



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 .

المغذيات

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.

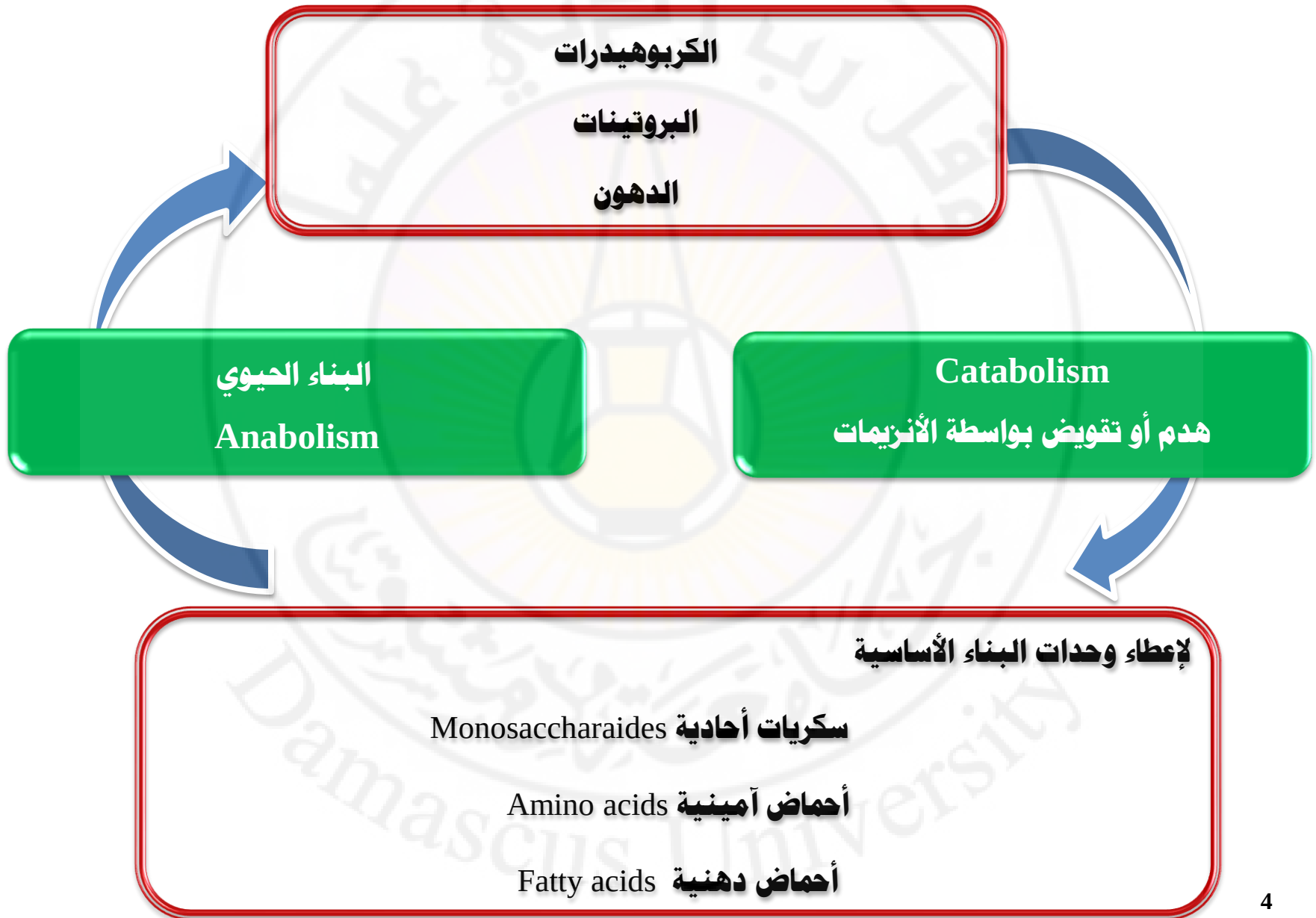
ملاحظة:

✓ العناصر الغذائية الأساسية: هي العناصر التي لا يمكن 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 آتية 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

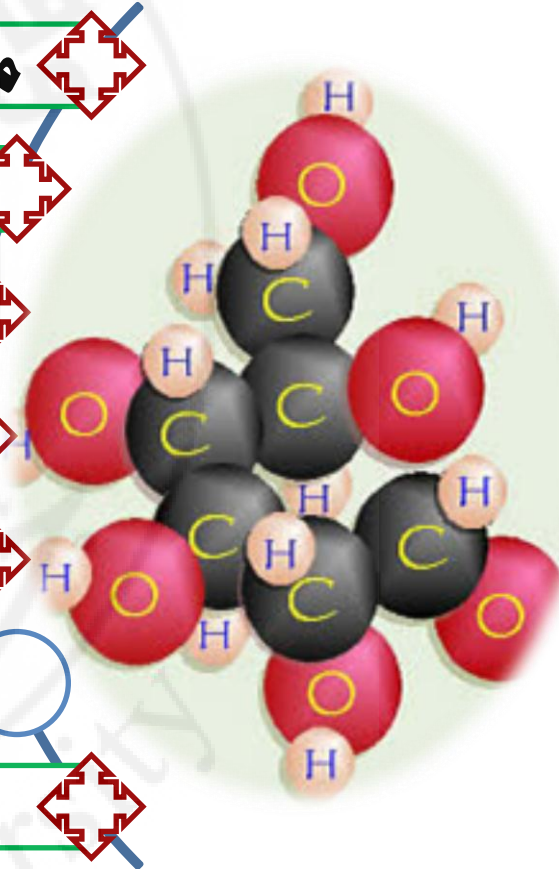
2. وظائف الكربوهيدرات Carbohydrates Functions

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:

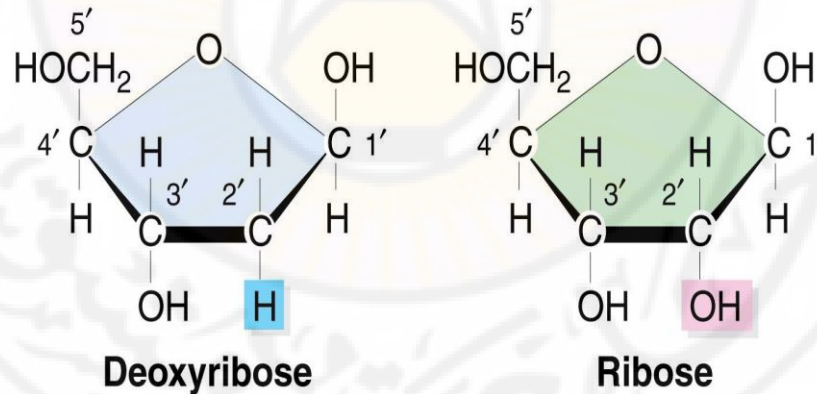
ذات مصدر نباتي: يتم تصنيعها خلال عملية التركيب الضوئي، باتحاد ثنائي أوكسيد الكربون مع الماء وبوجود طاقة الشمس، وتشكل 80 - 90 % من وزن النسيج النباتية الجافة.

ذات مصدر حيواني، كاللاكتوز والجليكوجين، في الحليب الكبد والعضلات. يطلق على الكربوهيدرات أيضاً اسم مركبات الكربون المائية، حيث أن النسبة بين الهيدروجين للأكسجين 1:2 كنسبتهما في الماء.



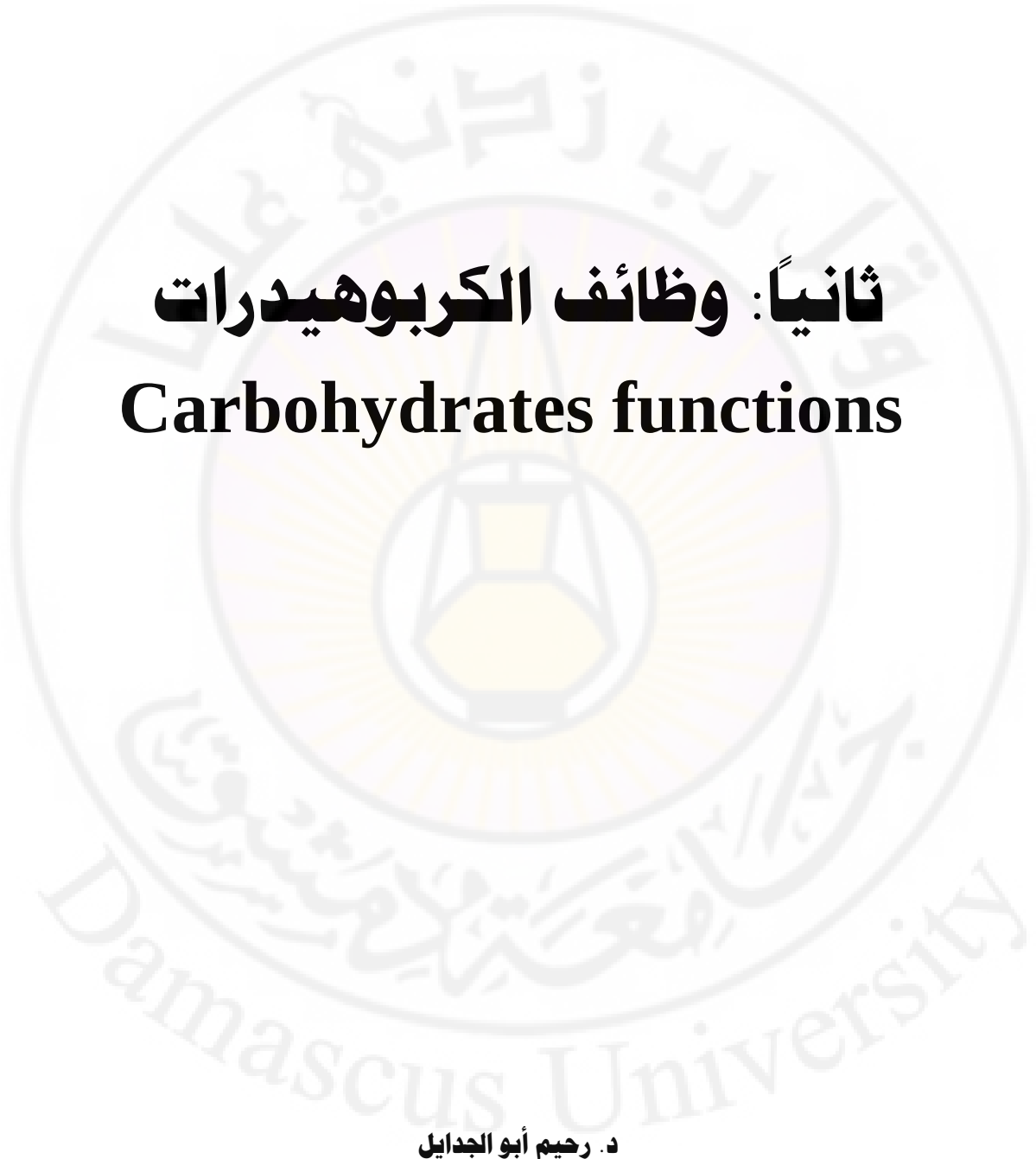
الصيغة العامة للكربوهيدرات : $C_n(H_2O)_m$

إن الصيغة العامة للسكريات هي $C_nH_{2n}O_n$ ، 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.



وتعرف السكريات أنها مشتقات ألدهيدية أو كيتونية للأغوال ROH عديدة الهيدروكسيل أو هي ألدهيدات أو كيتونات الكحولات عديدة الهيدروكسيل ومشتقاتها. تتضمن مشتقات السكريات كلاً من نواتج الأكسدة (حموض سكرية) والإرجاع (كحولات سكرية) والبلمرة (قليات السكريد وعديدات السكريد) والاستبدال (الساكر الأمينية) والأسطرة (الساكر المفسفرة).

اشتقاق السكريات: يمكن للإنسان عند الحاجة الحصول على الطاقة إما من مصادر سكرية كاصطناع الجلوكوز من استقلاب الغليكوجين أو من مصادر غير سكرية كالحموض الأمينية Amino acids والجليسرول Glycerol ولكن يبقى اشتقاق السكريات في نهاية المطاف من النبات.

The logo of Damascus University is a large, faint watermark in the background. It is a circular emblem with a central yellow sunburst or star-like symbol. The text "جامعة دمشق" (Damascus University) is written in Arabic script around the top inner edge, and "Damascus University" is written in English around the bottom inner edge.

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 توفر البروتينات 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 تركيب DNA 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 تغذية 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

سكريات

متجانسة

سكريات

متغايرة

4. تجانس أو تغاير السكر

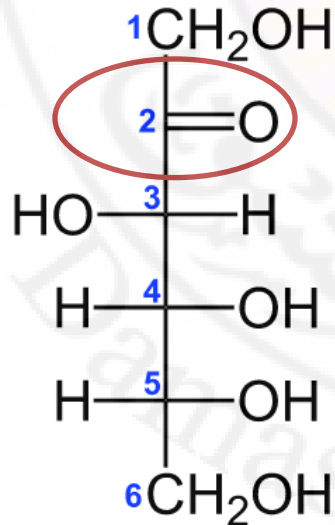
1. وفقاً لعدد ذرات الكربون:

- 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 : الأرابينوز Arabenose-
الريبوز Ribose – والريبوز منقوص الأوكسجين Deoxyribose، حيث أن الريبوز
والريبوز منقوص الأوكسجين يدخلان في تركيب الأحماض الأمينية والنكليوتيدات.
- 4- السكريات السداسية (Hexoses) $C_6H_{12}O_6$ مثل : الغلوكوز Glucose-
الجالاكتوز Galactose والمانوز Mannose (Aldose)، الفركتوز (ketose)
Fructos
- 5- السكريات ذات سبع ذرات كربون Heptoses السيدوهبتولوز.

2. وفقاً لنوع المجموعة الوظيفية:

سكريات كيتونية:

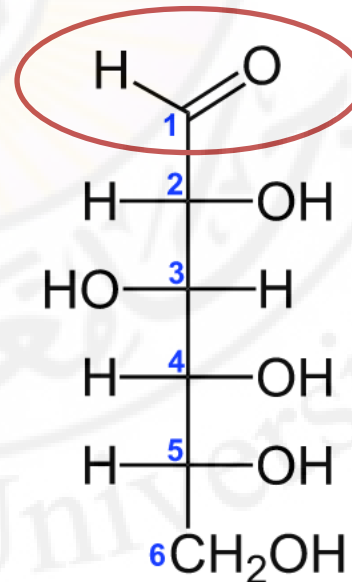
- تحتوي مجموعة كيتونية CO، ومن هذه السكريات الديهيدروكسي أسيتون وسكر الفركتوز (سكر الفواكه).



الفركتوز (سكر الفواكه)

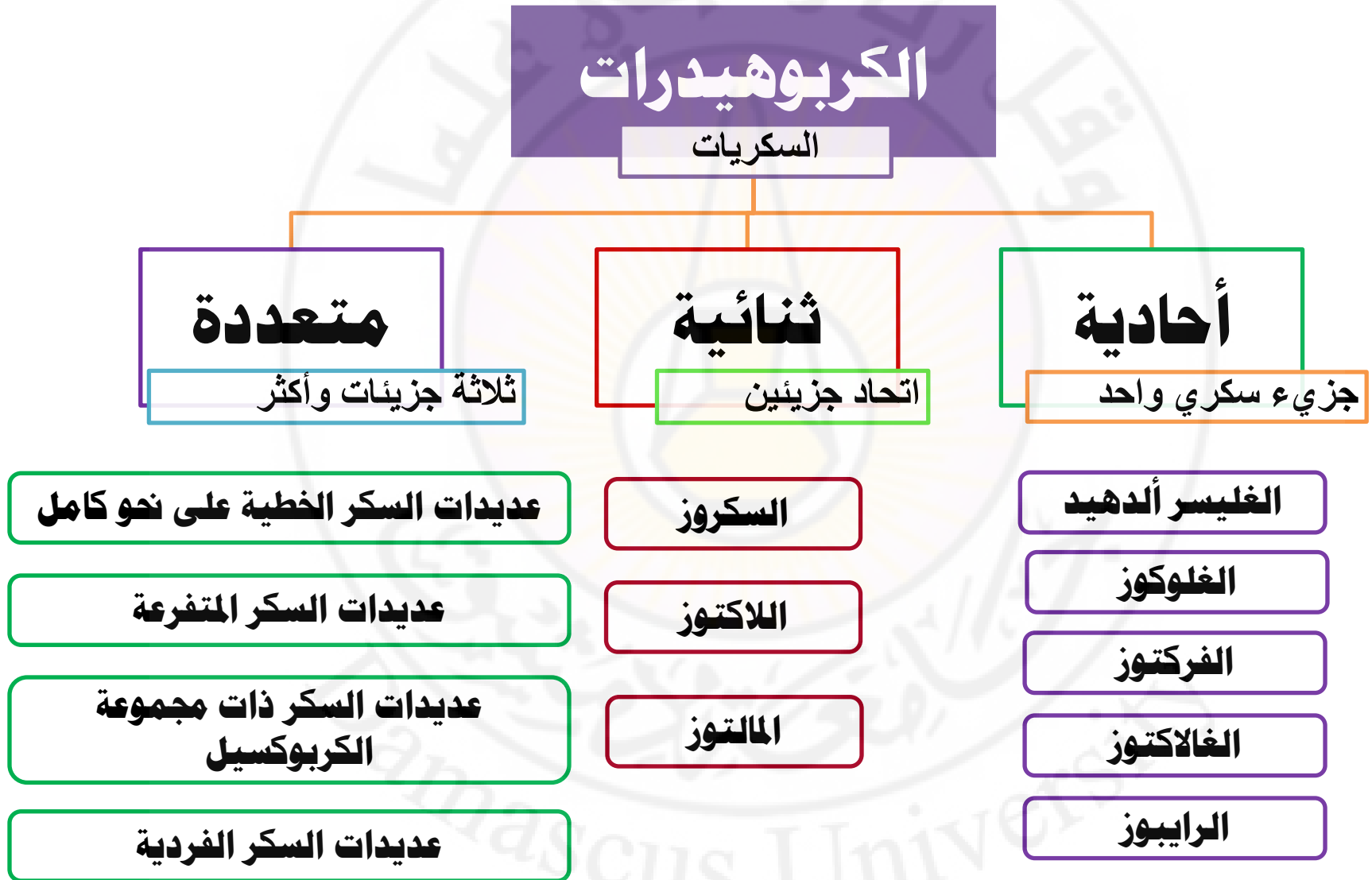
سكريات الدهيدية:

- تحتوي مجموعة الأدهيد CHO ومثالها الغليسرالدهيد، والغلوكوز (سكر العنب) والجالاكتوز والريبوز.



الغلوكوز (سكر العنب)

3. وفق عدد السكريات المتحددة معاً:



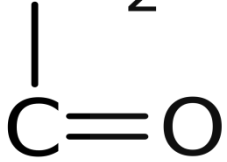
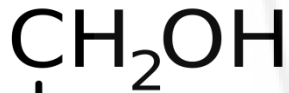
السكريات الأحادية (البسيطة) : Monosaccharaides

تتكون من جزيء واحد من السكر وهو غير قابل للحلمهة ، أي لا تعطي بالحلمهة سكريات أبسط منها ، ولذلك تسمى أيضاً بالساكر البسيطة. فإذا أجرينا عملية حلمهة Hydrolysis لسكر الغلوكوز فسيعطي غلوكوز فقط، ولا يعطي سكر آخر أبسط منه.

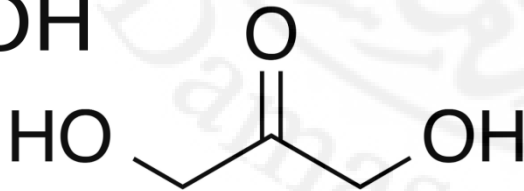
1- الغليسر ألدهيد $C_3H_6O_3$:

إن أكثر السكريات الثلاثية أهمية هو الغليسر ألدهيد 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

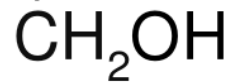
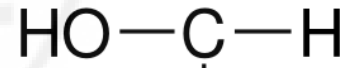
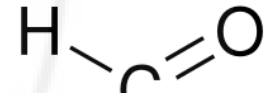


Skeletal Formula

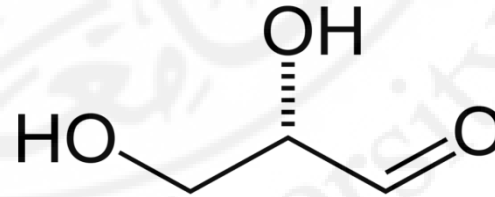


Dihydroxyacetone

Fischer Formula

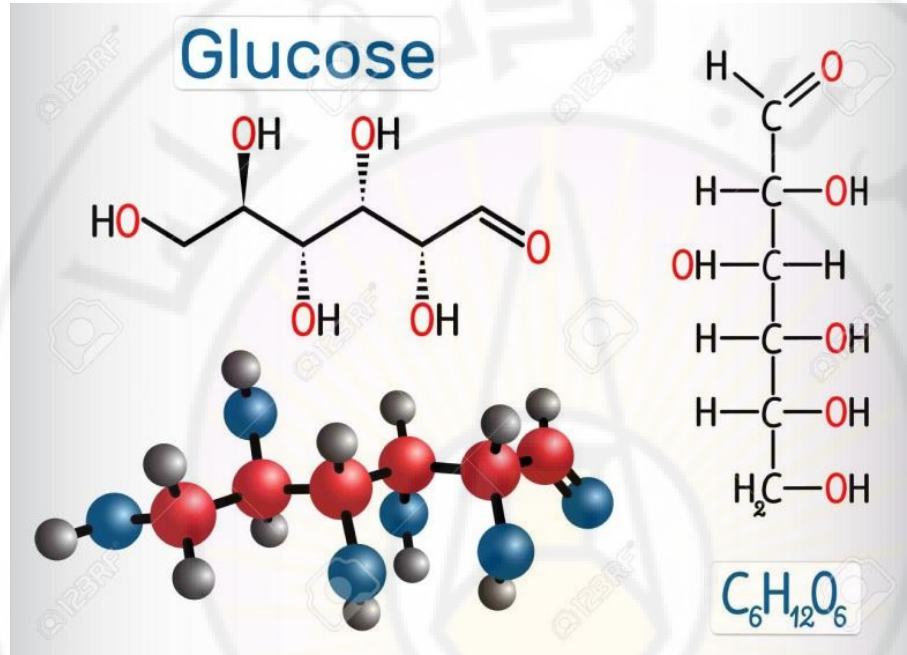


Skeletal Formula

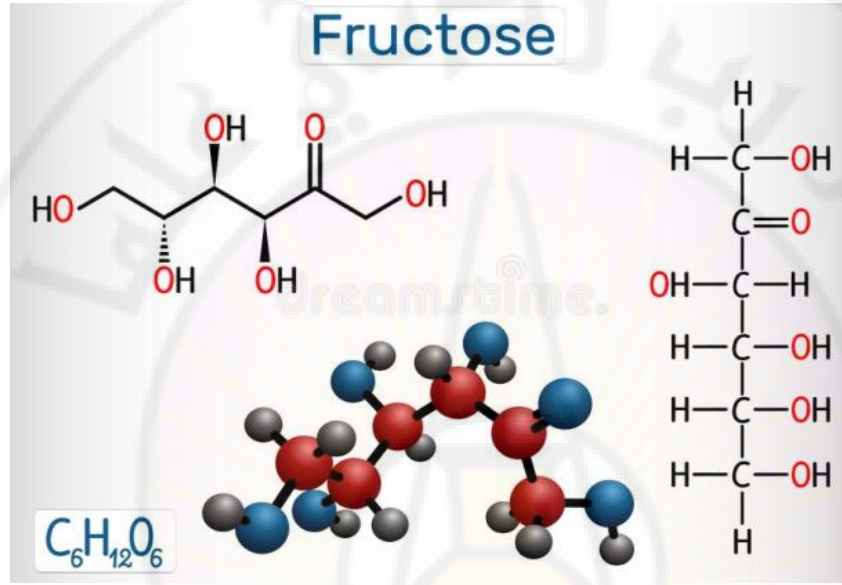


Glyceraldehyde

2-الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$:



السكر الأحادي الأكثر وفرة 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 المُيسَّر 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 والمرببات 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:

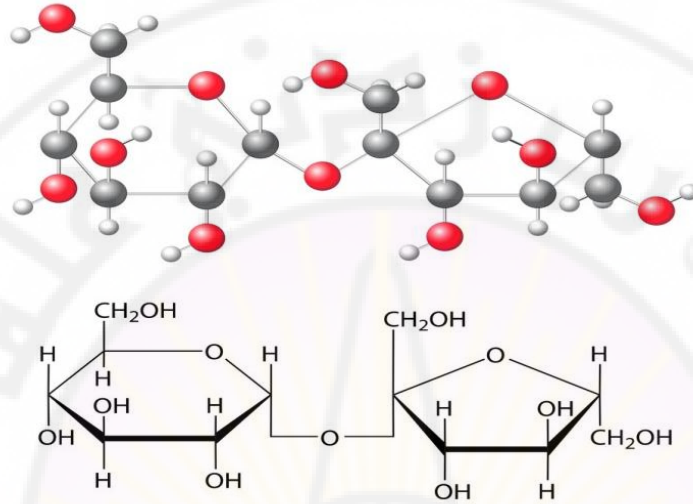
محلول مائي مركز من السكريات المنقلبة، فيتكون من السكريات والماء بالاضافة إلى مكونات أخرى هامة كالفيتامينات والأملاح المعدنية وبعض المواد البروتينيه والخمائر والأنزيمات، ويختلف تركيب العسل تبعاً للعديد من العوامل ولعل أهمها نوع العسل والمرعى والمنطقة الجغرافية، ويمكن بالمتوسط تبيان نسب هذه المكونات :

الماء 18 % (أقل من 20%) - سكر الفركتوز (سكر الفواكه) 40% - سكر الجلوكوز 34 %
السكروز (سكر قصب) 1 % - دكسترين وسكر شعير 0.4 % - مواد بروتينية 0.3 %
(الحمض الأميني 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 على حرارة عالية، ويعد إنزيم الجلوكوز أوكسيديز أحد هذه الإنزيمات الذي يحول الجلوكوز إلى حمض الجلوكونيك (الحمض الرئيسي في العسل) وفوق أكسيد الهيدروجين، H_2O_2 المثبطة للميكروبات.

ملاحظة:

في العسل الطبيعي تكون نسبة الجلوكوز 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 و 50% فركتوز)، حيث تتشكل رابطة غليكوزيدية بين ذرة الكربون C_1 في الغلوكوز وذرة الكربون C_2 في الفركتوز، والسكروز سكر غير مرجع، يتحلله 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.

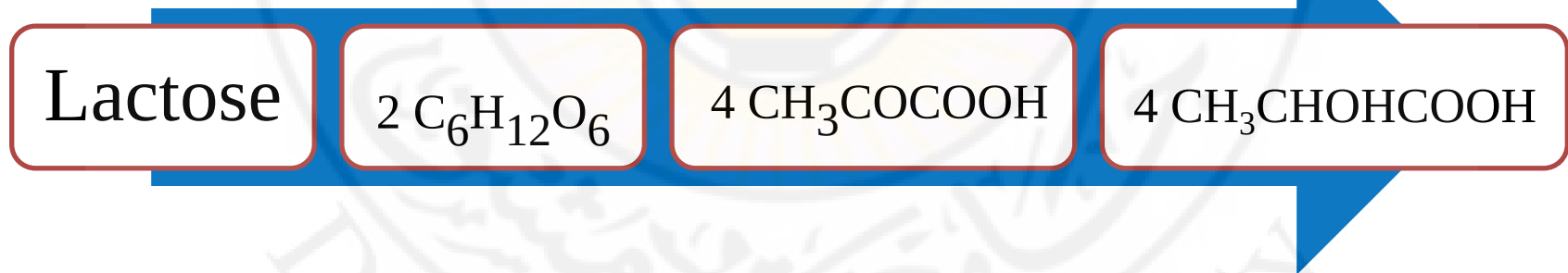
5. اللاكتوز Lactose :

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

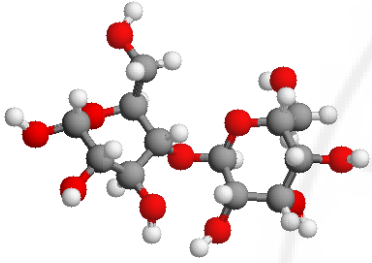
يؤدي سوء الامتصاص نتيجة عوز أنزيم اللاكتاز Lactase، إلى إسهال مائي وانتفاخ في البطن وألم في الكولون، والسبب في ذلك بقاء اللاكتوز في المعى وعدم انتقاله إلى الدم وبالتالي تقوم البكتيريا المتواجدة في القولون والتي تستطيع استقلاب اللاكتوز، بهضمه، ونتيجة لعملية التخمر تنتج كميات كبيرة من الغاز (خليط من الهيدروجين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

وفي مجال الأغذية الوظيفية فإنه تُصنع عديد من المُكمّلات 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 العصيات اللبنية *Lactobacillus*، حيث يتحلّمه إلى غلوكوز وغلالاتوز، وكل سكر منهما يعطي جزيئين من حمض البيروفيك CH_3COCOOH وكل جزيئة من حمض البيروفيك تعطي جزيئة من حمض اللبن $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ ، بالتالي فإن كل جزيئة من اللاكتوز تعطي 4 جزيئات من حمض اللبن وطاقة.



6-المالتوز Maltose:

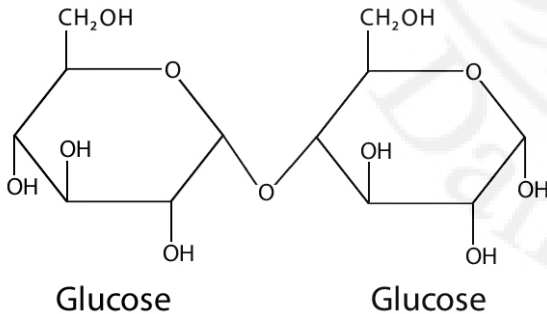


أو سكر الشعير، سكر ثنائي ينتج من اتحاد، تكاثف جزئي غلوكوبيرانوز يميني مع غلوكوز يميني بواسطة رابطة غلوكوزيدية ألفا ١-٤، للمالتوز طعم حلو، وحلاوته نصف حلاوة الغلوكوز وخمس حلاوة الفركتوز، يُحصل عليه بحلمهة النشاء بواسطة أنزيم الأميلاز، وتتم حلمهته بواسطة أنزيم المالتاز. تقوم عديد من الصناعات الغذائية على المالتوز:

1- صناعة إنتاج السيروب عالي المالتوز والمستخدم كمحلي طبيعي:

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

Maltose



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 الأمينية 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 :

بنوية، هيكلية:

- السللوز والهيمي سللوز والبكتين في النبات، والكتين في الحيوان.

إدخارية:

- النشاء في النباتات والجليكوجين في الحيوان.

رابطة للماء:

- الأغار والبكتين والألجينات في النبات.

النشاء (C₆H₁₀O₅)_n

أحد المواد الرئيسية في النظام الغذائي، والمصدر الرئيسي للطاقة، وهو سكر معقد ويتواجد في أجزاء كثيرة من النباتات (البطاطا - الرز - الذرة)، وهو بوليمر 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 بالرابطات ألفا 4:1 ويتراوح عدد وحداتها بين 250-1000 وحدة وقد يصل إلى 3800 وحدة.

يتحلل الأميلوز بواسطة 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 بالرابطات 6:1 وداخل السلسلة نفسها بالرابطات 4:1 ويصل الوزن الجزيئي للأميلوبكتين إلى نحو 450000 وحدة غلوكوز، لا يتحلل كاملاً بواسطة 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 الإيثيلي.

ملاحظة:

إن حلمة النشاء إلى سكريات أحادية يعطي الغلوكوز، والحلمة إلى سكريات ثنائية يعطي المالتوز، والحلمة إلى سكريات تتألف من 6 أو 7 وحدات يعطي الديكستريانات.

تهلم النشاء (الجلتنة) Gelatinization :

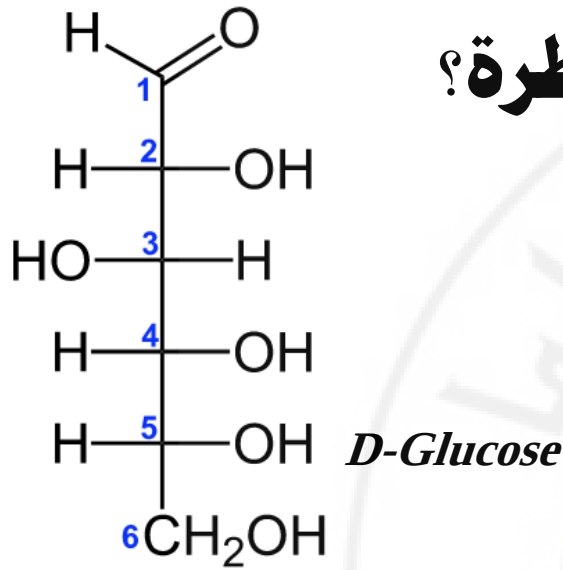
تغير فيزيائي يحدث عندما يُسخن النشاء بالماء، حيث تتفكك الروابط الهيدروجينية بين الأميلوز والأميلوبكتين عند دخول الماء إلى الحبيبة بسبب ذوبانية الأميلوز فيهاجر خارج الحبيبة، بينما يشكل الأميلوبكتين روابط هيدروجينية مع الماء فيسبب إنتفاخ الحبيبة، وهذا يؤدي إلى نقص كمية الماء الحر المتاح وتزداد ثخانة المزيج،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

التماكب أو التضاوغ

تمتلك السكريات مركز عدم تناظر (أي تمتلك ذرة كربون تحمل أربع مجموعات مختلفة لذلك معظمها يمتلك مأكباً آخر)، وإذا 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؟

✓ في الألدوزات عدد الذرات المتناظرة اثنان وهما الأولى والأخيرة.



الغلوكوز (سكر ألدهيدي)

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 و C5 غير متناظرة.

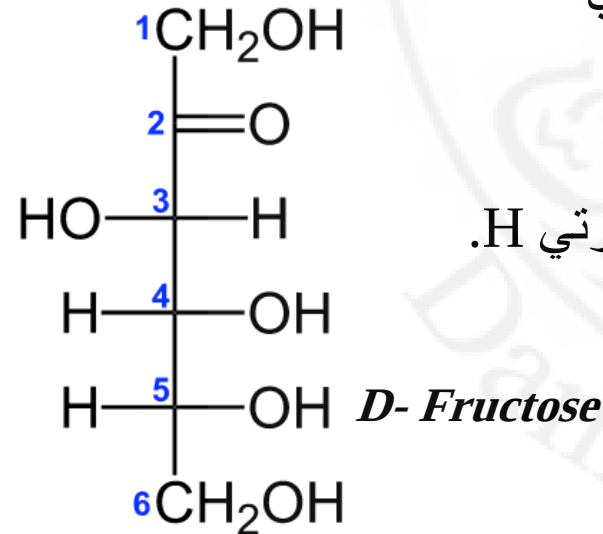
C6 : متناظرة بسبب وجود هيدروكسي الميثيل CH₂OH الذي يحوي ذرتي H.

✓ في الكيتوزات عدد الذرات المتناظرة ثلاثة :

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

C2: بسبب وجود الرابطة المضاعفة لـ O.

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



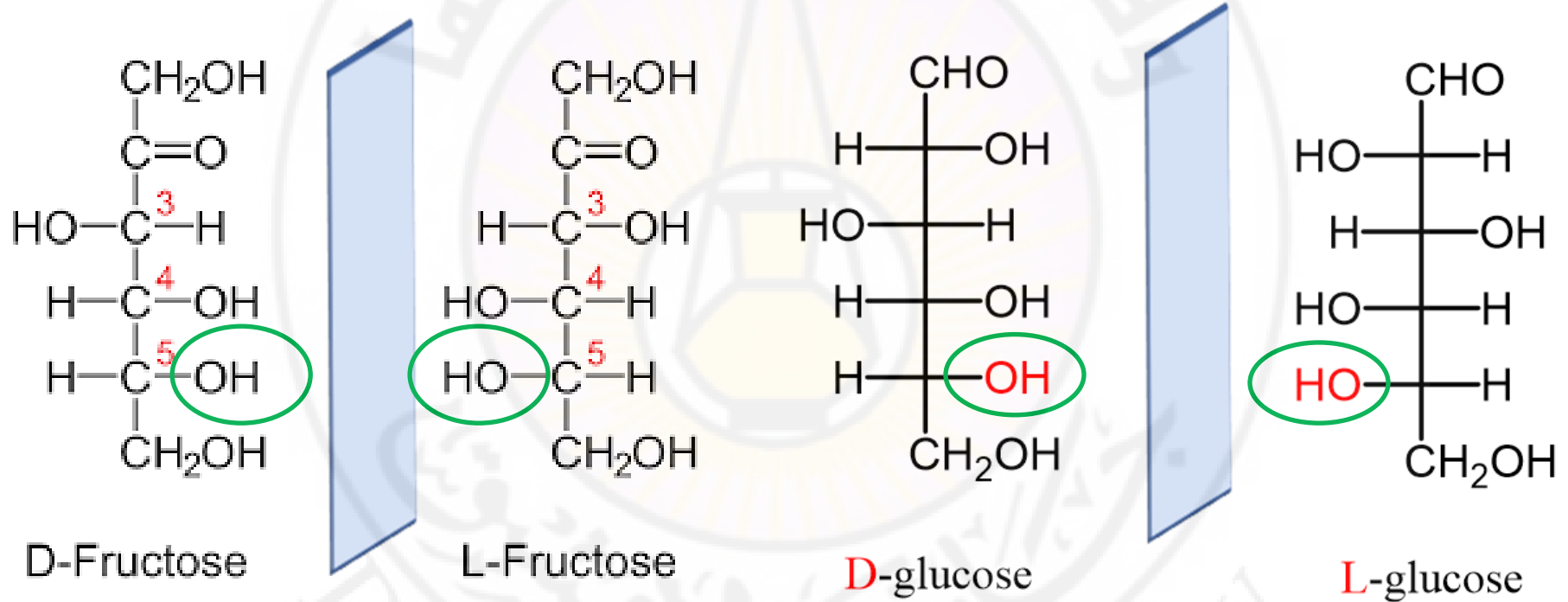
الفركتوز (سكر كيتوني)

- ✓ 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 $= 2^4 = 16$.
- وعدد مماكبات سكر الفركتوز (الكيٹوزي) الذي يحتوي 3 ذرات كربون غير متناظرة $= 2^3 = 8$.

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.

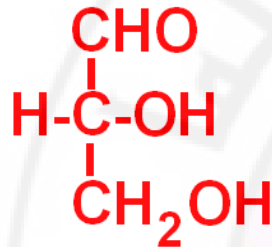


ملاحظة:

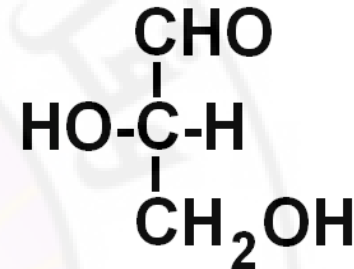
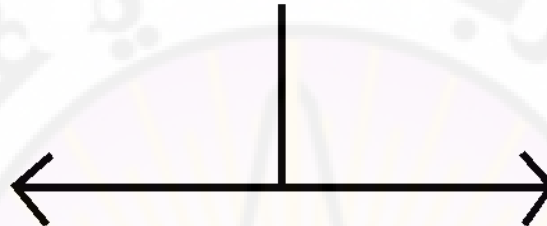
عند تغيير الشكل من D إلى L نعكس كذلك اتجاه الزمر الأخرى (وكأن أحد الشكليين خيال الآخر على المرآة).



glyceraldehyde



D-glyceraldehyde



L-glyceraldehyde

الجليسرالدهيد Glyceraldehyde: من السكريات الثلاثية (Trioses) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (سكر ألدوزي) يحتوي على ذرة كربون غير متناظرة واحدة فقط وبالتالي عدد مماكباته $2^1 = 2$ 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.

3- التماكب الضوئي:

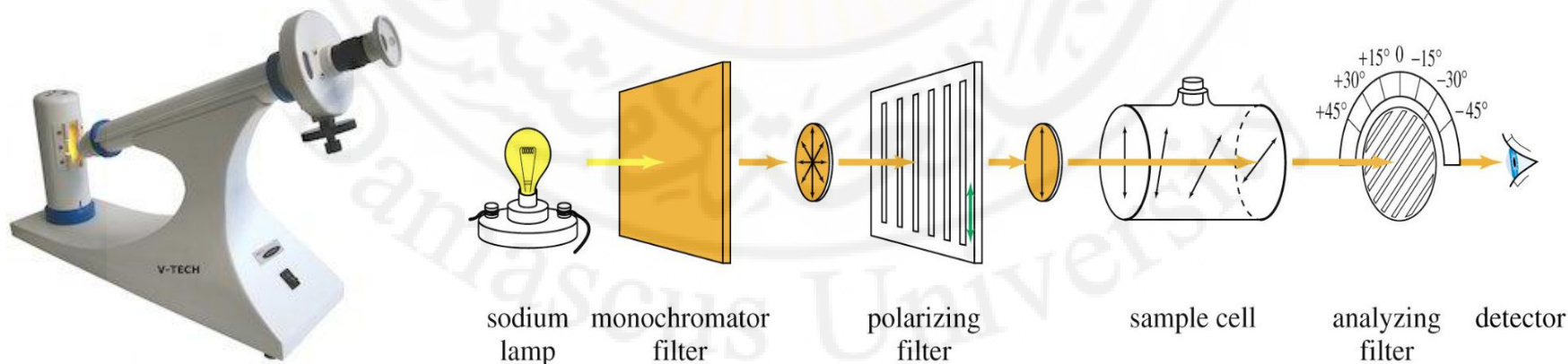
تتميز عديد من المركبات التي تملك ذرات غير متناظرة، مثل ذرة الكربون المرتبطة بأربع مجموعات مختلفة في السكريات، بقدرتها على استقطاب وتدوير الشعاع الضوئي المار في محاليلها، وتختلف فيما بينها في جهة ومقدار التدوير.

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 D يمكن أن يكون (+) أو (-)، وكذلك النمط L يمكن أن يكون إما (+) أو (-).

المزيج الراسمي Racemic Mixture:

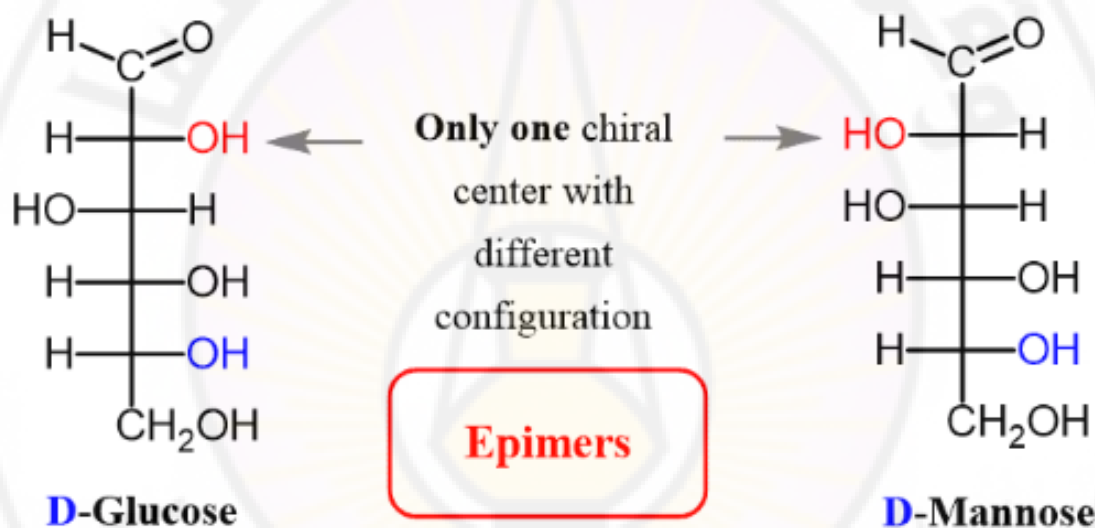
هو مزيج سكري يحوي كميات متساوية من المماكبين D و L حيث يحرف الضوء باتجاه اليمين بمقدار يساوي لحرفه باتجاه اليسار فتكون المحصلة صفراً ويبقى الضوء ضمن المحلول دون أي انحراف يذكر.

"توضع بجانب اسم المزيج إشارة $\pm$ للدلالة على أن محصلة التدوير تساوي الصفر.



4- التماكب الإبيميري:

هي مماكبات تختلف في التوضع الفراغي لزمرة OH في الذرة 2 أو 3 أو 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 إبيميري 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 بلورية.
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 دل Mutarotation .
7. تنحل في الماء ولا تنحل في المحلات العضوية.

الخصائص الكيميائية للسكريات الأحادية:

القدرة الاختزالية للسكريات (الارجاع):

- تُعطي المجموعات الوظيفية (الألدهيد في الألدوزات والكيثون 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 +2 على شكل أكسيد النحاسي Cu_2O رقم أكسدته +1)، وفي محلول تولن، نترات الفضة النشادرية، الذي يعمل على أكسدة جزيئات السكر التي بدورها تختزل أو ترجع أيونات الفضة الى ذرات فضة فيتكون نتيجة لذلك مرآة فضية لامعة.

إن وجود السكريات المختزلة يؤدي إلى حدوث تفاعل ميلارد، حيث تتفاعل مجموعة الكربونيل في السكر المختزل مع الأمين 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 المرجعة:

بعضها مرجع وبعضها غير مرجع وذلك يعتمد على كيفية تشكلها، فإذا كان السكر الثنائي ناتج عن تشكل رابطة غليكوزيدية على حساب الهيدروكسيلين الغليكوزيديين في كل من السكرين (كالكروز) فيكون السكر الثنائي غير مرجع لأنه لا يحتوي أي هيدروكسيل غليكوزيدي ولا يمكنها التحول إلى الشكل مفتوح السلسلة مع مجموعة الألدهيد، 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 إمكانية التحول إلى الشكل مفتوح السلسلة مع مجموعة الألدهيد.

✓ الهيدروكسيل الغلوكوزيدي:

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

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

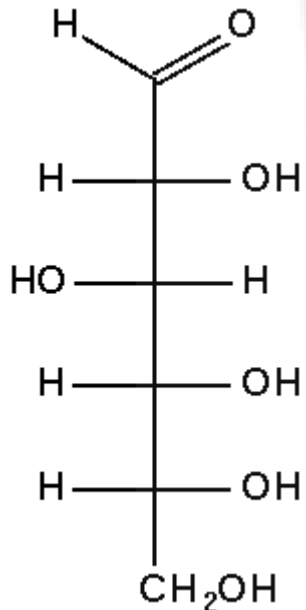
✓ تستخدم كواشف فهلنغ Fehling وبنديكيت Benedict وتولانز وبارفويد Baarfoed للكشف عن السكريات الأحادية والثنائية، حيث تقوم هذه السكريات المحتوية على هيدروكسيل غليكوزيدي بارجاع هذه الكواشف.

صيغة فيشر

وهو الطريقة المختصرة في تمثيل الصيغة الخطية للسكريات :

- ١- نرسم خط عمودي ونضع عليه جميع الذرات المتناظرة فقط.
- وهي ٢ للألدوزات (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 H أو عدم وضعها .

مثال: إسقاط فيشر على الجلوكوز :



- 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, C5 وتمثلها نقاط تقاطع الخطوط الأفقية مع العمودية.
- ٤- نراعي الذرات المفروقة: وهو سكر مفروق عند C3 أي تكون زمرة الهيدروكسيل على اليسار عند C3.
- ٥- نضع زمر الهيدروكسيل فقط (ونحن مخيرون في وضع ذرات الـ H أو 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 Haworth سنأتي على تفصيلها .

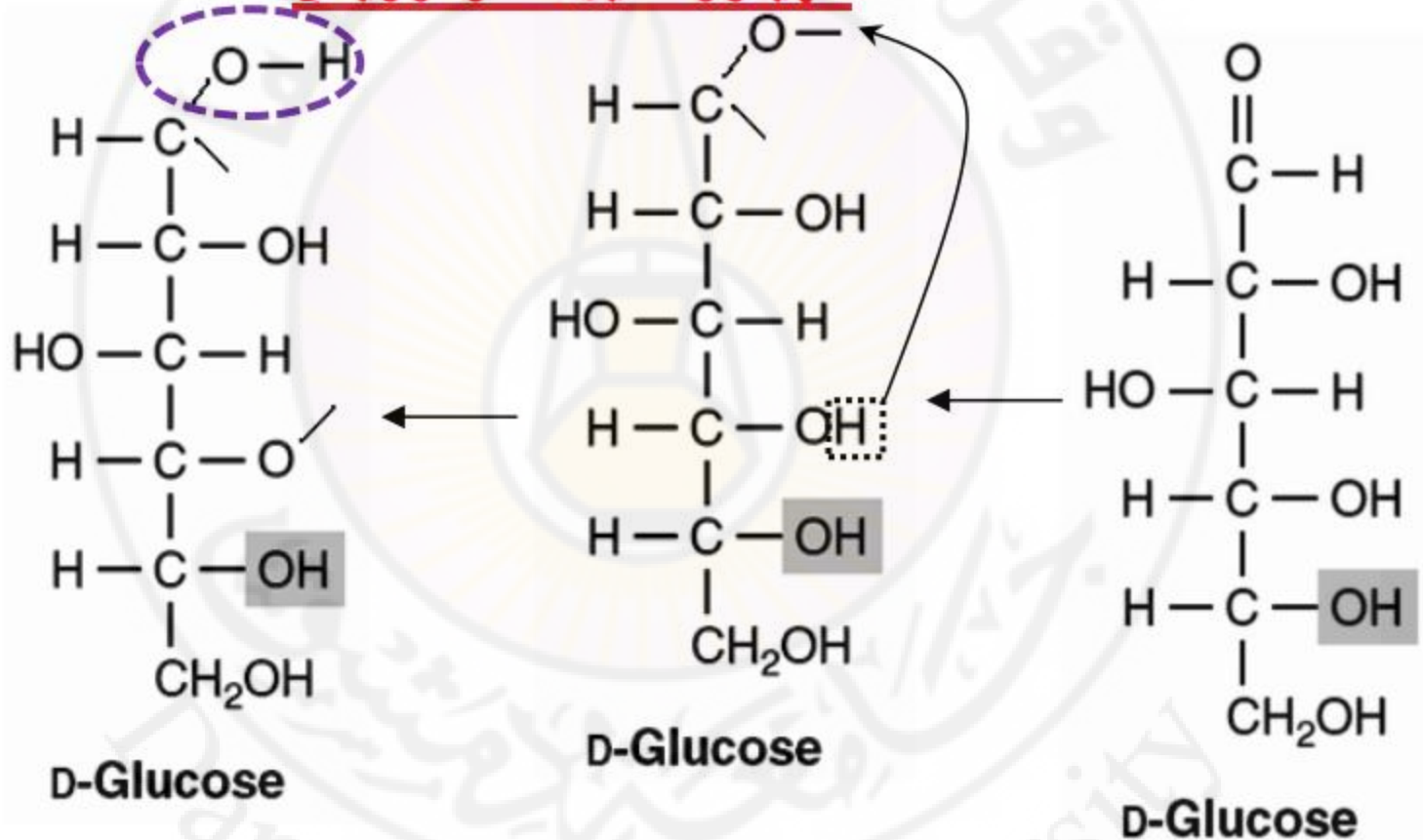
طريقة تحويل السكاكر من الشكل الخطي إلى الشكل الحلقي :

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 OH المرتبطة بالكربون ٤ أو ٥ ويرتبط مع ذرة الأوكسجين المرتبطة بالكربون C١ ويشكلان معاً زمرة هيدروكسيلية مرتبطة بالكربون ١ تدعى الهيدروكسيل الغلوكوزيدي (زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بالكربون ١ في السكر الألدوزي الحلقي)، وتسمى ذرة الكربون هذه بذرة الكربون الأنوميرية.

الهيدروكسيل الغلوكوزيدي



أما كربون الزمرة الوظيفية C1 المرتبط بذرة كربون وذرة هيدروجين وزمرة هيدروكسيل غلوكوزيدي أحادية لذلك ينقصه رابطة واحدة) فينضم إلى الأوكسجين ٤ أو ٥ الذي خسر H فتتشكل بذلك: حلقة فورانية خماسية إذا كان الأوكسجين مرتبطاً بالكربون ٤ أو حلقة بيرانية سداسية إذا كان الأوكسجين مرتبطاً بالكربون ٥ .

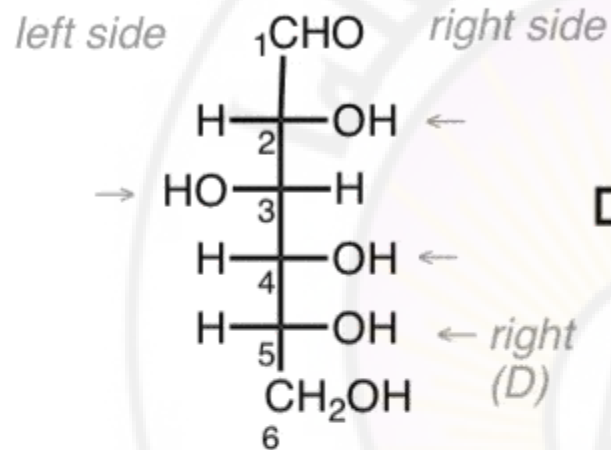
إذا أصبحت ذرة الكربون ١ من الشكل H-C-OH بدلاً من ، H-C=O أي أصبحت غير متناظرة. وبالتالي فإن زمرة الـ OH الغليكوزيدية يمكن أن تكون إلى الأعلى أو الأسفل في الشكل الحلقي وهذا ما يعطينا مآكبان حلقيان لكل حلقة، أي حلقتين خماسيتين وحلقتين سداسيتين.

كما أن الترقيم يبدأ من ذرة الكربون في الطرف الأقرب لمجموعة الكربونيل بالنسبة لزمرة الهيدروكسيل إذا كانت في الصيغة الخطية على اليمين نرسمها في الصيغة الحلقية نحو الأسفل ٢ وإذا كانت على اليسار نرسمها نحو الأعلى.

- عندما يكون السكر من الشكل D فإن الزمرة CH₂OH وما يلحقها نضعه نحو الأعلى.
- عندما يكون السكر مفروقاً عند ذرة معينة (كـ C3 عند 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

left side $\rightarrow$ up



D-Glucose
(Fischer projection)

α -D-Glucopyranose
(Haworth projection)

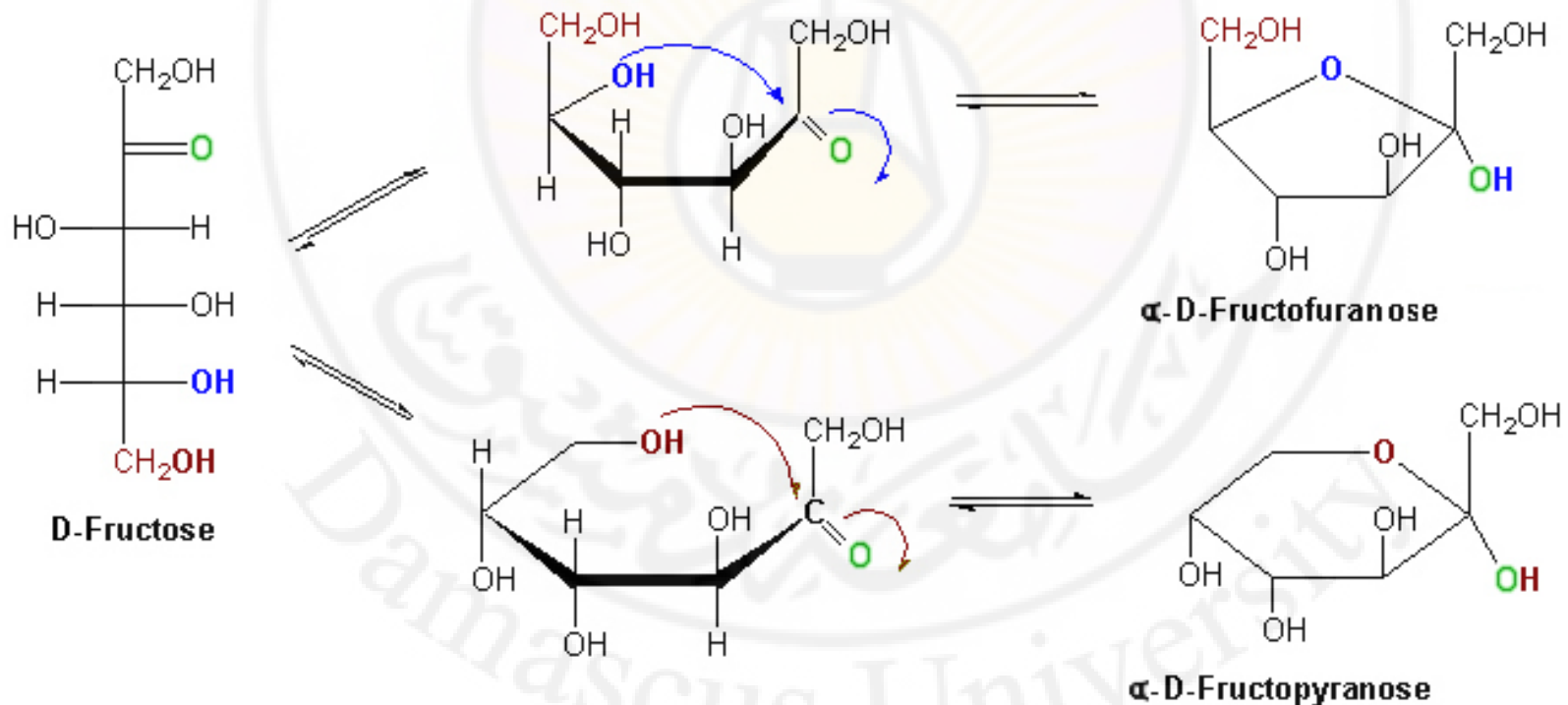
For C_5 : if OH is on the right of the Fischer, it's a D-sugar (by definition)
This will place C_6 on the top face of the Haworth.

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

في الكيتوزات :

سنأخذ سكر الفركتوز كمثال :

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



The logo of Damascus University is a circular emblem. It features a central yellow sun-like symbol with rays. Above the sun, the Arabic text 'وقل رب زدني علما' (O Lord, increase my knowledge) is written in a semi-circle. Below the sun, the Arabic text 'جامعة دمشق' (University of Damascus) is written in a semi-circle. At the bottom of the emblem, the words 'Damascus University' are written in English. The entire logo is rendered in a light gray, semi-transparent style.

خامساً: الألياف الغذائية Dietary fibers

الألياف الغذائية Dietary fibers

عرّف دستور الغذاء الألياف الغذائية بأنها بوليمرات من السكريات تتكون من اتحاد 10 سكريات أحادية على الأقل ولا تتحلله بأنزيمات الأمعاء الدقيقة للإنسان، وبالتالي لا تخضع للهضم فيها وإنما 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 الصمغ والبكتين وبيتا - غلوكان وبعض أنواع الهيمي سيللوز وغالباً ما تتواجد داخل الخلايا النباتية، ومن مصادرها الشائعة، لب ثمرة التفاح.

ألياف غير منحلة 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 -1,3 و β -1,4، 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.

السيللوز: 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 والدائن والمنسوجات.

الهيمي سيللوز: لها مقاومة اقل من السيللوز للمعاملات الكيميائية، تعطي عند تحللها مائياً بتسخنها مع الأحماض المعدنية خليطاً من السكريات السداسية (غلوكوز، غالاكتوروز) وسكريات خماسية (ارابينوز، زایلوز) وكمية قليلة من الاحماض اليورونية Uric acid (حمض الغلوكورونيك Glucuronic acid والغالاكتورونيك Galacturonic acid).

العوامل المؤثرة في تخمر الألياف:

طبيعة الألياف:

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

شكل الليف:

إذا كانت هنالك انحلالات جزئية ضمن الليف كان تخمره 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 التخمر:

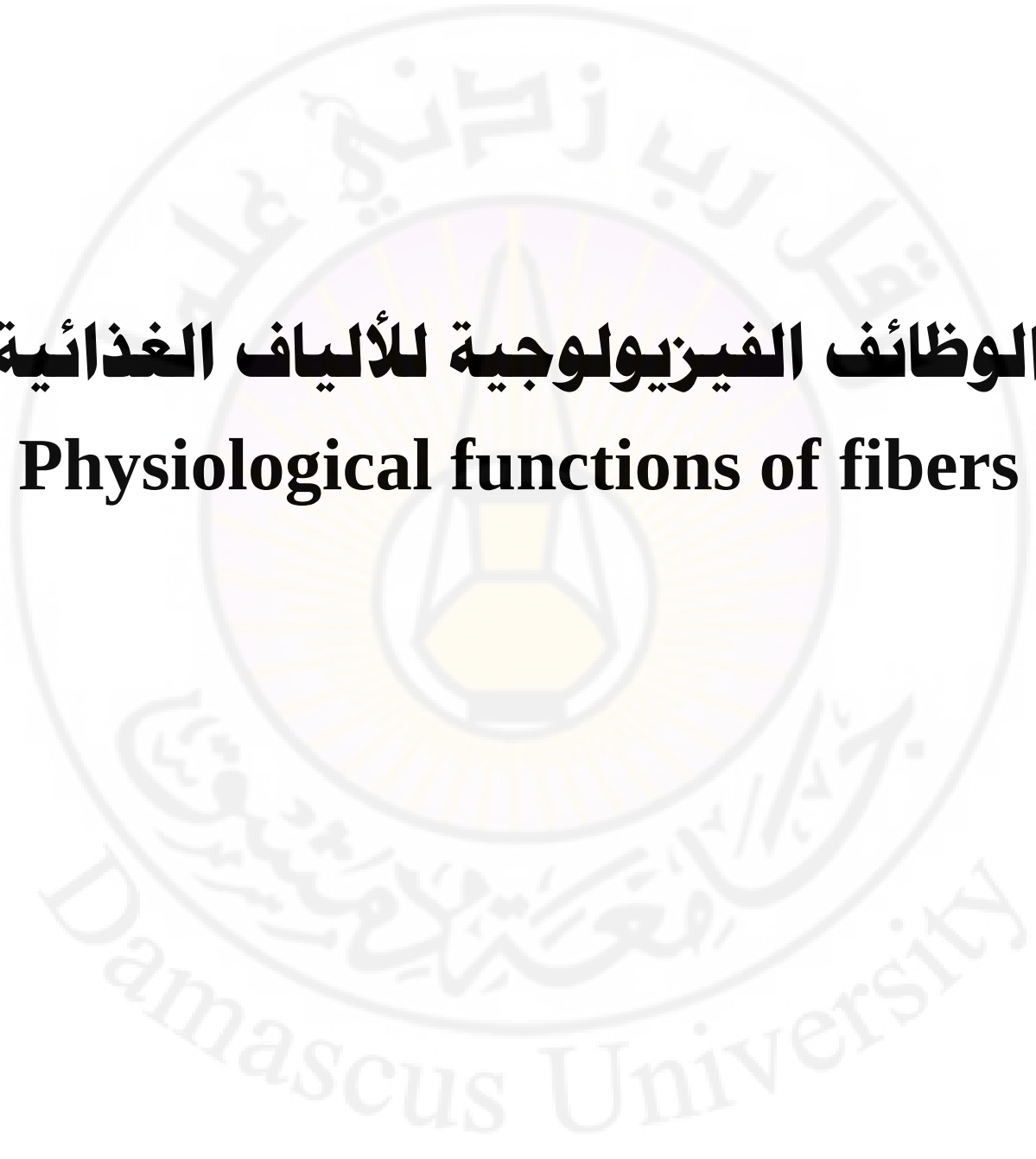
الجراثيم المخمرة هي جراثيم لا هوائية سلبية الغرام مفيدة تدعى Bacteroides، تنشط عند تناول الأغذية الصحية الغنية بالألياف، وتوجد بكثرة في الشاي الأخضر والفاصولياء لذلك ينصح بهذه الأغذية للأشخاص المعانين من السمنة، أما الجراثيم Firmicutes إيجابية الغرام، توجد بالسكريات والمعجنات والحلويات تقلل من عملية 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 حلمتها أولاً بواسطة الأنزيمات البكتيرية الخارج خلوية لإعطاء السكريات الأحادية، ثم تخضع للتقويض وفق مسار إمدن – ماير هوف داخل الخلايا البكتيرية للحصول على البيروفات والتي سريعاً ما تتحول لتُعطى حموضاً دسمة قصيرة السلسلة (Short Chain Fatty Acids (SCFA (أسيتات – بروبونات – بوتريات) وغاز CO_2 و H_2 اللذان يتحدان معاً مشكلين غاز الميثان، CH_4 والذي يسبب نفخة في البطن.

المشعر الغلوكوزي أو الغلايسيمي للأغذية Glycemic Index

يُعبّر 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، وتقسّم الأغذية إلى أغذية ذات مشعر غلوكوزي منخفض $GI \leq 55$ ، لا تسبب زيادة عالية وسريعة في سكر الدم، وأغذية ذات مشعر غلوكوزي متوسط $GI = 55-69$ وأغذية ذات مشعر غلوكوزي مرتفع $GI \leq 70$ ، تسبب زيادة عالية وسريعة في سكر الدم.

وإن الأغذية الوظيفية الغنية بالألياف الغذائية تكون ذات مشعر غلوكوزي منخفض، فتلعب دوراً إيجابياً في الحفاظ على صحة الجسم من الإصابة بأمراض السكري والأوعية الدموية، وتحسن من مؤشر كتلة الجسم (BMI) وقيمة الهيموغلوبين الغلوكوزي HbA1c وBody Mass Index والكوليسترول المفيد.

The background of the slide features a large, faint watermark of the Damascus University logo. The logo is circular, with a central emblem depicting a stylized lamp or torch. The text "Damascus University" is written in English at the bottom of the circle, and Arabic text is written along the top and sides of the inner circle.

الوظائف الفيزيولوجية للألياف الغذائية

Physiological functions of fibers

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 المنحلة 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 المنحلة من لزوجة محتوى المعدة بتشكيلها للهلامه وبالتالي تعيق وصول الأميلاز إلى المادة السكرية فتبطئ من تحطم النشاء.

ملاحظة:

تتميز نخالة دقيق القمح المستخدمة في انتاج خبز النخالة بارتفاع نسبة الألياف الغذائية فيها، حيث تتراوح بين 52.4 – 36.5 غ / 100 غ، وأليافها صعبة التخمير، 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 كلي في الكبد.

الآثار المترتبة على ارتفاع نسبة الألياف في الأغذية

Excessive fiber intake

انسداد الأمعاء:

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

التجفاف:

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

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، كالسيوم. وتقل حاجة كبار السن والأطفال للألياف، حيث أنهم لا يستهلكون طعاماً حيوانياً لذلك فهم معرضين لهذا الخطر.

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 الحولي (GDM) Gestational Diabetes Mellitus .
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.

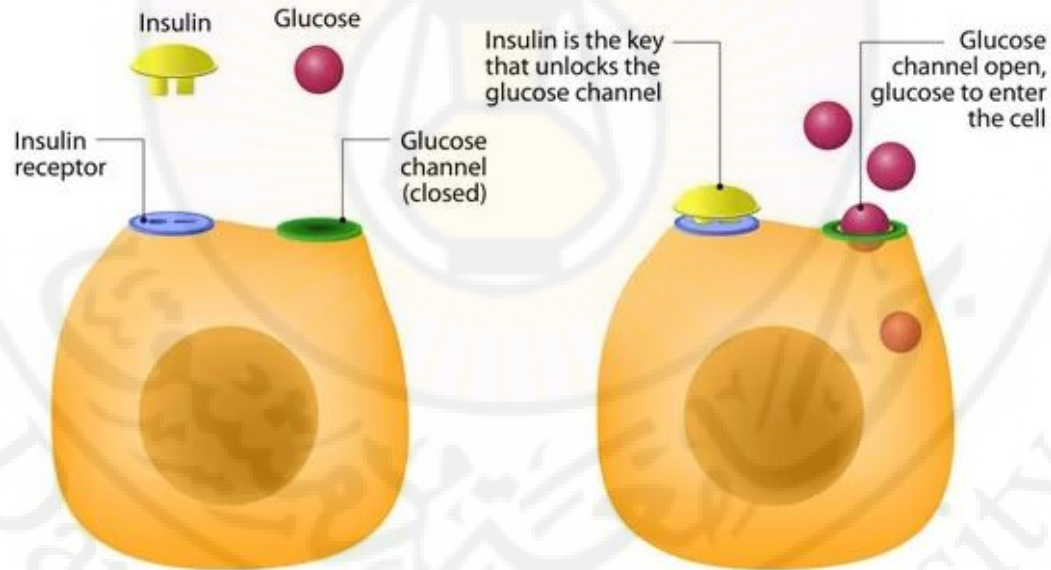
١. اعتماد على الأنسولين وميل للحمض.
٢. هذا النمط له علاقة بالوراثة وواحدة أو أكثر من الواصمات التالية تتواجد عند
٣. ٨٥-٩٠% من الأشخاص الذين يبدون ارتفاعاً في غلوكوز الدم على الريق:
٤. أضداد مناعية ذاتية لخلايا الجزر.

٥. أضداد مناعية ذاتية للأنسولين.

٦. أضداد ذاتية لإنزيم نازعة كربوكسيل حمض الغلوتامي Glutamic acid decarboxylase .

٧. أضداد ذاتية لإنزيم Phosphatase IA-2 and IA2B .

يفرز هرمون الإنسولين من خلايا بيتا في جزر لانغرهانس الموجودة في البنكرياس ويمر مباشرة إلى مجرى الدم ليرتبط مع مستقبلاته في جدران الخلايا، مما يؤدي إلى فتح قنوات دخول الجلوكوز إلى الخلايا ليتم استقلابه وإنتاج الطاقة. يُعطى مرضى النمط الأول من داء السكري حقن إنسولين تحت الجلد والذي يُنتج بتقانة التعديل الوراثي (التأشيب) r DNA insulin (Recombinant)



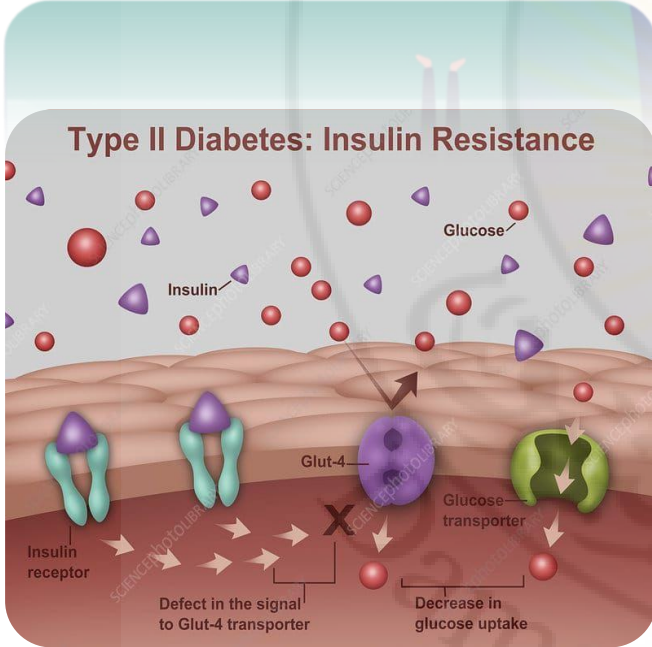


الداء السكري-النمط الثاني Type-2 diabetes

➤ 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.

ويختلف 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 منها إلى 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 أضرار مكونات خلايا β .

يشخص الداء السكري II :

١- الأعراض السريرية :

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

٢- التحاليل الدموية :

مقايضة الجلوكوز في الدم.

اختبار تحمل الجلوكوز (OGTT) Oral Glucose Tolerance Test

ويشمل تركيز الجلوكوز بعد ساعتين من تناول (75) غرام جلوكوز فموي.

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

٣- كشف الجلوكوز 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:

تعرض 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 .
- الحمض الاستقلابي اللبني Lactic acidosis .

مجموعة التيازوليدينات:

وهو مسؤول عن التعبير الجيني لبروتينات تنظّم استقلاب
الدهن والسكر وتمايز الخلايا النسيج الشحمي وبعض النسيج
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 اليومية.



لكم أحلى الأمنيات.....

د. رحيم أبو الجدايل

نكمل في المحاضرة التالية.....

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 والصبوغ والمركبات الفينولية، ويقوم بالتفاعلات الكيميائية، ونجده في الأغذية السائلة كماء العصائر والحليب أو الماء الحر في سيتوبلازما 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 والانتقال من مكان لآخر بسهولة.

الماء المرتبط:

يتواجد في الأغذية الصلبة، ولا يمكن استخدامه من قبل الميكروبات:

➤ **الماء المرتبط فيزيائياً، 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 فاندرفالز، كالماء المرتبط مع بروتينات السيوبلازما أو جدران الخلايا، والماء المرتبط مع النشاء لتشكيل الهلام، ويمكن التخلص منه بالتبخر.

➤ **المرتبط كيميائياً:** ماء التأدرت Hydration Water أو ماء التمييه أو ماء التبلور، الماء المحتجز كيميائياً مع بعض المركبات كالماء الموجود ضمن بلورات Lactose monohydrate وطرطرات الصوديوم والبوتاسيوم $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ، لا يعد 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 والسكريات 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 الحلمة الأنزيمية والأكسدة.
- ٤- تثبيت القوام الغروي للغذاء بالإمالة 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 المعلقة: 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 حد كبير ما تفعله ذرات الغبار من تشتيت لشعاع الضوء داخل حجرة مظلمة، ويطلق عليه اسم تشتت راييلي 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:

$$i_{\theta}^0 = \frac{I_0 n N}{V} \frac{5 \pi^2 \alpha_p^2}{r^2 \lambda^2} (1 + \cos^2 \theta)$$

حيث : I_0 شدة الضوء الوارد.

n : عدد المولات في الحجم V .

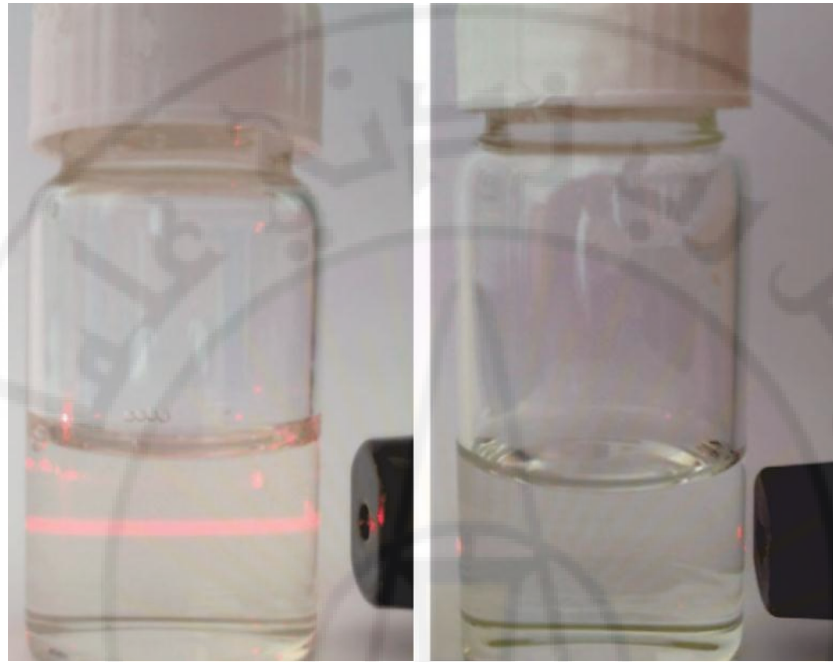
N : عدد أفوكادرو.

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

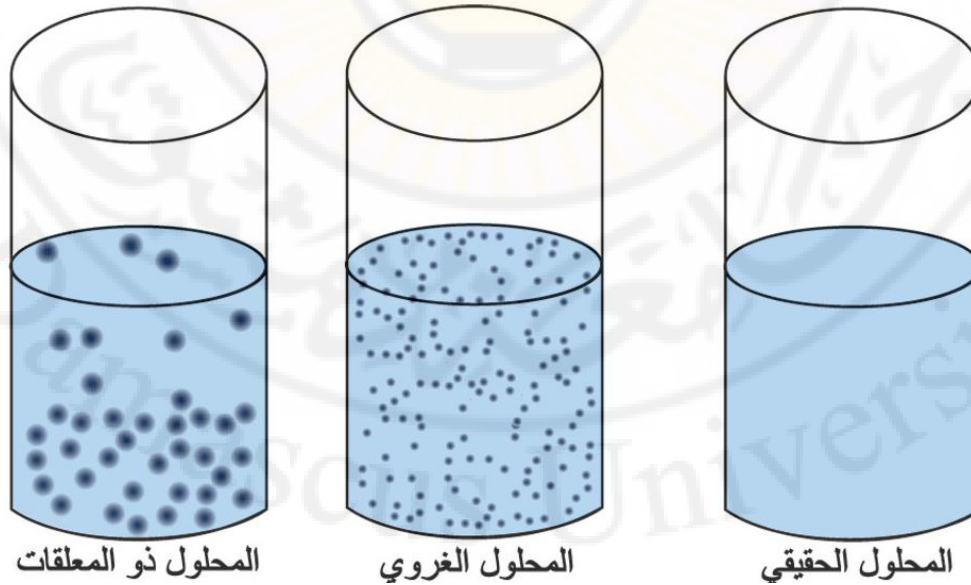
r : هي المسافة بين المشاهد والنقطة التي يحسب عندها التشتت.

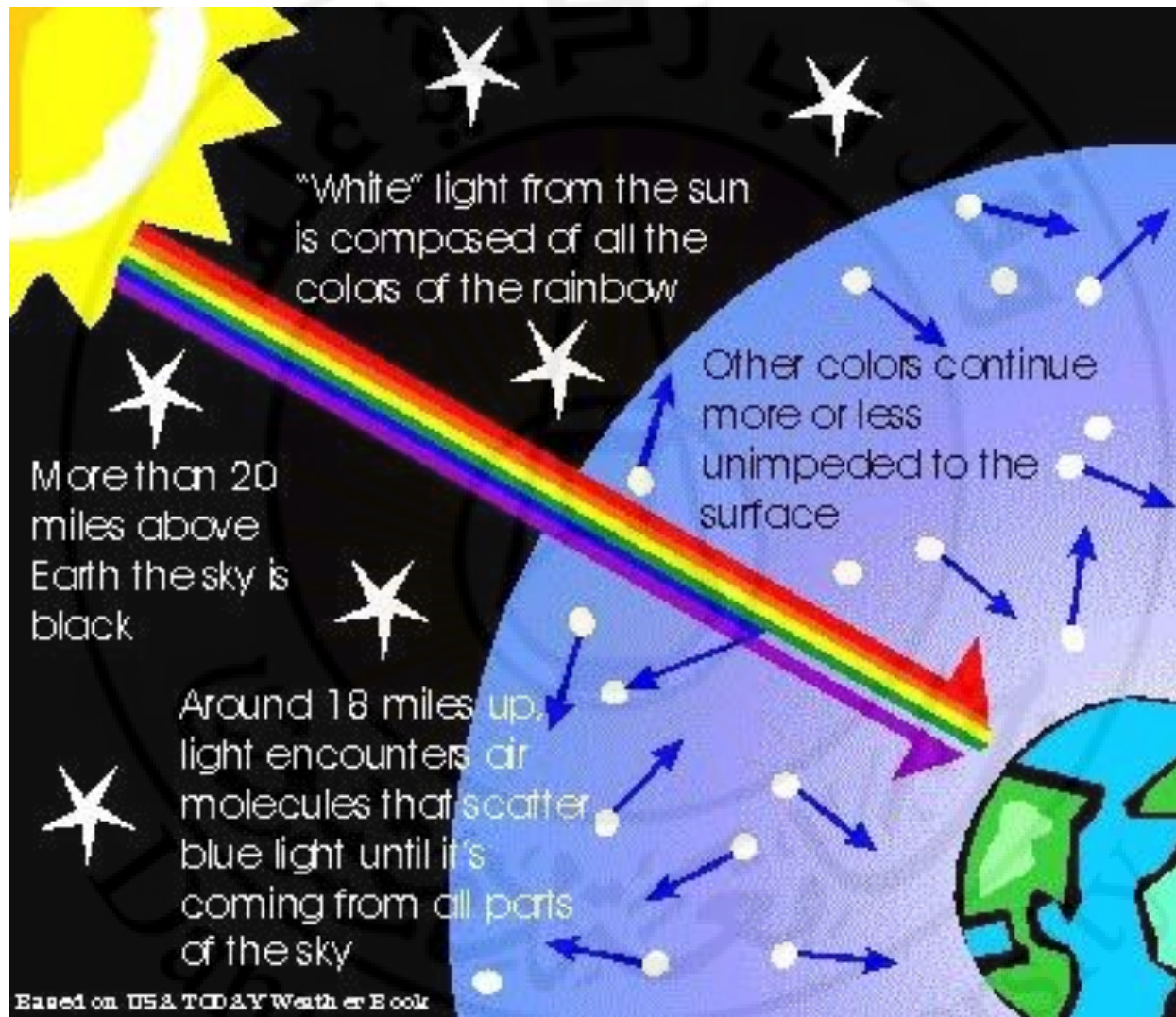
λ : طول موجة الضوء الوارد.

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

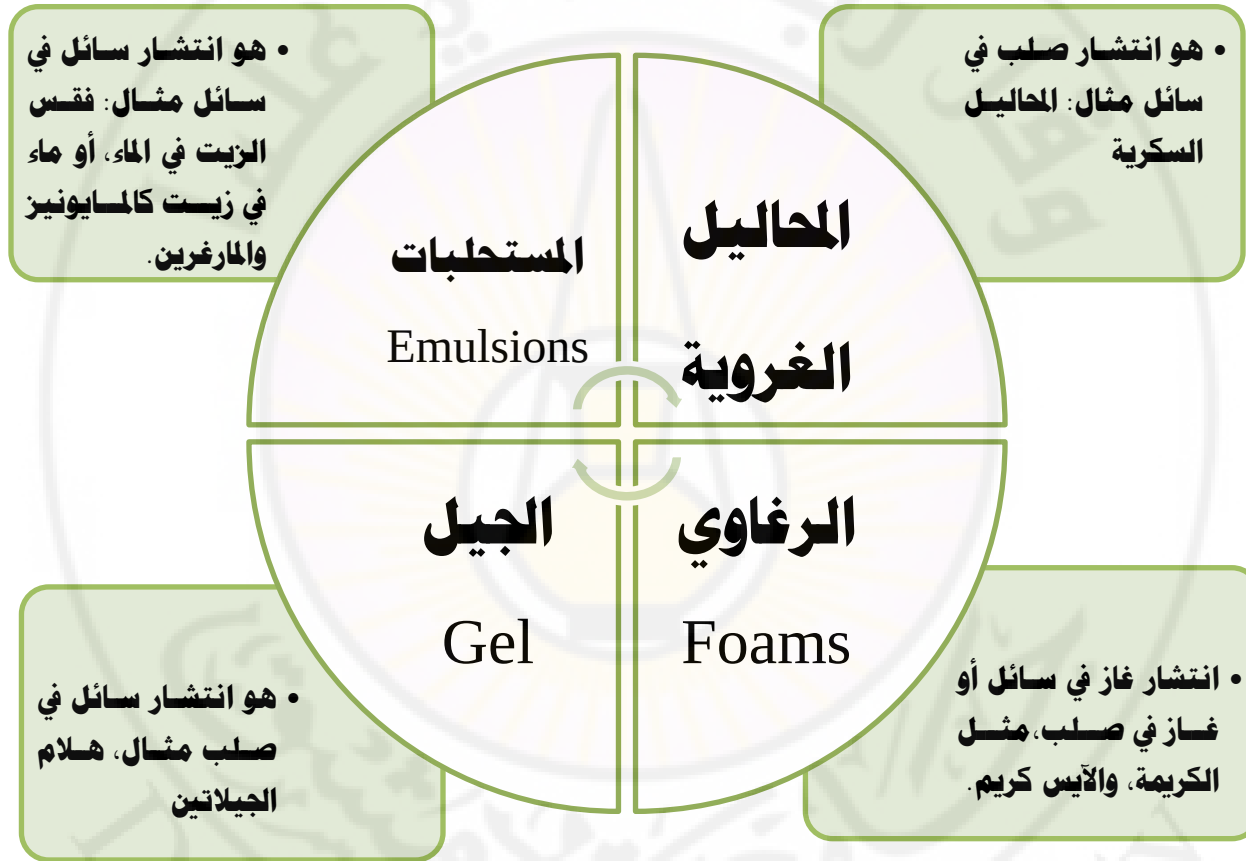


المسار الضوئي ضمن محلول حقيقي (على اليمين) و ضمن محلول غروي (على اليسار)





الأشكال المختلفة لانتشار 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 الإلكتروني، 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:

هو مزيج 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 لا بد 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.

طرق خروج الماء من الجسم

مصادر دخول الماء إلى الجسم

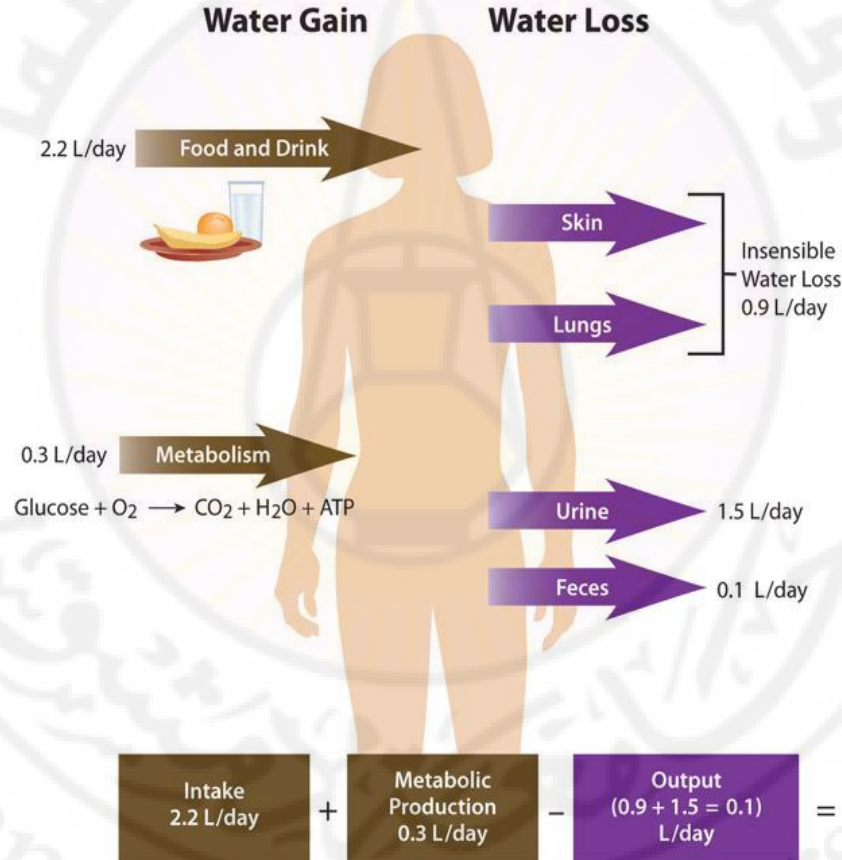
١- ماء الشرب الذي نتناوله بالشرب المباشر له أو في صورة عصائر. ١- البول، وهو المقدار الأكبر، والبراز.

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

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



يفقد الجسم من الماء في
الظروف العادية
بالتوسط مع البول
1500 مل ومع البراز
100 مل وعن طريق
العرق والرئتين
900 مل.
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



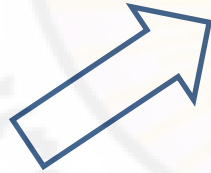
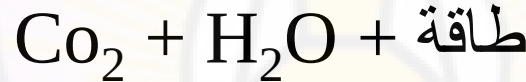
في حالات الإسهال، يزيد الفاقد عن طريق البراز.
في حالة الإجهاد الشديد، يزيد الفاقد عن طريق التعرق و الرئتين.



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:



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

يُعبّر المحتوى الرطوبي عن كمية الماء في الغذاء، بينما يُعبّر 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.

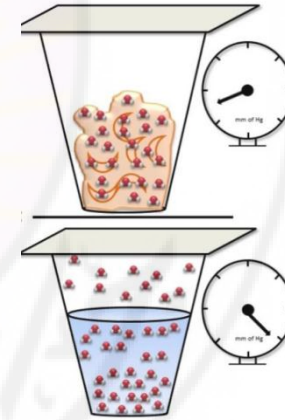
ولكن نظراً لأن ليس كامل المحتوى الرطوبي في المنتج يكون متاحاً لتلك الأنشطة، الجرثومية أو الكيميائية، بسبب ارتباط جزء من هذا الماء بمكونات الغذاء، وبالتالي يكون غير متاح، فإنه يُستخدم مفهوم النشاط المائي كمؤشر يُعبّر عن مدى توفر الماء لعوامل الفساد وبشكل أدق من مفهوم المحتوى الرطوبي.

✓ 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.

✓ يعرف نشاط الماء بأنه النسبة بين ضغط بخار الماء في الغذاء (P_f) إلى ضغط بخار الماء النقي (P_w°) عند نفس درجة الحرارة.

✓ أو الرطوبة 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 و عليه يُعبر رياضياً عن نشاط الماء (a_w) كما يلي:

$$a_w = \frac{\% ERH}{100} = \frac{P_f}{P_w^\circ}$$



✓ إن قيمة النشاط المائي للماء النقي تساوي (1)، وللمادة الجافة تماماً (0) و عليه فإن نشاط الماء للمواد الغذائية ستتراوح بين الصفر والواحد.

✓ وذلك أن في الماء النقي كل جزيئات الماء حرة 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 للبكتيريا.
- ✓ 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 للدهن، ولكن يسمح بالأكسدة غير الأنزيمية للدهن) ومنه يمكن لنا فهم التوصيات العامة بأن أفضل طرائق حفظ اللحوم هي التجميد، في حين يجب حفظ حليب البودرة في أماكن جافة مهواة حتى لا تمتص رطوبة ويرتفع نشاطها المائي.

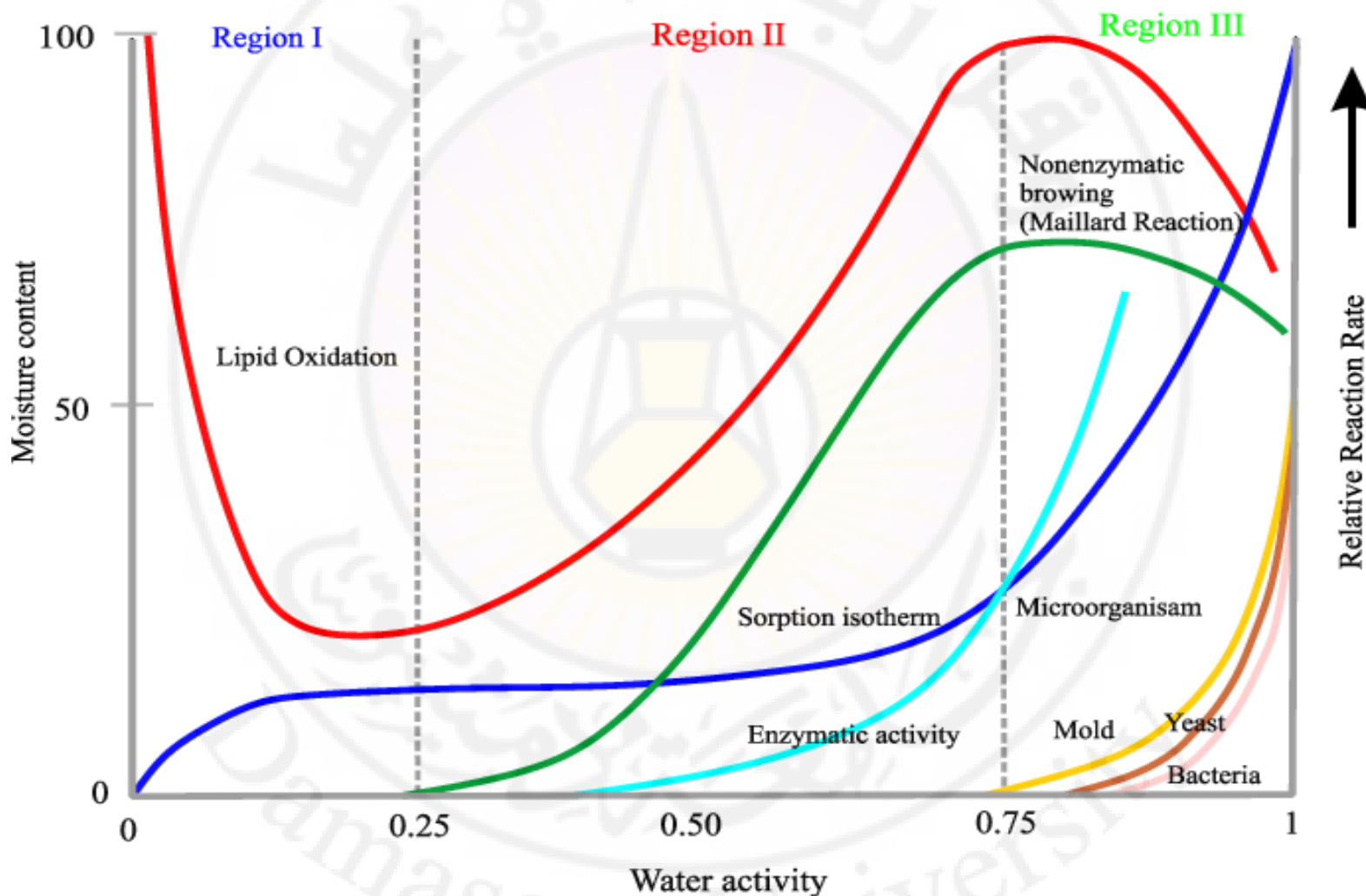
✓ معرفة مدة الحفظ المتوقعة للمنتج.

✓ معرفة سير التفاعلات الكيميائية التي ستحدث في المادة الغذائية:

□ فإذا كانت فاعلية الماء مثلاً 0.8 ← تكون تفاعلات ميلارد بالقمة، ونتوقع نمو خمائر وفطريات، وتفاعلات حلمهة أنزيمية للدهن.

□ وإذا كانت فاعلية الماء فرضاً 0.2 ← لا يوجد تفاعلات ميلارد، ولا حلمهة أنزيمية للدهن، ولا نمو جرثومي، ولكن يمكن أن تحدث أكسدة للدهن.

تأثير النشاط المائي على عوامل فساد الأغذية:



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

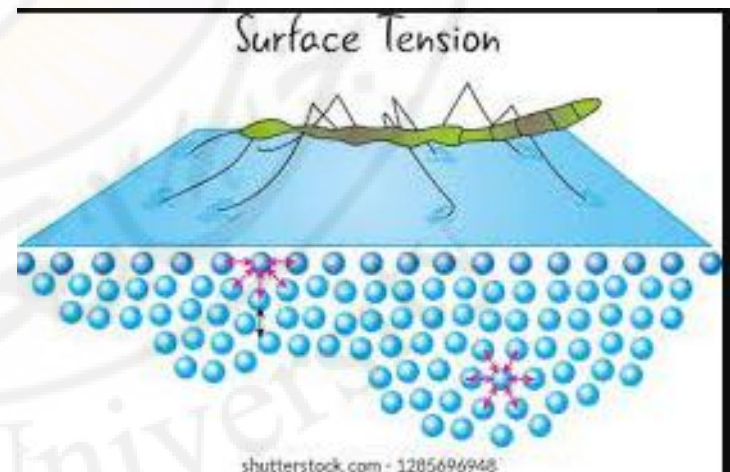
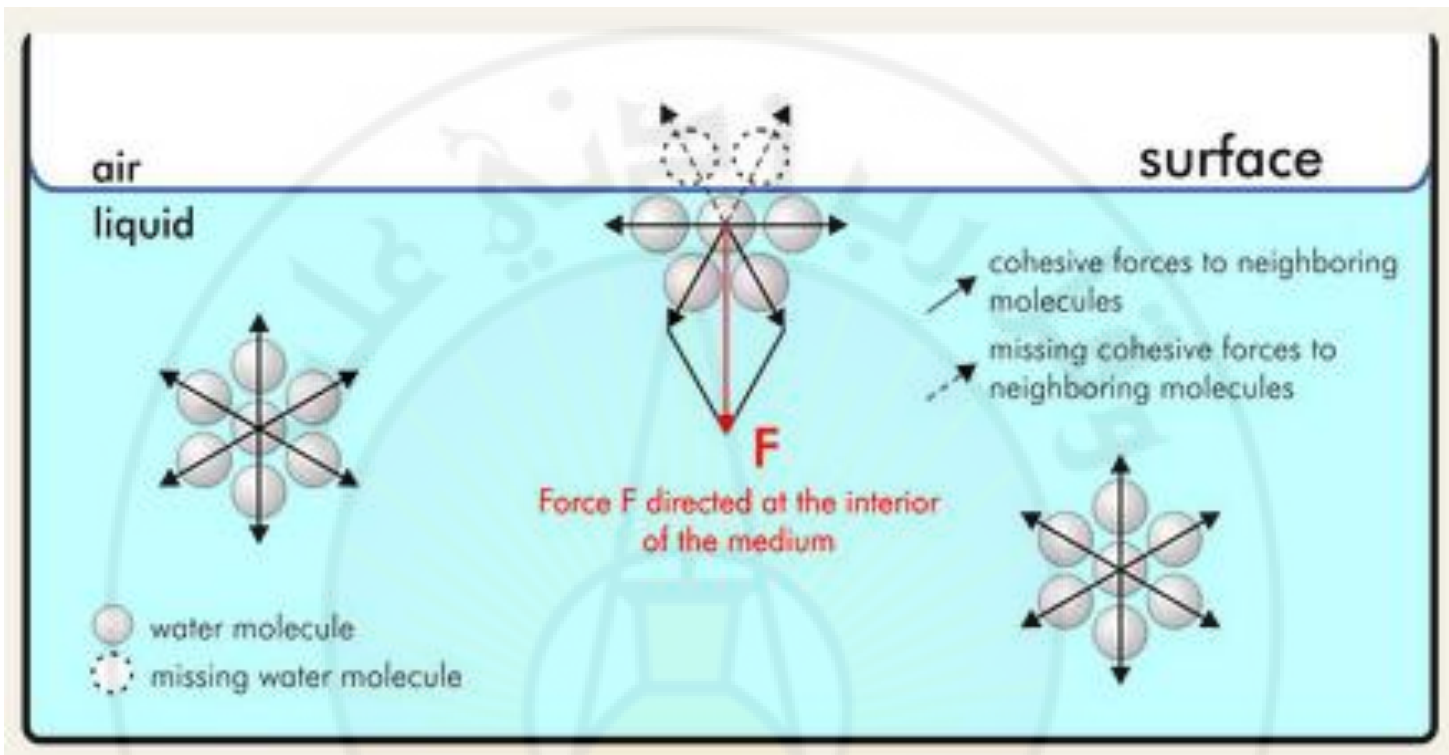
العوامل المؤثرة في التوتر السطحي:

١- نوع السائل: يتفاوت أثر ظاهرة التوتر السطحي من سائل إلى آخر؛ فمثلاً التوتر السطحي في سائل الزئبق يكون 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 تضيق 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 يتبلل؛ 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، بدلاً من أن تتسطح 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 الأمامي لسيارتك. ونتيجة لذلك، تتماسك تلك الجزيئات بعضها مع بعض بقوة، فتكون الشكل الكروي لقطرة المطر.
- ٥- التوتر السطحي الشديد بين الدهن والماء:
الدهن والماء لا يمتزجان، 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 اللبسيثين 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.







كلية العلوم الصحية

مقرر الكيمياء الحيوية Biochemistry

د. رحيم أبو الجدايل

المحاضرة الثالثة: الليبيدات Lipids

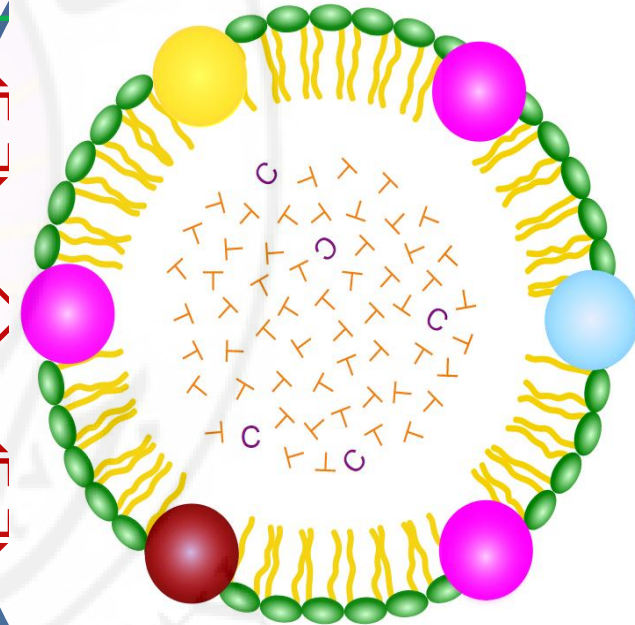
1. الليبيدات Lipids

2. وظائف الليبيدات Functions of lipids

3. خصائص الليبيدات الفيزيائية Physical properties

4. الأحماض الدهنية Fatty acids

5. هدرجة الزيوت Oil hydrogenation

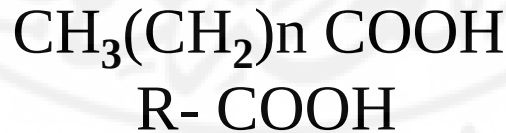


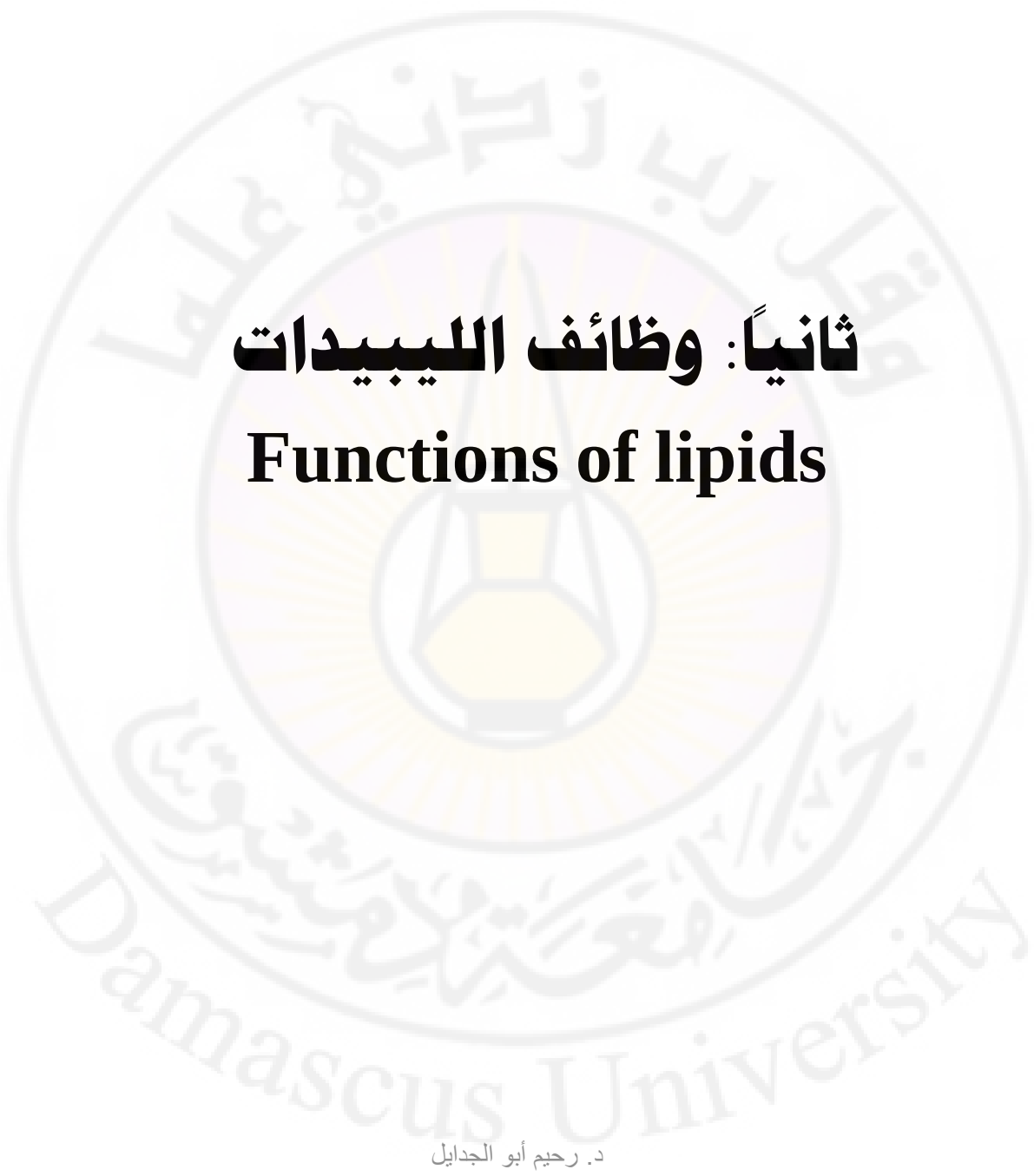
أولاً: الليبيدات Lipids

مركبات عضوية طبيعية، غير متجانسة وغير ذوابة في الماء وتذوب في المذيبات العضوية غير القطبية، كالأثير والكلوروفورم والكحول الإيثيلي، وتشتمل على الدهون Fat والزيوت Oils والشموع Waxes الستيرويدات Sterols والفوسفوليبيدات Phospholipids، بالإضافة إلى الدهون البروتينية Lipoproteins والدهون السكرية Glycolipids (Fat - soluble vitamins) والفيتامينات الذائبة في الدهون (Fat - soluble vitamins) والصبغات الذائبة في الدهون، وتدخل الليبيدات في تركيب نسيج الإنسان والحيوان والنبات وتوجد إما على هيئة شحوم بروتوبلازمية بنيوية (مواد دسمة تدخل في تركيب بروتوبلازما 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.



The background of the slide features a large, faint watermark of the Damascus University logo. The logo is circular, with a central emblem depicting a stylized oil lamp or a similar symbol. The emblem is surrounded by a ring of Arabic calligraphy. Below the emblem, the words "Damascus University" are written in English. The entire logo is rendered in a light gray color, serving as a background for the text.

ثانياً: وظائف الليبيدات

Functions of lipids

1. وظائف الليبيدات في الجسم

- تشكل الدهون من خلال أكسدة مصدرها مصدراً من مصادر الطاقة الأساسية للكائن الحي (أكسدة 1 غ 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 A و D و K و E، والصبغات الذائبة (الكاروتينويدات) 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 وطرأوته.

- ترتبط مع البروتينات مكونة الليوبروتينات (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 (الكولييك والداي هايدروكسي كولييك والليتوكولييك)
- الليبيدات هامة لإنتاج فيتامين D (الأرجوستيرول والكولي كالسيفرول) في الجسم.
- تدخل الدهون في تركيب الخلايا العصبية، مثال السفنغوفوسفاتيدات، وأغشية خلايا الجسم كالفسفوليبيدات.

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 أصفر إلى 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، وكلما 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 المحلّات درجة التوهج.

منسب الدسم الصلب 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 للتهدم.

$$SFI\% = \text{fat solid volume} / \text{volume between upper and lower line}$$

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.

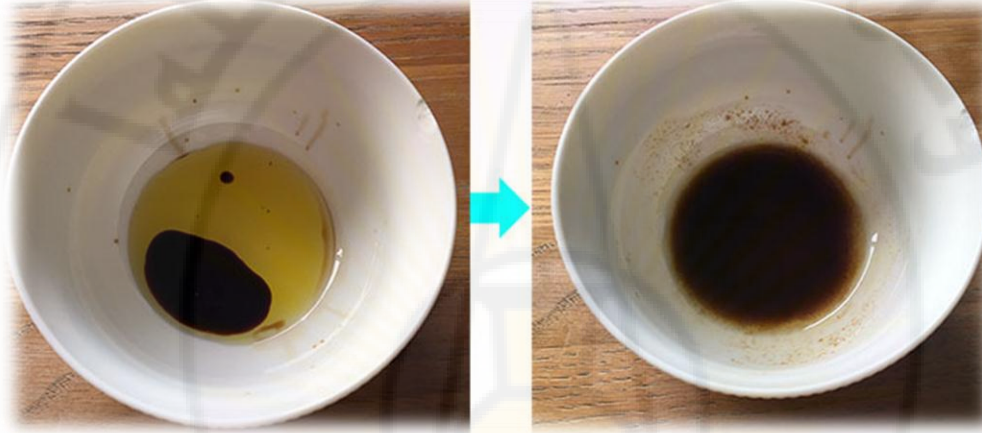
Emulsions الاستحلاب

✓ المستحلب Emulsions :

هو نظام أو جملة تتكون من وسطين سائلين غير ممزوجين (غير قابلة للامتزاج)، أحدهما منتشر في الوسط الآخر بحيث يكون على شكل قطرات ذات قطر يتراوح بين (0.1-50 μm)، ويسمى الوسط الداخلي الوسط المنتشر، والوسط الآخر الوسط الخارجي أو الوسط المستمر، هذه الجملة غير ثابتة ويمكن أن تزداد 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 والمارجرين.

✓ عوامل الاستحلاب (Emulsifiers):

هي مركبات ذات نشاط سطحي، تُمْتَص 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، فالمُستحلب يحتوي على جزئين أحدهما قطبي أو محب للماء (Hydrophilic) والآخر غير قطبي أو كاره للماء (Hydrophobic)، مثال الفوسفوليبيدات والجليسريدات الأحادية والثنائية.



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



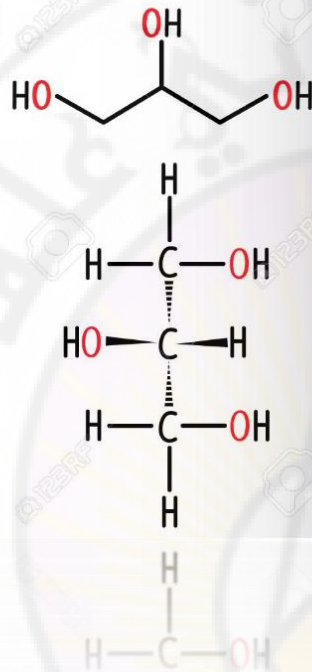
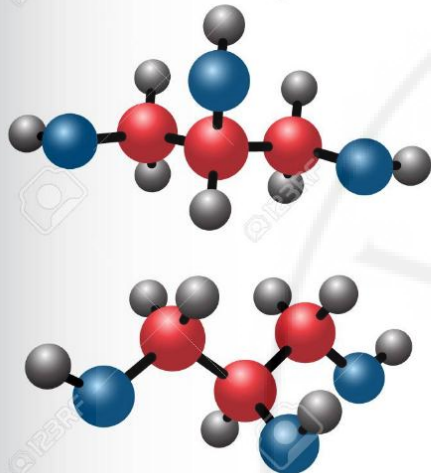
الحليب هو مستحلب من كريات الدهون السائلة في الماء.

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 معالجة ميكانيكية بالضغط والضخ القوي للحليب عبر مسام صغيرة جداً لتكسير قطرات الدهن إلى جزيئات صغيرة، والتي تتداخل مع بروتينات الحليب، مما يعيق تكتلها معاً وعودة انفصالها، وإضافة عوامل استحلاب.



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

Glycerol $C_3H_8O_3$

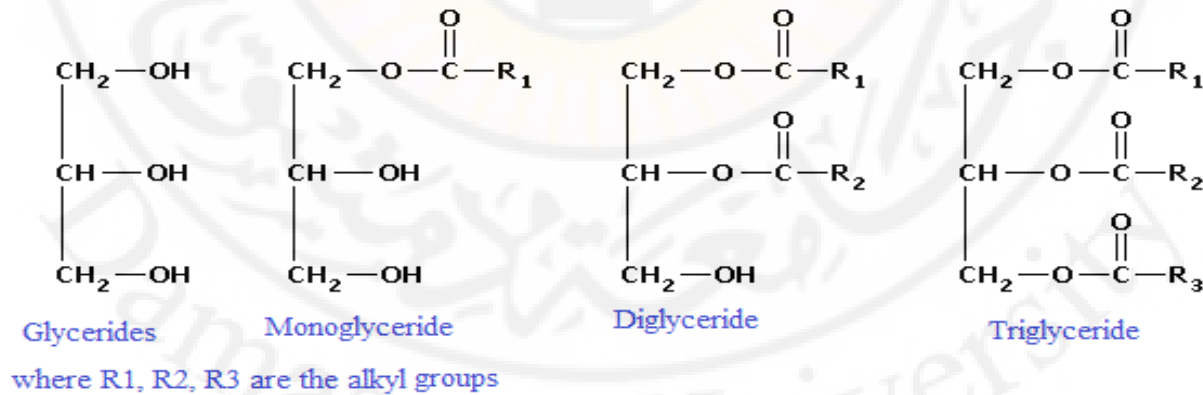


الجليسرول هو العمود الفقري
للدهون البسيطة المتعادلة.

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

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



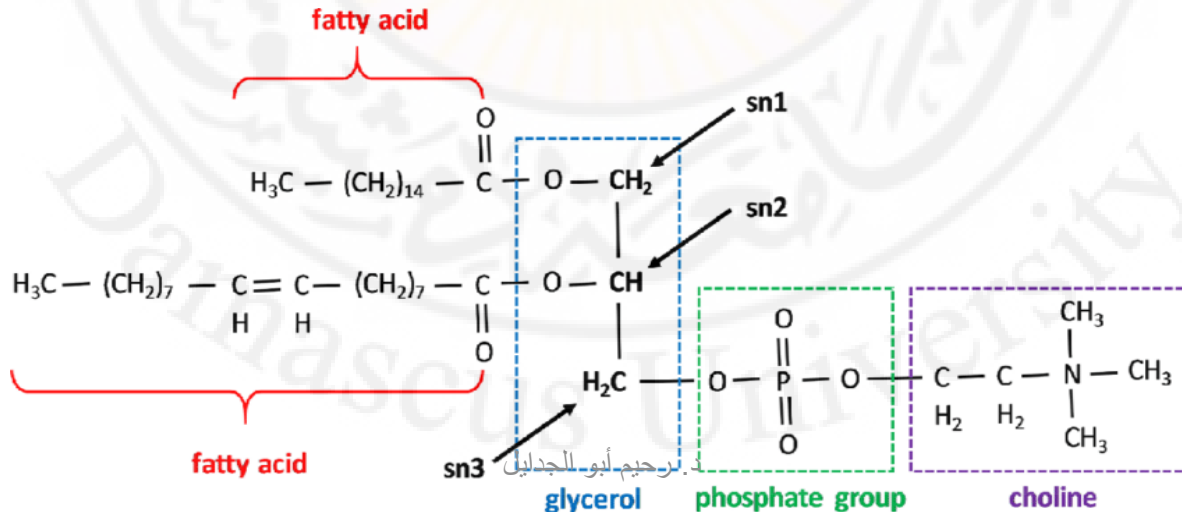
Mono, Di, Tri Glycerides formed by esterification of one, two, three fatty acids

■ الدهون المفسفرة Phospholipids:

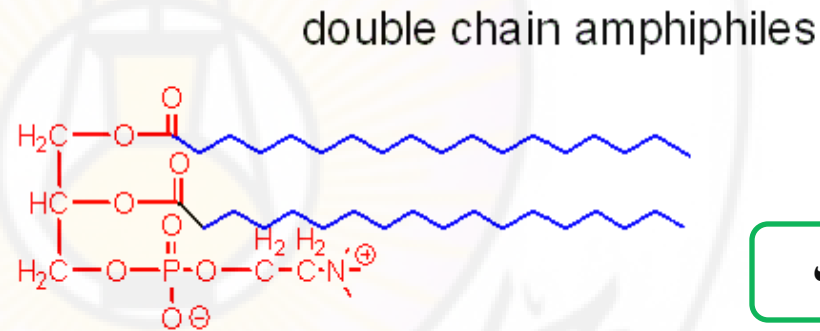
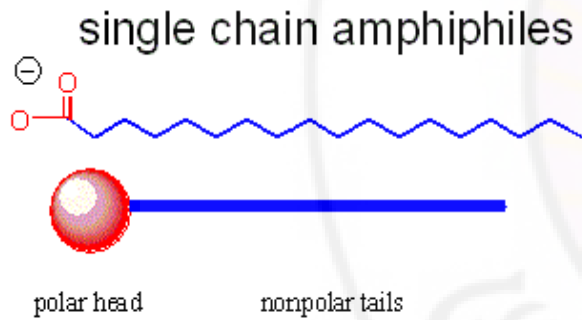
تحتوي الفوسفوليبيدات على جزئين من الحموض الدهنية متأسترة مع مجموعة الهيدروكسيل الأولى والثانية من الغليسرول، أما مجموعة الهيدروكسيل الثالثة فتأستر مع حمض الفسفوريك ومع قاعدة نيتروجينية أو كحولية، وهي ليبيدات صلبة توجد في الأغلفة الخلوية وبروتينات مصل الدم وتخزن بكميات قليلة جداً، فهي تستخدم رئيسياً كعناصر 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:

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



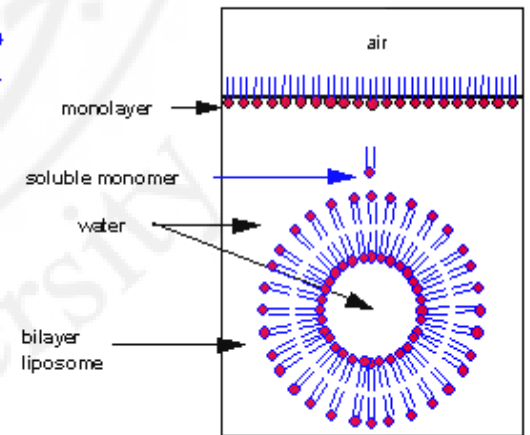
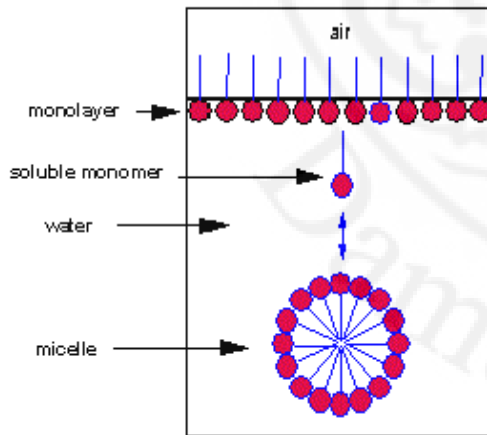
تختلف الدهون المفسفرة عن الغليسيريدات الثلاثية بإحتوائها على رأس قطبي محب للماء، وامتلاكها شحنة سالبة على مجموعة الفوسفات عند درجة الرقم الهيدروجيني $\text{pH} = 7$ ، وتسمى الدهون المفسفرة بالدهون القطبية بسبب إحتوائها على رؤوس قطبية محبة للماء بالرغم من إحتوائها أيضا على ذيول هيدروكربونية غير قطبية،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



polar head
رأس قطبي

nonpolar tails
ذيل غير قطبي

تشكل 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 والجليسيريدات 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 :

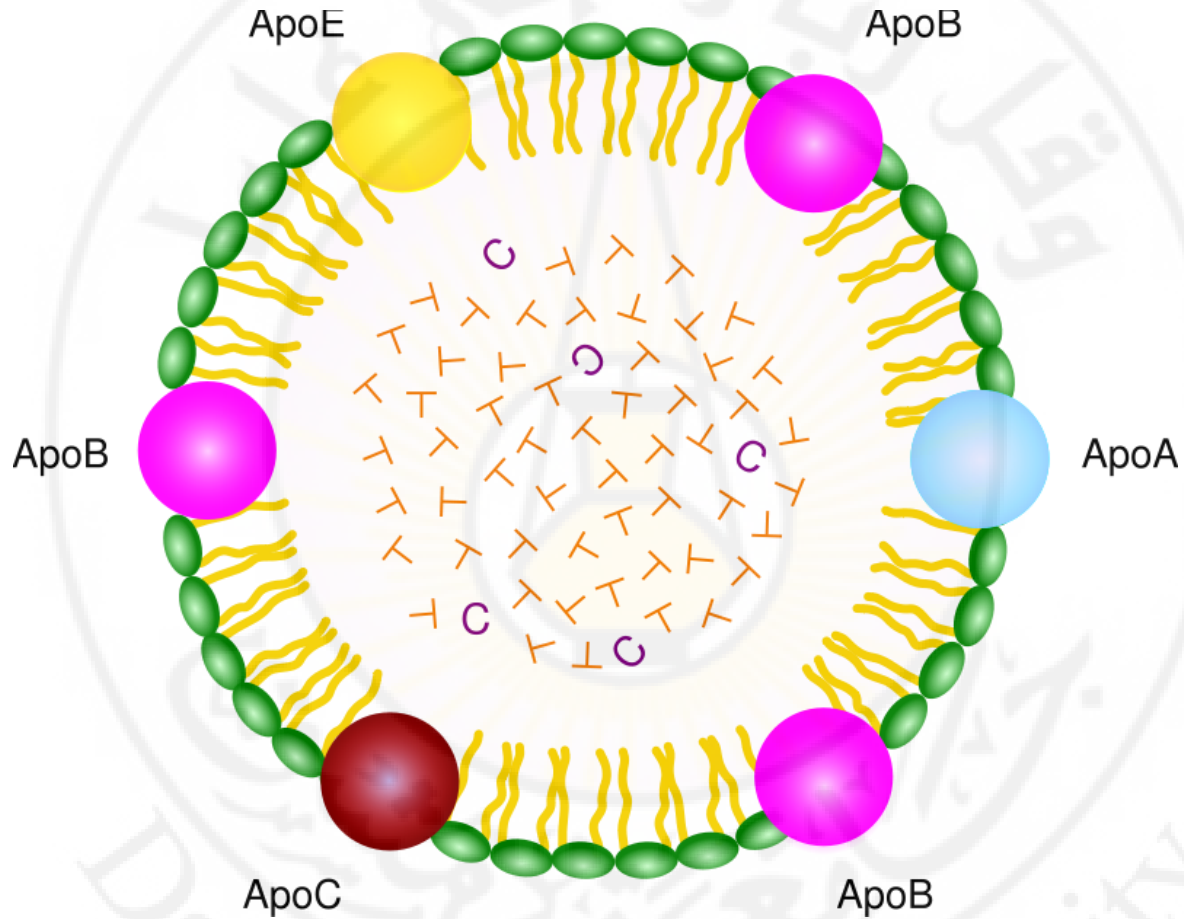
البروتينات الدهنية ذات كثافة جد منخفضة Very low density lipoproteins أو VLDL وتفرز من الكبد لتحمل الدهون ثلاثية الجليسيريد حديثة الإنتاج إلى النسيج الشحمي.

البروتينات الدهنية ذات كثافة متوسطة Intermediate density lipoproteins أو IDL وهي أجسام تنتج عن تقوض الـ VLDL وتفضي 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 "الكوليسترول 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 $C_{27}H_{45}OH$

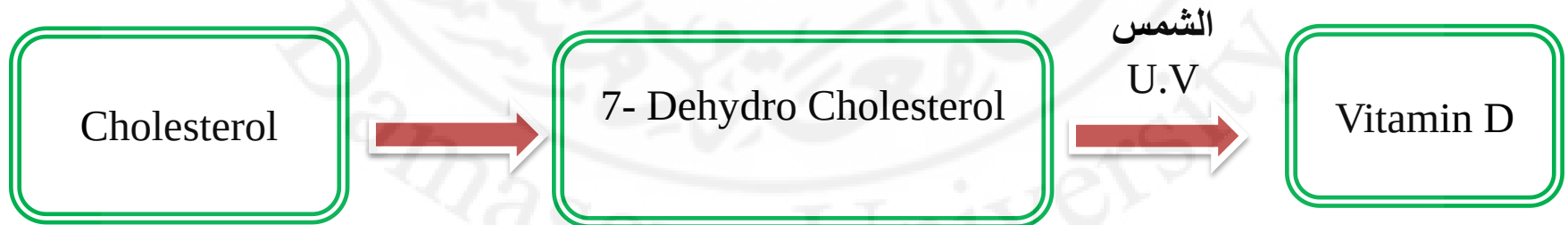
هو ستيرويد يوجد في الدهون الحيوانية فقط مثل اللحوم والبيض، ويُصنع في الكبد وله عدة وظائف:

✓ يدخل في بناء الأغشية الخلوية ويدخل في تكوين الهرمونات مثل هرمونات القشرة الكظرية مثل الألدوستيرون Aldosterone، ويدخل في تركيب التستوستيرون Testosterone الهرمون الذكري.

✓ يدخل في تركيب فيتامين D.

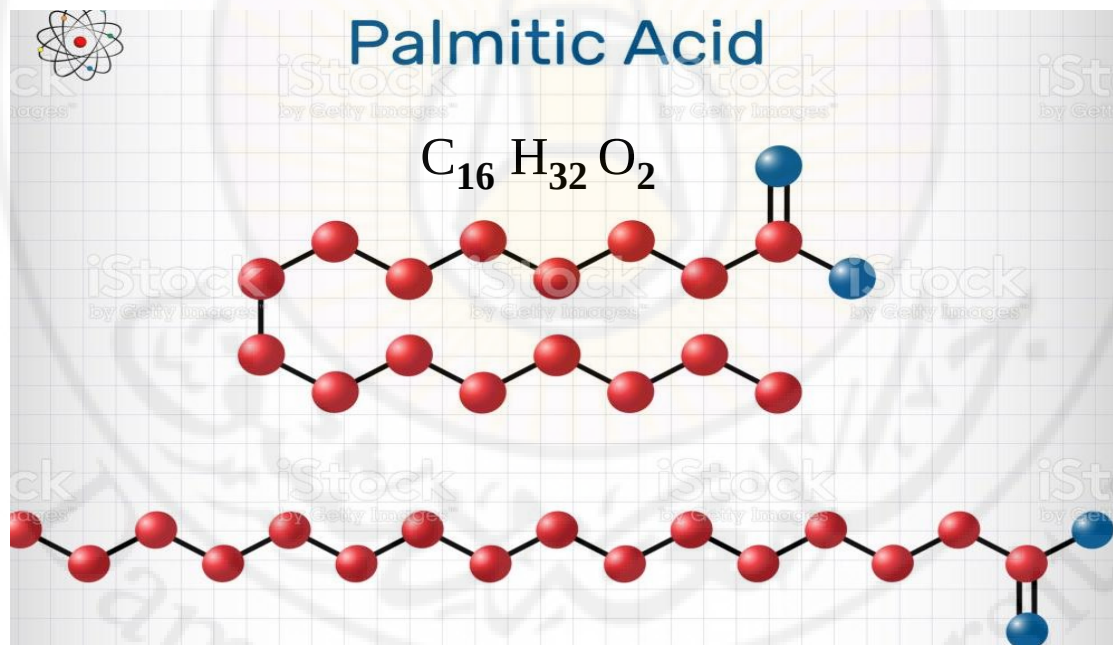
✓ إنتاج أحماض الصفراء، الهامة في عمليات هضم وامتصاص المواد الدهنية في الجسم مثل حمض الكولييك Cholic Acid وتقوم أملاح الصفراء الناتجة من حمض الكولييك بـ:
- تنشيط أنزيم Lipase الموجود في المرارة والأمعاء.

- تكوين مستحلبات لتذويب المواد الدهنية وتمنع تجمعها والتصاقها مع بعض وتسهل تكسيرها بواسطة أنزيم اللابيز، 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 الغليسيريدات الثلاثية والغليسيريدات الثنائية والغليسيريدات 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 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ ، 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:
 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$

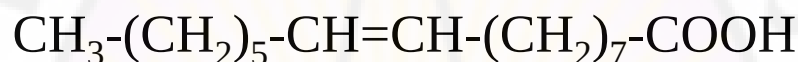
حمض البالميك Palmitic acid: يحتوي على 16 ذرة كربون ويوجد في دهون الخضروات والحيوانات وصيغته:
 $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$

حمض الستياريك Stearic acid: يحتوي على 18 ذرة كربون ويوجد في الدهون الحيوانية والنباتية وصيغته:
 $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$

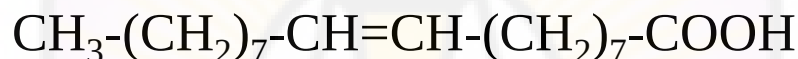
2- **أحماض دهنية غير مشبعة** (Unsaturated fatty acids): وفيها تحتوي السلسلة الكربونية على بعض الروابط زوجية بين ذرات الكربون، وتقسم إلى:

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

حمض البالميتك Palmitic acid (حمض زيت النخيل) وصيغته:



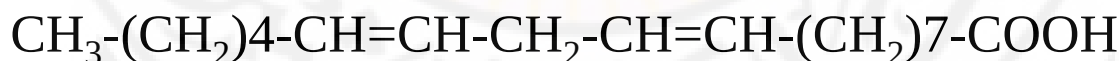
حمض الأوليك Oleic acid وصيغته :



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

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

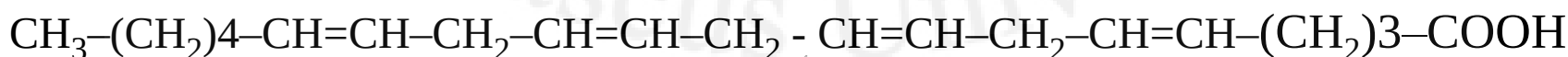
حمض اللينوليك Linoleic acid (زيت دوار الشمس) وصيغته:



حمض اللينولينك Linolenic (زيت فول الصويا) وصيغته:



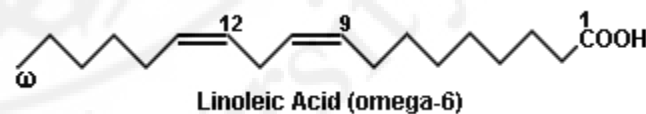
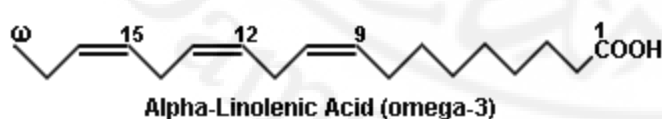
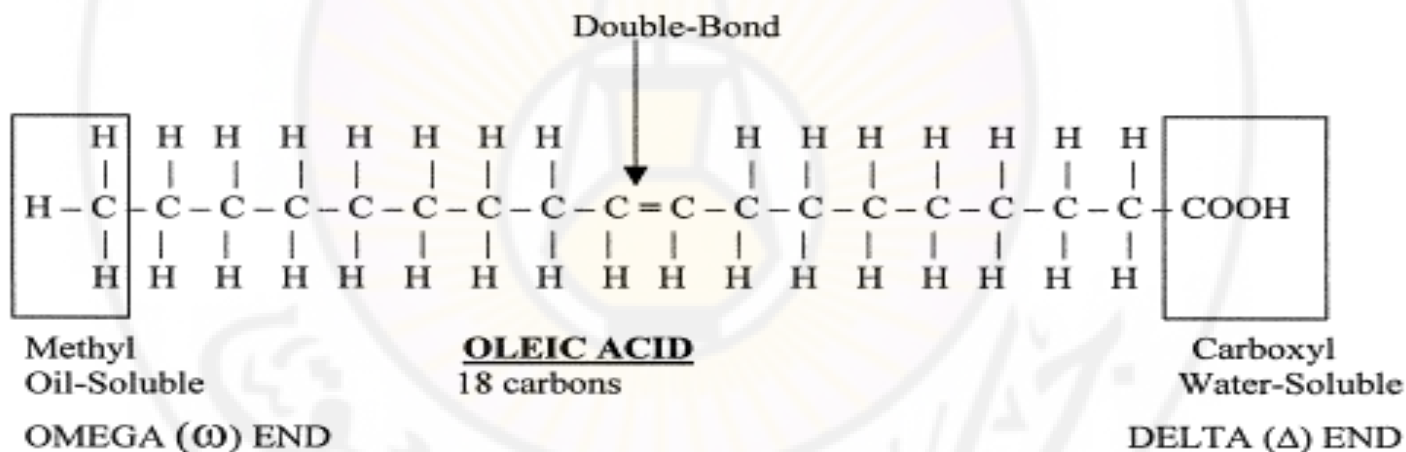
حمض الأراكيدونيك Arachidonic (زيت الفول السوداني) وصيغته:



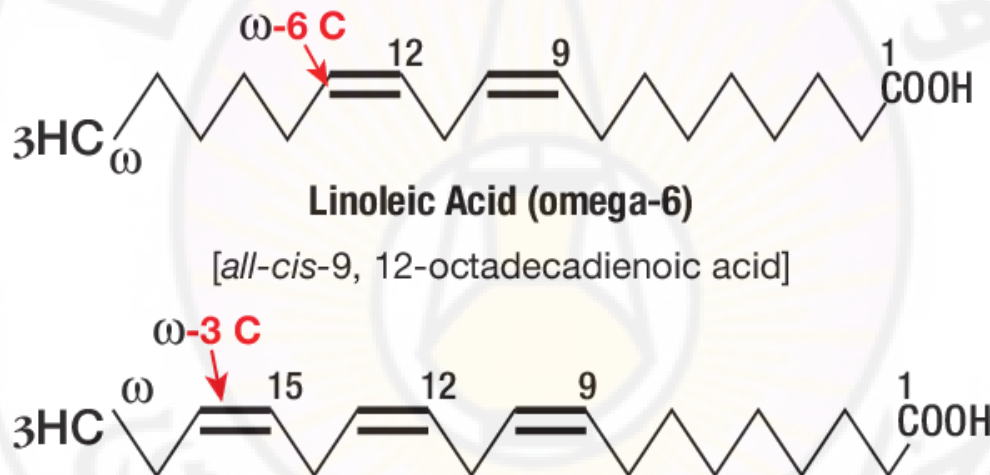
د. رحيم أبو الجدايل

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.



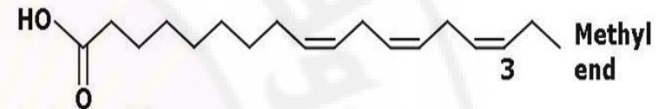
أوميغا (ω): عند ترقيم ذرات الكربون بدءاً من مجموعة الميثيل (Methyl) ($-CH_3$) أي أن ذرة الكربون لمجموعة الميثيل هي ذرة الكربون رقم (1) فإننا نستخدم الرمز أوميغا (ω) متبوعاً برقم أول ذرة كربون التي تملك رابطة غير مشبعة مثال: حمض اللينوليك C18:2 نبدأ بالترقيم من جهة مجموعة الميثيل فنجد أن ذرة الكربون رقم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



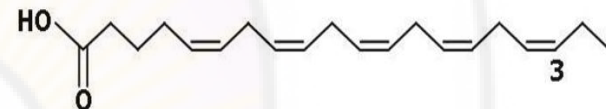
الأوميغا ω : يستخدم للتعبير عن موضع الرابطة الزوجية عند الترقيم من مجموعة الميثيل الطرفية للسلسلة الكربونية مثال: حمض اللينوليك Linoleic يعتبر من مجموعة ω-6.
دلتا (Δ): يستخدم للتعبير عن موضع الرابطة الزوجية عند الترقيم من جهة مجموعة الكربوكسيل الطرفية في السلسلة الكربونية.

أوميغا

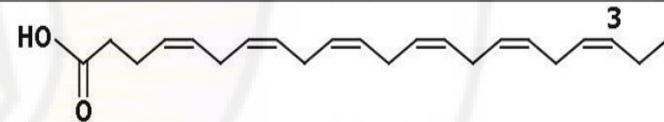
FIG. 1 OMEGA-3 AND OMEGA-6 FATTY ACIDS



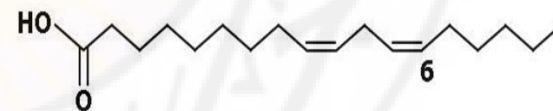
Alpha-linolenic acid (ALA, C18:3, omega-3)



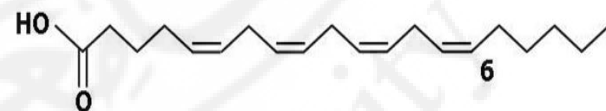
Eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5, omega-3)



Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6, omega-3)



Linoleic acid (LA, C18:2, omega-6)



Arachidonic acid (AA, C20:4, omega-6)

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**

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 $\Delta 9$ ويقع بالموقع 9 أيضاً إذا بدأنا العد من CH_3 فنقول أنه 9 ω ، وبالتالي هو غير أساسي لأن الجسم يستطيع تصنيعه.

❖ حمض لينولييك C18:2 Linolic acid حمض يحتوي 18 كربوناً و رابطتين مضاعفتين $\Delta 9,12$ 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 6 ω .

❖ يمكننا الحصول على التسمية ω بطرح آخر رقم يشير إلى الرابطة المضاعفة في الترقيم Δ من إجمالي عدد ذرات كربون الحمض، أي $18-12 = 6$.

❖ حمض ألفا - اللينولينيك α -Linolenic acid: يُرمز له ALA يتألف الحمض السابق من 18 كربوناً وثلاث روابط مضاعفة، فإذا بدأنا الترقيم من COOH نسميه $\Delta 9,12,15$ C18:3, Octadecatrienoic acid all - cis 9,12,15 أما إذا بدأنا الترقيم من جهة مجموعة الميثيل في نهاية السلسلة بإعطائها الرقم 1 فإننا نلاحظ أن أول رابطة مضاعفة تكون عند الكربون رقم 3، وبذلك ندعو الحمض 3 ω 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 Docosaheptaenoic 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 اللينوليك C18:2 Linoleic acid.
- 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 اللينولييك Linoleic acid، وهو حمض ω 6 يحتوي رابطتين غير مُشبعتين بالهيدروجين (عند ذرات الكربون 9 و 12).

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

يُطراً 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 تطراً عليه في الجسم تلك العمليات مؤدية إلى إنتاج كل من EPA و DHA، والتي تسمى الإيكوزانويدات (تحتوي 20 و 22 ذرة كربون)، ولذلك يعد حمض ألفا - اللينولينيك هو الأساسي فقط بين مجموعة الحموض ω 3.

أما بالنسبة إلى حمض اللينولييك C18:2، وهو ω 6 فيطراً 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 20 ذرة 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 من 3 ω أما مصادر الحموض 6 ω فهي الزيوت النباتية كزيت الصويا والذرة وعباد الشمس وزيت الزيتون، زيت السمسم، زيت القطن، لذلك يكون 6 ω متوافر بالغذاء أكثر من 3 ω.

عوز الأحماض الدسمة الأساسية

تتضمن أعراض عوز الحموض الدسمة الأساسية ما يلي:
اكتئاب - مشاكل قلبية.
تأخر النمو.
الفشل التناسلي ونقص الخصوبة.
آفات الجلد.
اضطرابات الكبد والكلية.
المشاكل العصبية اضطرابات رؤية.
نقص في الذاكرة (نقص 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) محولة القوام من سائل إلى صلب، ولا يتم إشباع جميع الروابط المضاعفة لأن ذلك يجعل القوام شمعيًا، 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 كلما 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 والدهن دون احتوائه على البروتين فإن ذلك يؤدي إلى الإصابة بداء كواشيوركور Kwashiorhor (احتباس سوائل وحبس) لأن من وظائف البروتين توازن السوائل فإذا اختل البروتين يختل التوازن ويؤدي للحبس الذي ينتج عن تناول 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 أو تشمع الكبد أو تناول الكحول بكثرة) يسبب نقص إنتاج بروتين الألبومين وبالتالي الإصابة 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 بإجراء مقايضة لمستوى عدد من الأنزيمات في الدم مثل أنزيم ناقلة أمين الألانين (ALT (Alanine aminotransferase حيث أن إصابة الكبد بأحد الأمراض يسبب إطلاق هذا الانزيم في الدم وارتفاع مستواه.

المحاضرة الرابعة: المحليات Sweeteners

1. المحليات Sweeteners

2. الطعم الحلو Sweet taste

3. تصنيف المحليات Classification of sweeteners



أولاً : المُحَلِّيات Sweeteners

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

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

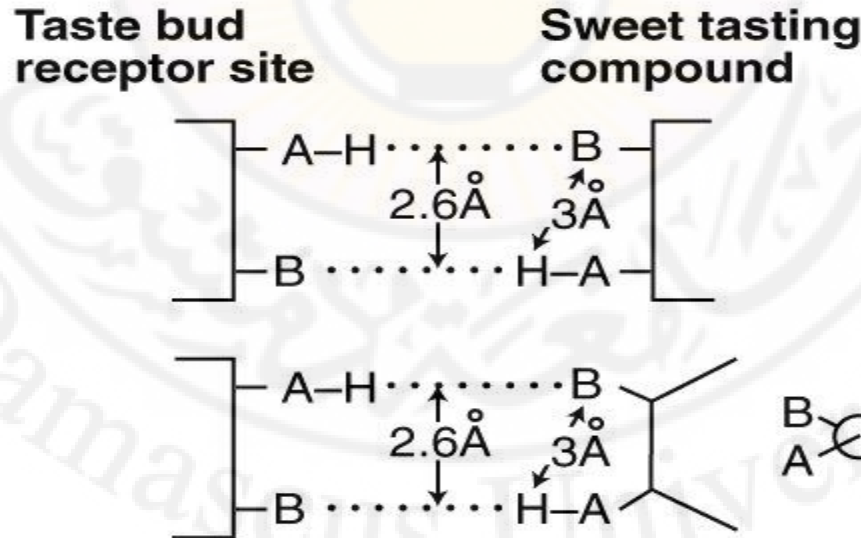
المُحَلِّيات الطبيعية: وهي المُحَلِّيات التي تُحضر من مصادر طبيعية كالفواكه والخضار وجذور وأوراق بعض النباتات، ووضعت منظمة FDA المُحَلِّيات الطبيعية التالية ضمن قائمة GRAS (Generally Recognized As Safe) عصائر الفواكه، العسل، شراب القيقب، الدبس، التمر، سيروب الصبار بالإضافة إلى وجود عديد من المُحَلِّيات الطبيعية الأخرى مثل السكريات الكحولية، وتستخدم المُحَلِّيات 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، والمُحَلِّيات الطبيعية الغير المُغذية، كالغليسيرين، التوماتين، مونيлин، ستفيوسيد، النيوهيسبيردين، كوركولين وميراكولين.

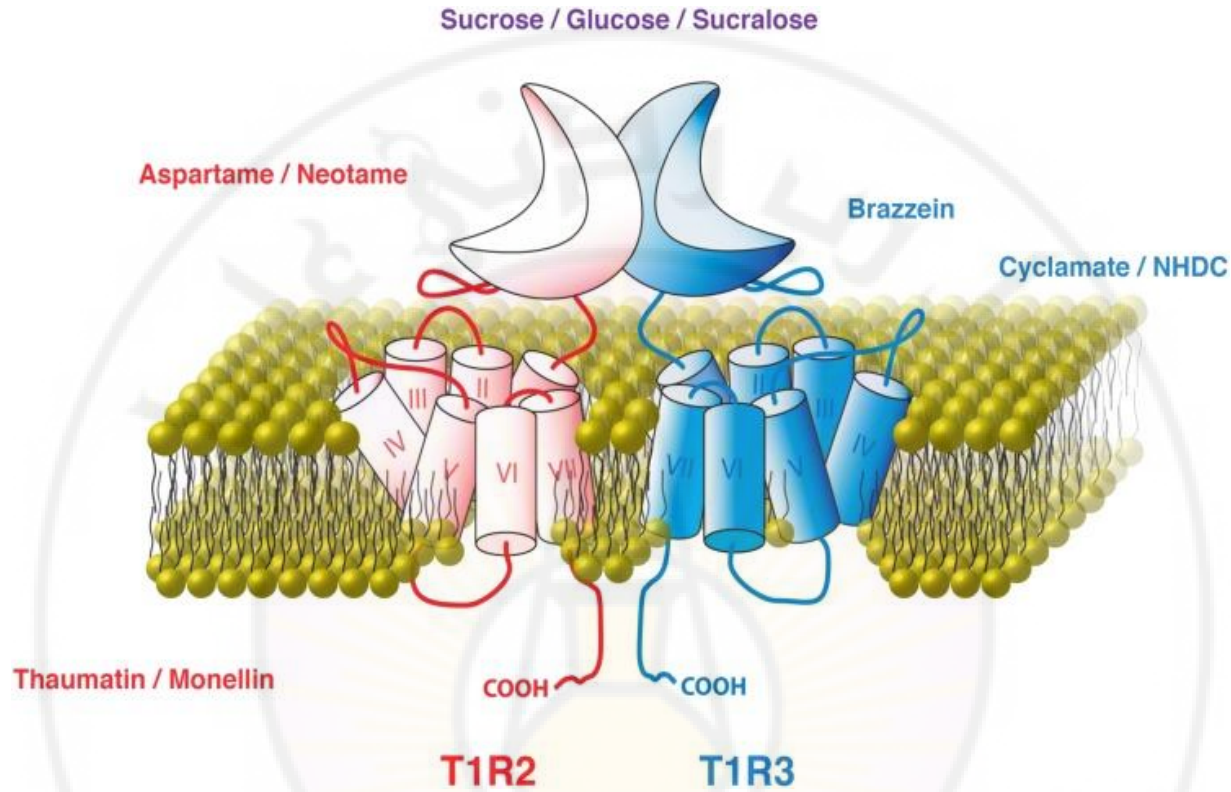
المُحَلِّيات الصناعية: مواد صناعية، يتم اشتقاقها من مواد أخرى طبيعية أو كيميائية تطوّر استخدامها كمادة مُحَلِّية بعد اكتشاف مذاقها الحلو، وتُعرف أيضاً باسم المُحَلِّيات المركّزة، لأنها تتمتع بنسبة حلوة أكثر بكثير من سكر المائدة، السكروز، مثالها السكرين، السيكلامات، الأسبارتام، فوق الأسبارتام، الدولسين،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

ثانياً: الطعم الحلو Sweet taste

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

1. مُعطي 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 المُحليّات وتحفز مواقع المستقبلات البروتينيّة T1R2-T1R3، حيث تحتوي هذه المستقبلات على معطي ومستقبل للبروتون، حيث يرتبط A-H المُحليّ مع B المستقبل ويعطيه بروتون، بالمقابل يرتبط A-H المستقبل مع B المُحليّ ويعطيه بروتون، فيحدث تداخل بينهما (يمكن تشبيهها بمبدأ القفل والمفتاح)، فحينما يرتبط المركب المناسب مع المستقبل فإن الشكل الفراغي للأخير يتغير، فتتفتح قنوات الكالسيوم وتغلق قنوات البوتاسيوم الموجودة في غشاء الخلايا فتُرسل الشوارد المتحررة سيّالة عصبية إلى الدماغ يفسّرها بشكل طعم.

1.2. القدرة المحلّية Sweetening strength

تُقاس القدرة المُحلّية للمواد ويُعبّر عنها رقمياً باستخدام العلاقة الآتية:

$$F(C_s) = C_s / C_x$$

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

مثال:

نحل 10 مغ من السكروز في 100 مل ماء ويتم تذوق طعم المحلول، ويُحضّر 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 المُحضّر، 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 2 غ في 100 مل وأعطى طعم حلو مشابه في حلاوته حلاوة محلول السكروز المُحضر فإننا نقول إن القدرة المُحلّية 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 المُحلّية للماء تختلف عن إضافتها للأغذية التي تحوي مركبات عديدة ومختلفة، ووجود مواد أخرى كتآزر أو تضاد المُحلّيات مع بعضها، وكذلك تتأثر بحرارة وحموضة الوسط.

ثالثاً: تصنيف المحليات Classification of sweeteners

1. المحليات الغذائية

السكريات
والسكريات
الكحولية

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

2. المحليات غير الغذائية

الطبيعية

الصناعية

لا تمدنا بالطاقة، وإن جميع المحليات غير التغذوية أكثر حلاوة من السكر.

1.3. المَحَلِّيات المغذية

المُحَلِّيات التي تمد الجسم بالطاقة.

1.1.3. المَحَلِّياتُ المَغْذِيَّةُ:

تُعْطَى باستهلاك كل 1 غ منها 4 كيلو كالوري، والسكريات الكحولية يُعْطَى 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.

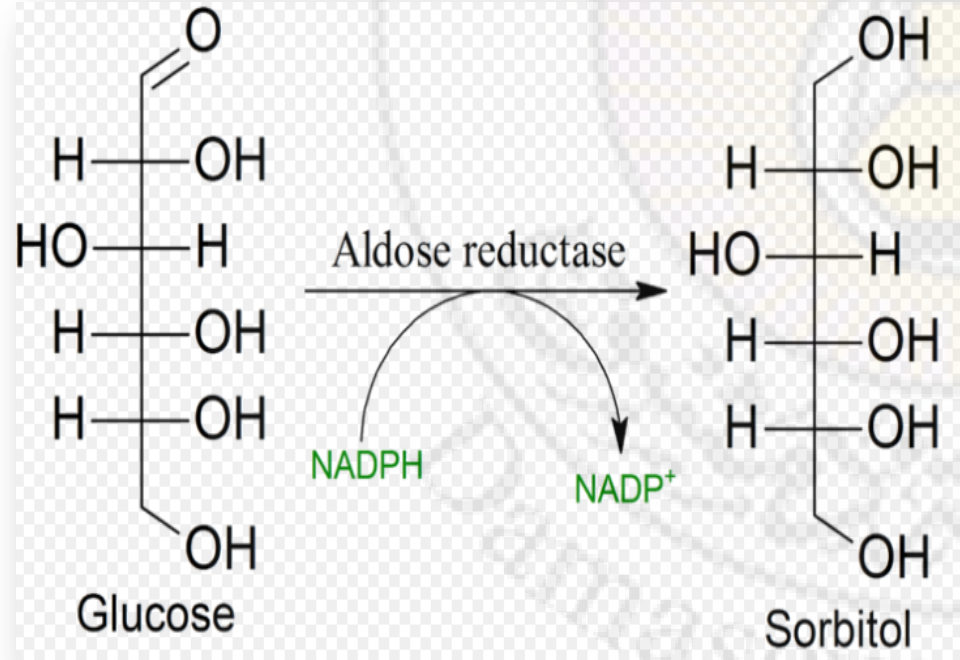
3- تسوس الأسنان، حيث تشكل السكريات بيئة مناسبة لنمو وتكاثر الميكروبات في الفم.

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 المَحَلِّيات الصناعية والمَحَلِّيات الطبيعية غير التغذوية، الخالية من الطاقة.

2.1.3. السكريات الكحولية:

تُخْتَزَل السكريات البسيطة، المحتوية على مجموعة الألدريد أو مجموعة الكيتون مع الهيدروجين بوجود عوامل مساعدة أو بتأثير بعض الأنزيمات للحصول على كحولات سكرية عديدة الهيدروكسيل، فعند اختزال سكر الجلوكوز 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 والمُعَلَّبة.



وتُسمى السكريات الكحولية غالباً، باستبدال النهاية «-وز» ose باللاحقة «-ول» ol، حيث يعطي المانوز Mannose سكر 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 البريببوتيك، وبالتالي كمية السعرات الحرارية التي تعطيها للجسم أقل، حيث يُعطي كل 1 غ 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 مهملاً 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 ملين 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 المحلي أن يكون بحلاوة السكروز أو أكثر منها كي نكتفي بإضافة 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 1 غ من السكريات الكحولية يعطي 2.4 كيلو كالوري من الطاقة، وباستخدام ضعف الكمية نحصل على 4.8 كيلو كالوري منها، وهو ما يفوق 4 كيلو كالوري فيما لو استخدمنا 1 غ من السكروز، وبالتالي يكون الضرر أكبر.

1.2.3. المحليات غير التغذوية الطبيعية

توجد عديد من المحليات غر المغذية الطبيعية ولكن سندرس منها:

1- الغليسيريزين:

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

2- الستيفوزيد:

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

✓ ويتكون مستخلص الأوراق بشكل أساسي من غليكوسيدات الستيفوزيد وريبوديوزيد، والتي لا تُمتص ولا تستقلب في الجسم.

✓ نقي وثابت في الحرارة حتى 200 م° وأكثر حلاوة من السكر بـ 200 – 300 مرة.

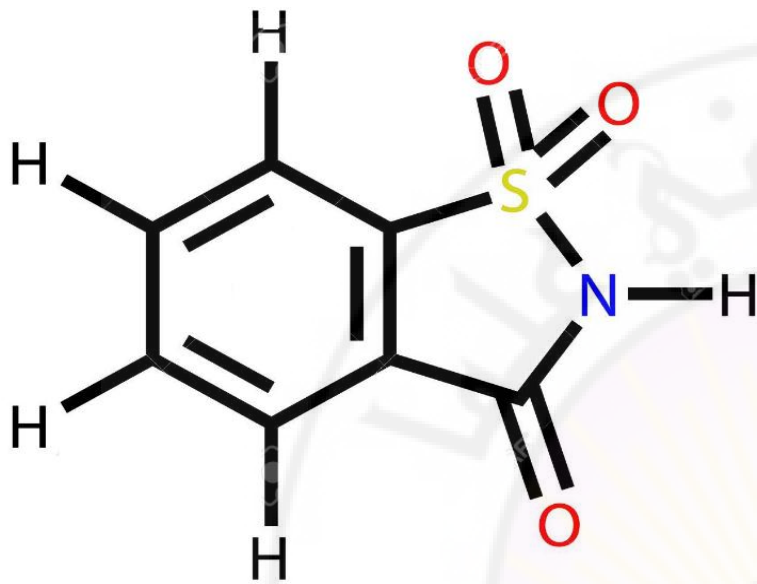
✓ ثابت نسبياً ضمن مجال واسع من الحموضة.

✓ له طعم مُر، وصنفته الـ FDA ضمن قائمة GRAS.

2.2.3. المَحَلِّيات غير المغذية الصناعية

نظراً لعدم الحصول على مُحَلِّيات طبيعية مثالية، يُلجأ إلى المَحَلِّيات الصناعية، سندرس منها مايلي:

1. السكرين Saccharin.



E 954
 $C_7H_5NO_3S$

أقدم مُحلّي صناعي، 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 كالسلفامويل والسلفوناميد والأوتو تولوين والأورتو سلفا تولوين وغيرها، ولذلك طُورت طريقة العالم ماومي Maumee والتي انطلق فيها من حمض الأنترانيليك (حلقة عطرية ووظيفية أمينية ووظيفة حمضية بوضع أورثو) مع الميثانول للحصول على الإستر الميثيلي منه، وهو أنترانيلات الميثيل، والذي يخضع لتفاعل ديازرة (بفضل وجود أمين عطري) فنحصل على شاردة ديازونيوم والتي تُعطي بوجود SO_2 والكلور مركباً يعطي مع النشادر السكرين، حصل ماومي على سكارين نقي وخال من الشوائب، لكنه بقي محتفظاً بالطعم المر الذي يخلّفه عقب الطعم الحلو، ومنه تبين أن الطعم المر متعلق ببنيته هو بحد ذاته لا بالشوائب.

صفات السكرين:

✓ أكثر المُحلّيات ثباتاً ولا يتفاعل 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:

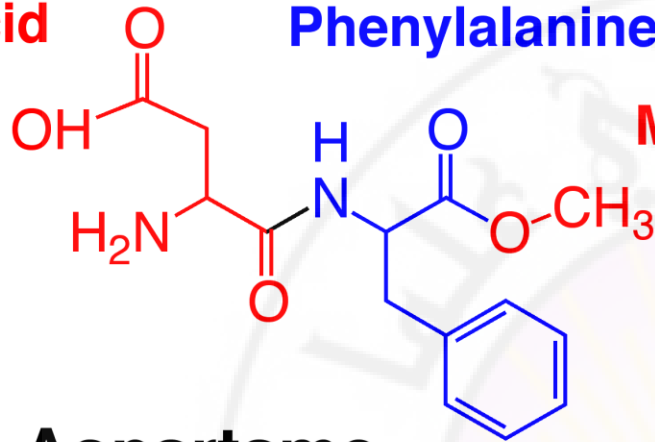
درجة الحرارة	نسبة التخرّب %
100	0.2
150	0.7
200	4.6
230	6

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

Aspartic
acid

Phenylalanine

Methanol



2. الأسبارتام Aspartame:

E 951

$C_{12}H_{17}N_2O_5$

Aspartame

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

- الأسبارتام ببتيدي ثنائي، يتكون من حمضين أميين، حمض الأسبارتيك + الإستر الميثيلي للفينيل ألانين، ويدعى بـ Aspartic acid phenylalanine methyl ester APM.
- لا يعطي الأسبارتام طعمه الحلو إلا إذا كان الحمضان الأمينيان 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 الأمينية للفينيل ألانين مع الوظيفة الكربوكسيلية التي في الموضع α الأقرب لوظيفة الأمين 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 LL α .

مميزات 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 الأسبارتام، وبينت نتائج الدراسات عدم وجود أدلة تثبت 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 المرة.

مساوئ الأسبارتام:

- ✓ يتخرب بالحرارة، بعكس السكرين ذي الثبات العالي جداً، لذلك لا يُستعمل في الأغذية التي تتعرض لحرارة تعقيم أو تحميص، وإن ترك المشروبات الغازية في الشمس يؤدي إلى فقدان القدرة المُحلّية له.
- ✓ كما أن ثبات الأسبارتام محكوم بدرجة pH بحدود 4، ففي pH حمضي بين 2 و 2.5 تتحلله الوظيفة الإستيرية فيه إلى وظيفة حمضية، فيصبح اسمه APA spartic acid phenylalanine بدلاً من AMP، حيث يتحول الإستر الميثيلي للفينيل ألانين إلى الفينيل ألانين، ويفقد الأسبارتام قدرته المُحلّية.
- وفي وسط ذي درجة pH أعلى من 4 فإن الأسبارتام يخضع لعملية حلقة Cyclization ويتخرب معطياً دي كيتو البيرازين DKP الذي يمتلك طعماً مرّاً.
- ✓ يُستقلب في الجسم ويُعطي طاقة.

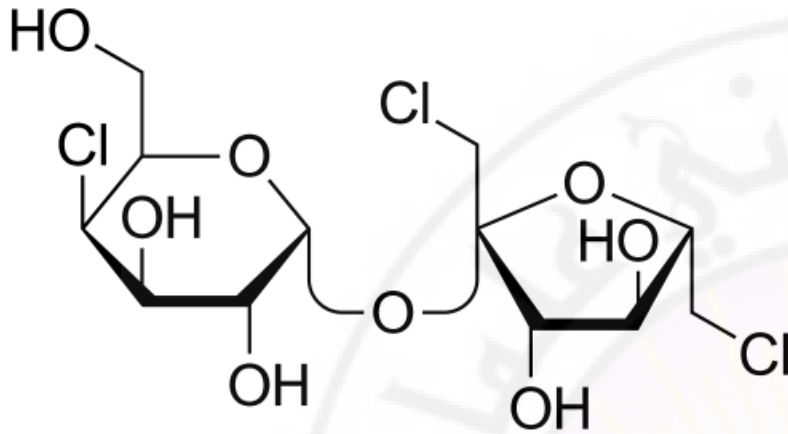
يُستقلب الأسبارتام في الجسم إلى مكوناته، فيعطي حمض الأسبارتيك والفينيل ألانين، أما الإستر الميثيلي فيعطي الميثانول، ولكل منها مشاكله في الجسم:

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

الفينيل ألانين: يتحول الفينيل ألانين في الجسم بواسطة أنزيم الفينيل ألانين هيدروكسيلاز إلى التيروسين والذي بدوره يتحول إلى عدة مركبات منها الميلانين والدوبامين والتيروكسين وغيرها، وبالتالي فإن الأشخاص فاقدون لهذا 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 ببيلة الفينيل كيتون، وإن نحو 50% من وزن الأسبارتام يتدرّك 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 يتدرّك إلى حمض الأسبارتيك.

3. السوكراالوز Sucralose:



E 955
 $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$

يُشتق السوكراالوز من السكروز عن طريق إدخال ثلاث ذرات كلور إلى السكروز بدلاً من ثلاث وظائف OH (عملية هلجنة) وتتبع بعملية كلورة إضافية وإزالة مجموعة الأستيل .

✓ يمتلك السوكراالوز قدرة مُحلّية أعلى بـ 600 مرة من السكروز.

✓ يدعى أيضاً TGC في اختصار لـ Trichlorogalactosucrose، ويعرف تجارياً بـ Splenda.

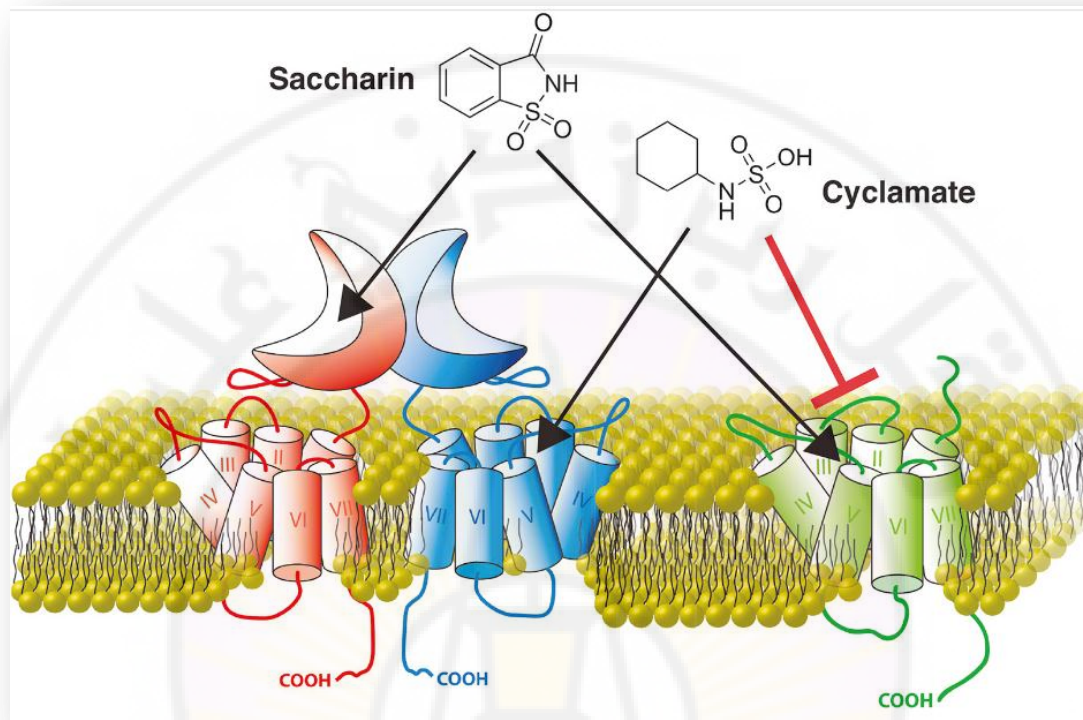
✓ نظراً لوجود وظائف الكلور في بنيته فإن السوكراالوز لا يستقلب أنزيمياً وبالتالي فإنه لا يعطي طاقة.

✓ يُعطى السوكراالوز للحوامل من دون مشكلات، فلم يظهر له آثار جانبية.

✓ حلول بالماء، وله ثباتية جيدة.

✓ يُستخدم بالتآزر مع المُحلّيات الصناعية الأخرى.





ملاحظات:

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



خُذْهَا نَصِيحَةً مِنْ يَدٍ لَا نَامَتْ نَهَاراً وَلَا أَكَلَتْ لَيْلاً

لَكُمْ أَحْلَى الْأُمْنِيَّاتِ وَالْفُرَصِ الْجَيِّدَةِ

المحاضرة الخامسة: البروتينات Proteins

كلية العلوم الصحية - د. رحيم أبو الجدايل

1. تركيب البروتينات Composition of proteins

2. بنى البروتينات Proteins folding

3. وظائف البروتينات Proteins functions

4. الأحماض الأمينية Amino acids



أولاً: تركيب البروتينات Composition of proteins

البروتينات من المركبات العضوية النيتروجينية، معقدة التركيب وذات الوزن الجزيئي المرتفع وتتكون أساساً من عناصر C , H , O , N , P , S 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 الأمينية وحدة البناء الأساسية فيها، فتتكون البروتينات من اتحاد عدداً من الأحماض الأمينية، بتفاعل بلمرة وتكثيف، حيث ترتبط مجموعة الكربوكسيل COOH لأحد الأحماض الأمينية برابطة ببتيدية، تساهمية، مع مجموعة الأمين NH₂ للحمض الأميني الآخر، ويخرج جزيء ماء، وتختلف البروتينات فيما بينها باختلاف عدد وكمية وتسلسل الأحماض الأمينية، وعند ارتباط حمضين أميين يسمى بالببتيد الثنائي Dipeptide، وفي حالة ارتباط عدة أحماض أمينية يطلق عليها الببتيد المتعدد Polypeptide.

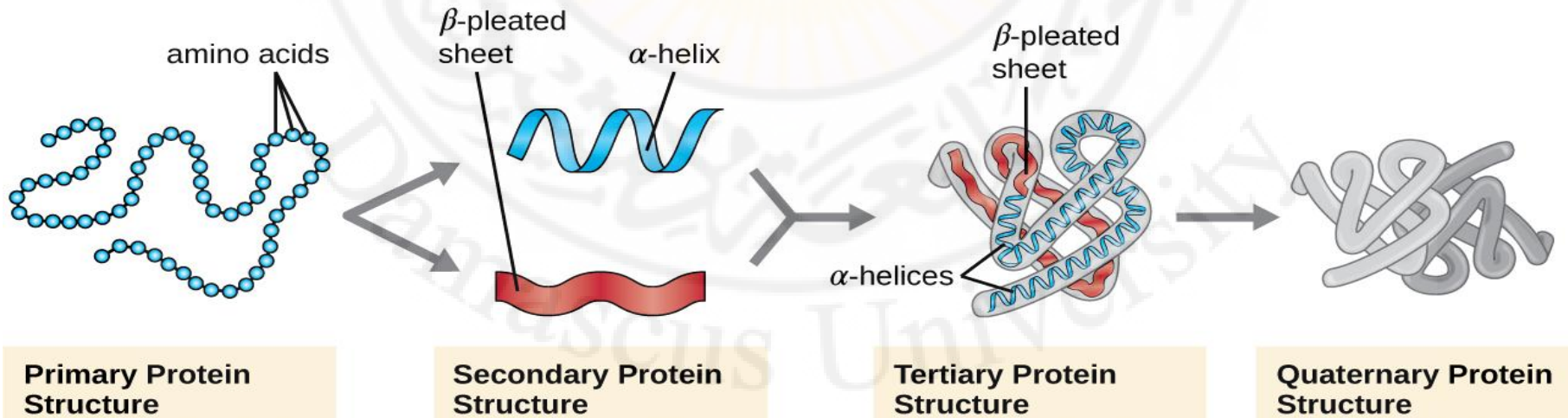
ثانياً: بُنى (تَطوي) البروتينات Proteins folding

البنية الأولية Primary structure:

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

البنية الثانوية Secondary structure:

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



البنية الثالثة 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 التطوي، وتلعب الروابط الهيدروجينية ضمن السلسلة، والروابط التساهمية من خلال الجسور S-S- ثنائية الكبريت، والروابط الأيونية (بين الأحماض الأمينية القاعدية و الأحماض الأمينية الحمضية) و الروابط الهيدروفوبية دوراً هاماً في تشكيل البنية الثلاثية للبروتين، وتعد البنية الثلاثية بنية ثلاثية البعد، تلعب دوراً رئيسياً في وظيفة البروتين، ومثال عليها نذكر تشكيل الموقع النشط للإنزيمات من خلال التقارب الثلاثي البعد لبعض الأحماض الأمينية (البعيدة في ترتيبها داخل البنية الأولية).

البنية الرابعة Quaternary structure:

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

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

1.2. تمسخ البروتينات Proteins denaturation

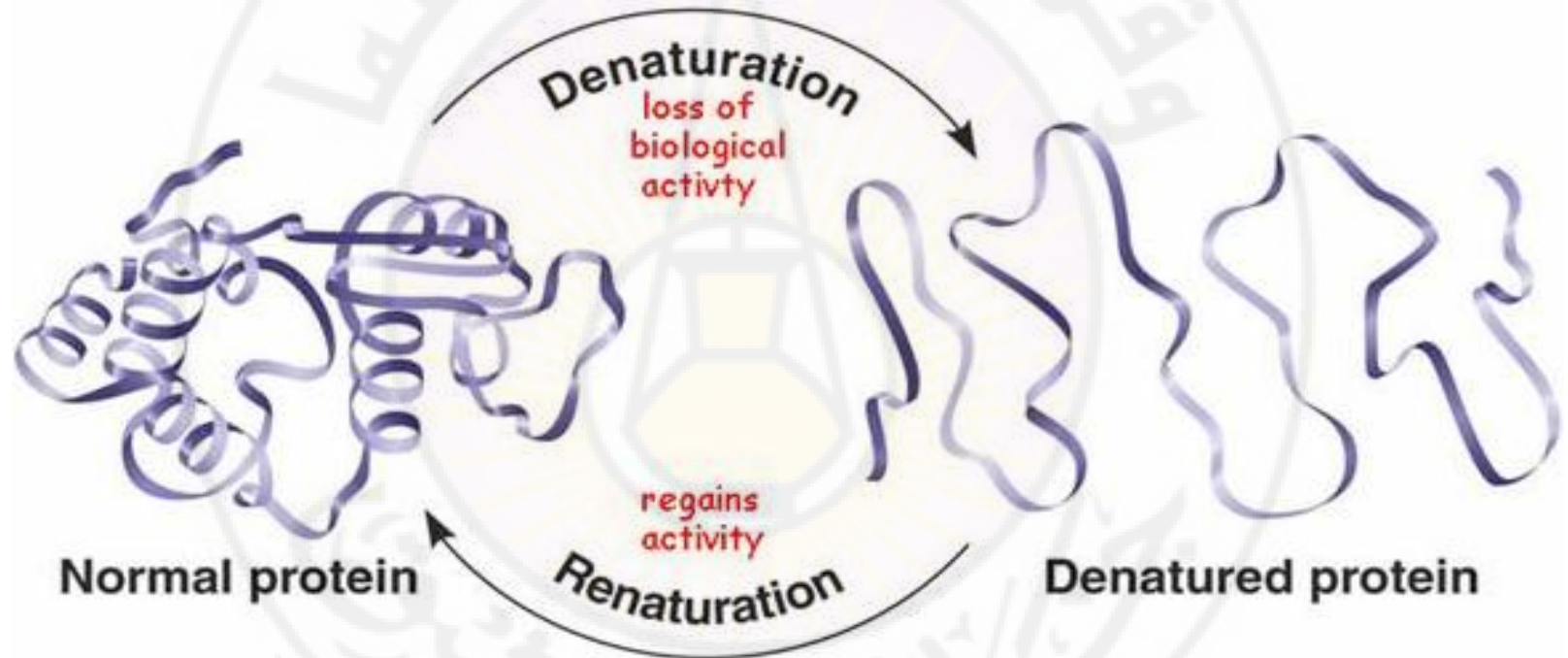
يشير هذا المصطلح إلى التغيرات الفيزيائية التي تطرأ على البنية المعقدة، الرابعة والثالثة والثانوية، في تركيب البروتينات Unraveling the Fold عند تعرض البروتينات لظروف غير مواتية، كالحرارة والحموضة وتركيز الملوحة العالي والضغط والمجانسة الميكانيكية، حيث تسبب في تفكك الروابط الضعيفة الماسكة للبنى المعقدة، ويصبح البروتين عبارة عن سلسلة عديمة التطوي من الأحماض الأمينية، وبالتالي تفقد هذه البروتينات وظيفتها، ويمكن لهذه السلاسل أن تتجمع وتترسب وتشكل شبكات بروتينية، ولذلك أثر سلبي في الصناعات الغذائية، حيث أن ذلك يفقد البروتينات خصائصها التصنيعية كعدم القدرة على 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: يفكك الروابط الهيدروجينية المتشكلة بين مجموعات الأميد في البنية الثانوية، وبين السلاسل الجانبية في البنية الثالثة.

الحموض والأسس: تسبب تفكك الروابط الشاردية.

التمسخ

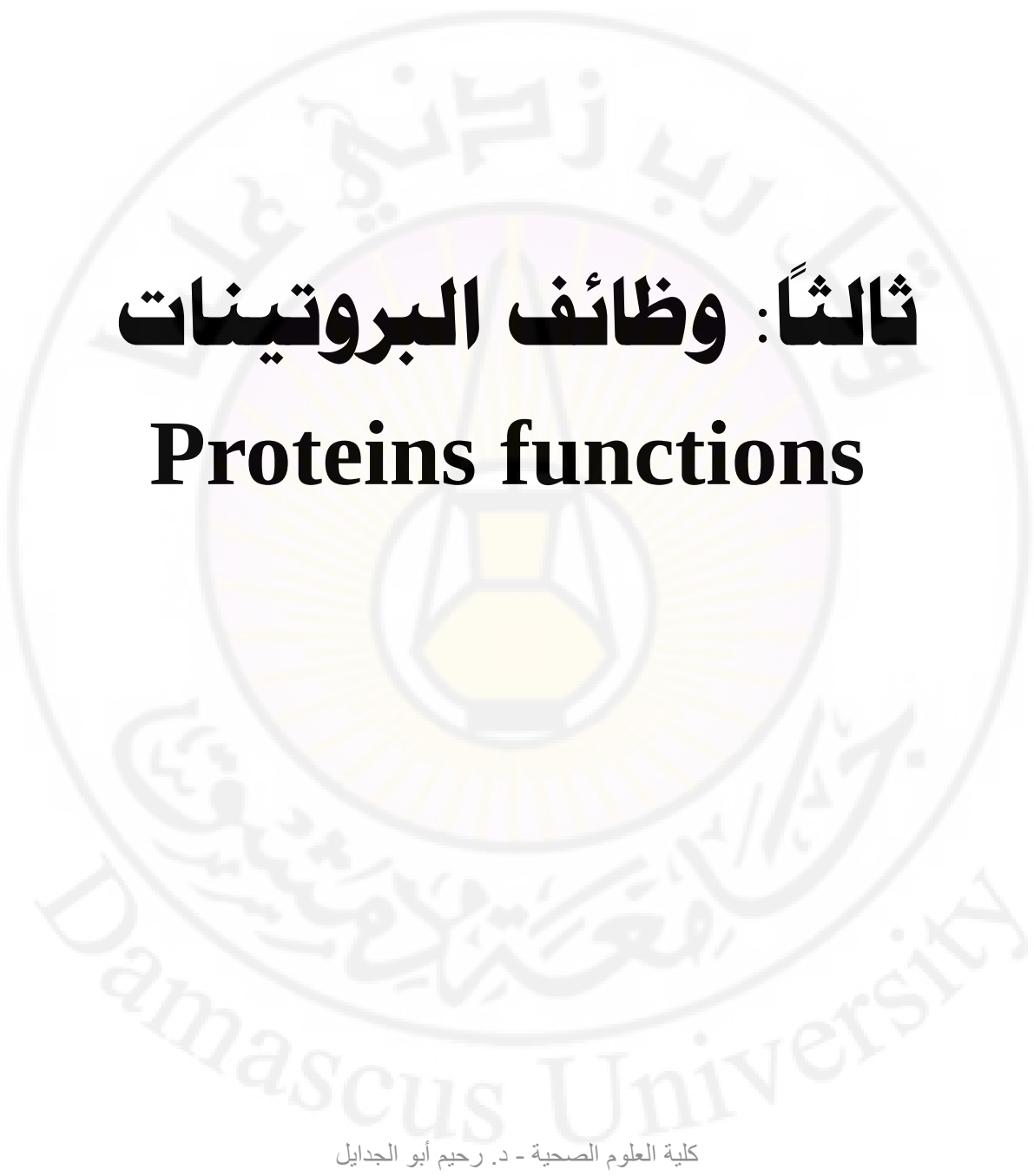


إعادة التشكل

البناء الكيميائي في البروتينات

يختلف البناء الكيميائي للبروتينات تبعاً لعدة عوامل:

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

The background of the slide features a large, faint watermark of the Damascus University logo. The logo is circular, with a central emblem depicting a stylized building or monument. The text "Damascus University" is written in English at the bottom of the circle, and Arabic text is written along the top and sides of the inner circle.

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 بعدد من العمليات الحيوية الهامة في الجسم مثل: الهضم الغذائي وإنتاج الطاقة وتخثر الدم وحركة العضلات والتوسط لتسهيل التفاعلات الكيميائية، مثل أنزيم الببسين 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 بنوية**: تدخل في تركيب أنسجة الجسم، مثل الأيلاستين والكولاجين الداخلة في تركيب النسيج الضامة.

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

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

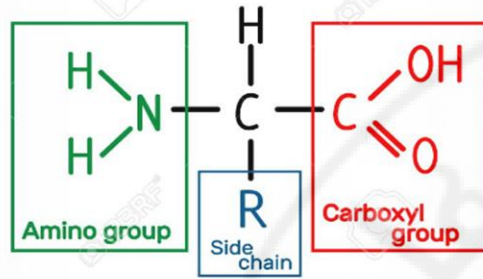
4- تمثل مواد غذائية ضرورية لنمو وصحة جسم الانسان، حيث توجد في المنتجات الغذائية ذات المصدر الحيواني كالبويض واللحوم والألبان وذات المصدر النباتي كحبوب البقوليات.

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

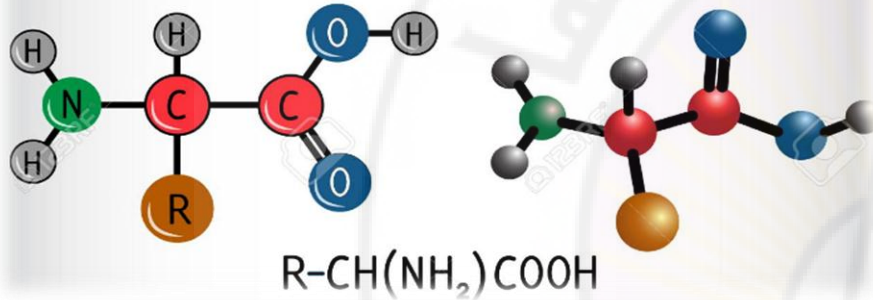
6- بروتينات ناقلة: مثل الهيموغلوبين الناقل للأكسجين في كريات الدم الحمراء.

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

Amino acids



رابعاً: الأحماض الأمينية:



الأحماض الأمينية مركبات عضوية تملك الصيغة العامة $R-CH(NH_2)-COOH$ ، تحتوي على مجموعتين وظيفيتين فعاليتين، هما مجموعة الأمين القاعدية NH_2 ، ومجموعة الكربوكسيل $COOH$ الحمضية، ويمثل الجذر R تراكيب عديدة ومتباينة تعد السبب في وجود أحماض أمينية 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 الأمين ومجموعة الكربوكسيل وذرة الهيدروجين والسلسلة الطرفية (R group)، أما في الغلايسين ذرة ألفا 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 الأمينية الأساسية (التي من الضروري وجودها في الغذاء لأن الجسم لا يصنعها) وعددها تسعة وهي كالآتي :

فينيل ألانين 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 لتنبيهه.

ميثيونين Methionine : يحتوي 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.

الهستيدين 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 :

الأنين 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