

الدهون Lipids: هي مركبات عضوية تحتوي على ذرات C, H, O وأحياناً P أو N أو S وتشبه الهيدروكربونات حيث أنها لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الأسيتون، الأثير، والكحول الدافئ والكلوروفورم وغيرها من المذيبات العضوية ولمعظمها أوزان جزيئية عالية.

تعتبر الدهون من الجزيئات الحياتية الكبيرة. تؤلف الدهون حوالي (5-7 %) من المواد العضوية الداخلة في تراكيب الخلية الحية. هناك حوالي (40-50 %) نوعاً من الجزيئات الدهنية المختلفة في الخلية الحية وخاصة الدماغ والأنسجة العصبية.

وظائف الدهون Lipids Functions:

(١) تعتبر مصدراً للطاقة حيث أن أكسدة

1 gm من الدهون يُولد طاقة بمقدار 9 K cal

1 gm من السكريات يُولد طاقة بمقدار 4 K cal

1 gm من البروتينات يُولد طاقة بمقدار 5.5 K cal

تُخزن الدهون في الأنسجة الدهنية كخزين للطاقة عند الحاجة وبصورة مركزة، ولا تشترك معها جزيئات الماء، مقارنة بالكلايكوجين والنشأ والتي تكون حاوية على كميات عالية من الماء عند تخزينها.

(٢) تدخل في تركيب الجزء المهم من الجهاز العصبي.

(٣) تعمل الدهون كمولدات للبروستاغلاندين Prostaglandin الذي يعمل كموقف لعمليات تحليل الدهون في الأنسجة الدهنية، ويحفز العضلات الناعمة (المرساء) على التقلص مما يؤثر على الحفاظ على ضغط الدم والتحكم في تصلب الشرايين ويعمل كذلك prostaglandin كمضادات حيوية لبعض الهرمونات وتقلل من تأثيرها.

(٤) تعمل كمُنشطات لبعض الأنزيمات مثل 3-phosphatidyl choline الذي يُنشّط أنزيم glucose-6-phosphatase

(٥) تعمل كمكونات ناقلة للإلكترونات في المايكوكوندريا (ضمن السلسلة التنفسية).

(٦) تدخل في تكوين الأغشية الخلوية بشكل bilayers of phospholipids وتدخل كذلك في أغشية عضيات الخلية، كما في حالة الدهون الموجودة في الأغشية الساييتوبلازمية.

(٧) تعمل الدهون كمادة عزل حراري في الحيوان والإنسان.

(٨) تعمل كعازل كهربائي يسمح بنقل الإيعازات العصبية عبر الأعصاب.

٩) تعمل كمواد أولية لبناء مركبات أخرى مثل بعض أنواع الفيتامينات والهرمونات وأحماض الصفراء.

١٠) تعمل كمذيب لبعض الفيتامينات غير الذائبة في الماء والتي تتشابه معها في التركيب (بشكل

هيدروكاربون) مثل Vit. A, D, E, & K

١١) ترتبط بعض الدهون بجزيئات بروتينية (Lipoproteins) وتدخل كعناصر تركيبية لأغشية الخلايا وكذلك يستخدمها الجسم لنقل الدهون في الدم.

تصنيف الدهون Lipids Classification

هناك عدة طرق لتصنيف الدهون منها حسب قابلية ذوبانها في بعض المذيبات أو قد تُصنف على أساس المجاميع الموجودة فيها (كليسيرول، ستيرويدات، الخ).

وبصورة عامة يمكن تصنيف الدهون إلى:

١) **الدهون البسيطة (Simple Lipids):** وهي أسترات الأحماض الدهنية مع الكحول.

وتشمل: أ) الكليسريدات Glycerides

ب) الشموع Waxes

٢) **الدهون المركبة (Compound Lipids):** وتتألف من الأحماض الدهنية والكحولات

المرتبطة بأواصر أستيرية مع مجاميع أخرى قد تكون كليسيرول glycerol أو سيراميد ceramide أو غيرها وتُقسم إلى:

أ) **الدهون الفوسفاتية Phospholipids** وتشمل:

١) حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid

٢) مشتقات الفوسفاتيديك phosphatidic derivatives وتشمل:

- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| a) Phosphatidyl ethanol amine. | } cephaline |
| b) Phosphatidyl serine. | |
| c) Phosphatidyl inositol. | |
| d) Phosphatidyl choline (Lecithin). | |

ب) **الدهون السفنكولية (الأسفنجية) Sphingolipids** وتشمل:

- a) Sphingomyeline.
- b) Ceramides.
- c) Cerebrosides.
- d) Phosphatidyl choline (Lecithin).

ج)الدهون المتحدة مع المركبات الحياتية الرئيسية وتشمل

a)Lipoprotein.

b)Lipoamino acids.

c)Glycolipids (Lipo-polysaccharides).

٣)الدهون المشتقة **Derivative Lipids** وتشمل:

أ)الستيرويدات Steroids وتشمل:

a)Cholesterol and related compounds.

b)Bile acids.

c)Steroid hormones.

ب)الفيتامينات الذائبة بالدهون.

ج)التربينات Terpens

***بسبب كون الدهون عبارة عن اسيل كليسيريد (glycerides) acetyl glycerides والכולسترول cholesterol واسترات كولستريل cholesteryl esters جزيئات غير مشحونة لذا تسمى بالدهون المتعادلة (neutral lipids).

الأحماض الدهنية Fatty Acids:

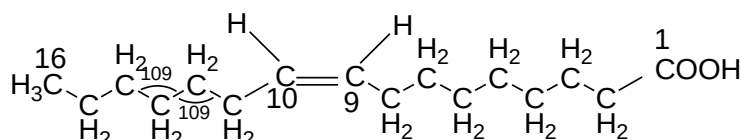
وهي حوامض كربوكسيلية ذات سلسلة هيدروكربونية مستقيمة مشبعة أو غير مشبعة. تعتبر الأحماض الدهنية مشتقات للـ لبتيدات لأنها تدخل في تكوين الأنواع المختلفة منها .
الأحماض الدهنية ذات السلاسل الهيدروكربونية القصيرة (2-10) تسمى بالأحماض الدهنية المتطايرة (VFA) volatile fatty acids كما في حامض البيوتريك Butyric acid وحامض الكابرويك caproic acid الموجود في الزبد وجوز الهند. هذه الأحماض سائلة في درجة حرارة الغرفة رغم أنها مشبعة.

الأحماض الدهنية المشبعة ذات السلاسل الهيدروكربونية الطويلة (10-24) من أهمها حامض البالميتك Palmatic acid وحامض الستريك stearic acid (يدخلان في تركيب أغلب الدهون الحيوانية والنباتية). هذه الأحماض الدهنية المشبعة تكون صلبة في درجات الحرارة الاعتيادية ولها درجات انصهار عالية.

*كلما زاد طول السلسلة الهيدروكربونية (البارافينية) للحامض زادت درجة انصهارها ودرجة غليانها وقلت قابلية ذوبانها وتطايرها.

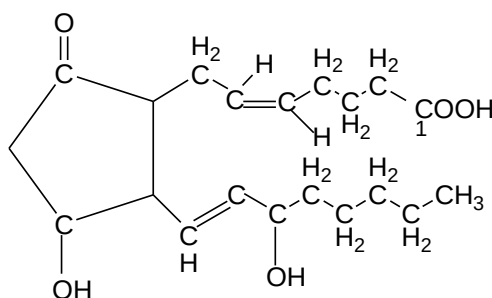
Common name	No. of Carbon atoms, no. & position of double bond	Chemical formula	Occurrence
Palmitic acid	16: 1; 9	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$	الزبد
Oleic acid	18: 1; 9	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	زيت الزيتون
Linoleic acid	18: 2; 9, 12	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	زيت بذور الكتان
Linolenic acid	18: 3; 9, 12, 15	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	زيت بذور الكتان
Arachidonic acid	20: 4; 5, 8, 11, 14	$\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{COOH}$	الليسيثين

توجد الأحماض الدهنية غير المشبعة في الطبيعة بالشكل الفراغي (cis-) حيث يكون توزيع ذرات الهيدروجين حول الأصرة المزدوجة على نفس الجانب.



Palmitic acid 16: 1; 9 (cis- form)

*تكون الأحماض الدهنية المتعددة الأواصر المزدوجة مركبات حيائية وسطية للأحماض الدهنية الحلقية تُعرف بمركبات بروستاغلاندين (Prostaglandins) والتي تعمل كمنظمات لعلميات أيضية في كثير من الأنسجة. تحتوي جميع مركبات البروستاغلاندين على 20 ذرة كربون بضمنها حلقة خماسية كما في الشكل التالي:



Prostaglandin E₂

الأحماض الدهنية غير المشبعة الأساسية (Essential Fatty Acid): وهي

الحوامض الدهنية التي لا تستطيع خلايا جسم الإنسان من تصنيعها لذلك يجب أن تؤخذ في الغذاء (توجد في صفار البيض، الزبد، الجوز، وفي أعضاء الجسم الحيواني).

تُصنف الأحماض الدهنية على أنها فيتامين (F) وهذه الأحماض الدهنية الأساسية تشمل

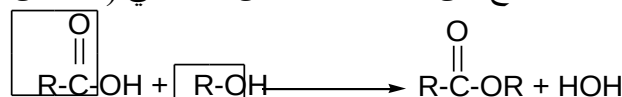
Linoleic, Linolenic and Archidonic acid

*تدخل الأحماض الدهنية الأساسية في تركيب أغشية الخلايا، وهي مُولدة للبروستاغلاندين Prostaglandin الذي يلعب دوراً مهماً داخل الجسم.

الأحماض الدهنية غير المشبعة غير أساسية (Nonessential Fatty Acids):

وهي الأحماض الدهنية التي يستطيع الجسم بنائها حياتياً.

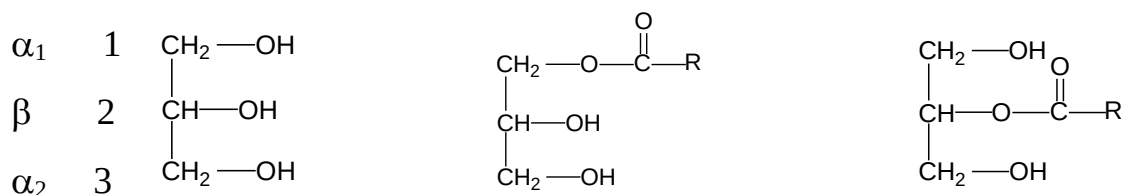
الأستر (Ester): هي مركبات تنتج من تفاعل الحامض الشحمي (حامض كابوكسيل) مع الكحول.



الدهون البسيطة (Simple Lipids):

A- الكليسيريدات أو الدهون المتعادلة (Glycerides or Neutral Lipids): وهي أبسط

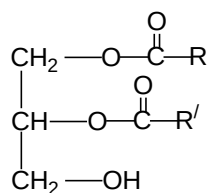
أنواع الدهون، تتكون من تفاعل الكليسرول مع الحامض الشحمي لتكون استرات الحامض الشحمي glycerides (التسمية ثلاثي اسيل كليسيرول Triacylglycerol أكثر انتشاراً)



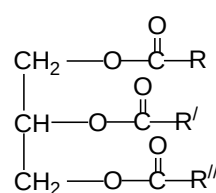
Glycerol

monoglyceride

2-monoglyceride



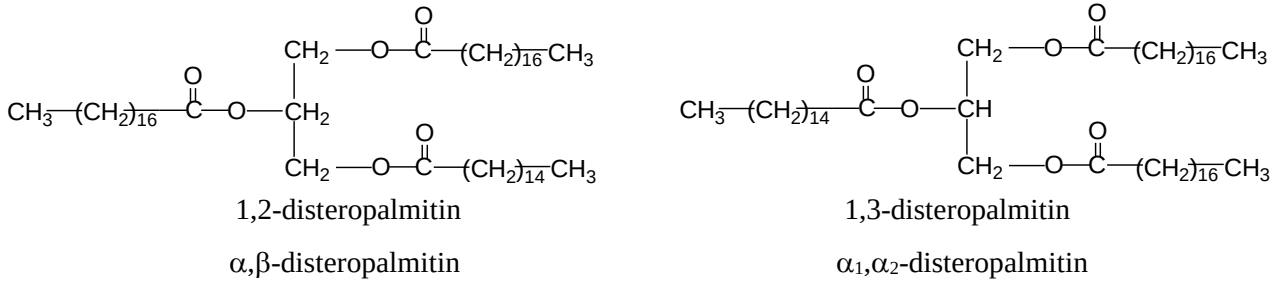
diglyceride



Triglyceride

* عندما تكون الأحماض الشحمية الثلاثة في الـ Triglyceride متشابهة فتسمى simple glyceride كما في حالة Tristearin حيث تكون الحوامض الشحمية الثلاثة حامض stearic، أما إذا كانت حامض Palmitic فيسمى الـ Triglyceride بالـ Tripalmitin وإذا كانت من نوع الحامض الشحمي Oleic acid فيسمى بالـ Triolein

* قد تكون الحوامض الشحمية الثلاثة في الـ Triglyceride مختلفة فتسمى mixed glyceride



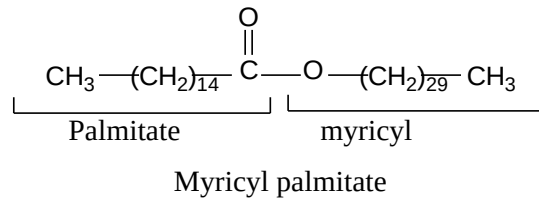
* تشمل الدهون المتعادلة على الشحوم والزيوت التي تتواجد مخزونة في الحيوان والإنسان داخل الأنسجة الدهنية (Adipose tissue) وعلى الأغلب تكون الشحوم صلبة في درجة حرارة الغرفة بسبب احتوائها على نسبة عالية من الأحماض الشحمية المشبعة بينما تكون الزيوت بشكل سائل في درجة حرارة الغرفة لاحتوائها على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة.

الشموع (Waxes): وهي أسترات لأحماض دهنية (معظمها مشبعة) وكحولات أحادية

الهيدروكسيل، وتكون ذات سلاسل هيدروكربونية طويلة فهي مركبات غير مستقطبة.

* توجد الشموع في الطبيعة بشكل مزيج من الدهون وتغطي سطح الجلد والفرو والريش وأوراق النباتات وكيوتيكول الهيكل الخارجي لعدة أنواع من الحشرات لتمنع دخول الماء والمواد الأخرى وتعطي المظهر اللامع للأوراق.

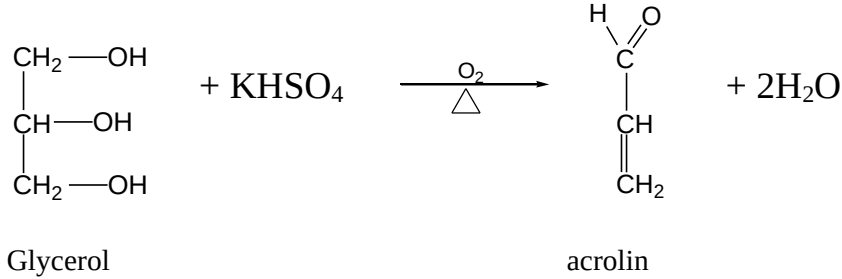
* من الشموع الطبيعية، شمع العسل الذي يحتوي على myricyl palmitate الذي يعتبر أحد المركبات الشمعية التي تدخل في تركيب الخلايا السداسية لعسل النحل.



* مركب لانولين Lanolin: هو المادة الشمعية التي تغطي شعيرات الصوف في الخراف يستعمل طبياً في تركيب بعض المراهم ومستحضرات التجميل.

التفاعلات المهمة للدهون المتعادلة:

(1) **كشف الأكرولين Acrolin Test:** تتفاعل الدهون المتعادلة بسبب احتوائها على الكليسرول مع كبريتات البوتاسيوم ايهيدروجينية أو مع خامس أو أكسيد الفسفور لتعطي مركب الأكرولين acrolin (الديهيد غير مشبع) الذي له رائحة مخدشة مميزة (تشبه رائحة الدهن الحروق وهذا ما يحدث عند التسخين المباشر والمتكرر للدهن). يستخدم هذا التفاعل للكشف عن نوع الدهن.



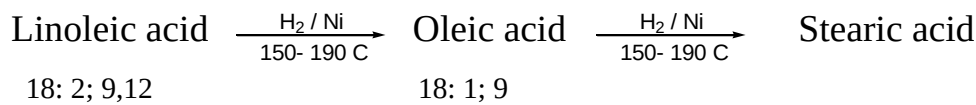
(2) **الزرنخة Rancidity:** يحصل تزنخ الدهن عند تعرضه للهواء وفي درجة حرارة الغرفة مما يؤدي إلى تكوين طعم ورائحة غير مقبولة للدهن ويحصل هذا أيضاً عند خزن الدهن لفترات طويلة. هناك طريقتان مختلفتان لتزنخ الدهن هما:

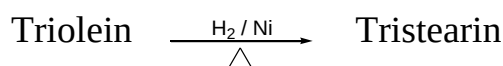
أ- **زرنخة التميؤ (التحلي) Hydrolytic Rancidity:** وفيها تتحلل الدهون التي تحتوي حوامض شحمية ذات سلسلة قصيرة نتيجة عمل الأنزيمات أو الكائنات المجهرية لنتج أحماض دهنية متطايرة (مثل butyric acid) التي لها رائحة كريهة كما في تزنخ الزبد.

ب- **الزرنخة التأكسدية Oxidative Rancidity:** وفيها تتأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في الدهون حيث تتحول الأواصر المزدوجة إلى بيروكسيد (Peroxide) وبالتالي إلى مركبات الديهايد أو كيتون أو أحماض طيارة لها رائحة كريهة. وجود الحرارة، وكذلك الرطوبة تساعد على تعجيل عملية الأكسدة.

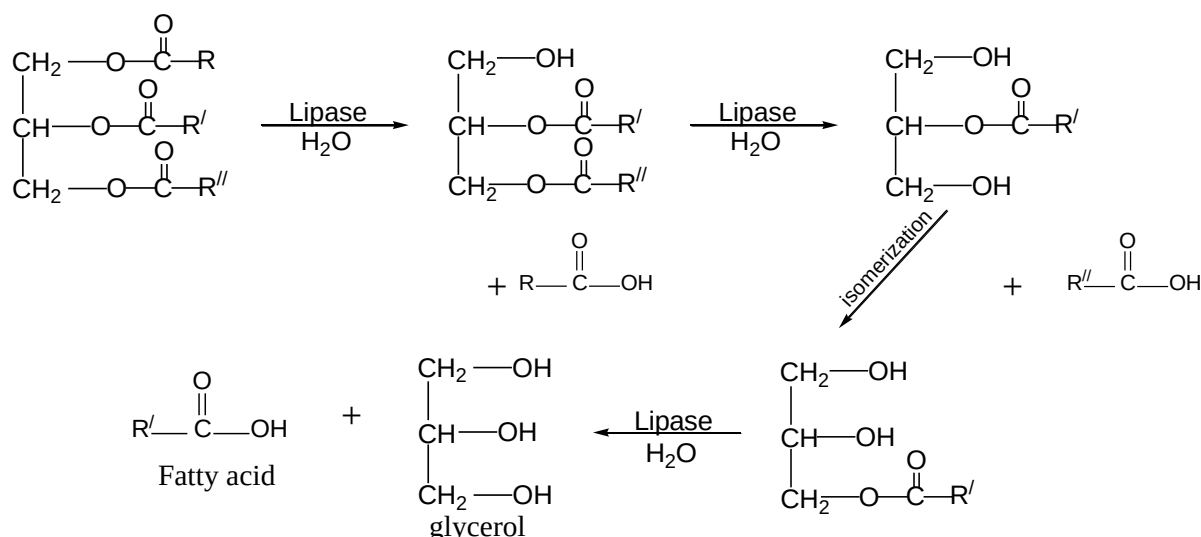
* أحياناً تضاف للدهون مواد تمنع التأكسد (anti oxidant) مثل فيتامين E, C (tocopherol)

(2) **الهدرجة Hydrogenation:** يمكن تحويل الزيوت الحاوية على أحماض دهنية غير مشبعة إلى دهون مشبعة وذلك بإضافة الهيدروجين وبوجود عامل مساعد مثل النيكل (Ni) وفي درجات حرارية عالية فتتحول الزيوت السائلة إلى دهون صلبة مما يحافظ عليها من التزنخ.





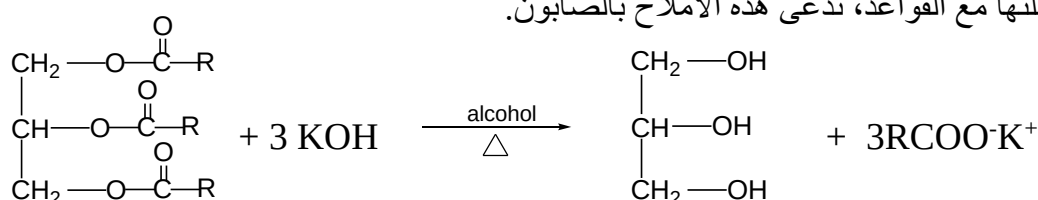
(4) تحلل الدهون: تتحلل الدهون إلى glycerol وأحماض شحمية وذلك بعدة طرق:
(A) الطريقة الأنزيمية: يحصل التحلل بواسطة الأنزيمات الهاضمة للدهون المتعادلة والتي تكون موجودة في الجهاز الهضمي (lipase, Esterase) حيث بدرجة حرارة الجسم وبوجود المواد المستحلبة يمكن هضم الدهون المتعادلة إلى أحماض شحمية وكليسرول.



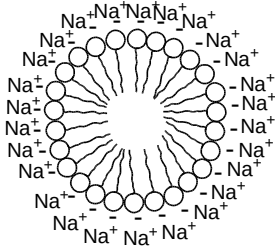
(B) التحلل في الوسط الحامضي: يمكن أن يتحلل Triglyceride إلى glycerol وأحماض شحمية بوجود حامض مثل HCl في الوسط المائي وهنا نحتاج إلى درجات حرارة عالية (غليان) ويجب استخدام الكحول كمذيب للدهون.

(C) التحلل في الوسط القاعدي: يمكن أن يتحلل Triglyceride في الوسط القاعدي بوجود الكحول كمذيب وباستخدام درجات حرارة عالية (حرارة غليان).

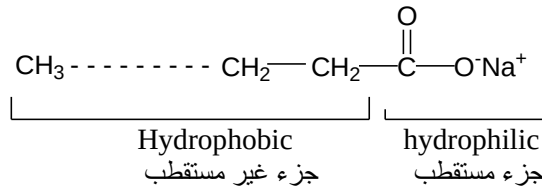
(5) الصبونة Specification: تتحلل الدهون إلى كليسرول وأملاح الأحماض الدهنية عند معاملتها مع القواعد، تدعى هذه الأملاح بالصابون.



*أن أملاح الحوامض الشحمية لها صفات الدهون المستقطبة حيث تكون جزيئاتها في الماء تجمعات تسمى مُذيلات (micelles). والمُذيلات عبارة عن دقائق بحجم الدقائق الغروية



(صغيرة جداً) تكون فيها المجاميع المستقطبة (مجاميع الهيدروكسيل السالبة) متجهة إلى السطح (للخارج) وفي حالة تماس مع أيونات المحلول (H^+ , OH^-) (في حين تكون السلاسل الهيدروكربونية غير المستقطبة متجهة نحو الداخل).
*أملاح الحوامض الدهنية المستقطبة تحتوي على جزء مستقطب (محب



للماء) وجزء غير مستقطب كاره للماء

*أن أملاح الحماض الشحمية (صابون K^+ , Na^+) تذوب في الماء مما يجعلها صوابين جيدة بينما صابون Mg^{+2} , Ca^{+2} لا تذوب في الماء حيث أنها تترسب، يستفاد من هذا التفاعل في معرفة قيمة التصوبن (التصبن) للدهن.

عدد التصوبن Specification Number: هو عدد ملغرامات KOH اللازمة لمعادلة الحوامض الدهنية الناتجة من تحلل واحد غرام من الدهن.
يستفاد من عدد أو قيمة التصوبن لمعرفة طول سلسلة الحامض الشحمي (حيث كلما كان عدد التصوبن عالي كان طول السلسلة قصيراً والعكس بالعكس) كذلك يستخدم عدد الصوبنة لتقدير الوزن الجزيئي التقريبي للدهن.

(6) القيمة الحامضية (العدد الحامضي Acid Number): تُعرف بأنها عدد ملغرامات KOH اللازمة لمعادلة الحوامض الدهنية الحرة في واحد غرام من الدهن.
تساعد هذه القيمة في معرفة مقدار الأحماض الدهنية الحرة الموجودة في الدهن أو الزيت، حيث هناك حداً مسموحاً لكمية الأحماض الدهنية المتواجدة مع الـ Triglycerides وأن ارتفاع هذه القيمة يدل على حدوث تزنخ وتحرر أحماض دهنية لا يجب توفرها في الدهون (خصوصاً الغذائية).

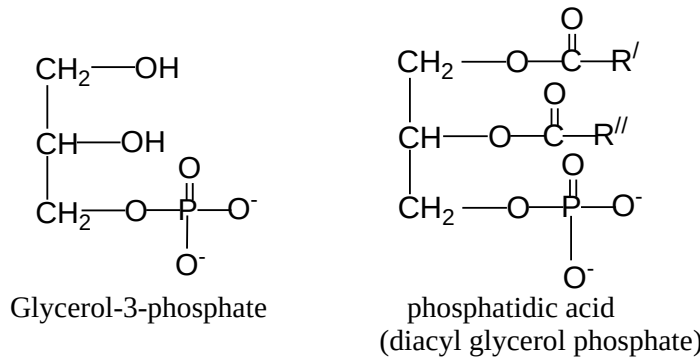
(7) عدد اليود (Iodin Number): وهو عدد غرامات اليود اللازمة لإشباع الأواصر المزدوجة الموجودة في 100 غرام من الدهن.

*يستخدم هذا التفاعل لمعرفة عدد الأواصر المزدوجة الموجودة في الأحماض الشحمية المؤلفة للدهون Triglycerides

*أن الدهون الحاوية على الأحماض المشبعة عدد اليود لها يساوي صفر.

الدهون المركبة Compound Lipids:

(1) **الدهون الفوسفاتية (Phospholipids):** من أهم أنواعها الفوسفوكليسيريدات phosphoglycerides والتي توجد في جميع الخلايا النباتية والحيوانية والأحياء المجهرية، وتوجد بصورة خاصة في المخ، الأعصاب، القلب، الكبد وصفار البيض غني بهذه الدهون. الفوسفوكليسيريدات هي استر فوسفات لكليسيريدات ثنائية، ويُعد المركب glycerol-3-phosphate الوحدة التركيبية الأساسية لتكوين الكليسيريدات المفسفرة. *تتأستر جزيئتان من الحامض الدهني مع glycerol-3-phosphate لينتج حامض الفوسفاتيديك phosphatidic acid الذي يدخل في تكوين كليسيريدات فوسفاتية أخرى.

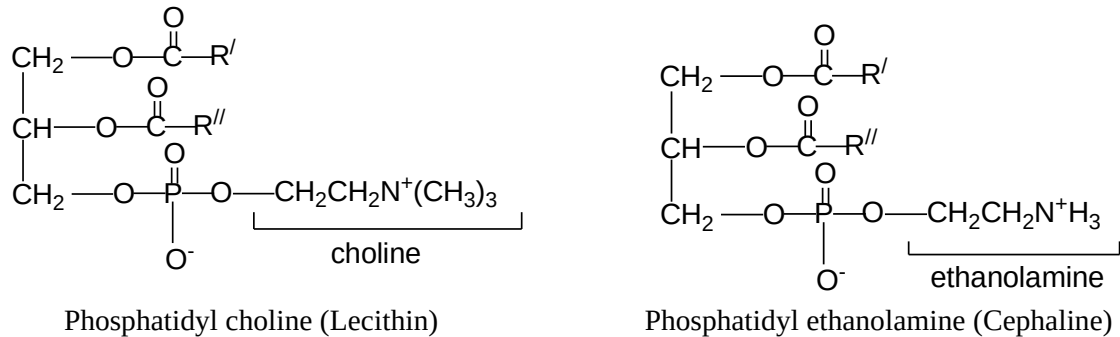


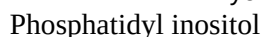
*أن مجموعة الفوسفات يمكن أن ترتبط بمركبات أخرى قد تكون كولين Choline أو حامض أميني (serine) أو كحول حلقي.

R₁, R₂ حوامض شحمية C₁₆ – C₂₀ وقد تكون

R₁ على الأغلب Palmitic acid (المشبعة)

R₂ على الأغلب Oleic acid (غير المشبعة)





*تحتوي سموم بعض الأفاعي والحشرات على أنزيمات تعمل على تحليل الليسيثين حيث يفقد حامض oleic ذرة كاربون β (ذرة الكاربون الثانية) لينتج المركب lysolecithin الذي يؤدي إلى تكسر كريات الدم الحمراء ويحصل هذا عند التعرض للدغ أو لسع هذه الكائنات.

يتحلل الليسيثين مخبرياً إلى



ويستخدم الليسيثين صناعياً كمواد مستحلبة في صناعة الأغذية.

السيفالين Cephaline :

Phosphatidyl ethanolamine, Phosphatidyl serine ويشمل

*توجد مركبات السيفالين في جميع الأنسجة وخاصة الدماغ والأنسجة العصبية.

*تدخل في تكوين أنزيم Thromokinase المشارك في عمليات تخثر الدم.

*لها القابلية على نقل الدهون من نسيج إلى آخر.

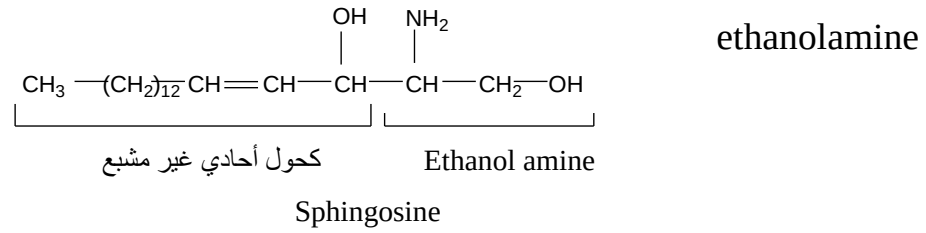
*تحتوي على مجاميع قطبية مما يجعلها قابلة للذوبان في الماء كذلك تحتوي على مجاميع غير قطبية مما يجعلها تذوب في المذيبات غير المستقطبة وبذلك تستطيع أن تعمل على تثبيت الدهون مع مجاميع البروتينات والكاربوهيدرات في الأغشية الخلوية.

النوع الثالث للسيفالين هو phosphatidylinositol الذي يوجد في معظم الأنسجة الحيوانية خاصة الدماغ والكبد والرئتين كذلك يوجد في الأنسجة النباتية والأحياء المجهرية ويحتوي على الكحول الحلقي.

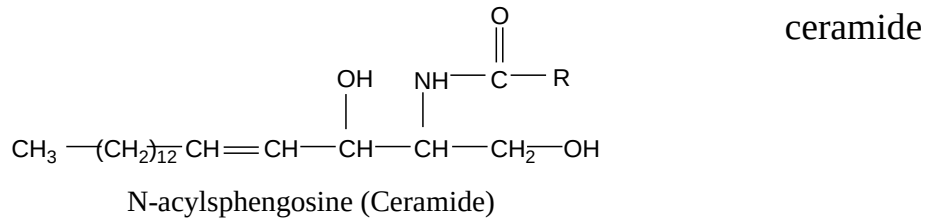
أن المشتقات الفوسفاتية لهذا المركب هي inositoltriphosphate و diacylglycerol تقوم بدور الرسول الثاني (second massager).

(2) **الدهون السفنكولية (الأسفنجية) (Sphingolipids):** توجد هذه الدهون بكميات كبيرة في الدماغ والنسيج العصبي، وهي لا تحتوي على الكليسيرول في تركيبها.

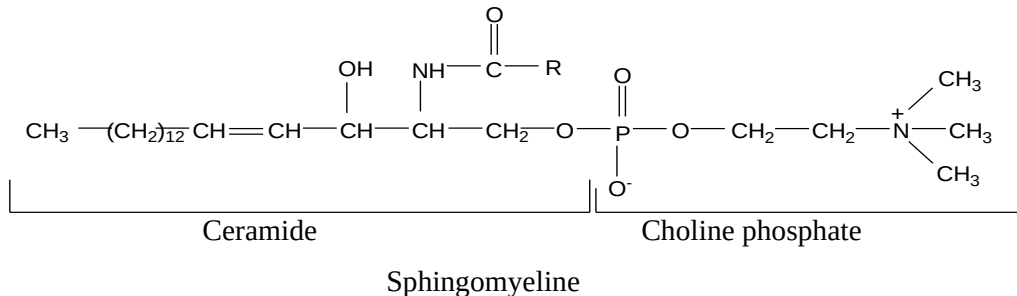
*سميت هذه الدهون بالأسفنجية لاحتوائها على مركب Sphingosine الذي هو عبارة عن كحول أولي يحتوي على 16 ذرة كاربون وآصرة غير مشبعة مرتبطة مع كحول



وعند ارتباط ذرة النتروجين بحامض دهني على شكل acyl يتكون المركب السيراميد



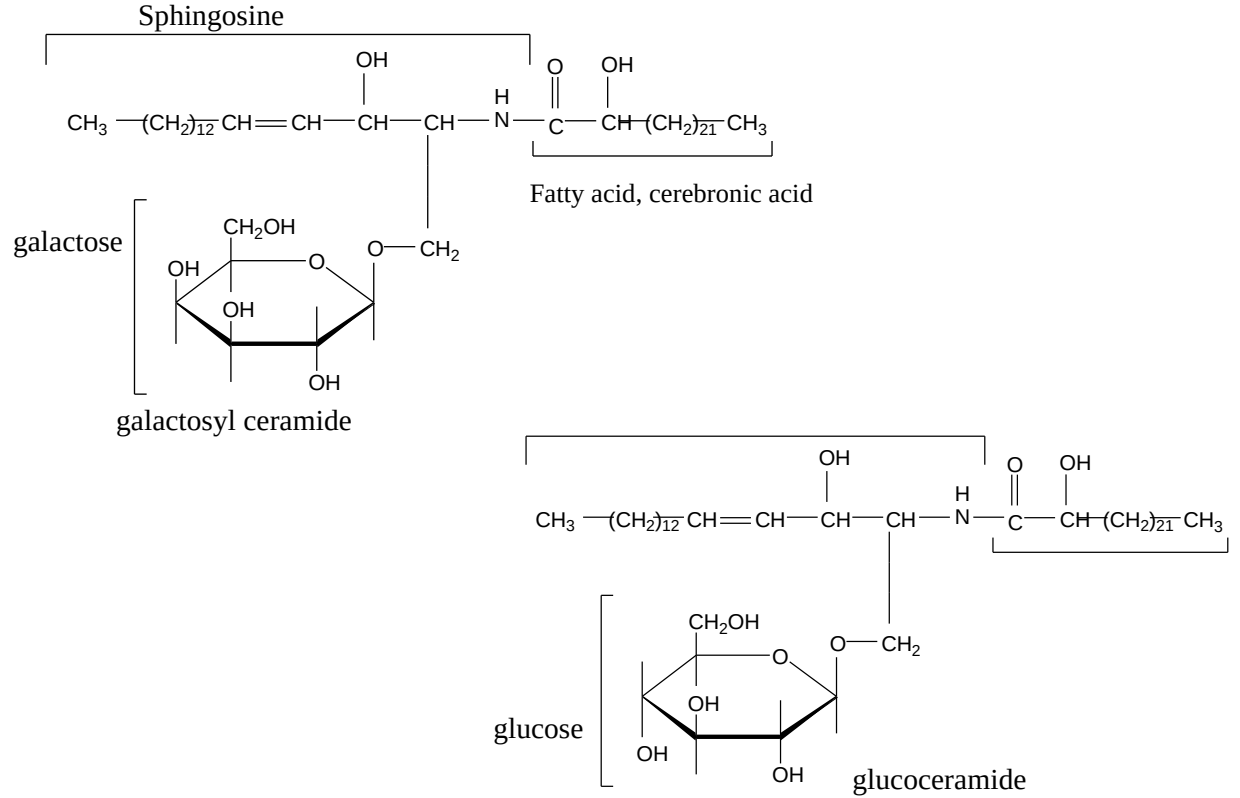
يعتبر السيراميد مركب وسطي لتكوين دهون أسفنجية أخرى مثل sphingomyelin الذي يُعد من المكونات الأساسية لبروتوبلازم الخلية، حيث يوجد في معظم الأغشية الخلوية وهو من المكونات المهمة لغلاف النخاعين (مايلين myelin sheath) المحيط بالألياف العصبية.



الدهون السكرية Glycolipids : وهي الدهون التي تحتوي في تركيبها على جزيئات سكرية

اضافة الى الدهون وتشمل cerebroside و ganglioside

أن الـ cerebroside تحتوي على جزيئة السيراميد المرتبطة مع جزيئة سكر سداسي مثل الكلوكوز أو الكالكتوز حيث تسمى glucosyl ceramide و galactosyl ceramide على التوالي. توجد cerebrosides في الأغشية النخاعية (myelin sheath) الموجودة في الدماغ والنخاع الشوكي والخلايا العصبية.



أما دهون ganglioside فهي سيراميدات معقدة تحتوي على أكثر من جزيئة سكر واحدة سداسية وكذلك تحتوي على جزيئه أو أكثر من حامض السياليك sialic acid وهي موجودة في المادة الرمادية من الدماغ وبصورة مركزة في خلايا العقد العصبية ويشكل (6 %) من الدهون الموجودة فيها.

الدهون البروتينية Lipoproteins : وتتكون من اتحاد بعض الدهون مع أنواع معينة من البروتينات. وأن الجزء الدهني المتحد مع البروتين هو من الدهون المتعادلة (Triglyceride) والدهون الفوسفاتية (phospholipids) وكوليسترول حر (أو بشكل استر) وتوجد الدهون البروتينية في أغشية الخلايا وعضيات الخلية.

من أمثلة الدهون البروتينية تلك الموجودة في الدم أو بلازما الدم حيث تقوم بعملية نقل الدهون خصائصها الأمفيباتك amphipathic (خواص قطبية - غير قطبية المزدوجة) من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد ثم من الكبد إلى الأنسجة الدهنية والأنسجة الدهنية الأخرى. وتتراوح نسبة الدهون في الدهون البروتينية % 30-70 وتقسم الدهون البروتينية حسب الكثافة الدهنية إلى:

(١) دهون بروتينية ذات كثافة عالية (High Density Lipoprotein (HDL):

تقوم بنقل الكوليسترول والبروتينات الدهنية الأخرى من الأنسجة المختلفة إلى الكبد.

(٢) دهون بروتينية ذات كثافة واطئة (Low Density Lipoprotein (LDL):

تنقل الكوليسترول من الكبد إلى الأنسجة الأخرى.

(٣) دهون بروتينية ذات كثافة واطئة جداً (Very Low Density Lipoprotein (VLDL):

تنقل الدهون المتعادلة Triglycerides المتكونة في الكبد والأمعاء endogenous إلى الأنسجة الأخرى.

(4) دهون بروتينية تسمى Chylomicrons : تنقل الدهون المتعادلة الخارجية exogenous والتي منشأها الغذاء dietary من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد والأنسجة الأخرى.

الستيرويدات Steroids:

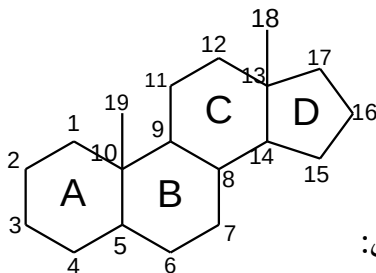
وهي من الدهون المشتقة، والستيرويدات دهون غير قابلة للتصويب تذوب في الكلوروفورم، الأسيتون والإيثر ولا تذوب في الكحول. تتكون الستيرويدات من ثلاث حلقات سداسية مشبعة وحلقة خماسية وتعتبر هذه الحلقات النواة للمركبات الستيرويدية وتسمى بالـ Perhydrocyclopentophenathrene وتظهر بعض الأواصر المزدوجة في بعض المركبات الستيرويدية وكذلك توجد مجموعة ميثيل $-CH_3$

في مواقع معينة عند ذرات C_{10} و C_{13} وكذلك

مجموعة هيدروكسيل $-OH$ عند ذرة C_3 لهذا فأنها

كحولات وتسمى بالـ Sterols

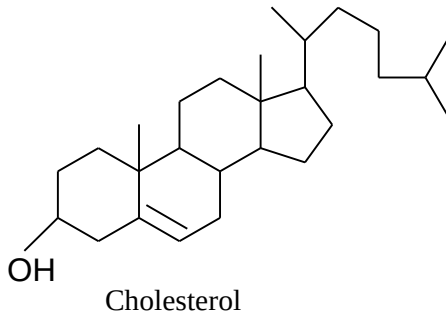
وتقسم الستيرويدات إلى حيوانية وأخرى نباتية ويمكن أن تصنف إلى:



- (1) الستيروولات Sterols (وهي كحولات صلبة).
- (2) أحماض الصفراء (المرارة) Bile acids
- (3) الهرمونات الجنسية (الذكورية والأنثوية) Sex hormones
- (4) هرمونات الأدرنالين Progesterone & Adrenal
- (5) فيتامين D
- (6) متفرقات مثل سابونين Saponins (الموجود في أغلب النباتات، محلوله يكون رغوة قوية كما في أوراق أشجار النبق)، مشتقات كلايكوسيدية وديجتوكسين digitoxin (وهو من أدوية القلب).

الستيروولات Sterols:

عبارة عن كحولات الستيرويد لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية، من أهمها: **الكولسترول Cholesterol**: وهو من الستيروولات الحيوانية ولا يوجد في النباتات. يحتوي الكولسترول من 8 ذرات كاربون موجودة على الحلقة الخماسية للنواة. كذلك توجد أصرة مزدوجة واحدة عند ذرة الكربون 5



*الكولسترول لا يذوب في الماء ولا في الكحول البارد لكنه يذوب في الأسيتون والكلوروفورم والإيثر.
 *يدخل الكولسترول في بناء جميع الأنسجة العصبية والطبقة البيضاء كذلك يدخل الدم وفي البروتينات الدهنية (يرتبط مع الأحماض الدهنية غير المشبعة عبر مجموعة الهيدروكسيل ليُكون مركبات Cholesterol ester).

*يعتبر الكولسترول مركب وسطي لتكوين جميع الهرمونات الستيرويدية (الكَطَرِيَّة، الذكورية والأنثوية) كذلك أملاح الصفراء وفيتامين D
 *يتفاعل الكولسترول مع حامض الخليك اللامائي acetic anhydride ومع حامض الكبريتيك في الكلوروفورم معطياً لوناً أخضراً. يعتبر هذا التفاعل خاص بالكولسترول (تفاعل Liberman-buchard) كما يستخدم هذا التفاعل للتقدير الكمي للكولسترول.
 *أن الدم الطبيعي يحتوي على (180-220 mg / 100 ml) بشكل حر وأستر لحوامض شحمية غير مشبعة.

أملاح الصفراء Bile Salts: وهي مواد استحلاب طبيعية تتكون في الكبد (من الكولسترول) وتُخزن في المرارة (كيس الصفراء) تتحرر على شكل دفعات لتساعد في عمليات الهضم وامتصاص الدهون.

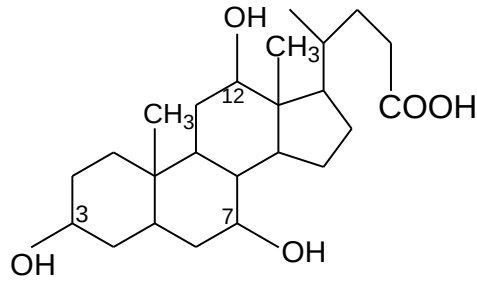
تحتوي جزيئات أملاح الصفراء على نواة الستيرويد وسلسلة جانبية تتكون من 5 ذرات كربون ومجموعة كربوكسيل مما يجعلها تمتلك صفات (القطبية- غير القطبية المزدوجة) وبهذا يستطيع التداخل في الطور المائي وتكوين مستحلبات لإذابة الدهون.

*من أهم أملاح الصفراء حامض الكوليك Cholic acid وحامض الكوليك منقوص ذرة الأوكسجين Deoxy cholic acid

*تكون حوامض الصفراء الرئيسية في الحيوانات العليا متحدة بشكل أميد فعندما ترتبط السلسلة الجانبية مع الكلايسين (حامض أميني) فتسمى عندها glycholate وعندما ترتبط مع تايورين taurine تسمى taurocholate

Glycine = H_2N-CH_2-COOH

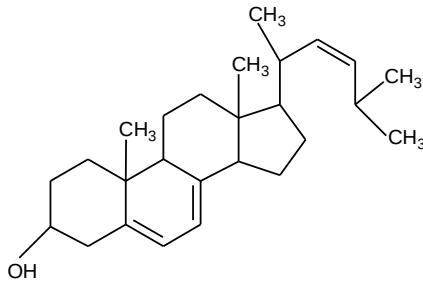
Taurine = $H_2N-CH_2-CH_2-SO_3H$



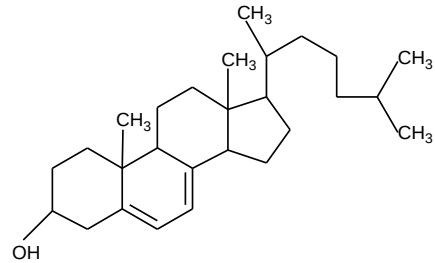
Cholic acid

مولدات فيتامين D: تكون على نوعين:

- (1) مولد فيتامين D₂ (Ergosterol) وهو من الستيرويدات النباتية.
- (2) مولد فيتامين D₃ (7-dehydroxycholesterol) ستيرويدات حيوانية.



مولد فيتامين D₂ Ergosterol



مولد فيتامين D₃ 7-hydroxycholesterol

الهرمونات الستيرويدية : Steroid Hormones

تتكون من الكولسترول، وتقسم إلى خمسة أقسام رئيسية:

- | | | |
|-----------------------|---|---------------------------|
| Progestagens (1 | [| تُخلق في الغدة التناسلية. |
| Glucocorticoids (2 | | |
| minralo-corticoids (3 | | |
| Androgens (4 | | |
| estrogens (5 | | |

التربينات Terprnes: وهي بوليمرات مؤلفة من وحدات الأيزوبرين isoperene الغير قابلة

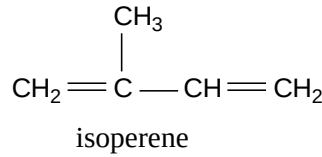
للتصوبين ولا تحتوي على حوامض شحمية. تتضمن التربينات كلاً من:

*الفيتامينات الذائبة بالدهون K, E, A

*الكاروتينات (β-carotene) والفايتول (Phytol) الموجود في الكلوروفيل والزيوت العطرية.

*الكافور، المطاط، الأصباغ النباتية مثل (licopins) الموجودة في الطماطة والذي يعطيها الصبغة الحمراء.

*بعض المساعدات الأنزيمية.



: Atherosclerosis تصلب الشرايين

هناك علاقة وثيقة بين ارتفاع نسبة الكوليسترول في الدم Hypercholesterolemia وحدث مرض تصلب الشرايين، حيث يترسب الكولسترول مع بعض الدهون الأخرى على جدار الشرايين التاجية المغذية لعضلات القلب مما يؤدي في الحالات الشديدة منها إلى إعتلال عضلات القلب.

يرتفع مستوى الكوليسترول في الدم في الحالات التالية:

(١) زيادة تناول المواد الدهنية خاصة التي تحتوي على الكوليسترول.

(٢) قصور وظيفة الغدة الدرقية.

(٣) مرض السكري غير المعالج.

(٤) مرض فرط البروتينات الدهنية في الدم.

يتحدد تركيز الكوليسترول بعوامل أخرى مثل: الوراثة، سلامة الأعضاء الحيوية مثل الكبد والكلية.