تعريف الدهون

الدهون من مركبات الكيمياء الحياتية التي تمتاز بعدم ذوبانها في الماء أو المذيبات القطبية Polar solvents وتذوب في المذيبات اللاقطبية Non-polar العضوية مثل الأيثر والبنزين والكلوروفورم والأسيتون. وتتكون من عناصر الكاربون والهيدروجين والأوكسجين وتحتوي بعضها على الفسفور والنيتروجين.

تصنيف الدهون Classification of lipids

تصنف الدهون بشكل عام الى :

I- الدهون البسيطة Simple lipids

II- الدهون المركبة (المقترنة) Conjugated lipids

III- الدهون المشتقة Derived lipids

I- الدهون البسيطة وتشمل:

أ- الدهون المتعادلة Neutral lipids

ب- الشمعيات Waxes

II- الدهون المركبة (المقترنة) وتشمل:

أ- الدهون المفسفرة Phospholipids

1- حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid.

2- اللسيثينات Lecithins أو تطلق عليها فوسفوتايديل كولين Phosphatidyl choline .

3- السيفالينات Cephalins (تابع الى مركبات فوسفاتيديل إيثانول أمين Phosphatidyl ethanolamine وفوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl serine)

4- فوسفاتيديل إنوسيتول Phosphatidyl inositol.

5- الدهون الاسفنجية (السفنكولييدات) Sphingolipids (مثل السفنكومايلين Sphingomyelin).

6- بلازمالوجين Plasmalogen.

7- كارديولبينات Cardiolipinins.

8- الفوسفاتيديل كلسيرول Phosphatidyl glycerol.

ب- الدهون السكرية Glycolipids

1- السيروبروسايد Cerebrosides.

2- الكانكليوسايد Gangliosides.

جـ- الدهون الكبريتية Sulfolipids.

د- البروتينات الدهنية Lipoproteins .

تصنف البروتينات الدهنية أستناداً إلى الكثافة إلى:

1- الكيلومايكرونات Chylomicrones.

2- البروتينات الدهنية واطئة الكثافة جداً Very low density lipoproteins VLDL

3- البروتينات الدهنية متوسطة الكثافة Intermediate density lipoproteins (IDL)

4- البروتينات الدهنية واطئة الكثافة Low density lipoproteins (LDL)

5- البروتينات الدهنية عالية الكثافة High density lipoproteins (HDL)

III- الدهون المشتقة Derived lipids

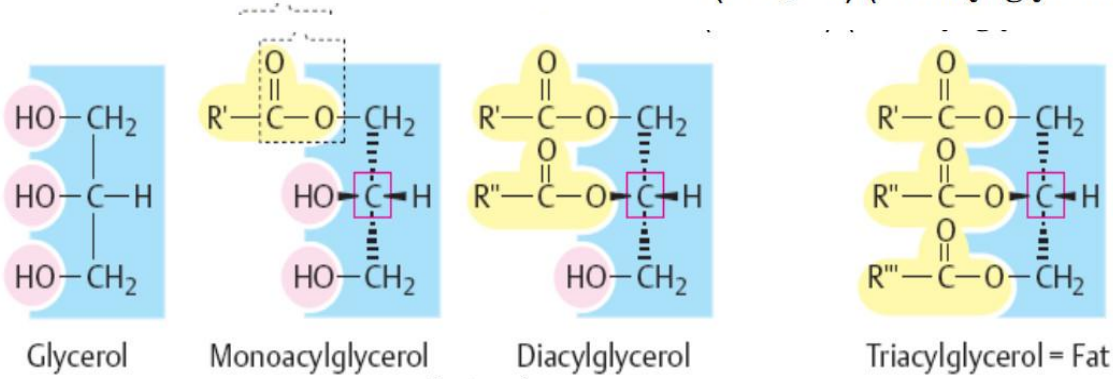
1- أحماض دهنية (مشبعة وغير مشبعة).
2- ستيرويدات Steroid.
3- سيترولات Sterols.
4- ألديهايدات دهنية Fatty aldehyde.
5- أجسام كيتون Keton bodies.
6- التربينات Terpens.

I- الدهون البسيطة

وهي إسترات Esters لأحماض دهنية مع الكحول التي بدورها تنقسم إلى:

أ- الدهون المتعادلة Neutral lipids
ب- الشمعيات Waxes.

أ- الدهون المتعادلة : وتتكون من إسترات للأحماض الدهنية مع كحول ثلاثي هو الكلسيرول Glycerol اذ ينتج ما يسمى بالكلسيريدات Glycerides. وتنقسم هذه الكلسيريدات استناداً الى عدد الأحماض الدهنية المتصلة بالكلسيرول إلى كلسيريدات أحادية Monoglycerides (او تسمى **كلسيرول أحادية الأسيل Monoacyl glycerol**) وكلسيريدات ثنائية Diglycerides (او تسمى **كلسيرول ثنائية الأسيل Diacyl glycerol**) وكلسيريدات ثلاثية Triglycerides (**او تسمى كلسيرول ثلاثية الأسيل Triacyl glycerol**) (**الشكل1-7**).



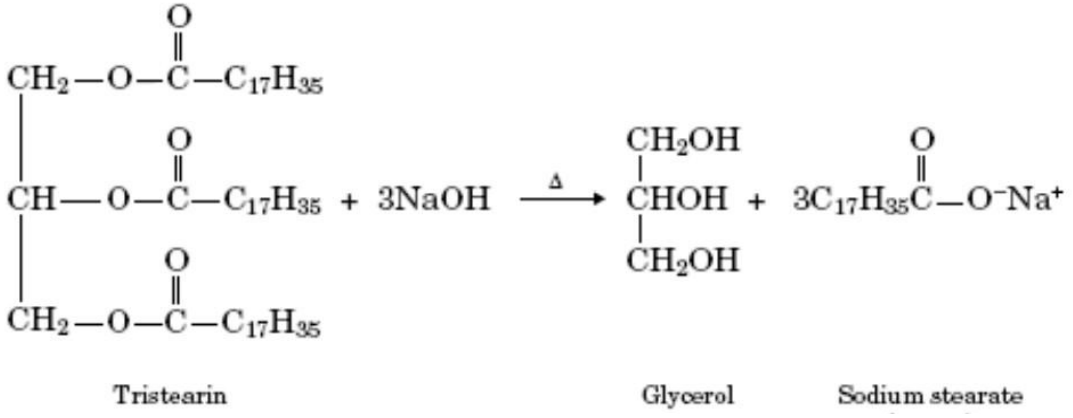
الشكل(1-7): الكلسيرول Glycerol وكلسيرول أحادية الأسيل Monoacyl glycerol وكلسيرول ثنائية الأسيل Diacyl glycerol وكلسيرول ثلاثية الأسيل Triacyl glycerol (الشحوم Fat).

وقد تكون هذه الكلسيريدات متجانسة إذا ارتبطت ثلاث جزئيات من نفس الحامض الدهني بالكلسيرول اذ يطلق عليها بالكلسيريدات البسيطة Simple glycerides ومثال عليها عندما ترتبط ثلاث جزئيات من حامض الستياريك Stearic acid بالكلسيرول فينتج مايسمى ثلاثي الستيارين Tristearin، أما إذا ارتبط الكلسيرول بأكثر من نوع واحد من الأحماض الدهنية فيسمى بالكلسيريدات المختلفة Mixed glycerides ومثال على ذلك عندما ترتبط جزيئة من حامض البالمتيك Palmitic acid وجزيئتان من حامض الستياريك لتكوين كلسيريد ثلاثي الذي يسمى بالميتدوثنائي ستيارين Palmitodistearin او يسمى بيتا- بالمتيك ألفا- ألفا ثنائي الستياريك β- Palmityl α- α - distearin والكلسيريدات الثلاثية الموجودة في الطبيعة هي من النوع المختلط ولا تحتوي على نوع واحد ولكن من أنواع مختلفة. والكلسيريدات الثلاثية منتشرة في دهن جسم الإنسان ولاسيما الأنسجة الدهنية Adipose tissues وتحت الجلد Subcutaneous وحول الأعضاء مثل القلب والكليتين.

إن جزئية الكلسيريدات الثلاثية ليس لها شحنة كهربائية ولذا سميت بالدهون المتعادلة والتي تكون أما مادة صلبة أو سائلة في درجة حرارة الغرفة، وأن صلابة وسيولة الدهون تتوقف على طبيعة الأحماض الدهنية المكونة للدهن.

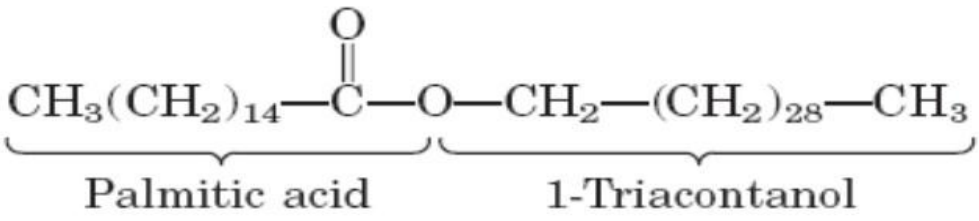
إن معظم الزيوت النباتية تحوي أحماضاً دهنية غير مشبعة مثل حامض الأوليك Oleic acid وبهذا تكون هذه الزيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة (25 درجة مئوية) أما الكلسيريدات الثلاثية التي تحتوي على أحماض دهنية مشبعة مثل حامض البالمتيك فتكون صلبة أو شبه صلبة في درجة حرارة الغرفة.

تتحلل الكلسيريدات الثلاثية إنزيمياً بوساطة إنزيم اللايبيز Lipase وينجم عنها مزيج من ثلاث جزئيات أحماض دهنية وكلسيرول. وكذلك تتحلل قاعدياً فينجم عنها صوابين الحامض الدهني وكلسيرول وتدعى العملية بالصوبنة Saponification **كما يلاحظ في التفاعل أدناه :**



ب ــ الشموع Waxes

الشموع عبارة عن أسترات أحماض دهنية مع كحولات ذات أوزان جزئية عالية وهي مكونات الطبقة المغلفة لجسم الحيوانات كالجلد والفرو والريش وتغطي أوراق النباتات الشمعية والثمار وكذلك شمع النحل الذي يتكون من إسترات حامض البالمتيك مع كحول طويل السلسلة الهيدروكاربونية على سبيل المثال تركيب ثلاثي أكونتانول بالماتيت Triacontanoyl palmitate (وهو المكون الرئيس لشمع النحل) **(الشكل 2-7).**

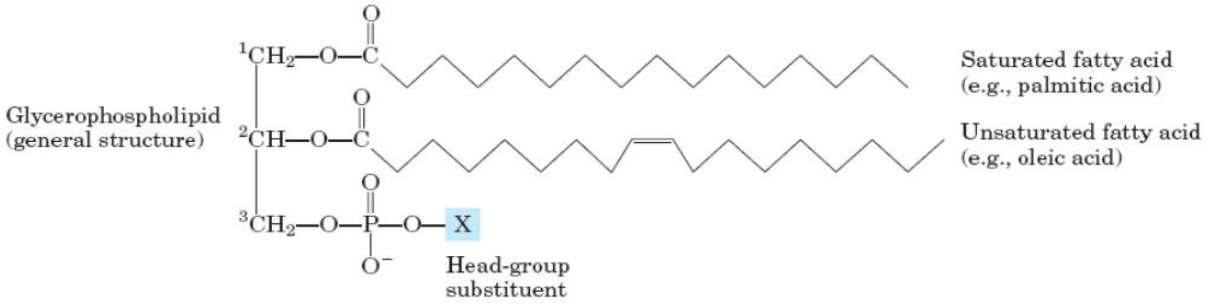


الشكل(2-7): شمع إستر بالماتيك.

الدهون المركبة

أ- الدهون المفسفرة Phospholipids

تتكون من إسترات يرتبط فيها حامض الفوسفوريك محل جزيئة من الأحماض الدهنية ثم ارتباط قاعدة نيتروجينية غالباً والتي تدخل في تراكيب الأغشية وتركيب البروتين الدهني **(الشكل 3-7)**.



الشكل(3-7): الشكل العام للدهون المفسفرة.

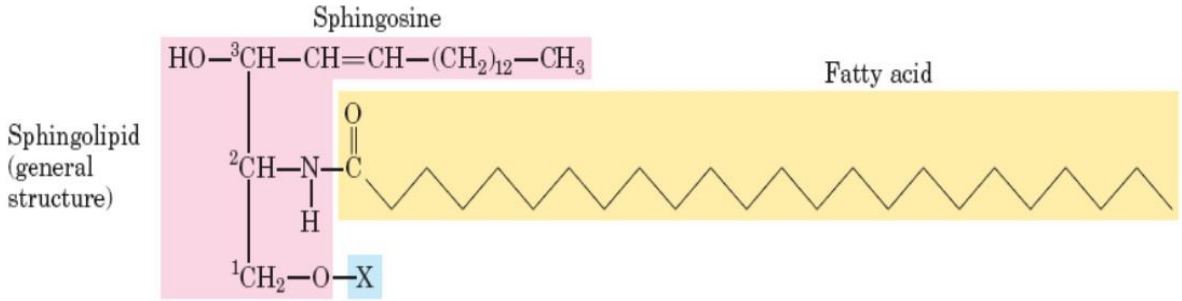
وفي ما يأتي وصف لبعض الدهون المفسفرة :

1- **حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid** : يتكون هذا الحامض من كلسيرول وحامض فوسفوريك وجزيئتين من الاحماض الدهنية وعادة ما يكون احدهما مشبعاً والآخر غير مشبع.

2- **اللسيثينات Lecithins** : أو يطلق عليها فوسفاتيديل كولين Phosphatidyl choline وهو من أكثر الدهون المفسفرة توفراً في أنسجة الحيوان ويتكون من كلسيرول وحامض الفوسفوريك وأحماض دهنية وقاعدة نيتروجينية هي الكولين Choline ولهذا النوع من الدهون المفسفرة دور مهم في أيض الدهون في الكبد ودوره في تركيب الجسم وهو أحد مركبات الجهاز العصبي ويوجد في صفار البيض بنسبة عالية.

3- **السيفالينات Cephalins** : وهي مجموعة مركبات تابعة إلى مركبات فوسفاتيديل إيثانول أمين Phosphatidyl ethanolamine وفوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl serine وتختلف عن اللسيثينات في عدم قابليتها للذوبان في الكحول إلا أنها تذوب في الأيثر والكلوروفورم. تتكون هذه المركبات من كلسيرول وحامض الفوسفوريك وأحماض دهنية وإيثانول أمين أو سيرين وهي مركبات موجودة في الدماغ أو الجهاز العصبي والكبد.

5- **الدهون الأسفنجية (السفنكولبيدات) Sphingolipids** : ومن الأمثلة على هذه المركبات هي السفنكومايلين Sphingomyelin اذ تتكون من قاعدة نيتروجينية هي السفينكوسين Sphingosine (وهي عبارة عن كحول أميني ذي سلسلة هيدروكاربونية غير مشبعة وحامض دهني واحد فضلاً عن حامض الفوسفوريك) والأحماض الدهنية المشبعة التي يمكن أن ترتبط هي حامض البالمتيك أو الستياريك **(الشكل 4-7)** أما الأحماض الدهنية غير المشبعة فيمكن أن ترتبط أيضاً بحامض الأوليك.

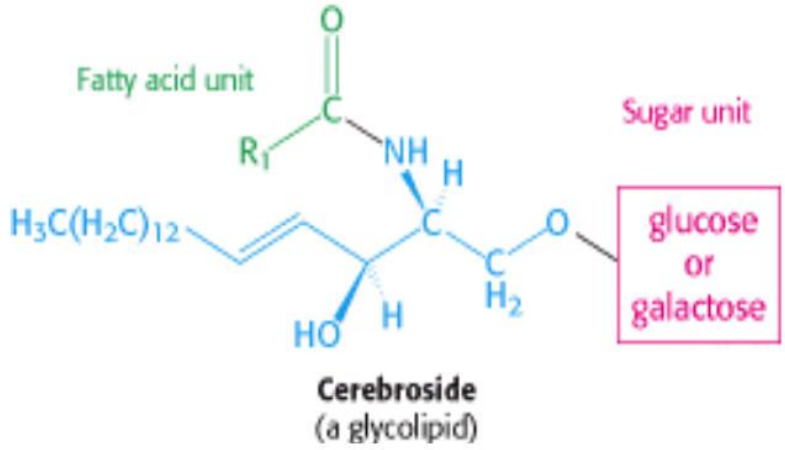


الشكل(4-7): الشكل العام للدهون الأسفنجية.

ب- الدهون السكرية Glycolipids

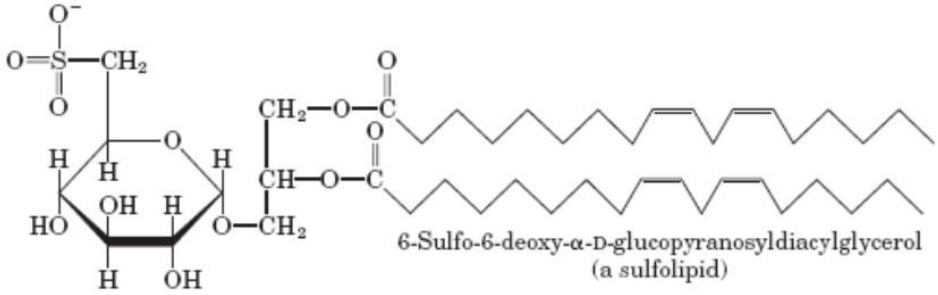
وهي مركبات تحتوي على كاربوهيدرات وأحماض دهنية ولا تحتوي على حامض الفوسفوريك **ومن الأمثلة عليها:**

1- السيروبروسايد Cerebrosides : وهي دهون تحتوي على كاربوهيدرات عادة تكون الكالاكتوز أو الكلوكوز وأحماض دهنية ذات وزن جزيئي عالي وسفنكوسين ومعظم الأحماض الدهنية المكونة لها هي حامض اللكنوسيرك Lignoceric acid أو حامض البهينيك Behenic acid او حامض البالمتيك **(الشكل 6-7)** وتوجد هذه المركبات في الجهاز العصبي في الدماغ والكبد والكليتين والطحال.



الشكل(6-7): السيروبروسايد.

جـ- الدهون الكبريتية Sulfolipids : وهي مركبات شبيه بالسيروبروسايد ماعدا وجود حامض الكبريتيك وتحتوي أيضاً على السفنكوسين والكالاكتوز وحامض السيروبرونيك Cerebronic acid **(الشكل 7-7).**



الشكل(7-7): الدهون الكبريتية Sulfolipid.

د- البروتينات الدهنية Lipoproteins

1- الكيلومايكرونات Chylomicrones: وهي اكبر الجزيئات (قطرها يتراوح بين 180-500 نـــانوميتر) الحاوية على ثلاثي الكلسيرايد (80-99%) والتي مصدرها خارج الجسم Exogenous بعد عملية الهضم وتمتلك أقل كثافة (أقل من 0.94 غم/سم^3) وبذلك فهي تحتوي على نسبة قليلة جداً من البـــروتين. تعمـــل على نقل الكلسيريدات الثلاثية والكوليستيرول من الأمعاء إلى الأنسجة.

III- الدهون المشتقة Derives lipids

الدهون المشتقة عبارة عن مركبات مشتقة من المجاميع السابقة الذكر بعملية التحلل المائي Hydrolysis وتشمل أحماضاً دهنية مشبعة وغير مشبعة وكوليستيرول وستيرويدات Steroids والكحولات فـــضلاً عـــن الكلسيرول والـــستيرولات Sterols، وكـــذلك ألديهايـــدات دهنيـــة Fatty aldehydes وأجـــسام كيتونيـــة Ketone bodies والكاروتينويدات Carotenoids.

1- الأحماض الدهنية Fatty acids

الأحماض الدهنية مركبات عضوية مكونة من سلسلة هيدروكاربونية مختلفة الطـــول تنتهـــي بمجموعـــة كاربوكسيلية (COOH-) وعادة تتكون من عدد زوجي من ذرات الكاربون تتراوح بين 12-30 ذرة كاربون والتي تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة وذات ملمس دهني وغير ذائبة في الماء. **توجد الأحماض الدهنية في جميع الكائنات الحية وبأشكال مختلفة وهي:**

أ- **مشبعة** Saturated مثل حامض البالمتيك $CH_3(CH_2)_{14}COOH$.

ب- **غير مشبعة** Unsaturated مثل حامض الأوليك $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$.

جـ- **الأحماض الدهنيـــة الهيدروكسيليـــة** مثل حامض السيربرونيك Cerebronic acid .

د- **متشعبة (متفرعة)** Branched مثـــل حامض ايزوڤاليريـــك Isovaleric acid .

هـ- **حلقية** Cyclic مثل حامض كولموجيرك Chaulmogric acid .

إن الأحماض الدهنية غير المشبعة يمكن تقسيمها إلى ثلاث أقسام اعتماداً على عدد الأواصـــر المزدوجـــة وهي:

1- **أحادية الآصرة المزدوجة** Monounsaturated (تسمى أيضاً مونوإينويك Monoenoic).

2- **متعددة الآصرة المزدوجة** Polyunsaturated التي تحتوي على أثنين أو أكثر من الأواصر المزدوجـــة (تسمى أيضاً بولينويك Polyenoic).

3- **أيكوسانويد**(المركبات الصندوقية) Eicosanoids هذه المركبات تشتق من eicosa المحتوية علـــى 20 ذرة كاربون على سبيل المثـــال بروســـتانويد Prostanoids التـــي تـــشتق منهـــا البروســـتاكلانديات Praostanaglandins (PGs) (مثل Praostanaglandin E_1) وليوكوترينات (مثل Leukotriene A_4) وثرومبوكسانيسات Thromboxane (TXs) (Thromboxane A_4) (**الشكل 11-7**).

تزنخ أو أكسدة الدهون Rancidity or oxidation of lipids

إن الزيوت والدهون النقية مواد عديمة اللون والطعم والرائحة أما غير النقية فهي ذات روائح ولون وطعم اذ تتغير الصفات الفيزيائية والكيميائية نتيجة تعرض الدهون لمؤشرات مختلفة يصحبها ظهور طعم ورائحة مميزة نتيجة لتكوين مركبات ألديهايدية وكذلك كيتونية بسبب حدوث أنواع من التزنخ، فالأول يسمى بتزنخ التحليل المائي الذي يحدث بوساطة الإنزيمات والثاني يطلق عليه بالتزنخ الكيتوني بسبب وجود بعض الفطريات المسببة للأكسدة من نوع بيتا، وتزنخ الأكسدة يعود إلى أوكسجين الهواء يصاحبها زيادة كثافة ولزوجة الزيت أو الدهن فضلاً عن حدوث نكهة غير مرغوب فيها وتغير الطعم.

إن المصدر الرئيس للتزنخ في الأغذية هو الأكسدة الذاتية للدهون Auto-oxidation عند وجود الأوكسجين.

الأحماض الدهنية الأساسية Essential fatty acids

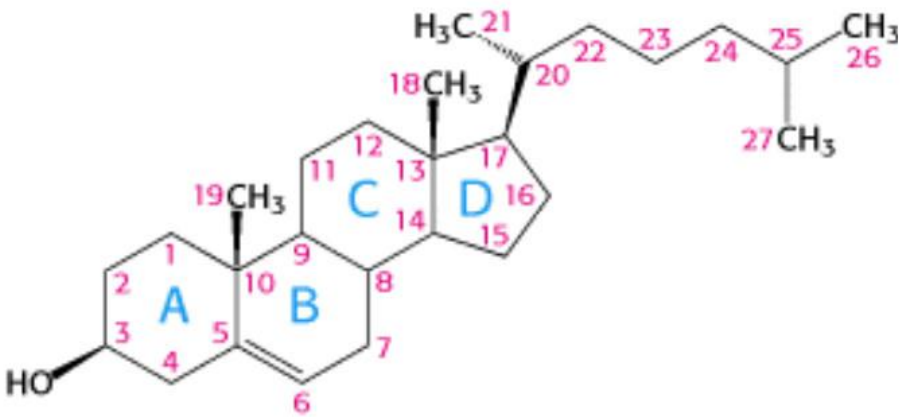
الأحماض الدهنية الأساسية تعني عدم استطاعة اللبائن بضمنها جسم الإنسان لبنائها من أحماض دهنية أخرى أو أي مادة أخرى داخل الجسم وبهذا يجب توفرها عن طريق الغذاء لتلبية احتياجات الجسم منها. ومن هذه الأحماض الدهنية غير المشبعة مثل حامض اللينوليك Linoleic acid وحامض اللينولينك Linolenic acid وحامض الاراكيدونيك Arachidonic acid.

لقد أثبتت العديد من البحوث قابلية بناء كل من حامض اللينولينك وحامض الاراكيدونك في الجسم من حامض اللينوليك إذا كانت كمياته كافية لاحتياجات الجسم وبهذا يعّد حامض اللينوليك الحامض الأساسي والضروري في هذه المجموعة (والذي سابقاً كان يعرف بفيتامين F) والذي يتواجد بكميات كبيرة في زيت الذرة وزيت فول الصويا. أما الأحماض الدهنية اللينولينك والأراكيدونك تعد في هذه الحالة شبه أساسية Semi essential لأنه عند توفر حامض اللينوليك يمكن استخدامه لبنائهم.

الستيرولات Sterol

ان مركبات الستيرولات عبارة عن ستيرويدات كحولية Steroids alcohol تحتوي على مجاميع هيدروكسيلية ولا تحتوي على مجموعة كاربونيلة. ومن أهمها الكوليستيرول الذي يتواجد في الحيوانات ولا وجود له في النباتات ولكن الإستيرولات النباتية تتواجد على شكل الإركوستيرول Ergosterol.

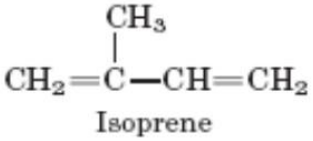
إن الكوليستيرول يذوب في الكلوروفورم والأسيتون والأيثر لكنه لا يذوب في الماء ويوجد في المخ (بنسبة 17 % من الوزن الجاف للمخ) وغدة فوق الكلية والطحال وغشاء الكريات الحمر ولا يوجد في خلايا بدائية النواة Prokaryotes.



الشكل(17-7): الكوليستيرول.

3- التربينات Terpenes

التربينات مركبات من مشتقات الدهون التي تتكون من تكاثف وحدتين او أكثر من وحـــدات الأيزوبـــرين Isoprene (2- مثيل 3,1 - بيوتاداين 2-methyl 1,3- butadiene) (**الشكل 23-7**).



الشكل(23-7): الايزوبرين.