

المحاضرة الاولى :

المقدمة:

يعرف علم الكيمياء الحيوية بأنه علم كيمياء الحياة، حيث يعنى هذا العلم بدراسة المكونات الرئيسية الداخلة في تركيب المادة الحية، والتي تشمل البروتينات والسكريات والدهون والاحماض النووية وجزيئات حيوية أخرى، وتحديد البنية الكيميائية لهذه المركبات، ودورها في العمليات والوظائف الحيوية، والتفاعلات الايضية التي تطرأ عليها داخل الخلايا الحية والتي تشمل كيمياء البناء والهدم.

تتكون الاشياء الحية من جزيئات عديمة الحياة. وعند عزل وفحص هذه الجزيئات فان صفاتها تتبع وتطابق جميع القوانين الفيزيائية والكيميائية التي توضح سلوك المادة عديمة الحياة وبالرغم من ذلك تملك الكائنات الحية صفات خارقة لاتظهرها المواد عديمة الحياة.

الصفات المميزة للمادة الحية

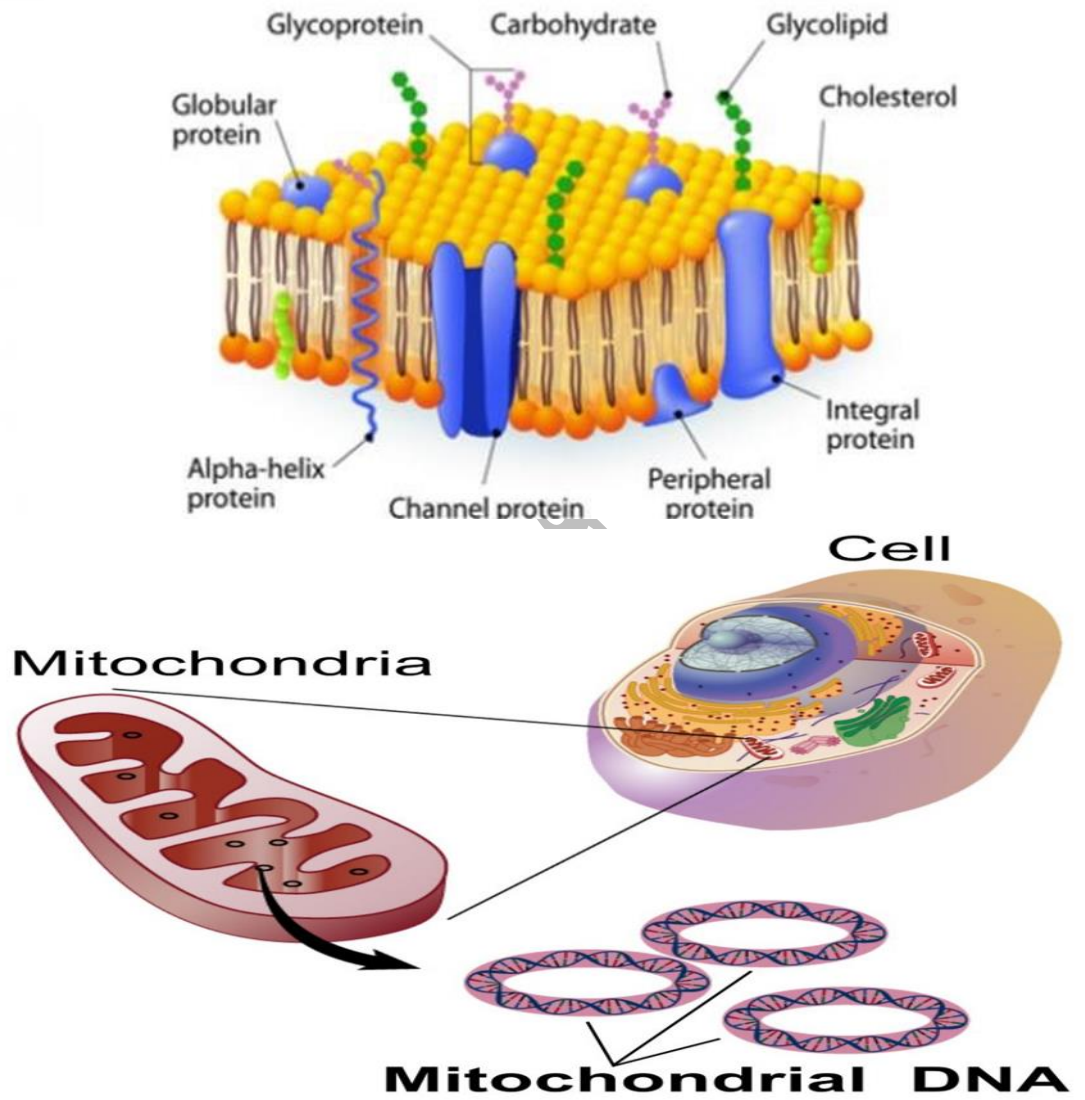
The identifying characteristics of living matter

1. يتميز الكائن الحي بانه معقد التركيب وعلى درجة عالية من التنظيم ويحتوي هذا التركيب المعقد على عدة انواع من الجزيئات المعقدة التي تكون باعداد هائلة في الاصناف والاجناس المختلفة للكائنات الحية. بالمقابل تكون المادة عديمة الحياة على العكس من ذلك كالتربة والماء والصخور التي تحتوي على خليط عشوائي من مركبات كيميائية بسيطة لا تكون على درجة عالية من التنظيم التركيبي.
2. لكل جزء مكون للكائنات الحية غرض ووظيفة خاصين وهذا الامر يشمل عضيات الخلية والمكونات الكيميائية الاخرى كالبروتينات والدهون والاحماض النووية
3. تتميز الكائنات الحية بقابليتها على استخلاص وتحويل الطاقة التي تستعملها من المحيط الخارجي كذلك تحصل من المحيط الخارجي على المواد الخام الضرورية لبناء وصيانة تركيبها المتشابك والمعقد.

الجزيئات الخاصة بالحياة Biomolecules:

تتكون معظم المكونات الكيميائية للكائنات الحية من مواد عضوية تحتوي على الكربون الذي يكون عادة بصورة مختزلة او مهدرجة.

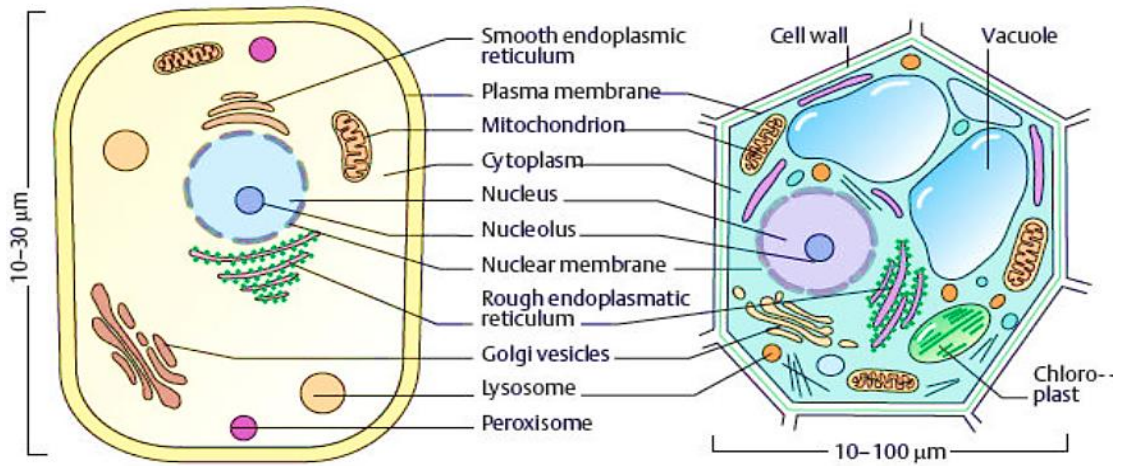
توجد المواد العضوية في الكائنات الحية بانواع كبيرة وعلى درجة عالية من التعقيد . فمثلا لو اخذنا ايسط واصغر خلية بكتيرية (*E.coli*) لوجدنا انها تحتوي على ما يقارب 5000 نوع من المركبات العضوية . يدخل ضمن هذا العدد حوالي 3000 نوع مختلف من البروتينات و 1000 نوع مختلف من الاحماض النووية .



بي

بقدر عدد انواع الكائنات الحية الموجودة في هذا الكون بـ ١٢٠٠٠٠٠٠ نوع ، تختلف درجة تعقيدها من البكتريا الى الانسان . بناء على ذلك قدر بانه يوجد ١٠^{١٠} - ١٢١٠^{١٠} نوع مختلف من جزيئات البروتين وحوالي ١٠^{١٠} نوع مختلف من الاحماض النووية .

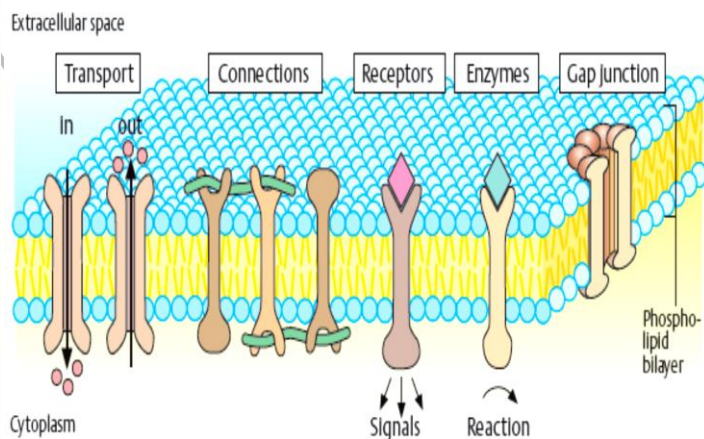
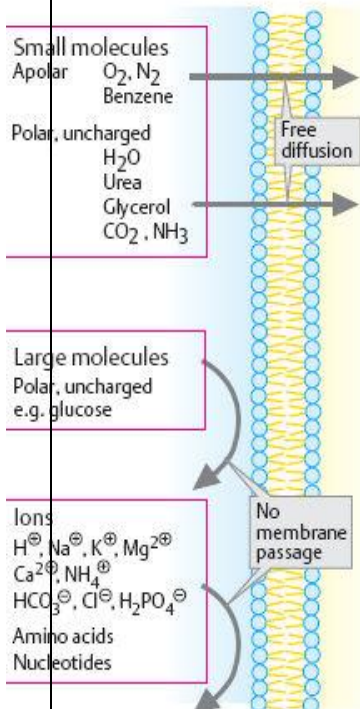
من غير المعقول ان يقوم المختصون بالكيمياء الحياتية بعزل والتعرف على كل هذه الانواع المختلفة من الجزيئات العضوية المعقدة . لكن من المعروف ان كل الجزيئات الموجودة في الخلية تتكون من وحدات بنائية بسيطة وصغيرة ترتبط مع بعضها بسلاسل . فاذا اخذنا البروتينات على سبيل المثال ، لوجدناها تتكون من سلاسل تحتوي على ١٠٠ او اكثر من الاحماض الامينية والتي هي عبارة عن مركبات صغيرة ذات تركيب معروف . ويوجد فقط ٢٠ حامض اميني في جميع البروتينات المعروفة تقريبا . لكن هذه الاحماض الامينية ترتب بتعاقبات مختلفة لتكون الانواع المختلفة من البروتينات ، اي انه تم بناء ال ٣٠٠٠ نوع من البروتينات الموجودة في ال (*E.coli*) من هذه الاحماض الامينية العشرين . كذلك فانه تم بناء ال ١٠٠٠ نوع من الاحماض النووية في ال (*E.coli*) من اربعة وحدات بنائية فقط تدعى النيوكليوتيدات Nucleotides ومن الجدير بالذكر ان العشرين حامض اميني الذين يكونون الوحدات البنائية للبروتين والاربعة نيوكليوتيدات التي تكون الوحدات البنائية للاحماض النووية تكون متشابهة في جميع انواع الكائنات الحية . وهذا مايدعو الى الاستنتاج بان لجميع الكائنات الحية مصدر واحد او سلف



1. Animal cell

2. Plant cell

ومن الخواص المخارقة للوحدات البنائية للبروتينات والاحماض النووية والدهون انه يوجد لها اكثر من وظيفة واحدة داخل الخلية. فمثلاً الاحماض الامينية بالاضافة الى انها وحدات بنائية للبروتينات، مواد سلفية precursor والخضاب pigment. كذلك النيوكليوتيدات بالاضافة الى انها وحدات بنائية للاحماض النووية تقوم بحمل الطاقة وتعمل كمرافقات انزيمية Coenzymes.



(١-٤) تحولات الطاقة في الخلايا الحية

Energy Transformations in Living Cells

تخضع الكائنات الحية الى قوانين الحرارة الحركية Laws of Thermo dynamics ان الدرجة العالية من النظام الذي تتميز به الكائنات الحية لم تأتي تلقائياً وبصورة عشوائية. تمتص الكائنات الحية الطاقة من المحيط الذي تعيش وبالشكال المفيدة بحيث تتمكن الاستفادة منها تحت ظروف خاصة من درجة حرارة وضغط ، وبالمقابل فان هذه الكائنات الحية ترجع الى المحيط الخارجي كمية من الطاقة مساوية للطاقة التي امتصتها ولكن على هيئة اخرى وأقل فائدة. ويطلق على الطاقة التي تستفيد منها الكائنات الحية بالطاقة الحرة Free energy والتي تعرف بانها ذلك الشكل من الطاقة الذي يمكنه انجاز عمل تحت درجة حرارة وضغط ثابتين اما الطاقة التي ترجعها الكائنات الحية الى المحيط الخارجي والتي عبرنا عنها بانها اقل فائدة فتكون على الاغلب بهيئة حرارة والتي سرعان ماتنتشر في الجو بشكل غير منتظم وتؤدي الى زيادة العشوائية entropy في المحيط الخارجي. وما تقدم يمكننا استنتاج مايلي : ان الدرجة العالية الضرورية من النظام للكائنات الحية تخلق وتضمان على حساب المحيط الخارجي الذي تزداد درجة عشوائيته نتيجة لذلك .

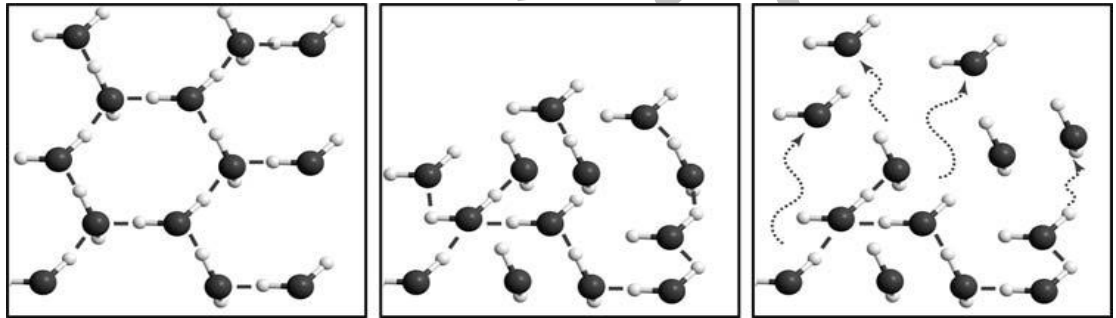
يتكون جهاز تحولات الطاقة في الخلية الحية من جزئيات هشة وغير ثابتة نسبياً والتي لاتتحمل درجات الحرارة العالية او الارجات الكهربائية او ظروف قاعدية او حامضية متطرفة. كذلك يقال عن الخلية الحية بانها isothermal اي ان في اي وقت معين فان لجميع اجزاء الخلية الواحدة درجة حرارة واحدة. اضافة الى ذلك لا يوجد فرق ملحوظ في الضغط بين جزء واخر في الخلية الواحدة. ولهذا الاسباب لاتتمكن الخلية من استعمال الحرارة كمصدر للطاقة ، لان الحرارة تتمكن من أن تقوم بعمل تحت ضغط ثابت اذا تحولت من منطقة ذات درجة حرارة عالية الى اخرى منخفضة. بناء على ذلك لا يوجد تشابه بين الخلية الحية والمكائن الحرارية او الكهربائية. عليه يمكننا القول بان الخلايا الحية عبارة عن مكائن كيميائية تعمل على درجة حرارة ثابتة .

تستخلص الخلية الطاقة الكيميائية من المواد الغذائية العضوية او من اشعة الشمس وتقوم الخلية باستعمال هذه الطاقة للقيام بمختلف العمليات الكيميائية والتي تشمل بناء مكونات الخلية المختلفة والعمل الازموزي الضروري لنقل المواد الى داخل الخلية والعمل الميكانيكي الذي يشمل الحركة والتقلص .

المحاضرة الثانية:

الماء (H₂O):

الماء هو مركب كيميائي بسيط، يتكوّن بصورة أساسية من الأوكسجين والهيدروجين؛ لذا يُطلق عليه اسم أول أكسيد الهيدروجين، وعلى الرغم من بساطته لا يمكن التغاضي عن أهمية الماء الكبيرة للحياة فهو يغطي أكثر من 70% من سطح الأرض ويشكل أكثر من 60% من أجساد النباتات والحيوانات؛ لذا يقال أن الماء هو سر الحياة. ويوجد الماء على سطح الأرض بثلاث حالات، وهي: الصلبة، والسائلة، والغازية، ترتبط الحياة بوجود الماء على صورته السائلة، ولا حياة بدون ماء، لذلك فهو يتواجد في كل الكائنات الحية، وتعتمد حالته على درجة الحرارة، الحالة السائلة liquid phase: هي الحالة السائدة للماء، ويكون فيها بلا رائحة أو لون، كما توجد له خصائص تميّزه عن غيره من المركبات.



Ice (<math>< 0^{\circ}\text{C}</math>)

Water (0–100°C)

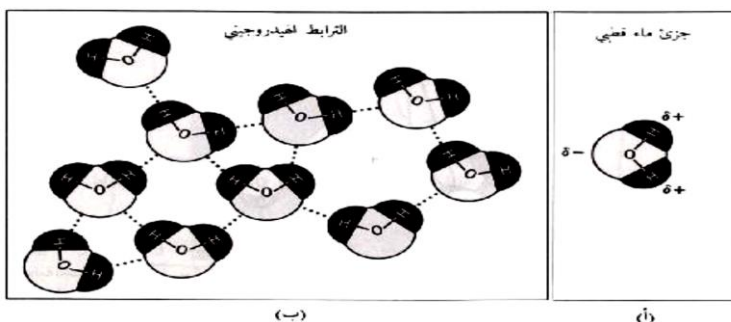
Boiling water (100°C)

تسمى القوة الرابطة بين الجزيئات ثنائية القطب باسم الرابطة الهيدروجينية إن وجود الرابطة الهيدروجينية بين الجزيئات يؤدي الى زيادة تجاذبها مع بعضها البعض وبالتالي يزيد من درجة غليانها ويقلل من ضغطها البخاري. وكلما زاد عدد الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات فإن ذلك يؤدي الى زيادة تجاذبها مع بعضها البعض وبالتالي يزيد من درجة غليانها. أن عدد الروابط الهيدروجينية في الماء عالية ولذلك درجة غليان الماء عالية (100°C).

شكل يبين الرباط الهيدروجيني الذي ينتج تجاذب قوي بين جزيئات الماء.

(أ) الماء جزيء قطبي

(ب) الرابطة الهيدروجينية الناشئة بين جزيئات الماء



(ب)

(أ)

تأثير الرابطة الهيدروجينية على صفات الماء

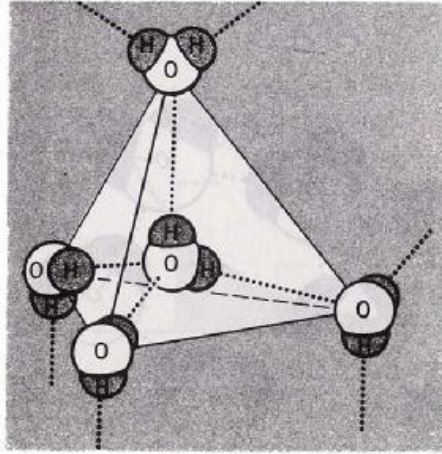
١) ينتج عن الرابطة الهيدروجينية في الماء قوى تجاذب أقوى بكثير من تلك التي بين جزيئات أخرى مماثلة لها في الحجم والكتلة.

٢) بسبب الروابط الهيدروجينية نجد أن الماء له درجة غليان عالية حيث تبلغ الحرارة النوعية المكتسبة للتبخير (2257 J/g).

٣) والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء هي التي تجعل الماء سائلاً عند درجة حرارة الغرفة .

٤) تفسر قوة هذه الرابطة صغر المسافة التي تربط بين ذرات الهيدروجين والأكسجين مما ينتج عنه انخفاض ملحوظ في كثافة الماء عند درجة التجمد .

٥) الترابط الهيدروجيني مسؤول أيضاً عن التحكم في توجيه جزيئات الماء في الجليد كما سبقت الإشارة إليه.



الرابطة الهيدروجينية الخطوط المتقطعة (...) بين جزيئات الماء في الجليد

الخواص الفيزيائية للماء :

الحرارة النوعية: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 غ من المادة بمقدار درجة حرارة مئوية واحدة وتكون الحرارة النوعية للماء عالية بالمقارنة مع سوائل أخرى حيث تقدر ب (1سعة)

حرارة التبخر: هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 غ من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، و تكون هذه الحرارة عالية في الماء، مقارنة بالسوائل الأخرى حيث تقدر ب 537 سعة

الاذابة: يطلق على الماء المذيب الشامل وذلك لأنه يذيب الكثير من المواد مقارنةً بالسوائل الأخرى، لذلك أينما وجد سواءً في اجسادنا أو على الأرض، فإنه يحمل معه مواد غذائية ومعادن ومواد كيميائية .يعد الماء مذيب جيد تذوب فيه المواد الأخرى حيث تشكل معه محاليل مختلفة.

الكثافة: كثافة الماء عالية حيث عند التجمد يتمدد ويزداد حجمه فتقل كثافته عندئذ يطفو إلى الأعلى و هذه الخاصية لها أهمية كبيرة من الناحية البيولوجية

درجة الغليان: يمتاز الماء بارتفاع درجة حرارة غليانه درجة غليان الماء هي 100 ° م.

التوتر السطحي (surface tension): والمقصود به هو ترابط سطح الماء بحيث يبدو كطبقة مرنة تمنع الأجسام الصغيرة من الغوص داخلها، وتشكل هذه الظاهرة بسبب قوى التماسك بين جزيئات الماء نفسها، ومن الأمثلة على التوتر السطحي. مشي الحشرات على سطح الماء. طفو الابرّة على سطح الماء. استدارة الفقاعات. شكل قطرات المطر الدائري.

الخاصية الشعرية (capillarity): تعرّف بأنها حركة الماء داخل الفراغات بسبب قوى التلاصق والتماسك والتوتر السطحي، وهذه الخاصية للماء تفسّر ارتفاع الماء في الأوعية الشعرية في الأشجار؛ لتوصل الغذاء إلى أجزاء الشجرة.

التماسك والتلاصق (cohesion and adhesion): التماسك هو انجذاب جزيئات الماء الى بعضها البعض، بينما التلاصق هو تجاذب جزيئات الماء الى جزيئات مواد أخرى.

شذوذ الماء (Negative thermal expansion): تتمثل هذه الخاصية بزيادة حجم الماء عند تحوّلته إلى جليد، إذ إنّه عندما يتجمّد تقلّ كثافته ويزداد حجمه بالتالي هو شدّد عن السلوك الطبيعي للسوائل، فيطفو على سطح الماء، وينفرد الماء وحده فقط بهذه الخاصية، وهي مهمّة كثيراً للكائنات الحية المائية، فعندما تنخفض درجة الحرارة في الغلاف الجويّ تتجمّد الطبقة الأولى من المسطح المائيّ ويتمدّد حجمها وتقلّ كثافتها، وتطفو على السطح، وتشكّل عازلاً بين أسفل المسطح المائي وحرارة الغلاف الجوي

أهم الخواص الكيميائية للماء:

pH: حموضة الماء معتدلة حيث = 7 : لذلك يعتبر درجة حموضة الماء الوسط الأمثل لحدوث العديد من التفاعلات كالتحلل المائي (الإماهة) والتركيب. كما يعتبر الماء حامل كيميائياً، وهذه الخاصية لها قيمة عظيمة في عملية نقل وتوزيع المواد مع المحافظة على بنيتها.

أشكال تواجد الماء في الخلايا:

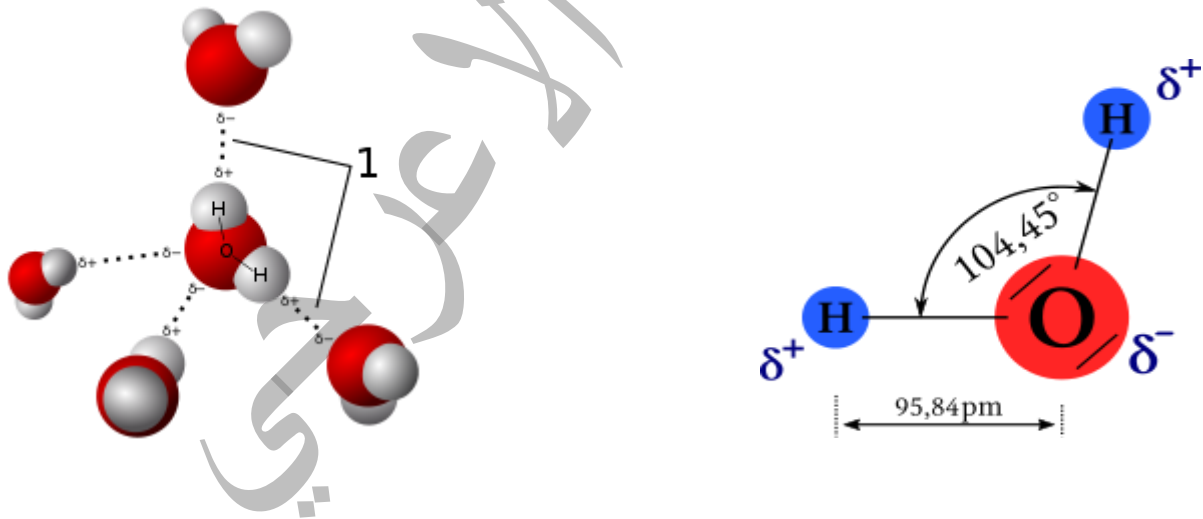
يتواجد الماء بشكلين : إما مرتبطاً كالماء الداخل في تركيب الدم، ونقصه يسبب أضراراً إن لم يعوض. أو حراً كالماء الزائد الذي يطرح على شكل عرق وبول.

يعدّ الماء أساسياً لحدوث عملية التركيب الضوئي وبالتالي التنفس الخلوي عند الكائنات الحية. تقوم خلايا النباتات أثناء عملية التركيب الضوئي باستخدام طاقة الشمس لفصم الهيدروجين عن الأكسجين في جزيء الماء، حيث يتحدّ الهيدروجين مع ثنائي أكسيد الكربون CO2 ليشكّل الجلوكوز ويحرّر الأكسجين. بالمقابل تستخدم الكائنات الحية

الأكسجين لتتحرق السكر (الكربوهيدرات بشكل عام) لتحرر الماء وغاز ثنائي أكسيد الكربون من أجل تأمين الطاقة لاستمرار الحياة. للماء أيضاً دور مهم في تأمين وسط معتدل أس هيدروجيني ~ 7، وبالتالي في عمل الإنزيمات. بالنهاية تحتاج كل الكائنات الحيّة إلى كمّيّات من الماء للقيام بعمليّاتها الحيويّة، مثل التخلص من الفضلات على سبيل المثال.

الماء هو الوسط الرئيسي في جميع الكائنات الحيّة من أجل تمام عمليات الاستقلاب الكيميائيّة الحيويّة للحصول على الطاقة وتخزينها. ويتمثّل ذلك في العمليّات الحيويّة التالية: التركيب الضوئي وتحلّل السكر وتحلّل الدهون ودورة حمض الستريك ودورة اليوريا. يعود الفضل في ذلك إلى كون الماء من المذيبات القطبيّة ممّا يسهم في إذابة الإلكتروليتات والمركّبات القطبيّة، ومن جهة أخرى تسهم لزوجة وكثافة الماء الملائمة في كونه وسطاً ناقلاً للمركّبات اللاقطبيّة غير القابلة للذوبان في الماء، مثل المغذيّات والدهون ونتائج التقويض والهدم الاستقلابي والهرمونات. بالتالي فالماء هو أساس الأوساط الناقلة مثل الدم والبلازما واللمف عند الثدييات والنسيج الوعائي الخشبي عند النباتات.

يقوم الماء بالإضافة إلى ذلك في ضبط حرارة جسم الكائنات الحيّة وذلك على شكل إدماع (تعرق النبات) أو على شكل عرق عند البشر والحيوانات. من جهة أخرى تستخدم النباتات وبعض الحيوانات اللاقارية ظاهرة ضغط الامتلاء (أو ضغط الانتباج) بالاعتماد على امتلاء محتوى الخليّة بالماء للقيام بتحريك بسيط للأعضاء. تلاحظ هذه الظاهرة لدى بعض النباتات عند تحريك الأوراق، كما تلاحظ أيضاً عند شوكلات الجلد مثل قنفذ البحر ونجم البحر وخيار البحر.



حالات الماء يوجد الماء في طبيعة في ثلاث حالات، وهي:

الحالة الصلبة: solid phase يكون الماء فيها على شكل ثلج ذي لونٍ أبيض ناصع، أو على شكل جليد، ويبدأ الماء في التجمد عندما تكون درجة الحرارة صفر مئويّ.

الحالة الغازيّة: gaseous phase يكون الماء على شكل بخار ماء، ويصبح في هذه الحالة عندما يصل إلى درجة الغليان، أي 100 درجة مئويّة.

الحالة السائلة: liquid phase هي الحالة السائدة للماء، ويكون فيها بلا رائحة أو لون، ويُشكّل الماء السائل 70% من مساحة الكرة الأرضية، ويكون الماء في الحالة السائلة في درجات الحرارة المحصورة بين درجتَيْ: التجمد، والتبخّر.

المحاضرة الثالثة

الاحماض الامينية

Amino acid

الأحماض الأمينية (Amino acid) هي البنات البناء الرئيسية البروتين والبيبتيد. فالأحماض الأمينية هي مجموعة من المركبات العضوية متكونة من مجموعة أمين (NH_2 -) على الأقل مشتبكة مع مجموعة كربوكسيل (COOH -). ينتج التمثيل الغذائي في جسم الإنسان عدداً كبيراً من الاحماض الأمينية المختلفة - وجميعها يتبع التقسيم المذكور أعلاه من جهة تكوينها من طرف أميني وطرف كربوكسيلي. ولكن توجد 10 أحماض أمينية لا يستطيع جسم الإنسان تصنيعها ولا بد من أن يتناولها الشخص من غذائه؛ تلك العشرة احماض أمينية الأساسية تسمى الأحماض الأمينية الضرورية.

الأحماض الأمينية (Amino acid) مركبات عضوية ترتبط مع بعضها البعض مكونة مركبات عضوية أكبر تسمى البروتينات، كما تعد الأحماض الأمينية والبروتينات حجر الأساس لبناء جسم الإنسان، لكي يقوم الجسم بإنتاج ما يحتاجه من أحماض أمينية فهو يقوم بهضم الغذاء - وهنا على الأخص هضم البروتينات - فيحلل البروتين إلى أجزائه الصغرى وهي أحماض أمينية. عشرة أحماض أمينية أساسية مهمة جدا (لا يمكن للجسم البشري أن يصنعها بنفسه) والباقي غير أساسية (يمكن الجسم صنعها داخل الجسم البشري، بشرط التغذية السليمة). على الرغم من قدرة الجسم على تصنيع الأحماض الأمينية غير الأساسية، إلا أنه يحتاج الأحماض الأمينية الضرورية لكي يكون سليماً معافياً. توجد الـ 10 أحماض أمينية الضرورية في العديد من المواد الغذائية: في اللحوم والأسماك والبيض والحليب والبقوليات. وعادة لا يحدث خلل في الناس لأن غذاء الإنسان متنوع ويحمل في مجموعه الأحماض الأمينية الضرورية، وهي متنوعة وفي المتناول. كما يمكن الحصول على الأحماض الأمينية الضرورية إذا تم اتباع نظام نباتي كامل بشكل مناسب.

ترُقم ذرات الكربون عادة بالأحرف الإغريقية، وتنتمي الاحماض الأمينية المكونة للبروتينات إلى فئة ألفا α -Amino Acids وذلك لأن جذري الأمين والهيدروكسيل يرتبطان بذرة الكربون الأولى في السلسلة. وتوجد كذلك حموض أمينية أحيائية من فئة بيتا مثل البيتا-ألانين (بالإنجليزية: β -Alanine) وأخرى من فئة غاما مثل حمض الغاما-أمينوبيوتيريك (بالإنجليزية: γ -Aminobutyric acid) أو (بالإنجليزية: GABA). ورغم وجود عدد كبير من الحموض الألفا-الأمينية في الطبيعة إلا أن السلاسل البروتينية لا تحتوي سوى 20 نوعاً منها فقط. وتضطلع الحموض الأمينية بمهام أخرى كلعبها دور نواقل عصبية ومواد أولية لبعض الهرمونات، كما تتكون جزيئات المناعة منها أو كمصدر للطاقة في حالات

قصوى. وتتوفر أيضا مجموعة من الحموض الأمينية المصطنعة كيميائيا ولها عدة استعمالات في مجال الصناعة الكيميائية والصيدلانية والغذائية. إذا تنوع غذاء الإنسان من لحوم وأسماك وبيض وحبوب وخضروات وفاكهة يضمن حصوله على كل المواد الغذائية الضرورية لجسمه وسلامة صحته.

الأحماض الأمينية هي اللبنة الصغرى لتكوين بروتين. إضافة إلى بناء الخلايا والخلايا العضلية وإصلاح الأنسجة تشكل الأحماض الأمينية مادة البناء الأساسية للأجسام المضادة في نظام المناعة لمكافحة غزو البكتيريا والفيروسات؛ كما تشكل جزءاً أساسياً في تصنيع الإنزيمات والهرمونات في جسم الإنسان؛ وهي تبني البروتينات النووية RNA (الْحَامِضُ النَّوَوِيُّ الرَّابِبُوزِي) والدنا (الْحَمِضُ الرَّابِبُوزِي النَّوَوِيُّ الْمَنْزُوعُ الْأُوكْسِجِين) وهي الحاملة للشفرة الجينية الوراثية. كما تقوم الأحماض الأمينية بحمل الأكسجين في الهيموكلوبين في كرات الدم الحمراء وتوزعه في أعضاء الجسم المختلفة عن طريق الدورة الدموية، والأحماض الأمينية هي المكون الأساسي للعضلات وبروتينات الجسم. يتكون جسم الإنسان البالغ من نحو 16 كيلوغرام من البروتينات.

نظريا يوجد 64 نوع من الأحماض الأمينية، فالذي أن إيه يُبنى أساسا من 4 قواعد نتروجينية ، يرمز لها بالحروف : A, C, G, T. وتبنى الأحماض الأمينية عادة بتركيب عدة قواعد نتروجينية، مثل GCA, GCC, GCG؛ كل منها يسمى كودون . لكن المتوفر في أجسام الكائنات الحية أقل من ذلك - ما بين 20 إلى 26 نوع من الأحماض الأمينية. مع ملاحظة أن الكثير من الأحماض الأمينية (الكودونات) يتشكل بأكثر من ثلاث قواعد نتروجينية وقد تصل إلى 6، والبعض منها مكون فقط من كودون واحد.

الحامض الأميني هو أحد المركبات العضوية التي تحمل نوعين من الجذور الكيميائية، وهي طرف قاعدي أميني (نشادري) $\{-\text{NH}_2\}$ وطرف حمضي كربوكسيل $\{\text{NH}_2\}$ Side chain متحدثين مع ذرة كربون مرتبطة بدورها ببقية عضوية جانبية $\{\text{COOH}\}$ $\{\text{R}\}$ تكون مختلفة من حمض أميني إلى آخر. تُعتبر الأحماض الأمينية وحدات التركيب الأساسي للبروتينات في الكائنات الحية، فهي تكون العضلات والأنسجة والأعضاء والجلد، وتدخل في تركيب الهرمونات والإنزيمات، وكذلك في تركيب خلايا المناعة

يعتبر هيدروكسي كارباميد Hydroxycarbamide: الحامض الأميني الأبسط من حيث التركيب فهو متكون من جذر أميني متصل مباشرة بكربون جذر الهيدروكسيل COOH - . وهذا المركب غير حيوي. أما في بقية الأحماض الأمينية فتدخل ذرة أو أكثر من الكربون بين هذين الجذرين. ويحدد موقع الأمين في السلسلة الكربونية الفئة (أحمر : ألفا، بيتا، جاما) التي ينتمي إليها الحمض الأميني كما يلي:

احماض ألفا-أمينية، حيث يتصل جذر الأمين بالكربون رقم 2 بعد كربون جذر الهيدروكسيل ويرقم بألفا $\{ \}$ $\displaystyle C_{\alpha}$ يسمى المركب بالحمض 2-أمينوإيثانويك Aminoethanoic acid، أو ما يعرف بالجلاليسين Glycine، أبسط الاحماض الأمينية لدى الكائنات الحية. أما بقية الأحماض الألفا-أمينية فلها نفس البنية مع اختلاف في السلسلة الجانبية $\{ \}$ $\displaystyle R$ ، فعوضاً عن ذرة الهيدروجين المرتبطة بالكربون ألفا في الكلايسين، تتخذ أنواع مختلفة، على سبيل المثال، جذر الميثيل Methyl في حالة الألانين Alanine أو جذر مختلف الحلقة Heterocyclic بالنسبة للتريبتوفان Tryptophan. والدور الأساسي للأحماض الألفا-أمينية هو بناء مختلف البروتينات.

احماض بيتا-أمينية، يرتبط جذر الأمين بالكربون الثالث بداية من كربون جذر الهيدروكسيل $\{ \}$ $\displaystyle C_{\beta}$ ، وأبسط ممثل أحيائي لهذه الفئة هو البيتا-ألانين، يتأتي من تحلل الكارنوسين Carnosine، ويلعب دور ناقل عصبي مثبط للكلايسين.

احماض كاما-أمينية، يتحد جذر الأمين بالكربون الرابع بعد كربون جذر الهيدروكسيل $\{ \}$ $\displaystyle C_{\gamma}$ ، المثال المعروف في هذه الفئة هو حامض الغاما-بيتيريك GABA، وهو كذلك ناقل عصبي مثبط.

التماثلية البصرية (التناظر)

لدى جميع الأحماض الألفا-أمينية، باستثناء الكلايسين، يكون الكربون-ألفا مرتبطاً بجذور مختلفة ومجموعة جانبية $\{ \}$ $\displaystyle R$ مميزة لذا نقول أنه كايروي Chiral أو مركز ناشط بصرياً. ونتيجة لهذه الخاصية، فإن كل حمض ألفا-أميني متواجد في الطبيعة على شكل نظيرتين بصريتين Stereoisomers، يمينية Dextrogyre ويرمز لها، في الكيمياء الحيوية، بـ $\{ \}$ $\displaystyle D$ ، أو يسارية Levogyre ويرمز لها بـ $\{ \}$ $\displaystyle L$. ومعنى ذلك فيزيائياً أنها تقوم بازاحة الضوء المستقطب بزواوية معينة اما باتجاه عقارب الساعة بنسبة للنظير $\{ \}$ $\displaystyle D$ ، وهو الاتجاه الموجب (+)، أو ضد اتجاه عقارب الساعة بنسبة للنظير $\{ \}$ $\displaystyle L$ ، وهو الاتجاه السالب (-). وبالنسبة لنظام التسمية R / S، الأكثر استعمالاً في الكيمياء العضوية، فإن نفس المبدأ يتبع حسب قاعدة "كان إنجولد بريلوج" فـ $\{ \}$ $\displaystyle D == R$ و $\{ \}$ $\displaystyle L == S$.

نموذج للنظيرتين البصريتين للألانين.

ولا تنطبق هذه القاعدة الا على السيستين (بالإنجليزية: Cysteine) لأن الجذر الكبريتي ليست له الأولوية في هذه الحالة. اذن فالـ $\{displaystyle D\}$ سيستين هو الـ S-سيستين، والـ L -سيستين هو الـ R-سيستين.

وفي المثال الموجود على النموذج المقابل، نجد الـ $\{displaystyle D\}$ -ألانين وكأنه صورة عبر المرآة لـ $\{displaystyle L\}$ -ألانين، وهما مركبان لا يمكن مطابقتها non -superimposable، تماماً كما لا يمكن مطابقة كف اليد اليمنى مع ظهر اليد اليسرى صورة. والسبب لا يزال محيراً، فان غالبية الأحماض الألفا-أمينية المكونة للبروتينات هي من النظيرة $\{displaystyle L\}$ وليست $\{displaystyle D\}$. ولكن يمكن أن نجد بعض الـ $\{displaystyle D\}$ -أحماض أمينية في أنواع من الصدفيات مثل عائلة الكونيدات Conidae، وفي الغشاء البيبتدوسكري Peptidoglycan لبعض البكتيريا.

تقسم الأحماض الألفا-أمينية العشرون الموجودة في البروتينات، والمشفرة في الشفرة الوراثية، إلى مجموعات حسب عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والأحيائية:

1. الطبيعة الكيميائية للسلسلة الجانبية:

بما أن المجموعة الجانبية $\{displaystyle R\}$ هي التي تحدد هوية الحمض الأميني، يمكن إذن تقسيم الأحماض الأمينية إلى ذات سلسلة هيدروكربونية، اما أليفاتية Aliphatic أو أروماتية Aromatic أو مختلفة الحلقة Heterocyclic.

2. القطبية الكهربائية: تقسم الأحماض الأمينية حسب قطبيتها الكهربائية، وذلك حسب حالة التأين، إلى قطبية Polar (سالبة أو موجبة الشحنة) أو غير قطبية Nonpolar (عديمة الشحنة). تحدد هذه الخاصية المهمة قابلية الأحماض الأمينية للانحلال في الماء (و لماء هبةارة عنطول قطبي)، فتكون الأحماض الأمينية ذات المجموعات الجانبية $\{displaystyle R\}$ القطبية متجاذبة مع الماء Hydrophilic، وهي عادة ما تكون على الجزء الخارجي للبروتينات. بينما الأحماض الأمينية ذات السلاسل الجانبية غير القطبية، وغير المتجاذبة مع الماء Hydrophobic، تميل إلى التجمع للداخل.

مخطط فيين لتصنيف الأحماض الأمينية إلى زمر (أنظر إلى الجدول أسفله)، حسب الخصائص الكيميائية للمجاميع الجانبية وقطبيتها الكهربائية.

3. **القاعدية الحمضية** : السلسلة الجانبية $\{R\}$ من الممكن أن تكون قاعدية، مثل حمض الليسين Lysine أو الأرجينين Arginine وهو شديد القاعدية، أو حمضية، مثل الجلوتامك Glutamic acid والأسبارتك Aspartic acid، أو متعادلة مثل الكلايسين والليوسين Leucine. وعادة ما تكون الأحماض الأمينية ذات المجاميع الجانبية القاعدية والحمضية قطبية جداً وهي توجد بصورة كبيرة على سطح البروتينات المماس للماء.

يمكن أيضاً أن نقسم الأحماض الأمينية حسب أهميتها الغذائية وتوفرها الأحيائي إلى :

أحماض أمينية ضرورية Essential لا يصنعها الجسم، ويجب تناولها في الغذاء. مثال، الليوسين والليسين.

أحماض أمينية شبه أساسية Semi-essential يستطيع الجسم تخليقها ولكن ليس بكميات كافية، خاصة في مرحلة النمو؛ ويحبذ أن تتوفر في الغذاء. مثال: الأرجينين والهستيدين Histidine.

أحماض أمينية غير أساسية Nonessential متوفرة في الجسم السليم بكميات دائمة، ويمكن للجسم تصنيعها، ولا تستلزم حضورها في الغذاء. مثال، الكلايسين والبرولين Proline.

الأهمية الغذائية	حمضية أو قاعدية السلسلة الجانبية	قطبية السلسلة الجانبية	الكتلة الذرية (غ ١ مول)	الرمز (حرف واحد)	الرمز (ثلاثة حروف)	الحامض الاميني
غير أساسي	متعادل	غير قطبي	89,1	A	Ala	<u>ألانين</u> Alanine
شبه-أساسي	قاعدي (قوي)	قطبي	174,20	R	Arg	<u>أرجينين</u> Arginine
غير أساسي	متعادل	قطبي	132,12	N	Asn	<u>أسباراجين</u> Asparagin
غير أساسي	حمضي	قطبي	133,10	D	Asp	<u>حمض الأسبارتيك</u> Aspartic acid
غير أساسي ^٢	متعادل	قطبي	121,16	C (Cys	<u>سيسيتين</u>

Cysteine						م)
كلوتامين Glutamin	Gln	Q	146,15	قطبي	متعادل	غير أساسي
كلوتاميت Glutamic acid	Glu	E	147,13	قطبي	حمضي	غير أساسي
كلايسين Glycine	Gly	G	75,07	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
هستيدين Histidine	His	H	155,16	قطبي	قاعدي (ضعيف)	شبه- أساسي
آيزوليوسين Isoleucine	Ile	I	131,17	غير قطبي	متعادل	أساسي
ليوسين Leucine	Leu	L	131,17	غير قطبي	متعادل	أساسي
لايسين Lysine	Lys	K	146,19	قطبي	قاعدي	أساسي
مثنونين Methionine	Met	M	149,21	غير قطبي	متعادل	أساسي
فينيل ألانين Phenylalanine	Phe	F	165,19	غير قطبي	متعادل	أساسي
برولين Proline	Pro	P	115,13	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
سيرين Ser	Ser	S	105,09	قطبي	متعادل	غير

Serine						أساسي
ثريونين Threonine	Thr	T	119,12	قطبي	متعادل	أساسي
تريبتوفان Tryptophan	Trp	W	204,23	غير قطبي	متعادل	أساسي
تيروسين Tyrosin	Tyr	Y	181,19	قطبي	متعادل	غير أساسي ^م (م)
فالين Valine	Val	V	117,15	غير قطبي	متعادل	أساسي

^م رمز السيستين **C** يمكن أن يكتب أيضاً **C_{s-H}** ، إذا كان الجذر الكبريتي (-HS) حراً أو **C_{s-S}** ، إذا كان هذا الجذر مرتبطاً بجذر كبريتي لسيستين أخرى في السلسلة البيبتيدية. وتختلف الخصائص أيضاً في هذه الحالة، فالسيستين المرتبطة تصير غير قطبية. هذه الأحماض الأمينية تكون أساسية في مراحل النمو الأولى وعند الأطفال.

الروابط البيبتيدية :

وهي الروابط التي تتشكل بين جزيئين عندما تتفاعل مجموعة الكربوكسيل للجزيئة الأولى مع مجموعة الأمينو للجزيئة الثانية محررة جزيئة الماء (H₂O) ويدعى هذا التفاعل بالتآلف الجاف وكذلك يسمى (تفاعل التكثيف) ويحدث بين الأحماض الأمينية. إن الأصرة الناتجة من هذا التفاعل وهي CO-NH تسمى الصرة البيبتيدية وتدعى الجزيئة الناتجة بالأميد، والأميدات مركبات عضوية تحتوي مجموعة وظيفية تدعى الاميد وهي عبارة عن زمرة كربونيل متصلة بزمرة أمين. وتندمج الأحماض الأمينية مع بعضها مكونة مجموعة هائلة من البروتينات المختلفة،

3. الأحماض الأمينية الأساسية المشروطة (Conditional amino acid)

في الحالة الطبيعية تعد الأحماض الأمينية الأساسية المشروطة من أنواع الأحماض الأمينية غير الأساسية، أي يمكن لجسم الإنسان تصنيعها، ولكن في حال تعرض الجسم للإجهاد أو المرض، يصبح الجسم غير قادر على إنتاجها، الأمر الذي يؤدي إلى الحاجة لتعويض النقص الحاصل، ويتم ذلك عن طريق الحصول على هذه الأحماض الأمينية من

مصادر غذائية، ولهذا سميت بالأساسية المشروطة. والتي هي السيستين. الأرجنين . التايروسين. البرولاين. السيرين. الأورنيثين (Ornithine). الكلوتامين. الكلايسين.

وظائف الأحماض الأمينية

تلعب الأحماض الأمينية دورًا أساسيًا في العديد من أنظمة الجسم ووظائفها الحيوية، وتتلخص وظائف الأحماض الأمينية بالآتي:

1. تصنع بروتينات الجسم، ومن أبرز هذه البروتينات: الإنزيمات. الهرمونات، مثل: الثايروكسين، والأنسولين. الأجسام المضادة. النواقل العصبية، مثل: الهستامين، والسيروتونين، وميلاتونين، والأدرينالين والنورادرينالين. الحامض النووي والحامض النووي الرايبوزي.
2. البروتينات البنائية، مثل: الكولاجين، والإيلاستين، والكيراتين.
3. البروتينات الناقلة للمركبات الحيوية الأخرى، مثل الهيموغلوبين وهو البروتين الذي ينقل الأكسجين بين أنسجة الجسم المختلفة.
4. البروتينات الخزنية، مثل الفيريتين (Ferritin)، وهو البروتين المسؤول عن تخزين الحديد في الجسم.
5. تعد مصدرًا للطاقة في حالات خاصة.
6. تساهم في عملية النمو والتطور للعديد من الأعضاء، مثل: العضلات، والجلد، والشعر، والأظافر.
7. لها دور فعال في عملية إصلاح والتنام الأنسجة.
8. تساعد في العمليات الأيضية وعمليات تحطيم الغذاء.
9. تساهم في الحفاظ على حيوية وظائف القلب والشرايين.

المحاضرة الرابعة

مستويات تركيب البروتين

يحدد شكل البروتين وظيفته. إن أحد الطرق التي تستخدم في دراسة شيء صغير جداً مثل البروتينات هو النظر إليه باستخدام طول موجة صغيرة ذات طاقة عالية. بعبارة أخرى، باستخدام اشعة X، تمر هذه الأشعة من خلال بلورات البروتين لتنتج سلوكاً حيوياً. هذا السلوك يمكن أن يحلل بعد ذلك عن طريق طريقة مجهدة تسمح للباحث ببناء صورة ثلاثية الأبعاد لكل ذرة من ذرات البروتين، الميكلوبين أول البروتينات التي تم تحليلها، وتبعه بعد ذلك تحليل البروتين القريب منه وهو الهيموكلوبين.

تمتلك الأحماض الأمينية جميعها هيكلًا متشابهًا، إلا أنها تختلف في المجموعة الجانبية، أو مجموعة R. ستة من الأحماض الأمينية غير مستقطبة لأنها تمتلك CH_2 أو CH_3 في مجموعتها R. اثنان من الستة يحتويان على تراكيب حلقيّة تمتلك روابط ثنائية أو أحادية، وتسمى هذه الأحماض الأمينية بالأحماض الحلقية. أحماض أمينية ستة أخرى مستقطبة لأنها تمتلك الأكسجين أو مجموعة الهيدروكسيل في مجموعة R، خمسة أحماض أمينية أخرى قادرة على التأين والتحول لأشكال مشحونة. الأحماض الأمينية الثلاثة المتبقية تمتلك صفات كيميائية تسمح لها بتشكيل روابط بين سلاسل البروتين أو أنثاءات في البروتين. بعد داسة عدد كبير من البروتينات، ظهر مبدأ واضح وهو أن في كل بروتين تمت دراسته، تكون معظم الأحماض الأمينية الداخلية هي من النوع غير المستقطب مثل الليوسين، وفالين، والفتيل الأنين، إن ميل الماء إلى إبعاد الجزيئات غير المحبة للماء جانباً يضع الجزيئات غير المستقطبة من سلسلة الأحماض الأمينية داخل البروتين، وقريبة من بعضها ما يجعل الفراغات بينهما قليلة جداً. أما الأحماض الأمينية المستقطبة والمشحونة فعادةً ما تكون مقيدة للسطح الخارجي للبروتين، ماعدا عدد قليل منها الذي يؤدي دوراً وظيفياً مهماً تقليدياً: هناك أربعة مستويات لتركيّب البروتين الأولي، والثانوي، والثالثي، والرابعي، سنناقش هذه التراكيب ومن ثم سنناقشها مع ما تم التوصل إليه من معلومات حديثة حول تركيب البروتين.

التركيب الأولي: تسلسل من الأحماض الأمينية

التركيب الأولي للبروتين هو تسلسل من الأحماض الأمينية، تستطيع البروتينات أن تتكون من أي تسلسل من الأحماض الأمينية وذلك كون مجموعة R التي تميز هذه الأحماض لا تؤدي دوراً في العمود الفقري للبروتين. حيث إن أي حمض أميني من الأحماض الأمينية العشرين المختلفة يمكن أن يظهر في أي موقع، فإن البروتين الذي يحتوي على مئة حمض أميني يستطيع أن يكون 20100 تسلسل مختلف من الأحماض الأمينية (هذا شبيه ب 10130، أو واحد يتبعه 130 صفراً أكثر من عدد الذرات المعروفة في الكون) هذه ناحية مهمة للبروتين لأنها تسمح بوجود تنوع حيوي كبير.

خذ في الحسبان بروتين الهيموكلوبين، المستخدم في الدم لنقل الأكسجين يتكون الهيموكلوبين من سلسلتين ببتيديتين من نوع X كلوبين، وسلسلتين ببتيديتين من نوع B جلوبيين، تختلف سلاسل a جلوبيين عن سلاسل B جلوبيين في ترتيب الأحماض الأمينية، إضافة إلى أن أي تغيير في الأحماض الأمينية لأي من هاتين السلسلتين، حتى لو كان حمضاً أمينياً مفرداً يمكن أن ينتج عنه تأثيرات كبيرة في وظيفة البروتين.

التركيب الثانوي: أشكال الربط الهيدروجيني

ليس فقط المجموعات الجانبية للأحماض الأمينية المكونة للبروتين تكون قادرة على تكوين الروابط الهيدروجينية. الببتيدية (الجانبية) للسلاسل الببتيدية تستطيع أن تعمل ذلك أيضاً. هذه الروابط الهيدروجينية يمكن أن تكون مع الماء أو مع

مجموعات بيتيدية (جانبية) أخرى. إذا شكلت المجموعات البيتيدية عدداً كبيراً من الروابط الهيدروجينية مع الماء، سوف سوف تنتج بروتيناً يمتلك التفافاً عشوائياً ولا تكون التراكيب الكروية المشهورة بالبروتينات. اقترح العالم ليتس يالينك أنه إذا التقت السلسلة البيتيدية بشكل حلزوني، فإن المجموعات البيتيدية تستطيع التفاعل مع بعضها. سمي هذا الالتفاف الحلزوني ألفا اللولبي نحن نسمي هذا النوع من الارتباطات بين المجموعات البيتيدية في العمود الفقري للسلسلة البيتيدية التركيب الثانوي الشكل الآخر من التركيب الثانوي يمكن أن يحدث بين مناطق من السلسلة البيتيدية التي تصطف بجانب بعضها تركيباً مستوياً يسمى صفائح بيتا المثناة هذه المناطق البيتيدية يمكن أن تكون متوازية أو غير متوازية. اعتماداً على اتجاه المقاطع المتجاورة من السلسلة البيتيدية بالنسبة إلى بعضها.

هذان النوعان من التراكيب الثانوية يشكلان مناطق في البروتين تكون أسطوانية (حلزون ألفا) أو مستوية (صفائح بيتا المثناة) التركيب النهائي للبروتين.

الارتباطات التي تسهم في تكوين شكل البروتين:

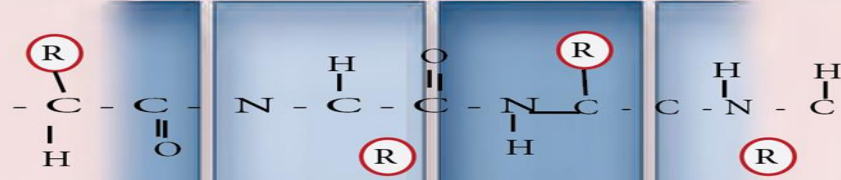
إضافة إلى الروابط التي تربط الأحماض الأمينية مع بعضها في البروتين. هناك عدد من القوى الضعيفة والارتباطات التي تحدد كيفية انطواء البروتين:

1. الروابط الهيدروجينية تشكل بين الأحماض الأمينية المختلفة
2. الرابطة الكبريتية الثنائية تشكل بين مجموعتي R لحمضين من السيستين
3. الروابط الأيونية تشكل بين مجموعات لها شحنات مختلفة، بسبب غيوم من الإلكترونات المستقطبة المختلفة، عادةً ما يكون هذا التجاذب ضعيفاً.
4. الجزء المستقطب من البروتين يحاول التجمع على سطح البروتين ويتفاعل مع الماء، في حين يقحم الجزء غير المحب للماء من البروتين، الذي يتضمن الأحماض الأمينية غير الستقطبة إلى داخل البروتين.

مستويات التركيب البروتيني:

التركيب الأولي للبروتين هو تسلسل الأحماض الأمينية فيه.

الرابطه الببتيدية

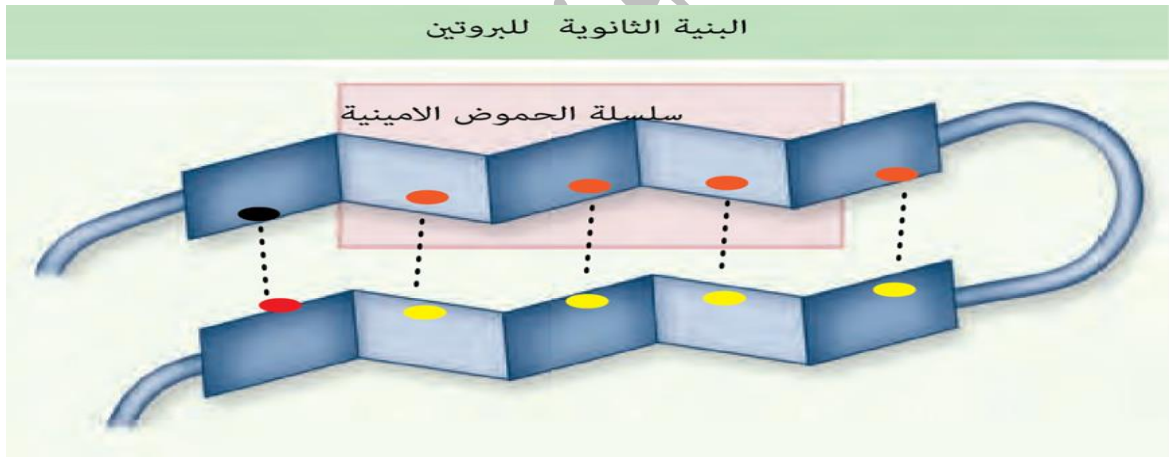


البنية الاولية للبروتين - الرابطه الببتيدية التي تنشأ بين الحموض الامينية

التركيب الثانوي

ينتج من تكون الروابط الهيدروجينية بين الأحماض الأمينية القريبة من بعضها، هذا ينتج نوعين من التراكيب المختلفة صفائح B المثانة و تركيب حلزوني يدعى ألفا_ (a) اللولبي.

البنية الثانوية للبروتين

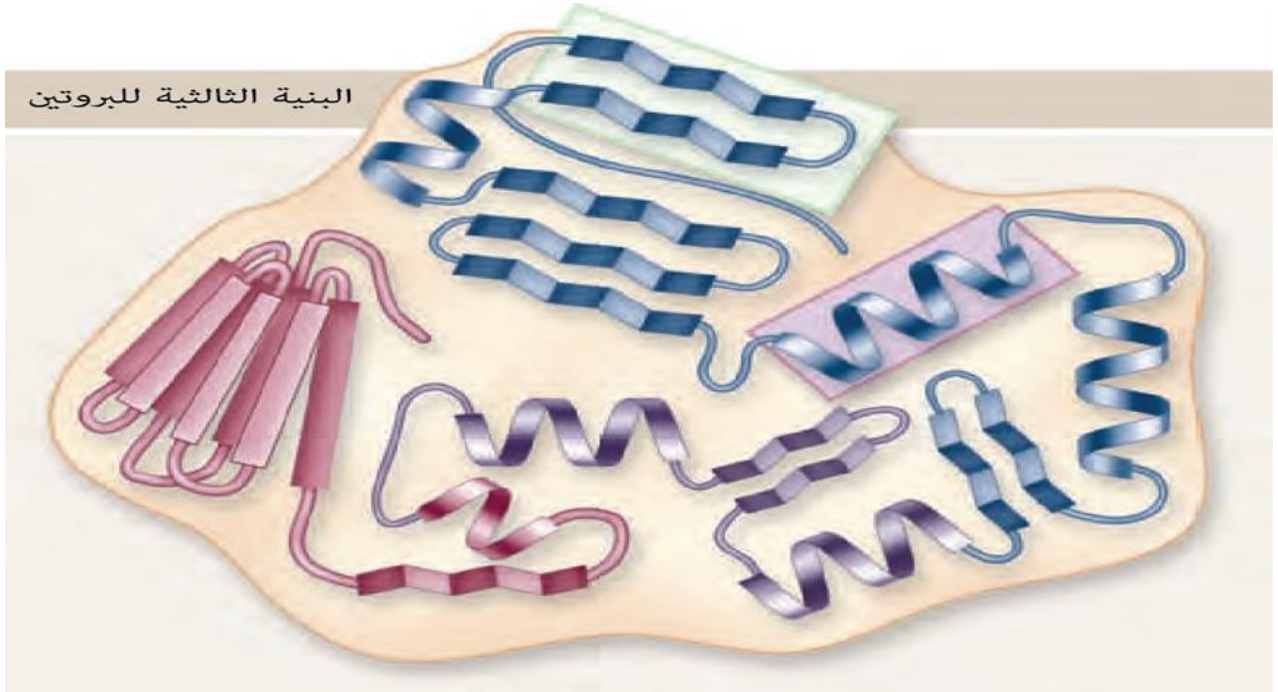


التركيب الثلاثي الانطواءات والارتباطات

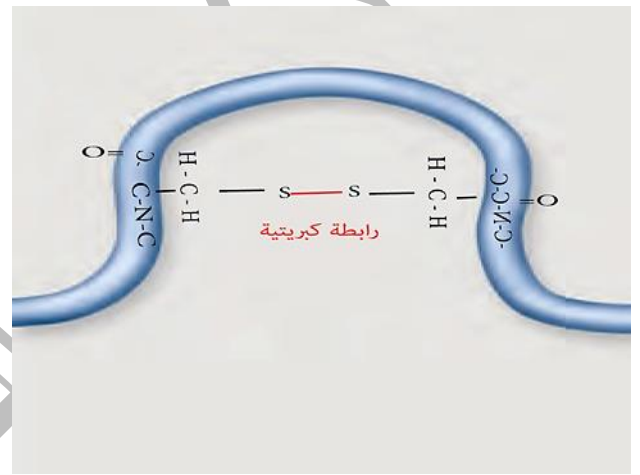
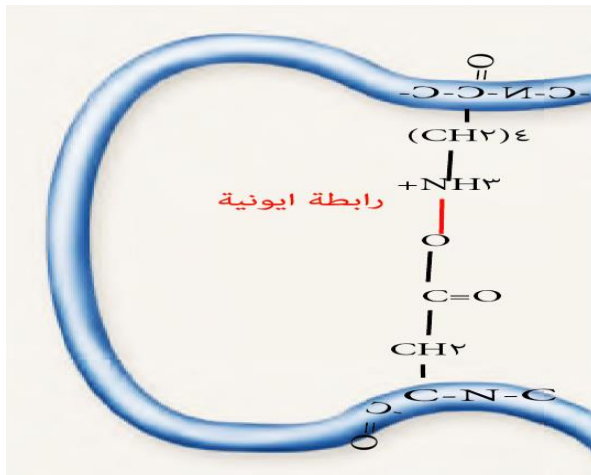
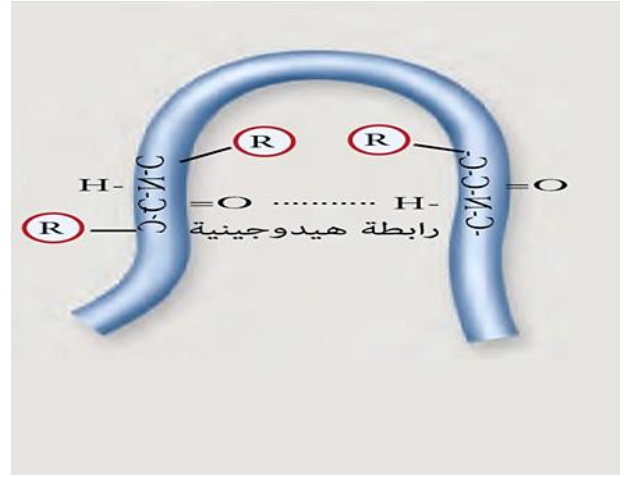
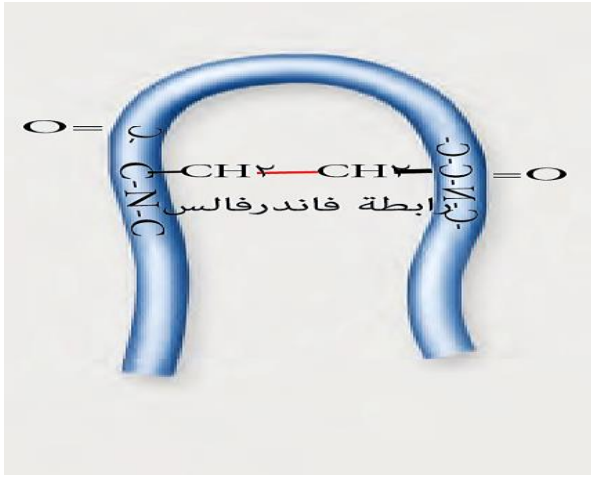
هو التركيب ثلاثي الأبعاد النهائي للبروتين. هذا يحدد كيف أن مناطق التركيب الثانوي تنطوي أكثر في الفراغ لتكون الشكل النهائي للبروتين. التركيب الرباعي يوجد فقط في البروتين من أكثر من عديد ببتيد، في هذه الحالة فإن الشكل النهائي للبروتين هو ترتيب هذه عديدات الببتيد في الفضاء.

الشكل الملتوي النهائي للبروتين الكروي يدعى التركيب الثلاثي للبروتين يحتوي التركيب الثلاثي على مناطق تمتلك التركيب الثانوي الذي يحدد كيف تترتب هذه المناطق في الفضاء لإنتاج الشكل النهائي فمثلاً، البروتين المرتبط بـ DNA عادةً ما يحتوي على مناطق من a الحلزوني التي ترتبط بـ DNA وتتفاعل مباشرةً مع القواعد النيتروجينية لـ DNA بروتينات البورين التي تشكل ثقباً في الغشاء الخلوي مكونة من صفائح B المنطوية مرتبة لتشكل ثقباً في الغشاء. وأخيراً في بروتين الهيموكلوبين. تمتلك السلاسل الببتيدية a و B جلوبين مناطق تحتوي على التركيب الثانوي.

عادةً ما يندفع البروتين لأخذ التركيب الثلاثي له بفعل الإقصاء، بحيث تقترب المناطق من بعضها عن طريق الروابط بين المجموعات الجانبية R المتعاكسة، وبفعل الروابط ثنائية الكبريت (الروابط التساهمية بين مجموعات R للحمضين الأمينين من السيستين). يحدد الانطواء النهائي للبروتين عن طريق تركيبه الأولي بحسب طبيعة المجموعات الجانبية للتركيب الأولي الكثير من البروتينات الصغيرة يمكن أن يعاد فك انتنائها بشكل تام (مسخ البروتين) ويصبح لها انتشاء وطوي من جديد تلقائياً إلى شكلها المميز.



تثبت التراكيب الثلاثية عن طريق مجموعة من القوى تشمل الروابط الهيدروجينية بين مجموعات R للأحماض الأمينية المختلفة ، التجاذب الإلكترونياتيكي بين مجموعات R التي تمتلك شحنات متعاكسة (هذه تسمى الروابط) الإقصاء الكاره للماء للمجموعات غير المستقطبة ، والروابط ثنائية الكبريت التساهمية . إن ثبات البروتين ، عندما يلتف ليكون البروتين الثلاثي ، يتأثر بشكل قوي في كيفية التلاؤم الداخلي للأحماض الأمينية عندما تقترب سلسلتان غير مستقطبتين من بعضهما في الداخل ، تتكون روابط فان ديرفال بين مجموعات R. على الرغم من أن هذه الرابطة ضعيفة ، فإن تكون أعداد كبيرة منها يصنع ارتباطاً قوياً بين سلاسل البروتين ، مثل جمع مئات من الخطافات الملتوية في شريط اللفافات ذات الواجهة الخشنة . هذه الروابط لها تأثير فقط لمسافة قصيرة، لهذا لا يوجد تجاوزيف أو فراغات داخل البروتينات . إن وجود تنوع في الأحماض الأمينية غير المستقطبة على أن تأخذ شكلاً ملائماً، وتتسجم بدقة في داخل البروتين .



لهذا ليس مستغرباً أن تغير حامض أميني واحد له تأثير كبير في تركيب البروتين وكذلك في وظيفته، فمثلاً الهيموكلوبين في الخلايا المنجلية (Hbs) سببه تغير في حمض أميني واحد . حيث حل الحمض الأميني فالين محل الحمض الأميني حمض الجلوتاميت في سلسلة بيتا كلوبين مايسبب تجمع البروتين بشكل كتل . لاحظ أن التغير هنا من حمض أميني مشحون إلى حمض أميني غير مستقطب على سطح البروتين، وهذا يؤدي إلى جعل البروتين دبقاً ويشكل تجمعات . من التغيرات الأخرى على الهيموجلوبين مايسمى HbB وهو الأكثر شيوعاً بين البشر سببه التغير من الحمض الأميني الجلوتاميت إلى الحمض الأميني سيسئين في موقع آخر في سلسلة بيتا جلوبين. في هذه الحالة . فإن التغير في تركيب البروتين ليس كبيراً ، ولكنه يعطل الوظيفة ، مسبباً أنواعاً متعددة من أمراض فقر الدم والتلاسيما. أكثر من 700 تغير على تركيب الهيموجلوبين معروفة ، ويجعل 7% من سكان العالم هذه التغيرات التي لها صلة سريرية (طبية) .

التركيب الرباعي: ترتيب الوحدات البنائية للبروتين

عندما ترتبط سلسلتان أو أكثر من عديد الببتيد لتشكيل بروتين قادر على القيام بوظيفة ما. يشار إلى كل سلسلة بوحدة مكونة (الوحدة البنائية). إن ترتيب هذه الوحدات مع بعضها ينتج التركيب الرباعي للبروتين في البروتينات المكونة من

أكثر من وحدة مكونة بنائية تكون أماكن الاتصال عادةً من النوع غير المستقطب. وتؤدي دوراً مهماً في نقل نشاط الوحدة الواحدة للوحدات المكونة الأخرى.

كما ذكرنا سابقاً، فإن بروتين الهيموكلوبين مكون من وحدتين بنائيتين من نوع ألفا ووحدتين بنائيتين من نوع B. كل واحدة منهما تمتلك تركيباً أولياً عبارة عن تسلسل من الأحماض الأمينية الذي بدوره يأخذ تركيباً ثنائياً مكوناً من شكلين ألفا الحلزوني وصفائح بيتا المنطوية. التي بدورها تترتب لتكون التركيب الثلاثي لكل واحدة من هذه الوحدات. أخيراً تترتب هذه الوحدات لتكون التركيب الرباعي النهائي لهذا البروتين. فالبروتينات التي تتكون من سلسلة واحدة من عديد الببتيد، مثل أنزيم اللايسوزايم، يكون التركيب الثلاثي لها هو التركيب النهائي.



تصنيف البروتينات

1- البروتينات البسيطة (المتجانسة) Simple Proteins :

وهي البروتينات التي تحوي احماضا امينية فقط في جزيئاتها مثل البومينات Albumins، وكلوبولينات Globulins ، وهستونات Histones، والبروتامينات Protamines وغيرها.

2- البروتينات المقترنة (المترابطة) Conjugate Proteins : وهي البروتينات الحاوية احماضاً امينية ومركبات ذات

طبيعة كيميائية مختلفة أو مجموعة غير بروتينية تسمى المجموعة المترابطة او المقترنة Prosthetic Group التي ترتبط بالبروتين كالكربونات والدهون والمعادن وغيرها. وتصنف هذه البروتينات بحسب الطبيعة الكيميائية للمجموعة المترابطة أي عدة أنواع ، منها : البروتينات النووية Nucleo-proteins (بروتينات الاحماض النووية) ، للبروتينات اللبديّة أو الدهون Lipoproteins (المصل ، بروتينات ، الانسجة العصبية والدماعية ، مح البيض) ، والبروتينات السكرية Mucoproteins أو Glycoprotein (المخاط Mucin ، اللعاب) ، والبروتينات المفسفرة Phosphoproteins (كاسئين في الحليب Casein) ، والبروتينات الهيمية (الدموية) Hem proteins (صبغة هموسيانين ، وهيموكلوبين ، سايتوكرومات ، رودوسين ، فلافوروتينات).

وتصنف البروتينات بحسب الشكل الجزيئي الى :

1- البروتينات الكروية Globular Proteins : وتتميز باحتوائها جزيئات كروية او بيضوية تذوب في الماء عموماً مثل الانزيمات ، وبروتينات كالهيموكلوبين ، والكلوبيولين والالبومين والبروتينات التي تكون المعقدات مع الاحماض النووية كالهستونات والبروتامينات .

2- البروتينات الليفية Fibrous Proteins : وتتميز بعدم ذوبانها في الماء ، وتقاوم تأثير الانزيمات الهاضمة المحللة Proteolytic Enzymes ، وتتألف جزيئاتها الطويلة من سلاسل مؤلفة من متعدد اللبيدات ، وهي ذات قوام ليفي Fibrous ، ولها وظائف تركيبية بنائية Structural أو وقائية Protective ، وقد تكون من نوع الكيراتين Keratin الموجود في الجلد والشعر والريش والاطافر وهو غني بالحامض الاميني سستين Cystine أو قد تكون من نوع الكولاجين Collagen الموجود في الغضاريف Cartilages والاورار Tendons ، وهي غنية بالبرولين والكلاليسين والهايدروكسي برولين ، وقد تكون من نوع الايلاستين Elastin الموجودة في الاربطة Ligaments وجدران الشرايين Arteries .

ثمة طريقة اخرى لتصنيف البروتينات، وذلك بحسب وظائفها التي تقوم بها، وهي الانزيمات Enzymes (مثل الرايبونوكليير)، والبروتينات الناقلة Transport Proteins (كاليموكلوبين)، والهرمونات Hormones (مثل الانسولين)، والعوامل الوقائية Protective Agents (كالأجسام المضادة Antibodies) والبروتينات الخازنة Storage Proteins (الحليب الحاوي الكاسئين)، والبروتينات المتقلصة Contractile Proteins (اللاكتين والمايوسين في العضلات)، والبروتينات التركيبية Structural Proteins (الكيراتين والكولاجين والايلاستين) .

المحاضرة الخامسة

الكربوهيدرات

Charbohydrates

الكربوهيدرات: هي مركبات عضوية تتكون من الهيدروجين والاكسجين والكاربون تكون فيها نسبة الهيدروجين إلى الأكسجين 1:2 ، وتعرف الكربوهيدرات : بأنها مشتقات الدهايدية او كيتونية لكحولات عديدة الهيدروكسيل (HO-) لها الصيغة العامة $(CH_2O)_n$ ، او بأنها المركبات التي تعطي هذه المشتقات بالتحلل المائي لها تتميز بشكل عام بطعم حلو لذلك تستخدم في الأطعمة والأشربة للتحلية.

اهمية الكربوهيدرات

تدخل الكربوهيدرات في تركيب الخلايا والانسجة في كافة الكائنات الحية، وهي موجودة بكثرة في النباتات (90%)، وتقل عند الحيوان، وتصل قيمتها عند الإنسان إلى (2%) فقط من الوزن الجاف. تفوق كمية السكريات في الطبقة الحية من الكرة الأرضية مجموع المركبات العضوية بكاملها، تصنعها النباتات، وتستعمل في معظم الكائنات الحية مصدراً للطاقة وبذلك فهي:

(1) مصدر كبير ورخيص وسهل للطاقة حيث ينتج عن تحللها وأكسدها طاقة تستخدم في التفاعلات البيوكيميائية لجميع الكائنات الحية

(2) تخزن الطاقة الكيميائية المشتقة من الكربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP وكوانسين ثلاثي الفوسفات GTP

(3) تدخل الكربوهيدرات في بناء جدار الخلية.

(4) وقود الجهاز العصبي المركزي : حيث لكي يستطيع الدماغ وبقية أجزاء الجهاز العصبي المركزي القيام بوظائفه في تنظيم الجسم، لا بد من توفر الكلوكوز لأنه مصدر الطاقة الرئيسي لهذا الجهاز الهام، وإن نقص الكلوكوز في الدم يؤدي إلى ضعف عمليات التفكير والتركيز الذهني وبالتالي تكثر الأخطاء في المواقف التي تحتاج إلى سرعة التفكير وحسن التصرف.

(5) تكون أحماض أمينية غير أساسية (أي يصنع أحماض أمينية يحتاجها الجسم و لا تكون متوفرة في الغذاء) و ذلك عن طريق إضافة مجموعة أمين للحمض الكيتوني الكربوهيدراتي.

(6) الفائض منها يعمل على تكوين دهن الجسم و الذي بدوره يستخدم لإنتاج الطاقة

الكربوهيدرات أحد المغذيات الأساسية وكما هي أكثر مصادر الطاقة أهمية.

تبلغ كمية الطاقة الغذائية لها القيمة 17 كيلوجول / غ أو كيلوحريرة / غ. وحتى الكربوهيدرات غير القابلة للهضم ، التي تعمل دور المواد المائلة bulk material، هامة في التغذية اليومية المتوازنة balanced daily nutrition. هناك وظائف هامة أخرى في الغذاء تتم عن طريق الكربوهيدرات ، على سبيل المثال تقوم الكربوهيدرات بدور المحليات أو كمواد تشكيل الهلام أو المواد اللاصقة وكموامل الثخانة / مثخنة للقوام thickening agents و كمواد مثبتة، وأيضا كمولدات مواد الرائحة واللون خصوصا عند معالجتها حراريا

تصنيف الكربوهيدرات :

تقسم الكربوهيدرات إلى ثلاث أصناف رئيسية حسب الوحدات البنائية التي يحتويها السكر

(أ) السكريات الأحادية Monosaccharides

السكريات الأحادية جزيئات صغيرة، حلوة الطعم تذوب بسرعة في الماء، متبلورة، مختزلة تستخدم اللاحقة (أوز) في تسميتها. يحوي جزيئها على سبع ذرات كربون أو أقل.

خصائصها :

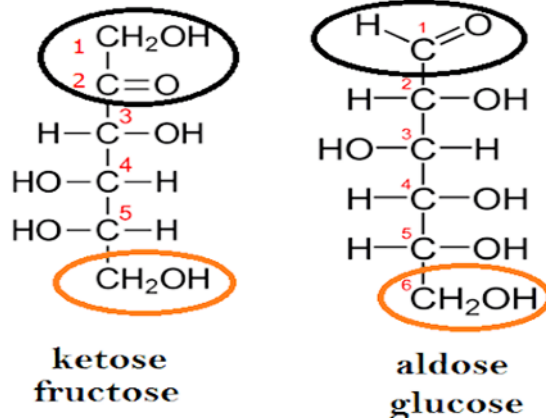
-لا يمكن أن تحلل إلى وحدات أصغر منها بواسطة التحلل المائي وتسمى السكريات البسيطة أحياناً.

- تشمل السكريات الثلاثية (تحتوي على ثلاث ذرات كربون) Trioses والرابعة Tetroses والخماسية Pentoses والسادسية hexoses

- تحتوي على مجموعة كربونيل تقع على ذرة كربون مرتبطة بها رابطة مزدوجة بينما بقية ذرات الكربون المرتبطة بروابط أحادية تحمل مجموعة هيدروكسيل

- يسمى السكر الأحادي ألدهيدي aldose إذا وجدت مجموعة الكربونيل (CO-) في نهاية سلسلة ذرات الكربون. من أبسط السكريات الألدهيدية: السكريات الأحادية ثلاثية الكربون (الترايوز) الكليسرالدهيد (أدو ترايوز)، أما إذا وجدت علي إحدى ذرات الكربون الأخرى فيسمى كيتوني Ketose. من أبسط السكريات الكيتونية- السكريات الأحادية ثلاثية الكربون الكيتونية (الأسيتون ثنائي الهيدروكسيد) (كيتوترايوز)

- الكلوكوز و الفركتوز سكريات أحادية سداسية لهما نفس الصيغة الجزيئية $C_6H_{12}O_6$ أي أنهم يحتويان على نفس عدد ذرات الكربون إلا أن المجموعة الوظيفية: في الكلوكوز هي الألدهايد وفي الفركتوز هي الكيتون.



وقد تم تصنيفها بالاعتماد على عدد ذرات الكربون المكونة للسكر " بالنسبة للسكريات الاحادية. وتتراوح عدد ذرات السكريات الاحادية من 3-9 ذرات كاربون .

3 ذرات كاربون	ثلاثي	Triose
4 ذرات كاربون	رباعي	Tetrose
5 ذرات كاربون	خماسي	Pentose
6 ذرات كاربون	سداسي	Hexose
7 ذرات كاربون	سباعي	
9 ذرات كاربون	Sialic acid	

الفعالية الضوئية للسكريات الأحادية **Optical activity of monosaccharides**

إذا احتوي المركب على ذرة كربون أو أكثر غير متناظرة Asymmetric (ذرة كربون تحتوى على أربع استبدالات مختلفة) فالمركب يكون فعالاً بصرياً Optically active كما هو الحال فى السكريات الأحادية والأحماض الأمينية . وعليه فعندما تمر حزمة لضوء مستقطب من جهاز مقياس الأستقطاب polarimeter على المحلول فإن شعاع الضوء المستقطب إما يدور يميناً فيكون المركب أيمن الدوران dextrorotatory ويرمز له (+ أو D) أو يدور يساراً فيكون أيسر الدوران levorotatory ويرمز له (- أو L)

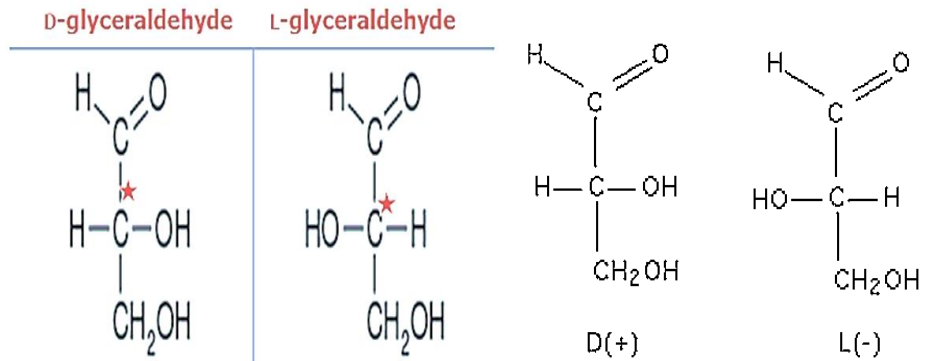
الكليسرالدهايد 2,3-Dihydroxy Propanol هو سكر أحادي ثلاثي ألدهايدي ، ذو صيغة جزيئية $C_3H_6O_3$ وتميز بكونه :

- أبسط السكريات الألديهيدية.
- يكون بشكل بلورات صلبة عديمة اللون حلوة المذاق.
- مركب وسيط في أيض الكربوهيدرات.
- لديه ذرة كربون كيرالية واحدة فقط (غير متناظرة أو غير متماثلة) لذلك هو موجود على هيئة شكلين أيزوميريين مجساميين مختلفين في الخواص الفيزيائية و الكيميائية (و لكن لهما نفس

الصيغة الكيميائية) كل منهما صورة مرآتية للآخر لذلك هما لديهما خاصية تدوير الضوء المستقطب (Enantiomers)، ذرة الكربون رقم 2 هي ذرة كربون غيرمتناظرة (كيرالية) لذلك تستطيع ذرة الكربون هذه تدوير الضوء المستقطب إما لليمين أو اليسار، لذلك يوجد هذا المركب، الكليسرالدهايد، هما: Stereo Isomers بشكلين ايسوميرين

1. (-) الكليسرالدهيد.

2. (+) الكليسرالدهيد.



ذرة الكربون الكيرالية في السكريات الأحادية

في كل سكر أحادي، كل ذرة كربون في هذا السكر تحمل مجموعة هيدروكسيل فإنها:

-في السكريات الألدهيدية هي ذرة كربون كيرالية، ماعدا ذرة الكربون الأولى و الأخيرة.

- في حالة السكريات الكيتونية هي أيضا ذرة كربون كيرالية ، ماعدا ذرة الكربون الأولى و الثانية و الأخيرة

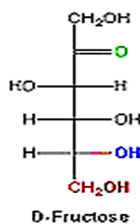
الأشكال الأيزومرية المجسامية للسكريات الأحادية ذات ذرة كربون كيرالية واحدة فقط يمكن أن تعود جميعها إلى المصدر الكليسرالدهيد (الذي يعتبر مركبا قياسيا) الذي له شكل واحد D وشكل واحد آخر L .

المحاضرة السادسة

التناظر الفراغي للسكريات الأحادية: الأيزومرات (المتشكلات الفراغية) (Stereo Isomers)

تحتوي العديد من السكريات الاحادية على نفس العديد من ذرات الكربون والهيدروجين والاكسجين، ومجاميع الكربوكسيل والكاربونيل، ولكنها تكون مختلفة من حيث الترتيب الفراغي لهذه المجاميع وتبعاً لذلك تكون مختلفة في الصفات الفيزيائية. فالصيغة العامة للسكريات الاحادية السداسية (C₆H₁₂O₆) نراها تمثل ستة عشر نوعا مختلفا من السكريات الاحادية السداسية الألدهيدية على الرغم من احتوائها جميعاً على الصيغة الجزيئية العامة:

$C_n(H_2O)_n$. سكر الرايموز Rhaminose لايمتلك الصيغة $C_n(H_2O)_n$



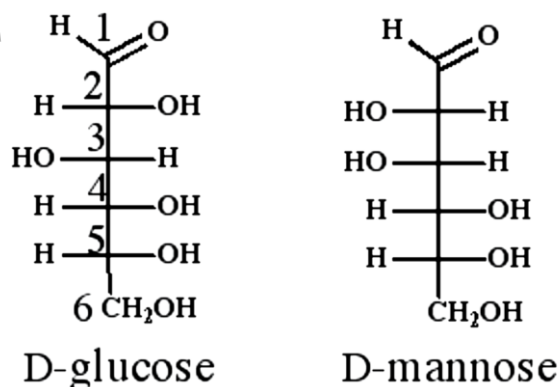
إذا وجد اختلاف في التركيب الفراغي لسكر أحادي معين في المواد المحيطة بذرة الكربون الكيرالية (الأبعد في المسافة عن ذرة الكربون الكربونيلية) عن السلسلة الكربونية لنفس السكر الأحادي أيضا حول ذرة الكربون الكيرالية. فهذا يمكن أن يقسم السكر الأحادي إلى نظيرين.

1. فإذا كانت مجموعة الهيدروكسيل على يمين ذرة الكربون الكيرالية يكون السكر على شكل D ويسمى هذا الشكل بالنظير D – (D-isomer)

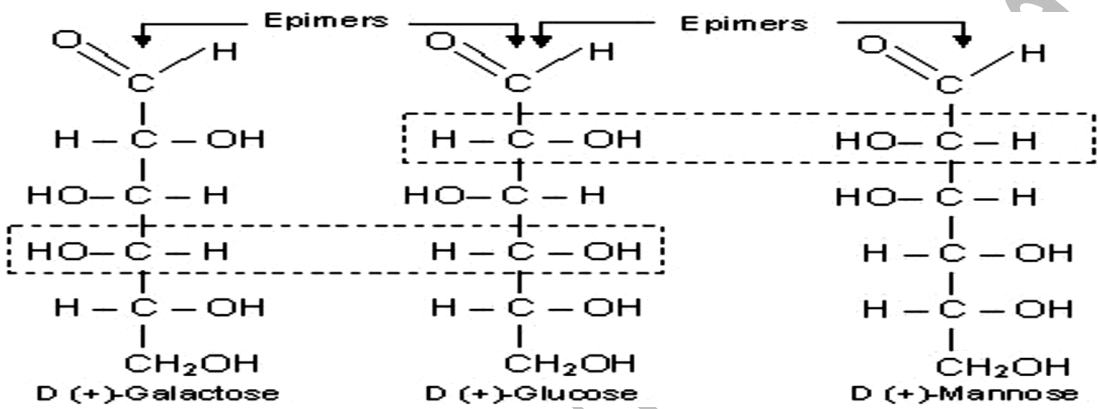
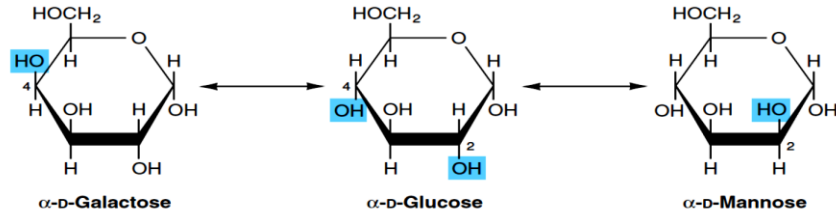
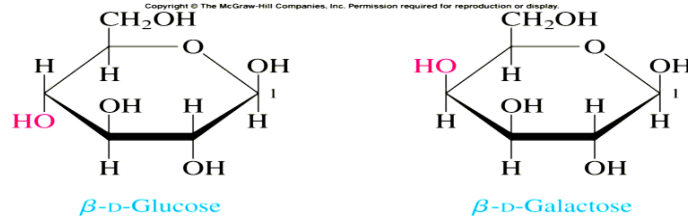
2. أما إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل على يسار ذرة الكربون الكيرالية يكون السكر على شكل L و يسمى هذا الشكل بالنظير L – (L-Isomer)

المتشابهات للسكريات (إبيمرز Epimers)

إذا اختلف سكرين في الشكل الأبعادي حول ذرة كربون متخصصة واحدة فقط فهما إبيمرز Epimers الواحد للآخر، متشابهين بكل شيء ماعدا الترتيب الفراغي حول ذرة كربون واحدة . متشابهين بالصيغة الجزيئية و الصيغة التركيبية. وهكذا فإن D – كلوكوز و D – مانوز هما Epimers فيما يتعلق بذرة الكربون رقم 2 وأن D – كلوكوز و D – كلاكتوز هما Epimers فيما يتعلق بذرة الكربون رقم 4.



الكلوكوز و الكلاكتوز هما إبيمرز Epimers فيما يتعلق بذرة الكربون رقم 4



نظائر السكريات الأحادية الموجودة في الطبيعة

-معظم السكريات الأحادية السداسية موجودة في الطبيعة على هيئة D-isomers

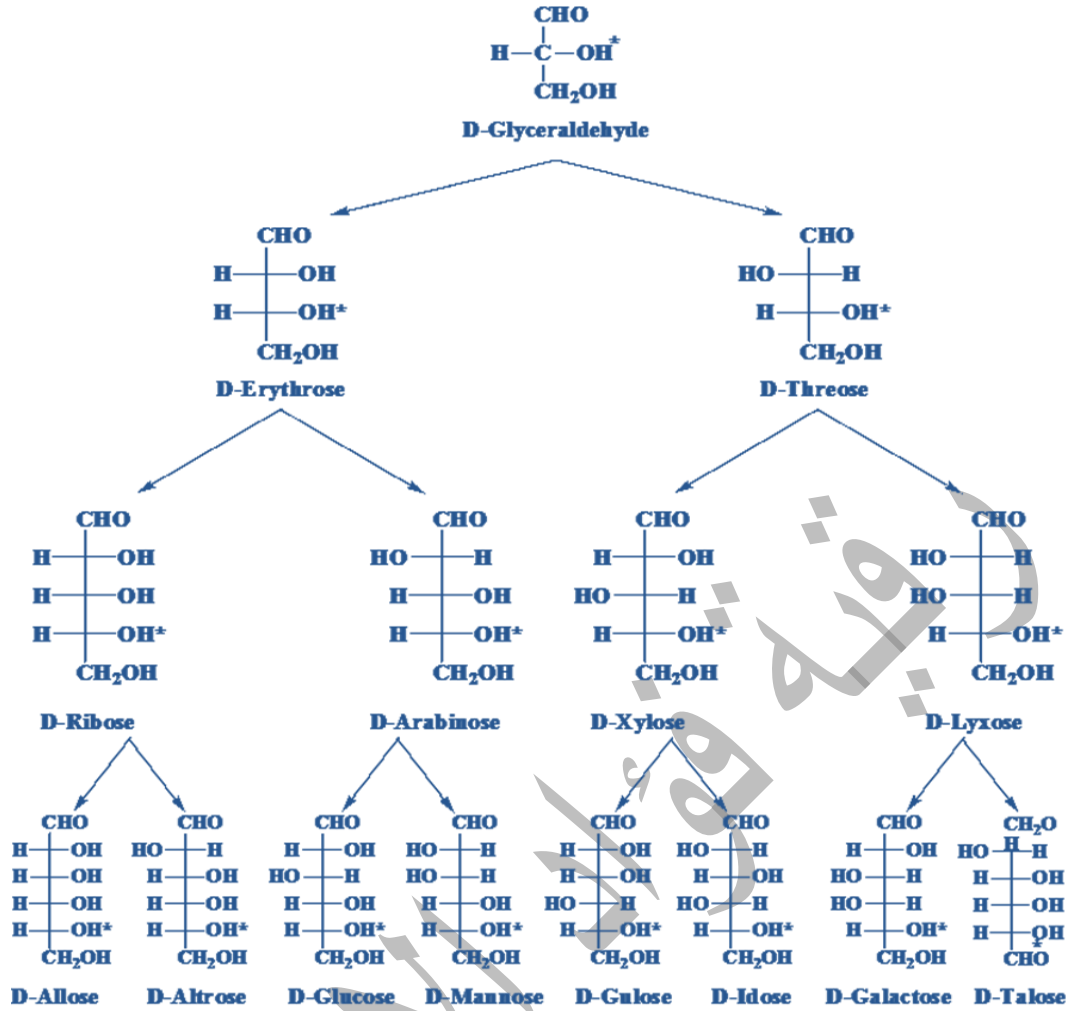
-معظم الألدوزز موجودة في الطبيعة على هيئة D- isomers

-بعض السكريات موجودة في الطبيعة على هيئة L-isomers

مثال:

1. L-Arabinose.

2. L-Isomers لبعض السكريات الشائعة المشتقة من مركبات الكلايكوبروتين.



التركيب الفراغي للسكريات

الصيغة المستقيمة : صيغة فشر

الصيغة الحلقية :- صيغ هورث

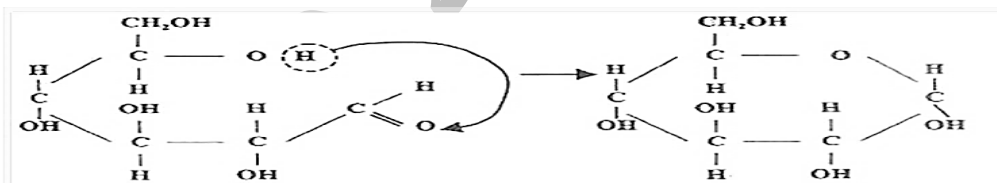
لوحظ بان الدوران الضوئي لمحلول السكريات ذات الشكل (+)D، يتناقص تدريجيا من القيمة البدائية (+133°) وتثبت بعد ذلك عند القيمة (+52.5). فسّر هورث سبب ذلك بخاصية الدوران التلقائي Mutro-Tation ، وان هذا التغير صفة عامة للبينتوزات والهكسوزات والسكريات الثنائية المختزلة ، وبسبب هذا التغير في الدوران هو ان الكلوكوز يوجد في المحلول بشكل حلقي والذي يحصل من تكوين هيمي استيال ضمن الجزيئة الواحدة: وهذا يؤدي الى تكوين ذرة كاربون غير متاسقة C1 ولذا هناك احتمالية تكون شكلين حلقيين (الفا وبيتا) والتي تسمى بالانومرات Anomers وهذه الذرة هي ذرة الكاربون الانومرية.

اذ توجد الكاربوهيدرات بشكلين : خطي وحلقي . في الطبيعة تكون معظم السكريات بشكل حلقي، وبخاصة في جسم الإنسان، وليست كل السكريات قادرة على اتخاذ الشكل الحلقي، وإنما يختص ذلك بالخماسية والسداسية منها. وهناك

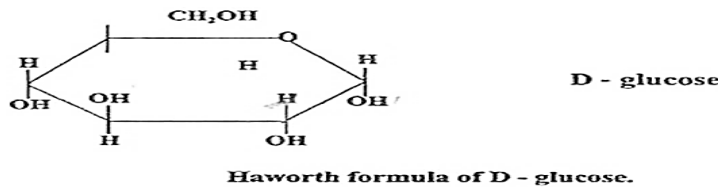
طريقة شهيرة لتمثيل السكريات الحلقية تسمى طريقة هاورث Haworth تعتمد على التفاعل بين مجموعة الدهايد و كيتون ومجموعة الهيدروكسيل في المركبات الكحولية وبالتالي تشكيل مركبات هيمي استيال للمركبات الالدهيدية ومركبات هيمي كيتال للمركبات الكيتونية. كما وجد هورث بأن هذه العملية قد حصلت للشكل الفا من الكلوكوز. أما الشكل بيتا فأن قيمة الدوران النوعي له قد تغيرت من 19.7 الى 52.5 عند التوازن وبالنتيجة فان هورث قد وصل الى العلاقة التي تحصل عن اذابة كلوكوز من نوع الفا او بيتا في المحلول. كذلك نفس العملية يمكن ان تحدث مع السكريات الخماسية الالديهية كالرايبوز او السداسية الكيتونية كالفركتوز.

إسقاط هاورث Haworth Projection نستعمله لتحويل السكر من الشكل الخطي إلى حلق في الألدوزات :

سنأخذ الكلوكوز كمثال : في سكر الكلوكوز تكون ذرة الكربون الأولى متناظرة وحتى يكتب الكلوكوز بالشكل الحلقى يجب أن تصبح غير متناظرة. تتفكك الرابطة المضاعفة بين الأوكسجين والكربون في الزمرة الكربونيلية وتصبح رابطة أحادية وبالتالي يصبح لدى كل من الأوكسجين والكربون يد للارتباط بذرة أخرى. الهيدروكسيل الرابع أو الخامس في الألدوزات يقترب من الزمرة الوظيفية (C1) يأتي الهيدروجين من زمرة ال OH المرتبطة بالكربون 4 أو 5 ، ويرتبط مع ذرة الأوكسجين المرتبطة بالكربون 1 ويشكلان معاً زمرة هيدروكسيلية مرتبطة بالكربون 1 تدعى الهيدروكسيل الكلوكوزيدي (زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بالكربون 1 في السكر الألدوزي الحلقى)، وتسمى ذرة الكربون هذه بذرة الكربون الأنوميرية.



صيغة هاورث Haworth formula
نكتب صيغة الجلوكوز بهذه الصورة أيضاً:

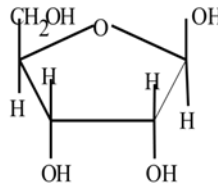


المحاضرة السادسة

أمثلة للسكريات الأحادية

(أ) سكريات خماسية مثل

الراببوز : يدخل في تركيب الحامض النووي



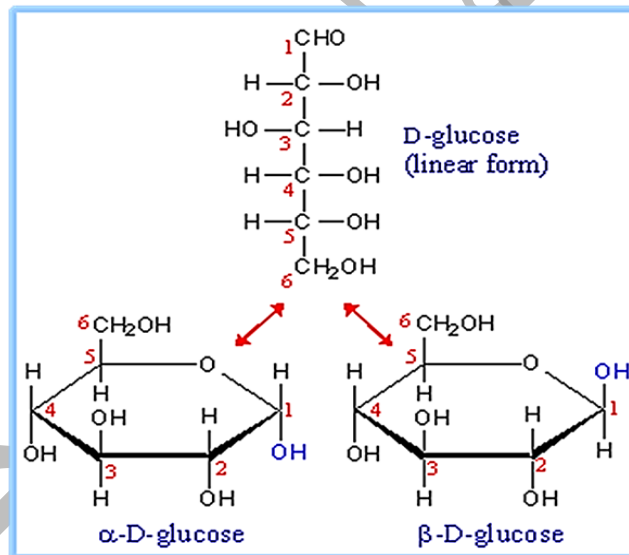
الأرابينوز : يستخدم في اختبارات التخمر للكشف عن البكتيريا.

اللايوز : يدخل في تركيب اللايذوفلافين المعزول من العضلات القلبية.

(ب) سكريات سداسية : مثل

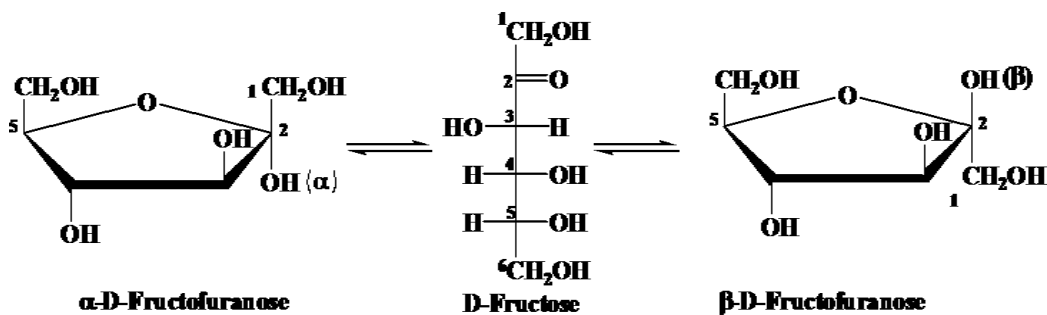
D-كلوكوز : سكر الدم .مصدر للطاقة التي تحتاجها الأنسجة وهو مصدر وقود للدماغ وكريات الدم الحمراء والجلد.

يسمى دكستروز (يميني التدوير)، يسمى سكر العنب- سكر الدم

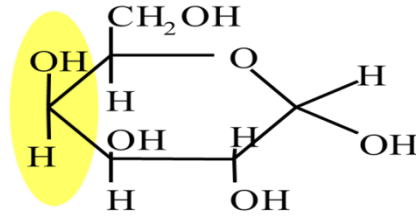


D-فركتوز : سكر الفواكه .يتحول في الكبد والأمعاء إلى سكر الكلوكوز حيث يستفيد الجسم منه في العمليات الأيضية.

سكر سداسي كيتوني ،أكثر السكريات حلاوة ،يسمى ليفولوز (يساري التدوير) يسمى سكر الفاكهة



D-كالاكتوز : سكر الحليب. يتحول إلى سكر الكلوكوز في الكبد للعمليات الأيضية ويتم بناؤه في الغدة اللبنية لصنع سكر اللاكتوز في الحليب. سكر سداسي الدهيدي ،إيبيمر للكلوكوز (C4) ، لا يوجد منفرداً



α -D-Galactose

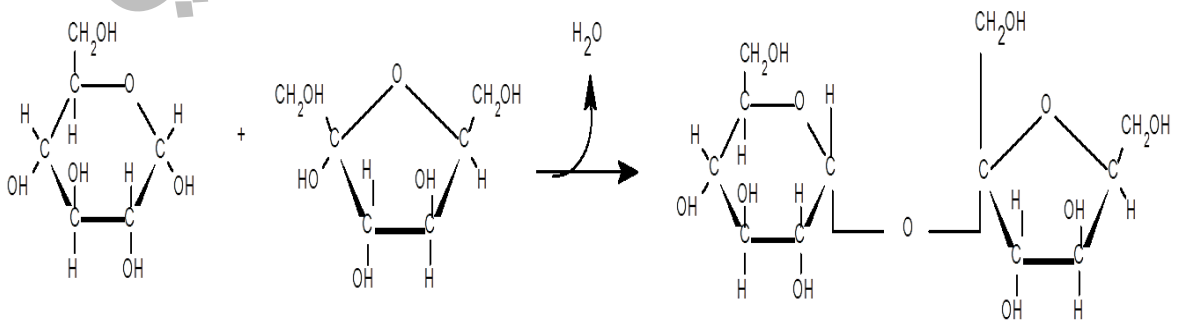
المحاضرة السابعة

(ب)السكريات العديدة Oligosaccharides

وهي تتكون من سلاسل قصيرة من السكريات الاحادية(2-10وحدات) المرتبطة مع بعض بواسطة اواصر كلايكوسيدية Glycosidic Linkage.وتشمل السكريات الثنائيةDisaccharides والثلاثية Trisaccharides والرابعة Tetrasaccharides

1.السكريات الثنائية Disaccharides

- هي السكريات الناتجة من اتحاد جزأين من السكريات الاحادية السداسية.
- الرمز العام لها $C_{12}H_{22}O_{11}$ واهمها السكروز والمالتوز واللاكتوز ، حيث تتحل مائياً إلى وحدتين من السكريات الأحادية.
- هي من السكريات الشائعة في المملكة النباتية مثل سكر القصب والعنب كما أنها توجد في الحليب.

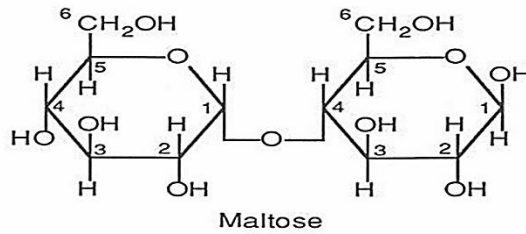


أمثلة للسكريات الثنائية:

(1) المالتوز maltose سكر الشعير:

- يتكون المالتوز من جزئيتين من الكلوكوز مرتبطين بواسطة رابطة كلايكوسيدية ناتجة من ترابط ذرة الكربون رقم (1) مع ذرة الكربون رقم (4) في الجزئ الآخر وينتج عن هذا الترابط فقد جزئ ماء.

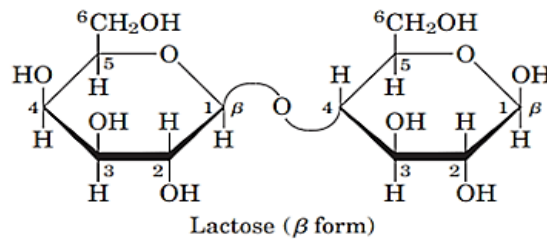
- ينتج المالتوز من هضم النشا النباتي والحيواني بواسطة إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب والأمعاء ليعطي جزئين من الكلوكوز



(2) اللاكتوز Lactose : سكر الحليب

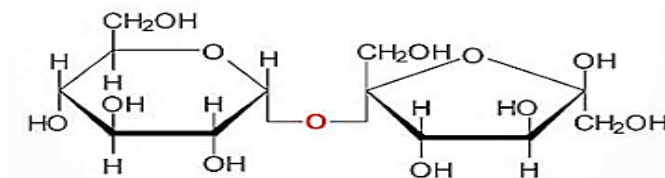
- يوجد فقط في الحليب ويمكن تحلله إلى جزئ كلوكوز وآخر كالاكتوز بواسطة إنزيم اللاكتيز الموجود في الأمعاء وهو أنزيم نشط لدي الأطفال الرضع.

- يعد اللاكتوز من السكريات المختزلة.

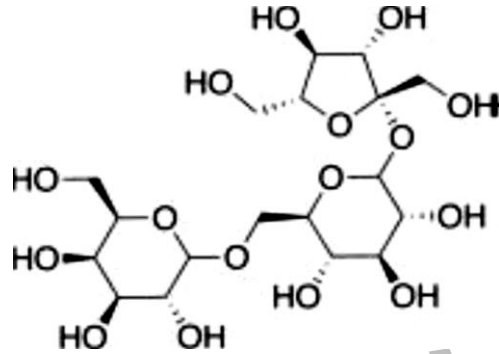


(3) السكروز sucrose سكر القصب :

- يتحلل إلى جزئ كلوكوز وآخر فركتوز بواسطة إنزيم السكروز ويطلق عليه أحياناً إنزيم إنفرتيز ، ويوجد إنزيم الانفرتيز في الأمعاء. السكروز حلو المذاق وهو سكر غيرمختزل



2. **السكريات الثلاثية** : وهي تتكون من ثلاث وحدات من السكر الاحادي مرتبطة مع بعض بواسطة اصرة كلايكوسيدية مع نزع 2 من جزيئات الماء مثال عليها : الرافينوز (كلوكوز +فركتوز + كالاكتوز).



3. **السكريات الرباعية** : وهي تتكون من اربع وحدات من السكر الاحادي مرتبطة مع بعض بواسطة اصرة كلايكوسيدية مع نزع 3 جزيئات الماء مثال عليها : الستاكبوز سكر رباعي غير مختزل. يتكون من الكلوكوز والفركتوز وجزيئين من الكالاكتوز.

(ج) السكريات المتعددة polysaccharides

- هي عبارة عن سلاسل طويلة polymer مستقيمة أو متشعبة ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات سكر أحادي متكرر أو أكثر بواسطة رابطة كلايكوسيدية glycosidic bond مع سحب جزيئات ماء.

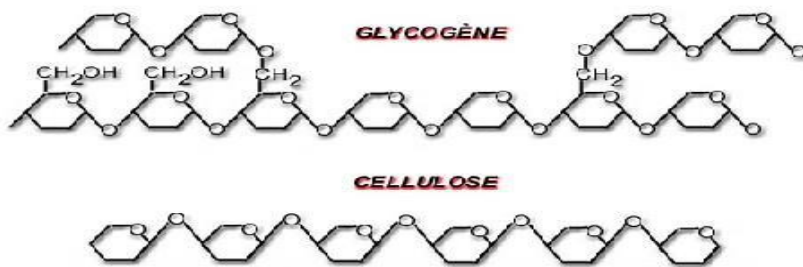
- تقسم السكريات المتعددة إلى قسمين بناءً على تركيبها الكيميائي إلى:

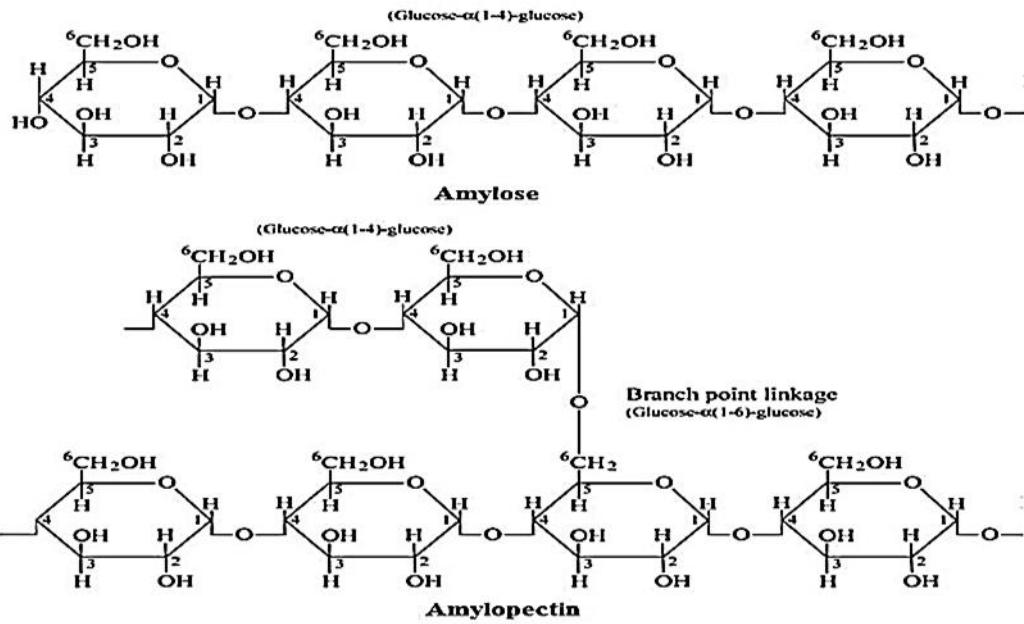
(1) السكريات المتعددة المتجانسة Homopolysaccharides

هي سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية. من أمثلتها

1. **النشا النباتي** : (وحدات متكررة من الكلوكوز) **والكلايكوجين** (النشا الحيواني) **والسيلوز** Cellulose : الوحدة

الأساسية فيها هو سكر الكلوكوز وتكون على شكل سلاسل خطية طويلة .



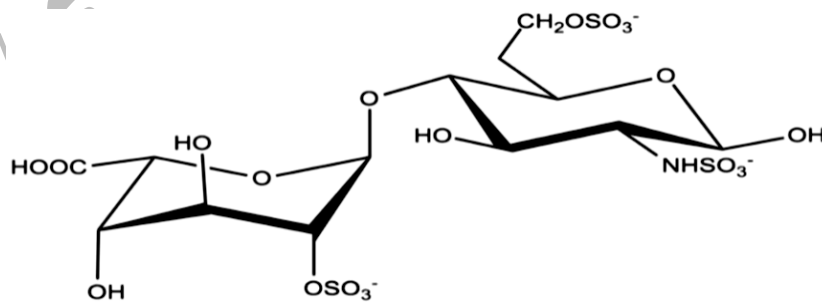


(2) السكريات المتعددة غير المتجانسة Heteropolysaccharides

هي سلاسل طويلة تحتوي على أكثر من نوع من وحدات السكر المتعدد. مثال عليها حامض الهالورونيك

Hyaluronic والكوندرويتين Chondroitin والهيبارين Heparin

الهيبارين Heparin : مثبط قوي لتجلط الدم يصنع في الكبد ، ويتواجد بكميات كبيرة في القلب والطحال ، وله تأثير منظم للإفرازات الهرمونية و هو سكر تكون الوحدة الأساسية له ليست عبارة عن سكر متجانس فهو يتكون من حامض كلوكيورونيك و N-أسيتيل كلوكوزامين أي أن الوحدة المشتركة مختلفة وسيعطي بالتحلل المائي مشتقات الكلوكوز الكبريتية والأمينية.



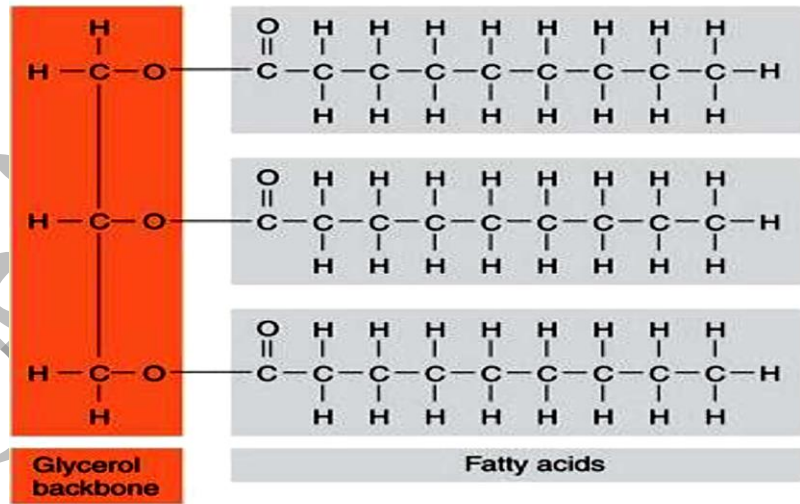
الدهون Lipids

الدهون: هي مركبات عضوية غير متجانسة ذات جزيئات بيولوجية كبيرة تتكون من ذرات - (C,H,O)، جميعها غير قابلة للذوبان في الماء وتذوب في المذيبات الغير قطبية مثل الايثر ، والكلوروفورم ، والبنزين . تحتوي الدهون في تركيبها على الكربون والهيدروجين والاكسجين والبعض منها يحتوي على الفسفور والنترجين . تتكون الدهون من استرات ناتجة من ارتباط الاحماض الدهنية بكحول .

التركيب الجزيئي للبيدات : تتكون للبيدات من اتحاد - 3 احماض دهنية + جزيء واحد

كلسيرول (الكلسيرول كحول يحتوي على 3 مجاميع هيدروكسيل (OH))

ان عملية اتحاد Glycerol والاحماض الدهنية بعملية التجميع Esterification تحرر ثلاث جزيئات ماء H₂O



(a) Fat molecule (triacylglycerol)

وظائف الليبيدات (الدهون)

1. مصدر للطاقة حيث كل 1غم يعطي 9 سعرات حرارية.
2. تزود الجسم بالاحماض الدهنية الاساسيه اللازمه للنمو.
3. حماية اعضاء الجسم كالقلب والكبد والكلى والطحال فيحفظها من الصدمات
4. مصدر للفيتامينات الذائبة في الدهون (A,D,E,K) .
5. تدخل في تركيب الخلايا وخاصة الغشاء الخلوي .

تضم الليبيدات الدهون والزيوت والتي تمتاز باختلاف حالتها على درجة حرارة الغرفة ، فالدهون تكون صلبة والزيوت سائلة

تصنيف الليبيدات

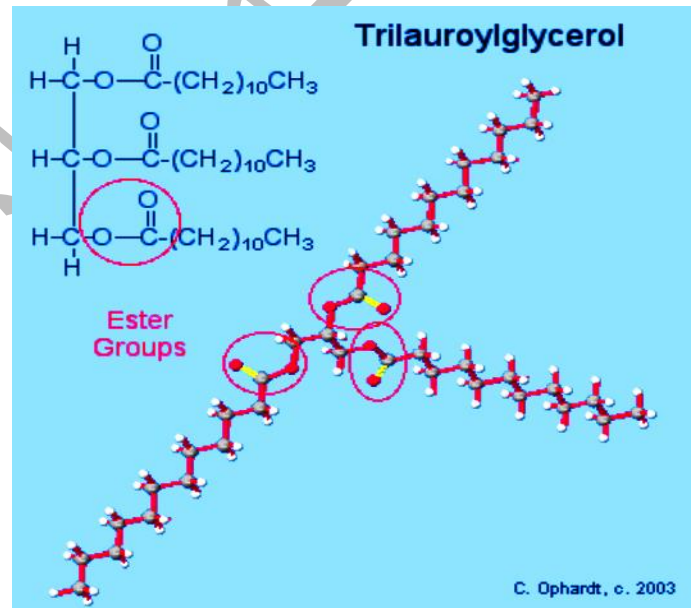
تصنف الليبيدات على اساس مكوناتها من الاسترات الى :-

1. **الليبيدات البسيطة - Simple Lipids** : هي عبارة عن استرات تنتج من تفاعل الاحماض الدهنية مع

الكحولات تحتوي فقط على عناصر (C,H,O) وتقسم الليبيدات البسيطة حسب

ا. درجة تشبع الاحماض الدهنية (الزيوت والدهون) : وهي استرات الكليسرول (كحول ثلاثي

الهيدروكسيل) مع الحوامض الدهنية احادية الهيدروكسيل .



ب. نوع الكحولات (الشموع) : وهي استرات الاحماض الدهنية طويلة السلسلة مع كحولات -

احادية الهيدروكسيل .

2. **الدهون المركبة Compound Lipids** : وهي عبارة عن دهون بسيطة ترتبط بها جزيئة غير دهنية وتشمل:-

ا. الفوسفوليبيدات Phospholipids : وهي عبارة عن استرات يحل فيها حامض الفوسفوريك محل جزيئة واحدة من

الاحماض الدهنية ويرتبط بحامض الفوسفوريك قاعدة نتروجينية ، وتشمل الفوسفاتيديك (كليسرول + حامضين دهنيين +

حامض الفوسفوريك) والليسيثين والسيفالين .

ب. الدهون السكرية Glycolipids : وهي مركبات تحتوي على الكربوهيدرات والاحماض الدهنية والسفكوسين (تتكون من جزء دهني مرتبط مع جزء كربوهيدراتي

ج. الدهون البروتينية - Lipoprotein : وهي مركبات معقدة تتكون من الليبيدات والبروتينات (تتكون من جزء دهني مرتبط مع جزء بروتيني)

3. الدهون المشتقة - Derived lipids : وهي نواتج تحلل الدهون وتشمل :- -

ا. الاحماض الدهنية الحرة (Free Fatty Acids F.E.E)

ب. الكحولات : وهي ذات سلاسل طويلة حلقة لاتذوب بالماء مثل الستيروولات وفيتامين A .

ج. الهيدروكربونات (الكاروتينات)

د. الفيتامينات الذائبة في الدهون (A,K,E,D)

ان الدهون المستخدمة في الطعام اساسا تتكون من كليسيريدات احادية وثنائية وثلاثية واحماض دهنية وفوسفوليبيدات وفيتامينات ذائبة في الدهون وصبغات ومواد ناتجة من الاكسدة وقليل من المعادن والماء. تتكون الدهون الطبيعية غالبا من خليط من الكليسيريدات الثلاثية مع اثار من الكليسيريدات الثنائية والاحادية ، وقد توجد نسبة قليلة جدا من الاحماض الدهنية او قد لا توجد على الاطلاق. بينما تحتوي الدهون المصنعة على حوالي 21 % من الكليسيريدات الثنائية والثلاثية ويوجد كذلك مواد اخرى ذات اهمية من الناحية الغذائية مثل الفيتامينات الذائبة في الدهن والستيروولات والوسفوليبيدات، إضافة الى ذلك تشمل هذه المواد الاحماض الدهنية الحرة التي تعطي مؤشرا على درجة تحلل الكليسيريدات الثلاثية.

المحاضرة العاشرة

العوامل التي تحدد صلابة اوسيوولة الدهن هي :-

1. وجود الاصرة الزوجية : تحوي الزيوت النباتية على احماض دهنية غير مشبعة حاوية على اصرة زوجية واحدة او اكثر مثل حامض الاوليك واللينوليك واللينولينيك والاراكيدونك ، وهذه الاحماض اساسية لايستطيع الجسم من تخليقها فلا بد من الحصول عليها من الغذاء المتناول وهذه الاحماض تسبب سيولة الزيت ، اما الدهون الحيوانية الصلبة فتحتوي في تركيبها الاحماض الدهنية المشبعة (خالية من الاصرة الزوجية) التي تسبب صلابة الدهن .
2. طول السلسلة الكربونية : تمتاز الاحماض الدهنية قصيرة السلسلة بكونها سائلة على درجة حرارة الغرفة في حين الاحماض طويلة السلسلة تمتاز بصلابتها.

3. الوزن الجزيئي : كلما ارتفع الوزن الجزيئي للدهن زادت صلابته وبالعكس .

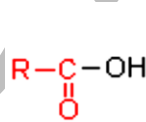
اما وجود البيروكسيدات والالديهيدات والكيثونات فيعطي دلالة على التلف الذي حصل في الدهن نتيجة الاكسدة. لذا يجب التعرف على مكونات التركيب الكيماوي للدهون للتعرف على التغيرات الحاصلة في الدهن اثناء الخزن والاستعمال.

الكليسيريدات Glycerides

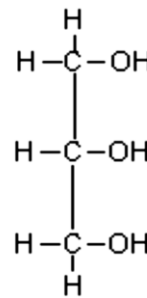
وتشمل :-

1. الكليسيريدات الاحادية : وهي ناتجة من ارتباط الكليسرول معامض دهني واحد.
2. الكليسيريدات الثنائية : وهي ناتجة من ارتباط الكليسرول مع حامضين دهنيين .
3. الكليسيريدات الثلاثية : وهي ناتجة من ارتباط الكليسرول مع ثلاثة احماض دهنية ، ويرتبط الكليسرول بالاحماض الدهنية بواسطة اواصر استرية

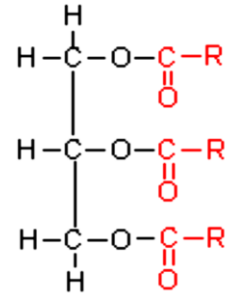
اذا كانت هذه الاحماض الدهنية من نفس النوع يسمى الكليسيريدات الثلاثية البسيطة واذا كانت الاحماض الدهنية مختلفة تسمى الكليسيريدات الثلاثية المختلطة . وادناه توضيح للتركيب الكيماوي للحامض الدهني والكليسرول والكليسيريدات الثلاثية



Fatty acid



Glycerol



Triacylglycerol

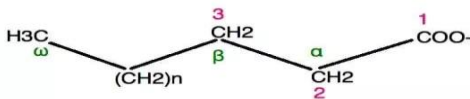
الاحماض الدهنية Fatty Acids : هي احماض عضوية تحوي مجموعة كاربوكسيل (COOH) بطرف ومجموعة مثيل (CH3) بالطرف الاخر وابسط مثال هو حامض البيوتريك ، ولاتوجد الاحماض الدهنية بصورة حرة في الاغذية بل مرتبطة مع الكليسرول لتكون الدهن ، واذا ما وجدت حرة فهذا يشير الى تلف الدهن وتزنجها . هناك عدد كبير من الاحماض الدهنية مستقيمة السلسلة غير المتفرعة وتحوي على مجموعة كاربوكسيل (COOH) واحدة وتحوي على عدد زوجي من ذرات الكربون وذلك راجع الى عملية تخليق الدهن ولا تحوي على مجموعة حلقيية او هيدروكسيلية الا نادرا .

تتراوح عدد ذرات الكربون في الاحماض الدهنية من 4-20 وتكون الاحماض الدهنية ذات عدد ذرات اكثر من 20 نادرة الوجود نسبيا .ويعد حامض البالميثك الحاوي على 16 ذرة كاربون وحامض الستياريك 18 ذرة كاربون من اكثر الاحماض الدهنية شيوعا في الدهون الحيوانية ، اما الاحماض الدهنية ذات ذرات كاربون الاقل من 4 مثل المرستيك الحاوي على 6 ذرة كاربون فتوجد في الزيوت النباتية لكنها ايضا توجد في الدهون الحيوانية وبكميات قليلة ، الاحماض الدهنية المشبعة والتي تحتوي على 1 6 ذرات كاربون سائلة على درجة حرارة الغرفة الاعتيادية اما تلك التي تحتوي على اكثر من عشرة ذرات كاربون فتكون صلبة .

تختلف الاحماض الدهنية في طول سلسلتها وفي درجة تشبعها او عدم تشبعها . تكون الاحماض الدهنية غير المشبعة اكثر فعالية من الاحماض المشبعة وذلك بسبب وجود الاصرة الزوجية التي تسمح باضافة الهيدروجين خلال عملية الهدرجة وهي تشبع الاصرة الزوجية بالهيدروجين وتجرى هذه العملية لتحويل الزيت السائل الى دهن صلب في معامل الزيوت النباتية وتجرى في وجود عوامل مساعدة كالنيكل والبلاتين وتسمى الدهون الناتجة بالدهون المقصرة Shortening التي تستخدم في صناعة المعجنات والحلويات المختلفة .

كما تكون الاحماض الدهنية غير المشبعة معرضة لعملية الاكسدة لوجود الاواصر المزدوجة او الزوجية في تركيبها ، يؤدي تعرض الدهون المحتوية على الاحماض الدهنية غير المشبعة الى الهواء والاكسجين الى تكوين البيروكسيدات مع خليط من مركبات طيارة مثل الالديهيدات والكتونات وبعض الاحماض الاخرى، ويساعد على عملية الاكسدة هذه الانزيم المسمى اللابيوكسيديز Lipoxidaze واثار بعض المعادن .

الاحماض الدهنية الاساسية Essential Fatty Acids : وهي الاحماض الدهنية التي لايمكن الجسم من تخليقها ولا بد من تواجدها في الغذاء المتناول وقد ثبت انه يمكن تخليق حامض اللينولينك 01 Linolenic ذرة كاربون والاراكيدونيك Arachidonic في الجسم من الحامض الدهني اللينوليك Linolic



المحاضرة الثانية عشر

تقسيم الليبيدات Classification of lipids

تقسم الليبيدات تبعاً لمحتواها من مكونات الى الاقسام التالية:-

1 - الليبيدات البسيطة Simple lipids وتنقسم الليبيدات البسيطة الى:-

أ- الزيوت Oils .

ب- الدهون Fats

ج- الشموع Waxes

2 - الليبيدات المركبة Compound Lipids

وهذه يتبعها عدة مركبات مثل:-

أ- الدهنيات الفوسفاتية Phospholipids .

ب- سربروسيد Cerebrosides :-

ج - ليبيدات مركبة اخرى Other Compound Lipids

3 - دهنيات مشتقة Derived Lipids - لذلك يعد هذا الحامض من اهم الاحماض الدهنية الاساسية .

الاحماض الدهنية Fatty Acids

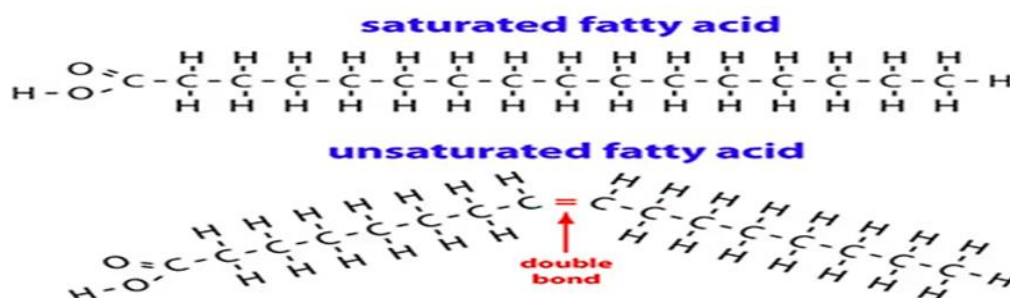
أ - احماض دهنية مشبعة Saturated fatty acids : واكثرها شيوعاً

في الليبيدات.

ب- احماض دهنية غير مشبعة Unsaturated fatty acids : وهي احماض دهنية تحتوى على رابطة زوجية او اكثر

ج - هناك احماض دهنية اخرى: بعضها يحتوى على مجموعة ايدروكسيل مثل حمض Recinoleic والبعض يحتوى

على تركيب حلقي مثل ال Chaulmoogric acid .



والاحماض الدهنية بعضها غير ضرورى حيث يستطيع الجسم تكوينه والبعض الاخر ضرورى لا غني عنه في الغذاء ولا يستطيع الجسم تكوينه على الاقل بالقدر اللازم له ومنها حمض لينوليك و لينولينك و أراجيدونك.

ومن أهم الاحماض الدهنية الغير المشبعة Unsaturated Fatty acids

نظرا لوجود رابطة زوجية او اكثر في الأحماض الدهنية الغير مشبعة، تتواجد المشابهات الهندسية geometrical isomerism أحدهما يسمى الشكل المضاهي Cis form توجد به الذرات او المجموعات المتماثلة في نفس الاتجاه والآخر يسمى الشكل المخالف Trans form وتوجد به الذرات او المجموعات في اتجاهين مخالفين لبعضهما. وينطبق ذلك على الاحماض الدهنية الغير مشبعة تجد مثلا حمض الاوليك نظرا لأحتوائه على رابطة زوجية فيوجد له مشابهي هندسيين والحمض الموجود في الصورة Cis هو حمض الاوليك الموجود في الطبيعة والسائل على درجة الحرارة العادية بينما الموجود على الصورة Trans هو رمز حمض ال Elaidic acid وهو لا يوجد في الطبيعة وان وجد فيكون على حالة صلبة. وكلما زاد عدد الروابط الزوجية في جزئ الحمض كلما زاد عدد المشابهات الهندسية فمثلا حمض اللينوليك يوجد له اربع مشابهات هندسية نظرا لوجود رابطتين زوجيتين والمشابهات هي:

(Cis - Cis Cis - trans (,) trans - trans),(trans - Cis)

التركيب الكيميائي للكسريدات وانواعها :

وتختلف انواع الكسريدات في ترتيبها تبعا للآتى :

1 - عدد وحدات الاحماض الدهنية المكونه للكسريد : وتبعا لذلك توجد ثلاثة انواع من الكسريدات وهي :

أ- كسريدات احادية Monoglycerdes : وتتكون من ارتباط مجموعة ايدروكسيل واحدة فجزئ الكسرين مع جزئ واحد من حامض دهني.

ب- كسريدات ثنائية Diglycerides : وتتكون من ارتباط مجموعتين ايدروكسيل في جزئ الكسرين مع جزئين احماض دهنية من نوع واحد او مختلفين.

ج كسريدات ثلاثية Triglycerides : وتتكون من ارتباط الثلاثة مجموعات ايدروكسيل في جزئ الكسرين مع ثلاثه جزيئات احماض دهنية من نوع واحد او من انواع مختلفة. والكسريدات الثلاثية التي تحتوى على نوع واحد من الاحماض الدهنية تسمى كسريدات بسيطة Simple glycerides . والمحتوية على انواع مختلفة من الاحماض الدهنية تسمى كسريدات مختلطة Mixed glycerides وعلى ذلك نجد انه تبعا لعدد ونوع وحدات الاحماض الدهنية المكونه للكسريد ينتج عدد مختلف من الكسريدات.

موضع مجموعة أيدروكسيل الكلسرين المرتبطة مع الحامض الدهنى :

مواضع مجاميع الايدروكسيل فى جزئ الكلسيرين لمجاميع الايدروكسيل فى الجزئ من اسفل الى اعلى او العكس تسمية الكلسريدات تعتمد تسمية الكلسريدات على نوع ووضع ارتباط الاحماض الدهنية بمجاميع الايدروكسيل فى جزئ الجلسرين. ويسمى الحامض الدهنى فى الكلسريد باستبدال المقطع النهائي من اسم الحامض) ic - (بالمقطع) in - (اذا كان الحامض فى نهايه اسم الجلسريد اما اذا كان الحمض وسطى فى اسم الكلسريد فيتكون باستبدال المقطع) ic (بالمقطع) o (كما هو واضح

بالامثلة التالية

تزنخ الزيوت والدهون Rancidity of oils and fats

أ- تزنخ التحلل المائي Hydrolytic Rancidity : وفيه يحدث التحلل المائي للجلسريدات الدهنية بفعل انزيمات التحلل المائي للدهون Lipase فتتفرد الاحماض الدهنية وتزيد درجة حموضة الزيت والدهن. يحدث هذا التزنخ فى المنتجات المحتوية على أنزيم Lipase مثل البذور الزيتية اثناء تخزينها وفى منتجات الألبان.

ب- التزنخ الكيتونى Ketonic rancidity : يحدث هذا النوع من التزنخ بتاثير انواع من الكائنات الدقيقة مثل فطر *Asparagellus niger* على الدهنيات التى تحتوى عادة مركبات أرونية بكميات غير قليلة مثل زيت جوز الهند. يرجع هذا النوع من التزنخ الى حدوث اكسدة حيوية بطريقة الاكسدة فى الوضع بينا وفى وجود الانزيمات المؤكسدة Peroxidases التى تنتجها الكائنات الدقيقة.

ج - التزنخ التاكسدى Oxidative Rancidity : ويحدث هذا النوع من التزنخ بتاثير اكسجين الهواء الجوى وهو اكثر انواع التزنخ التى تتعرض لها الزيوت والدهون ويصعبه زيادة كثافة ولزوجة الزيت او الدهن ويقل بها العدد اليودى (العدد الدهن، كما تتكون مركبات كحولية وألدهيدية وكيتونية مع تغيرات فى الطعم والرائحة ويلاحظ فى هذا النوع من التزنخ عدم حدوث تحليل مائي للجلسريدات وذلك لعدم زيادة الحموضة بدرجة ملموسة والتفاعلات المؤدية لهذا النوع تسير باضافة الاكسجين الى وحدات الاحماض الدهنية غير المشبعة المكونة للجلسريدات فتتكون مركبات وسطية من نوع فوق الاكسيد وهذه تتحول فى خطوات تالية الى مركبات كحولية او كيتونية. ويمكن الكشف عن حدوث هذا النوع من التزنخ فى الجلسريدات بواسطة بعض الاختبارات المستعملة للكشف عن الالدهيدات باختبار شف وباختبارات اخرى للكشف عن وجود مركبات فوق الاكسيد فى الزيت عند طريق تقدير التزنخ وذلك بتقدير اليود المنفرد) عند اضافة يوديد بوتاسيوم فى

وسط حامض (بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم ويعبر عن مقدار التزنخ هنا بدرجة البيروكسيد) رقم البيروكسيد Peroxide number (وهو عبارة عن عدد المليمولات من البيروكسيد التي توجد في 100 غرام من المادة الدهنية.

المحاضرة الثالثة عشر

الأنزيمات Enzymes

الإنزيمات مادة بروتينية متخصصة تعمل كعوامل مساعدة حيوية وظيفتها إسراع تفاعلات البناء والهدم في الخلايا الحية. وذلك من خلال تكوين معقد ذو طاقة تنشيط منخفضة من المادة المتفاعلة Substrate مع الإنزيم ثم يتفكك المعقد معطيا نواتج التفاعل وينفرد الإنزيم مرة أخرى دون تغيير ليستمر التفاعل. ويوجد بكل أنزيم مركز أو أكثر من المراكز النشطة وهي عبارة عن إحدى المجموعات الفعالة الداخلة في تركيب الأحماض الامينية المكونة لبروتين الإنزيم، وهذه المراكز النشطة هي التي ترتبط مع مادة التفاعل لتكوين معقد من الإنزيم مع مادة التفاعل الداخلة في تركيب الحامل ومن هذه المراكز النشطة مجموعة الهيدروكسي OH الذي ينقل الحامض الأميني Serine الذي يدخل في بناء بروتين انزيم Chymotrypsin بتحليل بعض البروتينات

ميكانيكية التفاعلات الإنزيمية

ميكانيكية عمل الإنزيم مرتبط بتفكيك طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي، ولكي يحدث ذلك يتطلب أن يكون التصادم بين جزيئات المادة والانزيم مثمرا مما يؤدي الى تكون المعقد النشط الذي يتحلل الى نواتج والانزيم



حيث يشير P لنواتج التفاعل ، للمعقد النشط E-S* ، لمادة التفاعل S ، للإنزيم E ، وبهذا نرى أن الإنزيم يشترك في التفاعل ولكنه يخرج من التفاعل بدون حدوث أي تغيير في حالته. وبهذا تصبح وظيفه الإنزيم هو توجيه التفاعل في الاتجاه الخاص به بالإضافة الى الإسراع من التفاعل و خفض طاقته.

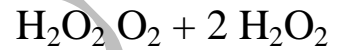
المرافقات الإنزيمية Co-Enzyme

يعتمد نشاط بعض الإنزيمات على وجود مرافق للإنزيم الذي يكون عادة مركز حدوث التفاعل. وقد يكون المرافق الإنزيمي أيون بعض المعادن مثل أيونات (Fe²⁺, Fe³⁺+Catalase, Peroxidase)، مع انزيمات. Alcohol dehydrogenase مع انزيم Zn وأيون + 2 Cytochromes، وقد يكون المرافق الإنزيمي جزئ Metalloenzymes. وتسمى هذه الإنزيمات وفق حالة ارتباطه بشدة مع الإنزيم يسمى Coenzyme عضوى يسمى Haloenzyme. بينما يسمى الجزء البروتيني من الإنزيم Prothetic group وتعتبر كثير من الفيتامينات التي سيتم ذكرها لاحقا مرافقات انزيمية

أو تدخل في تركيبها الكيميائي. ومن أمثلتها المرافقات الإنزيمية التالية الخاصة بتفاعلات الأكسدة والإختزال والتي تعمل على نقل الهيدروجين من العوامل المختزلة الى العوامل المؤكسدة.

العلاقة بين الإنزيم والعامل المساعد الغير إنزيمي.

كل من الإنزيم والعامل المساعد يؤدي الى تيفكيك طاقة التنشيط والإسراع من التفاعل، ولكن غالبا ما تكون الإنزيمات أكثر كفاءة ولنضرب المثال التالي : تبعا للمعادلة: $O_2 + H_2O$ الى يتحول فوق أوكسيد الهيدروجين(بيروكسيد الهيدروجين)



ويتطلب التفاعل عادة وجود عامل مساعد وطاقة قدرها 18 كيلوكالوري كعامل مساعد تصيح Pt وفي وجود البلاينيول H_2O . لتحلل مول واحد من 2 الطاقة المطلوبة 11.7 كيلوكالوري / مول، بينما عند استبدال انزيم الكتاليز كعامل مساعد تفكيك طاقة التنشيط الى 1.7 كيلوكالوري / مول. Catalase ويمكن عمل مقارنة بين الإنزيمات والعوامل المساعدة الأخرى من حيث :

1. **التخصص** : نظرا لأن الإنزيم كبروتين ذو حجم كبير و شكل فراغي محدد، مما يحدد نوع مادة التفاعل التي يعمل عليها فبعض الإنزيمات تؤثر على مادة واحدة Substrate فقط ويكون هذا التخصص مطلق ومثال ذلك انزيم Glucose-6-phosphatase وهو متخصص لإزالة مجموعة الفوسفات Glucose-6-phosphate فقط. وهناك انزيمات اقل تخصصا وتعمل على مجموعة Substrate من مثل انزيمات Acid and Alkaline phosphatases التي تزيل مجموعة الفوسفات من كثير من المركبات. وعلى الجانب الآخر فأن معظم العوامل المساعدة الغير إنزيمية غير متخصصة.
2. **التركيب** : الانزيم مادة بروتينية والعامل المساعد مادة غير ذلك.
3. **طاقة التنشيط** : تصريح في حالة استبدال الإنزيمات كعوامل المساعدة.
4. **درجة الحرارة** : تعمل الإنزيمات في مدى من درجات الحرارة في حدود 30- 50 م° وتفقد نشاطها في درجات الحرارة الأعلى نظرا لتغير تركيبها الفراغي وشكلها Denaturation بينما تزداد سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة ، في وجود العوامل المساعدة الأخرى. درجة الحرارة. تزيد درجة الحرارة من معدل سرعة التفاعل الإنزيمية ولكن الى حد معين يقل بعده معدل سرعة التفاعلي النزيمي مع زيادة درجة الحرارة. ويرجع ذلك الى طبيعة الانزيم البروتينية حيث يحدث له عمليةتغيير في طبيعته و شكله الفراغي Denaturation
5. **تركيز الإنزيم**: يزداد معدل سرعة التفاعلي الإنزيمي بزيادة تركيز الانزيم.

6. **تركيز مادة التفاعل Substrate** يزداد نشاط الإنزيم بزيادة تركيز حتى تنتشعب كل المراكز النشطة بالإنزيم [S] المادة المتفاعلة، عندئذ تكون سرعة التفاعل هي القصوى ولا تزداد بعدها سرعة Vmax التفاعل بزيادة تركيز المادة المتفاعلة. **ثابت ميكاليس Michaelis** هو تركيز المادة المتفاعلة عند نصف السرعة القصوى constant [Km].

المحاضرة الرابعة عشر

المثبطات الإنزيمية : Inhibitors

يطلق على المواد التي تقلل من سرعة التفاعل الإنزيمي مثبطات وهذه المثبطات مهمة جدا لقدرتها على التحكم في ميكانيكية الأنظمة الحيوية. والتثبيط الإنزيمي قد يكون غير عكسي حيث يرتبط المثبط مع الإنزيم بروابط تساهمية قوية ويصبح تفكك الإنزيم منه صعب جدا، أو قد يكون تثبيط عكسي حيث يكون الارتباط بين المثبط والإنزيم عكسيا بمعنى أنه يمكن إزالة المثبط مع عودة النشاط للإنزيم مرة أخرى. ويتم تقدير نشاط الإنزيمات اما بتتبع معدل استهلاك مادة التفاعل أو معدل تكون ناتج التفاعل، وأن كانت الطريقة الأخيرة أكثر دقة . غالبا ما يتم وضع كمية كبيرة من مادة التفاعل مما يقلل من دقة نتيجتها.

وحدات النشاط الإنزيمي وهي كمية الإنزيم اللازمة لتحويل (μmol أو 85 mol) من مادة التفاعل الى نواتج في الدقيقة عند $(10-61.0)^\circ \text{ م}$

وحدة الإنزيم Enzyme unit وهي عدد وحدات الإنزيم لكل ميكروغرام Specific activity وحدة النشاط النوعي بروتين، وهي تعتبر أيضا مقياس لدرجة نقاوة الإنزيم.

تقسيم الإنزيمات.

يعتمد حاليا التقسيم التالي للإنزيمات حيث تقسم الى ستة أقسام رئيسية وهي كالآتي :

1. **إنزيمات الأكسدة و الإختزال Oxido-reductases** وهي الإنزيمات التي تقول بتفاعلات الأكسدة والإختزال مثل أنزيمات Oxidases و أنزيمات Dehydrogenases ومنها انزيم (, dehydrogenase, LDH) الذي يؤكسد Lactate حامض Pyrovic acid الى حامض Lactic acid في وجود المرافق الأنزيمي +NAD . وانزيم D-Amino acid oxidase الذي يؤكسد الأحماض الأمينية الى الأحماض

الكيتونية المقابلة ويمكن تتبع تفاعلات الإنزيمات التي تعمل مع المرافقات +NAD و NADH بوجود المرافق الأنزيمي FAD بواسطة أجهزة القياس الضوئي Spectrophotometers حيث تمتص الضوء عند طول موجي 340 nm بينما صورتها الميترلة لاتمتص الضوء.

وتختلف انزيمات Dehydrogenases عن انزيمات Oxidases الصورة المختزلة من مرافقاتها الإنزيمية يمكن اعادة اكسدتها بسهولة بواسطة الأوكسجين الجو.

2. الإنزيمات الناقلة Transferase

وتسمى الإنزيمات التي تنقل جزء أو مجموعة كيميائية من مركب لآخر مثل انزيمات Aminotransferases التي تقوم بنقل مجموعة الأمين من بعض الأحماض الأمينية الى الاحماض الكيتونية ويساهم المرافق الإنزيمي Pyridoxal Phosphate في نقل مجموعة الأمين.

3. الإنزيمات المحللة Hydrolases

وهي الانزيمات التي تقوم بدور العامل المساعد في تحليلي الاستر والايثر والبيبتيدات والواصر الموجودة بين P-N. ومنها انزيم B-galactosidase. وهي التي تساعد على تحلل المركب مائيا مثل انزيم Lipase الذي يحلل الدهون الى أحماض دهنية وكحول الكليسيرول.

4. الإنزيمات النازعة Lyases

تعمل على اضافة أو نزع مجموعة كيميائية من مادة التفاعل بدون اشتراك الماء التي تقوم بنزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض العضوية مثل انزيمات Decarboxylases

5. انزيمات Isomerases

ويشمل جميع الانزيمات التي تساعد في تحويل وتكوين المركبات المتشابهة في التركيب والمختلفة في الخواص . ومن الامثلة عليها انزيم Alanine racemase

6. الانزيمات الرابطة Ligases

وهي الانزيمات التي تساعد فيربط مركبين مع بعضهما على حساب تحليل اصرة بايروفوسفات الموجودة في ATP او اي مركب اخر غني بالطاقة ومن الامثلة عليها Succinyl Co synthetase

Walker, S; G. Beckett; P. Rae; P. Ashby.(2013) CLINICAL BIOCHEMISTRY, Lecture Notes

9th Edition. www.wiley.com/buy/9781118272138

1. دلالي، باسل كامل. اساسيات الكيمياء الحيوية (1994). دار الكتب الطباعة والنشر - جامعة الموصل\ كلية الزراعة والغابات
2. المظفر، سامي عبد المهدي، رياض رشيد سلمان (1984)"الكيمياء الحياتية (دار الكتب الطباعة - النشر" جامعة بغداد، كلية التربية
3. 1980 "chemical structure and bonding" Roger, L; DeKock, Harry, B. gray ترجمة: زكوم، مهدي ناجي، جماعة البصرة (1983).
4. مقدمات في كيمياء الحياة، ترجمة الدكتور أحمد سلمان الجنابي.
5. أسس الكيمياء العامة والعضوية والحياتية/ تأليف. جون ر. هرار ترجمة الدكتور عبد ناجي
6. هابر "الكيمياء الحيوية" ترجمة وأشرف أ.د. زويدة أبو سمرة د. نزار حمود / د. عماد أبو علي