الدهون Lipids : هي مركبات عضوية تحتوي على ذرات C, H, O وأحياناً P أو N أو S وتشبه الهيدروكاربونات 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:

1) 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 خزنها.

2) تدخل في تركيب الجزء المهم من الجهاز العصبي.

3) تعمل الدهون كمولدات للبروستاكلاندين Prostaglandin الذي يعمل كموقف لعمليات تحلل الدهون في الأنسجة الدهنية، ويُحفز العضلات الناعمة (الملساء) على التقلص مما يؤثر على الحفاظ على ضغط الدم والتحكم في تصلب الشرايين ويعمل كذلك prostaglandin كمضادات حيوية لبعض الهرمونات وتقلل من تأثيرها.

4) تعمل كمُنشطات لبعض الأنزيمات مثل 3-phosphatidyl choline الذي يُنشط أنزيم glucose-6-phosphatase

5) تعمل كمكونات ناقلة للإلكترونات في المايتوكوندريا (ضمن السلسلة التنفسية).

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

7) تعمل الدهون كمادة عزل حراري في الحيوان والإنسان.

8) تعمل كعازل كهربائي يسمح بنقل الإيعازات العصبية عبر الأعصاب.

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

10) تعمل كمذيب لبعض الفيتامينات غير الذائبة في الماء والتي تتشابه معها في التركيب (بشكل هيدروكاربون) مثل Vit. A, D, E, & K

11) 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:

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

وتشمل: أ)الكليسريدات Glycerides

ب)الشموع Waxes

2) 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:

1)حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid

2)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)Phophatidyl choline (Licithin).

ج)الدهون المتحدة مع المركبات الحياتية الرئيسية وتشمل

a)Lipoprotein.

b)Lipoamino acids.

c)Glycolipids (Lipo-polysaccharides).

3)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 كليسيرايد aceyl glycerides (glycerides) والكولسترول cholesterol واسترات كولسترايل cholesteryl esters جزيئات غير مشحونة لذا تسمى بالدهون المتعادلة **(neutral lipids)**.

الأحماض الدهنية Fatty Acids:

وهي حوامض كاربوكسيلية ذات سلسلة هيدروكاربونية مستقيمة مشبعة أو غير مشبعة. تعتبر الأحماض الدهنية مشتقات للـ لبتيدات لأنها تدخل في تكوين الأنواع المختلفة منها .

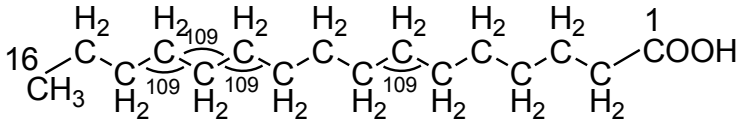
الأحماض الدهنية ذات السلاسل الهيدروكاربونية القصيرة (2-10) تسمى بالأحماض الدهنية المتطايرة volatile fatty acids (VFA) كما في حامض البيوتريك Butyric acid وحامض الكابرويك caproic acid الموجود في الزبد وجوز الهند. هذه الأحماض سائلة في درجة حرارة الغرفة رغم أنها مشبعة.

الأحماض الدهنية المشبعة ذات السلاسل الهيدروكاربونية الطويلة (10-24) من أهمها حامض البالميتك Palmatic acid وحامض الستيرك 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 الهيدروكاربونية (البارافينية) للحامض زادت درجة انصهارها ودرجة غليانها وقلت قابلية ذوبانها وتطايرها.

Common name	No. of Carbon atom	Chemical formula	Occurrence
Butyric acid	4	$CH_3—(CH_2)_2—COOH$	الزبد
Caproic acid	6	$CH_3—(CH_2)_4—COOH$	الزبد وجوز الهند
Lauric acid	12	$CH_3—(CH_2)_{10}—COOH$	زيت جوز الهند
Myrisitic acid	14	$CH_3—(CH_2)_{12}—COOH$	زيت جوز الهند والمكسرات مثل البندق
Palmitic acid	16	$CH_3—(CH_2)_{14}—COOH$	دهون حيوانية ونباتية
Stearic acid	18	$CH_3—(CH_2)_{16}—COOH$	دهون حيوانية ونباتية
Arachidic acid	20	$CH_3—(CH_2)_{18}—COOH$	الفول السوداني (في اللثيسين)

*أن الأحماض الدهنية الأكثر انتشاراً في الطبيعة هي الأحماض الدهنية المحتوية على عدد زوجي من ذرات الكاربون. وقد وُجدَ أن الحوامض الشحمية تكون سلسلتها على شكل متعرج بزاوية قدرها 109° مثل حامض Palmitic acid



Palmitic acid

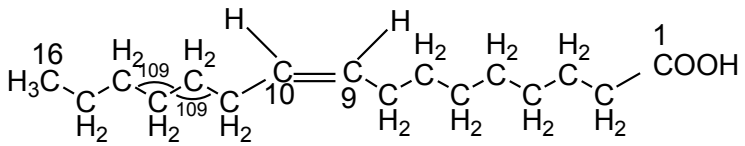
***الحوامض الشحمية الحرة Free Fatty Acids (FFA) :** وهي الحوامض التي تتحرر من الشحوم المخزونة في الجسم وتنتقل إلى بلازما الدم حيث تكون متصلة مع الألبومين. من أهمها حامض البالميتك (Palmitic) وحامض الستيرك (stearic). أن مستوى الحوامض الشحمية الحرة يزداد في حالة مرض السكر وبعض الأحيان عند الأشخاص البدينين.

الأحماض الدهنية غير المشبعة ذات السلاسل الهيدروكابونية الطويلة تعتبر من المكونات المميزة للزيوت. تتميز باحتوائها على آصرة مزدوجة واحدة أو أكثر وتكون سائلة في درجة حرارة الغرفة ولها درجات انصهار واطئة. من الأحماض الدهنية غير المشبعة الشائعة حامض Oleic acid وحامض Palmiteic acid اللذين يحتويان آصرة مزدوجة واحدة. الجدول أدناه يوضح بعض الأحماض الدهنية غير المشبعة الشائعة

Common name	No. of Carbon atoms, no. & position of double bond	Chemical formula	Occurrence
Palmiteic acid	16: 1; 9	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_5-COOH$	الزبد
Oleic acid	18: 1; 9	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	زيت الزيتون
Linoleic acid	18: 2; 9, 12	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_4-COOH$	زيت بذور الكتان
Linolenic acid	18: 3; 9, 12, 15	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-COOH$	زيت بذور الكتان
Arachidonic acid	20: 4; 5, 8, 11,14	$C_{19}H_{31}COOH$	الليسيثين

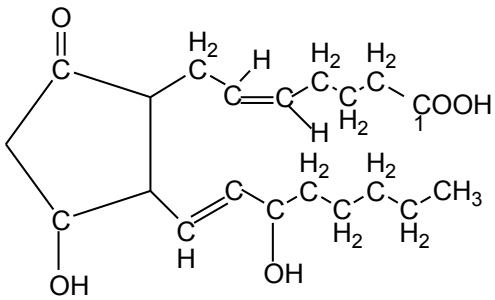
CH_3-

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



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

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



Prostaglandin E_2

<u>الأحماض الدهنية غير المشبعة الأساسية (Essential Fatty Acid):</u> 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).

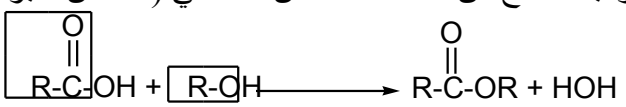
تُصنف الأحماض الدهنية على أنها فيتامين (F) وهذه الأحماض الدهنية الأساسية تشمل Linoleic, Linolenic and Archidonic acid

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

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

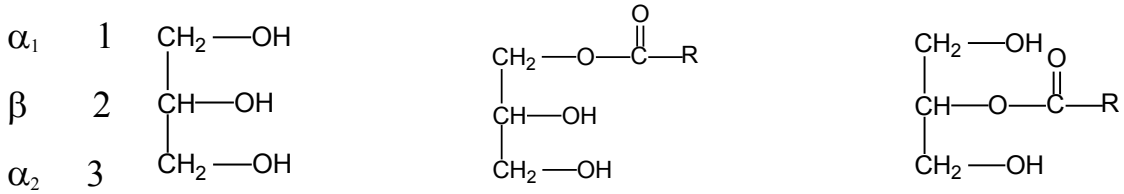
وهي الأحماض الدهنية التي يستطيع الجسم بنائها حياتياً.

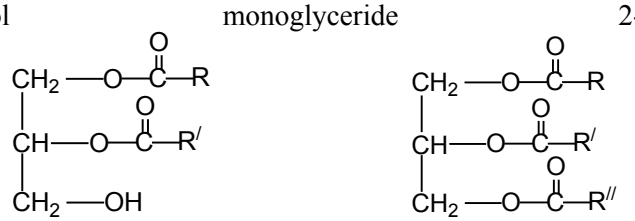
الأستر (Ester): هي مركبات تنتج من تفاعل الحامض الشحمي (حامض كابوكسيلي) مع الكحول.



الدهون البسيطة (Simple Lipids):

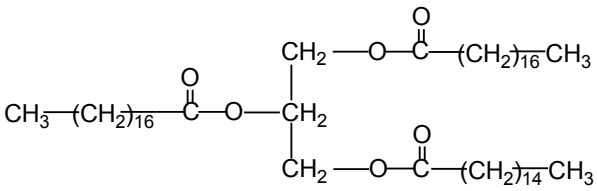
A- الكليسريدات أو الدهون المتعادلة (Glycerides or Neutral Lipids): وهي أبسط أنواع الدهون، تتكون من تفاعل الكليسرول مع الحامض الشحمي لتكون استرات الحامض الشحمي glycerides (التسمية ثلاثي اسيل كليسيرول Triacylglycerol أكثر انتشاراً)





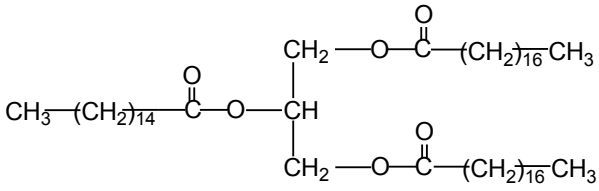
*عندما تكون الأحماض الشحمية الثلاثة في الـ Triglyceride متشابهة فتسمى simple glyceride كما في حالة Tristearin حيث تكون الحوامض الشحمية الثلاثة حامض stearic، أما إذا كانت حامض Palmitic فيسمى الـ Triglyceride بالـ Tripalmitin وإذا كانت من نوع الحامض الشحمي Oliec acid فيسمى بالـ Triolein

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



1,2-disteropalmitin

α,β-disteropalmitin



1,3-disteropalmitin

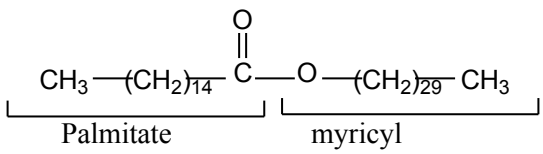
α_1,α_2-disteropalmitin

*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 هيدروكاربونية طويلة فهي مركبات غير مستقطبة.

*توجد الشموع في الطبيعة بشكل مزيج من الدهون وتغطي سطح الجلد والفرو والريش وأوراق النباتات وكيوتيكل 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.

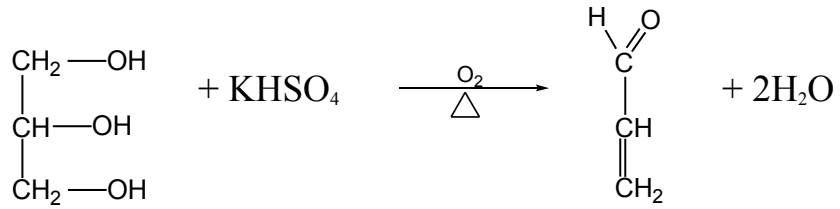


Myricyl palmitate

*مركب لانولين Lanolin: هو المادة الشمعية التي تغطي شُعيرات 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 اهيدروجينية أو مع خامس أوكسيد الفسفور لتعطي مركب الأكرولين acrolin (الديهايد 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.



Glycerol acrolin

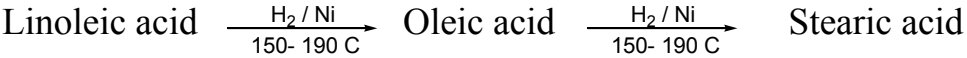
2) الزرنخة Rancidity: يحصل تزرنخ الدهن عند تعرضه للهواء وفي درجة حرارة الغرفة مما يؤدي إلى تكوين طعم ورائحة غير مقبولة للدهن ويحصل هذا أيضاً عند خزن الدهن لفترات طويلة. هناك طريقتان مختلفتان لتزرنخ الدهن هما:

أ- زرنخة التميؤ (التحللي) Hydrolytic Rancidity: وفيها تتحلل الدهون التي تحتوي حوامض شحمية ذات سلسلة قصيرة نتيجة عمل الأنزيمات أو الكائنات المجهرية لتنتج 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 التزرنخ.

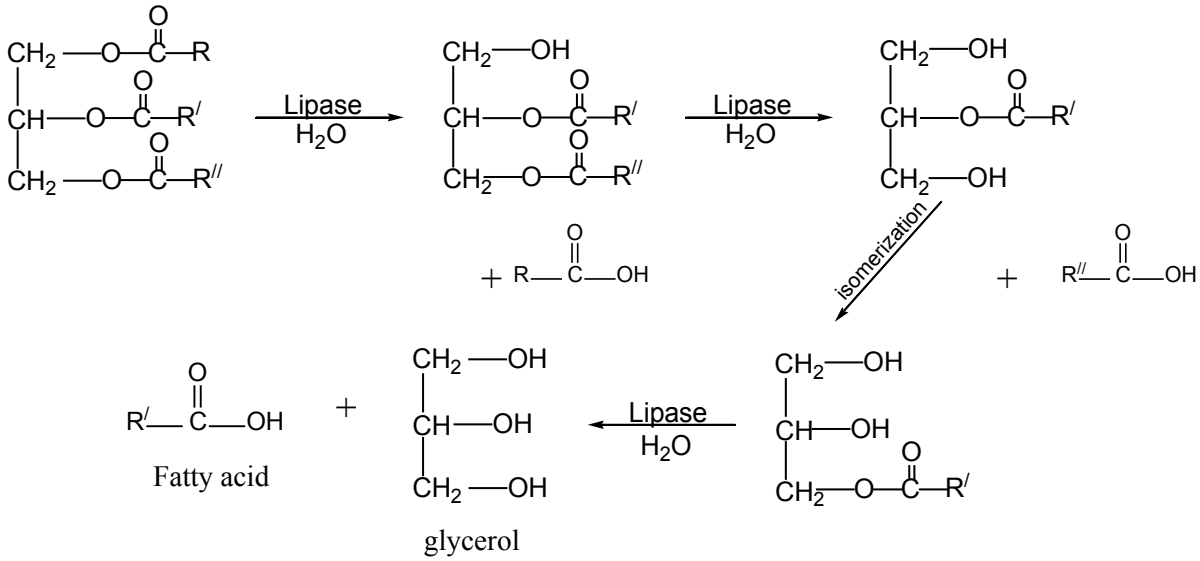


18: 2; 9,12 18: 1; 9

Triolein $\xrightarrow[\triangle]{H_2 / Ni}$ Tristearin

4) تحلل الدهون: تتحلل الدهون إلى glycerol وأحماض شحمية وذلك بعدة طرق:

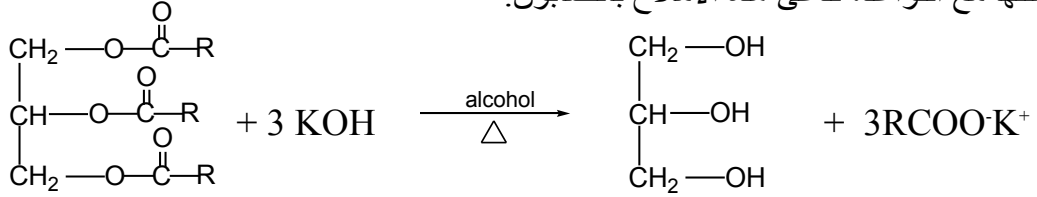
A) الطريقة الأنزيمية: يحصل التحلل بواسطة الأنزيمات الهاضمة للدهون المتعادلة والتي تكون موجودة في الجهاز الهضمي (lipase, Esterase) حيث بدرجة حرارة الجسم وبوجود المواد المستحلبة يمكن هضم الدهون المتعادلة إلى أحماض شحمية وكليسرول.

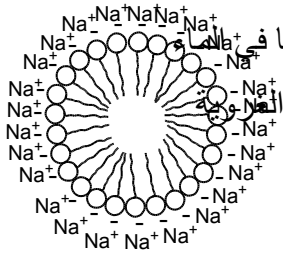


B) التحلل في الوسط الحامضي: يمكن أن يتحلل Triglyceride إلى glycerol وأحماض شحمية بوجود حامض مثل HCl في الوسط المائي وهنا نحتاج إلى درجات حرارة عالية (غليان) ويجب استخدام الكحول كمذيب للدهون.

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

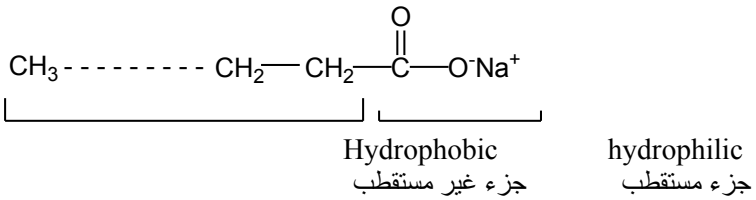
5) الصوبنة Specification: تتحلل الدهون إلى كليسرول وأملاح الأحماض الدهنية عند معاملتها مع القواعد، تدعى هذه الأملاح بالصابون.





*أن أملاح الحوامض الشحمية لها صفات الدهون المستقطبة حيث تكّون 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 الهيدروكاربونية 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 سلسة الحامض الشحمي (حيث كلما كان عدد التصوبن عالي كان طول السلسة 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

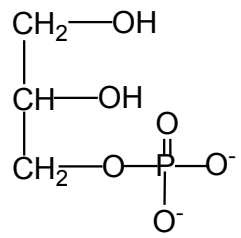
*أن الدهون الحاوية على الأحماض المشبعة عدد اليود لها يساوي صفر.

الدهون المركبة Compound Lipids:

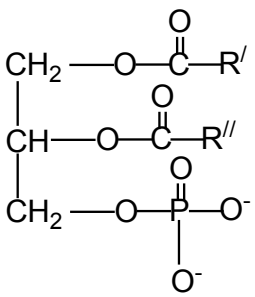
1) الدهون الفوسفاتية (Phospholipids): من أهم أنواعها الفوسفوكليسريدات phosphoglycerides والتي توجد في جميع الخلايا النباتية والحيوانية والأحياء المجهرية، وتوجد بصورة خاصة في المخ، الأعصاب، القلب، الكبد وصفار البيض غني بهذه الدهون.

الفوسفوكليسريدات هي استر فوسفات لكليسريدات ثنائية، ويُعد المركب glycerol-3-phsphate الوحدة التركيبية الأساسية لتكوين الكليسريدات المفسفرة.

*تتأستر جزيئتان من الحامض الدهني مع glycerol-3-phosphate لينتج حامض الفوسفاتيديك phosphatidic acid الذي يدخل في تكوين كليسريدات فوسفاتية أخرى.



Glycerol-3-phosphate



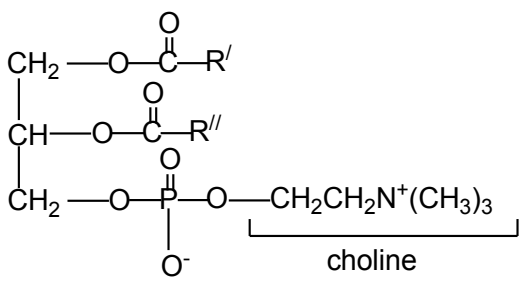
phosphatidic acid
(diacyl glycerol phosphate)

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

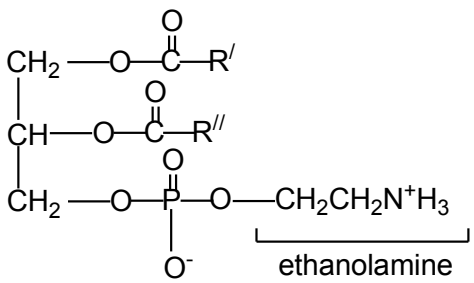
R_1, R_2 حوامض شحمية $C_{16} - C_{20}$ وقد تكون

R_1 على الأغلب Palmitic acid (المشبعة)

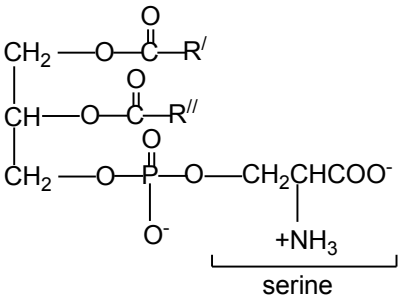
R_2 على الأغلب Oleic acid (غير المشبعة)



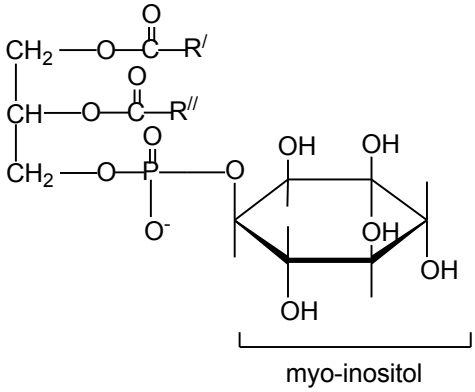
Phosphatidyl choline (Lecithin)



Phosphatidyl ethanolamine (Cephaline)



Phosphatidyl serine (Cephaline)



Phosphatidyl inositol

ليسيثين (Phosphatidyl Choline or Lecithin): وهو من الدهون الفوسفاتيدية الأكثر وجوداً في جدار الخلية يحتوي على طرفي قطبي وطرف غير قطبي فهو يوجد في بروتوبلازم جميع خلايا الجسم.

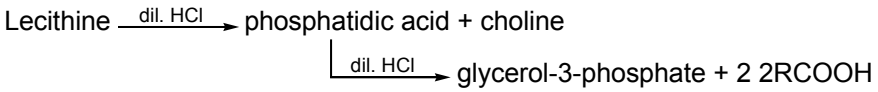
*يلعب الليسيثين دوراً أساسياً في تقليل التوتر (الشد) السطحي لخلايا الحويصلات الهوائية في الرئتين وبدونه يحدث ضيق في عملية التنفس.

*يوجد بنسب عالية في الكلى والكبد والدماغ كذلك يوجد في مُح البيض وفول الصويا.

*يعتبر phosphatidylcholine مركباً لخزن (choline) الكولين في الدماغ حيث يتحول الكولين بفعل أنزيم acetyl transferase إلى المركب acetylcholine الناقل للإيعازات العصبية.

*تحتوي سموم بعض الأفاعي والحشرات على أنزيمات تعمل على تحلل 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 مختبرياً إلى



ويستخدم الليسيثين صناعياً كمواد مستحلبة في صناعة الأغذية.

السيفالين Cephaline :

ويشمل Phosphatidyl ethanolamine, Phosphatidyl serine

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

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

*لها القابلية على نقل الدهون من نسيج إلى آخر.

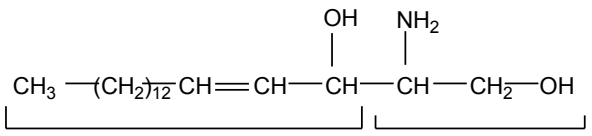
*تحتوي على مجاميع قطبية مما يجعلها قابلة للذوبان في الماء كذلك تحتوي على مجاميع غير قطبية مما يجعلها تذوب في المذيبات غير المستقطبة وبذلك تستطيع أن تعمل على تثبيت الدهون مع مجاميع البروتينات والكاربوهيدرات في الأغشية الخلوية.

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).

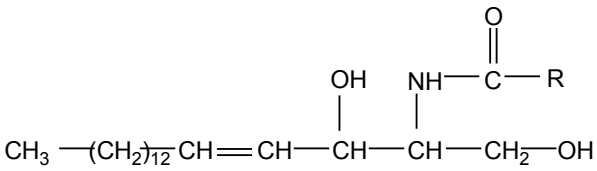
2) الدهون السفنكولية (الأسفنجية) (Sphingolipids): توجد هذه الدهون بكميات كبيرة في الدماغ والنسيج العصبي، وهي لا تحتوي على الكليسيرول في تركيبيها.

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



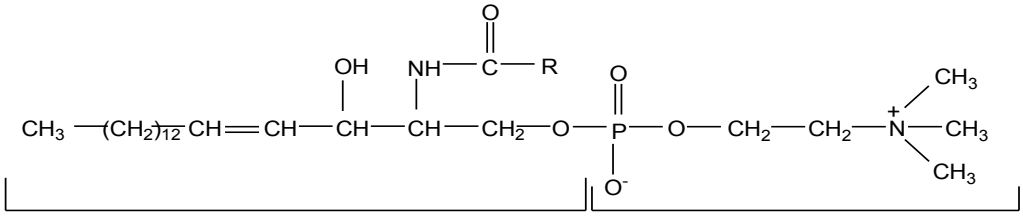
Sphingosine

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



N-acylsphengosine (Ceramide)

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.

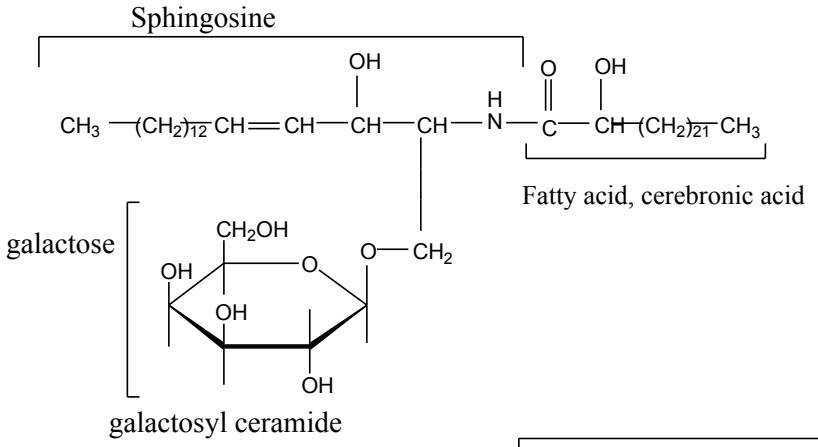


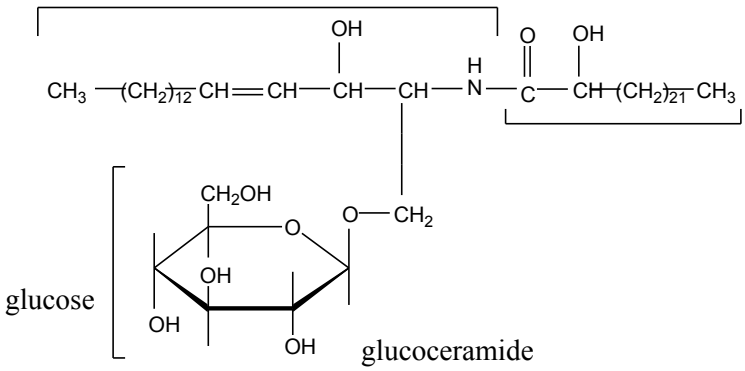
Ceramide Choline phosphate

Sphingomyeline

الدهون السكرية Glycolipids : وهي الدهون التي تحتوي في تركيبها على جزيئات سكرية اضافة الى الدهون وتشمل cereboside و gangloside

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





أما دهون ganglioside فهي سيراميدات معقدة تحتوي على أكثر من جزئية 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 ويُشكل (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 وعُضيات الخلية.

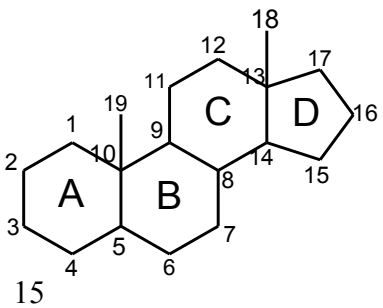
من أمثلة الدهون البروتينية تلك الموجودة في الدم أو بلازما الدم حيث تقوم بعملية نقل الدهون خصائصها الأمفيباتك amphipathic (خواص قطبية - غير قطبية المزدوجة) من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد ثم من الكبد إلى الأنسجة الدهنية والأنسجة الدهنية الأخرى.

وتتراوح نسبة الدهون في الدهون البروتينية % 70-30 وتقسم الدهون البروتينية حسب الكثافة الدهنية إلى:

1) دهون بروتينية ذات كثافة عالية High Density Lipoprotein (HDL):
   تقوم بنقل الكولسترول والبروتينات الدهنية الأخرى من الأنسجة المختلفة الى الكبد.
2) دهون بروتينية ذات كثافة واطئة Low Density Lipoprotein (LDL)
   تنقل الكولسترول من الكبد الى الأنسجة الأخرى.
3) دهون بروتينية ذات كثافة واطئة جداً Very Low Density Lipoprotein (VLDL)
   تنقل الدهون المتعادلة Triglycerides المتكونة في الكبد والأمعاء endogenous الى الأنسجة الأخرى.
4) دهون بروتينية تسمى Chylomicrons : تنقل الدهون المتعادلة الخارجية exogenous والتي منشأها الغذاء dietary من الأمعاء الدقيقة الى الكبد والأنسجة الأخرى.

الستيرويدات Steroids:

وهي من الدهون المشتقة، والستيرويدات دهون غير قابلة للتصوبن تذوب في الكلوروفورم، الأسيتون والإيثر ولا تذوب في الكحول. تتكون الستيرويدات من ثلاث حلقات سداسية مشبعة وحلقة خماسية وتعتبر هذه الحلقات النواة للمركبات السيتيرويدية وتسمى بالـ Perhydrocyclopetophenathrene وتظهر بعض الأواصر المزدوجة في بعض المركبات الستيرويدية وكذلك توجد مجموعة مثيل CH_3– في مواقع معينة عند ذرات C_{13} و C_{10} وكذلك مجموعة هيدروكسيل OH- عند ذرة C_3 لهذا فأنها كحولات وتسمى بالـ Sterols



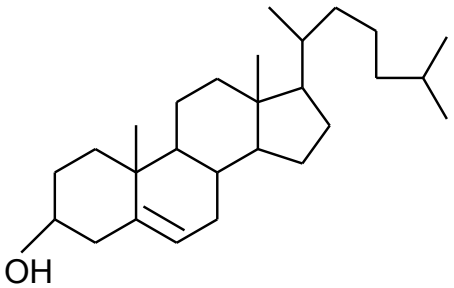
وتقسم الستيرويدات إلى حيواينة وأخرى نباتية ويمكن أن تصنف إلى:

1) الستيرولات Sterols (وهي كحولات صلبة).
2) أحماض الصفراء (المرارة) Bile acids
3) الهرمونات الجنسية (الذكرية 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).

<u>الستيرولات Sterols:</u>

عبارة عن كحولات الستيرويد لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية، من أهمها:

<u>الكولسترول Cholesterol:</u> وهو من الستيرولات الحيوانية ولا يوجد في النباتات. يحتوي الكولسترول من 8 ذرات كاربون موجودة على الحلقة الخماسية للنواة. كذلك توجد آصرة مزدوجة واحدة عند ذرة الكاربون 5



Cholesterol

*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 الهرومونات الستيرويدية (الكظرية، الذكرية والأنثوية) كذلك أملاح الصفراء وفيتامين D

*يتفاعل الكولسترول مع حامض الخليك اللامائيacetic anhydeide 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.

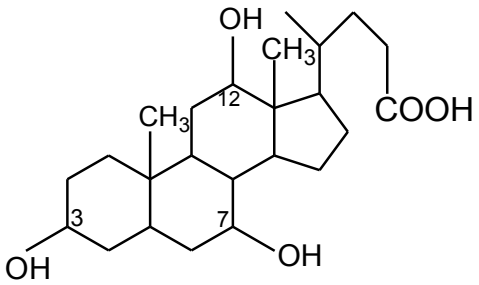
تحتوي جزيئات أملاح الصفراء على نواة الستيرويد وسلسلة جانبية تتكون من 5 ذرات كاربون ومجموعة كاربوكسيل مما يجعلها تمتلك صفات (القطبية- غير القطبية المزدوجة) وبهذا يستطيع التداخل في الطور المائي وتكوين مستحلبات لإذابة الدهون.

*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 = $H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$

Taurine = $H_2N\text{-}CH_2\ CH_2\text{-}SO_3H$

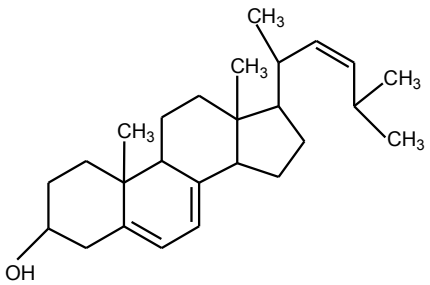


Cholic acid

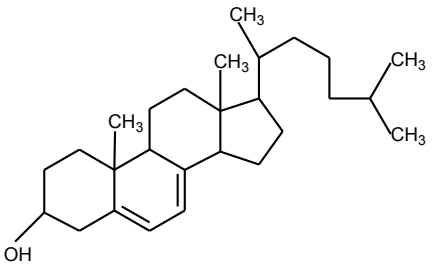
مولدات فيتامين D : تكون على نوعين:

1) مولد فيتامين D_2 (Ergosterol) وهو من الستيرولات النباتية.

2) مولد فيتامين D_3 (7-dehydroxycholesterol) ستيرولات حيوانية.



مولد فيتامين D_2 Ergosterol



مولد فيتامين D_3 7-hydrocholestrol

الهرمونات الستيرويدية Steroid Hormones :

تتكون من الكولسترول، وتقسم إلى خمسة أقسام رئيسية:

1) Progestagens (وهي كحولات صلبة).
2) Gluco-corticoids
3) minralo-corticoids

تُخلق في القشرة الأدرينالية للغدة الكظرية.

4) Androgens
5) estrogens

تُخلق في الغدد التناسلية.

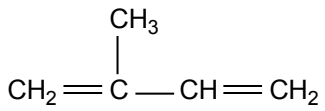
التربينات Terprnes: وهي بوليمرات مؤلفة من وحدات الآيزوبرين isoperene الغير قابلة للتصوبن ولا تحتوي على حوامض شحمية. تتضمن التربينات كلاً من:

*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.



isoperene

تصلب الشرايين Atherosclerosis :

هناك علاقة وثيقة بين ارتفاع نسبة الكوليسترول في الدم Hypercholesterolemia وحدوث 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:

1) زيادة تناول المواد الدهنية خاصة التي تحتوي على الكوليسترول.
2) قصور وظيفة الغدة الدرقية.
3) مرض السكري غير المعالج.
4) مرض فرط البروتينات الدهنية في الدم.

يتحدد تركيز الكوليستول بعوامل أخرى مثل: الوارثة، سلامة الأعضاء الحيوية مثل الكبد والكلى.