كلية العلوم الصحية

مقرر الكيمياء الحيوية Biochemistry

د. رحيم أبو الجدايل

Biochemistry
الكيمياء الحيوية

العلم الذي يدرس التركيب الكيميائي لخلايا الكائنات الحية، الجزيئات الحيوية، بنيتها وتفاعلاتها ووظيفتها .

المُغذيات

A- المركبات العضوية الكبرى، المغذيات كبيرة المقدار Macronutrients:

الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ومشتقاتها.

B- المركبات العضوية الصغرى، المغذيات زهيدة المقدار Micronutrients:

الفيتامينات والانزيمات والهرمونات.

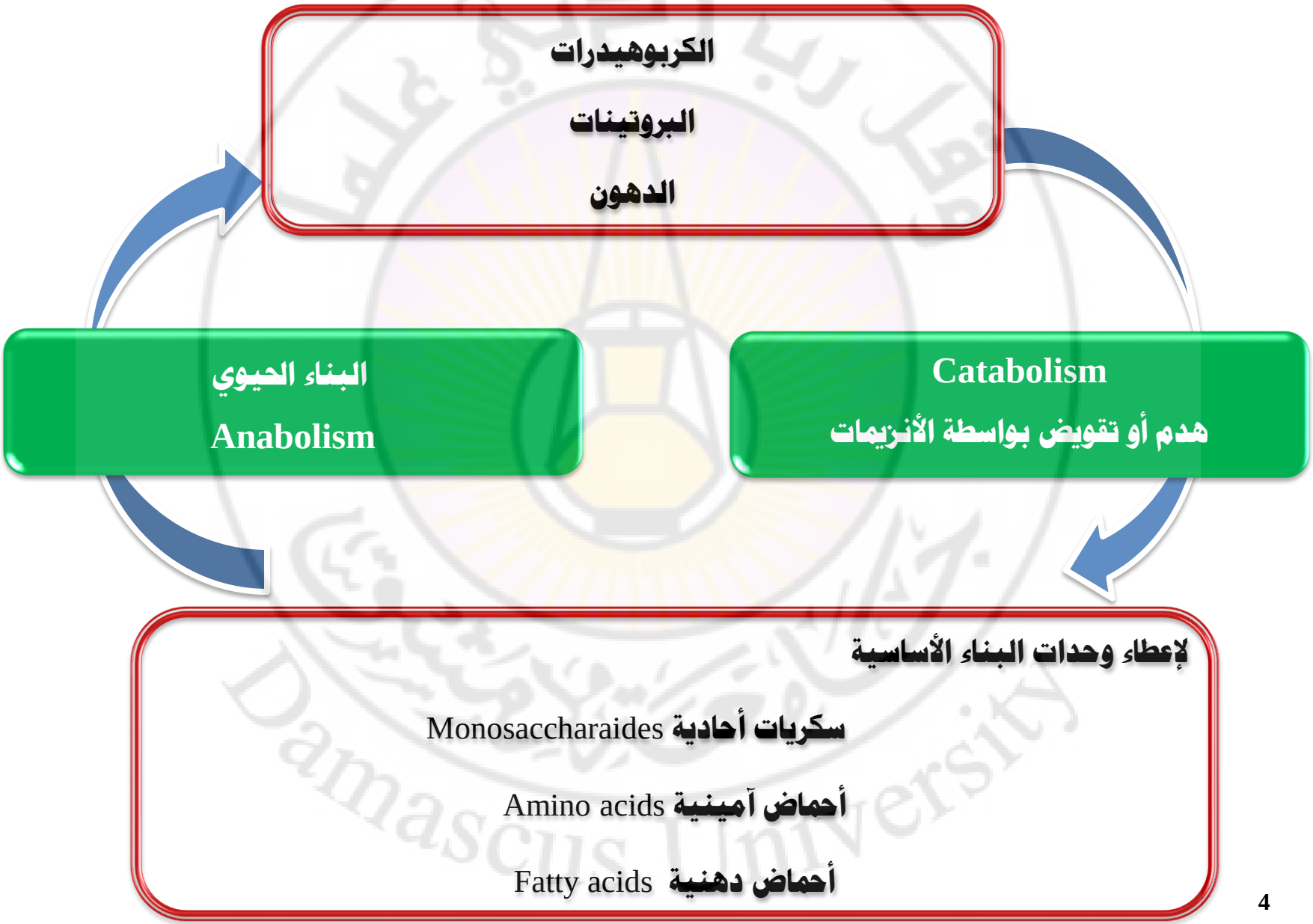
وهي الجزيئات الحيوية والتي تحتوي على الـ H, C, O

C- الماء والأملاح المعدنية.

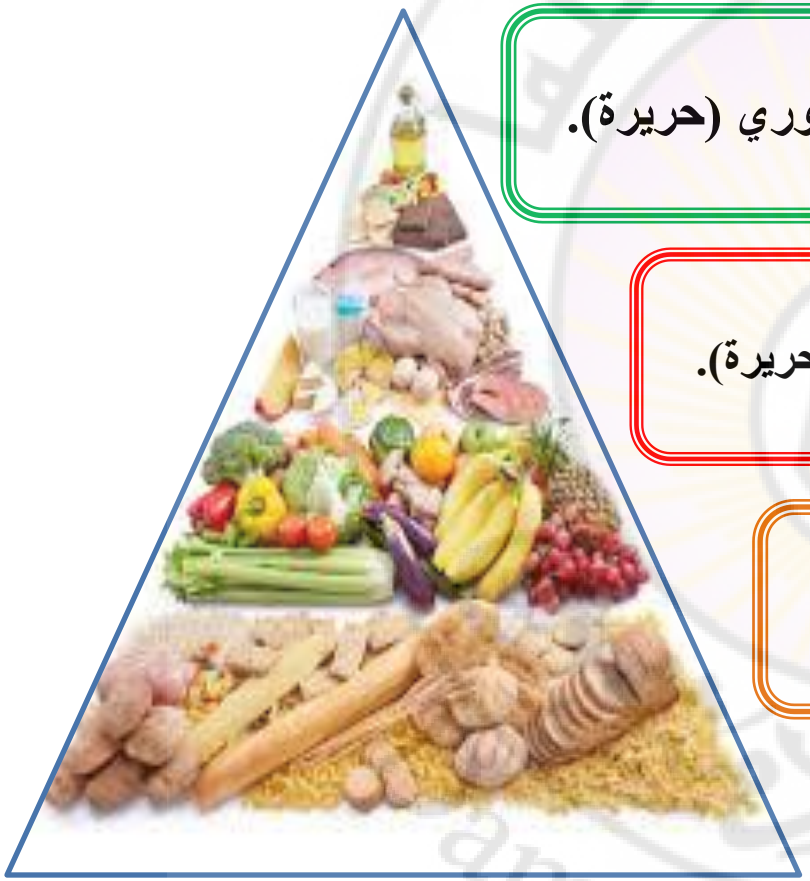
ملاحظة:

- ✓ **العناصر الغذائية الأساسية:** هي العناصر التي **لايمكن** للجسم أن يُصنعها ويجب أن نحصل عليها عن طريق الغذاء.
- ✓ **العناصر الغذائية غير الأساسية:** هي العناصر التي **يمكن** للجسم أن يُصنعها وبكميات كافية.
- ✓ تتواجد مكونات الغذاء آنفة الذكر إما بشكل طبيعي في الغذاء أو أنها تضاف أثناء عمليات التصنيع.

الاستقلاب Metabolism



امداد الجسم بالطاقة:



الدهون: يعطي استقلاب 1 غ منها 9 كيلو كالوري (حريرة).

البروتينات: يعطي استقلاب 1 غ منها 4 كيلو كالوري (حريرة).

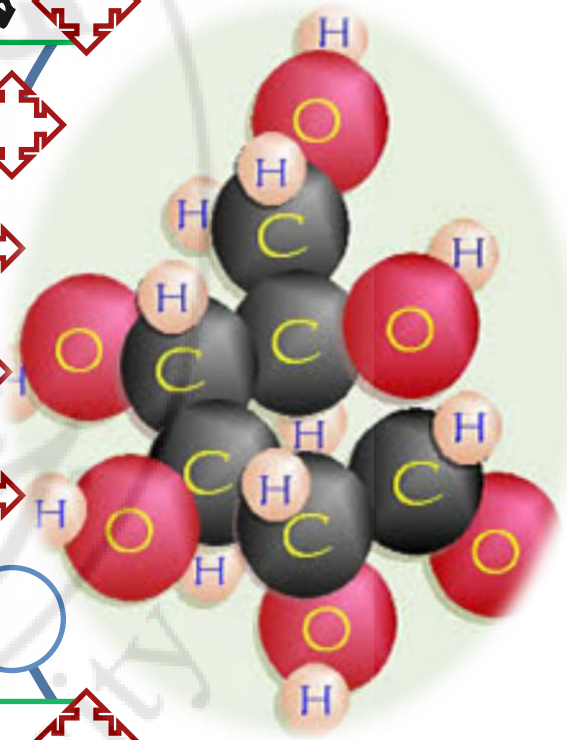
الكربوهيدرات: يعطي استقلاب 1 غ منها 4 كيلو كالوري (حريرة).

يُعطي استقلاب 1 غ من الكحول 7 كيلو كالوري، ولكن لا يُعتبر مادة مُغذية.

الكربوهيدرات Carbohydrates

محتويات المحاضرة:

1. مقدمة في الكربوهيدرات Introduction
2. وظائف الكربوهيدرات Carbohydrates Functions
3. تصنيف الكربوهيدرات Carbohydrates classification
4. الخواص الفيزيائية والكيميائية للسكريات
5. الألياف الغذائية Dietary fibers
6. داء السكري Diabetic



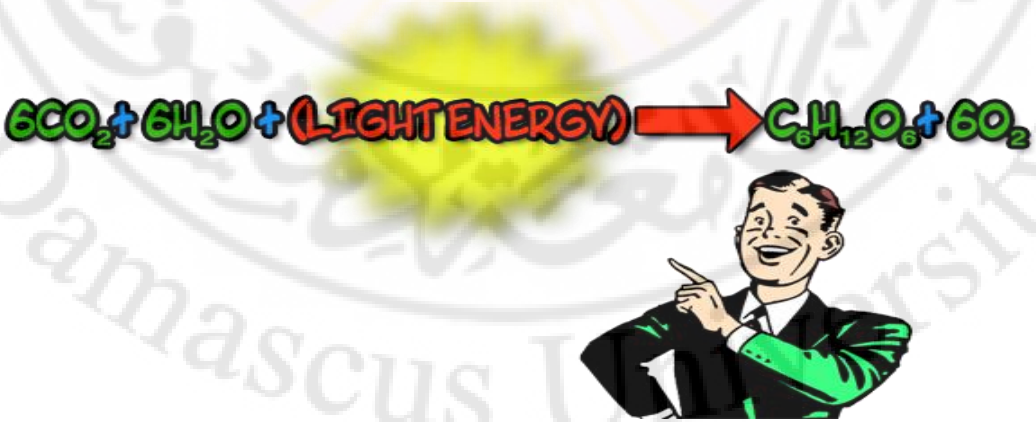
أولاً: مقدمة في الكربوهيدرات
Carbohydrates

تشمل الكربوهيدرات عدداً كبيراً من المركبات العضوية:

ذات مصدر نباتي: يتم تصنيعها خلال عملية التركيب الضوئي، باتحاد ثنائي أوكسيد الكربون مع الماء وبوجود طاقة الشمس، وتشكل 80 - 90 % من وزن النسج النباتية الجافة.

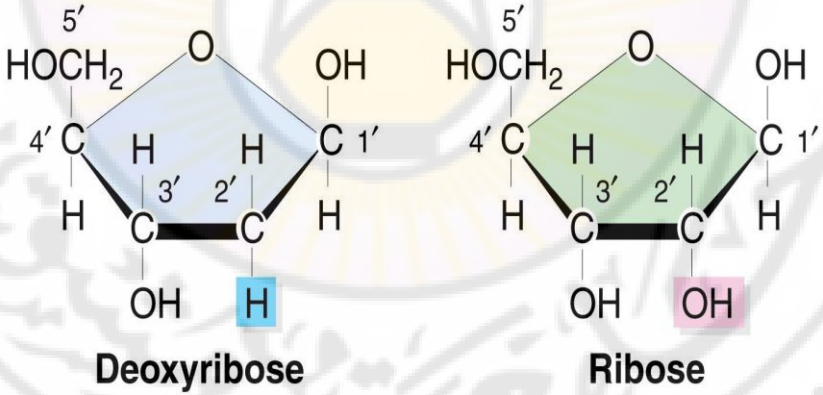
ذات مصدر حيواني، كاللاكتوز والغليكوجين، في الحليب الكبد والعضلات.

يطلق على الكربوهيدرات أيضاً اسم مركبات الكربون المائية، حيث أن النسبة بين الهيدروجين للأكسجين 1:2 كنسبتهما في الماء.



الصيغة العامة للكربوهيدرات $C_n(H_2O)_m$:

إن الصيغة العامة للسكريات هي CnH2nOn، ويوجد بعض السكريات تشذ عن هذه القاعدة مثل الرايبوز منقوص الأكسجين والسوربيتول، وهناك بعض المواد السكرية تحتوي على النتروجين أو الكبريت مثل الغلوكوز أمين والهيبارين، وتسمى السكريات بإضافة اللاحقة أوز Ose مثل الغلوكوز.



Damascus University

وتعرف السكريات أنها مشتقات ألدهيدية أو كيتونية للأغوال ROH عديدة الهيدروكسيل أوهي ألدهيدات أو كيتونات الكحولات عديدة الهيدروكسيل ومشتقاتها.

تتضمن مشتقات السكريات كلاً من نواتج الأكسدة (حموض سكرية) والإرجاع (كحولات سكرية) والبلمرة (قليلات السكاريد وعديدات السكاريد) والاستبدال (السكاكر الأمينية) والأسترة (السكاكر المفسفرة).

اشتقاق السكريات :يمكن للإنسان عند الحاجة الحصول على الطاقة إما من مصادر سكرية كاصطناع الغلوكوز من استقلاب الغليكوجين أو من مصادر غير سكرية كالحموض الأمينية Amino acidsوالغليسرول Glycerolولكن يبقى اشتقاق السكريات في نهاية المطاف من النبات.

ثانياً: وظائف الكربوهيدرات
Carbohydrates functions

1. وظائف الكربوهيدرات في الجسم

1- **مصدر الطاقة الرئيس للعمليات الإستقلابية**:

- تشكل الكربوهيدرات المركبات ذات الأولوية في الاستقلاب لامداد جسم الإنسان بالطاقة، وبالتالي توفرالبروتينات للبناء وتمنع تفكك الدهون إلى أجسام كيتونية تضر الجسم.
- ويتم تخزينها على شكل غليكوجين أو شحوم ثلاثية لحين الحاجة.
- فضلاً عن أنها المصدر الوحيد للطاقة في ظروف خاصة كغياب المتقدرات أو نقص الأوكسجين (التخمر أو الاستقلاب اللاهوائي).

2- **تركيب المادة الوراثية** :

- تدخل بعض السكريات الخماسية (الريبوز والريبوز منقوص الأوكسجين) في التركيب الكيميائي للنكليوتيدات والنكليوزيدات الداخلة في تركيبDNA و RNA، التي هي أهم مادة في الجسم مسؤولة عن المعلومات الوراثية.

3- **تدخل في بناء الخلايا** :

- للأغشية الخلوية طبيعة سكرية.
- تقوم بتشكيل المستقبلات على سطح الخلية.

4- **تدخل في تركيب العديد من البنى مثل**:

- الأنسجة الضامة: تدخل عديدات السكاريد المخاطية في بنيتها لتلعب دوراً هاماً في أدائها لوظائفها.
- الهيبارين: مضاد تخثر طبيعي (من عديدات السكاريد المخاطية) له طبيعة سكرية.
- الهرمونات: مثل هرمون الثيروغلوبين الدرقي (طليعة T3,T4) والذي تصل نسبة السكر فيه إلى 10 % من الوزن الجاف.
- تعطي السكريات الهيكل الكربوني للحموض الأمينية غير الأساسية.
- السيللوز: يدخل في تركيب الجدار الخلوي للخلية النباتية وعند الحيوانات والمجترات يعد مادة غذائية وعند الإنسان له وظائف تغذوية صحية عديدة.

5- **دور مناعي**:

حيث تدخل في تركيب الأضداد المناعية والتي هي بروتينات سكرية.

ثالثاً: تصنيف الكربوهيدرات Carbohydrates classification

تُصنف الكربوهيدرات وفق:

1. عدد ذرات الكربون
   - ثلاثية
   - رباعية
   - خماسية
   - سداسية
2. عدد السكريات المتحدة
   - سكريات أحادية Monosaccharaides
   - سكريات ثنائية Disaccharides
   - سكريات متعددة Polysaccharides
3. المجموعة الوظيفية
   - سكريات ألدوزية
   - سكريات كيتوزية
4. تجانس أو تغاير السكر
   - سكريات متجانسة
   - سكريات متغايرة

1. وفقاً لعدد ذرات الكربون:

1- **السكريات الثلاثية (Trioses)** $C_3H_6O_3$ مثل غليسرالدهيد Glyceraldehyde.

2- **السكريات الرباعية (Tetroses)** $C_4H_8O_4$ مثل التريوز Threose.

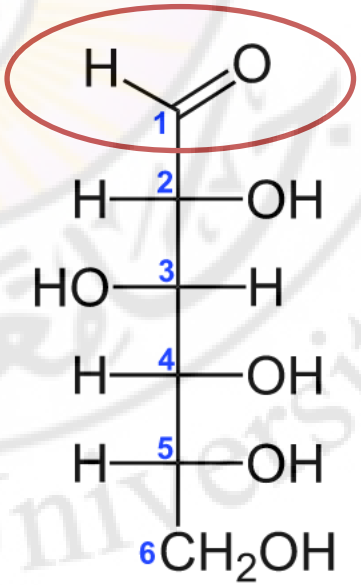
3 -**السكريات الخماسية (Pentoses)** $C_5H_{10}O_5$ مثل : الأرابينوزArabenose- الريبوز Ribose– والريبوز منقوص الأوكسجين Deoxyribose، حيث أن الريبوز والريبوز منقوص الأكسجين يدخلان في تركيب الأحماض الأمينية والنكليوتيدات.

4- **السكريات السداسية** (**Hexoses**) $C_6H_{12}O_6$ مثل : الغلوكوز Glucose- الغالاكتوز Galactose والمانوز Mannose (Aldose)، الفركتوز(ketose) Fructos

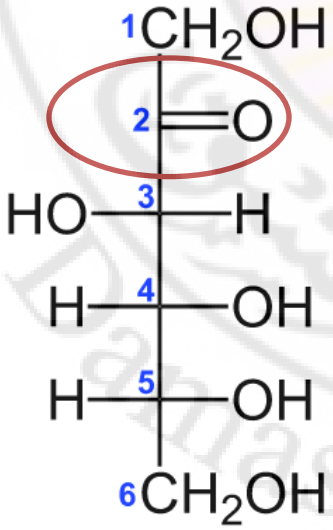
5- **السكريات ذات سبع ذرات كربون Heptoses** السيدوهبتولوز.

2. وفقًا لنوع المجموعة الوظيفية:

سكريات الدهيدية:	سكريات كيتونية:
• تحتوي مجموعة الألدهيد CHO ومثالها الغليسرالدهيد، والغلوكوز (سكر العنب) والغالاكتوز والريبوز.	• تحتوي مجموعة كيتونية CO، ومن هذه السكريات الديهيدروكسي أسيتون وسكر الفركتوز (سكر الفواكه).

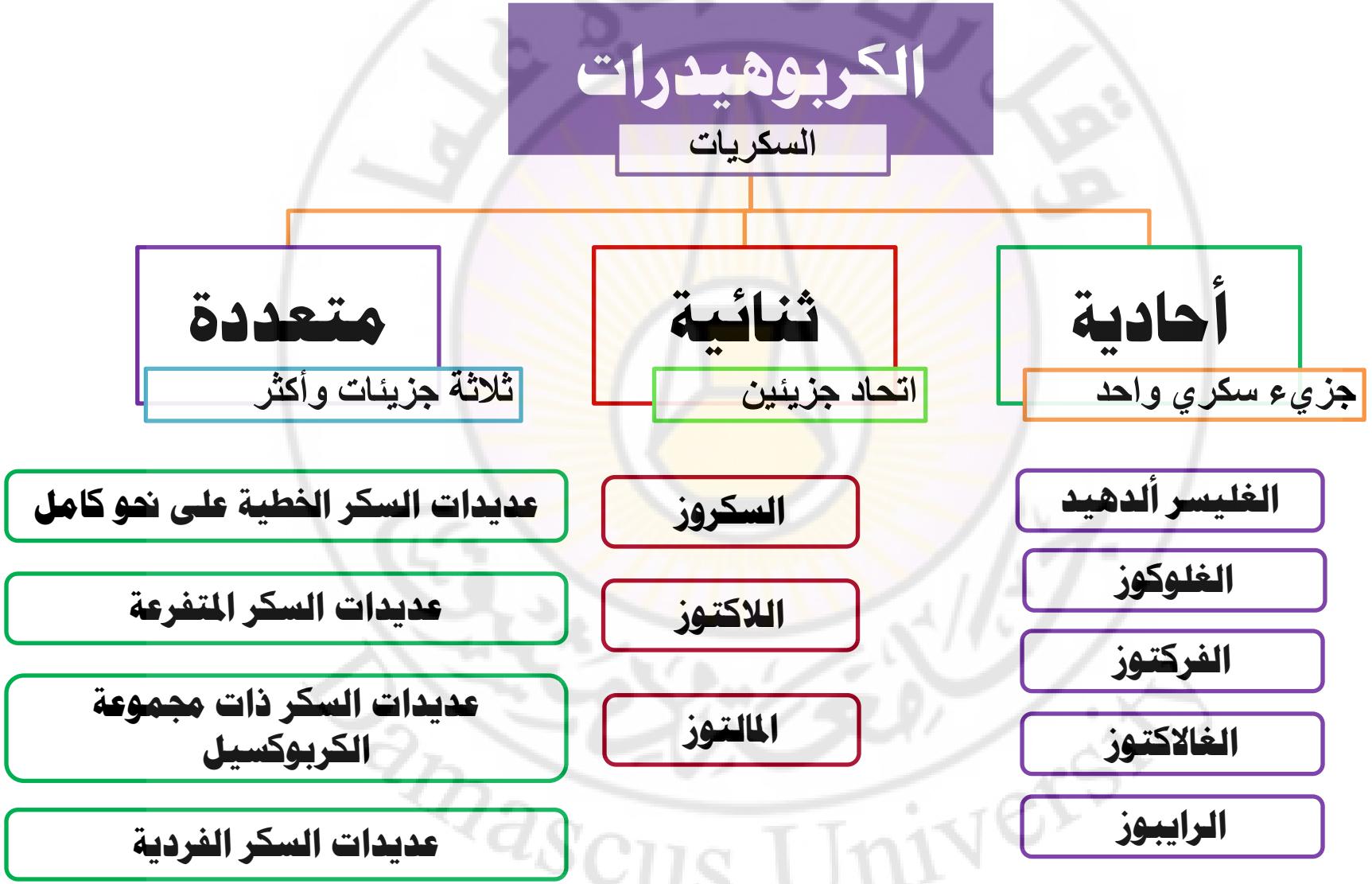


الغلوكوز (سكر العنب)



الفركتوز (سكر الفواكه)

3. وفق عدد السكريات المتحدة معاً:



السكريات الأحادية (البسيطة) Monosaccharaides:

تتكون من جزيء واحد من السكر وهو غير قابل للحلمهة ،أي لا تعطي بالحلمهة سكريات أبسط منها ، ولذلك تسمى أيضاً بالسكاكر البسيطة.

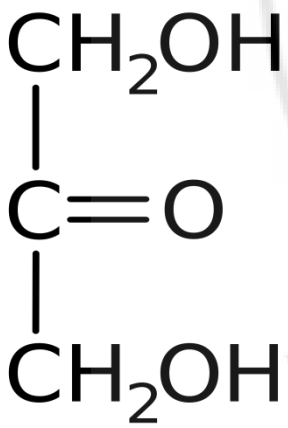
فإذا أجرينا عملية حلمهة Hydrolysis لسكر الغلوكوز فسيعطي غلوكوز فقط، ولا يعطي سكر آخر أبسط منه.

Damascus University

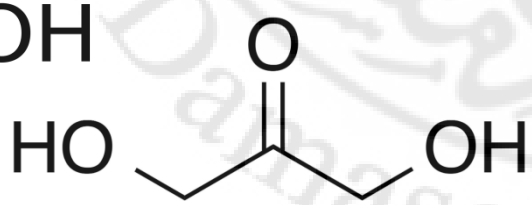
1- **الغليسر ألدهيد** $C_3H_6O_3$:

إن أكثر السكريات الثلاثية أهمية هو الغليسر الدهيد Glyceraldehyde ونظيره الكيتوني ثنائي هيدروكسي الاسيتون Dihydroxyacetone، وينتجان عن أكسدة الغليسرين في موقعين مختلفين، ولهما أهمية بالغة وحيوية في عملية البناء الضوئي والتنفس والتركيب الكيميائي.

Fischer Formula

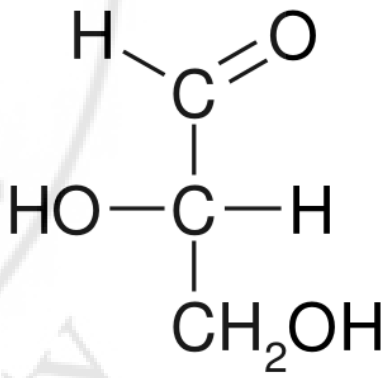


Skeletal Formula

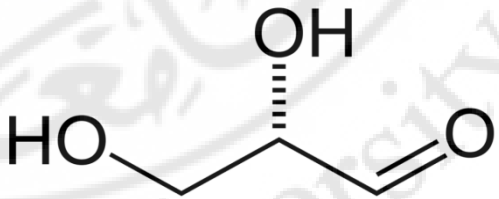


Dihydroxyacetone

Fischer Formula

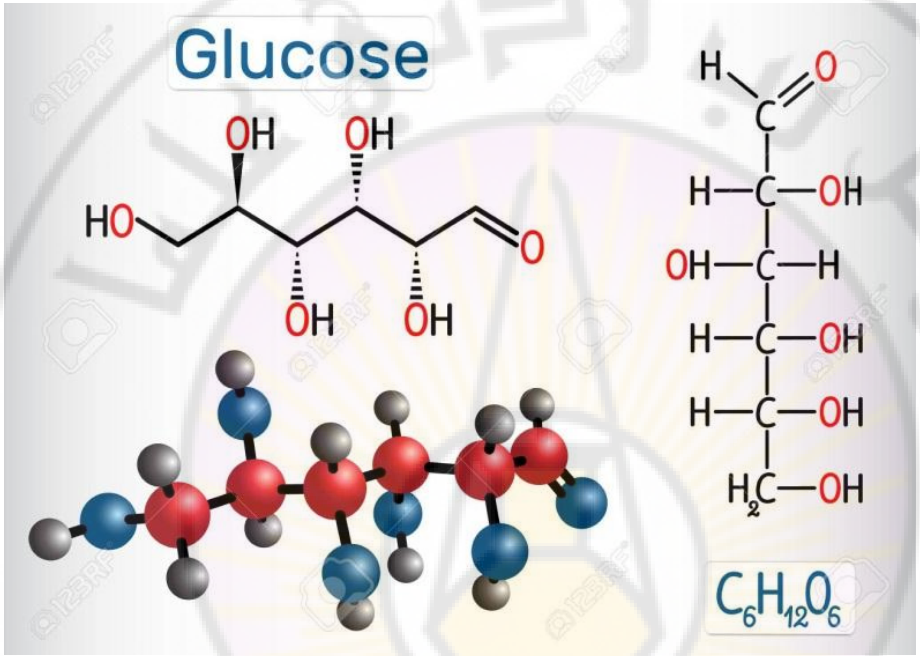


Skeletal Formula



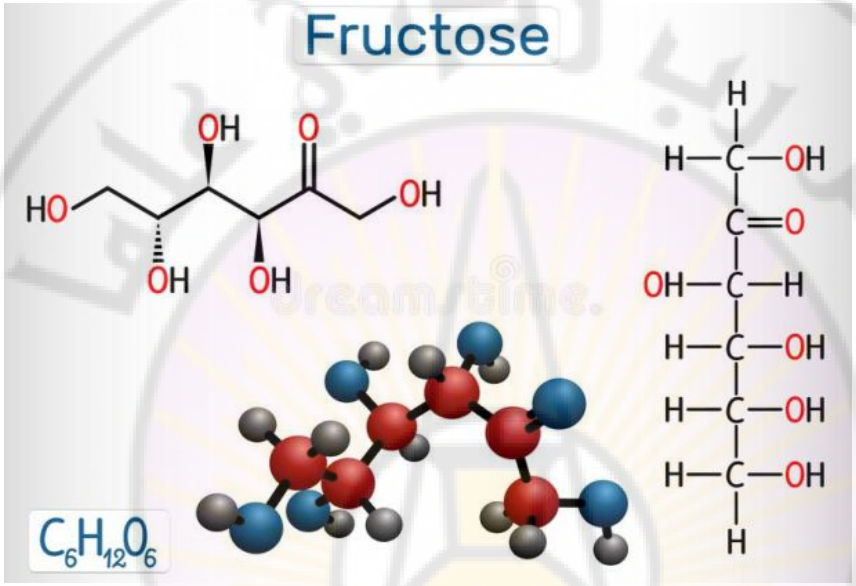
Glyceraldehyde

2-الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$:



السكر الأحادي الأكثر وفرةً وانتشاراً، وهو سكر ألدهيدي (يمتلك الزمرة الوظيفية CHO)، يتكون من ست ذرات كربون، يمكن أن يكون ميمّن وميسّر، ويسمى سكر الدم، وسكر العنب، وهو الناتج الرئيسي لعملية التركيب الضوئي في النباتات والطحالب، وهو المصدر الرئيسي للطاقة في الكائنات الحية، ويوجد في الغذاء بشكل طبيعي ويستطيع الجسم توفيره من خلال هضم الكربوهيدرات المركبة مثل النشاء الموجود في الرز والبطاطا، وتنتقل الكربوهيدرات مباشرة من الجهاز الهضمي إلى مجرى الدم بعد هضم الطعام، ولكن لا يمكن للغلوكوز دخول الخلايا إلا بوجود الأنسولين، ويخزن الكبد والعضلات الغلوكوز الزائد على شكل غليكوجين (Glycogen).

3-الفركتوز Fructose:



من السكريات الكيتونية (يمتلك الزمرة الوظيفية CO)، السداسية، يوجد في الغذاء بالشكل المُيسِّر L، ويسمى بسكر الفاكهة إذ يتكون داخل جميع أنواع الفواكه تقريباً وبعض الخضار والعسل، وأكثر السكريات الطبيعية حلاوة، أكثر من السكروز بـ 1.2 إلى 1.8 مرة، وبالتالي أقل من السكروز في امداد الجسم بالسعرات الحرارية، لذلك يستخدم في تحلية أطعمة النظام المستخدم لإنقاص الوزن، ويستخدم في الصناعات الغذائية شراب الذرة عالي الفركتوز (High-fructose corn syrup) في تحلية الحلويات والمربيات والمشروبات الخفيفة والعصائر ويعطي نفس مذاق السكروز، والفركتوز من السكريات القابلة للتمثيل من قبل الخمائر والبكتيريا، لذلك يستخدم في إنتاج الأغذية المتخمرة وإنتاج الأحياء الدقيقة الهامة تغذوياً، مثل إنتاج خميرة الخبز.

العسل Honey:

محلول مائي مركز من السكريات المنقلبة، فيتكون من السكريات والماء بالاضافة إلى مكونات أخرى هامة كالفيتامينات والأملاح المعدنية وبعض المواد البروتينيه والخمائر والأنزيمات، ويختلف تركيب العسل تبعاً للعديد من العوامل ولعل أهمها نوع العسل والمرعى والمنطقة الجغرافية، ويمكن بالمتوسط تبيان نسب هذه المكونات :

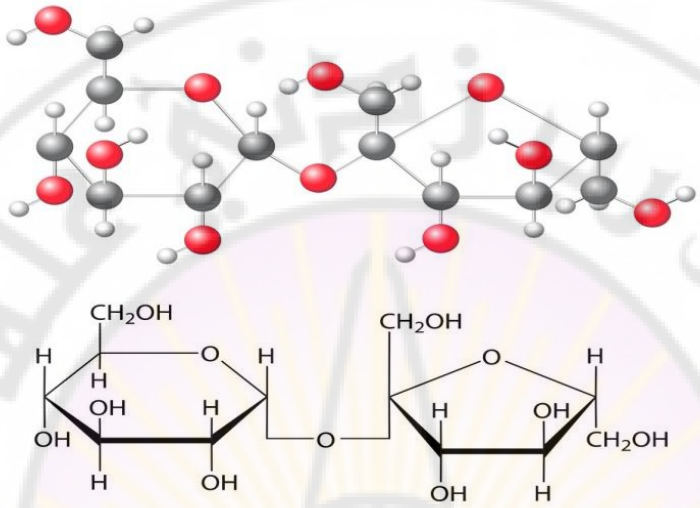
الماء 18 % (أقل من 20%) - سكر الفركتوز (سكر الفواكه) 40% - سكر الغلوكوز 34 % السكروز (سكر قصب) 1 % - دكسترين وسكر شعير 0.4 % - مواد بروتينيه 0.3 % (الحمض الآميني السائد في العسل هو البرولين) - نيتروجين 0.04 % - أملاح معدنية 0.2 %

أنزيمات: أنزيم الدياستيز- والإنفرتيز – والكاتاليز – والفوسفاتيز – والبيروكسيديز وتنتجها الغدد البلعومية لشغالات النحل ولها دور في نضج الرحيق إلى عسل، وتتخرب في حال تسخين أو تخزين العسل عللى حرارة عالية، ويعد إنزيم الغلوكوز أوكسيديز أحد هذه الإنزيمات الذي يحول الغلوكوز إلى حمض الغلوكونيك (الحمض الرئيسي في العسل) وفوق أكسيد الهيدروجين، H_2O_2 المثبطة للميكروبات.

ملاحظة:

في العسل الطبيعي تكون نسبة الغلوكوز إلى الفركتوز أقل من 1، وتستخدم كإحدى طرائق كشف غش العسل.

4. السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$:



سُكر القصب أو سكر المائدة، هو سكر ثنائي يتكون من اتحاد وحدتين من السكريات الأحادية (50% من غلوكوز و50% فركتوز)، حيث تتشكل رابطة غليكوزيدية بين ذرة الكربون C_1 في الغلوكوز وذرة الكربون C_2 في الفركتوز، والسكروز سكر غير مرجع، يتحلمه خارج الجسم بالوسط الحمضي مع التسخين، وداخل الجسم بواسطة أنزيم الانفيرتاز(Invertase، بيتا-فركتوفورانوزيداز)، طعمه أحلى من الغلوكوز ولكن أقل حلاوة من الفركتوز، يستخرج من قصب السكر أو الشوندر السكري، ويتميز بخصائص حسية وتصنيعية جيدة، مثل قابليته للتبلور و يتفوق على باقي السكريات في هذه الميزة المهمة في الصناعة وللاستهلاك اليومي.

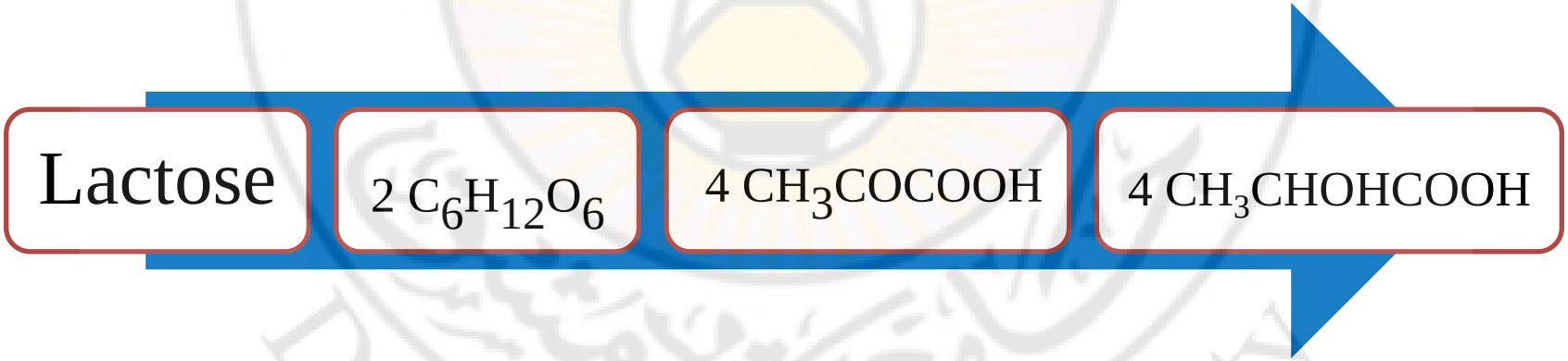
5. اللاكتوز Lactose :

سكر ثنائي يتواجد في الحليب، يتألف من جزيئتين D-غلوكوز و D-غالاكتوز، أي من تكاثف جزيء غالاكتوبيرانوز يميني مع جزيء، غلوكوز يميني، وهو سكر مرجع لاحتوائه على هيدروكسيل غليكوزيدي، تتم حلمهته بأنزيم اللاكتاز، لذلك يجب أن يكون الأنزيم فعال ونشيط عند الأطفال أكثر من فعاليته عند الكبار لاعتمادهم على الحليب بشكل أساسي.

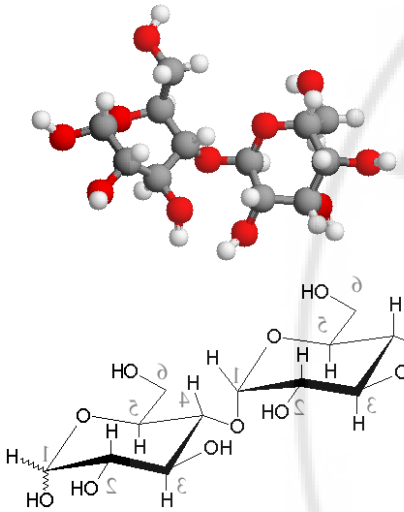
يؤدي سوء الامتصاص نتيجة عوز أنزيم اللاكتاز Lactase، إلى إسهال مائي وانتفاخ في البطن وألم في الكولون، والسبب في ذلك بقاء اللاكتوز في المعي وعدم انتقاله إلى الدم وبالتالي تقوم البكتيريا المتواجدة في القولون والتي تستطيع استقلاب اللاكتوز، بهضمه، ونتيجة لعملية التخمر تنتج كميات كبيرة من الغاز (خليط من الهيدروجين وثنائي اكسيد الكربون والميثان).

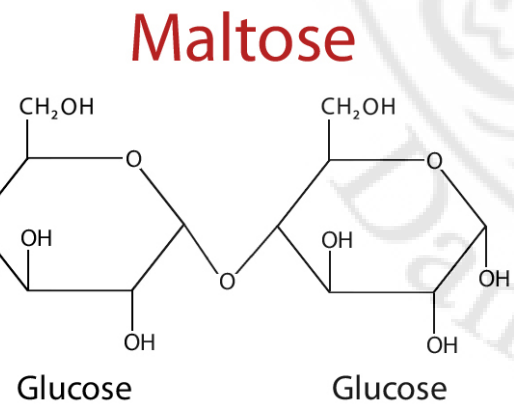
وفي مجال الأغذية الوظيفية فإنه تُصنع عديد من المُكملات الغذائية مثل حليب خالي اللاكتوز أو مكملات تحوي أنزيم اللاكتاز، لمرضى عوز أنزيم اللاكتاز، غياب مشغل مورثات إنتاج أنزيم اللاكتاز Lac operon.

يتحول اللاكتوز إلى حمض اللبن Lactic acid بتأثير بكتيريا العُصيات اللبنية *Lactobacillus*، حيث يتحلمه إلى غلوكوز وغالاكتوز، وكل سكر منهما يعطي جزيئتين من حمض البيروفيك $CH_3COCOOH$ وكل جزيئة من حمض البيروفيك تعطي جزيئة من حمض اللبن $CH_3CHOHCOOH$، بالتالي فإن كل جزيئة من اللاكتوز تعطي 4 جزيئات من حمض اللبن وطاقة.



6-المالتوز Maltose:





أو سكر الشعير، سكر ثنائي ينتج من اتحاد، تكاثف جزيء غلوكوبيرانوز يميني مع غلوكوز يميني بواسطة رابطة غلوكوزيدية ألفا ١-٤، للمالتوز طعم حلو، وحلاوته نصف حلاوة الغلوكوز وخُمس حلاوة الفركتوز، يُحصل عليه بحلمهة النشاء بواسطة أنزيم الأميلاز، وتتم حلمهته بواسطة أنزيم المالتاز.

تقوم عديد من الصناعات الغذائية على المالتوز:

1- صناعة إنتاج السيروب عالي المالتوز والمستخدم كمحلي طبيعي:

Syrups high in maltose: high maltose corn syrup (HMCS).

2- إنتاج مشروب الشعير، والبيرة بتخمير ماء الشعير، حيث يؤدي انبات وبرعمة حبوب الشعير إلى تنشيط أنزيمات الحلمهة التي تحلمه النشاء والبروتينات لتحرر سكر المالتوز والأحماض الآمينية بالإضافة إلى زيادة التوافر الحيوي للفيتامينات والأملاح مما يشكل بيئة مغذية مناسبة لنشاط الخمائر.

7-عديدات السكر Oligosaccharides:

تتوزع عديدات السكر بشكل وافر في الطبيعة، وتقوم بوظائف عديدة :

بنيوية، هيكلية:

- **السللوز والهيمي سللوز والبكتين في النبات، والكيتين في الحيوان.**

إدخارية:

- النشاء في النباتات والغليكوجين في الحيوان.

رابطة للماء:

- الآغار والبكتين والألجينات في النبات.

النشاء $(C_6H_{10}O_5)_n$

أحد المواد الرئيسية في النظام الغذائي، والمصدر الرئيسي للطاقة، وهو سكر معقد ويتواجد في أجزاء كثير من النباتات (البطاطا - الرز - الذرة)، وهو بولمير Polymer يتألف من وحدات ألفا - د- غلوكوز اللامائية α-D-glucose، ويتكون من: الأميلوز Amylose والأميلوبكتين Amylopectin ويحتوي النشاء العادي على نحو 75 - 80% أميلوبكتين و20- 25% أميلوز.

يتكون الأميلوز من سلسلة مستقيمة لجزيئات الغلوكوز الحلقية المتصلة بالرابطة ألفا 4:1 ويتراوح عدد وحداتها بين 250- 1000 وحدة وقد يصل إلى 3800 وحدة.

يتحلل الأميلوز بوساطة إنزيم بيتا أميلاز Amylase إلى مالتوز Maltose ويعطي مع اليود لوناً أزرق داكناً نتيجة قدرة الأميلوز على الإدمصاص.

ويتكون الأميلوبكتين من سلاسل متفرعة من الأميلوز مرتبطة ببعضها في نقطة التفرع بالرابطة 6:1 وداخل السلسلة نفسها بالرابطة 4:1 ويصل الوزن الجزيئي للأميلوبكتين إلى نحو 450000 وحدة غلوكوز، لا يتحلل كاملاً بوساطة إنزيم بيتا أميلاز ويتلون باليود بلون محمر قرنفلي، ومحاليله ثابتة مقارنة بالأميلوز.

يُفصل الأميلوز عن الأميلوبكتين بإذابة الأول في الماء الساخن في درجة حرارة 60-70م° ثم يرسب من محلوله بإضافة حجم مماثل من الكحول الإيثلي.

ملاحظة:

إن حلمهة النشاء إلى سكريات أحادية يعطي الغلوكوز، والحلمهة إلى سكريات ثنائية يعطي المالتوز، والحلمهة إلى سكريات تتألف من 6 أو 7 وحدات يعطي الديكسترينات.

تهلم النشاء (الجلتنة) Gelatinization :

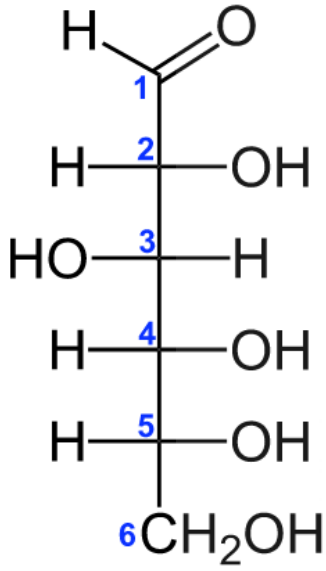
تغير فيزيائي يحدث عندما يُسخن النشاء بالماء، حيث تتفكك الروابط الهيدروجينية بين الأميلوز والأميلوبكتين عند دخول الماء إلى الحبيبة بسبب ذوبانية الأميلوز فيهاجر خارج الحبيبة، بينما يشكل الأميلوبكتين روابط هيدروجينية مع الماء فيسبب إنتفاخ الحبيبة، وهذا يُؤدي إلى نقص كمية الماء الحر المتاح وتزداد ثخانة المزيج، ومع استمرار التسخين وتجاوز درجة حرارة الجلتنة تنخفض اللزوجة وتنفجر حبيبات النشاء مؤدية لتشكل الهلام.

Damascus University

التماكب أو التصاوغ

تمتلك السكريات مركز عدم تناظر (أي تمتلك ذرة كربون تحمل أربع مجموعات مختلفة لذلك معظمها يمتلك مماكباً آخر)، واذا ارتبطت ذرة الكربون بمتبادلين متشابهين أو أكثر تصبح ذرة متناظرة، وكل ذرة كربون تحوي رابطة مضاعفة هي ذرة متناظرة.

أي الذرات المتناظرة وأيها غير متناظرة؟



D-Glucose

الغلوكوز (سكر ألدهيدي)

- ✓ **في الألدوزات عدد الذرات المتناظرة اثنتان وهما الأولى والأخيرة.**

C1: متناظرة بسبب وجود الرابطة المضاعفة لـ O.

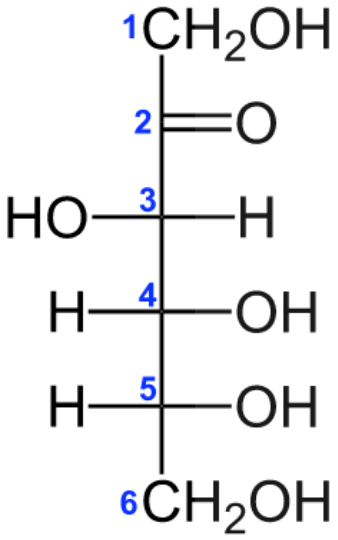
C2:غير متناظرة بسبب اختلاف الزمر، وهي:

1- زمرة الهيدروكسيل 2- الهيدروجين 3- كامل القسم أعلاها

4- كامل القسم أدناها.

C3 و C4 وC5 غير متناظرة.

C6 : متناظرة بسبب وجود هيدروكسي الميتيل CH2OH الذي يحوي ذرتي H.



D- Fructose

الفركتوز (سكر كيتوني)

- ✓ **في الكيتوزات عدد الذرات المتناظرة ثلاثة :**

C1: بسبب وجود هيدروكسي الميتيل CH2OH الذي يحوي على ذرتي H.

C2: بسبب وجود الرابطة المضاعفة للـ O.

C6: بسبب وجود هيدروكسي الميتيل، والذي يحوي على ذرتي H.

- ✓ إن الذرات غير المتناظرة تعطي السكريات خواصها البنيوية.
- ✓ سبب وجود المماكبات هو وجود ذرات كربون غير متناظرة.
- ✓ عدد المماكبات = 2^{n} حيث n تساوي عدد ذرات الكربون غير متناظرة.

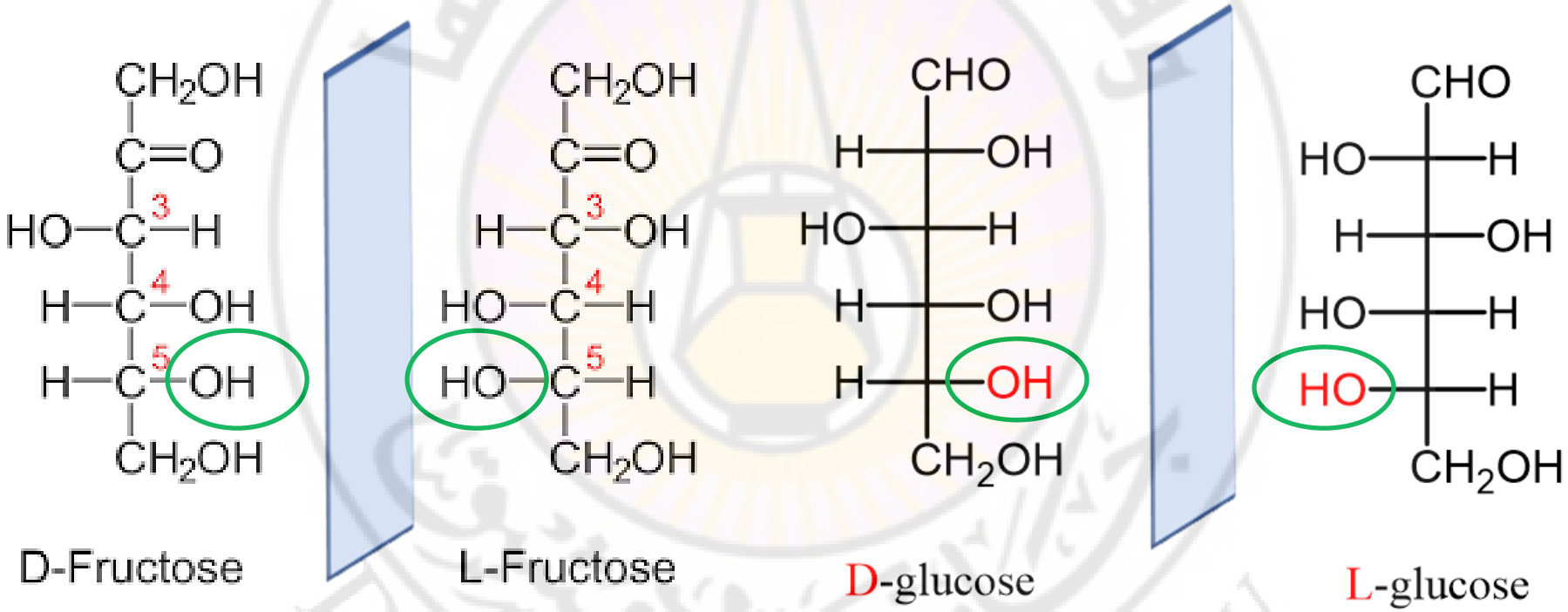
وعليه فإن عدد مماكبات سكر الغلوكوز (الألدوزي) الذي يحتوي 4 ذرات كربون غير متناظرة $16 = 2^{4}$.

وعدد مماكبات سكر الفركتوز (الكيتوزي) الذي يحتوي 3ذرات كربون غير متناظرة $8 = 2^{3}$.

نجد عند المقارنة بين سكرين لهما نفس العدد من الذرات أن عدد المماكبات الكيتوزية تساوي نصف عدد المماكبات الألدوزية

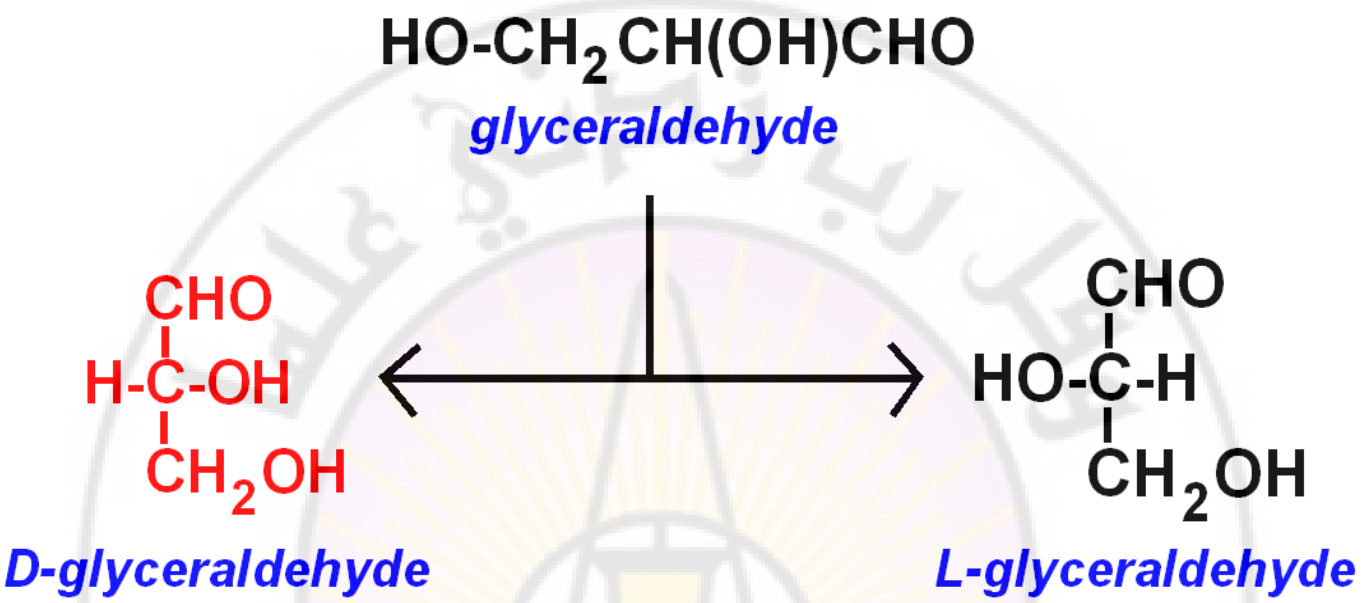
١- التماكب من من الشكل L أو D:

إذا توضعت زمرة الهيدروكسيل على **يمين ذرة الكربون قبل الأخيرة** نرفق السكر بالرمز D، أما عندما تتوضع الزمرة الهيدروكسيلية على اليسار نرفق السكر بحرف L.



ملاحظة:

عند تغيير الشكل من Dإلى L نعكس كذلك اتجاه الزمر الأخرى (وكأن أحد الشكلين خيال الآخر على المرآة).



الغليسرالدهيد Glyceraldehyde: **من السكريات الثلاثية (Trioses)** $C_3H_6O_3$
(سكر ألدوزي) يحتوي ذرة كربون غيرمتناظرة واحدة فقط
وبالتالي عدد مماكباته $2 = {}_2^1$ أحدهما من الشكل L والآخر من الشكل D .

ملاحظة:

إن السكريات في جسم الإنسان هي من الشكل D لذلك نهتم بها في دراساتنا.

٢- التماكب الوظيفي (الألدوزي- الكيتوزي):

يوجد بين السكريات المتشابهة (مثلاً الغلوكوز والفركتوز) حيث يكون لهما نفس الصيغة العامة $C_6H_{12}O_6$ والفرق الوحيد بينهما هو بالزمرة الوظيفية وموضعها.

الفركتوز مماكب من النمط (ألدوزي – كيتوزي) للغلوكوز.

Damascus University

3- التماكب الضوئي:

تتميز عديد من المركبات التي تملك ذرات غير متناظرة، مثل ذرة الكربون المرتبطة بأربع مجموعات مختلفة في السكريات، بقدرتها على استقطاب وتدوير الشعاع الضوئي المار في محاليلها، وتختلف فيما بينها في جهة ومقدار التدوير.

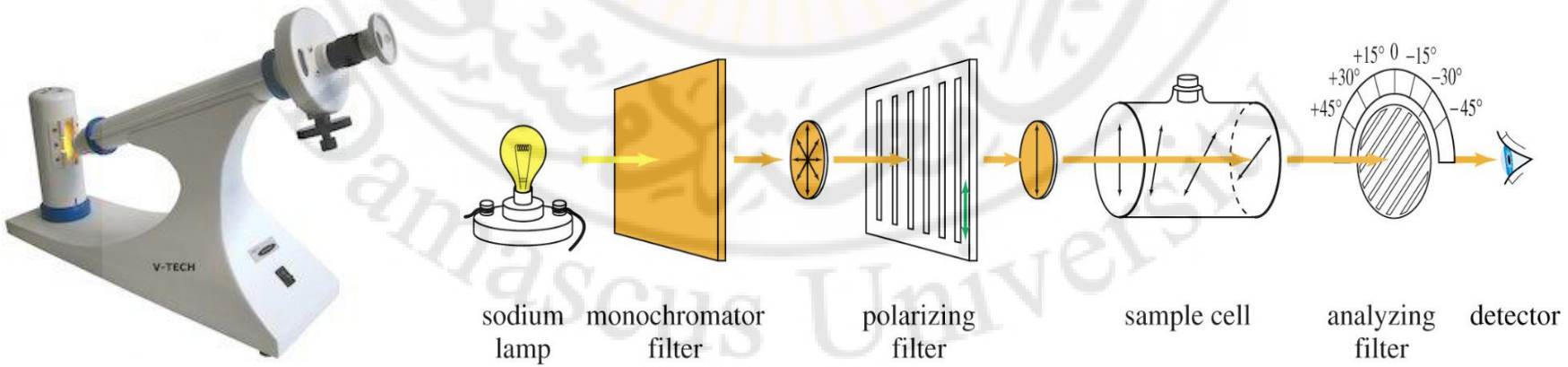
فعند مرور الضوء في محلول سكري فإن الضوء سوف ينحرف إما نحو اليمين أو اليسار فإذا انحرف إلى اليمين يكون السكر موجب التدوير (+) أما إذا انحرف إلى اليسار فيكون السكر سالب (–) وهكذا.

والموضوع ليس له علاقة بأنواع التماكب حيث أن النمط Dيمكن أن يكون (+) أو (–)، وكذلك النمط Lيمكن أن يكون إما (+) أو(–)

المزيج الراسمي Racemic Mixture:

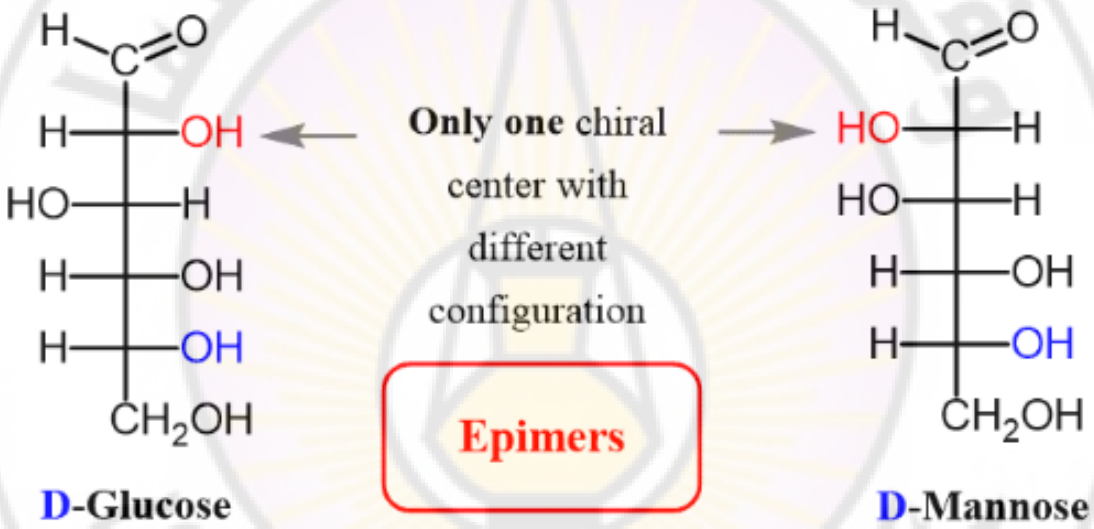
هو مزيج سكري يحوي كميات متساوية من المماكبين DوL حيث يحرف الضوء باتجاه اليمين بمقدار يساوي لحرفه باتجاه اليسار فتكون المحصلة صفراً ويبقى الضوء ضمن المحلول دون أي انحراف يذكر.

"توضع بجانب اسم المزيج إشارة ± للدلالة على أن محصلة التدوير تساوي الصفر.



4- التماكب الإيبيميري:

هي مماكبات تختلف في التوضع الفراغي لزمر OH في الذرة 2أو 3أو 4 والاختلاف بين مماكب وآخر في ذرة كربون واحدة فقط.



مثال:

سكر الغلوكوز مفروق عند C3 وسكر المانوز مفروق عند C2 وC3 فإن المانوز هو مماكب إيبيميري للغلوكوز لأنه يختلف عن الغلوكوز بذرة كربون واحدة فقط.

ملاحظة:

لفهم مفهوم (مفروق): انظر في سكر الغلوكوز أن زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون الثالثة في جهة وباقي زمر الهيدروكسيل في جهة أخرى لذلك نقول بأن سكر الغلوكوز مفروق عند ذرة الكربون الثالثة.

رابعاً: الخواص الفيزيائية والكيميائية للسكريات:

- الخواص الفيزيائية:

1.مواد بللورية.
2.عديمة اللون - حلوة المذاق عادةً.
3.تكون محاليل معتدلة الشحنة في الماء.
4.تتفحم بالتسخين.
5.فعالة ضوئياً (بصرياً Optical Activity ما عدا سكر (ثنائي هيدروكسي الخلون).
6.تقوم بالدوران المتبّ دلMutarotation .
7.تنحل في الماء ولا تنحل في المحلات العضوية.

Damascus University

الخصائص الكيميائية للسكريات الأحادية:

القدرة الاختزالية للسكريات (الارجاع):

- تُعطي المجموعات الوظيفية (الألدهيد في الألدوزات والكيتون في الكيتوزات و الهيدروكسيل الغليكوزيدي) للسكريات قدرتها الاختزالية (الارجاع).

- تتميز السكريات المحتوية على مجموعة ألدهيد أو السكريات القادرة على تكوين مجموعة الألدهيد عن طريق التصاوغ Tautomerization بخواص اختزالية قوية، (جميع السكريات الأحادية، وبعض السكريات الثنائية، مثل المالتوز واللاكتوز)، حيث تتأكسد إلى أحماض كربوكسيلية، كتأكسد الغلوكوز إلى حمض الغلوكونيك، حيث تستطيع الوظيفة الألدهيدية أن تحول الشوارد المعدنية مثل النحاس والفضة من رقم أكسدة مرتفع إلى رقم أكسدة أقل ويظهر ذلك في اختبار فهلنغ حيث تترسب شوارد النحاس (ذات رقم أكسدة +2على شكل أكسيد النحاسي Cu_2O رقم أكسدته +1)، وفي محلول تولن، نترات الفضة النشادرية، الذي يعمل على أكسدة جزيئات السكر التي بدورها تختزل او ترجع أيونات الفضة الى ذرات فضة فيتكون نتيجة لذلك مرآه فضية لامعة.

إن وجود السكريات المختزلة يؤدي إلى حدوث تفاعل ميلارد، حيث تتفاعل مجموعة الكربونيل في السكر المختزل مع الآمين في الأحماض الأمينية، مما يؤدي إلى إكساب الغذاء اللون البني، ويحدث هذا التفاعل عادة عند تسخين الطعام، ويساهم تفاعل ميلارد في إعطاء نكهة ورائحة للعديد من المواد الغذائية، مثل القهوة والشوكولاته والخبز.

ملاحظات:

- ✓ **السكريات الثنائية المُرجعة**:

بعضها مرجع وبعضها غير مرجع وذلك يعتمد على كيفية تشكلها، فإذا كان السكر الثنائي ناتج عن تشكل رابطة غليكوزيدية على حساب الهيدروكسيلين الغليكوزيدين في كل من السكرين (كالسكروز) فيكون السكر الثنائي غير مرجع لأنه لا يحتوي أي هيدروكسيل غليكوزيدي ولا يمكنها التحول الى الشكل مفتوح السلسلة مع مجمعة الالدهيد، أما إذا كان السكر الثنائي ناتج عن تشكل رابطة غليكوزيدية بين هيدروكسيل غليكوزيدي وهيدروكسيل غير غليكوزيدي (كالمالتوز) كان السكر مرجع لاحتوائه على هيدروكسيل غليكوزيدي مع امكانية التحول الى الشكل مفتوح السلسلة مع مجموعة الألدهيد.

- ✓ **الهيدروكسيل الغلوكوزيدي**:

هي زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بالكربون 1في الألدوزات أو بالكربون 2 في الكيتوزات.

- ✓ **ذرة الكربون الأنوميرية**: هي ذرة الكربون التي تحتوي على الهيدروكسيل الغلوكوزيدي.

- ✓ تستخدم كواشف فهلنغ Fehling وبنديكيت Benedict وتولانز وبارفويد Baarfoed للكشف عن السكريات الأحادية والثنائية، حيث تقوم هذه السكريات المحتوية على هيدروكسيل غليكوزيدي بارجاع هذه الكواشف.

صيغة فيشر

وهو الطريقة المختصرة في تمثيل الصيغة الخطية للسكريات :

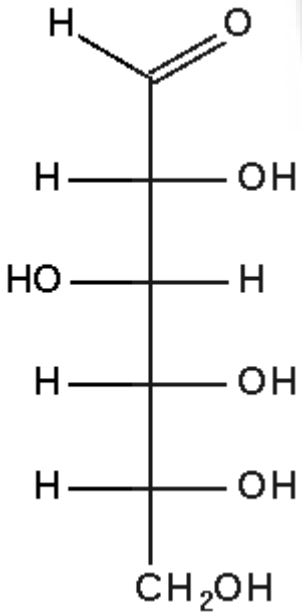
١- نرسم خط عمودي ونضع عليه جميع الذرات المتناظرة فقط.
وهي ٢للألدوزات (الأولى والأخيرة) و ٣ للكيتوزات (الأولى والثانية والأخيرة).

٢- نرسم مكان كل ذرة غير متناظرة خط أفقي ولا نرسم الذرات غير المتناظرة بل تمثلها نقاط تقاطع الخطوط الأفقية مع العمودية.

٣- نضع زمر الهيدروكسيل فقط مع مراعاة الذرات المفروقة

٤- نحن مخيرون في وضع ذرات الـ Hأو عدم وضعها .

مثال: إسقاط فيشر على الغلوكوز :



١- نرسم خط عمودي.

٢- نضع عليه الذرات المتناظرة فقط: هو سكر ألدوزي أي نضع فقط C1 و C6.

٣- نرسم مكان كل ذرة غير متناظرة خط أفقي: أي مكان C2, C3, C4, C5وتمثلها نقاط تقاطع الخطوط الأفقية مع العمودية.

٤- نراعي الذرات المفروقة: وهو سكر مفروق عند C3أي تكون زمرة الهيدروكسيل على اليسار عند C3.

٥- نضع زمر الهيدروكسيل فقط (ونحن مخيرون في وضع ذرات الـ Hأو عدم وضعها).

- توجد السكريات بشكلين : خطي وحلقي .
- في الطبيعة تكون معظم السكريات متحلقة، وبخاصة في جسم الإنسان، وليست كل السكريات قادرةً على التحلق، وإنما يختص ذلك بالخماسية والسداسية منها.
- وهناك طريقة شهيرة لتمثيل السكريات الحلقية تسمى طريقة هاورث Haworthسنأتي على تفصيلها .

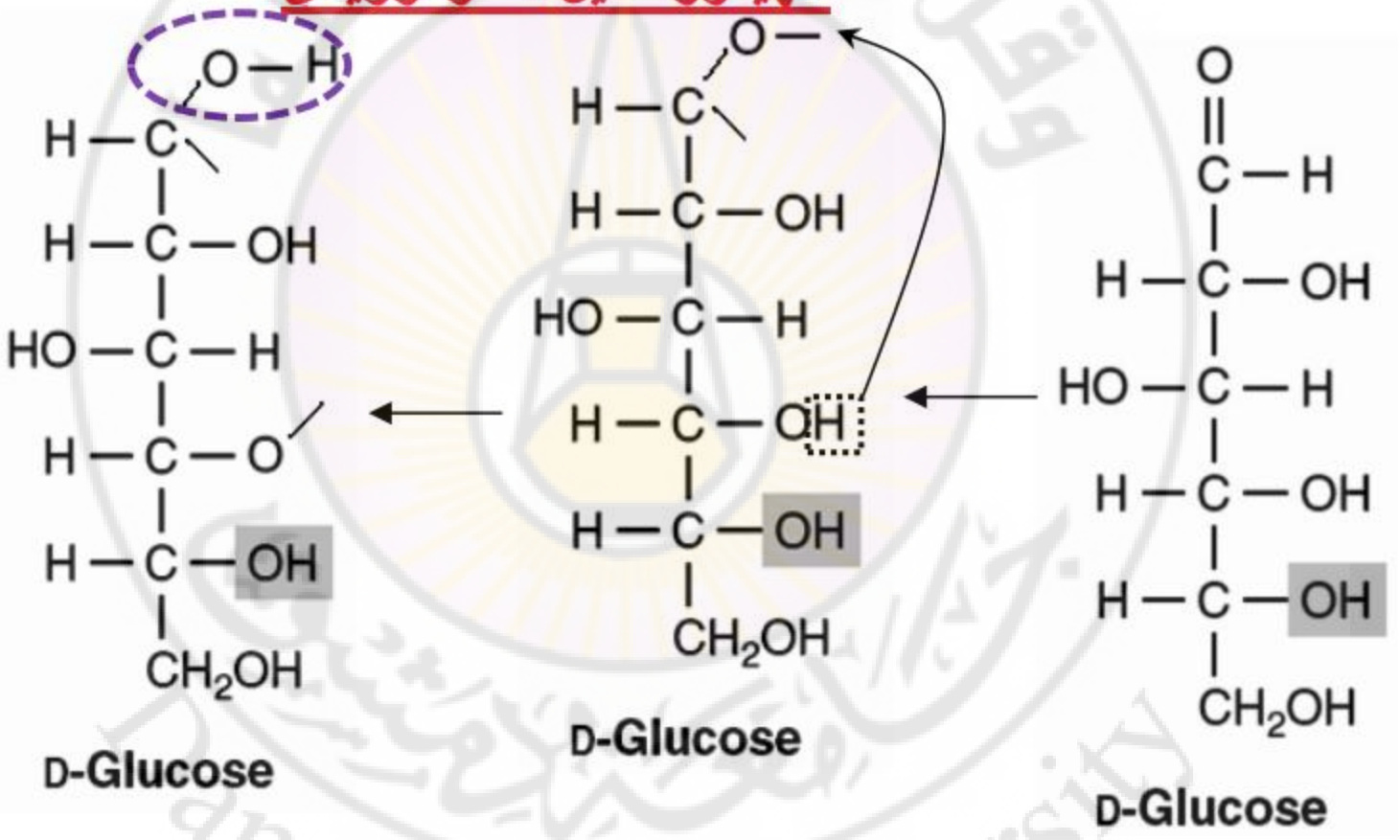
طريقة تحويل السكاكر من الشكل الخطي إلى الشكل الحلقي :

١- في الألدوزات ، سنأخذ الغلوكوز كمثال :

في سكر الغلوكوز تكون ذرة الكربون الأولى متناظرة وحتى يكتب الغلوكوز بالشكل الحلقي يجب أن تصبح غير متناظرة، لذلك 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 الـ OHالمرتبطة بالكربون ٤أو ٥،ويرتبط مع ذ رة الأوكسجين المرتبطة بالكربون C١ ويشكلان معاً زمرة هيدروكسيلية مرتبطة بالكربون ١تدعى الهيدروكسيل الغلوكوزيدي (زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بالكربون ١في السكر الألدوزي الحلقي)، وتسمى ذرة الكربون هذه بذرة الكربون الأنوميرية.

الهيدروكسيل الغلوكوزيدي

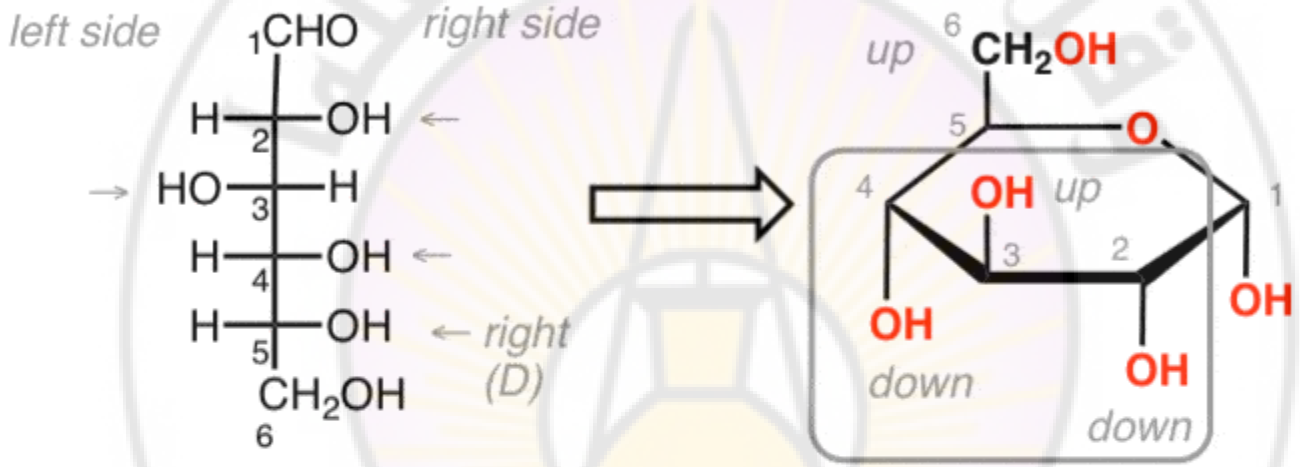


Damascus University

أما كربون الزمرة الوظيفية C1 المرتبط بذرة كربون وذرة هيدروجين وزمرة هيدروكسيل غلوكوزيدي أحادية لذلك ينقصه رابطة واحدة) فينضم إلى الأوكسجين ٤أو ٥الذي خسر Hفتتشكل بذلك: حلقة فورانية خماسية إذا كان الأوكسجين مرتبط بالكربون ٤ أو حلقة بيرانية سداسية إذا كان الأوكسجين مرتبط بالكربون ٥ .
إذاً أصبحت ذرة الكربون ١من الشكل H-C-OHبدلاً من ، H-C=Oأي أصبحت غير متناظرة. وبالتالي فإن زمرة الـ OHالغليكوزيدية يمكن أن تكون إلى الأعلى أو الاسفل في الشكل الحلقي وهذا ما يعطينا مماكبان حلقيان لكل حلقة، أي حلقتين خماسيتين وحلقتين سداسيتين.

كما أن الترقيم يبدأ من ذرة الكربون في الطرف الأقرب لمجموعة الكربونيل بالنسبة لزمر الهيدروكسيل إذا كانت في الصيغة الخطية على اليمين نرسمها في الصيغة الحلقية نحو الأسفل ٢وإذا كانت على اليسار نرسمها نحو الأعلى.
- عندما يكون السكر من الشكل D فإن الزمرة CH2OHوما يلحقها نضعه نحو الأعلى.
- عندما يكون السكر مفروقاً عند ذرة معينة (كـ C3عند الغلوكوز) فتكون زمرة الهيدروكسيل في الصيغة الخطية على اليسار، أما بالصيغة الحلقية نضعها نحو الأعلى (الداخل.

Shortcut: for C_2 , C_3 , and C_4 *right side → down*
left side → up



D-Glucose
(Fischer projection)

α-D-Glucopyranose
(Haworth projection)

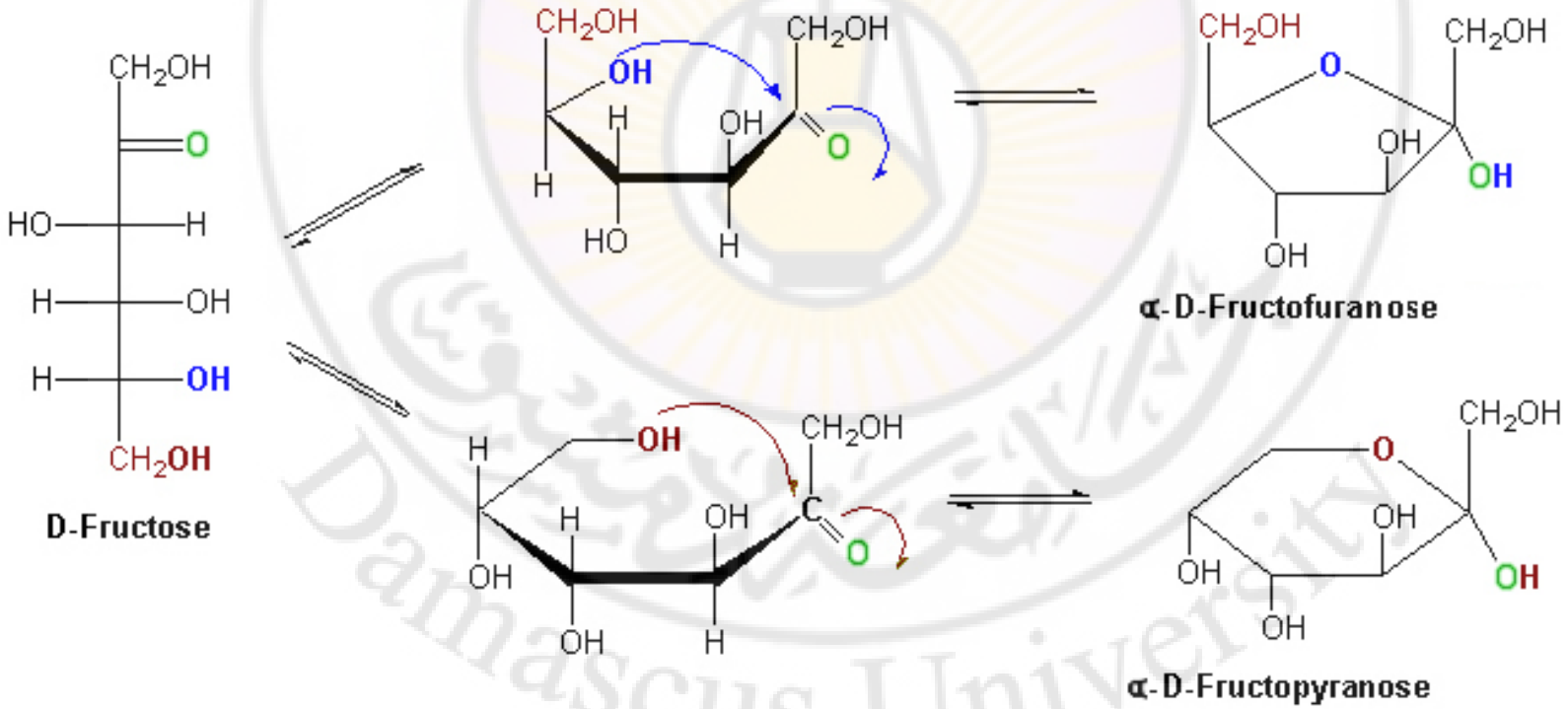
For C_5 : if OH is on the right of the Fischer, it's a D-sugar (by definition)
This will place C_6 on the top face of the Haworth.

For C_1 : the α anomer has OH → *down* (for D-sugars)
the β anomer has OH → *up* (for D-sugars)

في الكيتوزات :

سنأخذ سكر الفركتوز كمثال :

زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون ٥أو ٦هي التي تقترب من الزمرة الكربونيلية التي تحمل رقم ٢، وباقي مراحل العمل نفسها تتكرر.



خامساً: الألياف الغذائية Dietary fibers

الألياف الغذائية Dietary fibers

عرَّف دستور الغذاء الألياف الغذائية بأنها بوليمرات من السكريات تتكون من اتحاد 10 سكريات أحادية على الأقل ولا تتحلمه بأنزيمات الأمعاء الدقيقة للإنسان، وبالتالي لاتخضع للهضم فيها وانما تمر إلى الأمعاء الغليظة لتتخمر بفعل الجراثيم المعوية، وهي ألياف نباتية حصراً، حيث لا تحوي الأغذية الحيوانية على ألياف غذائية، ويضاف إلى هذا التعرف الليغنين والذي يصنف من الألياف الغذائية بالرغم من أنه من البوليمرات العطرية.

ألياف منحلة بالماء:

- وتضم الصموغ والبكتين وبيتا ـ غلوكان وبعض أنواع الهيمي سيللوز وغالباً ما تتواجد داخل الخلايا النباتية، ومن مصادرها الشائعة، لب ثمرة التفاح.

ألياف غير منحلّة بالماء:

- وتضم الليغنين والسيللوز وبعض أنواع الهيمي سيللوز، وغالباً تتواجد في جدر الخلايا النباتية، ومن مصادرها الشائعة قشرة القمح، قشرة البطاطا، قشرة البندورة.

البكتين: مزيج من عديد سكاريد ذات مجموعة الكربوكسيل، منحل بالماء، يتألف من 65% تماثر مواحيد من حمض الغالاكتورونيك، ويستخرج صناعياً من التفاح وقشور الحمضيات.

بيتا غلوكان: بوليمير من سكر β-D-glucose مرتبطة بروابط غليكوزيدية، غالباً من النمط β-1,3، تحوي النباتات كلا النمطين β-1,4 وβ-1,3، في حين تحوي الفطريات والبكتيريا النمط β-1,6، يكثر وجود الغلوكان في الشعير والشوفان.

الليغنين: مركب غير سكري يتألف من وحدات فينول مرتبطة مع بعضها، لذا يعدّ من البولي فينولات.

السليلوز: هو سكر عديد، مكون من نوع واحد من السكريات الأحادية، الغلوكوز، ليس له طعم وغير ذواب في الماء، ويعتبر من أوفر المركبات الكيميائية على وجه الأرض، ويشكل المادة الخام الأساسية في كثير من الصناعات المختلفة مثل صناعة الورق واللدائن والمنسوجات.

الهيمي سليلوز: لها مقاومة اقل من السليلوز للمعاملات الكيميائية، تعطي عند تحللها مائياً بتسخسنها مع الأحماض المعدنية خليطاً من السكريات السداسية (غلوكوز، غالاكتوز) وسكريات خماسية (ارابينوز، زايلوز) وكمية قليلة من الاحماض اليورونية Uric acid (حمض الغلوكورونيك Glucoronic acid والغالاكتورونيك Galacturonic acid).

العوامل المؤثرة في تخمر الألياف:

طبيعة الألياف:

غالباً ما تكون الألياف المنحلّة قابلة للتخمُّر فتدعى بالألياف كثيرة التخمر، في حين تُدعى الألياف غير المنحلّة بالألياف قليلة التخمر.

شكل الليف:

إذا كانت هنالك انحلالات جزئية ضمن الليف كان تخمّره أكبر.

عمليات المعالجة:

تختلف مساحة السطح بعد العمليات التصنيعية، كالطحن مثلاً عمّا كانت عليه، وبالتالي تختلف القدرة الرابطة للماء والقدرة الرابطة للمواد الأخرى، فيختلف نمط التخمر.

نوع البكتيريا التي تقوم بعملية التخمير:

الجراثيم المخمرة هي جراثيم لا هوائية سلبية الغرام مفيدة تدعى Bacteriodates، تنشط عند تناول الأغذية الصحية الغنية بالألياف، وتوجد بكثرة في الشاي الأخضر والفاصولياء لذلك ينصح بهذه الأغذية للأشخاص المعانين من السمنة، أما الجراثيم Firmicutes إيجابية الغرام، توجد بالسكريات والمعجنات والحلويات تقلل من عملية التخمر الكولوني وتقلل من معدل استهلاك الطاقة وتؤدي للإصابة بالسمنة.

تمر الألياف الغذائية عبر جهاز الهضم وتبقى دون هضم لتتخمر بفعل البكتيريا المعوية، حيث يتم حلمهتها أولاً بواسطة الأنزيمات البكتيرية الخارج خلوية لإعطاء السكريات الأحادية، ثم تخضع للتقويض وفق مسار إمبدن – مايرهوف داخل الخلايا البكتيرية للحصول على البيروفات والتي سريعاً ما تتحول لتُعطي حموضاً دسمة قصيرة السلسلة Short Chain Fatty Acids (SCFA) (أسيتات – بروبيونات – بوتريات) وغاز CO_2 و H_2 اللذان يتحدان معاً مشكلين غاز الميتان، CH_4 والذي يسبب نفخة في البطن.

المشعر الغلوكوزي أو الغلايسيمي للأغذية Glycemic Index

يُعبر المشعر الغلوكوزي للمادة الغذائية عن السرعة التي يقوم خلالها الجسم بهضم وامتصاص واستقلاب السكريات الموجودة فيها، وبالتالي يُعد مؤشراً لمعدل وسرعة ارتفاع سكر الدم بعد تناول الغذاء، وتقسم الأغذية إلى أغذية ذات مشعر غلوكوزي منخفض GI ≤ 55، لا تسبب زيادة عالية وسريعة في سكر الدم، وأغذية ذات مشعر غلوكوزي متوسط GI= 55-69 وأغذية ذات مشعر غلوكوزي مرتفع GI ≤ 70، تسبب زيادة عالية وسريعة في سكر الدم.

وإن الأغذية الوظيفية الغنية بالألياف الغذائية تكون ذات مشعرغلوكوزي منخفض، فتلعب دوراً ايجابياً في الحفاظ على صحة الجسم من الاصابة بأمراض السكري والأوعية الدموية، وتُحسن من مؤشر كتلة الجسم (BMI) Body Mass Index وقيمة الهيموغلوبين الغلوكوزي HbA1c والكوليسترول المفيد.

الوظائف الفيزيولوجية للألياف الغذائية

Physiological functions of fibers

Damascus University

أولاً: خفض المشعر الغلوكوزي وبالتالي سكر الدم:

- ✓ تمر الألياف الغذائية عبر جهاز الهضم وتبقى دون أن تهضم، وبالتالي تشكل حاجزاً فيزيائياً يمنع امتصاص نواتج هضم المغذيات الأخرى كالسكريات، مما يؤثر بشكل ايجابي بخفض المشعر الغلوكوزي.
- ✓ تشكل الألياف المنحلة في المعدة كتلة هلامية لزجة تعطي شعوراً بالشبع والإمتلاء، وتبطئ المرور المعدي المعوي للغذاء، فيصبح الهضم والامتصاص أبطأ لذلك رفع سكر الدم يكون أبطأ.
- ✓ قدرة الألياف على تغيير نشاط أنزيم الأميلاز البنكرياسي، من خلال تغيير قيمة pH الوسط وخصائص التبادل الأيوني والادمصاص، وكذلك فإنها تشكل حاجز يعوق تفاعل الأنزيمات مع ركائزها.
- ✓ تثبط الألياف المنحلة إفراز الغلوكاغون البنكرياسي - الذي يعمل يعمل على رفع سكر الدم بعكس الإنسولين- وبالتالي تخفض استحداث الغلوكوز من الغليكوجين.
- ✓ تمتلك الألياف الغذائية القدرة على احتجاز الغلوكوز، وذلك بما يسمّى السعة الرابطة للغلوكوز، وتزداد السعة الرابطة للغلوكوز للألياف غير المنحلّة المسحوقة (أي بزيادة سطح التماس)، حيث ترتبط بالغلوكوز فيصبح غير قادر على رفع سكر الدم .
- ✓ تربط الألياف غير المنحلة النشاء فتمنع أنزيم الأميلاز من تفكيكه، وبالتالي لا يتشكل غلوكوز ولا يرتفع سكر الدم.
- ✓ تزيد الألياف المنحلّة من لزوجة محتوى المعدة بتشكيلها للهلامة وبالتالي تعيق وصول الأميلاز إلى المادة السكّرية فتبطئ من تحطم النشاء.

ملاحظة:

تتميز نخالة دقيق القمح المستخدمة في انتاج خبز النخالة بارتفاع نسبة الألياف الغذائية فيها، حيث تتراوح بين 52.4 – 36.5غ / 100غ، وألياقها صعبة التخمر، مما يؤثر بشكل ايجابي بخفض المشعر الغلوكوزي GI.

يُعد المؤشر الغلوكوزي لسكر الفركتوز هو الأدنى GI=19 من بين السكريات الطبيعية، وبالتالي فإن تأثيره بسيط في مستوى السكر في الدم، ولكن الإفراط في استهلاكه يسبب أمراضاً عديدة كمتلازمة التمثيل الغذائي ومقاومة الأنسولين، إذ يحفز تراكم الدهون في الكبد والكوليسترول، حيث يتم استقلاب الفركتوز تقريباً بشكل كلّي في الكبد.

الآثار المترتبة على ارتفاع نسبة الألياف في الأغذية
Excessive fiber intake

سوء التغذية:
نتيجة لتوليدها احساساً دائماً بالشبع وخاصة عند استخدامه لإنقاص الوزن، ويكون ذلك على حساب العناصر الغذائية، وكذلك تسبب خسارة بعض المعادن نتيجة ربطها، كالكالسيوم.
وتقل حاجة كبار السن والأطفال للألياف، حيث أنهم لا يستهلكون طعاماً حيوانياً لذلك فهم معرّضين لهذا الخطر.

التجفاف:
نتيجة السعة الرابطة للماء، لذلك ينصح بشرب الماء عند تناول المتممات والحبوب والأغذية الغنية بالألياف.

انسداد الأمعاء:
عند تناول كميات كبيرة من الألياف الجاهزة (بشكل معاكس تماماً لما هو مطلوب منها) وذلك بسبب تضخّم الكتلة البرازية إلى درجة كبيرة لا يستجيب القولون لأية حركة فينسد.

6. داء السكري *Diabetes Mellitus*

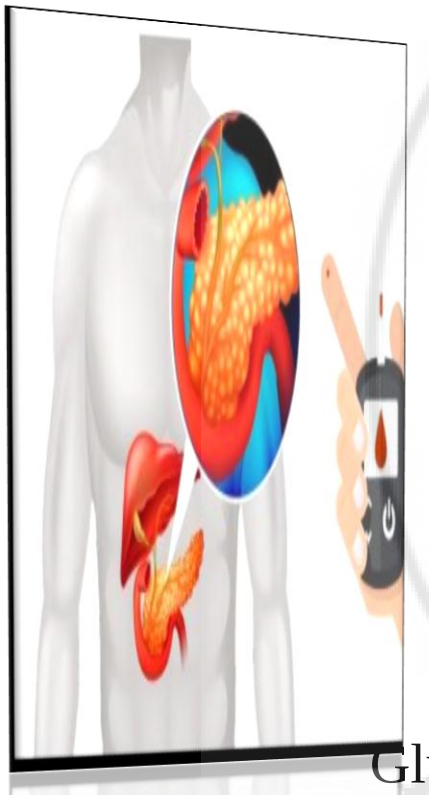
السكري:

هو مجموعة من الاضطرابات الاستقلابية تتميز بارتفاع غلوكوز الدم الناتج عن خلل في إفراز الأنسولين، أو في فعالية الأنسولين، أو في كليهما.

تصنيف السكري:

قسمت منظمة الصحة العالمية السكري إلى التصنيفات التالية:

١. السكري من النمط الأول Type 1 Diabetes .
٢. السكري من النمط الثاني Type 2 Diabetes .
٣. السكري الحملي Gestional Diabetes Mellitus (GDM).
٤. أنماط نوعية أخرى للسكري Other specific type of diabetes



السكري نمط ١ :

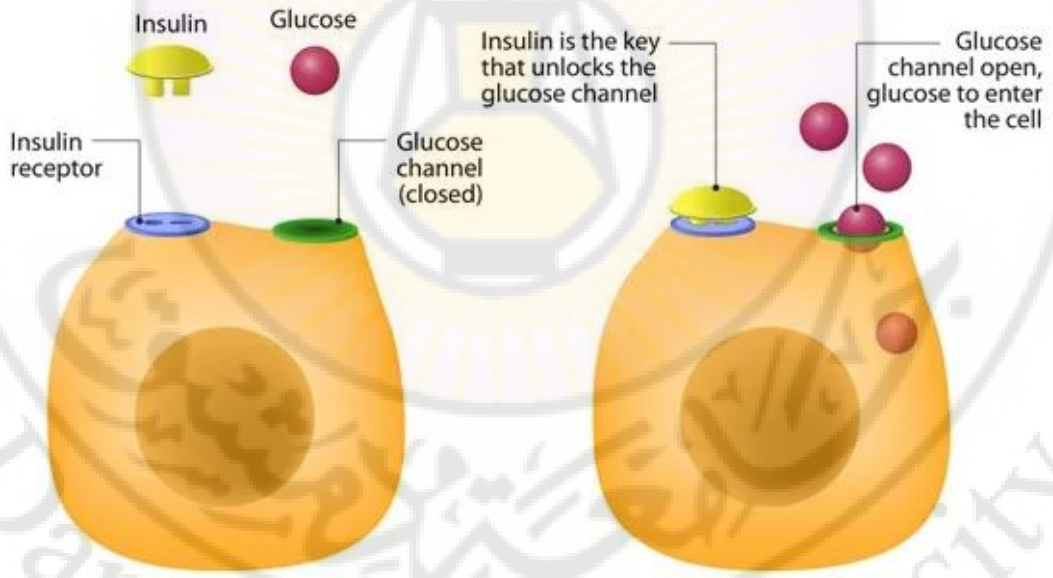
١. ينتج عن تدمير الخلايا β البنكرياسية بسبب المناعة الذاتية مما يؤدي إلى نقص في إفراز الأنسولين.
٢. يشكل النمط الأول ١٠% إلى ٢٠% من كل السكريين .
٣. غالباً ما يحدث خلال سن الطفولة والمراهقة.

مميزات النمط الأول :

١. بداية مفاجئة - لا يوجد سمنة - عادة قبل الأربعين - نسبته من ٥-١٠% من مرضى السكري.
١. اعتماد على الأنسولين وميل للحماض.
٢. هذا النمط له علاقة بالوراثة وواحدة أو أكثر من الواصمات التالية تتواجد عند
٣. ٨٥-٩٠% من الأشخاص الذين يبدون ارتفاعاً في غلوكوز الدم على الريق:
٤. أضداد مناعية ذاتية لخلايا الجزر.
٥. أضداد مناعية ذاتية للأنسولين.
٦. أضداد ذاتية لإنزيم نازعة كاربوكسيل حمض الغلوتامي Glutamic acid decarboxylase .
٧. أضداد ذاتية لإنزيم Phosphatase IA-2 and IA2B.

يفــرز هرمــون الإنســولين مــن خلايــا بيتــا فــي جــزر لانغرهــانس الموجــودة في البنكرياس ويمر مباشرة إلى مجرى الدم ليرتبط مع مستقبلاته في جدران الخلايا، مما يؤدي إلى فتح قنوات دخول الغلكوز إلى الخلايا ليتم استقلابه وانتاج الطاقة.

يُعطى مرضى النمط الأول من داء السكري حقن إنسولين تحت الجلد والذي يُنتج بتقانة التعديل الوراثي (التأشيب) r DNA insulin (Recombinant)

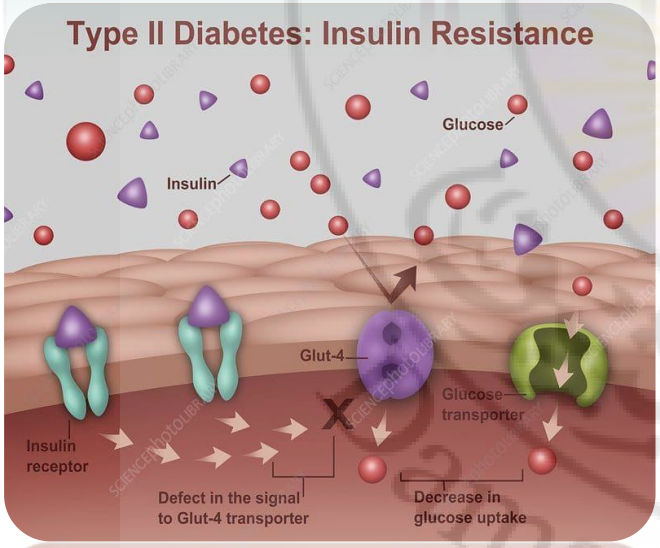


Damascus University

Lilly
NDC 0002-8315-01
10 mL HI-310
100 units per mL
Humulin® N
NPH
human insulin
(recombinant DNA origin)
isophane suspension
Lilly
10 ml HI-310
NDC 0002-8315-01
100 units per ml
U-100
Humulin® N
NPH
human insulin
(recombinant DNA origin)
isophane suspension

الداء السكري-النمط الثاني Type-2 diabetes

- يُشكل النمط الثاني القسم الأعظم من حالات السكري، حيث يشكل % 90 من حالات السكري حول العالم .



- فيه تكون غدة البنكرياس في هذه الحالة قادرة على إفراز الأنسولين لكن الكميات غير كافية أو أن هنالك نقصاً في قدرة الأنسولين على العمل على مستوى الخلية بسبب مقاومة المستقبلات للأنسولين .
- إن معظم المرضى من هذا النمط بدينين أو لديهم نسبة عالية من الشحوم في الجسم تتوزع في المنطقة البطنية (سمنة حشوية) .

السكري النمط ٢: مقاومة الأنسولين.

أهم عوامل اختطار الإصابة بهذا النمط من السكري:

١) الوراثة
٢) البدانة و قلة النشاط الفيزيائي
٣) العوامل البيئية
٤) العمر
٥) المتلازمة الاستقلابية
٦) خلل وظيفة خلايا β البنكرياسية
٧) مقاومة الأنسولين

المعالجة:
١) تغيير نمط الحياة.
٢) خافضات غلوكوز فموية.
٣) الأنسولين (Boden, 2003).

السكري الحملي (GDM) Gestional Diabetes Mellitus

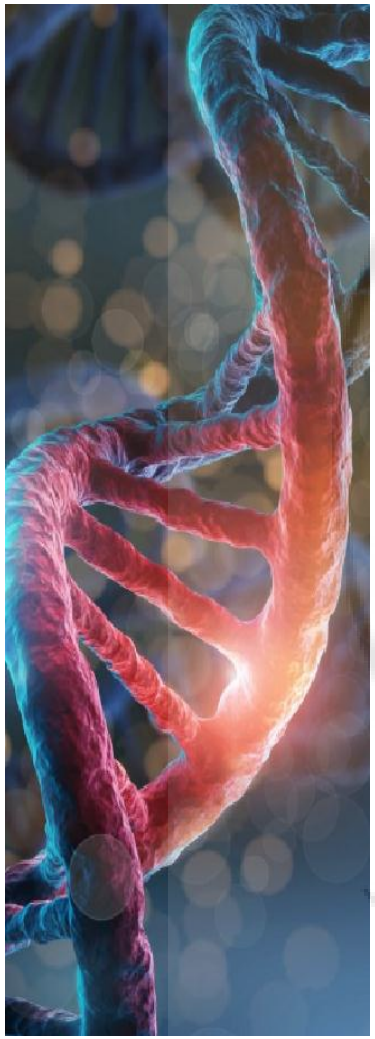
هو الإصابة بالسكري بعد الأسبوع ٢٢ أو ٢٤ من الحمل حيث يؤدي الحمل إلى تبدلات هرمونية تسبب تغيرات استقلابية للعناصر المغذية بهدف تأمين
حاجات الجنين من الغذاء، تسبب هذه الهرمونات مقاومة خلوية للأنسولين والذي يزداد إفرازه للتغلب على هذه المقاومة أثناء الحمل.
لكن إذا فشلت البنكرياس في التغلب على المقاومة يرتفع سكر الدم، وهذا الارتفاع يدعى بالسكري الحملي.

المعالجة:

- باستخدام الأنسولين.

ويختفي بشكل طبيعي بعد الولادة لكن تبقى الأم معرضة لاحتمال تكرار حدوثه في حالات الحمل التالية أو تطور السكري من النمط الثاني فيما بعد خلال حياتها.

أنماط نوعية أخرى للسكري Other specific type of diabetes



❖ السكري الشبابي لدى اليافعين Maturity onset diabetes of the young

- وهي متلازمة ذات أنماط وراثية متعددة، وقد تم كشف ستة أنماط منهاإلى الآن.
- تصيب اليافعين غالباً في سن أقل من 25 سنة.
- ويكون سببها الأساسي خلل في أحد المورثات والذي نتيجته عرقلة أحد أطوار إفراز الأنسولين.
- قد تترافق مع مقاومة محيطية للأنسولين.

❖ السكري أحادي المورثة Monogenic diabetes

خلل مورثي يصيب أحد الجينات التي ترمز البروتينات لها دور في عمل خلايا β لجزر لانغرهانس، بعض الأعطال الجينية التي ينجم عنها خلل في كل من بنية أو عمل الأنسولين أو مستقبلاته .

❖ السكري الثانوي Secondary diabetes

يظهر كأحد المضاعفات لأمراض أخرى كاضطراب الهرمونات.

تشخيص السكري Diagnosis of diabetes Mellitus:

يشخص الداء السكري I من خلال:

- معايرة كل من الانسولين.
- طليعة الانسولين.
- البروتين C.
- كما يستخدم لتشخيص الداء السكري I أضداد مكونات خلايا β.

يشخص الداء السكري II:

١ـ الأعراض السريرية :

كثرة التبول ، نقص الوزن مع زيادة الشهية ، التعب ، تأخر التئام الجروح الالتهابات المعدِّية .

٢ـ التحاليل الدموية :

مقايسة الغلوكوز في الدم.

اختبار تحمل الغلوكوز Oral Glucose Tolerance Test (OGTT)

ويشمل تركيز الغلوكوز بعد ساعتين من تناول (75) غرام غلوكوز فموي.

النسبة المئوية للهيموغلوبين السكري hemoglobin A_{1C} (HbA_{1C}).

٣ـ كشف الغلوكوز في البول.

المعالجة الدوائية للداء السكري II بخافضات السكر الفموية

يوجد عديد من الأدوية الخافضة لغلوكوز الدم التي تدعى خافضات الغلوكوز الفموية ويمكن تصنيفها إلى المجموعات التالية :

مجموعة السلفونيل يوريا:

تحرض على إنتاج الإنسولين من خلايا β البنكرياسية.

التأثيرات الجانبية:

هبوط سكر الدم، زيادة الوزن، زيادة حاجة القلب للأوكسجين.

مجموعة البيغوانيد، ومنها الميتفورمين:

يعتبر مضاد لارتفاع سكر الدم (منظم سكر) وليس خافض لسكر الدم

يؤثر هذا المستحضر بعدة آليات:

- ✓ حيث يعمل بشكل رئيسي عن طريق إنقاص إنتاج الغلوكوز من الخلايا الكبدية .
- ✓ كما ويقوم هذا المركب بإنقاص معدل امتصاص الغلوكوز من الأمعاء.
- ✓ وزيادة حساسية المستقبلات الخلوية للأنسولين.

التأثيرات الجانبية:

- تأثيرات جانبية هضمية كالغثيان و الإقياء والإسهال، لذلك يفضل تدريج الجرعة في بداية تناول الدواء.
- نقص امتصاص فيتامين B12 .
- الحماض الاستقلابي اللبني Lactic acidosis .

مجموعة التيازوليدينات:

وهو مسؤول عن التعبير الجيني لبروتينات تنظّم استقلاب الدسم والسكر وتمايز الخلايا النسيج الشحمي وبعض النسج الأخرى.

مضادات الاستطباب :

قصور القلب، قصور الكبد، القصور الكلوي، الحمل والإرضاع .

مجموعة الميغليتينيد:

تشابه مركبات السلفونيل يوريا في تحريضها لخلايا β البنكرياسية تتميز هذه الزمرة بسرعة التأثير، وقصر العمر النصفي، مما يقلل من حالات هبوط سكر الدم، لكن ذلك يستدعي زيادة عدد الجرعات اليوميّة.

لكم أحلى الأمنيات.....

د. رحيم أبو الجدايل

نكمل في المحاضرة التالية .....

2022 / 2021

المحاضرة الثانية: الماء Water

محتويات المحاضرة:

1. الماء في الغذاء والدواء Water in Food
2. الميزان المائي Water Balance
3. ماء الأيض Water of Metabolism
4. النشاط المائي Water Activity
5. التوتر السطحي Surface tension

1. أشكال الماء في الغذاء والدواء

يُعد الماء من أهم ضروريات الحياة، ويوجد في جسم كل كائن حي وثاني حاجات الإنسان بعد الأكسجين، ويشكل **تقريباً** 60 % من وزن الجسم (72 % العضلات، 25 % العظام، 10% الأسنان).

يتواجد الماء في الغذاء والدواء إما بصورة حرة أو بصورة مرتبطة:

الماء الحر:

هو الشكل الأكثر انتشاراً للماء بحيث يحتفظ بصفاته كونه مذيباً للأملاح والسكريات والأحماض ووسط تذوب فيه الغرويات المحبة للماء كالبروتينات والصموغ والمركبات الفينولية، ويقوم بالتفاعلات الكيميائية، ونجده في الأغذية السائلة كماء العصائر والحليب أو الماء الحر في سيتوبلاسما الخلايا، أو في مسامات الغذاء أو بين حبيباته ويقوم بدور مبعثر للجزيئات الكبيرة، ويمكن استخدامه من قبل الميكروبات وأحداث التلوث الميكروبي، ويمتلك خاصية التجمد والتجمع والتبخر والإنتقال من مكان لآخر بسهولة.

الماء المرتبط: يتواجد في الأغذية الصلبة، ولايمكن استخدامه من قبل الميكروبات:

- **الماء المرتبط فيزيائيا، المدمص:** أو ماء الغرويات، يوجد بشكل طبقة رقيقة جداً داخل وخارج سطوح المواد الصلبة كالنشاء والبكتين والسليلوز والبروتين ومرتبط معها بقوى جذب كالروابط الهيدروجينية وقوى فاندرفالس، كالماء المرتبط مع بروتينات السيوبلاسما أو جدران الخلايا، والماء المرتبط مع النشاء لتشكيل الهلام، ويمكن التخلص منه بالتبخر.
- **المرتبط كيميائيا:** ماء التأدرت Hydration Water أو ماء التميه أو ماء التبلور، الماء المحتجز كيميائياً مع بعض المركبات كالماء الموجود ضمن بلورات Lactose monohydrate وطرطرات الصوديوم والبوتاسيوم $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$، لايعد مذيب ولا يتجمد، ولا يمكن التخلص منه بالتبخير لأنه يؤدي إلى تخرب المادة الغذائية.

ملاحظة:

تختلف الصفات الفيزيائية للمحاليل المائية عن الصفات الفيزيائية للماء النقي، فالضغط البخاري للمحاليل أقل وبالتالي ترتفع حرارة الغليان وتنخفض حرارة التجمد.

بعض وظائف الماء؟

١- الماء مذيب شامل وجيد للمركبات العضوية وغير العضوية، للأملاح والفيتامينات والسكاكر والأصبغة.
٢- يؤثر على قوام الغذاء وهو ما نلاحظه في الفواكه والخضار المجففة، قارن بين قوام العنب والزبيب.
٣- له دور أساسي في التفاعلات وأهمها تفاعلات الحلمهة الأنزيمية والأكسدة.
٤- تثبيت القوام الغرويدي للغذاء بالإماهة وتشكيل الهلامات.
٥- الماء ضروري لنمو الأحياء الدقيقة (بكتيريا، خمائر، فطور)، وبالتالي يشكل عامل أساسي في حفظ ومنع الملوثات الحيوية من النشاط في الغذاء، وتوفر الماء ضروري لإنتاج الأغذية المتخمرة بالأحياء الدقيقة المفيدة.
٦- الماء قابل للتشرد لإعطاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ والهيدروكسيل OH^-.
٧- عامل محدد لطريقة تعبئة وحفظ وشحن وتخزين ومدة صلاحية الأغذية.

✓ **ملاحظة**: تعود قدرة الماء على حل المركبات إلى امتلاكه ثابت عزل كهربائي عالٍ، فمثلاً عند حل ملح الطعام NaCl في الماء تتجمع شوارد Na^+ الموجبة حول الأوكسجين السالب، وشوارد Cl^- حول ذرات الهيدروجين الموجبة، فيقوم الماء بمباعدة Na^+ عن Cl^- وبالتالي حل المركب.

- **أثر تيندال Tyndall effect**:

هو تشتت الضوء عند مروره في بعض المحاليل بسبب كبر حجم الدقائق (الحبيبات) المذابة فيها، ودعي بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائي البريطاني جون تيندال الذي كان أول من قام بدراسته بعد اكتشاف هذا الأثر من قبل الفيزيائي الإنكليزي ميشيل فاراداي.

يمكن الاستفادة من أثر تيندال في التمييز بين المحاليل المختلفة التي تقسم من حيث حجم دقائق المادة المذابة إلى ثلاثة أنماط :

١- **محاليل حقيقية:** يكون أكبر أبعاد دقائق المادة المذابة أصغر من 1 nm، ويصعب التمييز بين المادتين المذابة والمذيبة.

٢- **محاليل غروية:** يبلغ بُعد الدقيقة من المادة المذابة بين 1 nm إلى 200 nm، وتكون دقائق المادة المذابة منتشرة داخل المادة المذيبة، فهي غير ذائبة أو مترسبة في وسط الانتشار، ولكن يصعب أيضاً التمييز بين المادتين المذابة والمذيبة في هذه المحاليل.

٣- **محاليل المعلقات**: خليط غير متجانس، بُعد الدقيقة فيها أكبر من 200 nm، ويمكن ملاحظة تلك الدقائق بالعين المجردة كما يمكن ملاحظة ترسبها في الأسفل.

يُعد التشتت الناجم عن أثر تيندال في السوائل تشتتاً مرناً، وهو يشبه في فعله إلى حدٍ كبير ما تفعله ذرات الغبار من تشتيت لشعاع الضوء داخل حجرة مظلمة، ويطلق عليه اسم تشتت رايلي Rayleigh scattering. ويُشاهد في المواد الشفافة الغازية والصلبة المحتوية على تغيرات بالكثافة الضوئية أبعادها أصغر بكثير من طول موجة الضوء ، تتناسب شدته عند الزاوية θ عكساً مع القوة الرابعة لطول موجة الضوء λ^4 ، وفق المعادلة:

$$i_\theta^0 = \frac{I_0\, nN}{V}\,\frac{5\pi^2\,\alpha_P^2}{r^2\lambda^2}\,(1+\cos^2\theta)$$

حيث : I_0 / o شدة الضوء الوارد.

n: عدد المولات في الحجم V.

N: عدد أفوكادرو.

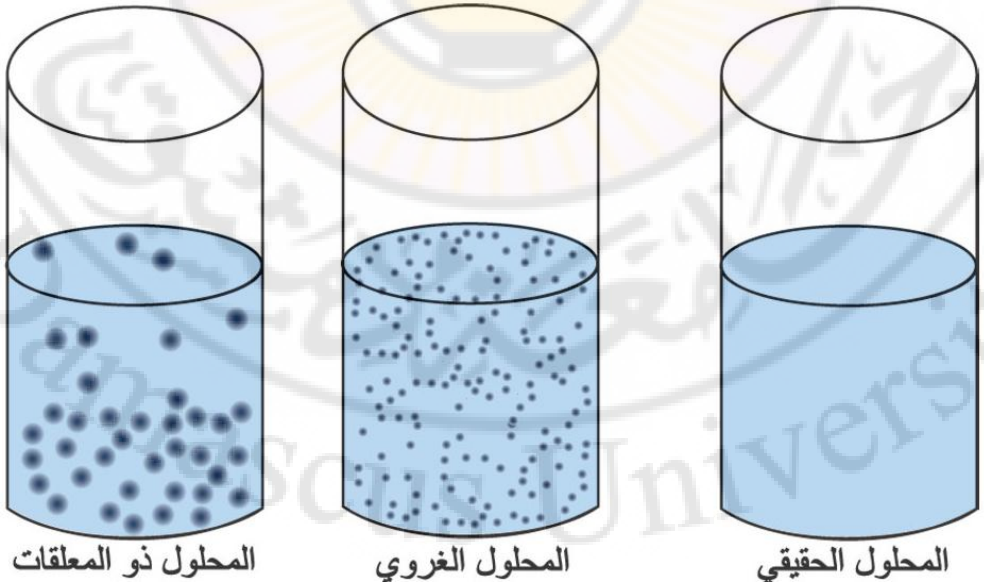
استقطابية الجسيم (وكلما كانت استقطابية الجسيم أو الدقيقة أكبر اكتسب عزم مزدوجة أكبر من الحقل الكهرطيسي للضوء الوارد)

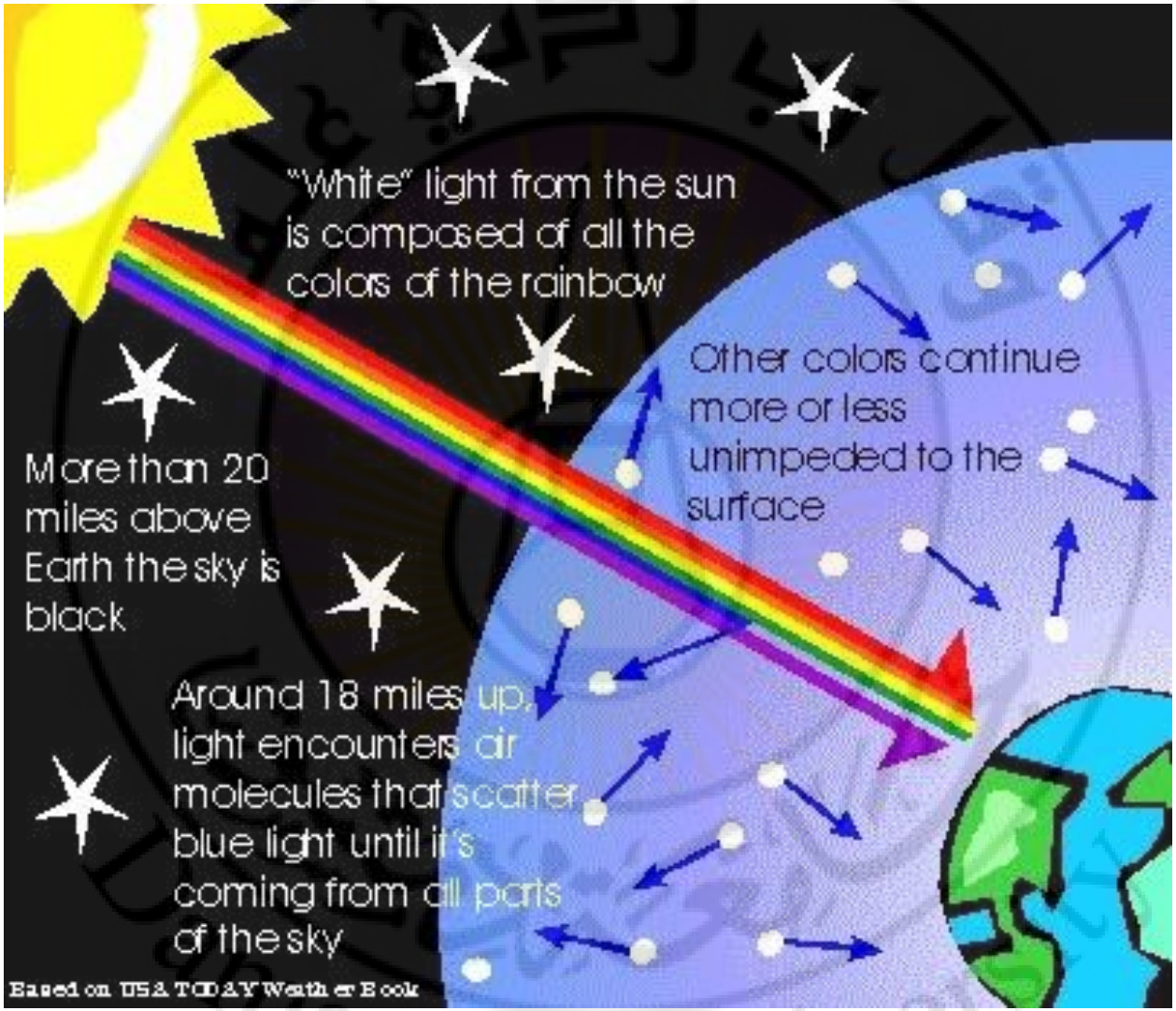
r: هي المسافة بين المشاهد والنقطة التي يحسب عندها التشتت.

λ: طول موجة الضوء الوارد.

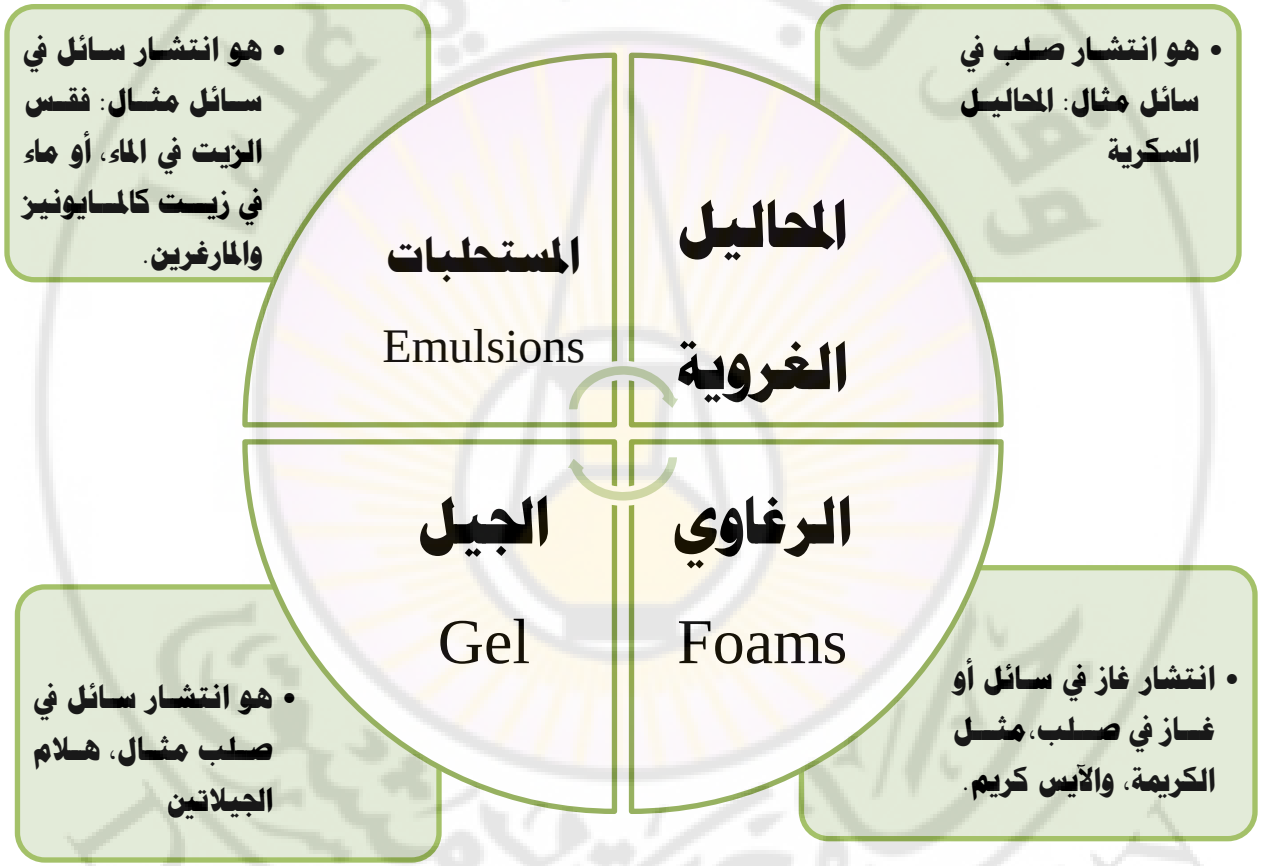
ويمكن باستعمال المعادلة السابقة إيضاح أن تشتت الضوء الأزرق أشدّ بكثير من تشتت الضوء الأحمر، لأن طول موجة اللون الأزرق أقصر من اللون الأحمر وهذا ما يفسر سبب رؤية البحار والسماء باللون الأزرق، حيث تتنتشر الألوان ذات الأطوال الموجية الأقصر، كالأزرق عندما تصطدم بجزيئات الماء والهواء، فينتشر بذلك اللون الأزرق في البحر والجو.

المسار الضوئي ضمن محلول حقيقي (على اليمين) و ضمن محلول غروي (على اليسار)




"White" light from the sun is composed of all the colors of the rainbow
Other colors continue more or less unimpeded to the surface
More than 20 miles above Earth the sky is black
Around 18 miles up, light encounters air molecules that scatter blue light until it's coming from all parts of the sky
Based on USA TODAY Weather Book

الأشكال المختلفة لإنتشار المكونات في النظم الغذائية



المحاليل الغروية هي خليط غير متجانس من مادتين أو أكثر، لا يحدث بينها اتحاد كيميائي، و نظراً لأن دقائقه حجمها صغيرة نسبياً (تقع في الوسط بين دقائق المحلول الحقيقي، ودقائق المعلق) لا يمكن رؤيتها وتمييزها بالعين المجردة، ولكن يمكن ذلك بالمجهر الالكترونى، كما أنه لا يمكن فصلها بالترشيح، ولا تترسب مهما ترك الخليط.

أنواع الجمل الغذائية:

حالة المادة المنتشرة	حالة وسط الإنتشار	مثال
صلب	صلب	صمغ
صلب	سائل	محاليل (نشاء، بروتينات، سكر) في الماء
سائل	صلب	الجل (الجيليه)
سائل	سائل	مستحلبات (الكريما السائلة)
غاز	صلب	رغوة الحليب - البوظة
غاز	سائل	المياه الغازية – الكريما المخفوقة

المستحلبات:
هومزيج من سائلين غير منحلين(سائل – سائل) كما هو الحال في المايونيز والحليب ويمكن أن يكون المستحلب مؤقت ينفصل بعد وقت أو مستحلب دائم لا ينفصل خلال شهر وأكثر، وهنا لابد من اضافة عامل استحلاب تقلل من شدة التوتر السطحي بين طور الماء والزيت وبالتالي تقلل القوة المؤدية لحدوث انفصال الأطوار.

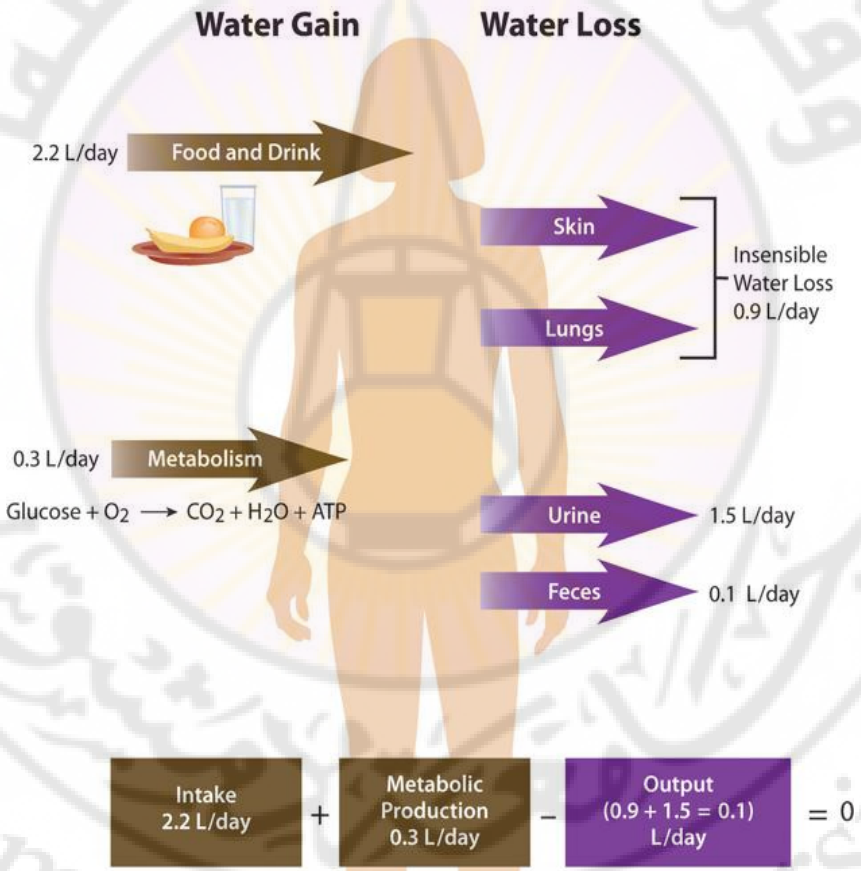
2. الميزان المائي Water Balance

هو التوازن بين كمية الماء الداخلة للجسم والكمية التي يفقدها.

مصادر دخول الماء إلى الجسم	طرق خروج الماء من الجسم
١- ماء الشرب الذي نتناوله بالشرب المباشر له أو في صورة عصائر.	١- البول، وهو المقدار الأكبر، والبراز.
٢- الماء الموجود في المواد الغذائية التي نتناولها.	٢- الجلد (بالتعرق).
٣- الماء الذي يتولد داخل الجسم من التفاعلات الكيميائية المختلفة، ماء الأيض.	٣- الرئتين (بخار الماء في هواء الزفير).

Water Balance

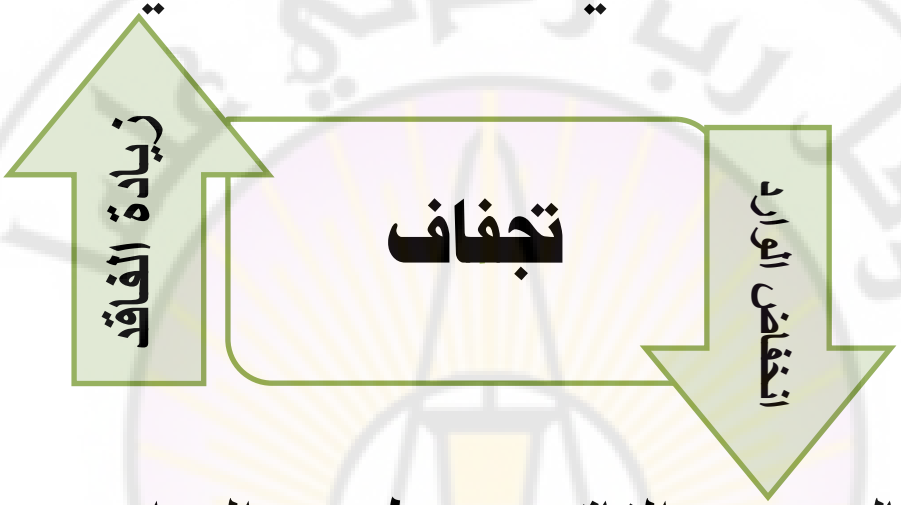
يفقد الجسم من الماء في الظروف العادية بالمتوسط مع البول 1500 مل ومع البراز 100مل و عن طريق العرق والرئتين 900مل.
المجموع = 2500 مل



يدخل إلى الجسم بالمتوسط 2200مل من الماء عن طريق الشرب المباشر والسوائل وتناول الأغذية، و 300 مل من ماء الأيض.
المجموع = 2500 مل

ملاحظة: تطلب الهيئات والمجالس المتخصصة في مجال الغذاء والتغذية مدخول يومي من الماء أعلى بكثير من المتوسط، للذكور يصل إلى 3700 مل وللإناث إلى 2700 مل.

الاخلال في التوازن المائي



في حالات الإسهال، يزيد الفاقد عن طريق البراز.

في حالة الإجهاد الشديد، يزيد الفاقد عن طريق التعرق و الرئتين.

3. ماء الأيض Water of Metabolism

أو ماء الاستقلاب، ينتج عن تأكسد العناصر الغذائية المنتجة للطاقة، الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

استقلاب السكريات في الجسم يعطي حمض البيروفيك الذي يدخل حلقة كريبس ويعطي: $Co_2 + H_2O +$ طاقة

ماء الاستقلاب

- ✓ **كل** 1 g **دسم يعطي** 1 g **ماء**
- ✓ **كل** 1 g **بروتين يعطي** 0.42 g **ماء**
- ✓ **كل** 1 g **سكريات يعطي** 0.6 g **ماء**

النشاط المائي Water Activity

يُعبر المحتوى الرطوبي عن كمية الماء في الغذاء، بينما يُعبر النشاط المائي عن حالة الماء في الغذاء.

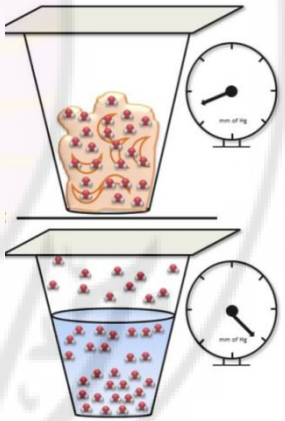
توجد علاقة مباشرة ما بين المحتوى الرطوبي للمواد الغذائية وقابلية هذه المواد للفساد، حيث أنه كلما زاد المحتوى الرطوبي للمنتج زادت قابلية نمو ونشاط مسببات التدهور من أحياء دقيقة وتفاعلات كيميائية وإنزيمية وغيرها.

ولكن نظراً لأن ليس كامل المحتوى الرطوبي في المنتج يكون متاحاً لتلك الأنشطة، الجرثومية أو الكيميائية، بسبب ارتباط جزء من هذا الماء بمكونات الغذاء، وبالتالي يكون غير متاح، فإنه **يُستخدم مفهوم النشاط المائي** كمؤشر يُعبر عن مدى توفر الماء لعوامل الفساد وبشكل أدق من مفهوم المحتوى الرطوبي.

- ✓ وطالما أن المحتوى الرطوبي والنشاط المائي يؤثران بشكل كبير على أنشطة الأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيميائية والحيوية كالتزنخ الأكسيدي والنشاط الأنزيمي والتفاعلات اللونية غير الإنزيمية وكذلك قوام المادة الغذائية، فبالتالي يُعد النشاط المائي من المعايير المهمة جداً في مجال تصنيع وحفظ الأغذية وجودتها، حيث أن خفض النشاط المائي يساعد في تقليل أو وقف النشاط الميكروبي والكيميائي في المادة الغذائية.

- ✓ يعرَّف نشاط الماء بأنه النسبة بين ضغط بخار الماء في الغذاء (Pf) إلى ضغط بخار الماء النقي (Pw°) عند نفس درجة الحرارة.
- ✓ أوالرطوبة النسبية عند التوازن (Equilibrium relative humidity, ERH) مقسومة على 100، أي عندما يكون عدد جزيئات الماء المتبخرة يساوي عدد الجزيئات المتكاثفة، وذلك بوضع الغذاء في نظام مغلق Closed system وعليه يُعبر رياضياً عن نشاط الماء (a_w) كما يلي:

$$a_w = \frac{\%\,ERH}{100} = \frac{Pf}{Pw^\circ}$$



- ✓ إن قيمة النشاط المائي للماء النقي تساوي (1)، وللمادة الجافة تماماً (0) وعليه فإن نشاط الماء للمواد الغذائية ستتراوح بين الصفر والواحد.
- ✓ وذلك أن في الماء النقي كل جزيئات الماء حرّة أي قادرة على التبخر أما الغذاء يحوي مكونات أخرى وليس كل الماء في الحالة الحرة القادرة على التبخر، وبالتالي يأخذ الكسر قيمة بين 0 و 1.

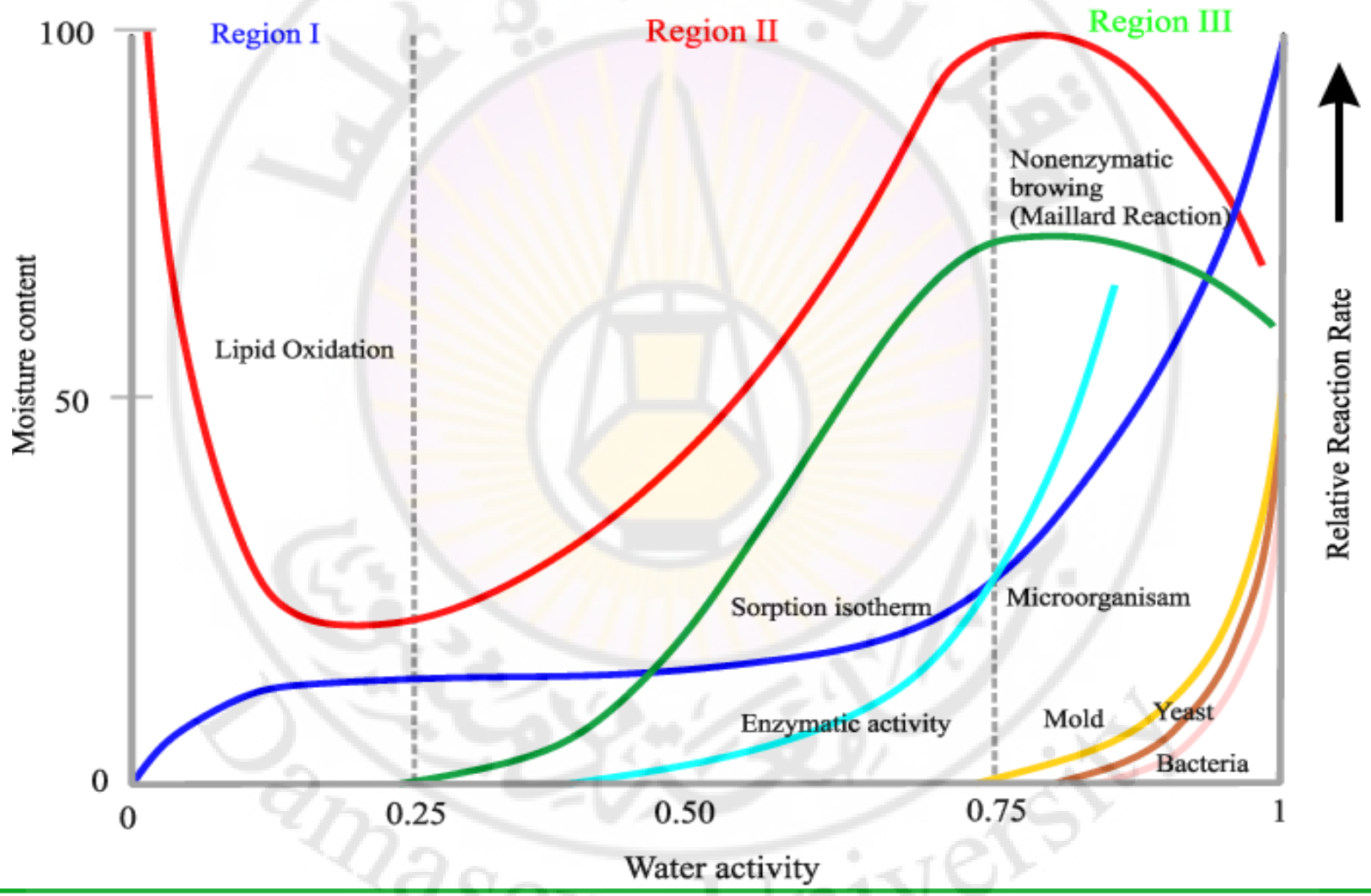
النشاط المائي والجراثيم والفساد الجرثومي:

- ✓ إن الحدود الدنيا للنشاط المائي، والذي يمكن للأحياء الدقيقة النمو فيه هو 0.80 للفطريات و 0.87 للخمائر و 0.91 للبكتريا.
- ✓ النشاط المائي للأغذية عالية المحتوى المائي (High Moisture Food) مثل الفواكه والخضار واللحوم أكبر من 0.97.
- ✓ النشاط المائي للأغذية متوسطة المحتوى المائي (Intermediate Moisture Food) تقع في الحدود 0.6 إلى 0.9 ،
- ✓ لنشاط المائي للأغذية الجافة (Dried Food) مثل مسحوق الحليب الجاف تكون أقل من 0.6.

يفيد معرفة النشاط المائي في:

- ✓ تحديد الطريقة الأفضل لحفظ الغذاء والدواء وتخزينه، فكلما كانت فاعلية الماء أكبر كان الحفظ أصعب، فعلى سبيل المثال فإن النشاط المائي للحوم 0.99 (مرتفع يسمح بجميع أشكال النشاط الكيميائي والحيوي)، في حين أن النشاط المائي لبودرة الحليب المجفف 0.2 (منخفض لايسمح بنشاط حتى أنزيم الليباز المحلل للدسم، ولكن يسمح بالأكسدة غير الأنزيمية للدسم) ومنه يمكن لنا فهم التوصيات العامة بأن أفضل طرائق حفظ اللحوم هي التجميد، في حين يجب حفظ حليب البودرة في أماكن جافة مهواة حتى لاتمتص رطوبة ويرتفع نشاطها المائي.
- ✓ معرفة مدة الحفظ المتوقعة للمنتج.
- ✓ معرفة سير التفاعلات الكيميائية التي ستحدث في المادة الغذائية:
  - ❑ فإذا كانت فعالية الماء مثلاً 0.8 ← تكون تفاعلات ميلارد بالقمة، ونتوقع نمو خمائر وفطريات، وتفاعلات حلمهة أنزيمية للدسم.
  - ❑ وإذا كانت فعالية الماء فرضاً 0.2 ← لايوجد تفاعلات ميلارد، ولا حلمهة أنزيمية للدسم، ولا نمو جرثومي، ولكن يمكن أن تحدث أكسدة للدسم.

تأثير النشاط المائي على عوامل فساد الأغذية:



لاحظ النشاط المائي للأحياء الدقيقة والتفاعلات الكيميائية والحيوية، حيث يمثل المحور الأفقي النشاط المائي والمحور العامودي سرعة النشاط.

التوتر السطحي:

هي ظاهرة فيزيائية تحدث إثر وجود روابط وقوى جذب بين جزيئات المادة السائلة، حيث تعطي السوائل صفة الأغشية المتماسكة، وتحدث إثر تعرض الجزيئات الموجودة داخل السائل لقوى الشد من كل الاتجاهات، فتلغي كل منهما الأخرى، أما الجزيئات الموجودة على سطح السائل فتتأثر بالقوى الموجودة في الأسفل والجوانب فقط، مما يجعل السطح مشدوداً للأسفل؛ فيظهر على هيئة غشاء.

العوامل المؤثرة في التوتر السطحي:

١- نوع السائل: يتفاوت أثر ظاهرة التوتر السطحي من سائل إلى آخر؛ فمثلاً التوتر السطحي في سائل الزئبق تكون أكبر منها في السائل المائي، لذلك تظهر قطرات الزئبق كأنها أكثر تكوراً من الماء؛ بينما تكون قطرات الكحول أقل تكوراً من الماء.

٢- درجة الحرارة: تعتبر العلاقة بين ظاهرة التوتر السطحي ودرجة الحرارة علاقة عكسية؛ فكلما ارتفعت درجة الحرارة قلّ التوتر السطحي للسائل.

بعض ظواهر التوتر السطحي في الطبيعة:

١- قدرة الحشرات على السير فوق سطح الماء أو طفو شفرة الحلاقة في كأس ماء.

٢- اتخاذ قطرة الماء للشكل الكروي أو شبه الكروي؛ ويفسر ذلك بأن للسائل قدرة على المحافظة على مستوى الطاقة الأقل على الإطلاق من خلال تضييق مساحة السطح الخارجية، فمثلاً الكرة هي الأقل مساحة بين الأشكال الهندسية، وبالتالي فإن للسائل القدرة على الحفاظ على مستوى الطاقة الأقل.

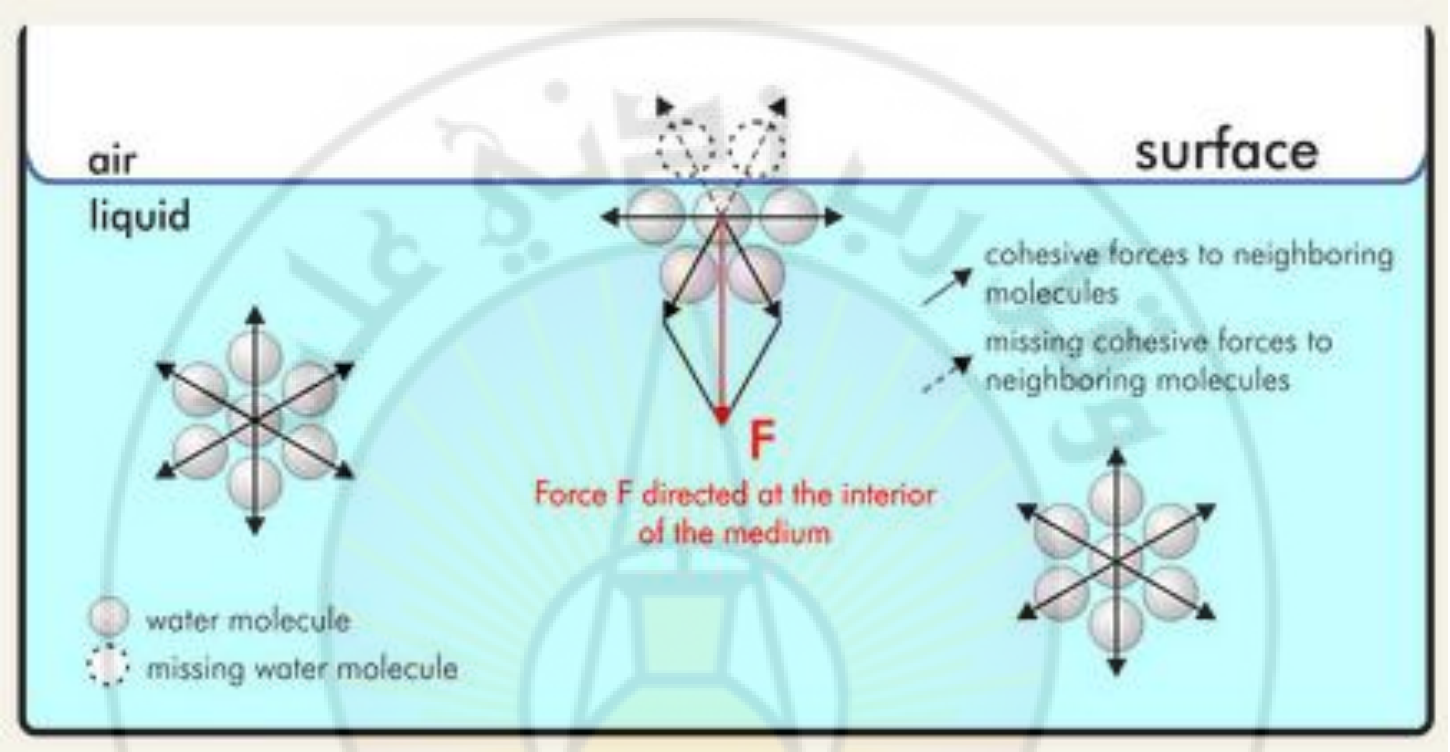
٣- عند سكب كمية من الماء فوق سطح شمعي أو سطح مصنوع من النايلون بأنه لا يتبلّل؛ نظراً لأن قوى التجاذب (الروابط الهيدروجينية) بين جزيئات السائل أقوى من قوى الالتصاق بين السائل وسطح النايلون، وبالتالي ينتشر الماء فوق السطح على شكل قطرات كروية.

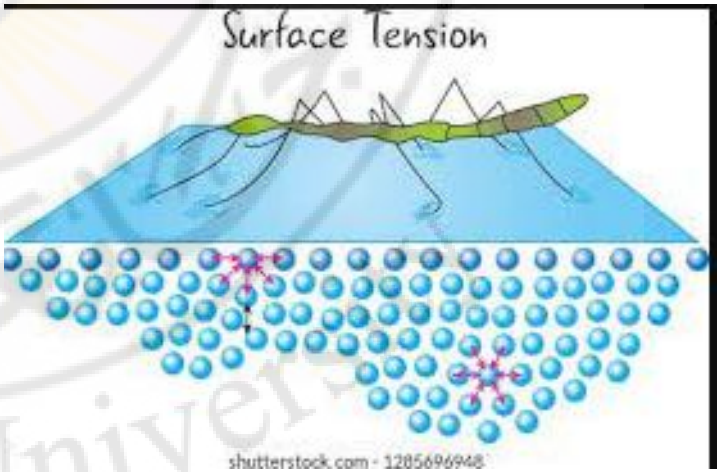
٤- قطرات الماء المستقرة على الزجاج الأمامي للسيارة:

تستطيع قطرات الأمطار الاحتفاظ بشكلها الكروي، بدلًا من أن تتسطّح أو تتناثر، ويرجع هذا إلى أن الجزيئات التي تتألف منها قطرات ماء المطر ينجذب بعضها إلى بعض بقوة تفوق القوة التي تنجذب بها إلى الزجاج الأماميّ لسيارتك. ونتيجةً لذلك، تتماسك تلك الجزيئات بعضها مع بعض بقوّة، فتكوّن الشكل الكرويّ لقطرة المطر.

٥- التوتر السطحي الشديد بين الدهن والماء:

الدهن والماء لايمتزجان، وحتى لو مزجنا وبعثرنا الدهن في السوائل بآلات ميكانيكية فإن الدهن سيعود للتجمع على شكل قطيرات ذات مساحة سطح تماس صغيرة جداً مع السائل، لذلك يتم في الصناعات الغذائية والدوائية إضافة عوامل استحلاب لمنع هذا التجمع حيث تعمل على خفض التوتر السطحي بين الزيت والماء ومثالها الليسيثين وهي مركبات تتكون من جزء قطبي محب للماء وجزء لاقطبي محب للدهون، فعند اضافتها للغذاء (كالمايونيز) أو للدواء كشرابات الأطفال فإنها تتوضع على سطح قطيرات الدهن فينغرس جزؤها المحب للدهون في قطيرات الدهن والجزء المحب للماء يتجه نحو جزيئات الماء وبالتالي يخفض قيمة التوتر السطحي.


air
liquid
surface
cohesive forces to neighboring molecules
missing cohesive forces to neighboring molecules
F
Force F directed at the interior of the medium
water molecule
missing water molecule


Surface Tension
shutterstock.com · 1285696948

.....

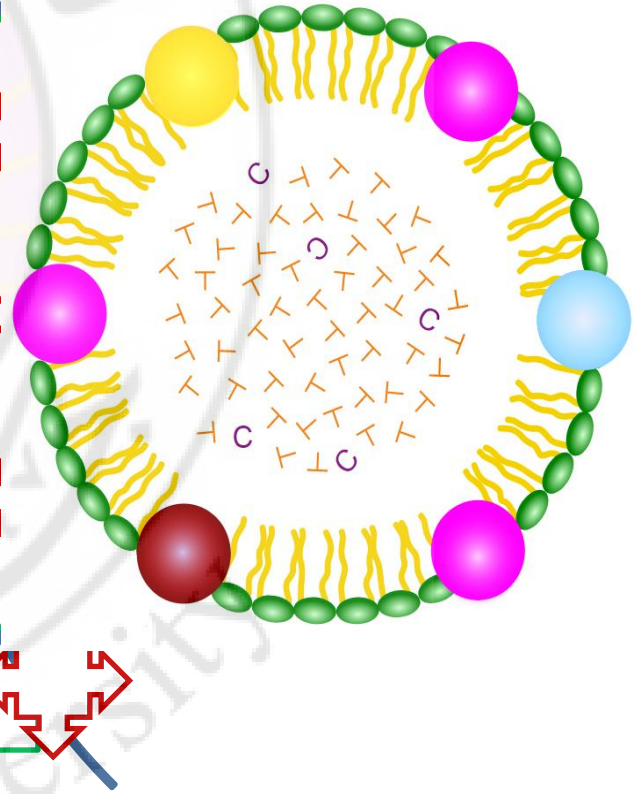
كلية العلوم الصحية

مقرر الكيمياء الحيوية Biochemistry

د. رحيم أبو الجدايل

المحاضرة الثالثة: الليبيدات Lipids

1. الليبيدات Lipids
2. وظائف الليبيدات Functions of lipids
3. خصائص الليبيدات الفيزيائية Physical properties
4. الأحماض الدهنية Fatty acids
5. هدرجة الزيوت Oil hydrogenation



أولاً: الليبيدات Lipids

مركبات عضوية طبيعية، غير متجانسة وغير ذوابة في الماء وتذوب في المذيبات العضوية غير القطبية، كالإيثر والكلوروفورم والكحول الإيتيلي، وتشتمل على الدهون Fat والزيوت Oils والشموع Waxes الستيرولات Sterols والفوسفوليبيدات Phospholipids، بالإضافة إلى الدهون البروتينية Lipoproteins والدهون السكرية Glycolipids) والفيتامينات الذائبة في الدهون (Fat - soluble vitamins) والصبغات الذائبة في الدهون، وتدخل الليبيدات في تركيب نسج الإنسان والحيوان والنبات وتوجد إما على هيئة شحوم بروتوبلازمية بنيوية (مواد دسمة تدخل في تركيب بروتوبلاسما الخلية) أو على هيئة شحوم ادخارية كالنسيج الدهني تحت الجلد.

الصيغة العامة:

تشكل الأحماض الدهنية Fatty acid وحدة البناء الأساسية في تكوين الليبيدات، وهي سلسلة من الفحوم الهيدروجينية مع زمرة الكربوكسيل COOH، وتمتلك الصيغة العامة التالية.

$$CH_3(CH_2)n\ COOH$$

R- COOH

ثانياً: وظائف الليبيدات

Functions of lipids

1. وظائف الليبيدات في الجسم

- تشكل الدهون من خلال أكسدتها مصدراً من مصادر الطاقة الأساسية للكائن الحي (أكسدة 1غ من الشحوم يعطي 9 كيلو كالوري)، مع العلم أن ما يقارب من 20 % من وزن جسم الإنسان يتكون من ليبيدات.
- تزود الدهون الجسم بمجموعة من الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون D و A وK وE، والصبغات الذائبة (الكاروتينوئيدات) في الدهون، والتي لها دور هام كمضادات أكسدة طبيعية.
- تزود الجسم بالأحماض الدهنية الأساسية التي لا يستطيع الجسم صنعها، والأحماض الدهنية عديدة عدم الإشباع Docosahexaenoic acid (DHA)، Eicosapentaenoic Acid (EPA) الهامة لنمو الأطفال والتطور العقلي والهامة لصحة الجسم.
- تقي الطبقة الشحمية الموجودة تحت الجلد الجسم من تأثير البرودة والصدمات وتساعد في الحفاظ على نعومة الجلد وطراوته.

- ترتبط مع البروتينات مكونة الليبوبروتينات (Lipoproteins) وهي مكون مهم في الخلية ووسيلة لنقل الليبيدات في الدم.
- يمثل الكولسترول عامل أساسي في تكوين أملاح الصفراء وحليب الأم والهرمونات الجنسية وهرمونات قشرة الكظر(الكورتيزون والكورتيزول) وأملاح الحموض الصفراوية (الكوليك والداي هايدروكسي كوليك والليتوكوليك)
- الليبيدات هامة لإنتاج فيتامين D (الأرجوستيرول والكولي كالسيفرول) في الجسم.
- تدخل الدهون في تركيب الخلايا العصبيه، مثال السفنغوفوسفاتيدات، وأغشية خلايا الجسم كالفوسفوليبيدات.

ثالثاً: خصائص الليبيدات الفيزيائية:

اللون Colour : يتراوح لون المادة الدسمة من الأصفر إلى البرتقالي إلى الأحمر والأخضر، ويُحدد الخواص الحسية لها بالنظر أو باستخدام جهاز مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer، وتختلف ألوان الزيوت باختلاف أنواعها حيث يكون لون زيت بذر النخيل ضارباً إلى الأحمر، ويكون لون زيت القطن أحمر غامقاً، أما زيت الزيتون فيكون أصفرإلى أخضر اللون.

درجة الانصهار Melting point: لكل مادة درجة انصهار مميزة لها وتقدر إما بطريقة الأنبوب الشعري، حيث نضع المادة الدسمة في أسفل الأنبوب ثم نعرضه للحرارة حتى ذوبانها وإعطائها محلولاً رائقاً، تدعى هذه اللحظة بالنقطة الصافية، أو بتعريض المادة الدسمة الصلبة لحرارة مباشرة ومراقبة أول قطرة ذائبة منها، والتي تسمى درجة الانصهار Melting point.

نقطة التدخين Smoke point: هي درجة الحرارة التي يبدأ فيها الزيت بإطلاق دخان، وكلما كانت درجة التدخين أعلى كانت الليبيدات أجود، وكلّما استعمل الزيت مراراً وتكراراً انخفضت درجة تدخينه.

نقطة التوهج Flash point: هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها ظهور وميض على سطح المادة الدسمة، ولكل زيت نقطة توهج، ويخفض كل من التلوث بالحموض الدسمة الحرّة وبقايا المحلاّت درجة التوهج.

منسب الدسم الصلبة Solid fat index (SFI) هو النسبة المئوية لحجم الدهون الصلبة إلى فرق الحجم عند تحولها من صلب إلى سائل، ولهذه القيمة أهمية كبيرة في التصنيع، فهي تشير إلى قابلية المادة الدسمة للتهلّم.

SFI% = fat solid volume/ volume between upper and lower line

قرينة الانكسار تزداد قرينة الانكسار مع ازدياد عدد الروابط المضاعفة في المادة الدسمة، وعليه يمتلك زيت الصويا قرينة انكسار عالية لأنه يحوي كثيراً من الروابط المضاعفة.

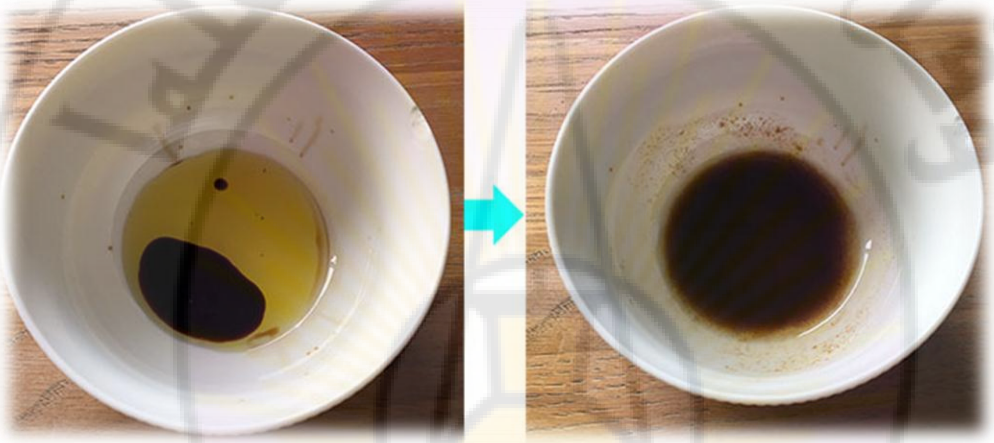
الاستحلاب Emulsions

- **المُستحلب** Emulsions :

هو نظام أو جملة تتكون من وسطين سائلين غير ممتزجين (غير قابلة للامتزاج)، أحدهما منتشر في الوسط الآخر بحيث يكون على شكل قطرات ذات قطر يتراوح بين (0.1-50 µm)، ويسمي الوسط الداخلي الوسط المنتشر، والوسط الآخر الوسط الخارجي أو الوسط المستمر، هذه الجملة غير ثابتة ويمكن أن تزاد درجة ثباته بواسطة مواد الاستحلاب، ويستعمل الرمز (O/W) أو (W/O) من أجل تحديد نوع المستحلب، والمستحلب من نوع زيت في ماء يأخذ الرمز (O/W) مثل الحليب والمايونيز والآيس كريم، والمستحلب من نوع ماء في زيت يرمز له (W/O) مثل الزبدة والمارغرين.

- **عوامل الاستحلاب** (Emulsifiers):

هي مركبات ذات نشاط سطحي، تُمتص عند السطح البيني بين السائلين من أجل أن تقلل الشد السطحي بينهما فتساهم في تقليل المقاومة الفيزيائية، والاندماج أو التلاحم، وترجع هذه القدرة إلى التركيب الكيميائي للمستحلب، فالمُستحلِب يحتوى على جزئين أحدهما قطبي أو محب للماء (Hydrophilic) والآخر غير قطبي أو كَاره للماء (Hydrophobic)، مثال الفوسفولبيدات والجليسريدات الأحادية والثنائية.

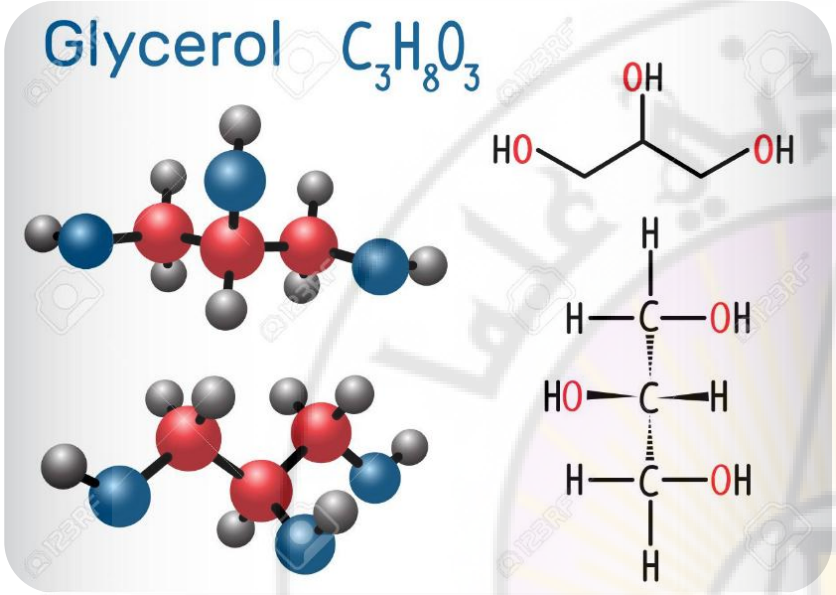


الخل والزيت سائلين غير قابلين للإمتزاج، ولكن عند تحضر صلصات الأغذية فإن المزج القوي والشديد يُكسِّر جزيئات الدهون إلى جزيئات صغيرة والتي تنتشر في الخل مشكلةً مستحلب زيت في ماء.

الحليب هو مستحلب من كريات الدهون السائلة في الماء.

ولكن نظراً لعدم استقرارية المستحلبات نجد أن مكوناته تنفصل بعد فترة من الزمن، حيث تتجمع كريات الدهون معاً مشكلة القشدة التي تطفو على السطح والحليب المائي (الماء والبروتينات وباقي المكونات الأخرى)، لذلك يتم في الصناعة إجراء مجانسة ميكانيكية بالضغط والضخ القوي للحليب عبر مسام صغيرة جداً لتكسير قطيرات الدهن إلى جزيئات صغيرة، والتي تتداخل مع بروتينات الحليب، مما يعيق تكتلها معاً وعودة انفصالها، وإضافة عوامل استحلاب.

المارغرين هو مستحلب ماء في زيت، لا تقل نسبة الدهون فيه عن 80 %.
يتكون المارغرين من زيت نباتي، وماء، أملاح، وعوامل استحلاب، ونكهة السمنة أو الذبدة الحيوانية.

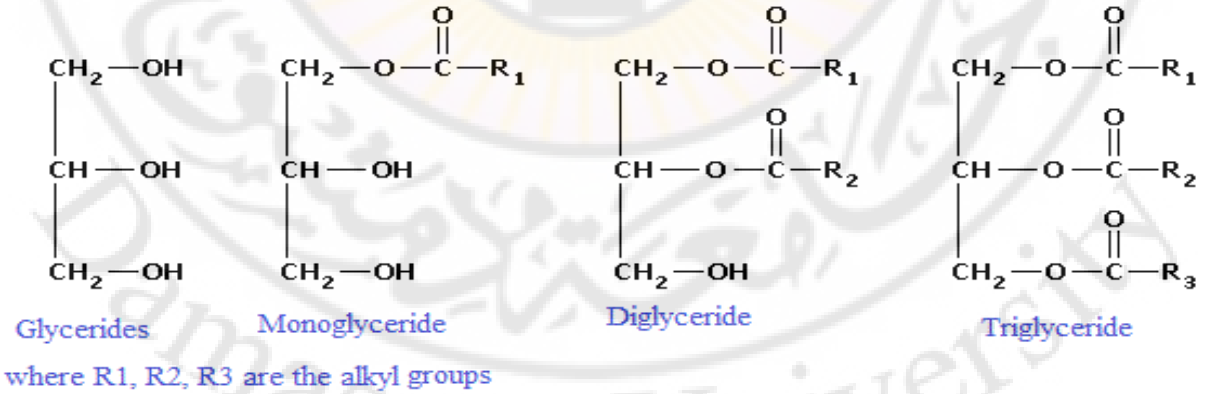


الغليسرول هو العمود الفقري للدهون البسيطة المتعادلة.

الأسترة Esterification: تفاعل بين كحول وحمض ليتشكل إستر وماء، وحيث أن الحمض في ثلاثيات الغليسريد هو الحمض الدهني والكحول هو الغليسرول وبامتلاكه لثلاث مجموعات OH فهو قادر على أسترة ثلاث حموض دسمة.

❖إذا تأسترت زمرة هيدروكسيل واحدة من الغليسرول سمي بأحادي الغليسريد Monoglyceride، وإذا كان مع ذرة الكربون الأولى للغليسرول فيسمى الغليسريد المتكون الفا مونو غليسريد (α-monoglyceride) أما إذا كان الارتباط مع ذرة الكربون الثانية فيسمى الغليسريد الناتج بيتا مونو غليسريد (β-monoglyceride)، وإذا تأسترت زمرتي هيدروكسيل سمي بثنائي الغليسريد Diglyceride، أما إذا تأستر الغليسرول مع ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية سمي الناتج بثلاثي الغليسريد Triglyceride.

❖إذا احتوت الغليسيريدات الثلاثية على نفس الحمض الدهني في المواضع الثلاثة لجزيئة الغليسرول، فتسمى بالغليسيريدات الثلاثية البسيطة، مثل البالميتين (غليسرول مرتبط مع ثلاث جزيئات من حمض البالميتيك)، بينما تحتوي الغليسيريدات الثلاثية المختلطة على حمض دهني أو أكثر مختلف، وإن الدهون الطبيعية تكون مزيج من الغليسيريدات البسيطة والمختلطة، وتسمى بثلاثي الغليسريد Triglycerides أو ثلاثي أسيل الغليسرول Triacylglycerol.



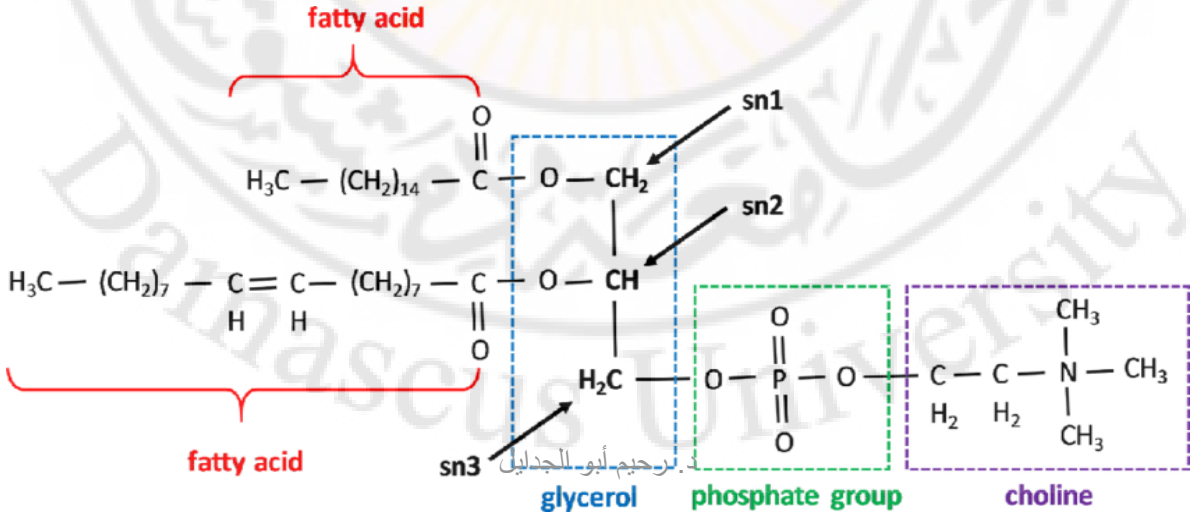
Mono, Di, Tri Glycerides formed by esterification of one, two, three fatty acids

- **الدهون المفسفرة Phospholipids**:

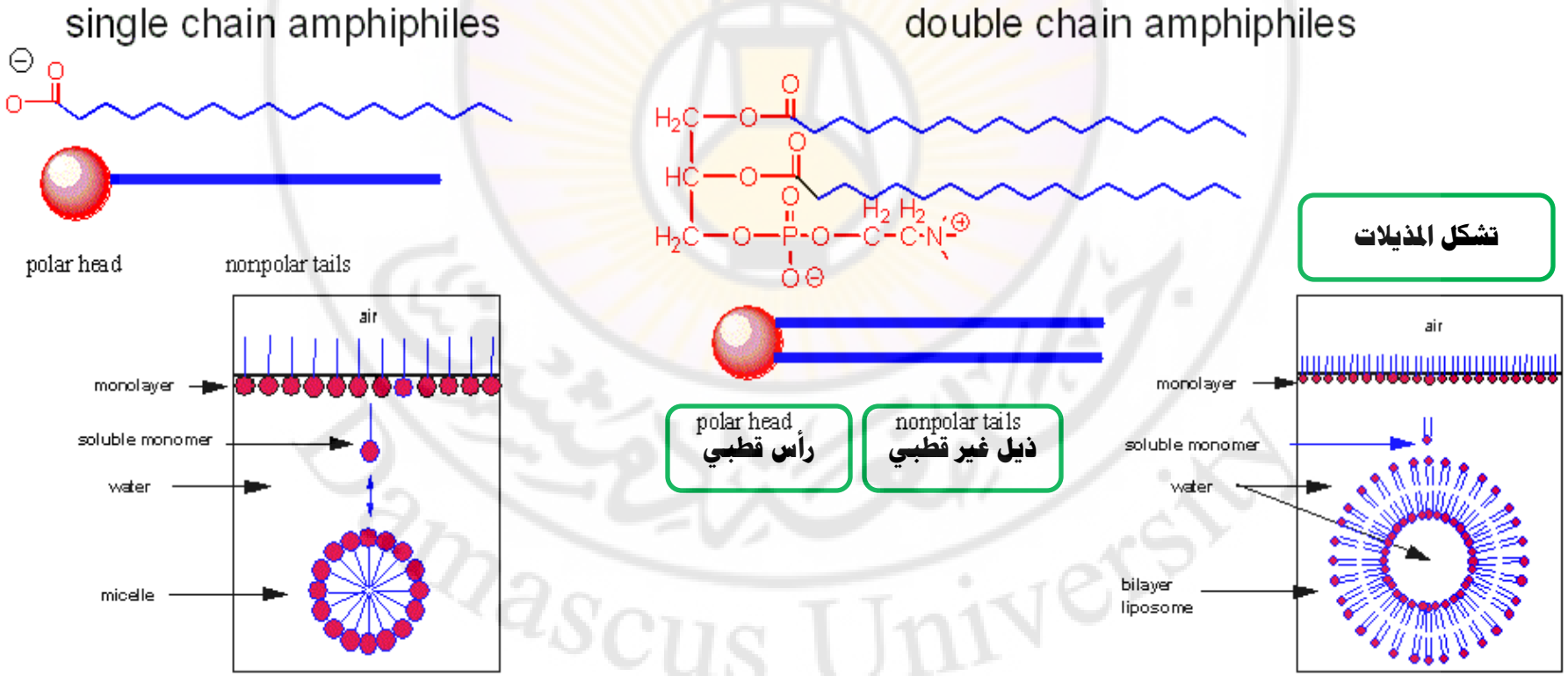
تحتوي الفوسفوليبيدات على جزيئين من الحموض الدهنية متأسترة مع مجموعة الهيدروكسيل الأولى والثانية من الغليسرول، أما مجموعة الهيدروكسيل الثالثة فتتأستر مع حمض الفسفوريك ومع قاعدة نيتروجينية أو كحولية، وهي ليبيدات صلبة توجد في الأغلفة الخلوية وبروتينات مصل الدم وتخزن بكميات قليلة جداً، فهي تستخدم رئيسياً كعناصر تركيبية ولا تخزن بهدف إنتاج الطاقة، وتحتوى معظم الزيوت النباتية على (1-3%) فوسفوليبيدات وصفار البيض على 20% منها، وأهميتها الحيوية أنها المكون الأساسي لأغشية الخلايا الحيوانية، وتستخدم في الأغذية كمواد استحلاب وكمضادات للأكسدة.

ومن الدهون المفسفرة:

✓ الليستيثين، ويتكون من غليسيرول متحد مع حمض دهني مشبع وحمض غير مشبع وحمض الفوسفوريك وقاعدة الكولين Phosphatidyl choline، وإذا كانت القاعدة النتروجينية هي الإيثانول آمين سمي الفوسفوليبيد بالفوسفوتيدايل إيثانول أمين أو السيفالين Phosphatidyl ethanolamine، وإذا كانت القاعدة النتروجينية هي السيرين سُمي بالفوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl serine.



تختلف الدهون المفسفرة عن الغليسريدات الثلاثية بإحتوائها على رأس قطبي محب للماء، وامتلاكها شحنة سالبة على مجموعة الفوسفات عند درجة الرقم الهيدروجيني pH =7، وتسمى الدهون المفسفرة بالدهون القطبية بسبب إحتوائها على رؤوس قطبية محبة للماء بالرغم من إحتوائها أيضا على ذيول هيدروكربونية غير قطبية، وتمنح هذه الخاصية الدهون المفسفرة القدرة على تكوين مذيلات مع الماء، حيث تتجه الرؤوس القطبية المحبة للماء نحو الخارج باتجاه الماء، أما الذيول غير القطبية المحبة للدسم تنفر من الماء وتنغلق على ذاتها وتتقابل باتجاه بعضها البعض، وتشاهد هذه الظاهرة في الحليب، وفي أغشية الخلايا، ولا تستطيع الدهون المتعادلة (الغليسيريدات) تكوين مثل هذه المذيلات.



- **البروتينات الدهنية Lipoproteins:**

تتحد بعض الدهون مع بروتينات خاصة لتكون البروتينات الدهنية، وهي بُنيات كيميائية حيوية ذات شكل كروي، ومنها البروتينات الدهنية **غير الذوابة** الموجودة في أغشية الخلايا، والبروتينات الدهنية **الذوابة** الموجودة في صفار البيض وفي بلازما الدم، وتستخدم لنقل الدهون والأحماض الدهنية والغليسيريدات والكوليسترول من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد ثم إلى مناطق التخزين الدهني وإلى خلايا الأنسجة.

وتقسم البروتينات الدهنية حسب كثافتها (من الأقل كثافة والأكبر حجماً إلى الأكثر كثافة والأصغر حجماً) والتي تعكس محتواها الدهني، فكلما زاد المحتوى الدهني قلت الكثافة إلى :

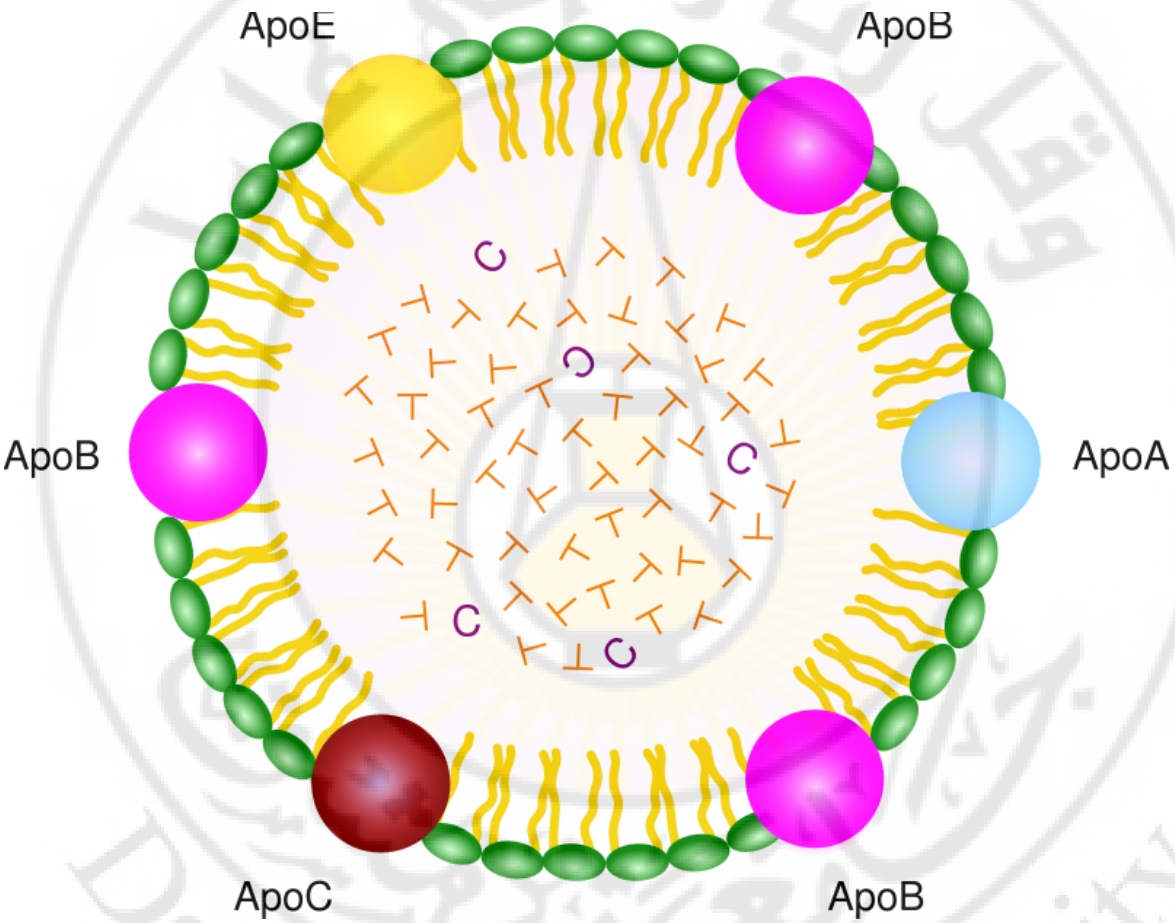
البروتينات الدهنية ذات كثافة جد منخفضة Very low density lipoproteins أو VLDLوتفرز من الكبد لتحمل الدهون ثلاثية الغليسريد حديثة الإنتاج إلى النسيج الشحمي.

البروتينات الدهنية ذات كثافة متوسطة Intermediate density lipoproteins أو IDL وهي أجسام تنتج عن تقوض الـ VLDLوتفضي إلى LDL.

البروتينات الدهنية ذات كثافة منخفضة Low density lipoproteins أو LDL وهي تحمل الكوليسترول من الكبد إلى باقي خلايا الجسم وتسمى "الكوليسترول الضار" لأنه إذا زادت نسبتها يمكن أن تسبب بأمراض انسداد الشرايين.

البروتينات الدهنية ذات كثافة العالية High density lipoproteins أو HDL وهي تجمع الكوليسترول من جميع أنسجة الجسم وتقوم بإرجاعه إلى الكبد للتخلص منها على شكل أملاح الصفراء ولذلك تسمى "الكولسترول الحميد".

الكيلومكرونات: تصل الدهون المهضومة والممتصة إلى الدورة الدموية على شكل كيلومكرونات.

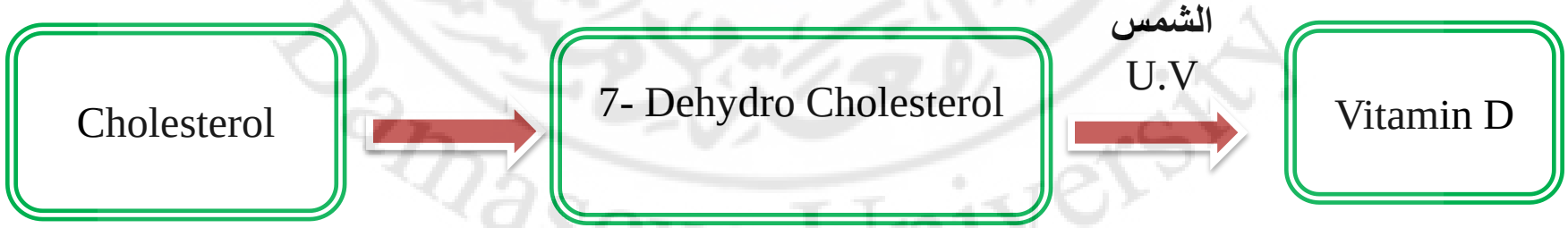


بروتين دُهني (ApoA, ApoB, ApoC, ApoE apolipoproteins) - (ثلاثي الغليسريد T) - (كولسترول C)دهون فسفورية (أخضر).

الكوليسترول Cholesterol $C_{27}H_{45}OH$

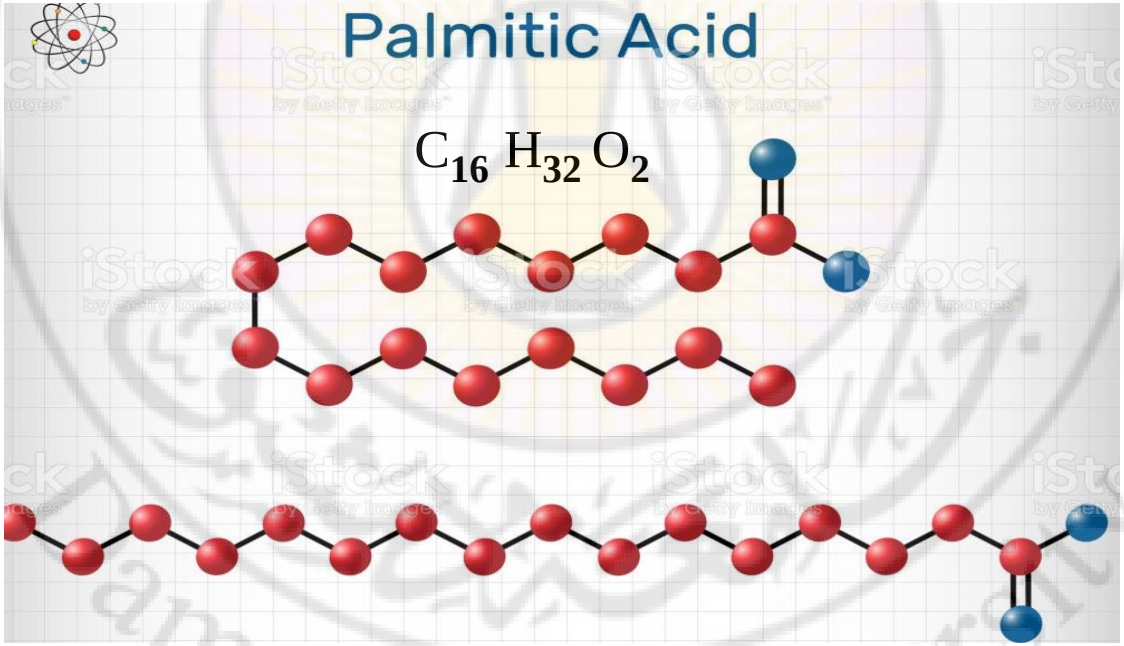
هو ستيروئيد يوجد في الدهون الحيوانية فقط مثل اللحوم والبيض، ويُصنع في الكبد وله عدة وظائف:

- ✓ يدخل في بناء الأغشية الخلوية ويدخل في تكوين الهرمونات مثل هرمونات القشرة الكظرية مثل الألدوستيرون Aldosteron، ويدخل في تركيب التستوستيرون Testosterone الهرمون الذكري.
- ✓ يدخل في تركيب فيتامين D.
- ✓ إنتاج أحماض الصفراء، الهامة في عمليات هضم وامتصاص المواد الدهنية في الجسم مثل حمض الكوليك Cholic Acid وتقوم أملاح الصفراء الناتجة من حمض الكوليك بـ:
  - تنشيط أنزيم Lipase الموجود في المرارة والأمعاء.
  - تكوين مستحلبات لتذويب المواد الدهنية وتمنع تجمعها والتصاقها مع بعض وتسهل تكسيرها بواسطة أنزيم اللايبيز، وهذا يسهل هضم وامتصاص الدهون في بيئة قطبية مثل بيئة الأمعاء.



رابعاً: الأحماض الدهنية Fatty acid:

هي أحماض عضوية ذات سلاسل كربونية (هيدروكربونية) تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة COOH، وهي الوحدة البنائية في معظم مركبات الليبيدات مثل الغليسريدات الثلاثية والغليسريدات الثنائية والغليسريدات الأحادية والأسترولات المؤسترة والفوسفوليبيدات والشموع والغليكوليبيدات.



تصنيف الأحماض الدهنية:

أولاً: **على أساس درجة التشبع تقسم الأحماض الدهنية إلى**:

1- **أحماض دهنية مشبعة** (Saturated fatty acids): وفيها تحتوي السلسلة الكربونية على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون، أي جميع ذرات الكربون مشبعة بالهيدروجين وصيغتها العامة $CH_3(CH_2)_nCOOH$، وعندما تكون قيمة n محصورة بين 4 و 10 فيكون الحمض الدهني ذات سلسلة قصيرة وعندما تكون قيمة n أكبر من 11 فيكون الحمض الدهني من الأحماض الدهنية ذات السلسلة المتوسطة والطويلة، ومن أهم الأحماض الدهنية المشبعة:

حمض البوتيريك Butyric acid: يحتوي على أربع ذرات كربون ويوجد أساساً في الزبدة وصيغته: $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$

حمض البالميتك Palmatic acid : يحتوي على 16ذرة كربون ويوجد في دهون الخضروات والحيوانات وصيغته: $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$

حمض الستياريك Stearic acid: يحتوي 18 ذرة كربون ويوجد في الدهون الحيوانية والنباتية وصيغته: $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$

2- أحماض دهنية غير مشبعة (Unsaturated fatty acids): وفيها تحتوي السلسلة الكربونية على بعض الروابط زوجية بين ذرات الكربون، وتقسم إلى:

أ. أحادية عدم التشبع (Monounsaturated): وتحتوي السلسلة الكربونية على رابطة مزدوجة واحدة فقط مثل:

حمض البالميتك Palmatic acid (حمض زيت النخيل) وصيغته:

$$CH_3-(CH_2)_5-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$$

حمض الأوليك Oleic acid وصيغته :

$$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$$

ب. عديدة عدم التشبع (Polyunsaturated): وتحتوي السلسلة الكربونية على رابطتين زوجيتين أو أكثر مثل:

حمض اللينوليك وحمض اللينولينك و EPA (C20:4) وDHA (C22:6)

حمض اللينوليك Linoleic acid (زيت دوار الشمس) وصيغته:

$$CH_3-(CH_2)4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)7-COOH$$

حمض اللينولينك Linolenic (زيت فول الصويا) وصيغته:

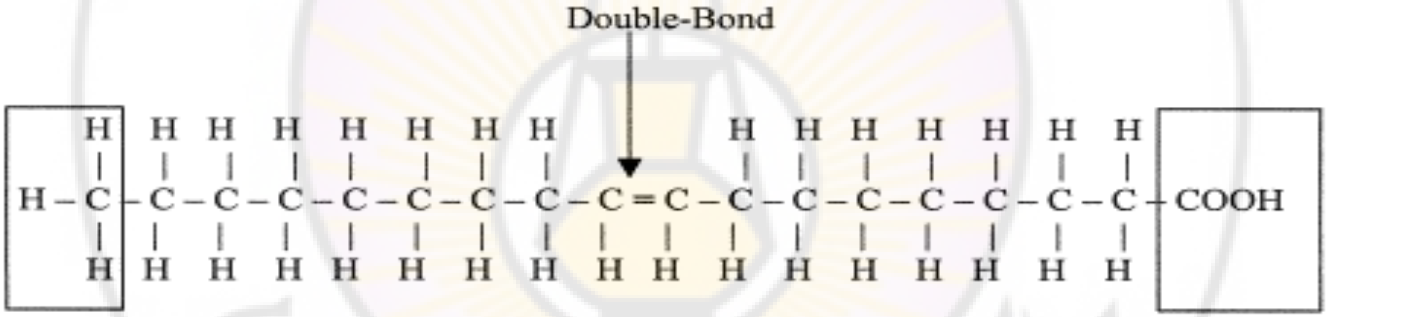
$$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)7-COOH$$

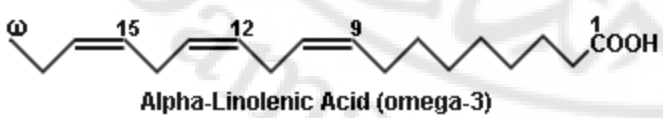
حمض الأراكيدونيك Arachidonic (زيت الفول السوداني) وصيغته:

$$CH_3–(CH_2)4–CH=CH–CH_2–CH=CH–CH_2 - CH=CH–CH_2–CH=CH–(CH_2)3–COOH$$

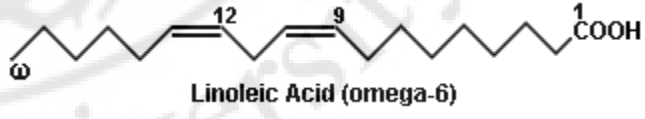
ثانياً: على أساس طول السلسلة الكربونية تقسم الأحماض الدهنية إلى:

- ✓ أحماض دهنية قصيرة السلسلة الكربونية حيث تتراوح طول السلسلة فيها بين (4- 10) ذرة كربون.
- ✓ أحماض دهنية متوسطة طول السلسلة حيث تتراوح طول السلسلة فيها بين (12- 14) ذرة كربون.
- ✓ أحماض دهنية طويلة السلسلة الكربونية حيث تحتوى السلسلة فيها على (16) ذرة كربون أو أكثر.



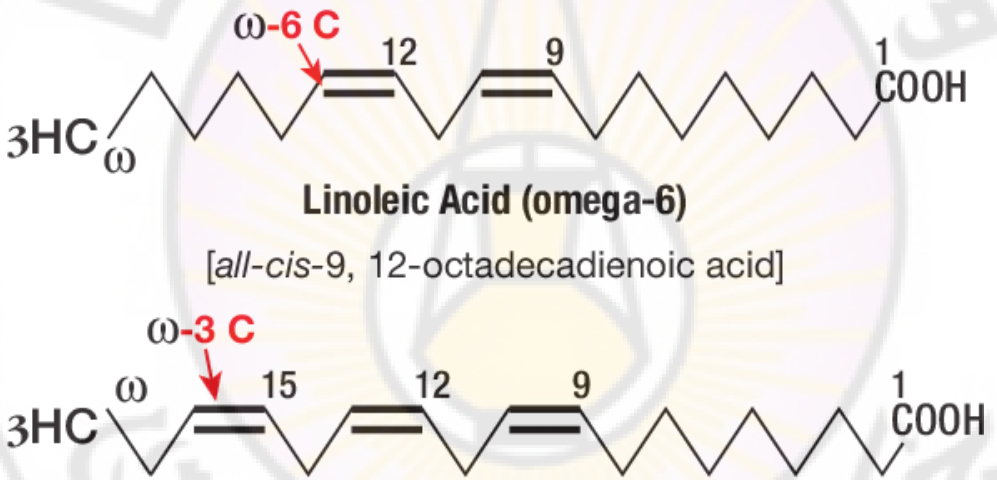


Alpha-Linolenic Acid (omega-3)



Linoleic Acid (omega-6)

أوميغا (ω): عند ترقيم ذرات الكربون بدءاً من مجموعة الميثيل (Methyl) (-CH_3) أي أن ذرة الكربون لمجموعة المثيل هي ذرة الكربون رقم (1) فإننا نستخدم الرمز أوميغا (ω) متبوعاً برقم أول ذرة كربون التي تملك رابطة غير مشبعة مثال: حمض اللينوليك C18:2 نبدأ بالترقيم من جهة مجموعة الميتيل فنجد أن ذرةالكربون رقم 6 هي أول ذرة كربون تمتلك رابطة غيرمشبعة وعليه نقول Omega - 6.



Linolenic acid (9, 12, 15 octadecadienoic) Omega - 3

الأوميغا ω : يستخدم للتعبير عن موضع الرابطة الزوجية عند الترقيم من مجموعة الميثيل الطرفية للسلسلة الكربونية مثال: حمض اللينوليك Linoleic يعتبر من مجموعة ω-6.

دلتا (Δ): يستخدم للتعبير عن موضع الرابطة الزوجية عند الترقيم من جهة مجموعة الكربوكسيل الطرفية في السلسلة الكربونية.

أوميغا

Supplement Facts
Serving Size 1 Softgel
Servings Per Container: 100
Amount Per Serving
%Daily Value
Calories 10
Calories from Fat 10
Total Fat 1g 2%
Flaxseed Oil (Organic) 1,000 mg *
Naturally Providing:
Alpha-Linolenic Acid (Omega-3)
Linoleic Acid (Omega-6)
Oleic Acid (Omega-9)
Other Fatty Acids & Phytonutrients
*Daily Value not established.
Other ingredients: Gelatin (bovine), glycerin and purified water.
Made in U.S.A.
Manufactured for: Total Activation LLC.
Morris Plains, NJ 07950
To Reorder Call 800-599-7276
or Visit TotalActivation.com

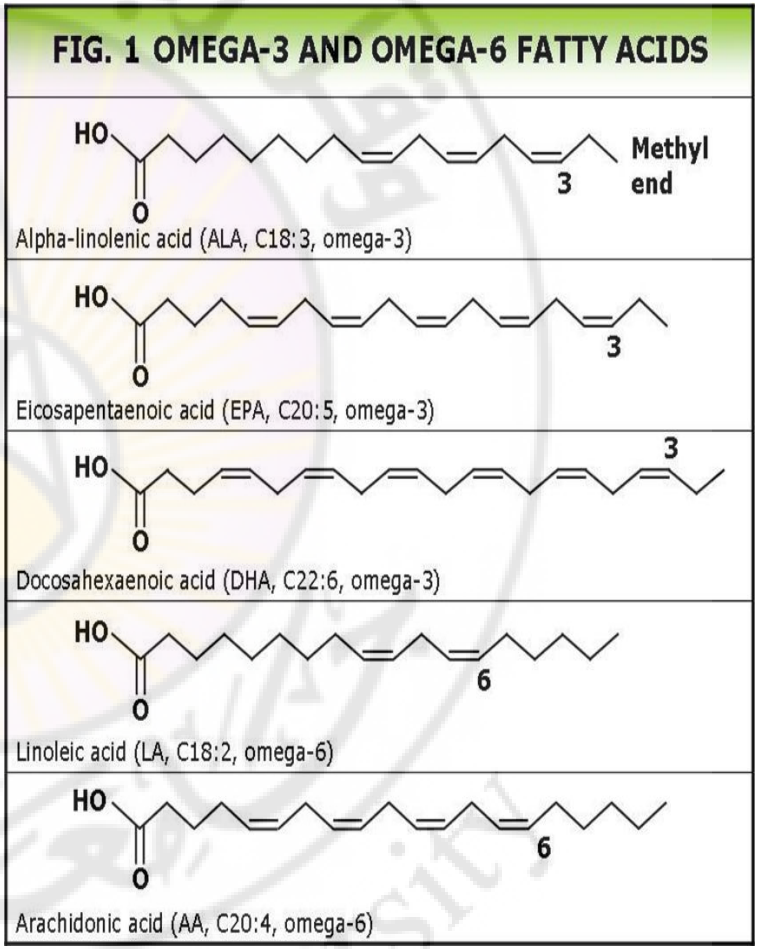


FIG. 1 OMEGA-3 AND OMEGA-6 FATTY ACIDS
HO
O
3
Methyl end
Alpha-linolenic acid (ALA, C18:3, omega-3)
HO
O
3
Eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5, omega-3)
3
HO
O
Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6, omega-3)
HO
O
6
Linoleic acid (LA, C18:2, omega-6)
HO
O
6
Arachidonic acid (AA, C20:4, omega-6)

يستطيع الجسم تصنيع الحموض الدسمة التي تحمل روابط مضاعفة على ذرات كربون التسع الأولى بدءاً من، COOH أما الحموض التي تحمل روابط مضاعفة بعد الذرة التاسعة فلا يستطيع تصنيعها. تدعى الحموض الدسمة التي تحتوي روابط مضاعفة لا يستطيع الجسم تصنيعها بالحموض الدسمة الأساسية Essential fatty acids ويجب على الإنسان أن يحصل عليها من الغذاء.

- حمض الزيت C18:1 oleic Acid يقع الرابط المضاعف بالموقع 9 إذا بدأنا العدد من COOH فهو Δ9 ويقع بالموقع 9 أيضاً إذا بدأنا العد من CH_3 فنقول أنه ω 9، وبالتالي هو غير أساسي لأن الجسم يستطيع تصنيعه.
- حمض لينوليك Linolic acid C18:2 حمض يحتوي 18كربوناً ورابطتين مضاعفتين Δ9,12 C18:2 ونلاحظ أنه يمتلك رابطة مضاعفة بعد الكربون 9 وعند العد من جهة مجموعة الميثيل نجد أنه يحوي رابطة على الذرة رقم 6 لذلك نقول ω 6.
- يمكننا الحصول على التسمية ω بطرح آخر رقم يشير إلى الرابطة المضاعفة في الترقيم Δ من اجمالي عدد ذرات كربون الحمض، أي 6 = 12-18.
- حمض ألفا -اللينولينيك Linolenic acid- α: يُرمز له ALA يتألف الحمض السابق من 18كربوناً وثلاث روابط مضاعفة، فإذا بدأنا الترقيم من COOH نسميه Δ9,12,15 C18:3, Octadecatrienoic acid all - cis 9,12,15 أما إذا بدأنا الترقيم من جهة مجموعة الميتيل في نهاية السلسلة بإعطائها الرقم 1فإننا نلاحظ أن أول رابطة مضاعفة تكون عند الكربون رقم 3، وبذلك ندعو الحمض ω 3 ;C18:3.

- ندعو حمض 5, 8, 11, 14, 17 C (20:5) ، بـ all-cis 5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid أو 3 ω، وله اسم شائع هو حمض التيمنودونيك، Timnodonic acid أو EPA.
- ندعو حمض 4,7,10,13,16,19 C (22:6) ، بـ Docosahexaenoic acid all -cis4,7,10,13,16,19 أو 3 ω، وله اسم شائع هو حمض السيرفونيك Cervonic acid ويرمز بـ DHA.

تشتمل الحموض 3 ω على:

- حمض ألفا - لينولينيك - α-Linolenic acid، C18:3.
- حمض - EPA، C20:5.
- حمض - DHA، C22:6.

أما الحموض 6 ω فتشتمل على:

- حمض الليوليك Linoleic acid C18:2.
- حمض الأراشيدونيك C20:4.
- حمض غاما- لينولينيك C18:3.

ملاحظة:

يحتوي حليب الأم على الحموض الدسمة الأساسية، بينما لا يحوي حليب الأبقار هذه الحموض المهمة لجسم الإنسان، لذلك كثيراً ما نلاحظ إضافة DHA أو EPA إلى حليب الرضع الصناعي لتدعيمه بالحموض 3 ω.

الأحماض الدهنية الأساسية Essential fatty acids

الحمض C18:2 وهو حمض اللينوليك Linoleic acid، وهو حمض ω 6 يحتوي رابطتين غير مُشبعتين بالهيدروجين (عند ذرات الكربون 9 و12).

الحمض C18:3 وهو حمض ألفا- اللينولينيك Linolenic acid، وهو حمض ω 3 يحوي ثلاث روابط مضاعفة (عند 9 و 12و 15).

يطرأ على هذين الحمضين الأساسيين عديد من العمليات والتي تتضمن إما زيادة في عدد الروابط المضاعفة أو زيادة في عدد ذرات الكربون مثلاً حمض ألفا - لينولينيك C18:3 تطرأ عليه في الجسم تلك العمليات مؤدية إلى إنتاج كل من EPA و DHA، والتي تسمى الإيكوزانوئيدات (تحوي 20 و 22 ذرة كربون)، ولذلك يعدّ حمض ألفا - اللينولينيك هو الأساسي فقط بين مجموعة الحموض ω 3.

أما بالنسبة إلى حمض اللينوليك C18:2، وهو ω6 فيطرأ عليه في الجسم مباشرة عملية إضافة رابطة مضاعفة ليعطي حمض غاما - لينولينيك، C18:3، وتحدث زيادة الرابطة المضاعفة في الجسم من جهة المجموعة الكربوكسيلية قبل ذرة الكربون 9 حصراً فيبقى حمض غاما - لينولينيك حمض ω 6 .

يُشكل هذان الحمضان في الجسم طليعة لاصطناع البروستاغلاندينات والليكوترينات والترومبوكسان، وهي وسائط التهابية ذات أهمية حيوية، وبما أن جميع هذه المركبات تمتلك 20ذرة كربون فهي تدعى الإيكوزانويدات.

مصادر الأحماض الدسمة الأساسية

إن المصادر الغذائية للحموض 3 ω هي السمك وزيت السمك وزيت بذر الكتان، وزيت فول الصويا، وزيت الجوز، ويجب تناول وجبتين من السمك أسبوعياً للحصول على حاجة الجسم من3ω أما مصادر الحموض 6 ω فهي الزيوت النباتية كزيت الصويا والذرة وعباد الشمس وزيت الزيتون، زيت السمسم، زيت القطن، لذلك يكون ω 6 متوافر بالغذاء أكثر من 3 ω.

عوز الأحماض الدسمة الأساسية

تتضمن أعراض عوز الحموض الدسمة الأساسية ما يلي:

اكتئاب ـ مشاكل قلبية.

تأخر النمو.

الفشل التناسلي ونقص الخصوبة.

آفات الجلد.

اضطرابات الكبد والكلية.

المشاكل العصبية اضطرابات رؤية.

نقص في الذاكرة (لنقص 3 ω).

خامساً: تقسية الزيوت Oil hydrogenation

هي عملية تحويلها من شكلها السائل إلى شكلها الصلب، حيث إن الشكل الصلب مرغوب أكثر في الطبخ كالسمن والزبدة، لذلك وجدت مساع لتقسية الزيت وجعل قوامه كالسمن والزبدة ولتقسية الزيوت ثلاثة طرق هي:

الهدرجة Hydrogenation

إحدى طرائق تقسية الزيوت عبر إشباع الروابط المضاعفة، حيث وجد أن الزيوت المشبعة تكون درجات انصهارها مرتفعة، والعكس بالعكس، لذلك فإن هدرجة الروابط المضاعفة (إشباعها بالهيدروجين) يرفع من درجة انصهار الزيت ويجعله ذا قوام صلب (نحصل على السمن النباتي والزبدة النباتية)، وتتم عملية الهدرجة بإخضاع الدسم إلى الهيدروجين والحرارة والضغط بالإضافة إلى وسيط (البالاديوم أو النيكل)، تتحول الروابط المضاعفة بفضل هذه العملية إلى روابط أحادية (مشبعة) محوّلة القوام من سائل إلى صلب، ولا يتم إشباع جميع الروابط المضاعفة لأن ذلك يجعل القوام شمعياً، إنما يتم إشباع عدد معين من الروابط المضاعفة حتى الوصول إلى قوام صلب ينصهر في درجة الحرارة 40 C° تقريباً أي مماثلة للسمنة و الزبدة .

مزايا عملية الهدرجة

- ✓ الحصول على قوام صلب انطلاقاً من قوام سائل.
- ✓ الحصول على مادة دسمة فترة حفظها أطول، لأن الروابط المضاعفة فيها أقل، إذ إنه كلّما كان عدد الروابط المضاعفة أكثر كانت المادة أكثر عرضة للأكسدة .

مساوئ عملية الهدرجة:

- يتشكل أثناء عملية الهدرجة بعض الحموض الدسمة من النمط Trans المسؤولة عن الأمراض القلبية الوعائية بزيادتها لمستويات LDL في الجسم، لذا يوصى في السمن المهدرج بأن لا يزيد محتوى الحموض الدسمة من النمط Trans عن 0.2 %
- قد يتبقى بقايا من الوسيط (النيكل والبالاديوم) بالسمنة والتي تحدث آثار سمية.
- الحموض الدسمة الأساسية أوميغا 3 وأوميغا 6 هي حموض ذات روابط مضاعفة، وبالتالي فإن عملية الهدرجة تؤدي إل فقدانها، وبالتالي فقدان القيمة التغذوية للمادة الدسمة.

Kwashiorhor

- حينما يقتصر الغذاء على مصادر الطاقة فقط كالسكريات والدسم دون احتوائه على البروتين فإن ذلك يؤدي إلى الإصابة بداء كواشيوركور Kwashiorhor (احتباس سوائل وحبن) لأن من وظائف البروتين توازن السوائل فإذا اختل البروتين يختل التوازن ويؤدي للحبن الذي ينتج عن التناول غير الكافي للبروتين، وتتجلى أعراضه بالتعب والوذمة (احتباس السوائل) وهزال العضلات ونقص الكتلة العضلية مع تضخم الكبد، بالإضافة إلى نقص تصبغ الجلد.
- إن الخلل في وظائف الكبد (نتيجة التهاب فيروسي أوتشمع الكبد أو تناول الكحول بكثرة) يسبب نقص انتاج بروتين **الألبومين** وبالتالي الاصابة بالاستسقاء (احتباس السوائل)، نتيجة ارتفاع الضغط داخل أوعية الكبد، وتراكم السوائل في تجويف البطن، وكذلك فإن سرطانات الرحم والمبايض سبب رئيسي للاستسقاء.
- تفحص صحة الكبد باجراء مقايسة لمستوى عدد من الأنزيمات في الدم مثل أنزيم ناقلة أمين الألانين ALT (Alanine aminotransferase) حيث أن اصابة الكبد بأحد الأمراض يسبب اطلاق هذا الانزيم في الدم وارتفاع مستواه.

المحاضرة الرابعة: المُحلِّيات Sweeteners

1. المُحلِّيات Sweeteners

2. الطعم الحلو Sweet taste

3. تصنيف المُحلِّيات Classification of sweeteners

كلية العلوم الصحية - د. رحيم أبو الجدايل

أولاً : المُحلِّيات Sweeteners

المُحلِّيات: هي المواد التي تُعطي طعماً حلواً بغض النظر عن مصدرها.

بدائل السكر: وهي المواد المُحلِّية التي تُستخدم كبديل عن سكر المائدة ، السكروز، لتحلية وتعزيز نكهة الغذاء، وغالباً تتميز بأنها تمد الجسم بكمية أقل من الطاقة، والمُحلِّيات الصناعية أحد هذه البدائل.

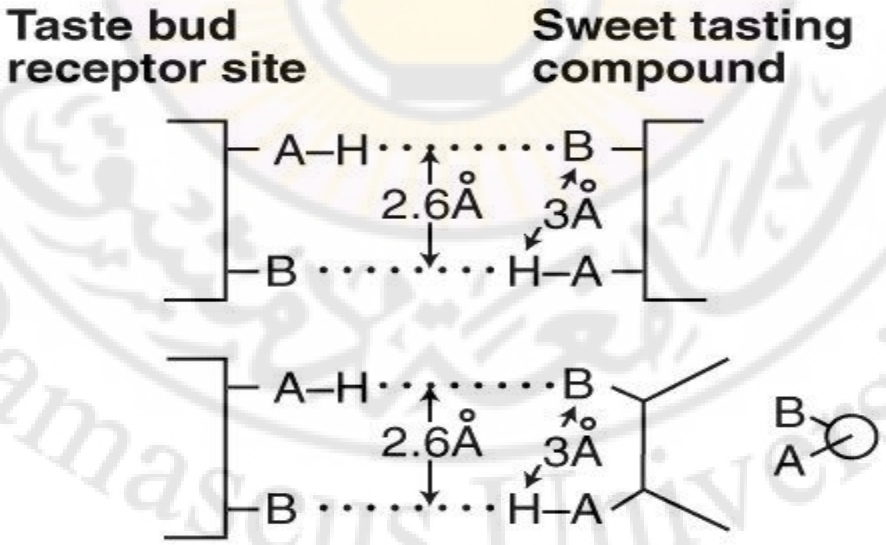
المُحلِّيات الطبيعية: وهي المُحلِّيات التي تُحضر من مصادر طبيعية كالفواكه والخضار وجذور وأوراق بعض النباتات، ووضعت منظمة FDA المُحلِّيات الطبيعية التالية ضمن قائمة GRAS (Generally Recognized As Safe) عصائر الفواكه، العسل، شراب القيقب، الدبس، التمر، سيروب الصبار بالاضافة إلى وجود عديد من المُحلِّيات الطبيعية الأخرى مثل السكريات الكحولية، وتستخدم المُحلِّيات الطبيعية للتحلية كبديل عن السكر المُصنع حيث تعد صحية وأكثر سلامة من السكر المُصنع، وتتكون من مزيج من أنواع مختلفة من الكربوهيدرات كالسكروز، الغلوكوز، الفروكتوز، النشاء، اللاكتوز، والسكريات الكحولية كالسوربيتول، الكزيلول، المانيتول، والمُحلِّيات الطبيعية الغير المُغذية، كالغليسيريزين، التوماتين، مونيلين، ستفيوسيد، النيوهيسبيريدين، كوركولين وميراكولين.

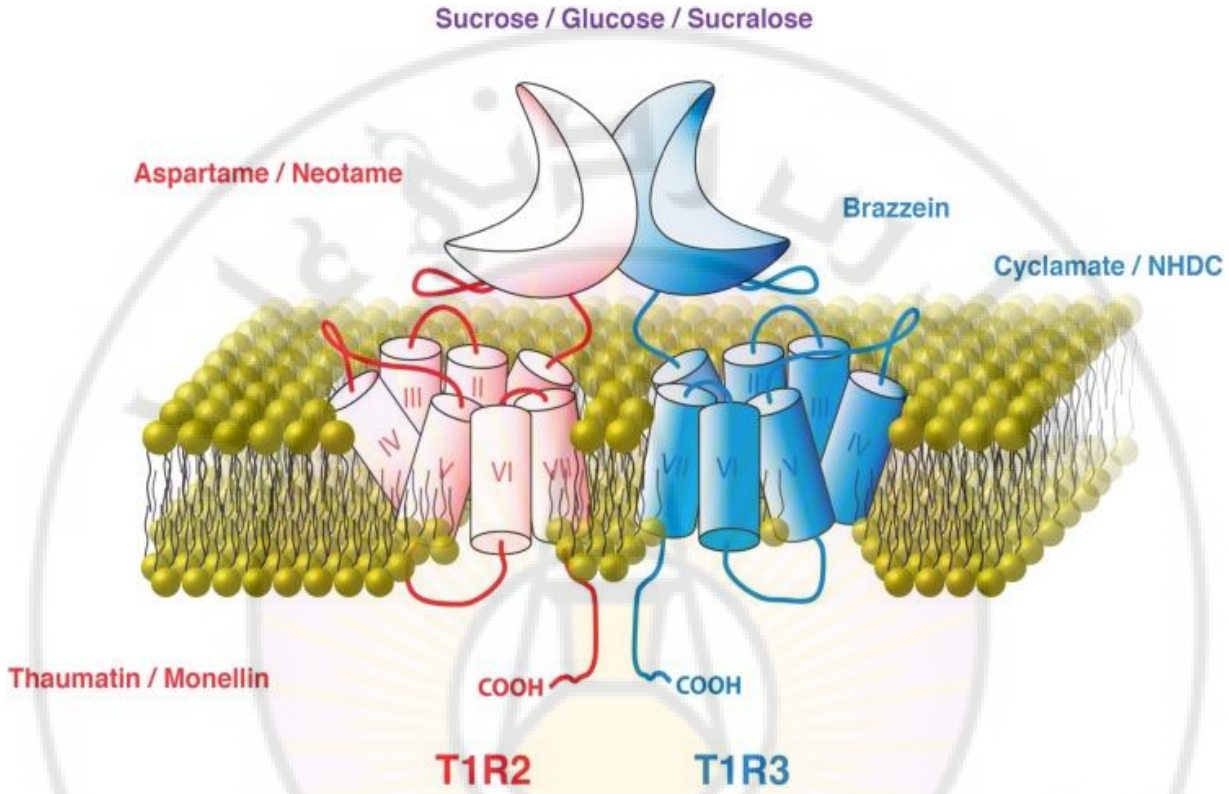
المُحلِّيات الصناعية: مواد صناعية، يتم اشتقاقها من مواد أخرى طبيعية أو كيميائية تطوّر استخدامها كمادة مُحلِّية بعد اكتشاف مذاقها الحلو، وتُعرف أيضاً باسم المُحلِّيات المركّزة، لأنها تتمتع بنسبة حلاوة أكثر بكثير من سكر المائدة، السكروز، مثالها السكرين، السيكلامات، الأسبارتام، فوق الأسبارتام، الدولسين، أليتام، نيوتام، السكرالوز، واعتبرتها منظمة FDA من المواد المضافة للأغذية.

ثانياً: الطعم الحلو Sweet taste

تُعطي المركبات طعماً حلواً عند ارتباطها بمستقبلات التذوق، إذا امتلكت المراكز الثلاثة التالية (أو مايُسمى قاعدة المثلث X, B, A-H):

1. مُعطٍ للبروتون A-H (Proton donor).
2. مستقبل B للبروتون Proton receptor.
3. مركز كاره للماء Hydrophobic center ويجب أن يكون على مسافة معينة مع معطي البروتون ومستقبله (3) أنغستروم.





ترتبط المُحلِّيات وتحفز مواقع المستقبلات البروتينيّة T1R2-T1R3، حيث تحتوي هذه المستقبلات على معطي ومستقبل للبروتون، حيث يرتبط A-Hالمُحلِّي مع B المستقبل ويعطيه بروتون، بالمقابل يرتبط A-Hالمستقبل مع B المُحلِّي ويعطيه بروتون، فيحدث تداخل بينهما (يمكن تشبيهها بمبدأ القفل والمفتاح)، فحينما يرتبط المركب المناسب مع المستقبل فإن الشكل الفراغي للأخير يتغيّر، فتنفتح قنوات الكالسيوم وتغلق قنوات البوتاسيوم الموجودة في غشاء الخلايا فترسل الشوارد المتحررة سيّالة عصبية إلى الدماغ يفسّرها بشكل طعم.

1.2. القدرة المُحلِّية Sweeting strength

تُقاس القدرة المُحلِّية للمواد ويُعبر عنها رقمياً باستخدام العلاقة الآتية:

$$F(\mathrm{Cs}) = \mathrm{Cs} / \mathrm{Cx}$$

ويُستخدم السكروز بتركيز (10 % أو 2.5 %) كمحلول قياسي في قياس الحلاوة ويعطى القيمة 1، حيث يُحضَّر محلول من السكروز Cs (معلوم التركيز) ويكون Cx هو تركيز محلول المادة المطلوب معرفة درجة حلاوتها، والذي يُعطي نفس حلاوة محلول السكروز المُحضر.

مثال:

نحل 10مغ من السكروز في 100مل ماء ويتم تذوق طعم المحلول، ويُحضر محلول بنفس التركيز، أي 10 مغ من المادة المطلوب قياس حلاوتها في 100 مل ماء، ويتذوق الخبير الطعم، ويبدأ بالمقارنة ويكون الخبير أمام ثلاث احتمالات:

- ✓ إما أن تكون حلاوة محلول المادة مماثلة لحلاوة محلول السكروز المُحضَّر، فنقول إن قدرة تحلية المادة تساوي 1.

- ✓ أو أن تكون حلاوة محلول المادة أعلى من محلول السكروز، لذلك يُمدد المحلول عدة مرات حتى الوصول إلى طعم يماثل حلاوة محلول السكروز المُحضر، فلو وصل مثلاً بعد التمديد إلى التركيز 2غ في 100مل وأعطى طعم حلو مشابه في حلاوته حلاوة محلول السكروز المُحضّر فإننا نقول إن القدرة المُحلِّية تساوي F = 10/2 ويساوي 5 أي أن المركب أحلى من السكروز بخمس مرات.
- ✓ أو أن تكون المادة أقل حلاوة من السكروز، فيقوم الفاحص بإضافة المزيد من المادة المفحوصة إلى المحلول حتى الوصول إلى الطعم المشابه.

نجد أن الحكم على حلاوة الطعم مرهون بحاسة التذوق وخبرة الفاحص، لذلك تختلف المراجع فيما بينها في تقدير حلاوة المواد، ولكن على العموم تكون القيم متقاربة.
وإن الطعم الحلو يتأثر بالكثير من العوامل مثل طبيعة المحلول الذي توجد فيه المادة، فإضافة المادة المُحلِّية للماء تختلف عن إضافتها للأغذية التي تحوي مركبات عديدة ومختلفة، ووجود مواد أخرى كتآزر أو تضاد المُحلِّيات مع بعضها، وكذلك تتأثر بحرارة وحموضة الوسط.

ثالثاً: تصنيف المُحلِّيات Classification of sweeteners

1.المُحلِّيات المُغذية

السكريات والسكريات الكحولية

تُستقلب وتمد الجسم بالطاقة، وتعد الكربوهيدرات أكثر المُحلِّيات انتشاراً، وتضم السكريات العديدة والثنائية والأحادية، وقد تحدثنا عنها سابقاً.

2.المُحلِّيات غير المُغذية

الطبيعية

الصنعية

لا تمدنا بالطاقة، وإن جميع المُحلِّيات غير التغذوية أكثر حلاوة من السكروز.

1.3. المُحلِّيات المُغذية

المُحلِّيات التي تمد الجسم بالطاقة.

1.1.3. المُحلِّيات المُغذية:

تُعطي باستهلاك كل 1 غ منها 4 كيلوكالوري، والسكريات الكحولية يُعطي استهلاك 1 غ منها 2.4 كيلو كالوري.

ونظراً لتسببها في عديد من الأمراض المرتبطة باستهلاكها مثل :

1- داء السكري، ارتفاع سكر الدم (الغلوكوز).

2- البدانة.

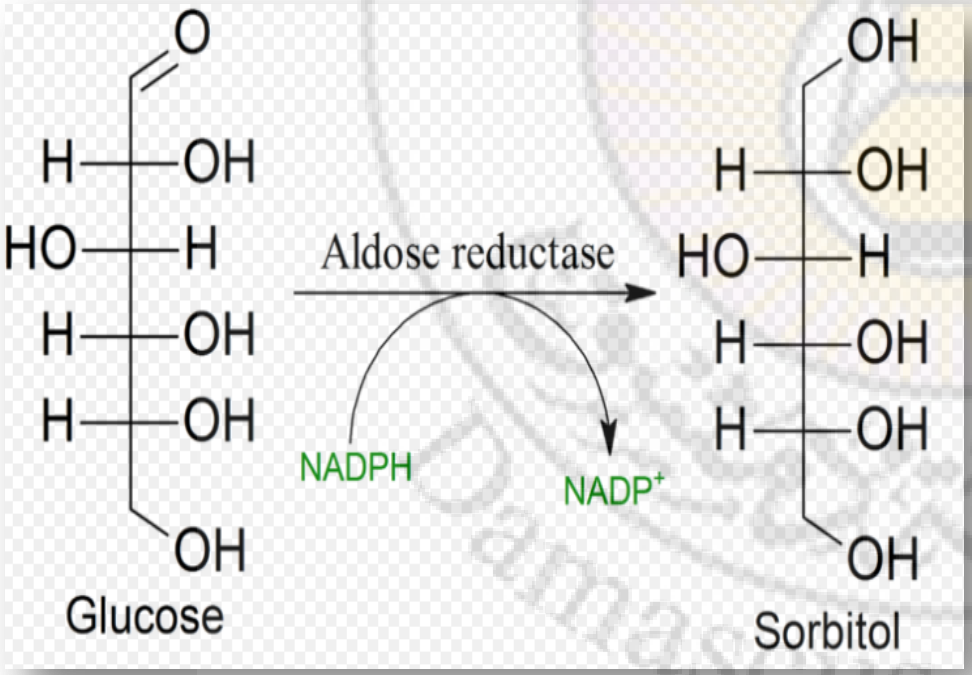
3- تسوس الأسنان، حيث تشكل السكريات بيئة مناسبة لنمو وتكاثر الميكروبات في الفم.

وما يتطور عنها من أمراض أخرى تصيب جهاز الدوران كارتفاع الضغط والشحوم في الدم، وأمراض تصيب شبكية العين والأطراف السفلى والكليتين.

كان التوجه نحو استخدام المُحلِّيات الصناعية والمُحلِّيات الطبيعية غير التغذوية، الخالية من الطاقة.

2.1.3. السكريات الكحولية:

تُختَزل السكريات البسيطة، المحتوية على مجموعة الألدهيد أو مجموعة الكيتون مع الهيدروجين بوجود عوامل مساعدة أو بتأثير بعض الأنزيمات للحصول على كحولات سكرية عديدة الهيدروكسيل، فعند اختزال سكر الغلوكوز نحصل على الكحول متعددة الهيدروكسيل المعروف بالسوربيتول (Sorbitol) الموجود في عديد من الفواكه والتوت البري، ويستخدم كبديل عن السكر في تحلية كثير من أصناف الأطعمة المجهزة والمُعلبة.



وتُسمى السكريات الكحولية غالباً، باستُبدال النهاية «ـوز » ose باللاحقة « ـول » ol، حيث يعطي المانوز Mannose سكّر المانيتول Manitol ويعطي اللاكتوز Lactose سكر اللاكتيتول Lactitol ويعطي السكروز سكر ايزومالت Isomalt ويعطي الزيلوز Xylose سكر الزيليتول Xylitol.

1.2.1.3. ميزات السكريات الكحولية

1- لا تُمتص السكريات الكحولية بشكل كامل في الأمعاء، حيث تسلك سلوك البريبيوتيك، وبالتالي كمية السعرات الحرارية التي تعطيها للجسم أقل، حيث يُعطي كل 1غ من السكريات الكحولية 2.4 كيلو كالوري، تقريباً نصف السعرات التي تُعطيها السكريات الأخرى.

2- انخفاض مُشعرها الغلوكوزي، حيث ترفع سكر الدم بشكل بسيط يكاد يكون مهمل مقارنة بالكربوهيدرات الأخرى، وهذا يفيد مرضى داء السكري.

3 - أكثر ثباتية اتجاه الحرارة والعوامل الفيزيائية الأخرى مقارنة بالسكريات الأحادية المقابلة لها.

4 - بدائل طبيعية المصدر، ولا تسبب تسوس الأسنان.

2.2.1.3. مساوئ السكريات الكحولية

1- لها تأثير مليّن للأمعاء فتسبب الإسهالات ويعود ذلك لوجود وظائف OH، ولذلك فهي لا تستخدم في الأغذية ذات الاستهلاك اليومي الكبير كالعصائر، ويكثر استعمالها في معاجين الأسنان والعلكة وبعض الأدوية.

2- حلاوة السكريات الكحولية أقل من حلاوة السكروز (باستثناء الزايليتول، حيث أن حلاوته تساوي 1) في حين يفضل في المُحلِّي أن يكون بحلاوة السكروز أو أكثر منها كي نكتفي باضافة كميات قليلة منه، فبالمقارنة بين السوربيتول ذو درجة حلاوة نصف السكروز، نجد أنه لكي نحصل على حلاوة مماثلة له يجب استعمال ضعف المقدار من السوربيتول، ووجدنا أن كل 1غ من السكريات الكحولية يعطي 2.4 كيلو كالوري من الطاقة، وباستخدام ضعف الكمية نحصل على 4.8 كيلو كالوري منها، وهو ما يفوق 4 كيلوكالوري فيما لو استخدمنا 1غ من السكروز، وبالتالي يكون الضرر أكبر.

1.2.3. المُحلِّيات غير التغذوية الطبيعية

توجد عديد من المحليات غر المغذية الطبيعية ولكن سندرس منها:

1- الغليسيريزين:

يوجد في جذور نبات العرق السوس *Glycyrhiza glabra* (Licorice)، وهو أحلى بـ 50 إلى 100 مرة من السكروز، يمتلك الغليسيزين طعماً شبيهاً بالعرق السوس ويشوبه طعم مرافق After taste، هو طعم اليانسون، ويُستخدم بشكل أساسي كطلاء للسكاكر وعلكة التبغ، وله تأثيرات جانبية مشابهة للكورتيزون تحد من استخدامه (صداع، ارتفاع الضغط، احتباس الصوديوم والسوائل، نوبات التكزز) ولذلك لايُستخدم في التحلية.

2- الستيفوزيد:

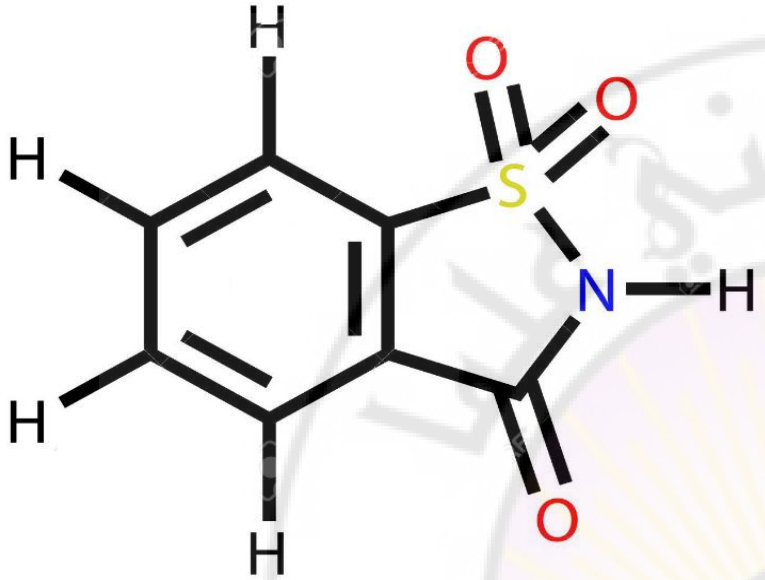
يوجد في أوراق نبات الستيفيا السكرية *Stevia rebaudiana*، وهو مُحلِّي طبيعي ولا يخضع لأي تغيير كيميائي أثناء عملية التصنيع.

- ✓ ويتكون مستخلص الأوراق بشكل أساسي من غليكوسيدات الستيفيوزيد وريبوديوزيد، والتي لاتُمتص ولا تُستقلب في الجسم.
- ✓ نقي وثابت في الحرارة حتى 200 مº وأكثر حلاوة من السكروز بـ 200 – 300 مرة.
- ✓ ثابت نسبياً ضمن مجال واسع من الحموضة.
- ✓ له طعم مُر، وصنفته الـ FDA ضمن قائمة GRAS.

2.2.3. المُحلِّيات غير المغذية الصناعية

نظراً لعدم الحصول على مُحلِّيات طبيعية مثالية، يُلجأ إلى المُحلِّيات الصناعية، سندرس منها مايلي:

1. السكارين Saccharin:



E 954

$C_7H_5NO_3S$

أقدم مُحلِّي صنعي، اكتشف بالصدفة، حيث قام العالمان Remsen و Fahlberg باصطناعه انطلاقاً من التولوين، حيث كانا يعملان على أكسدة التولوين إلى سلفون أمين التولوين باستخدام برمنغنات البوتاسيوم، فانسكب البيشر بطريق الخطأ ثم وضع ريمسين يده في فمه فأحس بالطعم الحلو، ولكن له طعماً معدنياً أو مُراً Metallic or Bitter عقب الطعم الحلو، وقد أعزاها ريمسين إلى الشوائب الناتجة من التفاعل كالسلفاميل والسلفوناميد والأوتو تولوين والأورتو سلفا تولوين وغيرها، ولذلك طُورت طريقة العالم ماومي Maumee والتي انطلق فيها من حمض الأنترانيليك (حلقة عطرية ووظفية أمينية ووظيفة حمضية بوضع أورثو) مع الميتانول للحصول على الإستر الميتيلي منه، وهو أنترانيلات الميتيل، والذي يخضع لتفاعل ديأزة (بفضل وجود أمين عطري) فنحصل على شاردة ديازونيوم والتي تُعطي بوجود SO_2 والكلور مركباً يعطي مع النشادر السكارين، حصل ماومي على سكارين نقي وخال من الشوائب، لكنه بقي محتفظاً بالطعم المُر الذي يخلّفه عقب الطعم الحلو، ومنه تبين أن الطعم المُر متعلق ببنيته هو بحد ذاته لا بالشوائب.

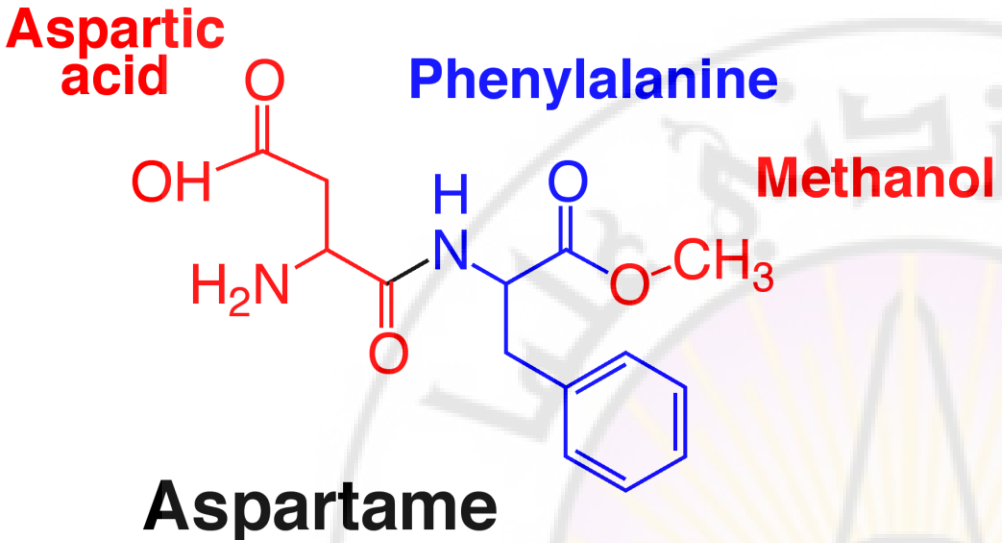
صفات السكارين:

- ✓ أكثر المُحلِّيات ثباتاً ولايتفاعل كيميائياً مع مكونات الغذاء، إذ يمكن أن تصل الحرارة إلى 260 درجة مئوية دون أن يتخرّب، وبالتالي فترة حفظه طويلة، ويوضح الجدول التالي ثباتيته في الحرارة:

درجة الحرارة	نسبة التخرب %
100	0.2
150	0.7
200	4.6
230	6

- ✓ أملاحه ذوابة في الماء، ويُصنع بشكل ملح صودي أو بوتاسي ، وحلاوته F = 450.
- ✓ إمكانية إضافة المالتول أو السيكلامات له لإخفاء الطعم اللاحق.
- ✓ من المحتمل بأن السكارين يسبب سرطان المثانة Bladder cancer، وأشارت بعض الأبحاث إلى أن الشوائب المرافقة لاصطناعه هي من تسببه وليس السكارين، لذلك لا يستعمل في أمريكا بينما يستعمل في أوروبا.
- ✓ يَعبُر السكارين الحاجز المشيمي، ولذلك لا يستخدم أثناء الحمل.
- ✓ يكثر استخدامه مع الأسبارتام في صناعة المشروبات الغازية.
- ✓ لا يُستقلب في الجسم فلا يُعطي طاقة.

2. الأسبارتام Aspartame:



E 951

$C_{12}H_{17}N_2O_5$

أحد أكثر المُحلِّيات استخداماً حول العالم، واكتشف أثناء تصنيع مضادات القرحة (الغاسترين، رباعي ببيتيد).

- الأسباراتام ببتيد ثنائي، يتكون من حمضين آمينيين، حمض الأسبارتيك + الإستر الميتيلي للفينيل آلانين، ويدعى بـ Aspartic acid phenylalanine methyl ester APM.
- لا يعطي الأسبارتام طعمه الحلو إلا إذا كان الحمضان الآمينيان المكوّنان له من النمط L أي بالشكل المُيسر، كي لا يختلف التوضع الفراغي أثناء الاصطناع.
- لا يعطي الطعم الحلو إلا إذا كان الارتباط بين الوظيفة الآمينية للفينيل ألانين مع الوظيفة الكربوكسيلية التي في الموضع α الأقرب لوظيفة الآمين من حمض الأسبارتيك، أما إن كان الارتباط عبر الوظيفة الكربوكسيلية الأخرى فلا يظهر الطعم الحلو، مع العلم أن الأسبارتيك يمتلك وظيفتين حمضيتين، وعليه فالأسبارتام الفعّال كمحلي هو الشكل α LL.

ميزات الأسبارتام:

- ✓ منحل في الماء.
- ✓ يمتلك قدرة تحلية جيدة أكبر بـ 200- 250 مرة من السكروز.
- ✓ طعمه الحلو نقي ولا يمتلك طعماً لاحقاً.
- ✓ آمن للاستخدام أثناء الحمل لأنه لا يعبر حاجز المشيمة، وأجريت عديد من الدراسات لمراجعة وتقييم سلامة الأسباراتام، وبينت نتائج الدراسات عدم وجود أدلة ثتبت فيما إذا كان الأسبارتام مسرطناً في حيوانات التجربة أو ضرره القطعي على الدماغ، وبناء على هذا فهو ما يزال مسموحاً به من قبل FDA فيستخدم كثيراً في تحلية المشروبات الغازية المخصصة لذوي الحمية Diet soda وفي العلكة Chewing gum وحبوب الكورن فلكس والفيتامينات كما يمكن أن يستخدم مع بعض الأدوية المُرة.

مساوئ الأسبارتام:

✓ يتخرب بالحرارة، بعكس السكارين ذي الثبات العالي جداً، لذلك لايُستعمل في الأغذية التي تتعرض لحرارة تعقيم أو تحميص، وإن ترك المشروبات الغازية في الشمس يؤدي إلى فقدان القدرة المُحلِّية له.

✓ كما أن ثبات الأسبارتام محكوم بدرجة pH بحدود 4، ففي pH حمضي بين 2 و 2.5 تتحلمه الوظيفة الإسترية فيه إلى وظيفة حمضية، فيصبح اسمه APA spartic acid phenylalanine بدلاً من AMP، حيث يتحول الإستر الميتيلي للفينيل آلانين إلى الفينيل ألانين، ويفقد الأسبارتام قدرته المُحلِّية.

وفي وسط ذي درجة pH أعلى من 4 فإن الأسبارتام يخضع لعمية حلقنة Cyclization ويتخرب معطياً دي كيتو البيرازين DKP الذي يمتلك طعماً مُراً.

✓ يُستقلب في الجسم ويُعطي طاقة.

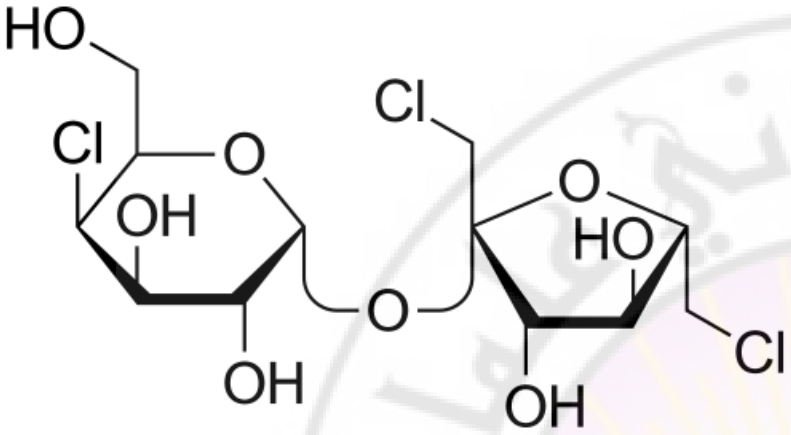
يُستقلب الأسبارتام في الجسم إلى مكوناته، فيعطي حمض الأسبارتيك والفينيل ألانين، أما الإستر الميتيلي فيعطي الميتانول، ولكل منها مشاكله في الجسم:

الميتانول: يتحول في الجسم إلى الفورمالدهيد الذي يُضِر بالعصب البصري فيمكن أن يسبب العمى، كما يمكن أن يضر بالدماغ، ولكن لدى المقارنة فإن مقدار الميتانول الناتج عن استقلاب الأسبارتام هو قليل حتى بالمقارنة مع محتوى الميتانول في بعض الأغذية الطبيعية، والكميات المستعملة منه هي في الأصل قليلة بسبب قدرته المُحلِّية العالية، لذا يمكن القول إنه لا خوف من مقادير الميتانول الناتجة عن استقلابه نظراً لقلّتها، حيث أن 10 % من وزن الأسبارتام يتحول إلى ميتانول.

الفينيل ألانين: يتحول الفينيل ألانين في الجسم بواسطة أنزيم الفينيل ألانين هيدروكسيلاز إلى التيروزين والذي بدوره يتحول إلى عدة مركبات منها الميلانين والدوبامين والتيروكسين وغيرها، وبالتالي فإن الأشخاص فاقدي هذا الإنزيم لديهم عوز في التيروكسين وبالتالي ضعف في النمو، وعوز في الميلانين وبالتالي نقص في التصبغ، بالإضافة إلى التخلف العقلي، وذلك يترافق مع تراكم الفينيل ألانين بشكل فينيل كيتون (فينيل بيروفيك) يطرح في البول وهذا ما يسمى بيلة الفينيل كيتون، وإن نحو 50% من وزن الأسبارتام يتدرَّك إلى الفينيل ألانين.

حمض الأسبارتيك: والذي يعتبر بمثابة ذيفان عصبي خارج خلوي Exocytotoxin، ويسبب آثاراً مشابهة للآثار التي يُحدثها غلوتامات أحادية الصوديوم محسنات الطعم الموجودة في الأندومي والماجي، الأذية الدماغية، كالزهايمر، داء باركنسون، التصلب اللويحي، إن نحو 40 % من وزن الأسبارتام يتدّرك إلى حمض الأسبارتيك.

3. السوكرالوز Sucralose:

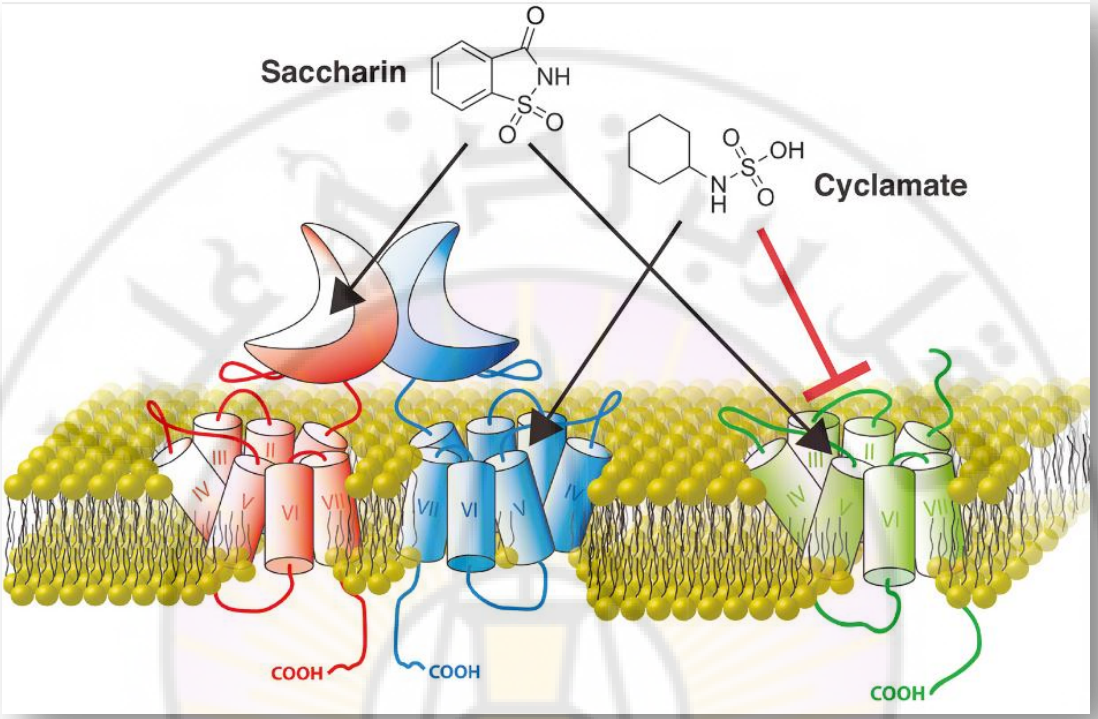


E 955

$C_{12}H_{19}Cl_3O_8$

يُشتق السوكرالوز من السكروز عن طريق إدخال ثلاث ذرات كلور إلى السكروز بدلاً من ثلاث وظائف OH (عملية هلجنة) وتتبع بعملية كلورة اضافية وازالة مجموعة الأستيل .

- ✓ يمتلك السوكرالوز قدرة مُحلِّية أعلى بـ 600 مرة من السكروز.
- ✓ يدعى أيضاً TGC في اختصار لـ Trichlorogalactosucrose، ويعرف تجارياً بـ Splenda.
- ✓ نظراً لوجود وظائف الكلور في بنيته فإن السوكرالوز لا يستقلب أنزيمياً وبالتالي فإنه لا يعطي طاقة.
- ✓ يُعطى السوكرالوز للحوامل من دون مشكلات، فلم يظهر له آثار جانبية.
- ✓ حلول بالماء، وله ثباتية جيدة.
- ✓ يُستخدم بالتآزر مع المُحلِّيات الصنعية الأخرى.



ملاحظات:

- ✓ تختلف المُحلِّيات حسب بُنيتها وتركيبها في قوة ارتباطها بالمستقبلات البروتينة، وفي عدد ونوع المواقع التي ترتبط بها وتُحفّزها ضمن المُستقبل، لذلك تتباين المُحلِّيات في درجة حلاوتها، وكلما كان الارتباط أقوى كلما كانت درجة الحلاوة أكبر.
- ✓ تعطي بعض المُحلِّيات تأثيراً تآزرياً نظراً لاختلاف بنيتها مثل السكارين والأسبارتام معاً، حيث يكون لكل منها مستقبل خاص بها، في حين لاتعطي مُحلِّيات أخرى مثل هذا التآزر بسبب التقارب في بنيتها، مثل الاسيسلفام مع السكارين، والسيكلامات مع السكارين فتتنافس فيما بينها على المستقبل نفسه.
- ✓ تعاني المُحلِّيات الصناعية من تأخر ظهور واختفاء الطعم في الفم، في حين يظهر ويختفي طعم السكريات الطبيعية بسرعة.

خُذها نصيحة من يدٍ.... لا نامت نهاراً ولا أكلت ليلاً.....

لكم أحلى الأُمنيات....والفرص الجيدة....

المحاضرة الخامسة: البروتينات Proteins

كلية العلوم الصحية - د. رحيم أبو الجدايل

1. تركيب البروتينات Composition of proteins
2. بُنى البروتينات Proteins folding
3. وظائف البروتينات Proteins functions
4. الأحماض الآمينية Amino acids

أولاً: تركيب البروتينات Composition of proteins

البروتينات من المركبات العضوية النيتروجينية، معقدة التركيب وذات الوزن الجزيئي المرتفع وتتكون أساسا من عناصر C , H , O , N، وبعضها يدخل في تركيبة عنصر الـ S، P والحديد والنحاس، ويشكل الآزوت 16% من البروتينات.

واشتق اسمها من الكلمة اليونانية Proteos، وتعني الأولي وذلك لأن البروتينات مكون أولي وأساسي في جميع خلايا الجسم، حيث تتواجد في جميع خلايا الجسم وسوائله عدا البول والصفراء، وتُشكل الأحماض الآمينية وحدة البناء الأساسية فيها، فتتكون البروتينات من إتحاد عدداً من الأحماض الآمينية، بتفاعل بلمرة وتكثيف، حيث ترتبط مجموعة الكربوكسيل COOH لأحد الأحماض الآمينية برابطة ببيتيدية، تساهمية، مع مجموعة الآمين NH2 للحمض الآميني الآخر، ويخرج جزيء ماء، وتختلف البروتينات فيما بينها باختلاف عدد وكمية وتسلسل الأحماض الآمينة، وعند ارتباط حمضين آمينيين يسمى بالبتيد الثنائي Dipeptide، وفي حالة ارتباط عدة أحماض آمينية يطلق عليها البتيد المتعدد Polypeptide.

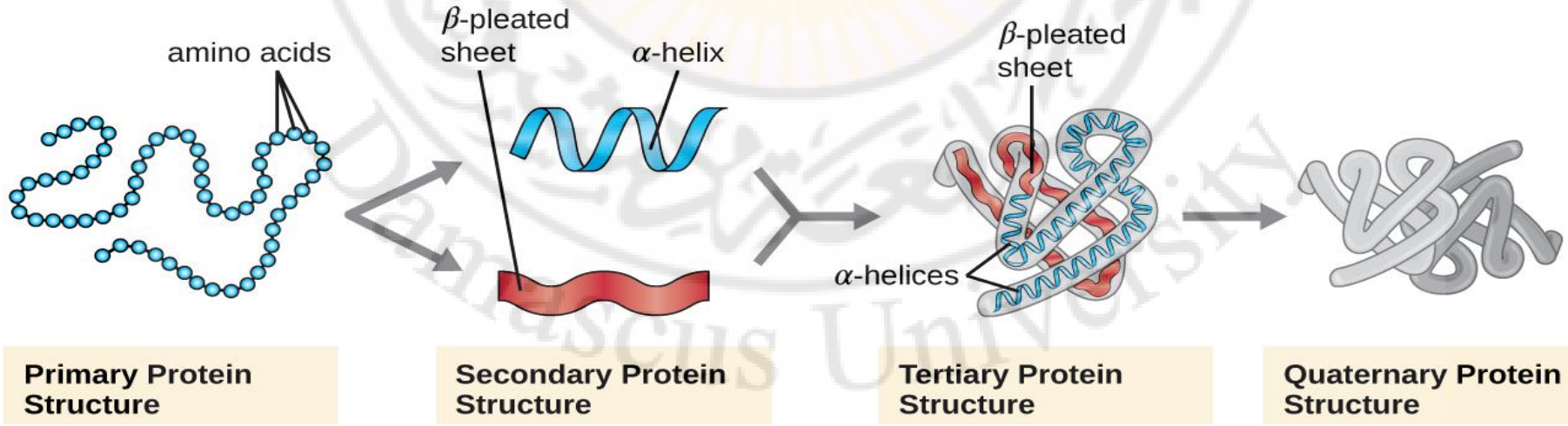
ثانياً: بُنى (تَطوي) البروتينات Proteins folding

البُنية الأولية Primary structure:

تتشكل نتيجة ارتباط الأحماض الأمينية فيما بينها بواسطة روابط ببيتيدية قوية مشكلةً سلسلة ببيتيدية، وهي أولى المستويات، وتدعى البنية الأولية.

البُنية الثانوية Secondary structure:

تتشكل نتيجةً لانطواء والتفاف السلسلة الببتيدية (البنية الأولية) بشكل حلزوني ألفا α – helix، أو بشكل متورق بيتا β- Sheet، وذلك بواسطة تشكل روابط هيدوجينية أو فاندرفالس الضعيفة، بين ذرة هيدروجين مجموعة الآزوت NH وأكسجين مجموعة الكربونيل CO، مما يُعطي السلسلة البيبتيدية البنية الثانوية، وكمثال عن بروتينات بلوالب ألفا، هرمون الأنسولين.



البُنية الثالثية Tertiary structure:

تتكون من اجتماع البنى الثانوية للبروتين (لوالب ألفا وصفائح بيتا) بوساطة قوى فيزيائية غير تكافؤية لتعطي الشكل النهائي والوظيفي للبروتين، حيث تخضع البنى السابقة لمزيد من التَطَوِّي، وتلعب الروابط الهيدروجينية ضمن السلسلة، والروابط التساهمية من خلال الجسور -S-S- ثنائية الكبريت، والروابط الإيونية (بين الأحماض الأمينية القاعدية و الأحماض الأمينية الحمضية) و الروابط الهيدروفوبية دوراً هاما في تشكيل البنية الثلاثية للبروتين، وتعد البنية الثالثية بنية ثلاثية البعد، تلعب دوراً رئيسياً في وظيفة البروتين، ومثال عليها نذكر تشكيل الموقع النشيط للأنزيمات من خلال التقارب الثلاثي البعد لبعض الأحماض الأمينية (البعيدة في ترتيبها داخل البنية الأولية).

البُنية الرابعية Quaternary structure:

يُستخدم هذا المصطلح للدلالة على البنى المتشكلة من اتحاد بروتينين أو أكثر، (بنى ثالثية مع بعضها أو بنى ثالثية مع بنى أولية أو ثانوية)، حيث تتجمع تحت الوحدات لتعطي بروتين ذو بنية رابعية وظيفية، مثل الهيموغلوبين والذي يتكون من 4 وحدات صغيرة من نوعي ألفا و بيتا بنسبة 2 ألفا و2 بيتا.

إن البنية البروتينية غير ثابتة، تتغير لتأدية وظائفها المختلفة ولتحقيق هذا التغيير البنيوي يحدث تغير في ارتباطات البنية الثالثية والرابعية، لذلك ندعو هذه البنى تشكيلات كيميائية، وما يحدث لها من تغيرات بالتغيرات التشكيلية Conformational changes.

1.2. تمسُّخ البروتينات Proteins denaturation

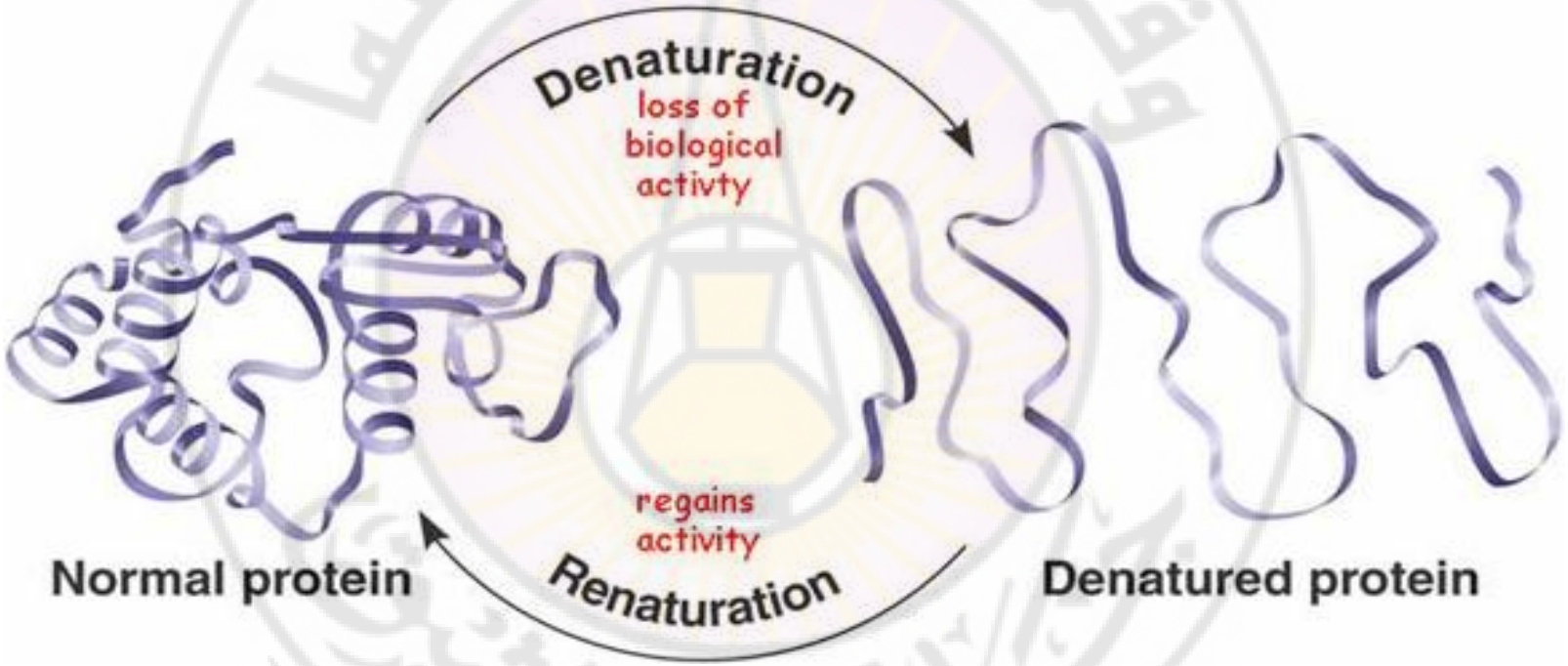
يشير هذا المصطلح إلى التغيرات الفيزيائية التي تطرأعلى البنية المعقدة، الرابعية والثالثية والثانوية، في تركيب البروتينات Unraveling the Foldعند تعرض البروتينات لظروف غير مواتية، كالحرارة والحموضة وتركيز الملوحة العالي والضغط والمجانسة الميكانيكية، حيث تسبب في تفكك الروابط الضعيفة الماسكة للبنى المعقدة، ويصبح البروتين عبارة عن سلسلة عديمة التَطَوِّي من الأحماض الآمينية، وبالتالي تفقد هذه البروتينات وظيفتها، ويمكن لهذه السلاسل أن تتجمع وتترسب وتشكل شبكات بروتينية، ولذلك أثر سلبي في الصناعات الغذائية، حيث أن ذلك يُفقد البروتينات خصائصها التصنيعية كعدم القدرةعلى استخدام البيض المسلوق في الصناعات الغذائية، ولكن هذا أمر جيد من حيث تسهيل هضم البروتينات داخل الجسم.

الحرارة: تُفكك الروابط الهيدروجينية والتداخلات غير القطبية الكارهة للماء، في البنى البروتينية، لأن الحرارة تزيد من الطاقة الحركية وتتسبب في اهتزاز الجزيئات بسرعة وعنف بحيث تتفكك الروابط، ويحدث ذلك أثناء طهي الغذاء، حيث أن ذلك يجعل هضمها أسهل على أنزيمات الهضم.

الكحول: يفككك الروابط الهيدروجينية المتشكلة بين مجموعات الآميد في البنية الثانوية، وبين السلاسل الجانبية في البنية الثالثية.

الحموض والأسس: تسبب تفكك الروابط الشاردية.

التمسّخ



إعادة التشكل

البناء الكيميائي في البروتينات

يختلف البناء الكيميائي للبروتينات تبعاً لعدة عوامل:

- ✓ عدد ونوع الأحماض الآمينية المكونه للسلاسل الببتيدية.
- ✓ تتابع الأحماض الآمينية وارتباطها ببعضها على طول السلسلة. التوزيع الفضائي للذرات أو المجموعات الذرية وأصول الأحماض الآمينية للسلسلة وما يترتب عليه من التفاف السلسلة أو انفرادها
- ✓ الشكل والتكوين العام لجزئ البروتين واختلافه تبعا للنوع والوظيفة.
- ✓ عدد السالسل الببتيدية فى الجزيء والتصاقها معاً مما ينتج عنه تجمعات عالية الوزن الجزيئ.
- ✓ وجود مجموعات اضافية غير بروتينية مرتبطة بالجزيء البروتيني لتكوين العديد من أنواع البروتينات المرتبطة.

ثالثاً: وظائف البروتينات

Proteins functions

1.3. وظائف البروتينات في الجسم

1- البروتينات مكون أساسي لبروتوبلازم الخلايا الحية.

2- تدخل في تكوين عديد من المركبات الكيميائية الحيوية، المسؤولة عن العمليات الحيوية الهامة:

الأنزيمات: تركيبات بروتينية تقوم بعديد من العمليات الحيوية الهامة في الجسم مثل: الهضم الغذائي وإنتاج الطاقة وتخثر الدم وحركة العضلات والتوسط لتسهيل التفاعلات الكيمياحيوية، مثل أنزيم البيبسين المحلل للبروتينات في المعدة، أنزيمات قطع ونسخ المادة الوراثية أنزيمات دورة كريبس لإنتاج الطاقة.

الأجسام المضادة: بروتينات وظيفية يُنتجها الجهاز المناعي، لمحاربة العدوى الجرثومية.

البروتينات المرتبطة في المادة الوراثية: تدخل الهيستونات في تركيب الكروموزومات، ولها دور في التعبير الجيني.

البروتينات تقلصية Contractile: تدخل في تكوين ألياف العضلات الأكتين والميوزين.

بروتينات بنيوية: تدخل في تركيب أنسجة الجسم، مثل الايلاستين والكولاجين الداخلة في تركيب النسج الضامة.

الهرمونات: تدخل البروتينات في تركيب الهرمونات، مثل هرمون الانسولين المنظم لسكر الدم.

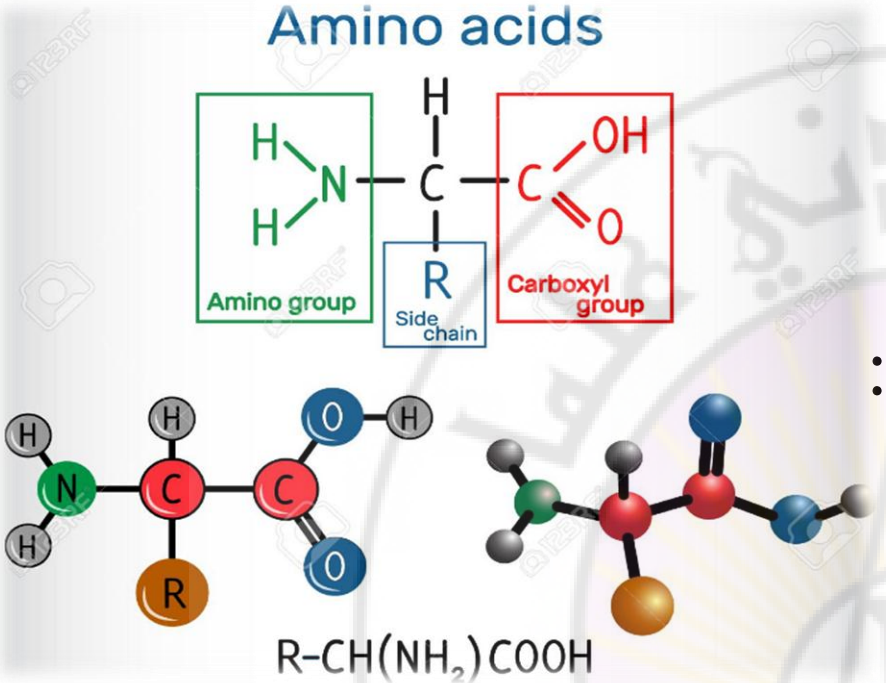
3- تشكل البروتينات مصدراً من مصادر الطاقة الأساسية للكائن الحي (1غ من البروتينات يعطي 4 كيلو كالوري).

4- تمثل مواد غذائية ضرورية لنمو وصحة جسم الانسان، حيث توجد في المنتجات الغذائية ذات المصدر الحيواني كالبيض واللحوم والألبان وذات المصدر النباتي كحبوب البقوليات.

5- تدخل في تكوين الأغشية الخلوية، والمستقبلات على أسطح الخلايا، والقنوات الناقلة، ومضخة الصوديوم والبوتاسيوم.

6- بروتينات ناقلة: مثل الهيموغلوبين الناقل للأكسجين في كريات الدم الحمراء.

7- بروتينات دارئة تنظم توازن الحمض – أساس، وتوازن pH سوائل الجسم، وبروتينات منظمة لتوازن السوائل في الجسم، والذي باختلاله تحدث الوذمة.



رابعاً: الأحماض الآمينية:

الأحماض الأمينية مركبات عضوية تملك الصيغة العامة R-CH (NH_2)- COOH، تحتوي على مجموعتين وظيفيتين فعالتين، هما مجموعة الآمين القاعدية NH_2، ومجموعة الكربوكسيل COOH الحمضية، ويمثل الجذر R تراكيب عديدة ومتباينة تُعد السبب في وجود أحماض آمينية متعددة، فقد يكون الـ R ذرة هيدروجين فقط أو سلسلة كربونية مستقيمة أو متشعبة، مختلفة الطول أو تركيباً حلقياً كما أن بعضها يمكن أن يحوي عنصر الكبريت وإن جميع الأحماض الأمينية (ما عدا الغلايسين) تتكون من ذرة كربون (ألفا) غير متناظرة (كيرالية) مرتبطة بأربع مجموعات مختلفة مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل وذرة الهيدروجين والسلسلة الطرفية (R group)، أما في الغلايسين ذرة الألفا كربون متناظرة لأن الـ R group عبارة عن ذرة هيدروجين، ولكل حمض أميني مجموعة R تميزه عن الأحماض الأخرى، وهذه المجموعة تكون منفصلة عن مجموعة الأمين إلا في حالة الحمض الأميني برولين والمشتق منه هيدروكسي برولين فإن الجذر R، ومجموعة الأمين تكونان جزء من حلقة واحدة مشتركة.

تصنيف الأحماض الأمينية

تصنيف إلى أحماض أمينية أساسية وغير أساسية

الأحماض الآمينية الأساسية (التي من الضروري وجودها في الغذاء لان الجسم لايصنعها) وعددها تسعة وهي كالآتي :

فينيل آلانين Phenylalanine : يساعد في تكوين بعض المركبات التي تعمل على نقل الإشارات العصبية، والدخول في تركيب بعض الأحماض الأمينية الأخرى كما يدخل في تكوين بعض الإنزيمات.

تريبتوفان Tryptophan: يساعد في التخفيف من التوتر، كما يعمل على تحسين فاعلية وأداء الجهاز المناعي كما يحافظ على مستوى نسبة النيتروجين في الجسم.

فالين Valine: يعد من أهم الأحماض الأمينية حيث يلعب دور هاماً في تحسين أداء وعمل الجملة العصبية.

ايزولوسين Isoleucine: يعمل على منح الجسم الطاقة والنشاط لأداء وظائفه الحيوية، كما يعمل على توفير بعض العناصر الهامة اللازمة لبعض العمليات الضرورية كإرسال إشارة للمخ لتنبيه.

ميثيونين Methionine: يحتوى على نسبة عالية من الكبريت الذي يساعد في خفض نسبة الكوليسترول في الدم وتقليل نسبة الدهون في الكبد، كما يعمل على إكساب الأظافر والشعر القوى والصحة.

لوسين Leucine يقوم بنفس مهمة الحمض الأميني ايزولوسين، حيث يقوم بمد الجسم بالطاقة والحيوية، كما ينظم مستوى السكر في الدم .

اللايسين Lysine: يعمل على إكساب البشرة الحيوية والنضارة حيث يحفز إنتاج الكولاجين في الجسم، كما يلعب دور هام في إنتاج الأجسام المضادة، ويحسن أداء الجسم في امتصاص الكالسيوم .

الثريونين Threonin: يلعب دور مهماً في تحفيز الجسم لإنتاج الكولاجين.

الهيستيدين Histidin: يعمل على إنتاج الهستامين في الجسم.

الأحماض الأمينية غير الأساسية Non essential amino acids:

هي تلك الأحماض التي يقوم الجسم بتخليقها من تلقاء نفسه ولا يحتاج لتناولها أو الحصول عليها من المواد الغذائية، ويحتاج الجسم في بعض الأحيان تناول بعض المكملات من الأحماض الأمينية كي يصل الجسم لنسبته المثالية من الأحماض الأمينية وهي كالآتي :

الألانين Alanine، الأسبارجين Asparagine، حمض الأسبارتيك Aspartic acid، حمض الغلوتاميك Glutamic acid

الأحماض الأمينية الأساسية بشرط Conditional amino acids:

هي تلك الأحماض التي يقوم بإنتاجها وتخليقها داخل الجسم لكن بكميات قليلة في فترات مشروطة كالمرض أو الإجهاد وتتمثل بالأحماض الأمينية التالية :

الأرجنين : Arginine السيستين : Cysteine الغلوتامين : Glutamine

التايروسين : Tyrosine الغلايسين: Glycine الأورنيثين: Ornithine

البرولين : Proline السيرين: Serine