الفصل الثامن

8

الكيمياء الحياتية

Biochemistry

بعد الإنتهاء من دراسة هذا الفصل يتوقع من الطالب أن:

- ☐ يميز بين أنواع الكاربوهيدرات.
- ☐ يعرف أنواع السكريات وما هي الاختلافات بينها.
- ☐ يستطيع الكشف عن النشأ.
- ☐ يعرف اللبيدات (الدهون).
- ☐ يتعلم كيفية صناعة الصابون والمواد المستخدمة في صناعته.

1-8 مقدمة

تُعَدُّ الكيمياء الحياتية العلم الذي يعنى بكيمياء التراكيب الحيوية في اجسام المخلوقات الحية. حيث يدرس هذا العلم التغيرات الكيميائية التي تحدث في جسم الانسان او اجسام المخلوقات الحية فان هذا النوع من الدراسة يربط بين المجال الكيميائي والمجال الحيوي الوظيفي لتلك المخلوقات. وفي هذا الفصل سنتطرق لمقدمات يسيرة عن نوعين من المواد الغذائية المهمة لصحة اجسامنا وما يحدث لهما من تغيرات خلال العمليات الحيوية داخلها. هذان النوعان هما: الكاربوهيدرات والبروتينات.

2 - 8 الكاربوهيدرات Carbohydrates

هل فكرت يوماً بالنشويات التي تُكون معظم غذائنا من الخبز والرز ونحوها ومم تتكون؟ ام هل تعرف السبب الكامن وراء الطعم الحلو للعسل وبعض الفواكه كالموز والتفاح والعنب؟

ان نوعاً من المواد الكيميائية يدخل في تركيب تلك الاغذية يعرف بالكاربوهيدرات او النشويات او السكريات.

الكاربوهيدرات والنشويات والسكريات هي المواد الغذائية الاساسية للانسان.

فما هي الكاربوهيدرات؟ وما انواعها وخصائصها؟

8 - 2 - 1 تركيب الكاربوهيدرات

لو اجريت تحليلاً لأنواع من هذه المواد لوجدت انها تحتوي على كاربون وهيدروجين واوكسجين ونسبة الاوكسجين فيها مرتفعة. وتبين الصيغة التركيبية لمعظم الكاربوهيدرات ان كل ذرة كاربون في الجزيء ترتبط بالذرات المكونة لجزيئات الماء وهي $(CH_2O)_n$ أو $C_n(H_2O)_n$ ولذا اطلق عليها اسم كاربوهيدرات المشتق من كاربون (Carbon) وماء (Hydrate).

تقسم الكاربوهيدرات الى كاربوهيدرات معقدة (Complex carbohydrate) وكاربوهيدرات بسيطة (Simple carbohydrate) وغالباً ما تكون على شكل سلاسل كاربونية مستمرة قابلة للالتفاف وتشكيل جزيئات ذات سلاسل كاربونية حلقية ويكون التركيبان الحلقي والمستمر في حالة اتزان مستمر.

2-2-8 اصناف الكاربوهيدرات:

تصنف الكاربوهيدرات الى انواع اهمها ما يأتي :

1- الكاربوهيدرات احادية التسكر (سكريات احادية) (Monosaccharides) : كالكلوكوز والفركتوز.

2 - الكاربوهيدرات ثنائية التسكر (سكريات ثنائية) (Disaccharides) : كالسكروز والمالتوز واللاكتوز.

3 - الكاربوهيدرات متعددة التسكر (سكريات متعددة) (Polysaccharides) : كالنشأ والسيليلوز.

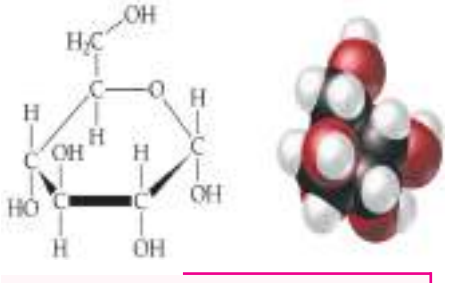
سنعرض بعض التفاصيل عن كل نوع منها :

1 - الكاربوهيدرات احادية التسكر

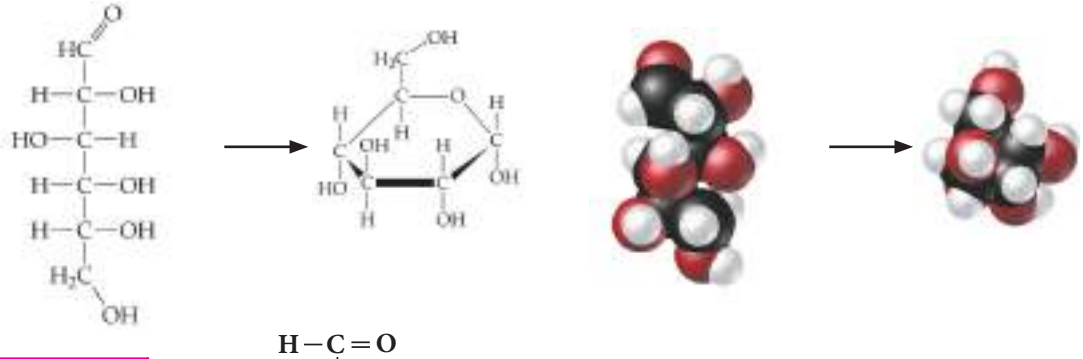
تعد الكاربوهيدرات الاحادية التسكر ابسط انواع الكاربوهيدرات ومن اشهر الامثلة عليها الكلوكوز والفركتوز.

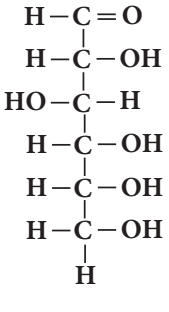
أ - سكر الكلوكوز أو سكر العنب (Glucose) :

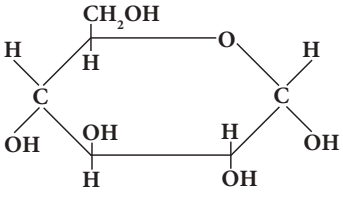
يوجد سكر الكلوكوز في الطبيعة كما ويوجد في فاكهة العنب وله أهمية واستعمالات طبية في تغذية المرضى واسعافهم خلال العمليات الجراحية وفي الحالات التي لا يتناول المريض فيها غذاءً كافياً عن طريق الفم. الصيغة الجزيئية للكلوكوز هي $C_6H_{12}O_6$ أو $C_6(H_2O)_6$ ، غير انه يأخذ شكلاً بنائياً يتوقف على الحالة التي يوجد عليها كما يأتي :



الصيغة البنائية المغلقة للكلوكوز.







تترتب جزيئة الكلوكوز من الصيغة البنائية المفتوحة الى الصيغة البنائية المغلقة .

من تأمل الشكلين يمكننا ملاحظة ما يلي :

* الشكل الحلقي عبارة عن ايثر حلقي يحوي عدداً من مجاميع الهيدروكسيل .
* الشكل المفتوح عبارة عن الديهايد يحوي عدداً من مجاميع الهيدروكسيل .

للكلوكوز صفات يمكن تفسيرها بناء على شكل الجزيء وكلا الشكلين يدل على الصفات الاساسية للكلوكوز، وتستعمل في تمثيل التفاعلات الكيميائية، لكون معظم التفاعلات تجري في المحاليل المائية، وجميع تفاعلاته الكيميائية يمكن فهمها على اساس الشكل في الحالة المفتوحة (السائلة)، ولسهولة تمثيله فسنستعمله في معرفتنا صفات الكلوكوز.

فالكلوكوز عبارة عن بلورات صلبة، له درجة غليان عالية، كما انه يذوب جيداً في الماء. ومن الصيغة التركيبية للكلوكوز نلاحظ وجود مجاميع الهيدروكسيل وذرات الهيدروجين التي تسبب القطبية العالية للجزيء والتي تُكون اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئات الكلوكوز نفسها فتسبب ارتفاع درجة غليانه، كما انه يكون اواصر هيدروجينية مع الماء مما يؤدي الى شدة ذوبانه في الماء.

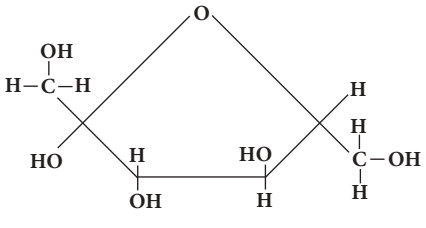
ومن الصيغة البنائية المفتوحة للكلوكوز يظهر احتوائه على عدد كبير من مجاميع الهيدروكسيل ومجموعة الديهايد واحدة، لذا فان صفاته الكيميائية تشبه الى حد كبير صفات الكحولات والالديهايدات، لذلك فهو يتأكسد بالتفاعل مع محلول تولن ومحلول فهلنك.

ب - سكر الفركتوز (سكر الفواكه) Fructose

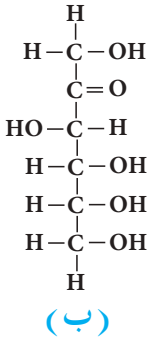
يوجد الفركتوز في العسل ومعظم الفواكه، والصيغة الجزيئية للفركتوز هي $C_6H_{12}O_6$ ، وهي كما تلاحظ تشبه الصيغة الجزيئية للكلوكوز، اما الصيغة البنائية له فتمثل بالشكلين المجاوريين (أ) و (ب).

وتتشابه الخواص الفيزيائية للفركتوز مع الخواص الفيزيائية للكلوكوز نظراً للتشابه في التركيب البنائي لهما، (فكلاهما يحوي مجاميع الهيدروكسيل ($-OH$) ومجموعة الكاربونيل ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) في الصيغة البنائية المفتوحة، ومجموعة ($-\overset{|}{C}-O-\overset{|}{C}-$) اضافة الى ($-OH$) في الصيغة البنائية الحلقية تجعل الفركتوز له درجة غليان مرتفعة وقدرة عالية على الذوبان في الماء.

تُظهر الصيغة البنائية المفتوحة للفركتوز وجود عدد من مجاميع الهيدروكسيل اضافة الى مجموعة الكاربونيل الكيتونية ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$)، الامر الذي يكسبه تفاعلات مثيلة لتفاعلات الكحولات والكيتونات، ومن تلك التفاعلات قابلية الفركتوز للتأكسد فمن الامور التي خالف فيها الفركتوز معظم الكيتونات قابليته للتأكسد بمؤكسد مثل كاشف تولن أو محلول فهلنك الامر الذي لم نعهده في الكيتونات، لذا يصنف الفركتوز على انه من السكريات المختزلة رغم كونه كيتوناً.



(أ)



(ب)

أ- الصيغة البنائية الحلقية للفركتوز
ب- الصيغة البنائية المفتوحة للفركتوز.

2) الكاربوهيدرات ثنائية التسكر :

يتكون جزيء هذا النوع من ارتباط جزيئين من السكر الأحادي متماثلين أو مختلفين بعد فقدان جزيء ماء ومن أشهر الأمثلة على ذلك :

سكر القصب أو السكروز (Sucrose) :

يستخلص السكروز ذو الطعم الحلو من نبات قصب السكر، وعند تكرير هذا السكر وتنقيته وبلورته تحصل على مادة بيضاء نقية هي السكر المتداول في نظامنا الغذائي، والذي صيغته الجزئية : $C_{12}H_{22}O_{11}$. إن الجزيء من السكروز يتكون من جزيء كلوكوز وجزيء فركتوز مرتبطين ببعضهما من خلال اصرة كلايكوسيدية تنشأ بانتزاع جزيء ماء منها . إلا أنه من السهل تحلله إليهما في عملية الهضم التي تحدث في أجسامنا .

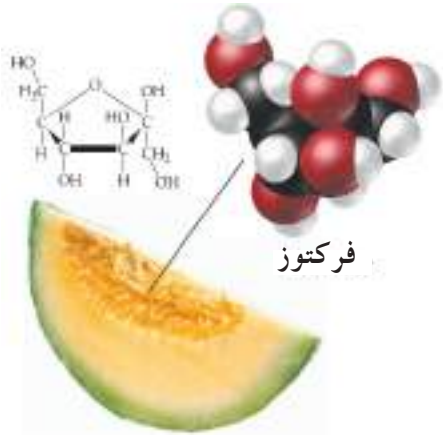
$$\text{Sucrose} \longrightarrow \text{Fructose} + \text{Glucose}$$

سكروز فركتوز كلوكوز

كلوكوز فركتوز

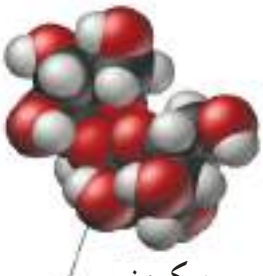
ارتباط كلايكوسيدي

سكروز



فركتوز

الفركتوز هو السكر الاساسي الموجود في الفواكة .



سكروز

سكر المائدة هو السكروز ثنائي التسكر

3) الكاربوهيدرات متعددة التسكر :

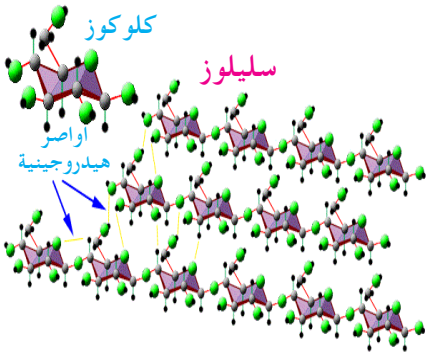
تعد بوليمراً ضخماً للسكريات الأحادية ومن أشهر الأمثلة عليها : النشأ والسليلوز (الخشب) .

أ- النشأ Starch :

حين نتناول البطاطا فنحن نتناول غذاء يحوي مادة كاربوهيدراتية ضخمة بُني هيكلها من وحدات صغيرة هي الكلوكوز، إن تلك المادة هي النشأ التي تعد بوليمراً يمثل الكلوكوز الوحدة الأساسية في بنائه حيث يتم ترابطها من خلال فك الاصرة الثنائية في الكاربونيل . وجرت العادة على تسمية الأغذية الحاوية على هذا النوع من الكاربوهيدرات بـ (النشويات) نسبة إلى وجود النشأ فيها بكمية كبيرة .

ب- السليلوز Cellulose :

يتكون السليلوز من بوليمر ضخم للكلوكوز، وعلى الرغم من أن الوحدة الأساسية له وللنشأ هي نفسها (كلاهما بوليمر للكلوكوز) إلا أن هناك اختلافاً بينهما في الشكل والخواص سببه اختلاف عدد وحدات الكلوكوز المكونة لكل منهما واختلاف ترابطها مع بعضها. إن المصدر الطبيعي للسليلوز ألياف المواد الخشبية كما أنه يوجد في قشور بعض ثمار الفواكه كالتمر. يمكن تفكيك الجزيئات الكبيرة كالنشأ والسليولوز إلى مكوناتها من الكلوكوز، وذلك بتفاعلها مع محاليل الحوامض، أو بتأثير بعض الأنزيمات. وهي تشبه ما يحدث في اجسامنا عند هضم تلك المواد.



السليلوز

محاليل حوامض او انزيمات

Cellulose ⟶ **Glucose**

نشأ أو سيليلوز — كلوكوز

النشويات

3-2-8 الكشف عن النشأ

يمكن لجزيئات النشأ ان ترتبط مع جزيئات اليود في محلول اليود لتكون مركباً ذا لون ازرق، ومحلول اليود يحضر باذابة بلورات يود في محلول مائي ليوديد البوتاسيوم. لذا فالكشف عن النشأ يتم باضافة قطرات من محلول النشأ المائي الى محلول اليود في يوديد البوتاسيوم وظهور اللون الازرق دلالة على ان المادة المضافة هي النشأ.

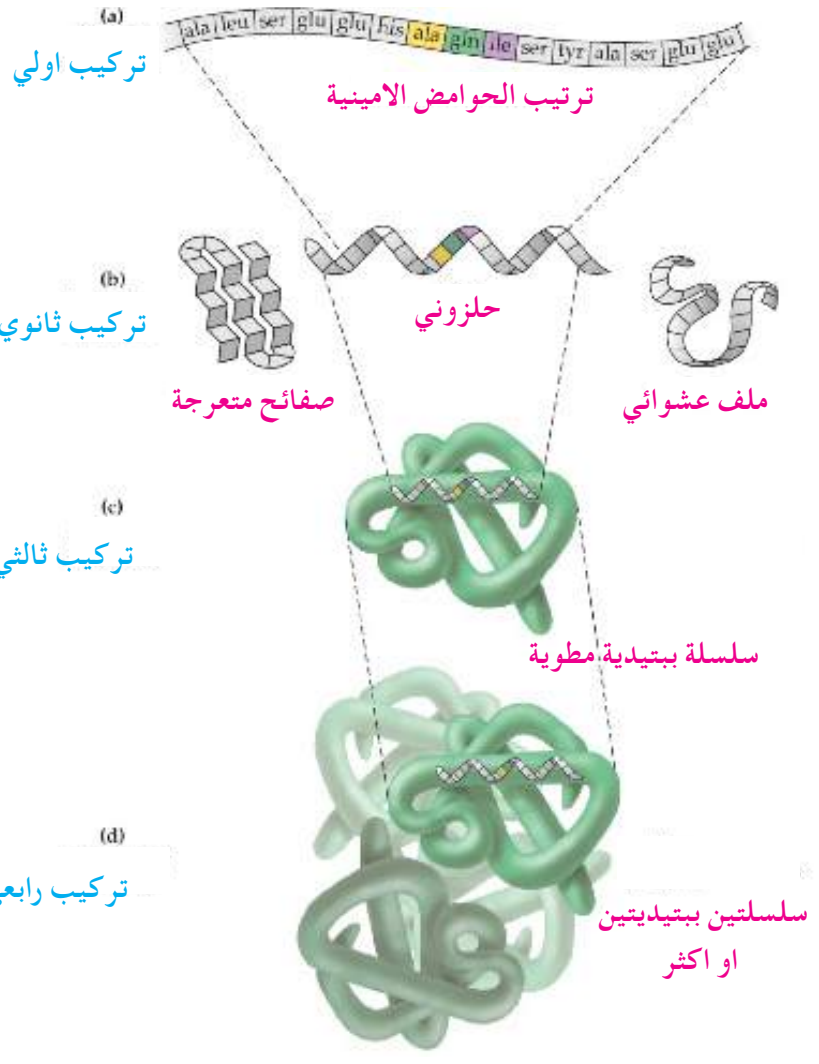
3-8 البروتينات Proteins

الأصل اليوناني لكلمة بروتين المقطع الاول (Pro) يعني الاول والمقطع الثاني (teins) يعني أهمية أو الأساس، إن هذه المواد خلقها الله سبحانه لتسهم في بناء أنسجة المخلوقات الحية، حيث تدخل في تركيب جميع الخلايا الحية، وهي أساسية في غذاء الأنسان لأنها المصدر الأول للحوامض الآمينية التي يحتاجها الانسان لنموه.

البيض مصدر للبروتين

فما هو التركيب الكيميائي لهذه المواد؟ فيم تتشابه جزيئاتها، وفيم تختلف؟ وماذا نعرف عن أشكال جزيئاتها؟ وهل نستطيع تحضيرها بسهولة في المختبر؟

المصدر الأساسي لأي بروتين هو الأجسام الحية، إلا أن المنطقة الواحدة من الجسم قد تحتوي على انواع متعددة من البروتينات التي يجب فصل بعضها بعضاً، ونظراً لتشابه تركيبها الكيميائي وصفاتها الفيزيائية والكيميائية، فإنه من الصعب فصلها بطرق كيميائية سهلة.



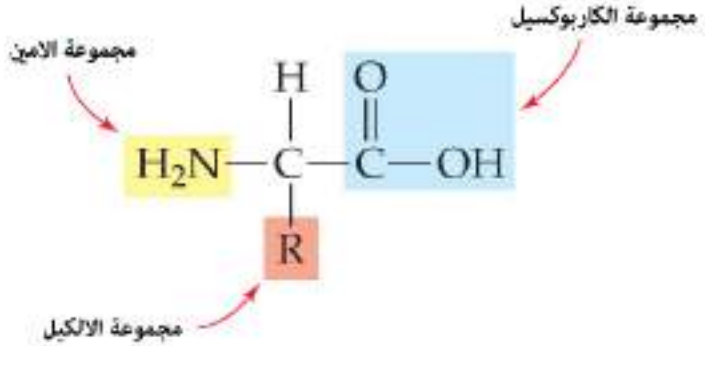
جزيئات البروتينات

1-3-8 العناصر المكونة لجزيئات البروتين

بعد إجراء التجارب العملية وجد ان البروتينات تحتوي على عناصر أساسية هي : الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين وأحياناً على عناصر ثانوية مثل الكبريت والفسفور.

2-3-8 الاحماض الأمينية

تعد الاحماض الأمينية الوحدة الأساسية لبناء البروتين، وتمثل بالصيغة البنائية العامة الاتية :



الصيغة العامة للاحماض الامينية.

تأمل الصيغة البنائية العامة للأحمـــاض الأمينية ثم أجب عن التساؤلات الاتية :

1 – ما المجموعتان الوظيفيتان التي تشترك فيهما جميع الاحماض الأمينية؟

2 – ما الأثر الكيميائي لكل مجموعة على صفات الحامض الأميني؟

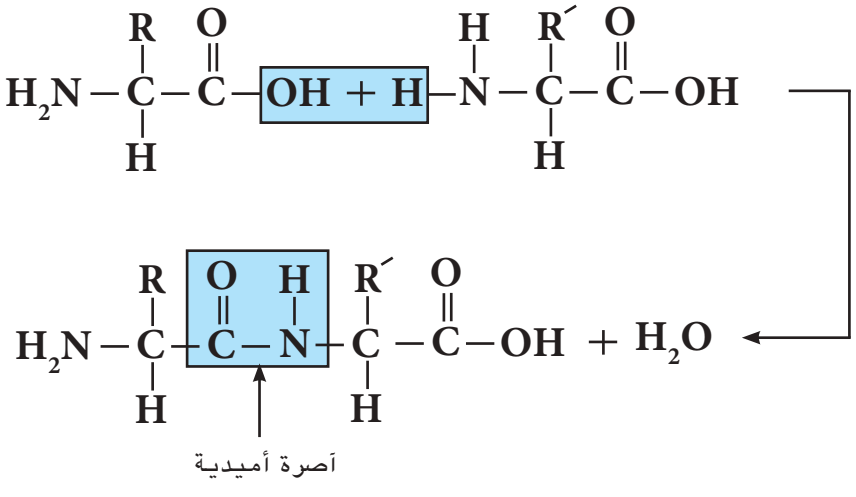
من الواضح أن أختلاف الأحماض الأمينية عن بعضها ناشئ عن اختلاف الجذر R .

3-3-8 تكوين البروتين

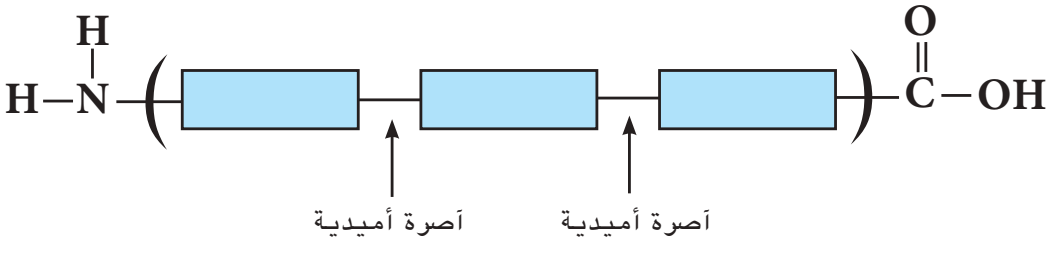
يتكون البروتين من ارتباط اعداد كبيرة من وحدات بنائية صغيرة هي الاحماض الأمينية (بعد فقدان جزيء ماء لكل نقطة ارتباط) باواصر تدعى الاواصر الأميدية (الببتيدية) مكونة سلسلة طويلة من الجزيئات (بوليمر) ذات كتلة مولية كبيرة تتراوح بين 40000 – 40000000 ، وفي التفاعل العام التالي تتضح الطريقة التي يتم بها تكوين البروتين :

تمرين 8-1

علل ان البروتينات مواد ذات صفات حامضية – قاعدية (مواد امفوتيرية) (amphoteric) .



سيكون أحد طرفي البروتين عبارة عن مجموعة كاربوكسيل ، والطرف الأخر مجموعة أمين وفي ثناياه عدد من المجاميع الأميدية كما هو في الشكل التوضيحي الاتي :



4-3-8 التفاعلات الاساسية للبروتينات :

معظم التفاعلات المهمة للبروتينات تحدث في خلايا أجسام المخلوقات الحية ، ومعظمها يشمل تجزئة البروتين إلى أجزاء صغيرة مكونة من واحد أو أكثر من الاحماض الأمينية ، وفي المختبر يمكن أيضاً تجزئة البروتين إلى الاحماض الأمينية المكونة له ، وذلك بالتفاعل مع الاحماض غير العضوية مثل HCl حيث يقوم بفك الاصرة الأميدية (هو تفاعل مماثل لما يحدث عند هضم البروتين في المعدة) ، كما يمكن تجزئة البروتين إلى أملاح الاحماض الامينية بالتفاعل مع القواعد غير العضوية مثل NaOH .

الشعر بروتينات ذات شكل خيطي.

تختلف البروتينات بعضها عن بعض باختلاف أنواع الاحماض الأمينية وأعدادها وترتيبها، فهناك ما لايقل عن 20 حامضاً أمينياً تنتج عدداً ضخماً من البروتينات المختلفة، ووظيفة البروتين في الجسم الحي تعتمد على نوع الاحماض الأمينية المكونة له وترتيبها داخل بنية جزيئاته، ولهذا يبذل الباحثون جهوداً كبيرة لمعرفة ترتيب الاحماض الامينية في بروتين ما بهدف محاولة انتاج مشابه له في المختبر لتعويضه عند الحاجة الى ذلك في أجسام المخلوقات الحية.

تقوم البروتينات بدور حيوي في جسم المخلوق الحي، وبالرغم من تشابهها في التركيب الكيميائي، والاواصر بين ذراتها وجزيئاتها،إلا أنها بسبب كبر حجمها تتخذ أشكالاً تختلف في وظائفها وصفاتها الطبيعية مثل:

- بروتينات تتخذ شكلاً خيطياً (ليفياً) كما هو في الكرياتين في الشعر والصوف.
- بروتينات شبه كروية كما هو في البيض.

والوظائف الاساسية للبروتينات تتمثل بانها تقوم بوظائف أساسية في أجسام المخلوقات الحية تعتمد إلى حد كبير على الشكل العام للجزيئات (نوع مكوناتها وتركيبها)، واي تأثير يغير من الشكل العام للبروتينات في هذه المواد يعطلها عن عملها ويؤثر على حياة المخلوق الحي. ومن أشهر المواد الحيوية البروتينية في أجسامنا: الأنزيمات والهرمونات والهيموكلوبين في الدم.

4-8 الانزيمات

تُعَدُّ الانزيمات صنفاً من البروتينات وهي موجودة في جميع خلايا الجسم كعوامل مساعدة عضوية تتكون داخل الاجسام الحية وتعمل بصورة مستقلة، ولها فاعلية في العمليات الحيوية كالهضم والتمثيل الغذائي، وعملية التنفس.

تتكون الانزيمات داخل جسم الكائن الحي وتتجدد باستمرار بسبب انها تفقد فاعليتها بمرور الزمن في اثناء التفاعلات الحيوية ويكون عملها ضمن pH معينة وتتلف بالحرارة، كما ان لها مضادات توقف عملها.

تعمل الانزيمات كعوامل مساعدة للتقليل من الطاقة اللازمة (طاقة التنشيط أوطأ) لحدوث التفاعل عنه بدون انزيم.

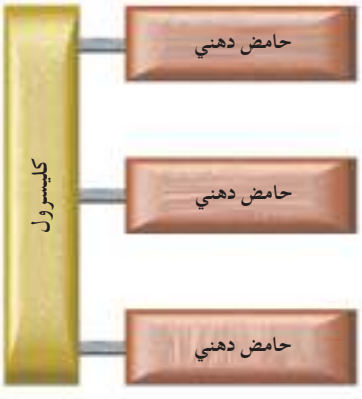
وهناك نوعان من الانزيمات:

1 - الانزيمات الداخلية وتعمل داخل الخلية نفسها وليس لها القابلية على التنافذ خلال غشاء معين مثل الانزيمات التأكسدية.

2 - الانزيمات الخارجية ويكون عملها خارج الخلية (اي بعد افرازها من الانسجة) مثل الانزيمات الهاضمة.

5-8 الدهون (اللبيدات) Lipids

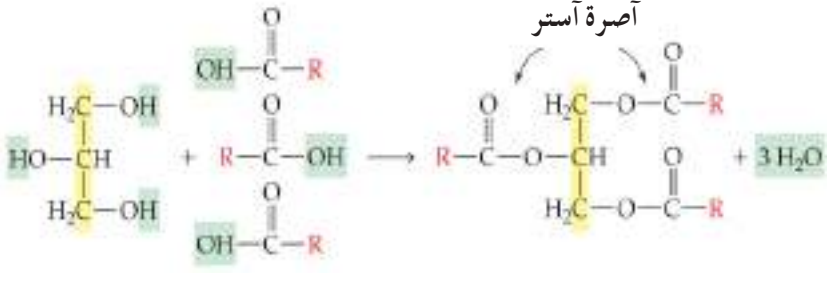
توجد المواد الدهنية في الطبيعة بكميات كبيرة، وتتركز الزيوت النباتية في بذور النباتات مثل القطن والذرة والسمسم وفي بعض الثمار مثل الزيتون وجوز الهند، وهناك الشحوم الحيوانية وتوجد في كل خلايا الجسم وتُعَدُّ المادة الاساس التي يختزنها الجسم للحصول على الطاقة عند الحاجة، اذ ان هضمها واكسدتها يؤدي الى تحرر كميات كبيرة من الطاقة، فهي تمثل اغذية الطاقة الكامنة المخزونة في جسم الكائن الحي. وكذلك لها اهمية اقتصادية حيث تدخل في صناعة الصابون والاصباغ والشموع.



ثلاثي الكليسرايد

الدهون (الشحوم الحيوانية والزيوت النباتية) مركبات لا تذوب في المذيبات القطبية كالماء، لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالايثر والكلوروفورم، وتكون هذه المركبات ذات ملمس دهني. تكون الشحوم الحيوانية صلبة في درجة حرارة الغرفة اما الزيوت النباتية فتكون سائلة.

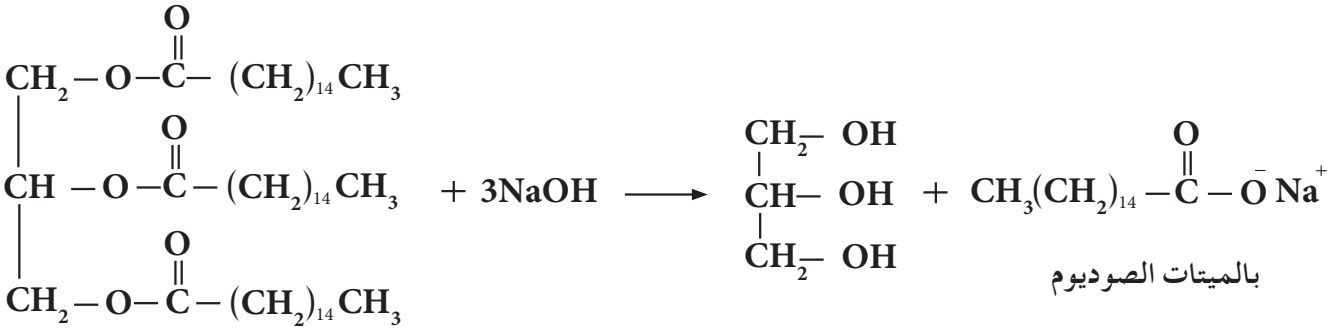
والدهون عبارة عن الاستر الثلاثي للكليسرول (Triester of glycerol) مع الحوامض الشحمية Fatty acids والتي تتكون من سلسلة هيدروكاربونية طويلة ($C_{12} - C_{24}$) لها مجموعة كاربوكسيلية طرفية، ويدعى هذا التركيب بثلاثي الكليسرايد.



6-8 الصابون

ان صناعة الصابون من اقدم الصناعات الكيميائية التي عرفها الانسان، فالصابون هو عبارة عن ملح االصوديوم (او البوتاسيوم) لحامض دهني، وتتم عملية الصوبنة هذه بفعل القواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH او هيدروكسيد البوتاسيوم KOH على الزيت او الدهن Fat ويضاف محلول لملح كلوريد الصوديوم فتتصلب مادة تتكون على شكل طبقة سميكة ترشح من خلال قطعة قماش لينتج الصابون بعد غسله بالماء البارد لازالة اي بقايا من الملح.

الصابون



يتوقف عمل الصابون الناتج من عملية الصوبنة على نوع القاعدة المستخدمة ونوع الزيت او الدهن، فاستخدام قاعدة NaOH ينتج الصابون الصلب وهو الصابون العادي المستخدم في المنازل، اما استخدام قاعدة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH فينتج عنها الصابون الطري أو السائل المستخدم في الغسيل أو كريم الحلاقة.

وتتوقف جودة الصابون على نوع الدهون المستخدمة.

تمرين 8-2

لماذا لا يستخدم الكالسيوم او المغنيسيوم بديلاً عن الصوديوم والبوتاسيوم في صناعة الصابون.

خطوات صناعة الصابون

8-1 اختر الاجابة الصحيحة مما يلي :

1 – اي المواد التالية ليس مصدرها بروتيناً :

أ – جزيء مركب يحتوي على الكاربون والاوكسجين والهيدروجين والكبريت .

ب – جزيء مركب يحتوي على الكاربون والهيدروجين والنتروجين .

ج – مركب يتفاعل مع الحوامض والقواعد .

2 – يتكون جزيء السكروز من وحدات صغيرة هي :

أ – كلوكوز ب – فركتوز ج – كلوكوز وفركتوز .

3 – اي من العناصر التالية لا يوجد في الحوامض الامينية :

أ – النتروجين ب – الفسفور ج – الاوكسجين د – الكاربون

4 – اي من البوليمرات التالية تُعَدُّ الحوامض الدهنية الوحدة البنائية (المونمر) لها :

أ – البروتينات ب – الكاربوهيدرات ج – اللبيدات (الدهون)

8-2 علل ما يلي :

أ – يُعَدُّ سكر الفركتوز من السكريات المختزلة .

ب – تتفاعل البروتينات مع الحوامض والقواعد .

ج – يصعب فصل البروتينات بطرق كيميائية بسيطة .

8-3 اشتبه عليك محلولان احدهما نشأ والاخر كلوكوز، فكيف يمكنك التمييز بينهما في المختبر ؟

8-4 أكمل الجدول التالي :

وجه المقارنة	الكلوكوز	الفركتوز
الصيغة الجزيئية		
الصيغة البنائية المفتوحة		
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة المفتوحة		
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة الحلقية (المغلقة)		