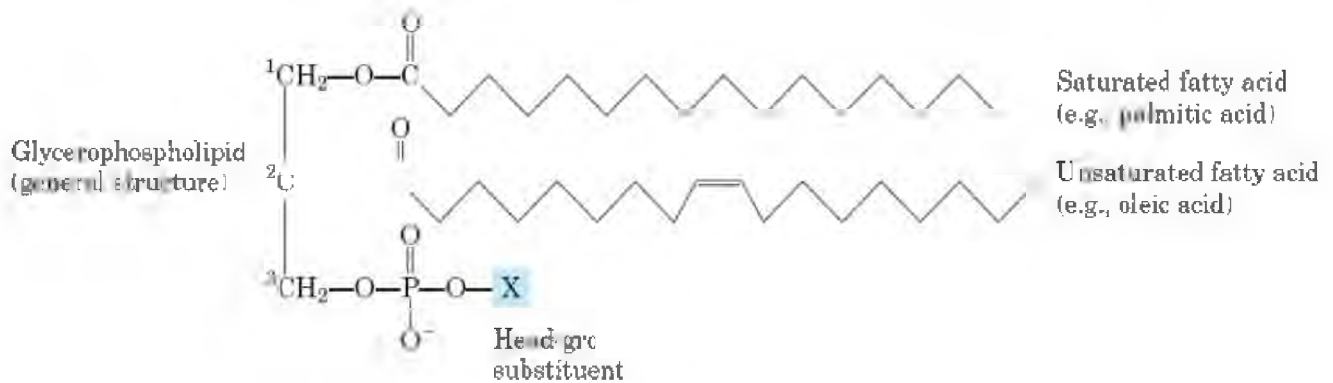


II- الدهون المعقدة (المقترنة) Complex (Conjugated) lipids

وتتكون هذه الدهون من إسترات أحماض دهنية مع كحولات ومواد أخرى غير دهنية وتشمل:

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.

ان الشكل (3-7) يعد شكلاً عاماً يمكن ان يبنى من خلاله أنواع الدهون المفسفرة وكما يلاحظ في الجدول

وفي ما يأتي وصف لبعض الدهون المفسفرة :

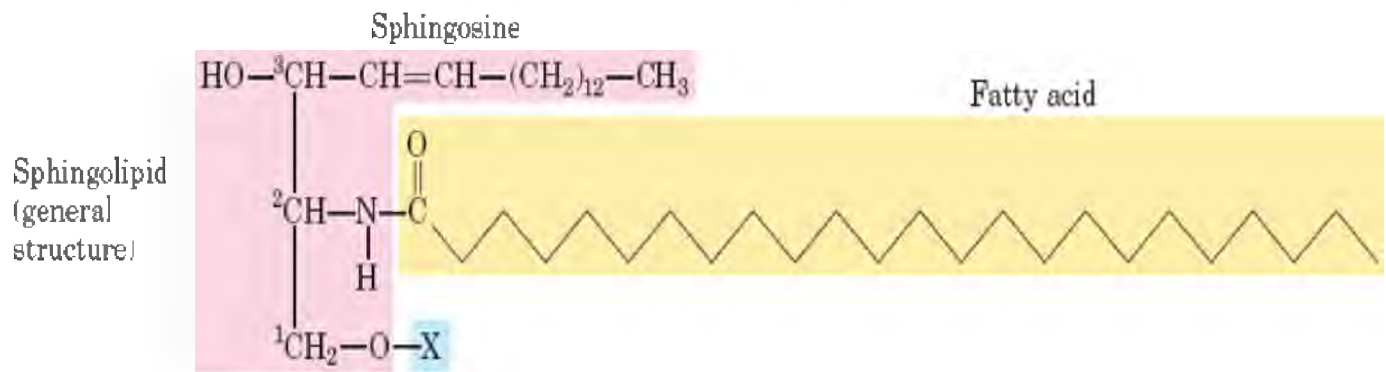
1- **حامض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid** : يتكون هذا الحامض من كلسيرول وحامض فوسفوريك وجزيئتين من الاحماض الدهنية وعادة ما يكون احدهما مشبعاً والآخر غير مشبع.

2- **الليسيثينات 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 الليسيثينات في عدم قابليتها للذوبان في الكحول إلا أنها تذوب في الأثير والكلوروفورم. تتكون هذه المركبات من كلسيرول وحامض الفوسفوريك وأحماض دهنية وإيثانول أمين أو سيرين وهي مركبات موجودة في الدماغ أو الجهاز العصبي والكبد.

4- **فوسفاتيديل إينوسيتول Phosphatidyl inositol** : توجد هذه الأنواع من الدهون في معظم الأنسجة الحيوانية ويكون أكثر توفراً في الأنسجة الدماغية والعصبية. إن التحلل الإنزيمي أو الحامضي لهذا الدهن ينتج عنه كلسيرول وحامض الفوسفوريك وأحماضاً دهنية والكحول الحلقي إينوسيتول.

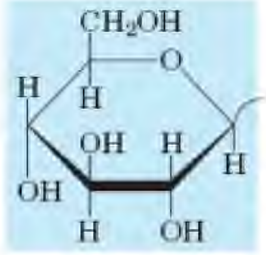
5- **الدهون الأسفنجية (السفنجوليبيدات) Sphingolipids** : ومن الأمثلة على هذه المركبات هي السفنجومايلين Sphingomyelin إذ تتكون من قاعدة نيتروجينية هي السفنجوسين Sphingosine (وهي عبارة عن كحول أميني ذي سلسلة هيدروكربونية غير مشبعة وحامض دهني واحد فضلاً عن حامض الفوسفوريك) والأحماض الدهنية المشبعة التي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



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

إذ أن الرمز X في الشكل (4-7) يمكن التعويض عنه بعدة مركبات لاشتقاق مركبات أخرى وكما في الجدول (2-7).

جدول (7-2): المركبات المشتقة من التركيب العام للدهون المفسرة الشكل (4-7).

Name of sphingolipid	Name of X	Formula of X
Ceramide	—	— H
Sphingomyelin	Phosphocholine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{— P — O — CH}_2\text{—CH}_2\text{—N}^+(\text{CH}_3)_3 \\ \parallel \\ \text{O}^- \end{array}$
Neutral glycolipids Glucosylcerebroside	Glucose	

ب- الدهون السكرية Glycolipids

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

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

2- **Gangliosides** الكانكليوسايد : وهي دهون تحوي كاربوهيدرات (الكالاكتوز عادة) وحامض دهني طويل السلسلة وحامض النيورامينيك Neuraminic acid والسفنجوسين وتكون مصاحبة للسيروبوسايد (الجدول 2-7) إذ توجد في الأنسجة العصبية وكريات الدم الحمر. ويعتقد أنها تشارك في نقل النبضات العصبية عبر التشابك العصبي.

د- البروتينات الدهنية Lipoproteins

يتم نقل الدهون في الدم على شكل معقدات بارتباطها مع بروتينات ناقلة وتدعى هذه المعقدات بالبروتينات الدهنية والتي تكون على شكل مذيلات كاذبة Pseudo micelles (راجع الفصل الثالث)، وتكون المجاميع المستقطبة لهذه البروتينات هي الدهون المفسفرة والكوليستيرول الحر، وتترتب هذه المجاميع بشكل

يسمح للجزء المستقطب (Polar) بالتواجد على السطح، في حين تحتوي هذه البروتينات الدهنية في داخلها على ثلاثي الكسيرايد وإسترات الكوليستيرول غير القابلة للذوبان في الماء (الشكل 9-7) كما وتحتوي البروتينات الدهنية على جزء بروتيني يدعى الأبوبروتين (البروتين المنزوع) Apoprotein.

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 فضلاً عن الكليسيرول والستيروولات Sterols، وكذلك أليهايدات دهنية Fatty aldehydes وأجسام كيتونية Ketone bodies والكاروتينويدات Carotenoids.

1- الأحماض الدهنية Fatty acids

الأحماض الدهنية مركبات عضوية مكونة من سلسلة هيدروكاربونية مختلفة الطول تنتهي بمجموعة كربوكسيلية (COOH -) وعادة تتكون من عدد زوجي من ذرات الكربون تتراوح بين 12-30 ذرة كربون 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 البالميتيك $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$.
- ب- غير مشبعة Unsaturated مثل حامض الأوليك $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$.
- ج- الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية مثل حامض السيربرونيك Cerebronic acid.
- د- متشعبة (متفرعة) Branched مثل حامض إيزوفاليريك Isovaleric acid.
- هـ- حلقيّة Cyclic مثل حامض كولموجيريك Chaulmogric acid.

يدخل عاملان مهمان لتحديد درجة صلابة الدهن أو الزيت في ذلك، وهذان العاملان هما طول السلسلة الهيدروكاربونية المكونة منها الحامض الدهني وعدد الأواصر المزدوجة التي يحويها الحامض الدهني (درجة التشبع Degree of Saturation). فكلما زاد طول السلسلة الهيدروكاربونية (خاصة أكثر من اثنا عشر ذرة كربون) ازدادت صلابة الدهن في درجة حرارة الغرفة. وعند ازدياد عدد الأواصر المزدوجة في السلسلة الهيدروكاربونية في الأحماض الدهنية يجعل من الدهن سائلاً وبالتالي يعرف بالزيت Oil وهو سائل في درجة حرارة الغرفة والجدول 3-7 يبين فيه الأحماض الدهنية الشائعة الأكثر تواجداً في الدهون والزيوت الحيوانية والنباتية.

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 إذ تتغير الصفات الفيزيائية والكيميائية نتيجة تعرض الدهون لمؤشرات مختلفة يصحبها ظهور طعم ورائحة مميزة نتيجة لتكوين مركبات أديهايدية وكذلك كيتونية بسبب حدوث أنواع من التزنخ، فالأول يسمى بتزنخ التحليل المائي الذي يحدث بواسطة 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 اللينولييك Linoleic acid وحامض اللينولينيك Linolenic acid وحامض الاراكيونيك Arachidonic acid.

2- الستيرويدات Steroids

الستيرويدات هي مركبات مشتقة من النواة الأساسية المسماة بيرهيدرو سايكلوبنتانو فينانثرين Perhydro cyclopentano phenanthrene التي هي عبارة عن مجموعة حلقات هيدروكربونية (الشكل 15-7). والتي توجد بشكل حر أو متحد بالأحماض الدهنية على شكل إسترات وتشمل مركبات مختلفة (الشكل 16-7) يمكن تصنيفها إلى:

- أ- الإستيروولات Sterols (مثل الكوليستيرول والاركوستيرول).
- ب- أحماض الصفراء (مثل أحماض الكلايكوكوليك Glycocholic).
- ج- الهرمونات الجنسية الذكرية (مثل التوستوستيرون).
- د- الهرمونات الجنسية الأنثوية (مثل البروجوستيرون).
- هـ- فيتامين D.
- و- سابونين Saponin.

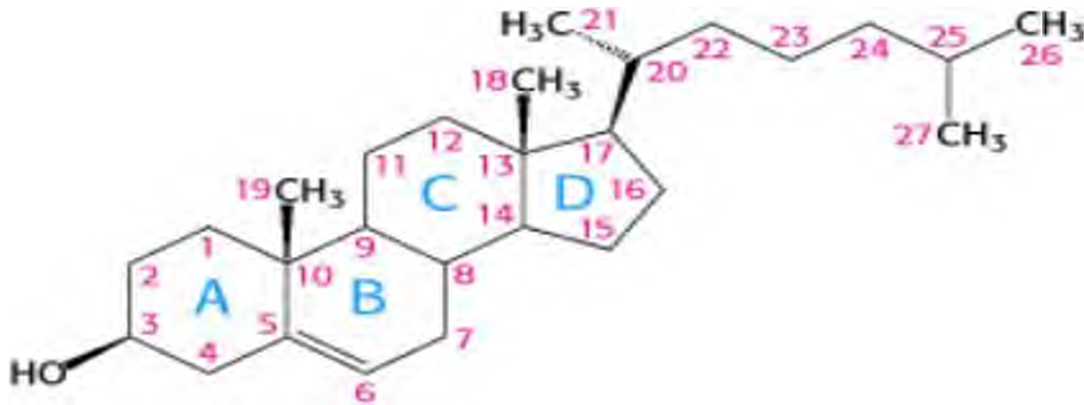
ر- الكلايكوسيدات القلبية (مثل دواء دايجيتاوكسجينين Digitoxenin المستخدم في تنشيط الأنسجة القلبية).

ز- هرمونات الغدة الأدرينالية (مثل هرمونات الألدوستيرون والكورتيزون)

س- بعض الألكالويدات Alkaloids.

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.



الشكل (7-17): الكوليستيرول.

للكوليستيرول فوائد عديدة يمكن إجمال بعض منها:

- 1- مكون للعديد من الهرمونات (مثل الهرمونات الجنسية الذكرية والأنثوية).
- 2- تدخل في تركيب الأغشية البلازمية للخلية.
- 3- تدخل في تركيب الجهاز العصبي كالدماغ والخلايا العصبية وأنسجتها إذ يكون تقريباً 25% من دهون الأغشية للخلايا العصبية.
- 4- له دور في نقل الأحماض الدهنية غير المشبعة في الجسم. وبالتالي فإن الزيوت الحاوية على الأحماض الدهنية غير المشبعة تشارك في تقليل الكوليستيرول من خلال مشاركتها في ارتباطها مع الكوليستيرول وهذا يؤدي إلى زيادة أيض الكوليستيرول بعد نقله من الأنسجة المختلفة إلى الكبد.