الصماء التي تفرزها



©Addison Wesley Longman, Inc.

د/ محمد الربيع

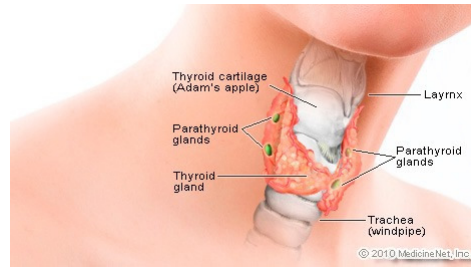
363

هرمونات الغدة الدرقية

1. تفرز هرمون الثيروكسين (T_4) وثلاثي يود التايرونين (T_3) وهو مشتق من حمض أميني (تايرو-ين).
تعمل على تنظيم تفاعلات التمثيل الغذائي (أي أنها تزيد من حرق الألياف للجلوكوز) ويؤدي زيادة إفرازات هرمونات الغدة الدرقية إلى توتر عصبي وارتفاع التعب ونقص الوزن وارتفاع درجة حرارة الجسم مصحوبا بعرق وارتفاع معدل دقات القلب. و نقصها يؤدي إلى حدوث تشوه بدني وإعتلال قلبي كذلك يؤدي نقصها في الأطفال إلى ضعف نمو العظام وإلى التخلف العقلي.
2. هرمون الكالسيثونين وهو ببتيد يخفض نسبة الكالسيوم وكذلك الفوسفات في الدم.

د/ محمد الربيع

364



د/ محمد الرابع

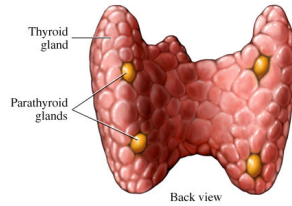
365

هرمونات الغدة المجاورة للدرقية

(Parathyroid Gland)

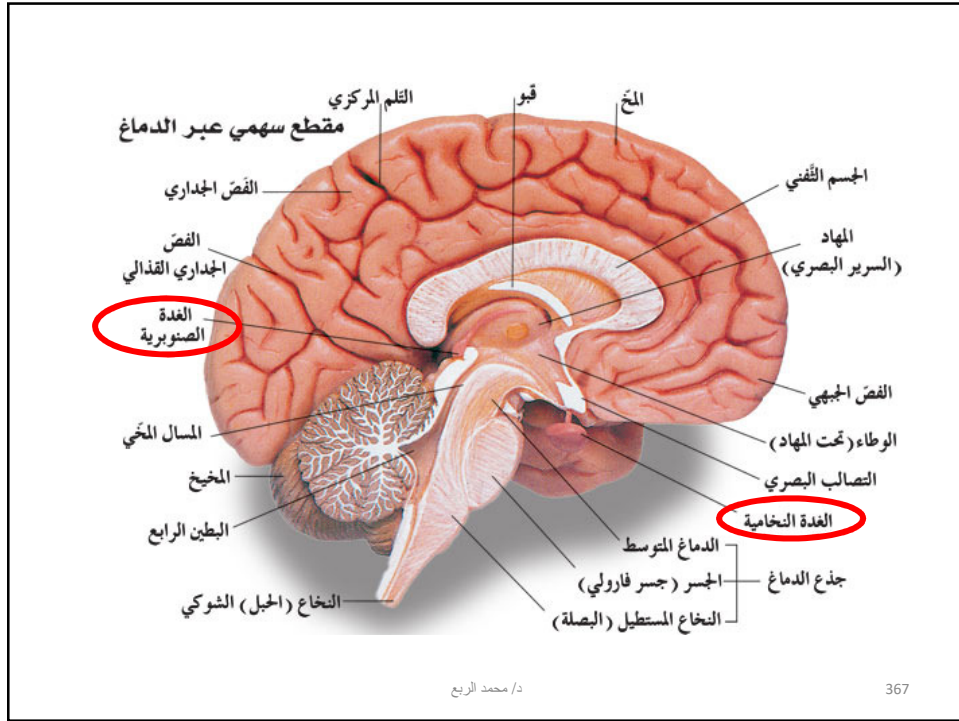
(تسمى أيضا بالغدة الجار درقية)

- تفرز هرمون يسمى الباراثورمون (PTH) – أو هرمون الغدة الجار درقية – أو هرمون الغدة المجاورة للدرقية.
- وهو يعمل على زيادة تركيز أيونات الكالسيوم ونقص أيونات الفوسفات في الدم.
- ونقص هذا الهرمون يؤدي إلى هبوط شديد في كمية الكالسيوم في الدم وإلى إرتفاع شديد في تركيز الفوسفات.



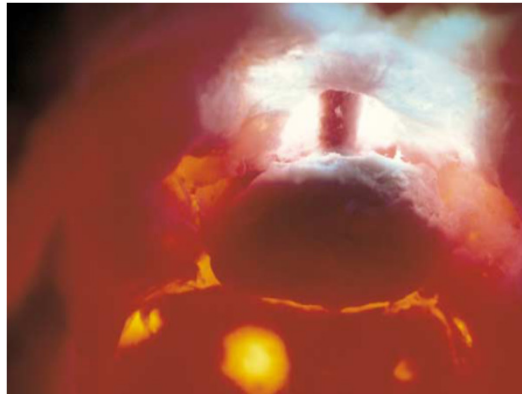
د/ محمد الرابع

366



هرمونات الغدة النخامية

تتكون من ثلاث فصوص، الفص الأمامي و المتوسط والخلفي
ولكل فص هرموناته الخاصة التي يصطنعها ويقوم بإفرازها.



د/ محمد الربيع

368

هرمونات الفص الأمامي

1. هرمون النمو

يؤثر على الأنسجة المختلفة من خلال إثارة وتحفيز عمليات البناء الحيوى المختلفة و يسبب نقص إفرازه ضعف النمو والتقزم. بينما تؤدي زيادة إفرازه إلى العملاقة (تقليل هدم النيتروجين).

2. هرمون المنشط للغدة الدرقية (TSH)

يساعد على المحافظة على إفراز الهرمونات الخاصة بالغدة الدرقية.

3. الهرمون المنشط للغدة الكظرية (ACTH)

يؤثر هذا الهرمون على إصطناع هرمونات الغدة الكظرية.

4. الهرمون الجنسية

تؤثر هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية على وظائف ونضج الغدد الجنسية وهي نوعان. النوع الأول هو الهرمون المنشط للبويضة (FSH) و النوع الثانى هو ما يسمى بهرمون الجسم الأصفر (LH).

5. الهرمون المنشط لإفراز الحليب (Prolactin)

يزداد إفراز هذا الهرمون أثناء عملية الحمل وهو يشجع تطور الغدة اللبنية وزيادة إفراز الحليب منها وكذلك يحفز إنتاج البرجسترون فى الجسم الأصفر.

د/ محمد الربيع

369

هرمونات الفص المتوسط للغدة النخامية

- هرمون الإنترمدين والذي يشجع على تكوين صبغة الميلانين بواسطة الخلايا المكونة لها.

د/ محمد الربيع

370

هرمونات الفص الخلفى

أ. الأوكسيتوسين:

يعمل على تقلص عضلات الرحم أثناء ولادة وكذلك تقلص لعضلات لمساء فى لغدد للبنية مما يؤدي إلى إفراز لحليب من الثدييات.

ب. الفاسوبريسين:

زيادته تؤدي إلى زيادة ضغط الدم من خلال تأثيره على تقلص وانقباض الأوعية الدموية.

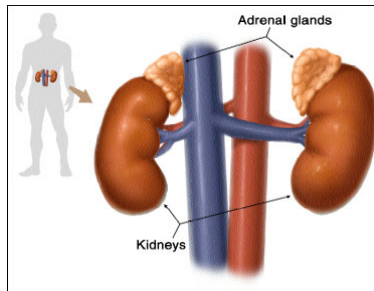
أيضا يعمل على تنظيم إفرازات كلى من خلال تأثيره كمانع لإدرار البول.

د/ محمد الربيع

371

هرمونات الغدة الكظرية أو فوق الكلوية

- تتكون كل غدة من طبقتين هما الطبقة المركزية أو النخاع والطبقة الخارجية أو القشرة ولكل طبقة هرموناتها الخاصة التى تفرزها.



د/ محمد الربيع

372

هرمونات النخاع

- هرمون الإبنفرين (الأدرينالين).
 - هرمون النورينفرين (أو النورأدرينالين).
 - مشتق من حمض أميني (تايرولين).
1. يؤدي هرمون الأدرينالين إلى مضاعفة تأثير الإستجابة العصبية للأعضاء. وهو ضروري لتزويد وإعطاء الإستجابة الحيوية الربعة في الحالات الطارئة كالخوف والصدمات والبرد والتعب وغيرها.
 2. نقص هرمونات نخاع الغدة الكظرية يؤدي إلى إرتفاع ضغط الدم المتقطع والذي يمكن أن يتطور إلى إرتفاع دائم في ضغط الدم مما قد يؤدي إلى الوفاة.
 3. زيادة إفرازها تَبْ بزيادة تركيز السكر وحمض اللاكتيك في الدم لأنه يعمل على تحويل الجلوكوجين إلى جلوكوز.
 4. هرمون الإبنفرين (الأدرينالين) فاعليته أكثر من هرمون النورينفرين (أو النورأدرينالين) بـ 20 مرة

د/ محمد الربيع

373

هرمونات القشرة

- ذات طبيعة ستيرويدية:
1. الكورتيزون (تؤثر على تمثيل الكربوهيدرات في الجسم) وتأثيره مثل تأثير هرمون الجلوكاجون. أي أنه يزيد تركيز السكر (الجلوكوز) في الدم.
 2. هيدروكورتيزون (لها تأثير مضاد للإتهابات).
 3. الألدوستيرون (تزيد هذه الهرمونات من إمتصاص الصوديوم والكلور بواسطة الأنابيب الكلوية).
 4. كورتيكوستيرون
 5. هرمونات جنسية كالتستوستيرون والإروجستيرون.

د/ محمد الربيع

374

هرمونات الغدد الجنسية (ذات طبيعة ستيرويدية)

- **الهرمونات الجنسية الذكرية:**
- تتميز هذه الهرمونات الستيرويدية بإحتوائها على 19 – ذرة كربون
- من أهمها هرمون التستوستيرون. لها دورا في ظهور الشعر وزيادة نمو العضلات وخشونة الصوت ولها تأثير على تمثيل البروتينات في الجسم إذ أنها تقلل من إفراز النيتروجين في البول (أي تزيد من إمتصاص الجسم للنيتروجين).
- **الهرمونات الجنسية الأنثوية:**
- تتميز هذه الهرمونات الستيرويدية بإحتوائها على 18 – ذرة كربون
- تنتج الغدد الجنسية الأنثوية نوعين رئيسيين من الهرمونات الستيرويدية هما الأستروجين و البروجستيرون.
- هرمون الريلاكسين وهو يهيئ عنق الرحم للولادة.

د/ محمد الربيع

375

هرمونات البنكرياس

- **الإنسولين:**
- (يفرز من خلايا بيتا) يتكون من سلسلتين بيبتيديتين (A و B).
- يساعد الإنسولين على تحلل الكربوهيدرات وعلى خفض نسبة الجلوكوز في الدم
- نقص إفرازه في الجسم يؤدي إلى الإصابة بمرض السكرى (Diabetes)
- **الجلوكاجون:**
- (يفرز من خلايا ألفا)
- يتكون من سلسلة ببتيدية. وهو بعكس الإنسولين ، يزداد إفراز الجلوكاجون مع نقص مستوى السكر في الدم الناتج من المجاعة أو الإنسولين. أى أن تأثيره عكس تأثير الإنسولين (مضاد للإنسولين) فهو يرفع مستوى السكر في الدم.

د/ محمد الربيع

376



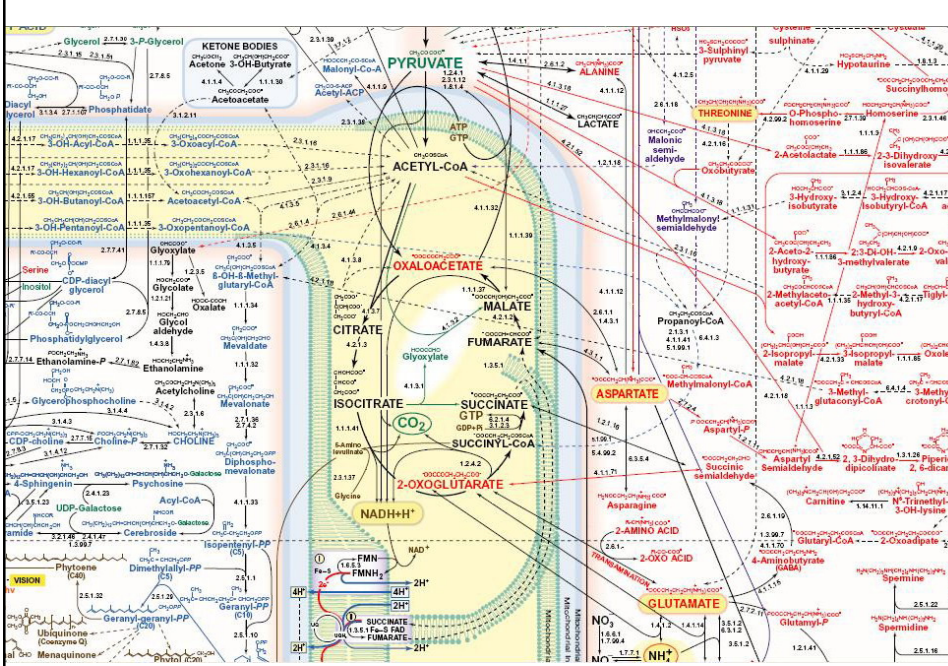

الأيض

(أو الإستقلاب Metabolism)



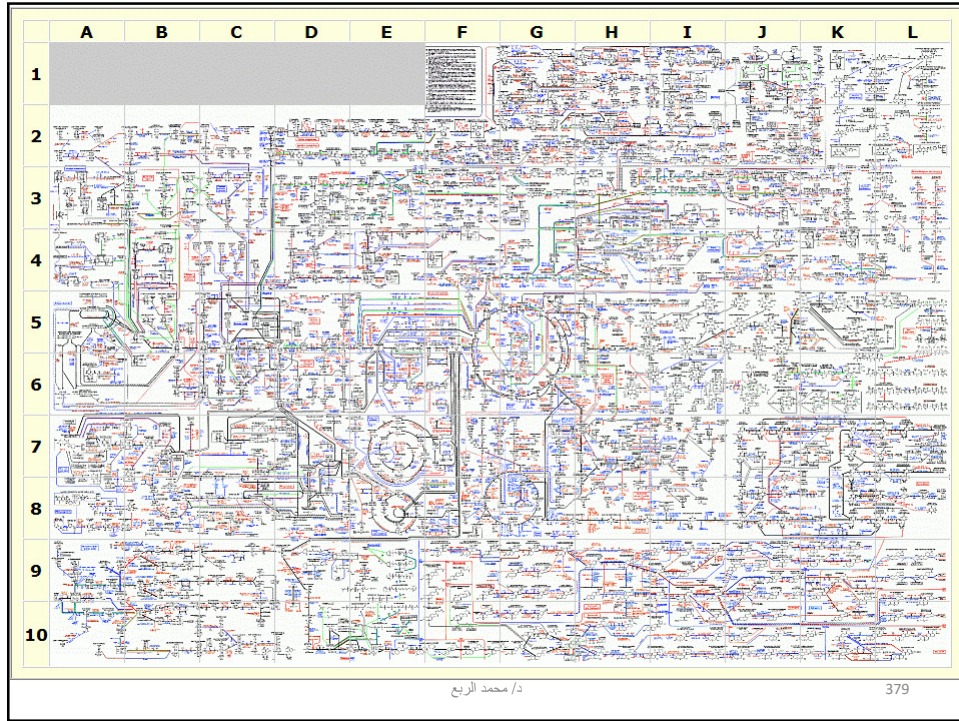

د/ محمد الرابع

377



د/ محمد الرابع

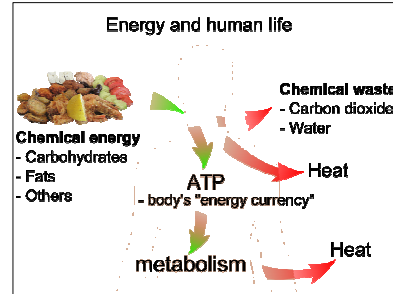
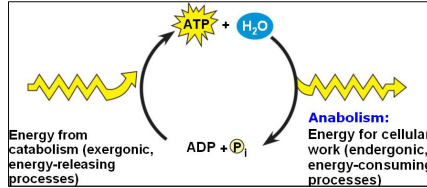
378



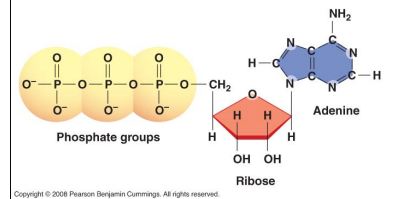
الأيض (Metabolism)

- تشمل عمليات الأيض عمليتين داخل خلايا الجسم:
- عملية **البناء** (Anabolism) وتتم فيها بناء المركبات الحيوية المختلفة (كربوهيدرات ودهون وبروتينات) والتي تحتاجها الخلايا للنشاط الحيوي. **وتستهلك** عملية البناء مقداراً كبيراً من **الطاقة** (ATP).
- عملية **الهدم** (Catabolism)، حيث يتم تكسير المركبات الحيوية المختلفة إلى مكوناتها (كربون) (في صورة ثاني أكسيد الكربون) وهيدروجين (في صورة ماء). **وتنتج** عملية الهدم مقداراً من **الطاقة** (ATP) يختلف حسب المركب الأيضي (metabolite) المستخدم.

إنتاج وإستهلاك الطاقة



(a) ATP consists of three phosphate groups, ribose, and adenine.

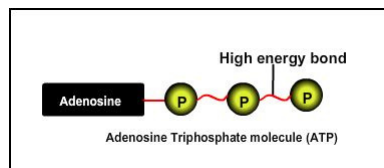


د/ محمد الربيع

381

الرابعة الفوسفاتية

- تعتبر الرابطة الفوسفاتية في المركبات العضوية غنية بالطاقة.
- ولذلك عندما تتحلل المركبات المحتوية عليها (مثل الـATP)، تنتج طاقة تكفي أو تستخدم في تفاعلات أخرى داخل الخلية.
- بينما لإنتاج جزئ من الـATP، فلا بد من وجود طاقة لتكوين الرابطة الفوسفاتية.



د/ محمد الربيع

382

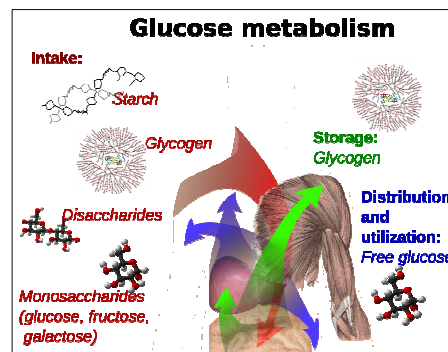
- سوف يتم تدريس عمليات الهدم في المركبات الكيموحيوية الثلاثة:

- كربوهيدرات
- دهون
- بروتينات

د/ محمد الربيع

383

أيض الكربوهيدرات Carbohydrate Metabolism



د/ محمد الربيع

384

أهمية الكربوهيدرات

- تتفرد النباتات بمقدرتها على تصنيع الكربوهيدرات.
- بينما يحصل الإنسان والحيوانات المختلفة على إحتياجاتها من الكربوهيدرات من الوسط الخارجي مع الأغذية المختلفة.
- تعتبر الكربوهيدرات مصدر جيد للطاقة في الجسم.
- كذلك هي مهمة في حفظ درجة حرارة الجسم.
- ضرورية لوظائف المخ.

د/ محمد الربيع

385

هدم الكربوهيدرات Catabolism

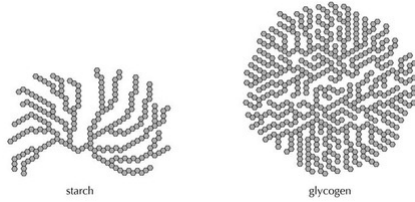
- للحصول على الطاقة لابد من تحلل الكربوهيدرات إلى سكريات قليلة ثم إلى جلوكوز.
- النباتات والحيوانات لديها الإنزيمات اللازمة لتحلل الكربوهيدرات.
- يوجد نوعان من الإنزيمات:
- ألفا – أميلاز (α -Amylase).
- بيتا – أميلاز (β -Amylase).

د/ محمد الربيع

386

النشا والجليكوجين

- تذكر أن النشا تتكون من أميلوز (الجزء الغير متفرع ويتكون من سلاسل من الجلوكوز) وأميلوبكتين (وهو الجزء المتفرع).
- بينما الجليكوجين عبارة عن تفرعات عديدة وكثيفة من جزيئات الجلوكوز بجانب بعضها البعض.



د/ محمد الربيع

387

هدم الأميلوز بواسطة إنزيمات الأميلاز

- ألفا-أميلاز وهو إنزيم يعمل على الروابط الداخلية أو إندوجلايكوسيداز (Endoglycosidase) ويكسر الروابط الجلايكوسيدية α (1 \rightarrow 4) بشكل عشوائي داخل جزيئات السكريات العديدة (أميلوز أو أميلوبكتين أو جلايكوجين). وينتج سكريات قليلة أو ديكستريانات منخفضة الوزن الجزيئي وسكريات ثنائية كالمالتوز وسكريات أحادية (كالجلوكوز).
- بيتا - أميلاز وهو يعمل على الروابط الجلايكوسيدية الخارجية أو إكسوجلايكوسيداز (Exoglycosidase) أي أنه يعمل على الروابط الجلايكوسيدية بالنهايات غير المختزلة للسكريات العديدة.
- يمكن أن يتحلل الأميلوز كلياً إلى جلوكوز ومالتوز بواسطة هذين الإنزيمين.

د/ محمد الربيع

388

هدم الأميلوبكتين والجلايكوجين

- ولكن لا يمكن للأميلوبكتين (أو الجلايكوجين) أن يتحلل كلياً بواسطة هذين الإنزيمين لوجود تفرعات والتي يوجد بها روابط جلايكوسيدية من نوع $\alpha (1 \rightarrow 6)$.
- وبالتالي فتوجد إنزيمات أميلو-1,6-جلوكوسيداز () والقادرة على إزالة التفرع في النباتات والحيوانات، حيث لها القدرة على كسر الرابطة $\alpha (1 \rightarrow 6)$.
- وحين تتواجد جميع هذه الإنزيمات، فحينئذ يمكن للأميلوبكتين والجلايكوجين أن يتحللا كلياً.

د/ محمد الربيع

389

هدم السكريات الثنائية

- إنزيم السليولاز (Cellulase) (ويسمى أيضاً بيتا - جلوكوسيداز) يعمل على السلسيلوز ليتحلل إلى جلوكوز.
- إنزيم المالتاز (Maltase) يحلل الرابطة $\alpha (1 \rightarrow 4)$.
- إنزيم السكراز (Sucrase) يحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز.
- إنزيم اللاكتاز (Lactase) (ويسمى أيضاً بيتا جالاكتوسيداز) (β -Galactosidase) يحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز.

د/ محمد الربيع

390

تحلل السكريات الأحادية

- تتحلل السكريات الأحادية خلال مرورها في مسارات أيضية مختلفة، هي:
- مسار التحلل الجلايكولي (أو مسار إمبيدن-ميارد هوف) (Glycolysis).
- دورة حمض الستريك (أو دورة كربس أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل) (Citric acid cycle – Krebs cycle – Tricarboxylic acid cycle (TCA)).
- مسار فوسفات البننوز (Pentose Phosphate Pathway (PPP)).

د/ محمد الربيع

391

تحلل السكريات الأحادية

- تتحلل الكربوهيدرات لتعطي السكريات الأحادية المختلفة، مثل:
- جلوكوز – فركتوز (من هضم السكر) – جالاكتوز (من هضم اللاكتوز) – مانوز.
- أول خطوة في تحلل السكريات السداسية الأحادية هي تحويلها إلى مشتقات فوسفاتية للجلوكوز أو الفركتوز بواسطة إنزيمات هكسوكيناز (Hexokinase).

د/ محمد الربيع

392

المانوز

- يتحول المانوز إلى مانوز -6- فوسفات بواسطة إنزيم هكسوكيناز ثم إلى فركتوز -6- فوسفات بواسطة إنزيم فوسفومانوآيزوميراز.

د/ محمد الربيع

393

الجالاكتوز

- تتم فسفرة الجالاكتوز بواسطة إنزيم جالاكتوكيناز ليعطي جالاكتوز -1- فوسفات.
- ثم يتم تنشيطه بواصله برابطة غنية بالطاقة في المركب يوريدين ثنائي فوسفات (UDP-جالاكتوز) بواسطة إنزيم فوسفوجالاكتوز يوريديل ترانسفيراز.
- يتحول UDP-جالاكتوز إلى UDP-جلوكوز ثم يكمل التحول إلى جلوكوز -1- فوسفات.
- يتحول بعدئذ جلوكوز -1- فوسفات إلى جلوكوز -6- فوسفات والذي يدخل مسار التحلل الجلايكولي.

د/ محمد الربيع

394

الجالاكتوز

- وجد أن المرض الوراثي المعروف بإسم جالاكتوسيميا (Galactosemia) والذي يظهر في الأطفال، سببه نقص إنزيم فوسفوجالاكتوز يوريديل ترانسفيراز.
- ونتيجة لذلك يتراكم الجالاكتوز في الدم وتظهر أعراض التسمم بالحليب (لأن الجالاكتوز موجود مع الجلوكوز في سكر الحليب (اللاكتوز)).
- وفي هذه الحالة يكون من الضروري إستبدال سكر اللاكتوز في غذائهم بآخر.

د/ محمد الربيع

395

تذكر

- تتواجد الأحماض بصورة متأينة في ظروف الخلية.
- أي أن جميع الأحماض داخل الخلية (مثل حمض البايروفيك وحمض اللاكتيك وحمض الستريك) تتواجد على هيئة أملاح (RCOO^-) لا شكل أحماض (RCOOH).
- وبالتالي تسمى بايروفات و لاكتات و سترات، على التوالي.

د/ محمد الربيع

396

تحلل السكريات الأحادية

- يتأكسد كل جزئ جلوكوز يعطى 38 جزئ من الـATP.
- يحفز هذه العملية عدد كبير من الإنزيمات و هي عملية معقدة لا تحدث إلا عند الحاجة إلي طاقة.
- وتتوقف عندما لا يكون هناك حاجة إليها.
- تتم عمليات تأكسد (تحلل) الجلوكوز داخل الخلية على مرحلتين:
- المرحلة الأولى : الأكسدة اللاهوائية (وتتم في الستوبلازم) وتنتج عدد 8 جزيئات من الـATP.
- المرحلة الثانية: الأكسدة الهوائية (وتتم في الميتوكوندريا) وتنتج عدد 30 جزيئات من الـATP.

د/ محمد الربيع

397

المرحلة الأولى : الأكسدة اللاهوائية (التحلل الجلايكولي) (Glycolysis)

- يسمى أيضا بمسار إِمبدن-ماير هوف (Embden-Meyerhoff).
- تحدث في السيتوبلازم و لا تحتاج إلي أكسجين وتسمى عملية الإنحلال الجلايكولي وفيها ينكسر جزئ الجلوكوز لتكوين جزيئين من حمض البايروفيك (Pyruvic acid (PA) وثمانية جزيئات من الـATP.

د/ محمد الربيع

398

المرحلة الثانية: الأكسدة الهوائية

- يدخل البايروفات (PA) الناتجة من عملية إنحلال الجلوكوز إلى الميتوكوندريا وهناك تتأكسد إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء.
- هذه العملية تتطلب الأوكسجين وتسمى بدورة كريس (Krebs cycle) أو دورة حمض الستريك (Citric Acid cycle) أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل (Tricarboxylic acid cycle).
- وفي هذه العملية يتحرر الجزء الأكبر من الطاقة الحاصلة من إحتراق الجلوكوز.

د/ محمد الربيع

399

مسار التحلل الجلايكولي (Glycolysis)

- في مسار التحلل الجلايكولي، يتم تحويل جزئ واحد من الجلوكوز (مركب بست ذرات كربون) إلى فركتوز -1،6-فوسفات (مركب بست ذرات كربون أيضا) والذي يعطي في النهاية جزيئين من البايروفات (مركب بثلاث ذرات كربون).
- يقسم المسار إلى عشرة خطوات (أو عشرة إنزيمات).

د/ محمد الربيع

400

مسار التحلل الجلايكولي (Glycolysis)

- يمكن تقسيم هذا المسار إلى مرحلتين:
- الأولى، يتفسر الجلوكوز إنزيميا عند الكربون السادسة أولا ثم عند ذرة الكربون الأولى لينتج فركتوز -1،6- ثنائي فوسفات والذي ينشطر بعد ذلك إلى نصفين ليعطي جزيئين من مركب يتكون من ثلاث ذرات كربون وهو جليسرالدهيد -3- فوسفات.
- الثانية، هي تحويل جليسرالدهيد -3- فوسفات إلى بروفات وإنتاج جزيئين من الـ ATP (أي طاقة).

د/ محمد الربيع

401

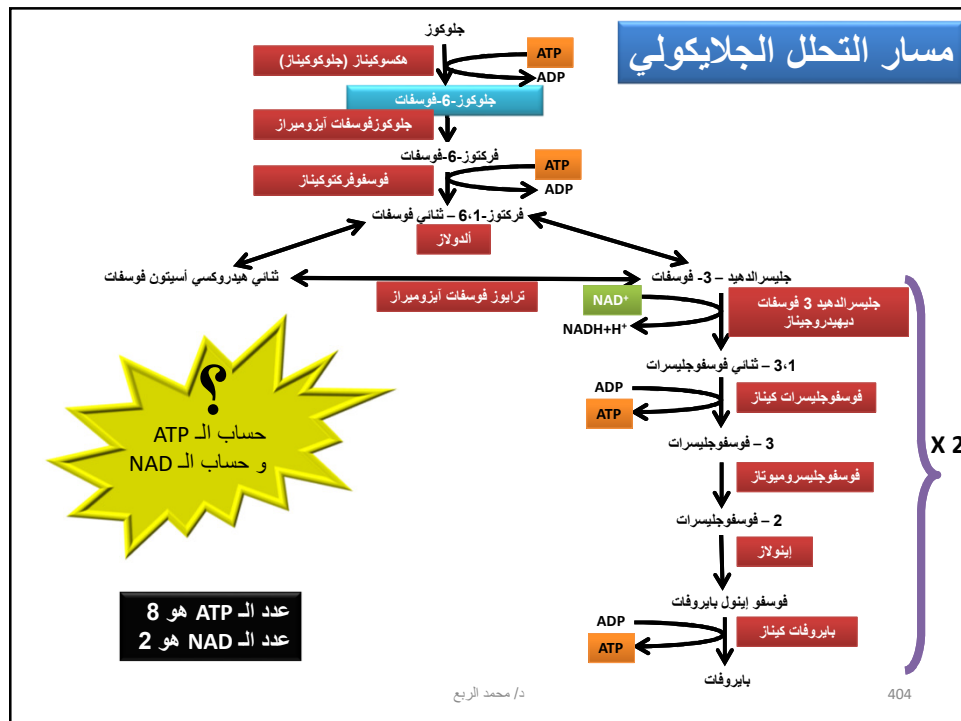


الطاقة الناتجة من أكسدة جزئ NADH

- ينتج عدد 3 جزيئات من الـ ATP لكل جزئ من الـ NADH.
- كما ينتج عدد 2 جزئ من الـ ATP لكل جزئ من الـ $FADH_2$.

د/ محمد الربيع

403



مصير البايروفات

- عندما يتكون البايروفات، فهناك أحد ثلاث مسارات مختلفة هي:
- في عمليات الأيض الهوائية (وجود أوكسجين)، تفقد البايروفات مجموعة كربوكسيل على شكل ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) وترتبط ذرتا الكربون الباقيتين بمرافق الإنزيم أ (CoA) كمجموعة أسيتيل لتكوين أسيتيل كو أ (Acetyl-CoA) والذي يدخل دورة حمض الستريك.

د/ محمد الربيع

405

مصير البايروفات

- وهناك مساران يمكن أن تسلكهما البايروفات في عمليات الأيض اللاهوائية (غياب الأوكسجين):
- في الكائنات القادرة على التخمر الكحولي، تفقد البايروفات ثاني أوكسيد الكربون لتنتج هذه المرة أسيتالدهيد الذي يختزل لينتج إيثانول.
- المسار الأكثر شيوعا هو إختزال البايروفات إلى لاكتات ويسمى بالتحلل الجلايكولي اللاهوائي (Anaerobic Glycolysis).

د/ محمد الربيع

406

التحلل الجلايكولي اللاهوائي Anaerobic Glycolysis

- ويعد التحلل الجلايكولي اللاهوائي (Anaerobic Glycolysis) هو المصدر الوحيد للطاقة لخلايا الدم الحمراء للثدييات وكذلك بعض أنواع البكتيريا مثل لاكتوبسيلس في اللبن الحامض وبكتيريا كلوستريديوم في المعلبات الغذائية الفاسدة.

د/ محمد الربيع

407

مسار التحلل الجلايكولي (Glycolysis)

- في كل عمليات تحول الجلوكوز إلى نواتج هي تفاعلات أكسدة تصاحبها تفاعلات إختزال حيث يتحول الـ NAD^+ إلى $NADH+H^+$.
- جميع إنزيمات التي تحفز انحلال الجلوكوز موجودة بشكل ذائب في ساييتوسول الخلايا أي الوسط المائي المستمر للسيتوبلازم.
- وعلى النقيض من ذلك، فإن الإنزيمات التي تحفز المرحلة التي تحتاج للأوكسجين من أكسدة البايروفات، فهي موجودة في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا في الخلايا حقيقية النواة، وفي غشاء البلازما للخلايا البدائية.

د/ محمد الربيع

408

مسار التحلل الجلايكولي (Glycolysis)

- مجموعة الفوسفات هي مجموعة متأينة بالكامل عند $\text{pH} = 7$ وبالتالي فالمركبات الوسطية المفسفرة في عملية الإنحلال الجلايكولي تحمل شحنة سالبة.
- وبما أن أغشية الخلايا غير نافذة للجزيئات التي تحمل شحنة كهربائية، فإن مركبات تحلل الجلوكوز الوسطية لا يمكنها أن تهرب من الخلية.
- يمكن للجلوكوز واللاكتات والبايروفات فقط أن تغادر الخلية، لأن أغشية الخلايا تحتوي أجهزة نقل خاصة تسمح بمرور جزيئات معينة.

د/ محمد الربيع

409

إنزيم الهكسوكيناز (Hexokinase)

- لاحظ أن إنزيم الهكسوكيناز (Hexokinase) يحتوي على المقطع كيناز والذي يستعمل للإنزيمات التي تعتمد على الـ ATP لنقل مجموعة فوسفات من الـ ATP إلى مادة التفاعل.
- بينما تقوم بعض الأيونات بتنشيطه مثل أيونات الماغنسيوم Mg^{+2} والمنجنيز Mn^{+2} .
- يعتبر هذا الإنزيم إنزيمًا منظمًا حيث أنه يحدد نسبة دخول الجلوكوز الحر في عملية التحلل الجلايكولي.
- في بعض الكائنات أو الأنسجة، يوجد إنزيم آخر أكثر تخصصًا له المقدرة على عملية فسفرة الجلوكوز ويسمى بالجلوكوكيناز (Glucokinase).
- يقوم الجلوكوكيناز في كبد الإنسان بتخفيض مستوى جلوكوز الدم بعد تناول الوجبة الغذائية.
- يختلف الجلوكوكيناز عن الهكسوكيناز في كونه يؤثر فقط على الجلوكوز وليس الهكسوزات الأخرى.

د/ محمد الربيع

410

NAD⁺الـ

- إن الـNADH المتكون في تفاعلات التحلل الجلايكولي، يجب أن تعاد أكسدته إلى NAD⁺ من جديد.
- مما يمكنه من المشاركة في هدم الكثير من جزيئات الجلوكوز إلى بايروفات.
- بما أن NAD⁺ يوجد فقط بتركيز محدود في الخلايا، فسرعان ما يتوقف انحلال الجلوكوز نتيجة لقلة NAD⁺ إلا إذا أعيدت أكسدة NADH.

د/ محمد الربيع

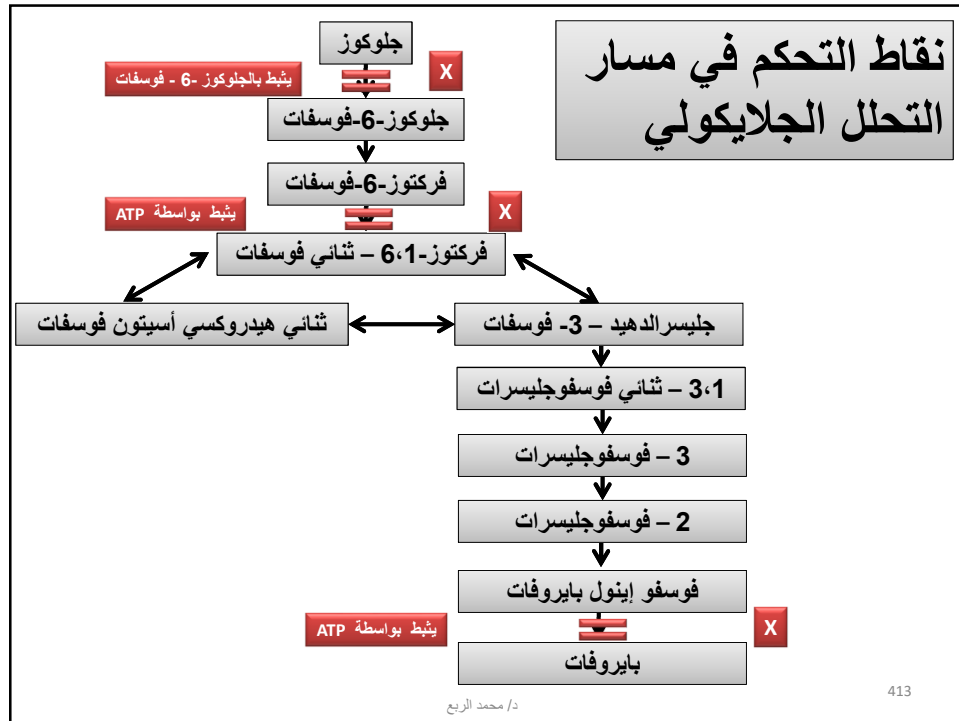
411

نقاط التحكم في مسار التحلل الجلايكولي (Glycolysis)

- يكون التحكم في مسار التحلل الجلايكولي قريب من بداية ونهاية المسار. وتوجد ثلاثة تفاعلات هي نقاط التحكم:
- تفاعل الجلوكوز لتكوين جلوكوز -6- فوسفات حيث يثبط جلوكوز -6- فوسفات عمل إنزيم الهكسوكيناز.
- تكوين فركتوز -1،6- ثنائي فوسفات المحفز بإنزيم فوسفوفركتوكيناز. ويثبط حين يكون تركيز الـATP مرتفع.
- تحويل فوسفواينول بايروفات إلى بايروفات والمحفز بإنزيم بايروفات كيناز. أيضا يثبط بالتركيز العالي للـATP.

د/ محمد الربيع

412



تذكر

- يحدث تثبيط لمسار التحلل الجلايكولي عند التركيز العالي من الـ NADH.

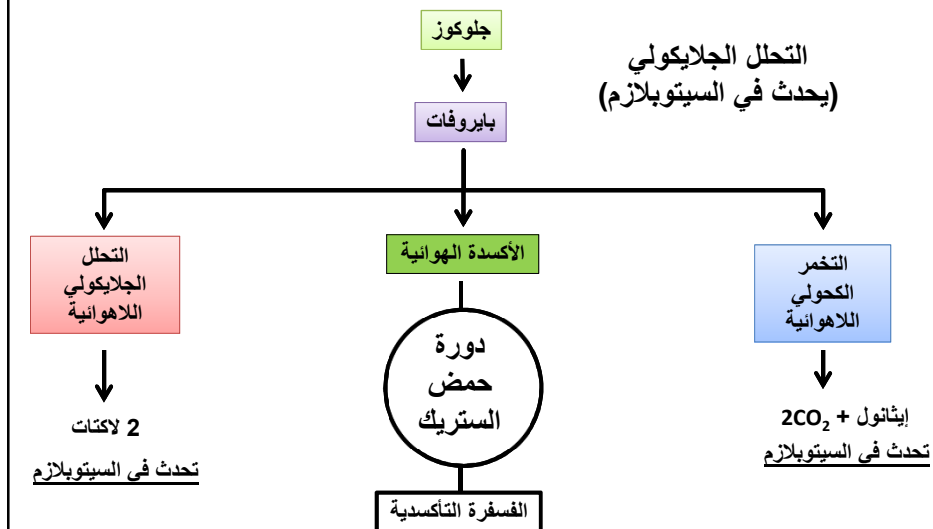
المرحلة الثانية: الأكسدة الهوائية

- تدخل البريوفات الناتجة من عملية إنحلال الجلوكوز إلى الميتوكوندريا وهناك تتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون والماء وهذه العملية تتطلب الأوكسجين وتسمى بدورة كريبس أو دورة حمض الستريك أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل وفي هذه العملية يتحرر الجزء الأكبر من الطاقة الحاصلة من إحتراق الجلوكوز.

د/ محمد الربيع

415

مصير البايروفات



تحدث في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا

د/ محمد الربيع

416

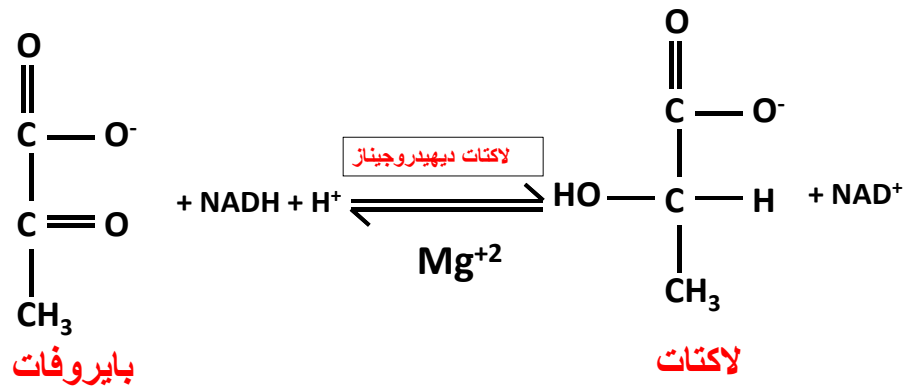
التفاعلات اللاهوائية للبيروفات (تحويل البيروفات إلى لاکتات في العضلات)

- في الظروف اللاهوائية كما في العضلات أو في بكتيريا حمض اللاكتيك، يتم إختزال البيروفات إلى لاکتات.
- وهو تفاعل منتج للطاقة.
- اللاكتات هي نهاية المسار ولكن يمكن إعادة تصنيع البيروفات وكذلك تصنيع الجلوكوز بمسار إعادة تصنيع الجلوكوز (Gluconeogenesis).
- يحفز هذا التفاعل إنزيم لاکتات ديهيدروجيناز (Lactate Dehydrogenase LDH).
- تلجأ الخلية إلى هذا التفاعل لإعادة إنتاج الـ NAD^+ من الـ NADH .
- لأنه بدون إعادة إنتاج الـ NAD^+ ، فإن تحلل الجلوكوز سيقف بسبب نقص الـ NAD^+ .

د/ محمد الربيع

417

التفاعلات اللاهوائية للبيروفات (تحويل البيروفات إلى لاکتات في العضلات)



د/ محمد الربيع

418

التخمير الكحولي (Alcoholic fermentation)

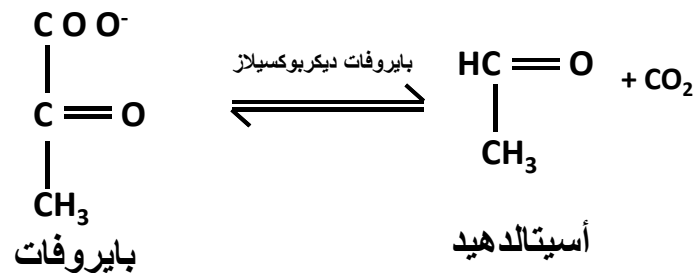
- تفاعلان آخران يرتبطان بالتحلل الجلايكولي ويقودان إلى إنتاج الكحول الإيثيلي في الخمائر بواسطة التخمير الكحولي.
- وهذه العملية هي مصير آخر للبايروفات.
- في التفاعل الأول، يفقد البايروفات مجموعة كربوكسيل وينتج ثاني أكسيد الكربون وأسيئالدهيد.
- ويحفز هذا التفاعل إنزيم بايروفات ديكربوكسيلاز (Pyruvate Decarboxylase).
- وثاني أكسيد الكربون الناتج هو المسئول عن الفقاعات في بعض أنواع العصائر.

د/ محمد الربيع

419

التخمير الكحولي (Alcoholic fermentation)

الخطوة الأولى



د/ محمد الربيع

420

التخمير الكحولي (Alcoholic fermentation)

- في الخطوة الأخيرة من التخمير الكحولي، يختزل الأسيتالدهيد إلى الكحول الإيثيلي مع أكسدة جزئ واحد من NADH لـ NAD^+ لكل جزئ إيثانول يتم إنتاجه.
- ويحفز هذه الخطوة إنزيم يسمى الكحول ديهيدروجيناز (Alcohol Dehydrogenase) وهو شبيه إلى حد ما بإنزيم لاكتات ديهيدروجيناز.
- وعليه يكون الإيثانول وثنائي أكسي الكربون هي النواتج النهائية للتخمير الكحولي.

د/ محمد الربيع

421

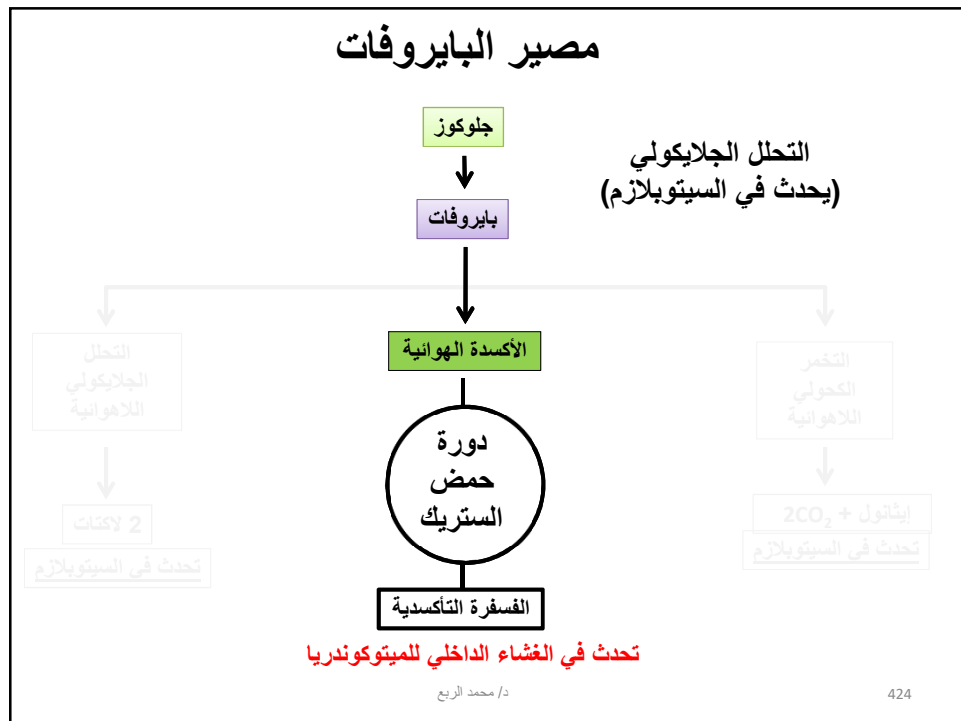
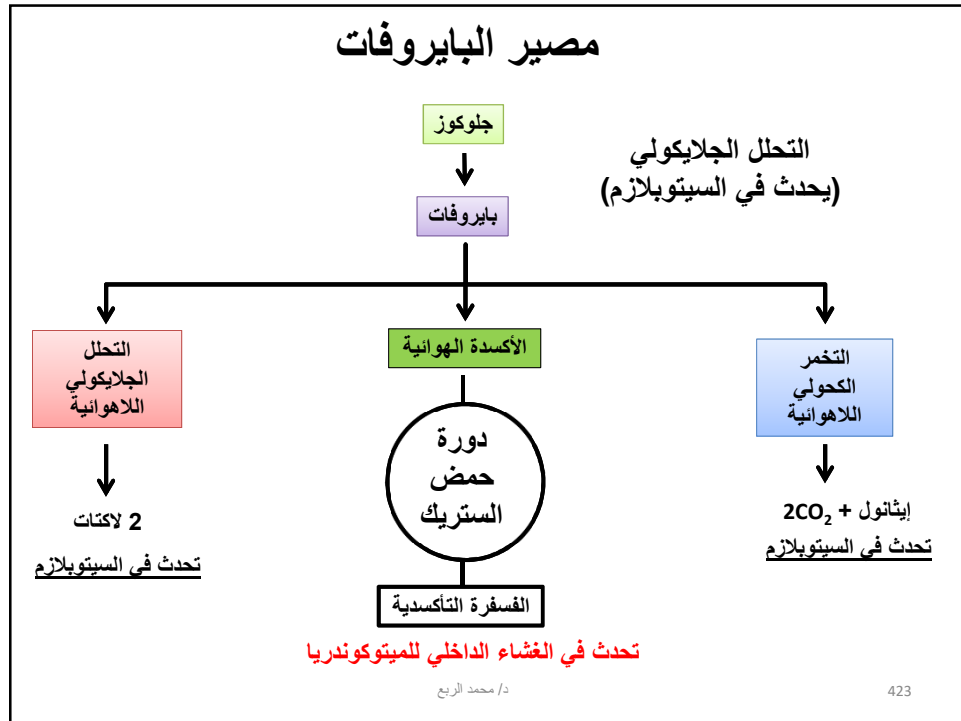
التخمير الكحولي (Alcoholic fermentation)

الخطوة الثانية



د/ محمد الربيع

422



دورة كربس

د / محمد الربيع

425

دورة حمض الستريك (Citric acid cycle)

- إن الاختلاف بين التحلل الجلايكولي ودورة حمض الستريك هو في مكان حدوث هذين المسارين.
- في حقيقيات النوى (Eukaryotes)، يحدث التحلل الجلايكولي في الساييتوسول (Cytosol)، ودورة حمض الستريك في الميتوكوندريا (Mitochondria).

د / محمد الربيع

426

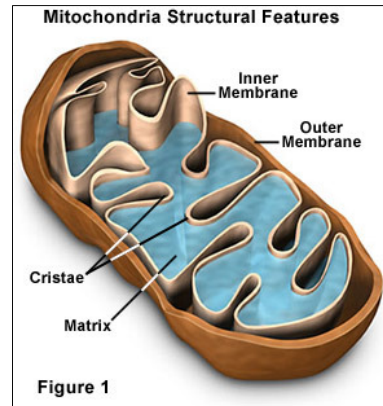
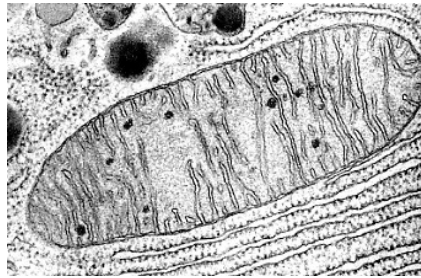
الميتوكوندريا (Mitochondria)

- للميتوكوندريا غشاء خارجي (Outer Membrane) وآخر داخلي (Inner Membrane) يفصل بينهما طبقة وسطية (Intermembrane Space) ويسمى داخل الميتوكوندريا بالحشو (Matrix).
- وينبج الغشاء الداخلي أكثر من مرة ليكون أخاديد (Cristae) والتي تزيد من مساحة السطح للغشاء الداخلي وبالتالي تزيد عدد إنزيمات دورة كريبس والسلسلة التنفسية أي أن الهدف النهائي هو زيادة في عدد الطاقة المنتجة (جزيئات الـ ATP).

د/ محمد الربيع

427

الميتوكوندريا (Mitochondria)



د/ محمد الربيع

428

الميتوكوندريا (Mitochondria)

- تحدث كل تفاعلات دورة حمض الستريك (وأیضا تفاعلات السلسلة التنفسية أو الفسفرة التأكسدية) بالحشو الداخلي للميتوكوندريا (Inner Matrix) فيما عدا الإنزيم الذي يحفز التفاعل الذي يستلزم الـFAD فهو جزء من الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.

د / محمد الربيع

429

دورة حمض الستريك (Citric acid cycle)

- تذكر أنها أيضا تسمى بدورة كربس أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل.
- تذكر أيضا أنها تحدث في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.
- تمثل دورة حمض الستريك غرفة المحركات داخل الميتوكوندريا (المصورات الحيوية).
- الوقود الحيوي (وخاصة الجلوكوز) المشتق من الكربوهيدرات، والأحماض الأمينية من البروتينات، والأحماض الدهنية من الدهون، يتم إدخالهم جميعا للدورة لأكسدها لإنتاج ثاني أكسيد الكربون وماء.

د / محمد الربيع

430

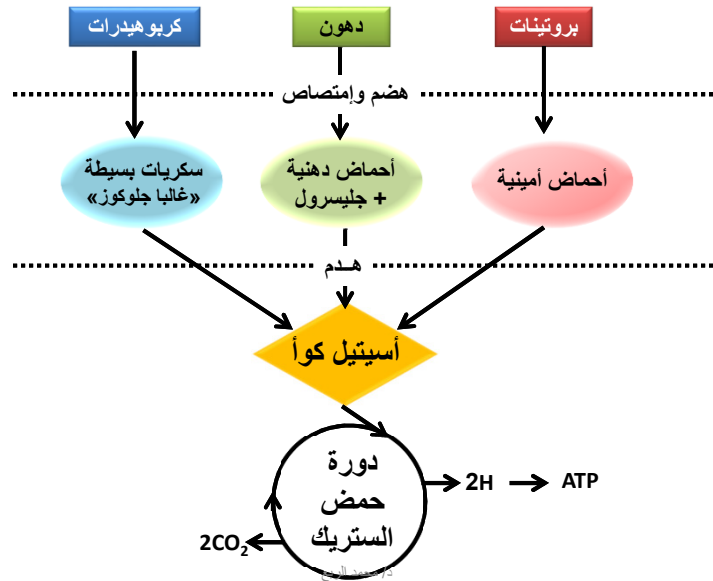
دورة حمض الستريك (Citric acid cycle)

- لا يقتصر دور دورة حمض الستريك على تجهيز الطاقة وإنما هي محور مسارات الأيض الحيوية والتي تربط تفاعلات الهدم والبناء للبروتينات والكربوهيدرات والدهون.

د/ محمد الربيع

431

مخطط لدور دورة حمض الستريك في الهدم



432

تحضير البايروفات لدورة كربس

د/ محمد الربيع

433

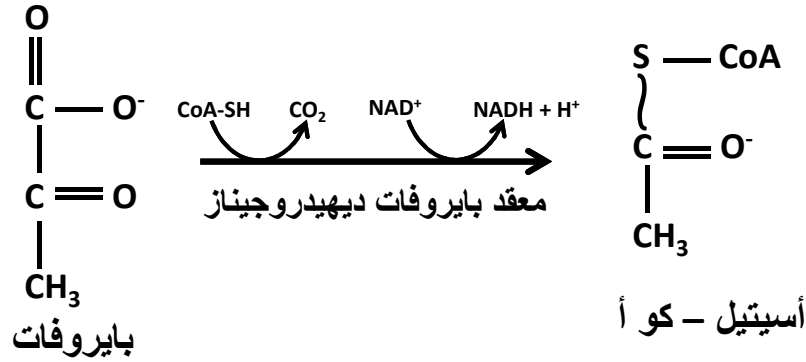
تحويل البايروفات إلى أسيتيل كو أ كمدخل لدورة كريبس

- يقوم إنزيم يسمى معقد بايروفات ديهيدروجيناز (Pyruvate Dehydrogenase) بتحويل البايروفات إلى ثاني أوكسيد الكربون وأسيتيل كو أ.

د/ محمد الربيع

434

الأكسدة الهوائية للبيروفات



د / محمد الربيع

435

دورة حمض الستريك (Citric acid cycle)

- طاقة هذه المواد يتم نقلها بواسطة نواقل الإلكترونات إلى المستقبل الأخير لها وهو الأوكسجين.
- كل أنواع الوقود الحيوي تدخل دورة حمض الستريك بهيئة أسيتيل كوا (Acetyl-CoA).
- في المرحلة الأولى لإستخلاص الطاقة من الكربوهيدرات، يتم تكسير الجلوكوز (مركب ست ذرات كربون) إلى جزيئين من البايروفات (مركب ثلاث ذرات كربون) في عشر خطوات لاهوائية من التحلل الجلايكولي.
- وتحت الظروف الهوائية، تتحول البايروفات إلى **مركب بذرتين كربون (أسيتيل كوا)** وهو مركب غني بالطاقة والذي يدخل دورة حمض الستريك.
- يدخل أسيتيل كوا إلى دورة كريبس لينتج ثاني أوكسيد كربون وتحرير ذرات الهيدروجين.
- المرحلة الأخيرة هي إنفصال ذرات الهيدروجين إلى بروتونات (H^+) وإلكترونات والتي تنتقل على طول السلسلة التنفسية (Respiratory Chain) إلى الأوكسجين الجزيئي الذي يختزلها ليكون الماء. في عملية تسمى بالفسفرة التأكسدية (Oxidative Phosphorylation).

د / محمد الربيع

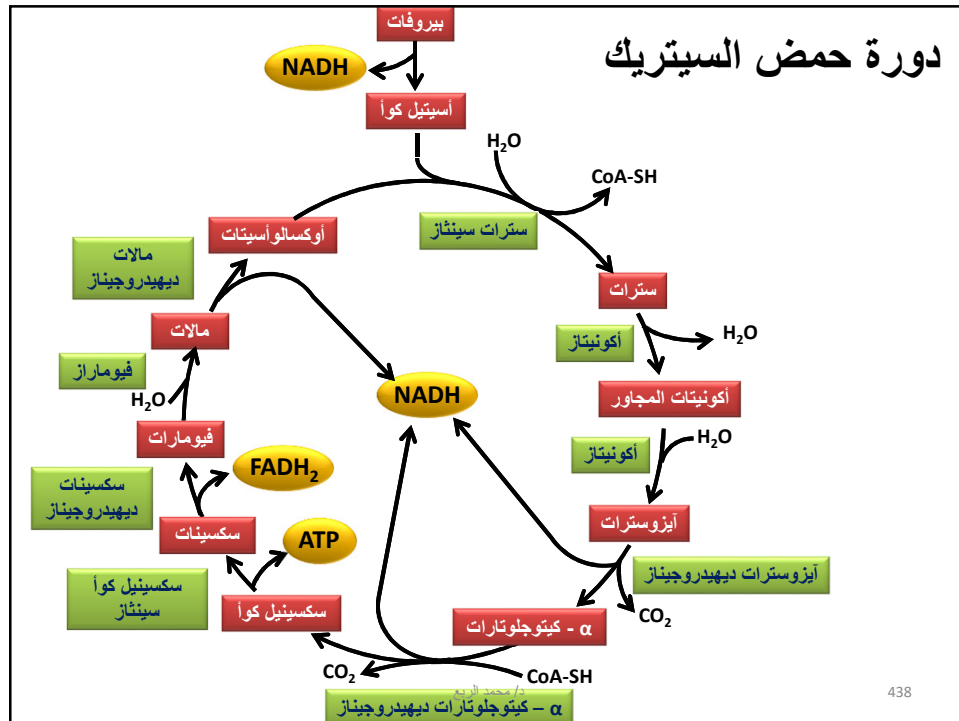
436

تفاعلات دورة حمض الستريك

- أول خطوة هي إتحاد مركب الأسيتيل كوا (Acetyl-CoA) (مركب ثنائي الكربون) مع الأوكسالوأسيتات (Oxaloacetate) (مركب رباعي الكربون لإنتاج مركب سداسي الكربون وهو حمض الستريك (Citric Acid)).
- يتواجد حمض الستريك متأينا في ظروف الخلية شأنه شأن جميع الأحماض داخل الخلية (مثل الباروفات واللاكتات) والتي تتواجد على هيئة أملاح (RCOO^-) لا شكل أحماض (RCOOH).
- في كل لفة من الدورة يتم إطلاق جزيئين من ثاني أكسيد الكربون ويعد تكوين الأوكسالوأسيتات وتمرار العوامل المختزلة إلى السلسلة \square ناقلة إلكترونات.
- وفي الخطوة النهائية تتدفق البروتونات خلال الغشاء الداخلي للميتوكوندريا لتكوين الـ ATP.

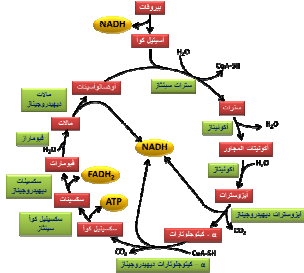
د/ محمد الربيع

437



438

حساب عدد الـ ATP والـ NADH



$$4 \text{ NADH} \times 3 \text{ ATP} = 12$$

$$1 \text{ FADH}_2 \times 2 \text{ ATP} = 2$$

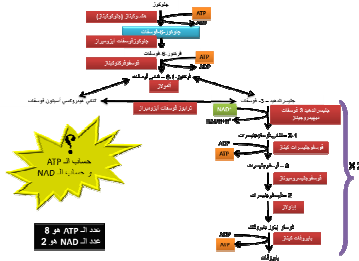
$$1 \text{ GTP (ATP)} = 1$$

المجموع 15 جزئ ATP (بدأ من البايروفات)

إحسب عدد الـ ATP بدأ من الأسيتيل كوأ ؟؟؟؟؟

إذا المجموع الكلي لتأكسد جزئ جلوكوز هو:

$$\begin{array}{r} 2 \times 15 = 30 \\ + \quad 8 \\ \hline 38 \end{array}$$



د/ محمد الربيع

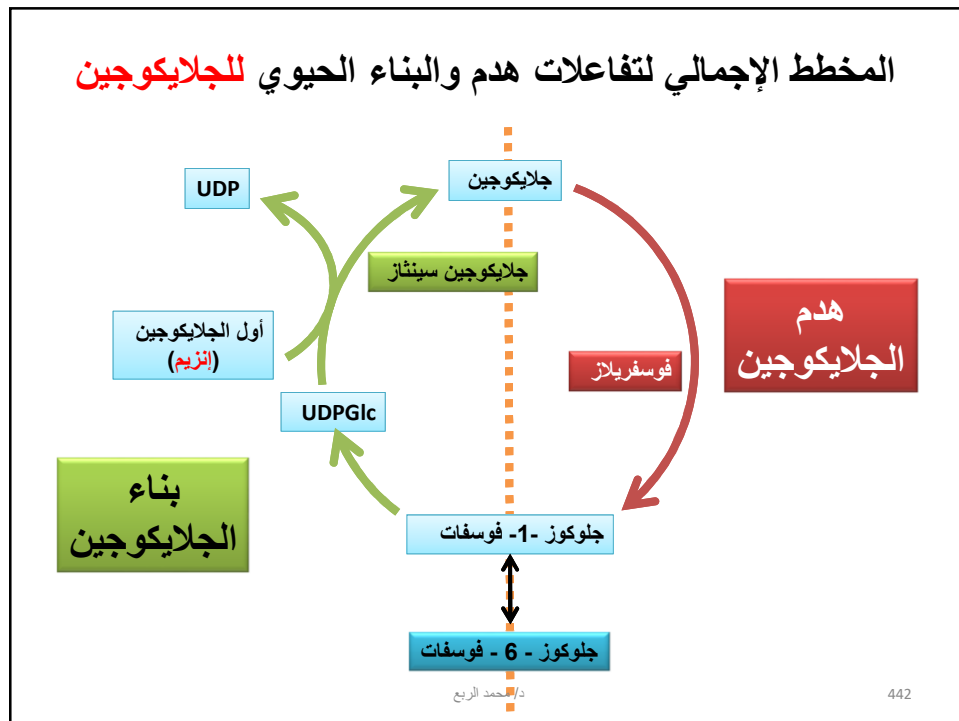
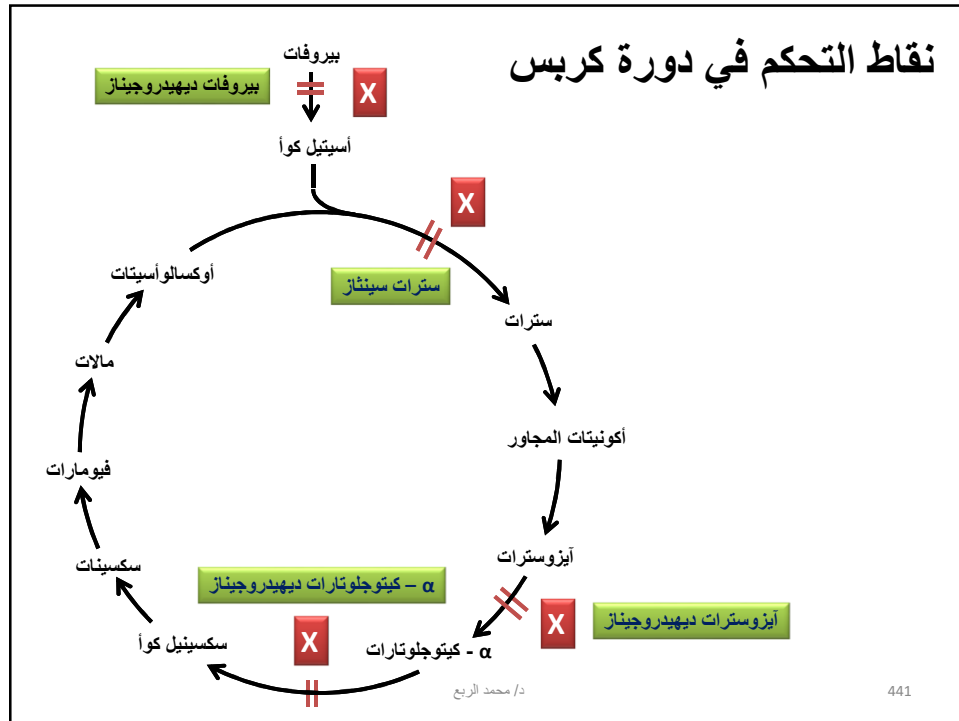
439

تنشيط دورة كريبس

- إن تفاعلات تحويل البايروفات إلى أسيتيل كوأ هي تفاعلات منتجة للطاقة.
- وبالتالي يتم تنشيط الإنزيمات المحفزة لسلسلة **هذه التفاعلات (وبالتالي لدورة كريبس) بالـ ATP والـ NADH**، حيث أنهما يكونان متوفران حين تكون الخلية لديها الطاقة اللازمة لكل عملياتها الحيوية.
- كما أن الزيادة في تركيز الأسيتيل كوأ (Acetyl-CoA) تؤدي إلى تنشيط دورة كريبس.
- أيضا يتم تنشيط بايروفات ديهيدروجيناز بواسطة الـ ADP، والذي يتوافر بكثرة داخل الخلية عندما تكون الخلية بحاجة للطاقة.

د/ محمد الربيع

440



مسار فوسفات البنتوز

د/ محمد الربيع

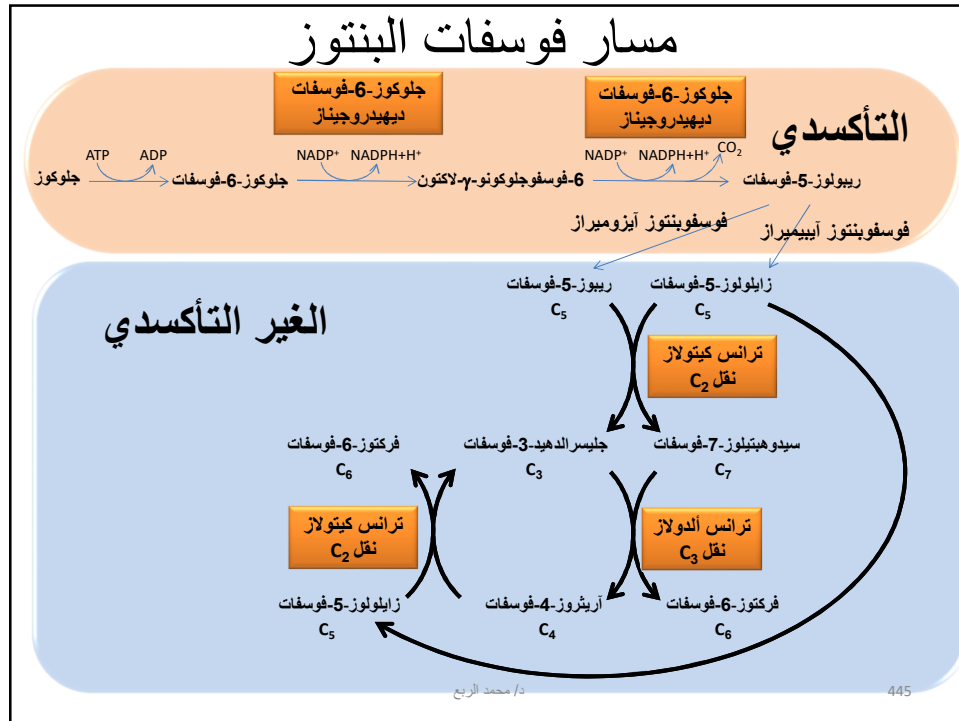
443

مسار فوسفات البنتوز

- تحدث في السيتوبلازم وينتج عنها:
 1. سكريات خماسية (بنتوزات) مثل رايبوز لإستخدامه في البناء الحيوي للأحماض النووية.
 2. إنتاج NADPH والذي يستخدم في عمليات البناء الحيوية.
- تفاعلات المسار نوعين: تأكسدية وغير تأكسدية.
- ينتج عنها عدد 35 جزئ ATP.

د/ محمد الربيع

444



إعادة إصطناع الجلوكوز

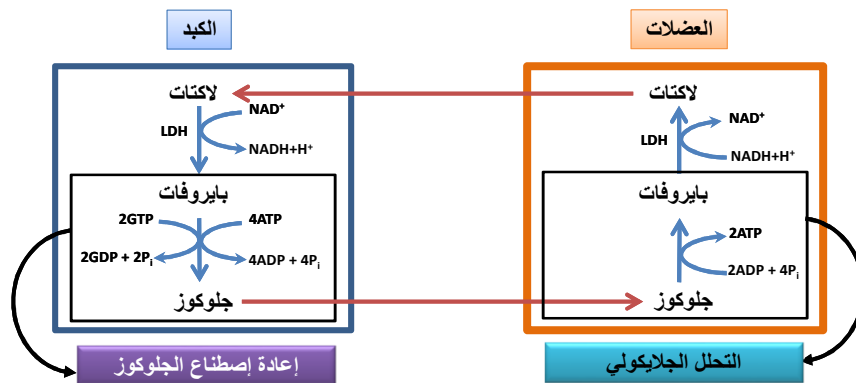
إعادة إصطناع الجلوكوز

- هي عملية تحويل البايروفات إلى جلوكوز.
 - ممكن أن يتم البناء الحيوي للجلوكوز من النواتج الوسيطة لدورة كربس أو من بعض الأحماض الأمينية (وتسمى بـ الأحماض الأمينية الجلوكوجينية)
 - إجمالاً هي عكس عمليات التحلل الجلايكولي ما عدا ثلاث خطوات.
1. تكوين الأوكسالوأسيتات. (أو تحويل البايروفات إلى فوسفوينول البايروفات على خطوتين)
 2. تكوين الفركتوز-6-فوسفات.
 3. تكوين الجلوكوز.

د / محمد الربيع

447

دورة كوري



د / محمد الربيع

448

بعض المصطلحات

العربي	الإنجليزي
التحلل الجلايكولي	Glycolysis
مسار إمبدن - ماير هوف	Embden-Meyerhoff
التخمير الكحولي	Alcoholic Fermentation
دورة حمض الستريك	Citric Acid Cycle
دورة كريس	Kreb's Cycle
هدم الجلايكوجين	Glycogenolysis
بناء الجلايكوجين	Glycogenesis
مسار فوسفات البنثوز	Pentose Phosphate Pathway
إعادة إصطناع الجلوكوز	Gluconeogenesis

د / محمد الربيع

449

الأكسدة الحيوية

د / محمد الربيع

450

تذكر أن

- الصورة المختزلة للـ NAD^+ هي $\text{NADH} + \text{H}^+$
- أي أن الشكل NAD^+ يمثل الصورة المؤكسدة

- الصورة المختزلة للـ FAD هي FADH_2
- أي أن الشكل FAD يمثل الصورة المؤكسدة

د/ محمد الربيع

451

أيضا تذكر أن

- ذرة الهيدروجين عبارة عن إلكترون واحد يدور حول نواة بها بروتون واحد.
- أي أن:



- وبالتالي في حالة $(\text{NADH} + \text{H}^+)$ أو (FADH_2) فيتم نزع الهيدروجين من الـ NAD^+ والـ FAD
- والخطوة التالية هي أن كل ذرة هيدروجين تتفكك إلى إلكترون وبروتون

د/ محمد الربيع

452

تعريف عن الأكسدة الحيوية

- تتم عملية الأكسدة الحيوية من خلال مجموعة من الإنزيمات والتي تشكل معقدا مغمورا في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.
- عملية الأكسدة الحيوية تشمل عمليتين:
 – عملية السلسلة التنفسية (أو سلسلة نقل الإلكترونات)، حيث يتم نقل الإلكترونات
 – عملية الفسفرة التأكسدية (حيث يتم إنتاج الطاقة في صورة الـ ATP).

د/ محمد الربيع

453

وخلال هذه العملية ينتج عدد من الـ ATP

- الصورة المختزلة للـ NAD^+ تعطي 3 جزيئات من الـ ATP
- بينما الصورة المختزلة للـ FAD تعطي 2 (جزيئين) من الـ ATP

د/ محمد الربيع

454

آلية الأكسدة الحيوية

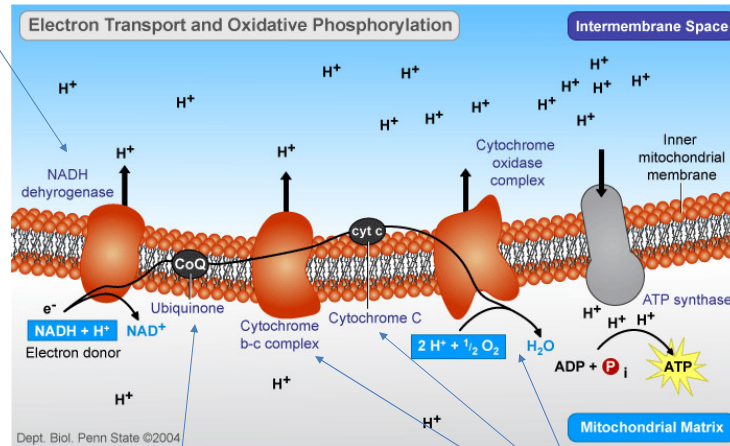
- يتم نقل الإلكترونات من خلال عدة تفاعلات أكسدة وإختزال على طول الجدار من معقد إلى آخر، حتى تصل الإلكترونات إلى الأوكسجين حيث تتحد معه ليكون الماء (وفي وجود البروتونات).
- وخلال إنتقال الإلكترونات، تنتج طاقة ناتجة من عملية الإنتقال هذه حيث يمكن إستعمالها بواسطة نفس المعقدات لضخ البروتونات من الجدار الداخلي إلى المسافة بين الغشائين في الميتوكوندريا.
- الخطوة التالية هي عودة البروتونات عكسيا إلى داخل الميتوكوندريا عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا حيث تنتج طاقة أخرى تستعمل لإنتاج الـ ATP من خلال إنزيم محدد.
- هذا الإنزيم يسمى بالـ ATP سينثاز والذي يتواجد مغمورا بالجدار الداخلي وهو الذي يربط الـ ADP بالفوسفات لتكوين الـ ATP

د/ محمد الربيع

455

الأكسدة الحيوية

إنزيم بيروفات ديهيدروجيناز
(دورة كريس)



المرافق الإنزيمي Q (كو)

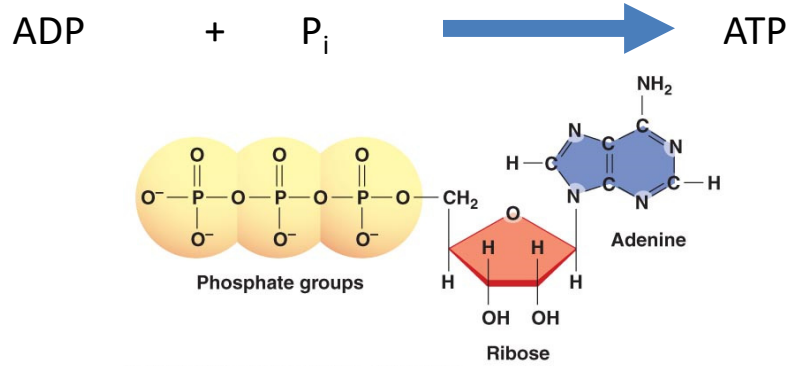
بروتين السايتركروم (Cytochrome)

د/ محمد الربيع

456

تكوين الـ ATP من خلال إنزيم الـ ATP سينثاز

- ليتكون جزء واحد من الـ ATP يتطلب التالي:



Copyright © 2008 Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

د/ محمد الربيع

457

Cellular Respiration (Electron Transport Chain)

<https://www.youtube.com/watch?v=xbJ0nbzt5Kw>

د/ محمد الربيع

458

أيض (هدم) الدهون

Lipid Metabolism (Catabolism)

د/ محمد الربيع

459

تذكر

- الأحماض الدهنية الطويلة السلسلة ترمز لها بالإسم أسيل (acyl).

$R - COOH$

- ما هي الأحماض المشبعة وما هي أسماء الغير مشبع؟
- المشبعة (البالميتيك والستياريك) والغير مشبع (أوليك و لينولييك و لينولينيك و أراكيدونيك).

د/ محمد الربيع

460

أهمية الدهون

- تعتبر أحد مصادر الطاقة المهمة في الجسم.
- مصدر للفيتامينات الذوابة في الدهون وكذلك الأحماض الدهنية الأساسية وغير المشبعة والتي تدخل في تكوين بعض الهرمونات الهامة.
- تساهم في بنية الأغشية الخلوية وكريات الدم والميتوكوندريا.
- تدخل في بناء الأوعية الدموية والعظام والنخاع الشوكي.
- لها وظيفة وقائية، فهي تعزل الجسم حراريا وتحميه من الصدمات.
- تتحرر عند أكسبتها كمية كبيرة من الطاقة تزيد على ضعف ما يعطيه الوزن نفسه من الكربوهيدرات.
- أنسجة الكبد تحطم قسما كبيرا من الدهون بينما أنسجة الدماغ لا تحطم أي شيء.

د/ محمد الربيع

461

تذكر

- مما تتكون الجليسيريدات؟
- من كحول يسمى جليسرول (وهو يعد من الدهون) ومرتبطة به ثلاثة أحماض دهنية.

د/ محمد الربيع

462

هضم وإمتصاص الجليسيريدات

- تعتبر الجليسيريدات الثلاثية (ثلاثي أسيل الجليسرولات) هي المكون الرئيسي لمعظم الزيوت والدهون الغذائية.
- عملية الهضم الرئيسية تحدث في الأمعاء الدقيقة حيث تتحلل بشكل رئيسي فيها لتعطي جليسرول وأحماض دهنية.
- لا يوجد تأثير هضمي على الدهون في الفم لعدم وجود الإنزيمات المحللة لها في اللعاب.
- بينما تتحلل جزئيا في المعدة لإحتوائها على كمية ضئيلة من إنزيم الليباز (Lipase).

د/ محمد الربيع

463

العصارة الصفراوية

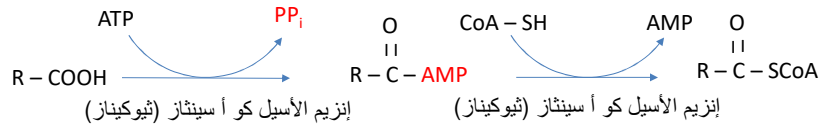
- تتكون العصارة الصفراوية من أحماض وأملاح.
- تعمل أملاح أحماض الصفراء على تحول الدهون إلى مستحلب دهني دقيق مما يسهل تأثير وعمل الإنزيمات الهاضمة.
- كذلك تعمل هذه الأملاح على خفض التوتر السطحي وتجعل إمتزاج الدهون مع الماء سهلا، مما يؤدي إلى تفكك الدهون إلى قطيرات صغيرة معلقة.

د/ محمد الربيع

464

هدم الدهون يبدأ بتنشيط الأحماض الدهنية

- قبل هدم أو أكسدة الدهون، لابد من تنشيط الأحماض الدهنية.
- يتم التنشيط عن طريق ربط الأحماض الدهنية بروابط غنية بالطاقة بتحويلها إلى ثيوإسترات (Thioesters) لمرافق الإنزيم أ (Co-enzyme A) وذلك بتفاعلها مع الـ ATP.
- هذه هي الخطوة الوحيدة في هدم الدهون التي تتطلب طاقة ويستهلك فيها جزيئين من الـ ATP.



د/ محمد الربيع

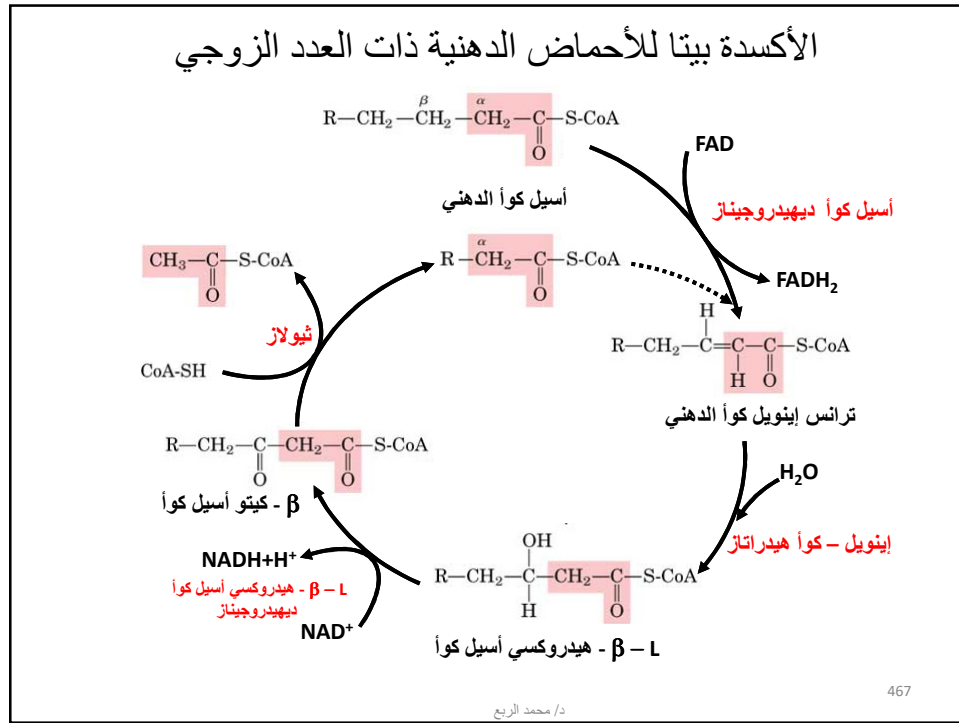
465

هدم الدهون

- تحدث خطوة التنشيط هذه في الجدار الخارجي للميتوكوندريا (أي مجازا تعتبر تحدث في السيتوبلازم).
- الأسيل كو أ الطويل السلسلة (أو الأحماض الدهنية الحرة) ليس بإمكانها اختراق الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.
- يمكنها العبور فقط بعد إرتباطها بمركب الكارنتين لتكوين أسيل كارنتين.
- تتم عمليات الأكسدة (أي هدم) الدهون (الأحماض الدهنية) بعد ذلك في داخل الميتوكوندريا.
- أكسدة الأحماض الدهنية ذات العدد الزوجي مختلف عن ذوات العدد الفردي.
- تسمى عملية هدم الدهون بالأكسدة بيتا (وهي تحدث في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا)

د/ محمد الربيع

466



467

حساب الطاقة

- أكسدة جزئ واحد من الحمض الدهني البالمتيك (C_{16}).
- يدخل سبع مرات أكسدة بيتا.
- ينتج 5 جزيئات ATP ($35 = 7 \times 5$).
- ينتج 8 جزيئات من أسيتيل كوا ($96 = 12 \times 8$).
- المجموع $131 = 96 + 35$.
- إستخدم جزيئين من الـ ATP في تنشيط الحمض الدهني.
- إذا المجموع النهائي هو $129 = 131 - 2$ من الـ ATP.

د/ محمد الرابع

468

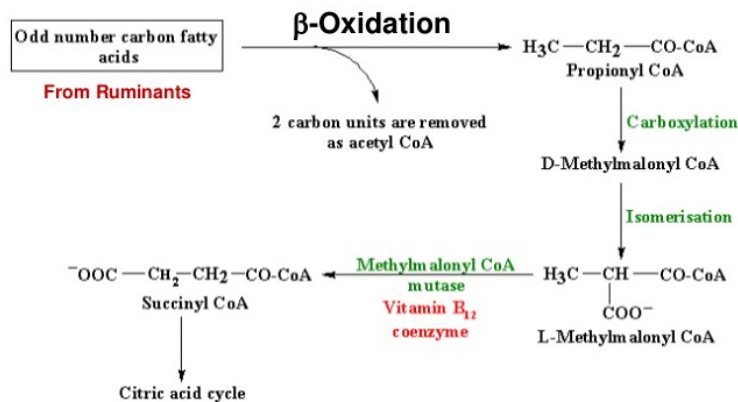
أكسدة الأحماض الدهنية ذوات العدد الفردي

- تتم تماماً مثل العدد الزوجي. أي من خلال نظام أكسدة بيتا.
- الاختلاف الوحيد هو أن آخر دورة من أكسدة بيتا تنتج حمض دهني ذو خمس ذرات كربون.
- وبالتالي يتكون جزئ أسيتيل كو أ (ذرتين كربون) وجزئ بروبيونيل كو أ (Propionyl CoA) وهو مكون من 3 ذرات كربون.
- يتأكسد بروبيونيل كو أ بطريقة مختلفة في الحيوانات عنها في النباتات.
- ففي الحيوانات يتحول بروبيونيل كو أ إلى سكسينيل كو أ (وهو أحد المركبات الوسيطة في دورة كريبس).
- وفي النباتات يتحول بروبيونيل كو أ إلى أسيتيل كو أ (أيضاً من ضمن مركبات دورة كريبس).

د/ محمد الربيع

469

أكسدة الأحماض الدهنية ذوات العدد الفردي



د/ محمد الربيع

470

الأجسام الكيتونية Ketone Bodies

د/ محمد الربيع

471

تكوين الأجسام الكيتونية في الحالة الطبيعية

- يقوم الكبد بتوزيع الفائض في الوقود إلى أنسجة الجسم على هيئة صور متعددة، منها الأجسام الكيتونية.
- وبالتالي فالأجسام الكيتونية هي ظاهرة طبيعية ولكن تركيزها يكون منخفض جدا في الحالات الطبيعية.
- الهدف من تكوين الأجسام الكيتونية هو تحويل الفائض من الأسيتل كوا (والناتج من أكسدة بيتا للأحماض الدهنية) وإرساله على هيئة أجسام كيتونية إلى الأنسجة الأخرى لغرض الأكسدة إلى H_2O و CO_2 .

د/ محمد الربيع

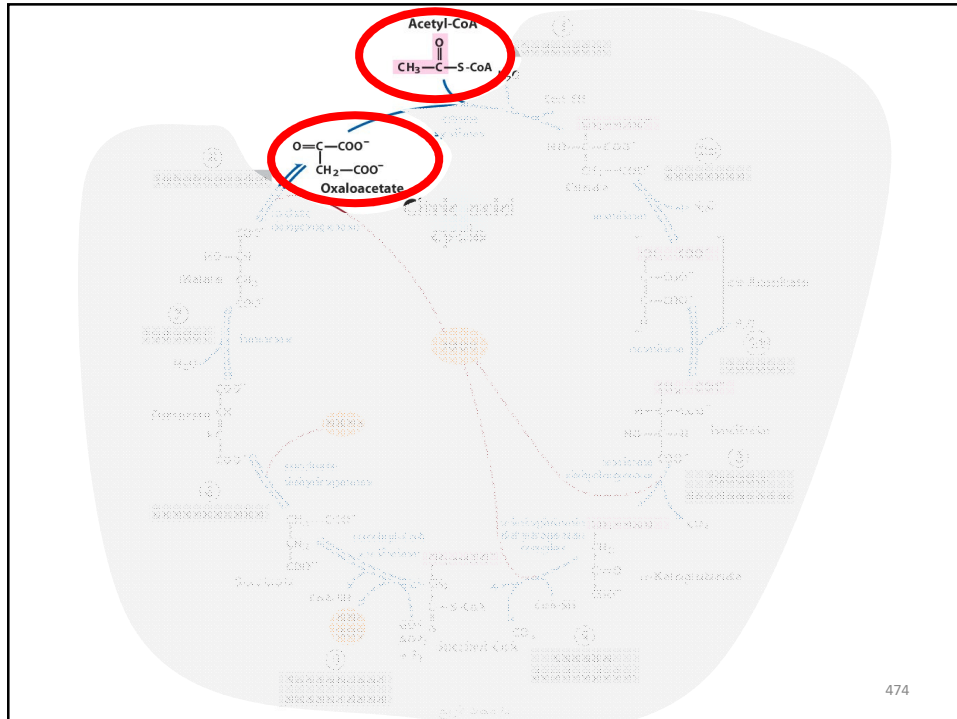
472

تكوين الأجسام الكيتونية في الحالة المرضية

- والزيادة في الأجسام الكيتونية أو عندما يكون هناك فائض من الأسيتيل كوا ، يؤدي إلى تحمض الدم (Keto-Acidosis) إلى درجة خطيرة قد تؤدي للوفاة.
- وتتضح هذه الظاهرة بشكل واضح في الكبد حيث تتم أكسدة الدهون بأسرع مما تتم فيه أكسدة أسيتيل كوا الناتج منها (من خلال دورة حمض الستريك).
- يحدث عدم التوازن هذا حين لا يتوفر كمية من الأوكسالوأسيتات (Oxaloacetate) للتفاعل مع الكميات الكبيرة من الأسيتيل كوا أ.

د/ محمد الربيع

473



474

مسببات الأجسام الكيتونية

- أي أنها تحدث حين يتناول الكائن كميات كبيرة من الدهون وكميات قليلة من الكربوهيدرات. (لاحظ أن الأوكسالوأسيتات تنتج من أيض الكربوهيدرات (التحلل الجلايكولي (Glycolysis)).
- قد توجد مسببات أخرى مثل المجاعة أو الصيام الطويل وداء السكري.
- في حالة المجاعة أو الصيام الطويل يكون السبب إنتاج كميات كبيرة من الأسيتيل كو أ نتيجة الهدم الكبير في الدهون من خلال أكسدة بيتا.
- في حالة داء السكري، يكون السبب في عدم التوازن ليس نتيجة عدم تناول كميات كافية من الكربوهيدرات ولكن السبب هو عدم القدرة على إستقلابها (أي دخول الجلوكوز للخلايا ومن ثم التحلل الجلايكولي).

د/ محمد الربيع

475

أنواع الأجسام الكيتونية

- تشمل الأجسام الكيتونية:

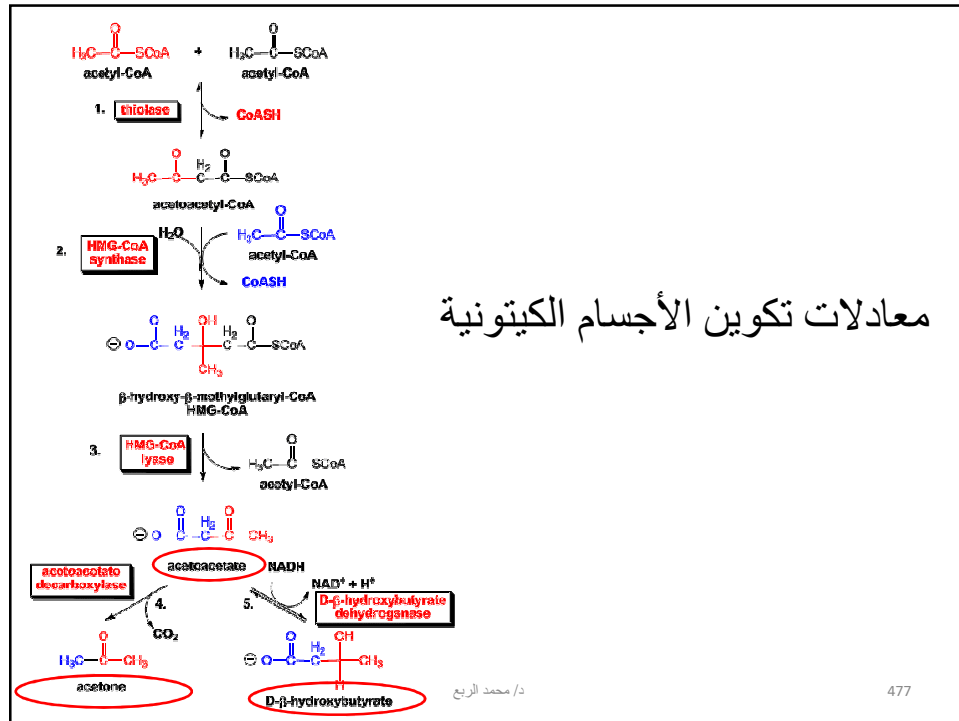
□ حمض أسيتوأسيتيك (Acetoacetic)

□ حمض بيتا هيدروكسي بيوتيريك (β -hydroxybutyric)

□ الأسيتون (Acetone)

د/ محمد الربيع

476



إفراز الأجسام الكيتونية

- الزيادة في الأسيتوأسيتات والأسيتون هي حالة مرضية تعرف بالكيتوسز (Ketosis).
- تطرح الأجسام الكيتونية عن طريق البول.
- لكن يتم طرح جزء منها أيضا عن طريق زفير مريض السكري، وذلك حين لا تكون المعاملة للمرض مناسبة.

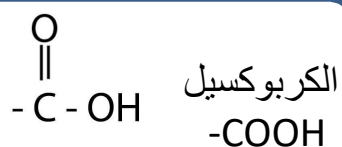
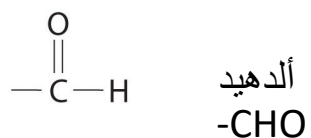
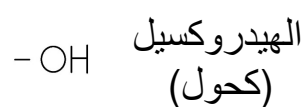
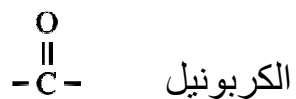
أيض الأحماض الأمينية

أو
أيض المركبات النيتروجينية

د/ محمد الربيع

479

بعض المجموعات الوظيفية في الكيمياء العضوية



د/ محمد الربيع

480

الحمض ومجموعة الأمين

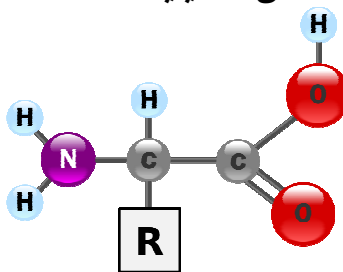
- الحمض هو الذي يأخذ الشكل التالي:
 – في الكيمياء العضوية (أو الكيمياء الحيوية) فهو ينتهي بالمقطع :
 (COOH) حيث يمكن فقد ذرة الهيدروجين (مثل حمض البالميتيك
 $(CH_3)_{15} - COOH$).
- في الكيمياء الغير عضوية فهو أي مركب يحتوي على ذرة هيدروجين،
 أي يأخذ الشكل العام XH (مثل حمض الكبريتيك H_2SO_4).
- النيتروجين (N) يتواجد في صورة مجموعة أمين (NH_3) .

د/ محمد الربيع

481

تذكر

- الشكل العام للأحماض الأمينية.



- ما هي أسماء الأحماض الأمينية وتصنيفها.

د/ محمد الربيع

482

التفاعلات العامة للأحماض الأمينية

1. نقل مجموعة الأمين (Transamination).
2. النزع التأكسدي لمجموعة الأمين (Oxidative Deamination).
3. النزع غير التأكسدي لمجموعة الأمين (Nonoxidative Deamination).
4. نزع مجموعة الكربوكسيل من الحمض الأميني (Decarboxylation).

د/ محمد الربيع

483

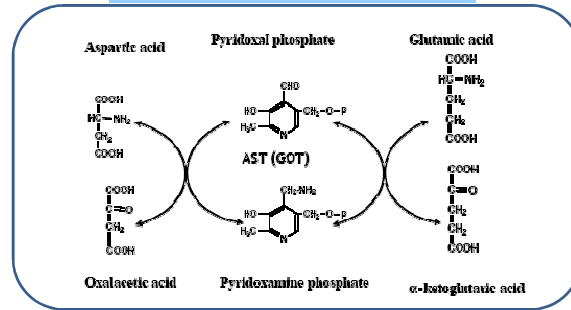
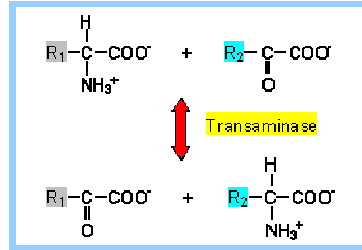
نقل مجموعة الأمين (Transamination)

- يعني ذلك نقل مجموعة الأمين من حمض أميني إلى هيكل كربوني لحمض أميني آخر.
- يكون الهيكل الكربوني الثاني حمضا كيتونيا.
- يحفز هذا التفاعل إنزيم الناقل لمجموعة الأمين (Transaminase) في وجود المرافق الإنزيمي بيريدوكسال-5-فوسفات.

د/ محمد الربيع

484

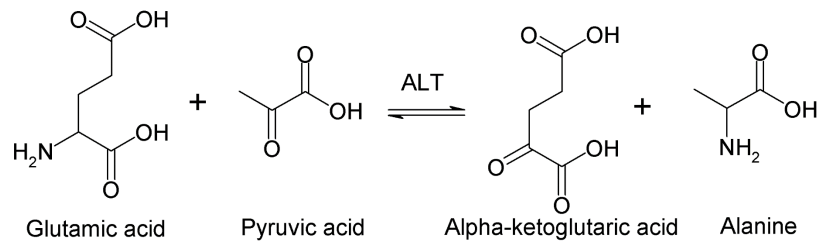
نقل مجموعة الأمين (Transamination)



د/ محمد الرابع

485

نقل مجموعة الأمين (Transamination)



د/ محمد الرابع

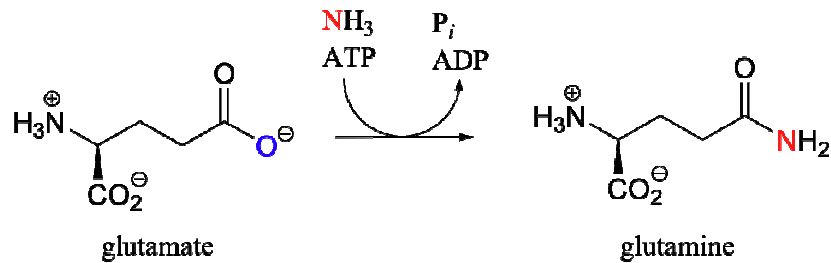
486

- جميع التفاعلات عكسية تفيد الخلية في تصنيع الأحماض الأمينية التي يتوفر هيكلها الكربوني من مصادر غير بروتينية.
- يحتل حمضا الجلوتاميك والأسبارتيك موقعا مركزيا في أيض الأحماض الأمينية.
- حيث يلعبان دورا فعالا في نزع مجموعة الأمين ونقلها.
- حيث أنهما حمضان ثنائيا الكربوكسيل وبالتالي يمكن أن يتحدا بسهولة مع الأمونيا عند مجموعة الكربوكسيل الطرفية الثانية فيتشكل منهما حمضان أمينيان هما الجلوتامين والأسباراجين.

د/ محمد الربيع

487

التفاعل العكسي بين الجلوتاميك والجلوتامين



د/ محمد الربيع

488

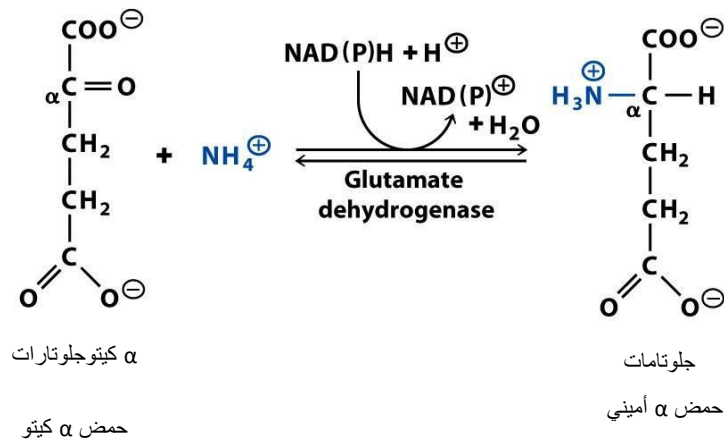
النزع التأكسدي لمجموعة الأمين (Oxidative Deamination)

- هي من أكثر التفاعلات إنتشارا في الأنسجة.
- تتم عن طريق إنزيم جلوتاميك ديهيدروجيناز (Glutamic Dehydrogenase) والذي يتواجد في الميتوكوندريا فقط.
- وهو الإنزيم المسؤول عن تكوين معظم الأمونيا في الأنسجة الحيوانية.
- يتطلب وجود المرافق الإنزيمي NAD^+ أو NADP^+ فينتج حمض ألفا-كيتو جلوتاريك وأمونيا والمرافق المختزل.

د/ محمد الربيع

489

النزع التأكسدي لمجموعة الأمين (Oxidative Deamination)

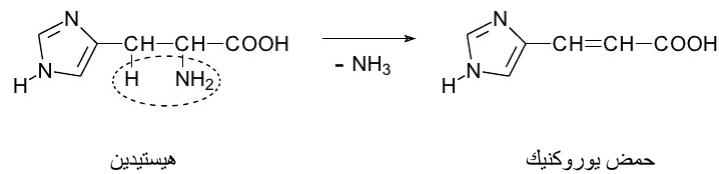


د/ محمد الربيع

490

النزع غير التأكسدي لمجموعة الأمين (Nonoxidative Deamination)

- يشمل نزع مجموعة الأمين من الحمض الأميني بأكثر من طريقة بواسطة إنزيمات من نوع α -دي أميناز.
- حيث ينتج عنها الأمونيا والأحماض غير المشبعة المناظرة.

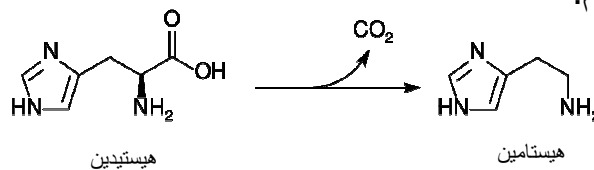


د/ محمد الربيع

491

نزع مجموعة الكربوكسيل من الحمض الأميني (Decarboxylation)

- تؤدي تفاعلات نزع المجموعة الكربوكسيلية إلى تكوين الأمينات الأولية المناظرة.
- وتقوم بها إنزيمات نازعة لمجموعة الكربوكسيل (دي كربوكسيلاز) (Decarboxylase).
- تتكون أمينات ذات تأثيرات حيوية هامة.
- فمثلا تكوين الهستامين والذي له دور في تنبيه الإفراز المعدي ورفع ضغط الدم.



د/ محمد الربيع

492

- مثال آخر، تكوين مركب جاما-أمينوبوتاريك (γ -aminobutyric acid) من الحمض الأميني الجلوتاميك. ويلعب مركب جاما-أمينوبوتاريك دورا في نقل الإشارات العصبية.

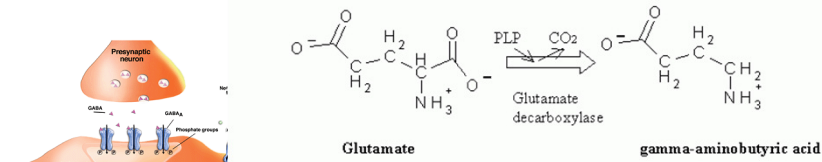
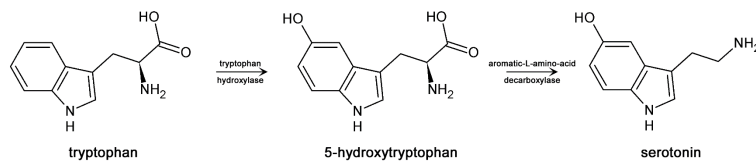


Figure 2 Synthesis of GABA

د/ محمد الرابع

493

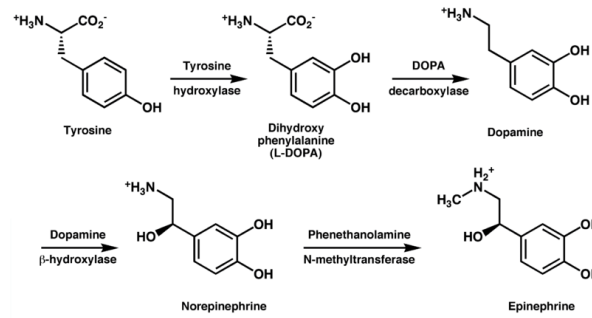
- أيضا تكوين السيروتونين (والذي لعب دورا هاما في نشوء الإحساس بالألم أثناء حدوث الإلتهاب) من التريبتوفان



د/ محمد الرابع

494

- أيضا تكوين مركب الدوبامين (Dopamine) من الحمض الأميني تايروزين. حيث تلعب الدوبامين دورا في صبغة الميلانين والذي يؤدي نقصها إلى مرض باركنسون.



د/ محمد الربيع

495

مصير الهيكل الكربوني للأحماض الأمينية

- بينت الأبحاث أن الأحماض الأمينية العشرين تتحلل إلى سبعة مركبات أيضية مختلفة.
- هي: البيروفات وأسيتيل كو أ وأسيتوأسيتيل كو أ و ألفا- كيتوجلوتاريك وسكسينيل كو أ وفيومارات وأوكسالوأسيتات.
- وعلى ذلك تم تقسيم الأحماض الأمينية إلى مجموعتين حسب مسارها الأيضي:
- الأحماض الأمينية الجلوكوجينية Glucogenic amino acids
- الأحماض الأمينية الكيتوجينية Ketogenic amino acids

د/ محمد الربيع

496

الأحماض الأمينية الجلوكوجينية

Glucogenic amino acids

- الأحماض الأمينية التي تتحلل إلى بايروفات أو ألفا-كيتوجلوتاريك أو سكسينيل كو أ أو فيومارات أو أوكسالوأسيتات تسمى بالأحماض الأمينية الجلوكوجينية، لأنها يمكن أن تتحول إلى جلوكوز.
- حيث أن البروفات والمركبات الوسطية في دورة حمض الستريك يمكن أن تتحول إلى فوسفواينول البايروفات ثم إلى جلوكوز (إعادة إصطناع الجلوكوز).

د/ محمد الربيع

497

- وتضم هذه المجموعة ثمانية عشرة حمضا (18).
- من أمثلتها حمض ألانين حيث أن نقل مجموعته الأمينية يؤدي إلى تحويله إلى بيروفات.
- وحمض الأسبارتك الذي يؤدي نقل مجموعته الأمينية إلى تكوين أوكسالوأسيتات.
- وحمض الجلوتاميك الذي يؤدي نقل مجموعته الأمينية إلى تحويله إلى ألفا-كيتوجلوتارات.

د/ محمد الربيع

498

الأحماض الأمينية الجلوكوجينية

الأنين	أيزوليوسين
أرجينين	ميثايونين
أسبارتيك	فينيل آلانين
سيسيتاين	برولين
جلوتاميك	سيرين
جلوتامين	ثريونين
جلايسين	تريبتوفان
هيسيتدين	تايروزين
	فالين

د/ محمد الربيع

499

الأحماض الأمينية الكيتوجينية

- هي الأحماض الأمينية التي تؤدي إلى تكوين الأجسام الكيتونية.
- أي تتحلل إلى أسيتيل كو أ وأسييتوأسيتيل كو أ وأسييتون.
- ولا تؤدي إلى تكوين الجلوكوز لأن الثدييات تفتقد إلى مسار تكوين الجلوكوز من أسيتيل كو أ وأسييتوأسيتيل كو أ.
- تضم سبعة أحماض أمينية ويعتبر حمضا الليوسين واللايسين من أبرز أمثلتها.

د/ محمد الربيع

500

الأحماض الأمينية الكيتوجينية

1	أيزوليوسين
2	ليوسين
3	لايسين
4	فينيل ألانين
5	ثريونين
6	تريبتوفان
7	تايروزين

د/ محمد الربع

501

هناك أحماض أمينية مشتركة

- توجد خمسة أحماض أمينية تكون جلوكوجينية و كيتوجينية معاً، وهي:
- 1. أيزوليوسين
- 2. فينيل ألانين
- 3. ثريونين
- 4. تريبتوفان
- 5. تايروزين

د/ محمد الربع

502

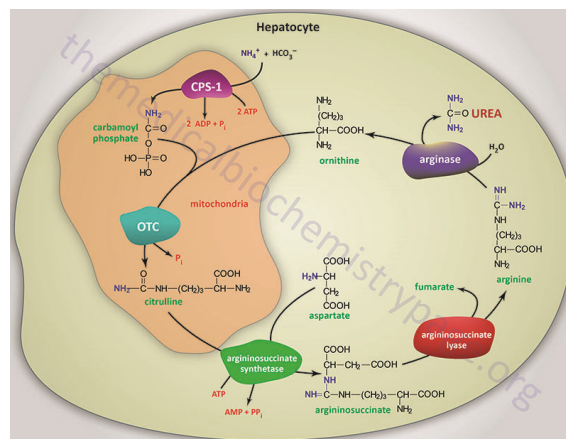
الأحماض الأمينية الجلوكوجينية والكيروجينية

الاحماض الامينية	جلوكوجينية	كيروجينية
الالانين	✓	×
ارجينين	✓	×
اسبارتاتيك	✓	×
سيميثاين	✓	×
جلوتاميك	✓	×
جلوتامين	✓	×
جلاتامين	✓	×
هيسثيدين	✓	×
ايزوليوسين	✓	✓
ليوسين	×	✓
لايسين	×	✓
ميثاينين	✓	×
فينيل آلانين	✓	✓
برولين	✓	×
سيرين	✓	×
ثريونين	✓	✓
تريبتوفان	✓	✓
تايروزين	✓	✓
فالين	✓	×

د/ محمد الربيع

503

دورة اليوريا



د/ محمد الربيع

504

دورة اليوريا

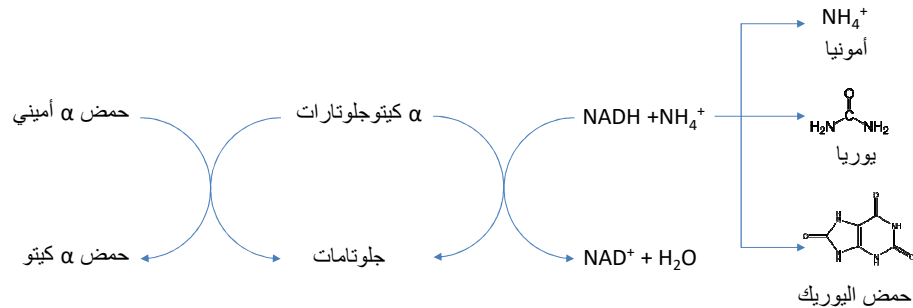
- هي المسار المركزي لأيض النيتروجين، فهي تشكل عامل مشترك في عمليتي هدم وبناء الأحماض الأمينية.
- يدخل النيتروجين دورة اليوريا كأمونيا في صورة أيون أمونيوم.

د / محمد الربيع

505

إستخلاص الأمونيا من الخلايا

- يتم من خلال تفاعلات نقل مجموعة الأمين (Transamination) من المركبات الأيضية المختلفة وذلك بتحويل حمض أميني إلى آخر كيتوني.



د / محمد الربيع

506

دورة اليوريا

- تعتبر الأمونيا الحرة سامة لمعظم الأنسجة الحية وخاصة النسيج العصبي ولذلك فيتم طرحها على هيئة:
- 1. أمونيا تسمى هذه الكائنات أمونية (الكائنات الحية المائية) Ammonotelic.
- 2. حمض اليوريك وتسمى باليوريكية (الطيور والزواحف) Uric acid.
- 3. اليوريا وتسمى باليورية (الثدييات) Ureotelic.

د / محمد الربيع

507

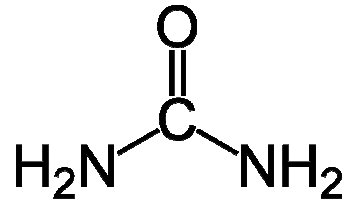
- الأمونيا المتكونة عن تفاعلات نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية، تحدث تقريبا في معظم الأنسجة
- بينما تتحول الأمونيا إلى يوريا في خلايا الكبد والكلىتين.
- في معظم الحيوانات، يتم نقل الأمونيا على هيئة الحمض الأميني الجلوتامين.

د / محمد الربيع

508

مصادر النيتروجين في دورة اليوريا

- تقوم الخلايا في الإنسان بإستخلاص مجموعات النيتروجين من مصادر مختلفة.
- فمثلا مجموعة النيتروجين الأولى في مركب اليوريا هي قادمة من حمض الجلوتامين (والذي بدوره يحمل الأمونيا من الخلايا).
- بينما المجموعة الثانية لليوريا تكون مستخلصة من الحمض الأميني أسبارتك.



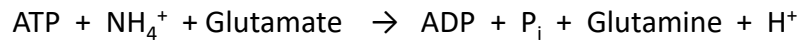
مركب اليوريا

د/ محمد الربع

509

دورة اليوريا

- يتم تكوين الجلوتامين بتفاعل الأمونيا مع حمض الجلوتاميك.
- يحفز هذا التفاعل إنزيم جلوتامين سينثاز (Glutamine Synthase) في وجود الـATP وأيونات الماغنسيوم:



د/ محمد الربع

510

دورة اليوريا

- يصل الجلوتامين وهو مركب غير سام عن طريق الدم إلى الكبد والكليتين حيث يقوم إنزيم جلوتاميناز (Glutaminase) بتحليل الجلوتامين مائياً إلى أمونيا وجلوتاميك.



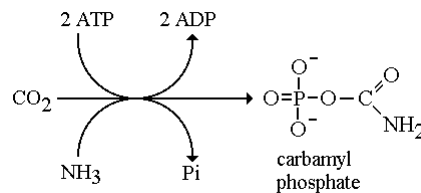
- وحيث أن الجلوتامين هو الناقل الأساسي للأمونيا في الدم، فتركيزه في الدم غالباً أكثر من تركيز الأحماض الأمينية الأخرى

د/ محمد الربيع

511

دورة اليوريا

- تبدأ دورة اليوريا - في الميتوكوندريا - بتفاعل تكاثف بين أيون الأمونيوم وثاني أكسيد الكربون لإنتاج مركب فوسفات الكربامويل (Carbamoyl Phosphate) في وجود إنزيم **Carbamoyl phosphate synthase**.
- يحتاج هذا التفاعل إلى جزيئي ATP لكل جزيء فوسفات كربامويل

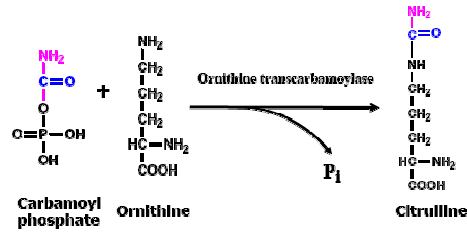


د/ محمد الربيع

512

دورة اليوريا

- تتفاعل فوسفات الكربامويل مع الأورنيثين (Ornithine) لتكوين السترولين (Citrulline).
- ينتقل السترولين من الميتوكوندريا إلى السيتوسول (ستوبلازم).

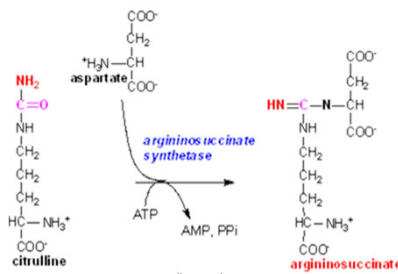


د / محمد الربيع

513

دورة اليوريا

- يدخل النيتروجين الثاني دورة اليوريا عندما يتفاعل السترولين مع الحمض الأميني أسبارتك لتكوين أرجينينوسكسينات (Argininosuccinate)، حيث تكون مجموعة الأمين للأسبارتك هي المصدر الثاني للنيتروجين في اليوريا.

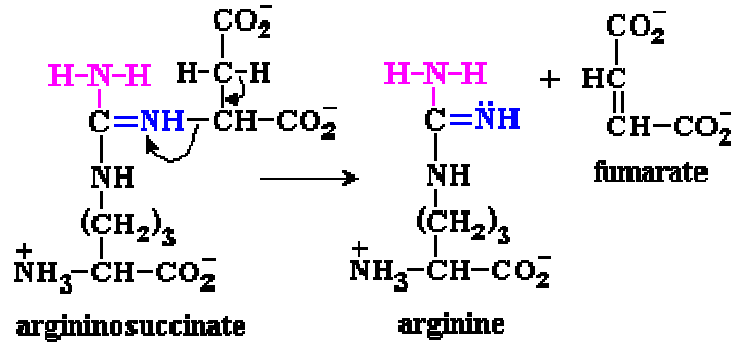


د / محمد الربيع

514

دورة اليوريا

- ينشطر الأرجينينوسكسينات ليعطي أرجينين وفيومارات

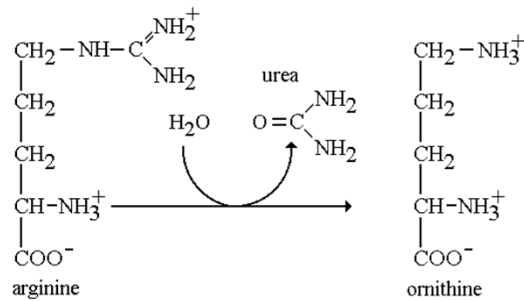


د / محمد الربيع

515

دورة اليوريا

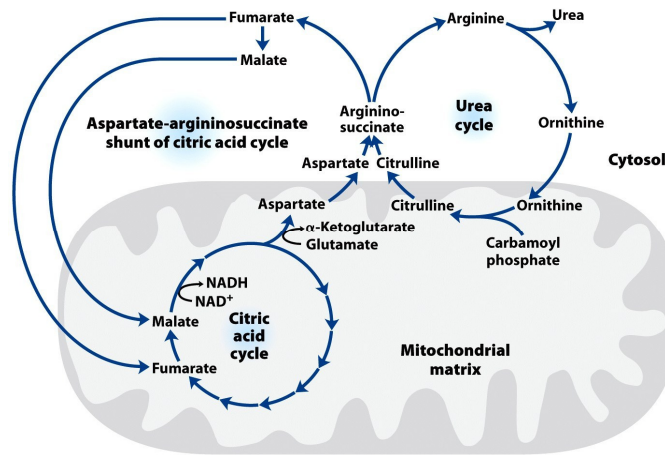
- وأخيرا يتحلل الأرجينين مائيا ليعطي يوريا وأورنيثين.
- حيث يتم نقل الأورنيثين مرة أخرى إلى الميتوكوندريا ليتفاعل مع فوسفات الكاربامويل وهكذا.



د / محمد الربيع

516

ملخص دورة يوريا



د/ محمد الربيع

517

تنظيم دورة اليوريا

- الإنزيم الذي ينظم دورة اليوريا هو:

Carbamoyl phosphate synthase

د/ محمد الربيع

518

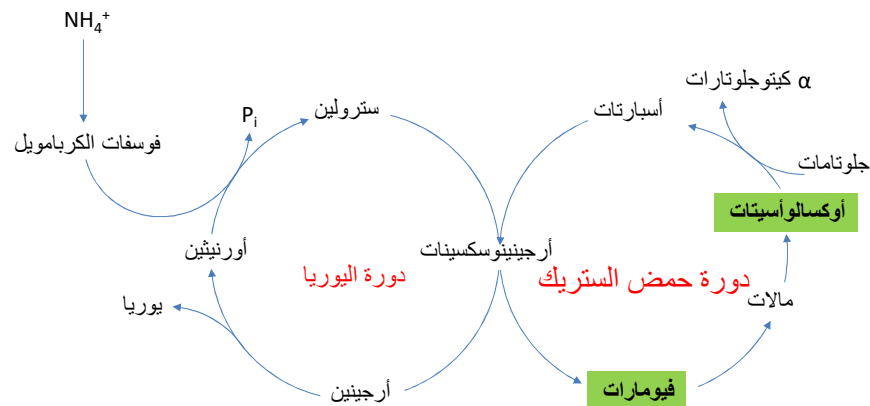
العلاقة بين دورة اليوريا ودورة حمض الستريك

- إصطناع الفيومارات هو الذي يربط بين دورة اليوريا ودورة حمض الستريك.
- حيث أن الفيومارات هو مركب وسطي في دورة حمض الستريك.
- كما أن تفاعلات نقل مجموعة الأمين تحول الأوكسالوأسيتات إلى أسبارتات (وهذا هو الرابط الثاني).

د/ محمد الربيع

519

العلاقة بين دورة اليوريا ودورة حمض الستريك



د/ محمد الربيع

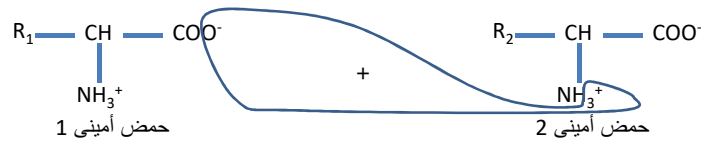
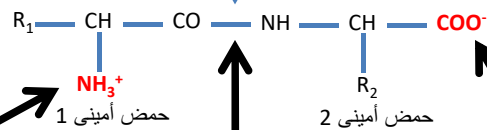
520

أيض البروتينات

د/ محمد الريع

521

تذكر تكوين الرابطة الببتيدية

H₂O

بداية مجموعة أمين
طرفية حرة

رابطة
ببتيدية

نهاية مجموعة
كربوكسيل طرفية حرة

د/ محمد الريع

522

الإنزيمات المحللة للبروتينات

- تهضم البروتينات بواسطة إنزيمات البروتياز (Proteases) و تسمى أيضا الببتيداز (Peptidase).
- وتقسم هذه الإنزيمات حسب مكان الرابطة التي تعمل على تفكيكها إلى مجموعتين:
- 1. إنزيمات الببتيدات الداخلية (الإندوببتيداز - Endopeptidases) والتي تحلل الروابط الببتيدية الداخلية ولا تحلل الروابط الطرفية. وتشمل الببسين في المعدة والتربسين والكيموتربسين في الأمعاء الدقيقة. أيضا إنزيمات نباتية مثل الباباين والفيسين في عصارة شجرة التين.
- وتعتبر هذه المجموعة متخصصة جدا، فمثلا يحلل إنزيم التربسين الروابط الببتيدية التي تساهم في تشكيلها المجموعة الكربوكسيلية للايسين أو الأرجينين.

د/ محمد الربيع

523

إنزيمات الببتيدات الداخلية Endopeptidases

اسم الإنزيم	مكان إفراز الإنزيم	مولد الإنزيم	منشط الإنزيم	عمل الإنزيم
ببسين	المعدة	ببسينوجين	ببسين أو أيونات الهيدروجين	يحلل الروابط الببتيدية المحاذية للأحماض الأمينية العطرية أو المخلفات المتعادلة للحمض
تريبسين	البنكرياس	تريبسينوجين	تربسين إنتروكيناز	يحلل الروابط الببتيدية التي يقدم فيها الحمض الثنائي القاعدة (مثل لايسين و أرجينين) مجموعة كربوكسيلية.
كيموتربسين	البنكرياس	كيموتربسينوجين	تربسين	يحلل الروابط الببتيدية التي يقدم فيها حمض عطري (الميثايونين أحيانا) مجموعة كربوكسيلية.

لاحظ أن الإنزيم يفرز في صورة غير نشطة (تسمى **مولد الإنزيم**) وهناك من يقوم بتنشيطه.

د/ محمد الربيع

524

الإنزيمات المحللة للبروتينات

2. أما المجموعة الثانية فهي إنزيمات الببتيدات الخارجية (الإكسوببتيداز - Exopeptidases)، وهي مجموعة من الإنزيمات تهاجم الروابط الببتيدية الطرفية للسلسلة الببتيدية.
- وهي تقسم إلى:
- (a) كربوكسي ببتيدازات (Carboxy Peptidases) وهو متخصص في كسر الحمض الأميني الحاوي على مجموعة كربوكسيل طرفية حرة في السلسلة الببتيدية.
- (b) أمينو ببتيدازات (Amino Peptidases) وهي متخصصة في كسر الحمض الأميني الحاوي على مجموعة أمين طرفية حرة في السلسلة الببتيدية.
- (c) إنزيمات الببتيدات الثنائية أو الدايببتيداز وهي تحلل الببتيدات الثنائية.

د/ محمد الربيع

525

إنزيمات الببتيدات الخارجية Exopeptidases

اسم الإنزيم	مكان إفراز الإنزيم	مولد الإنزيم	منشط الإنزيم	عمل الإنزيم
كربوكسي ببتيداز أ	البنكرياس	بروكربوكسي ببتيداز أ	تربسين	يحلل الروابط الببتيدية للأحماض الأمينية العطرية الطرفية التي تحتوي على مجموعة كربوكسيل حرة.
كربوكسي ببتيداز ب	البنكرياس	بروكربوكسي ببتيداز ب	تربسين	يحلل الروابط الببتيدية للأحماض الأمينية القاعدية الطرفية التي تحتوي على مجموعة كربوكسيل حرة.
أمينو ببتيداز	الأمعاء الدقيقة	-	-	فصل أحماض أمينية طرفية تحتوي على مجموعة أمين حرة.
إنزيمات الببتيدات الثنائية	الأمعاء الدقيقة	-	-	فصل الببتيدات الثنائية إلى مكوناتها من الأحماض الأمينية.

لاحظ أيضا هنا أن الإنزيم يفرز في صورة غير نشطة (تسمى **مولد الإنزيم**) وهناك من يقوم بتنشيطه.

د/ محمد الربيع

526

هضم وإمتصاص البروتينات

- كما سبق وأشير، فإن الإنزيمات البروتينية الهاضمة تفرز بشكل أولي في صورة مولدات الإنزيمات (Zymogens) والتي يجري تنشيطها فيما بعد.
- وتستلزم عملية التنشيط فصل لجزء من السلسلة الببتيدية والتي تعمل على تغليف وإعاقة المركز الفعال للإنزيم.
- فمثلا يعتبر الببسينوجين (Pepsinogen) الشكل الغير نشط للإنزيم الببسين.

د/ محمد الربيع

527

هضم وإمتصاص البروتينات

- كذلك يُنتج إنزيم التربسين عن مولد الإنزيم المسمى بالتريبسينوجين (Trypsinogen).
- وتتضمن عملية الهضم تجزئة البروتينات الغذائية إلى مكوناتها من الأحماض الأمينية وإمتصاصها وتوصيلها بواسطة الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة.
- وبعضها تُجرى عليه عملية أكسدة فيحترق ويعطي طاقة.
- ويتم ذلك بواسطة التحلل المائي للروابط الببتيدية

د/ محمد الربيع

528

هضم وإمتصاص البروتينات

- وبهذه العملية تتحول البروتينات إلى مركبات ببتيدية أصغر في وزنها الجزيئي من البروتينات.
- وينتهي ذلك بتكوين أحماض أمينية حرة.
- ويحفز هذه التفاعلات مجموعة من الإنزيمات المحللة للبروتين (Proteolytic Enzymes).
- لا تأثير على البروتينات في الفم.
- لذلك تحدث عملية هضم البروتينات في المعدة (وسط حمضي)، حيث يقوم إنزيم الببسين (Pepsin) بكسر الروابط الببتيدية وتحويلها إلى مركبات أبسط.

د/ محمد الربيع

529

هضم وإمتصاص البروتينات

- وعندما تتحول هذه المركبات إلى الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (أي وسط قاعدي) ، عندئذ يقوم إنزيم التربسين (Trypsin) والكيموتربسين (Chymotrypsin) أيضا بكسر بعض الروابط الببتيدية وتحويلها إلى مواد بروتينية أبسط أو ببتيدات ثنائية وأحماض أمينية.
- ثم يجري إمتصاص الأحماض الأمينية الحرة بسرعة من خلايا جدار الأمعاء الدقيقة.
- لا تخزن الأحماض الأمينية داخل أنسجة الجسم إلا بدرجة ضئيلة جدا.

د/ محمد الربيع

530

كيمياء الدم

د/ محمد الربع

د/ محمد الربع

531

أهمية الدم (Blood)

1. ينقل المواد الغذائية إلى الأنسجة وكذا الفضلات الناتجة عن عمليات التمثيل الغذائي إلى أعضاء الإخراج (مثل الكلية).
2. يعمل على التنفس بحمله الأوكسجين إلى الأنسجة وحمله ثانى أكسيد الكربون إلى الرئتين.
3. يوزع المواد المنظمة مثل الهرمونات والفيتامينات وبعض الإنزيمات إلى الأنسجة التى تعمل عليها.
4. يلعب دورا هاما فى حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة.

د/ محمد الربع

532

أهمية الدم

5. يحتوى الدم على كرات دموية بيضاء ومضات للسموم antitoxins ومضادات حيوية والتي تعمل جميعها على حماية الجسم ضد الميكروبات.
6. يساعد على حفظ التوازن الحمضى – القاعدى وكذا التوازن المائى.
7. يحتوى على ميكانيكية خاصة للتجلط (Clotting mechanism) والتي تحمى ضد النزيف (hemorrhage).

د/ محمد الربيع

533

الدم

- ويكون الدم حوالى 8% من وزن الجسم وهذا يعنى أن الشخص المتوسط يحتوى على 4 إلى 6 لتر دم.
- فقد الدم نتيجة لنزيف أو للتبرع بالدم ليس له تأثير شديد على الجسم حيث أن الدم سريعا ما يتكون ويعود إلى حجمه مرة أخرى.

د/ محمد الربيع

534

أ. خلايا الدم Blood cells

- خلايا الدم (blood cells) والبلازما (plasma) هما المكونان الرئيسيان.
- عند فصلهما بالطرد المركزي فإن خلايا الدم تشغل حوالى 40 – 45% من حجم الدم. وهذا الجزء يحتوى على الكرات الدموية الحمراء و الكرات الدموية البيضاء، وأيضا الصفائح الدموية.

د/ محمد الربيع

535

- **الكرات الدموية الحمراء (red blood cells or erythrocytes) تحتوى على الهيموجلوبين** ولها عدة وظائف هامة ويختلف عدد الكرات الدموية الحمراء في الرجل عنها في المرأة، فتكون في الرجل حوالى 5 مليون في الملليتر المكعب ، بينما في المرأة تكون حوالى 4.5 مليون في الملليتر المكعب من الدم.
- الكرات الدموية الحمراء البالغة لا تحتوى على نواة.
- يتغير عدد الكرات الدموية الحمراء تغيرا كبيرا تحت تأثير الأمراض مثل الأنيميا anemia.

د/ محمد الربيع

536

- الكرات الدموية البيضاء (white blood cells or leukocytes) أكبر حجما من الكرات الدموية الحمراء وتحتوى على نواة (حيث أن الكرات الدموية الحمراء لا تحتوى على نواة).
- وعادة يحتوى الدم على حوالى 5000 إلى 10,000 كرة بيضاء فى الملليتر المكعب من الدم.
- توجد أنواع عديدة من الكرات الدموية البيضاء وجميعها تعمل على مهاجمة البكتيريا والتخلص منها.

د/ محمد الربيع

537

- الصفائح الدموية (Thrombocytes or Platelets) وهى أصغر من الكرات الدموية الحمراء و لا تحتوى على نواة.
- يوجد حوالى 25000 إلى 40000 صفيحة دموية بكل ملليتر مكعب من الدم للشخص العادى.
- وظائفها الرئيسية هى فى عملية تجلط الدم حيث أنها تحتوى على سيفالين ودهنيات فوسفاتية وهى التى تختص بالمرحلة الأولى للتجلط.

د/ محمد الربيع

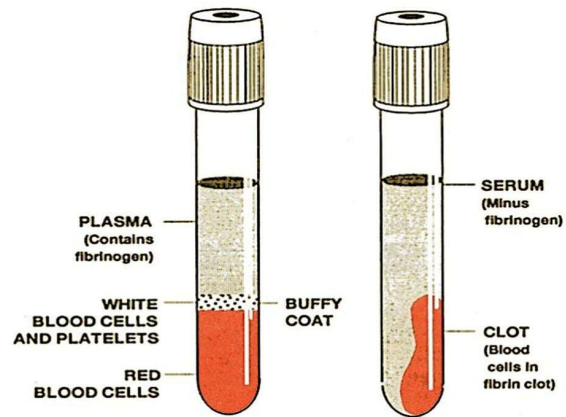
538

ب. السيرم والبلازما Serum and Plasma

- عندما تترك كمية من الدم المأخوذ حديثاً من شخص فإنها تتجلط وينفصل سائل أصفر شاحب عن المادة المتجلطة.
- هذا السائل يسمى السيرم (Serum) (أو مصل الدم) وهو عبارة عن الدم ناقص الفيبرونوجين (Fibrinogen) والمواد التي إستخدمت فى عملية التجلط.
- إذا جمع الدم فى وجود مادة مائعة للتجلط (anticoagulant) مثل الهيبارين ثم رسبت الخلايا منه بالطرد المركزى فإن الجزء السائل منه والمنفصل عن الخلايا يسمى البلازما (Plasma).

د/ محمد الربيع

539

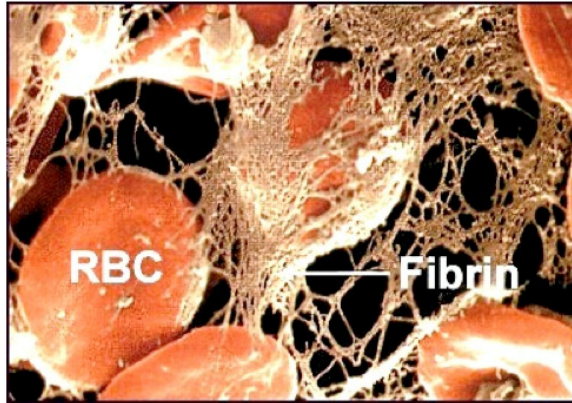


د/ محمد الربيع

540

تذكر أن بلازما الدم

- تحتوي على الفايبرينوجين Fibrinogen.



د/ محمد الربيع

541

ج. بروتينات البلازما Plasma Proteins

- توجد البروتينات بالبلازما بكميات تتراوح ما بين 6 إلى 8 جرام بروتين لكل 100 مليلتر من البلازما في الحالات الطبيعية.
- من هذه الكمية حوالى 4.5 جرام ألبومين وحوالى 2 إلى 3 جرام جلوبيولينات.
- تصنف أنواع البروتينات بالبلازما على أساس قابليتها للذوبان في الماء و محاليل الأملاح وأيضا تبعا لنتيجة فصلها كهربائيا (electrophoretic separation) إلى 6 أقسام.

د/ محمد الربيع

542

- وتفصل بروتينات البلازما بالطرق الفصل الكهربى (Electrophoresis) ثم تصبغ وتقدر كثافة اللون وذلك لقياس كمياتها كيميائيا.
- وتستخدم طرق الفصل الكهربى لفصل بروتينات البلازما لتشخيص بعض الحالات المرضية حيث يجرى الفصل على أسيتات السليولوز و أجاروز جل مع إستخدام المحلول المنظم باربيتول عند الرقم الهيدروجينى (pH) 6.8.
- يلاحظ أن بروتينات البلازما (ما عدا الجاما جلوبيولين) لها نقطة تعادل كهربى أقل من 8.16 لذا تتحمل بشحنة سالبة عند pH 8.6 وتذهب باتجاه القطب الموجب بينما يتحمل الجاما جلوبيولين بشحنة موجبة ويذهب باتجاه القطب السالب.

د/ محمد الربيع

543

- تتكون الجاما جلوبيولين بواسطة قسم من اللمفوسايتس (Lymphocytes) يعرف بإسم (Plasma cells) بينما جميع أنواع بروتينات البلازما الأخرى تتكون بالكبد ثم تذهب إلى الدم بعد تكوينها.

د/ محمد الربيع

544

1. الألبومين Albumin

- يتواجد في بلازما الدم بنسبة تقدر بحوالى 5.1% ويعد البروتين الأعلى تركيزاً في بروتينات بلازما الدم.
- نقطة التعادل الكهربى هي 4.8% لذا يتحمل بشحنة سالبة عند الرقم الهيدروجينى (pH) للمحاليل الفسيولوجية.
- الوظيفتان الأساسيتان للألبومين هما المحافظة على الضغط الأسموزى للدم طبيعياً وأيضاً المساعدة على إنتقال الجزيئات الصغيرة مثل الأحماض العضوية خلال البلازما.

د/ محمد الربيع

545

- فكتير من المواد مثل الأحماض الدهنية الحرة والبيروبين وحمض اليوريك تتميز بأنها قليلة الذوبان في الماء لذا فإن الألبومين يعمل على الإتحاد معها للمساعدة على إنتقالها في الوسط المائى للبلازما.
- يتحد الألبومين بالإضافة لذلك مع بعض الأدوية الشحيحة الذوبان بالماء مثل الإسبرين والباريتيورات لكى تتمكن من الإنتقال خلال مجرى الدم.

د/ محمد الربيع

546

- بالإضافة لقيام الألبومين بحمل هذه المركبات العضوية فهو يتحد مع أيونات الكالسيوم.
- يوجد حوالى 50% من أيونات الكالسيوم بالبلازما على هيئة مرتبطة مع الألبومين.

د/ محمد الربيع

547

2. ألفاجلوبولين (Alphaglobulin)

- يوجد قسمان من ألفاجلوبولين بالبلازما تعرف بألفا (1) وألفا (2) جلوبيولينات.
- فالألفا (1) جلوبيولينات عبارة عن جليكوبروتينات glycoproteins وليبوبروتينات ذات كثافة عالية (HDL).
- أما الألفا (2) جلوبيولينات فيوجد منها خمسة أنواع هي:
- أ. هابتوجلوبين Hepatoglobulin وهو البروتين الذى يتحد مع أى هيوجلوبين يخرج إلى البلازما.
- ب. سيروبلازمين Ceroplasmin وهو البروتين الذى يتحد مع أيونات النحاس للمساعدة على إنتقالها بالدم.

د/ محمد الربيع

548

- ج. بروثرومبين (Prothrombin) وهو البروتين الإنزيم الخاص بالمساعدة على تجلط الدم.
- د. جليكوبروتينات glycoproteins.
- هـ. ليبوبروتينات ذات كثافة قليلة جدا (VLDL).

د/ محمد الربيع

549

3. البيتا جلوبيولينات (Beta globulin)

- البيتا جلوبيولينات الرئيسية هي الترانسفيرين transferrin وهو البروتين الذي يرتبط مع الحديد ليساعده على الانتقال بالدم. والنوع الثانى هو الليبوبروتينات ذات الكثافة القليلة (LDL).

د/ محمد الربيع

550

4. الفبرينوجين (Fibrinogen)

- وهو أساسا جلوبولين له وزن جزيئي عالى (40000) لذا يسهل ترسيبه.

د/ محمد الربيع

551

5. جاما جلوبولينات Gamma Globulin

- هي عبارة عن جلوبولينات المناعة immunoglobulins أو الأجسام المضادة antibodies.
- توجد بتركيز 1- 1.5 جرام / 100 ملليلتر بلازما وذلك في بلازما الدم الطبيعي.
- أنواعها هي:
- IgG (immunoglobulin gamma)
- IgM (macro immunoglobulin)
- IgA (immunoglobulin alpha)
- IgD and IgE بكميات ضئيلة.

د/ محمد الربيع

552

د. إنزيمات سيرم الدم Serum Enzymes

- يوجد عديدة من الإنزيمات فى البلازما أو السيرم و التى جاءت إلى الدم نتيجة لتكسر وتهتك بعض أنسجة الجسم.
- حيث أن تغير تركيزها الملحوظ عن التركيز العادى غالبا ما يحدث فى حالة المرض فإن تقدير تركيز بعض هذه الأنزيمات ما زالت من أهم الوسائل المستخدمة بالمختبر للتعرف على الحالات المرضية وتشخيصها وهذه الإنزيمات هى:

د/ محمد الربيع

553

- Amylase, lipase, acid and alkaline phosphatase, lactic dehydrogenase (LDH), creatine phosphokinase (CPK), aldolase, glutamic-oxaloacetate transaminase (SGOT), glutamic-pyruvate transaminase (SGPT).
- فمثلا الأميليز (amylase) يزيد فى حالات الإلتهاب الحاد للبنكرياس و إنزيم الفوسفاتيز القلوى وجوده فى الدم يدل على مرض الصفراء وأيضا إنزيم (SGOT) يدل على جلطة القلب (myocardial infarction)

د/ محمد الربيع

554

هـ. إلكتروليتات البلازما Plasma Electrolytes

- الإلكتروليتات الموجودة في سوائل الجسم تتكون من أيونات موجبة الشحنة (كاتيونات) وأيونات سالبة الشحنة (أنيونات).
- هذه الأيونات أساسا مسؤولة عن الضغط الأسموزي للسوائل وهي المسؤولة عن المحافظة على التوازن الحمضي القاعدي (Acid-base balance) وكذا التوازن المائي بالجسم.
- الكاتيونات الرئيسية في سوائل الجسم هي الصوديوم – البوتاسيوم – الكالسيوم – الماغنسيوم. (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}).
- الأنيونات الرئيسية هي البيكربونات ، الكلوريد ، الفوسفات الهيدروجينية ، الكبريتات ، الأحماض العضوية والبروتين.

د/ محمد الربيع

555

تركيز السكر في الدم

- التركيز الطبيعي لسكر الجلوكوز في الدم حوالي 100 ملجم/100 مل من الدم.

- النسبة الطبيعية هي من 70-120 ملج/100 مل.

د/ محمد الربيع

556