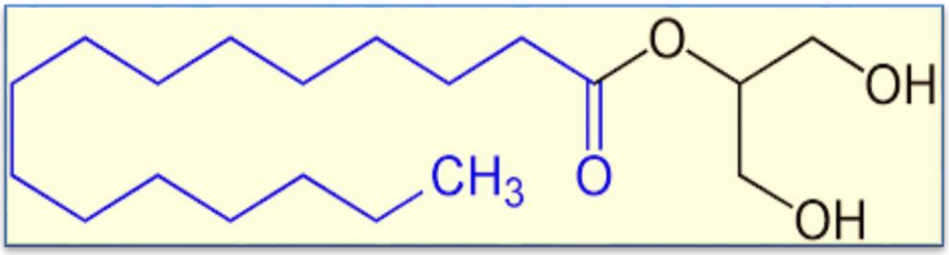
أنواع الكليسيريدات:

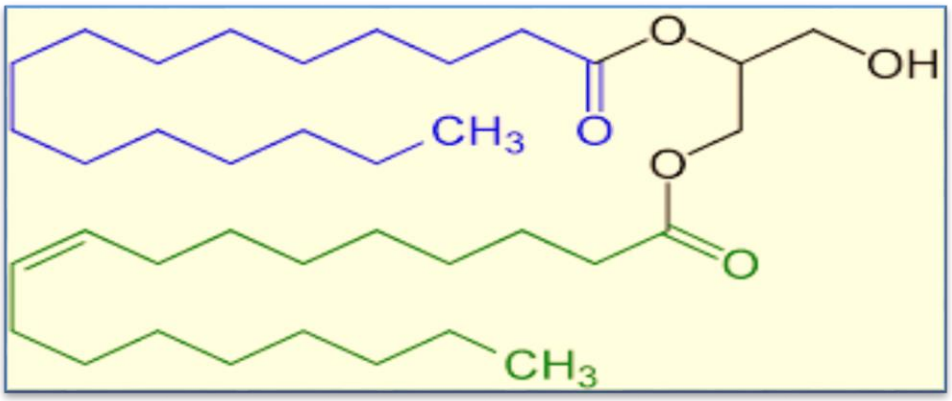
هناك ثلاثة أنواع من حيث تركيبها الكيميائي وهي:

عندما يتفاعل الكليسرول مع الاحماض الدهنية تتكون الكليسريدات حيث يرتبط كل منهما برابط الأستر، فإذا ارتبط جزيء الكليسرول مع جزيء واحد من حامض دهني ما فإنه يتكون كليسريد أحادي Monoglycerideوهناك احتمالان من حيث الموضع الذي يرتبط به الحامض: الموضع (1) أو الفا أو الموضع (2) أو بيتا في الكليسرول، وفي الحالة الأولى يسمى الكليسريد ألفا مونو كلسريد، وفي الحالة الثانية يسمى الكيسريد بيتا مونو كليسريد، والكليسريد يكون متناظراً إذا كان الحامض في الموضع بيتا من الكليسرول ويكون غير متناظر إذا كان الحامض في الموضع ألفا.



شكل(7): كليسريد احادي

وقد يتفاعل جزيئان من الاحماض الدهنية مع الكليسرول فيتكون كليسريد ثنائي Diglyceride وهنا قد يكون الحامض المتفاعل من نوع واحد (أي أن جزيئين من حامض ما مثل البيوتريك يتفاعلان مع جزيء واحد من الكليسرول) وقد يكون حامضين مختلفين، ففي حالة تفاعل حامض واحد مع كليسرول قد يحدث:



شكل(8): كليسريد ثنائي

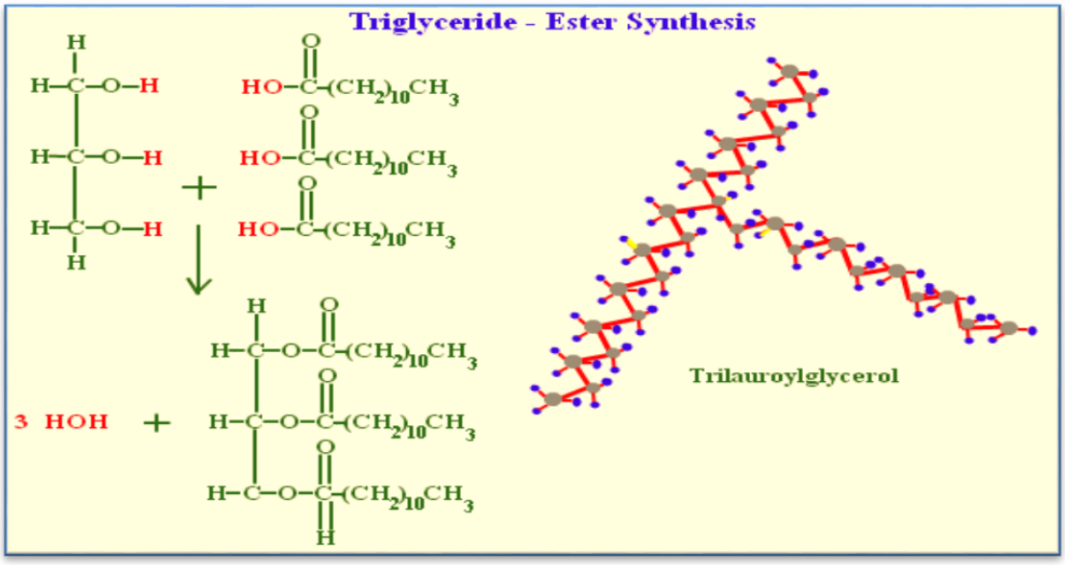
(أ) تفاعل جزيء من الحامض مع الموضع (1) وتفاعل جزيء ثانٍ من الحامض نفسه مع الموضع (2) وفي هذا الحالة يكون الكليسريد الثنائي الناتج غير متناظر Unsymmetric .

(ب) تفاعل جزيء من الحامض مع الموضع (1) وجزيء آخر من الحامض نفسه مع الموضع (3) وفي هذه الحالة يكون الكليسريد الثنائي الناتج متناظر فيتكون مشابهان Tow Isomers أحدهما متناظر والآخر غير متناظر.

أما إذا كان المتفاعل مع الكليسرول نوعان في الاحماض الدهنية فإن المتكون في كل الأحوال هو كليسريد غير متناظر حيث تتكون مشابهات أربعة، فإذا فرضنا الحامضين المتفاعلين X ، Y فإن هذه المشابهات هي ويمكن اعتبار الكليسريد (3) والكليسريد (4) كليسريداً واحداً أي من نوع واحد أي أن المشابهات (3) فقط.

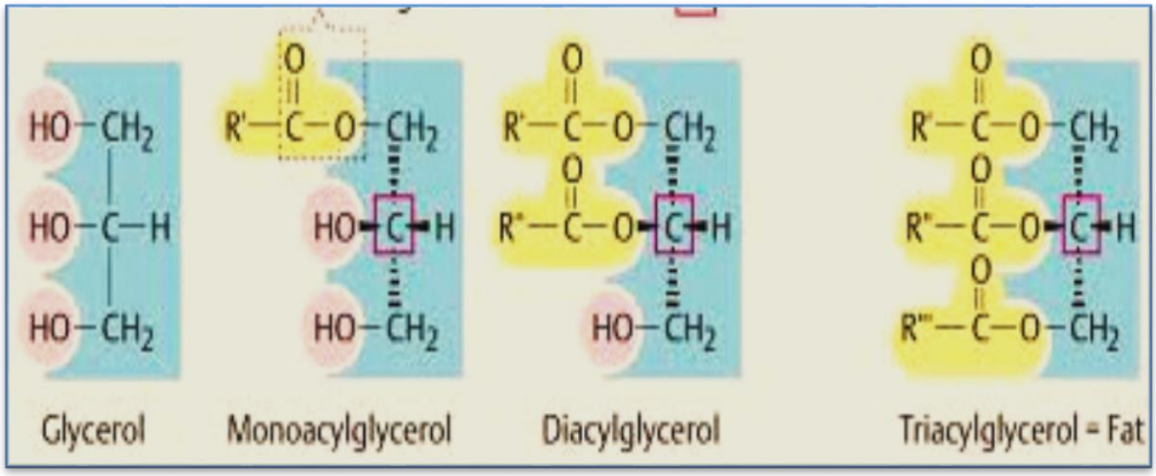
من الجدير بالذكر ان الكليسريدات الاحادية والثنائية تحضر تجارياً بالتحلل الكحولي للدهون مع الكليسرول او باسترة الاحماض الدهنية مع الكليسرول وتتقدم هذه التفاعلات بنشاط اعتماداً على فرصة تكون ظروف التوازن، ان هذه الكليسريدات ذات فعالية سطحية عالية بسبب احتوائها على كل من المجاميع المحبة والكارهة للماء، لذا فهي تستعمل كمواد استحلاب في صناعة المعجنات وان هذا يوفر حلاوة اعلى وخفة في الوزن وطراوة ورطوبة اكثر في الفطائر والخبز، لكنها غير ملائمة في دهون القلي بسبب ميلها للتحلل عند درجات الحرارة المرتفعة وتنتج دخاناً وابخرة غير مرغوبة، كما تستعمل في الماركرين كعوامل ضد الرشح كما انها تعرقل بلورة النشأ وهي فعالة جداً ضد التعفن في المعجنات.

قد تتكون كليسريدات ثلاثية من تفاعل جزيئة الكليسرول مع ثلاث احماض دهنية وبها عدة حالات حسب أنواع الاحماض الدهنية الداخلة في تكوينها ومواضعها على ذرات الكاربون في الكليسرول. وتسمى الدهون البسيطة Simple Triglyceride يدخل في تكوين الكليسريد نوع واحد من الحامض فيسمى الكليسريد الثلاثي كليسريداً بسيطاً أو أكثر من نوع واحد فيسمى الكليسريد الثلاثي كليسريداً مختلطاً Mixed Triglycerideوعدد المتشابهات الناتجة يختلف حسب عدد الاحماض الدهنية الداخلة في تكون الكليسريدات، والكليسريدات المختلطة قد تكون متناظرة أو غير متناظرة فإذا كان الحامض الذي على الموضع 1 هو الحامض نفسه الذي على الموضع *1 كان الكليسريد الثلاثي متناظراً، أما إذا اختلفا فإن الكليسريد يكون غير متناظر.



شكل(9): الكليسريدات الثلاثية

وينتج عن التحلل المائي الكامل الكليسرول والاحماض الدهنية الحرة.

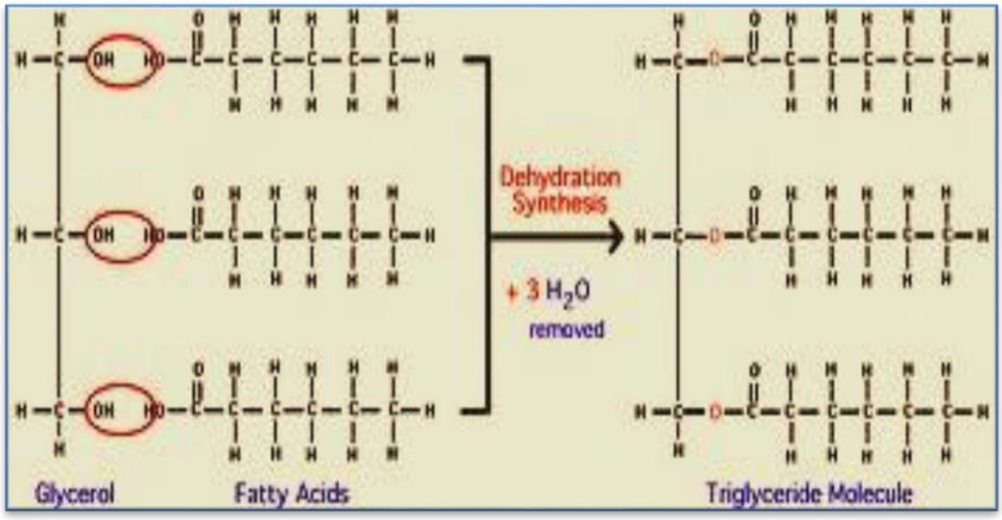


شكل (10): تحلل الكليسريدات الثلاثية

انواع الدهون:

1. **الدهون البسيطة** : هي استرات للاحماض الدهنية مع الكحولات وتنقسم الى:

أ- **الدهون والزيوت** او ما تسمى الكليسريدات الثلاثية T-Glycérides هي الأسترات الثلاثية المتكونة من اتحاد كحول ثلاثي الوظيفة (كليسرول) وأحماض دهنية قد تكون نفـــــــــسها (R1 =R2=R3)، وتسمى في هذه الحالة بالكليسريدات المتجانسة مثل ثلاثي الاوليين؛ أو تكون مختلفة أي غير متجانسة عند احتوائها على نوعين أو ثلاثة أنواع من الأحماض الدهنية، وتتكون بتفاعل الأسترة التالي:

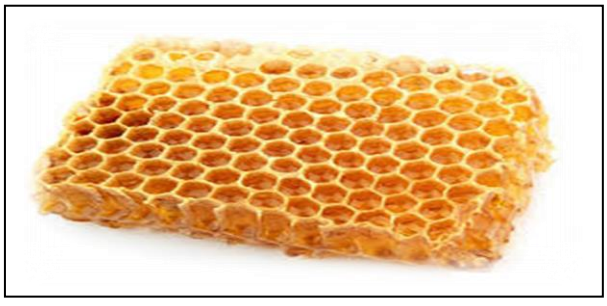


شكل (11): تكون الكليسريدات الثلاثية

والكليسريدات الثلاثية هو الشكل السائد في الطبيعة برغم من وجود الكليسريدات الأحادية والثنائية، ويمثل الشكل التالي الصيغ العامة لأنواع الكليسريدات المختلفة، حيث R_3 ,R_1,R_2 جذور لأحماض دهنية.

1.الشموع waxes: الشموع الطبيعية هي أسترات الأحماض الدهنية (R_1-COOH) الطويلة السلسلة الحاوية على 10-40 ذرة كربون R_2-OH مع كحولات احادية الهيدروكسيل. وتعتبر الشموع مقاومة للتحلل المائي اكثر من الدهون اذ تتطلب درجات حرارة اعلى وقلويات اقوى. وتحتوي الشمع ايضاً على البارافينات والاحماض الدهنية الهيدروكسيلية غير المشبعة والكحولات الثانوية والكيتونات، ولجميع هذه المركبات اوزان جزيئية عالية وخواص فيزيائية متشابهة وتنتشر الشموع بدرجة واسعة في الطبيعة الا انها لا توجد بغزارة فهي تغطي سطوح الشعر والصوف والريش في الحيوانات، اما في النباتات فتغطي سطوح السيقان والاوراق والثمار وتحتوي شموع الثمار غالباً على مركبات حلقية من انواع ثلاثي التربينويد مثل حامض اورسوليك الموجود كغطاء ابيض على سطح التفاح والعنب صيغتها العامة: R_1-O-C-O-R_2 مثل شمع النحل (ميريكريل بالمتيات) وهو استر كحول الميركريل ($C_{36}H_{61}$-OH) وحامض البالميتيك $C_{15}H_{31}$-COOH وصيغته هي:

$C_{36}H_{61}$-O-C-O-$C_{15}H_{31}$



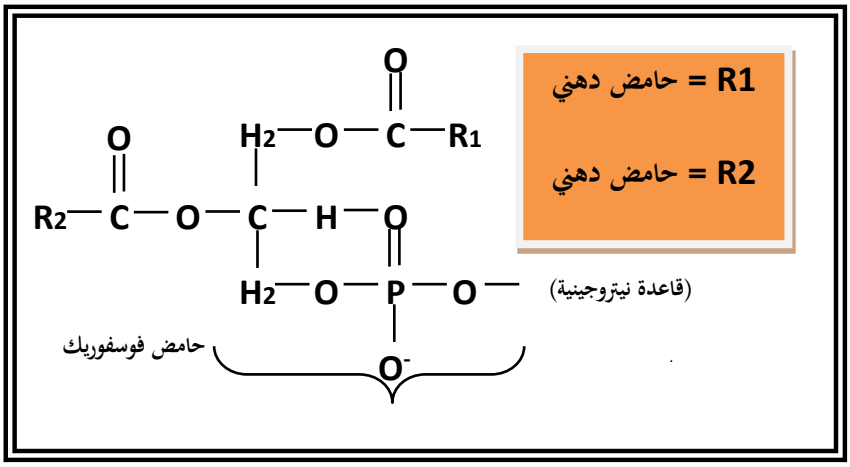
شكل (12): شمع العسل

2. الدهون المركبة:

الدهون المركبة فهي عبارة عن دهون بسيطة مرتبطة مع جزء غير دهني، ومن أهم الدهون المركبة الفوسفوليبيدات التي تحتوي على جزيء من حامض الفوسفوريك والنيتروجين وهي توجد في انسجة الخلايا العصبية، ومن الدهون المركبة أيضاً الدهون الاسفنجية والدهون السكرية (الكلايكوليبيدات) التي تحتوي على جزء من الكاربوهيدرات والدهون البروتينية (اللايبوبروتينات) وهي دهون متحدة بالبروتينات وتوجد في نوى الخلايا وفي بعض جدرانها، كذلك تعتبر الستيرويدات من اللبيدات المركبة، وهي تنتج في الكبد وتقوم بوظائف خاصة في الجسم، وبعضها مثل الستيرولات يعمل كهرمونات تنظم مختلف أنواع الأنشطة في الجسم.

الفوسفوتيدات او (الفسفوسفولبيدات): Phospholipids

الفوسفولبيدات هي كليسريدات ثنائية تحتوي على حامض الفوسفوريك وقاعدة نيتروجينية واكثرها شيوعاً فوسفوتايدل كولين وفوسفوتايدل ايثانول امين وفوسفوتايدل سيرين، أو مع قواعد أخرى في بعض الحالات وهي مركبات تشبه الكليسريدات الثلاثية في احتوائها على أسترات الأحماض في الموقع 1 و2، لكنها تحتوي أيضاً على حامض الفوسفوريك المؤستر مع الكحول وتوجد الفوسفولبيدات في دهون النبات والحيوان بكميات متفاوتة، اذ تُشكل حوالي 2-1% من العديد من الزيوت النباتية الخام ونسباً اعلى في دهون الحيوان. ويحتوي صفار البيض على 20% تقريباً فوسفولبيدات. وتوجد كميات قليلة فقط من الفوسفولبيدات في الدهون المُصنعة اذ ان اغلب الفوسفولبيدات الرئيسة تزال خلال العمليات التصنيعية المجراة على الدهون والزيوت خاصة التنقية والهدرجة (Chairman *et al.*, 2006)، وصيغتها العامة هي:



شكل (13): التركيب الكيميائي للفوسفوليبيدات

جدول (5): نسبة الفوسفوليبيدات (%) في بعض انواع الدهون والزيوت الشائعة.

الدهون والزيوت الخام	رقم الباحث	الفوسفوليبيدات%
دهن الماشية	4	0.07
دهن الخنزير	4	0.05
دهن الجاموس	1	1.0–0.2
دهن الحليب	1	20.4
زيت فول الصويا	1	3.2–1.1
زيت الكانولا	1	2
زيت الذرة	1	1.25
زيت بذور القطن	1	0.9–0.7
زيت زهرة الشمس	4	0.7
زيت الفول السوداني	4	0.35
زيت الزيتون	4	اقل من 0.1

الدهون والزيوت الخام	رقم الباحث	الفوسفوليبيدات%
زيت النخيل	4	0.05
زيت جوز الهند	4	0.4–0.3
زيت العصفر	4	0.5
زيت السمسم	1	0.1
زيت بذور اللفت	1	0.1
شرائح سمك tambagui	2	8.7
زيت العضلات البيضاء للتونا	4	0.94
زيت العضلات الحمراء للتونا	4	2.58
زيت السلمون	1	25–5
شرائح الرنكة	3	1.3
مخلفات الرنكة	3	0.8

1. Hastert (1989) ,2. Sousa *et al*. (2002) ,3. Aidos (2002) , 4. Chairman *et al*. (2006).

جدول (6): نوعية وكمية الفوسفوليبيدات (غم/100غم) في بعض مصادر الدهون والزيوت.

نوع الفوسفوليبيد		حامض الفسفوريك	فوسفاتيدل سيرين	فوسفاتيدل ايثانول امين	فوسفاتيدل اينوسينول	فوسفاتيد ل كولين	الايزو فوسفاتيدل ايثانول امين	لايزو فوسفاتيدل كولين
مصدر الزيت	رقم الباحث							
دهن الجاموس	1	_	3.1	31.8	47	34.5	_	_
البيض	3	_	_	17–19	1.0– 0.4	74– 73	3	0.6
زيت فول الصويا	3	5–6	2	14–23	12–21	22– 21	3	2.3
زيت حبوب الحنطة الكاملة	4	1	4	19	11	12	43	11
زيت نخالة الحنطة	4	1	4	13	6	48	22	_
زيت زهرة المساء	2	61.42	_	5.37	11.18	11.8 1	0.17	10.04
زيت العضلات البيضاء لسمك التونا	4	0.86	0.14	0.22	0.17	0.50	0.08	_
زيت العضلات الحمراء لسمك التونا	4	0.11	0.35	0.65	0.45	1.43	0.25	_

1. Hastert (1989).,2. Khan (1999).,3. Stuckik and Zak (2001).,4. Chairman *et al.* (2006).

وتقوم الفوسفولبيدات بعدد من الوظائف البايلوجية المهمة:

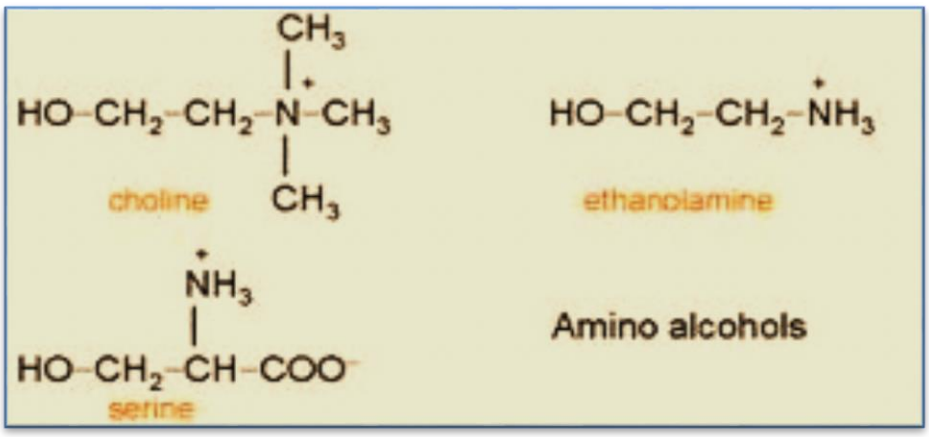
1. اذ تدخل في تراكيب الخلايا الحية.
2. تُعد واحدة من اشكال خزن الاحماض الدهنية والفوسفات.
3. تشترك في عملية تخثر الدم.
4. كمركبات وسطية في نقل واسغلال ايونات الصوديوم والبوتاسيوم.
5. كمركبات وسطية في عمليات نقل وامتصاص وايض الاحماض الدهنية.
6. كمركبات اساسية في الاكسدة البايلوجية.

يوجد في الطبيعة 6 أنواع من الفوسفولبيد، تختلف باختلاف R_3، فمثلا عندما يكون$R_3 = H$، يسمى الفوسفولبيد الموافق بحامض الفوسفاتيديك، وقد يكونR_3 جذر لكحول أميني أو لكحول حلقي أو لحامض أميني...الخ .

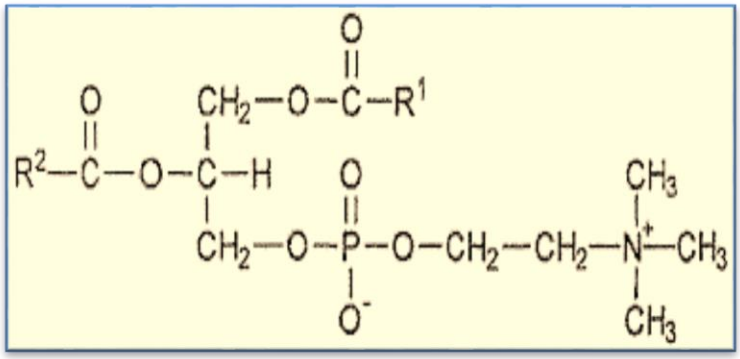
ومن انواع الفوسفاتيدات :

أ- الليسثينيات والسيفالينات Lecithins And Cephalins :

وهي تعتبر كليسريدات لأنها تتكون باستبدال حامض دهني في الكليسريد الثلاثي بحامض الفوسفوريك، وفي الليسثين يتحد حامض الفوسفوريك بقاعدة الكولين النتروجينية وفي السيفالين يكون اتحاد حامض الفوسفوريك بقاعدة الكولامين (ايثانول امين) وفي بعض الأحيان تكون القاعدة في السيفالين هي الحامض الأميني سيرين أو ملح من أملاحه.



شكل (14): القواعد النيتروجينية



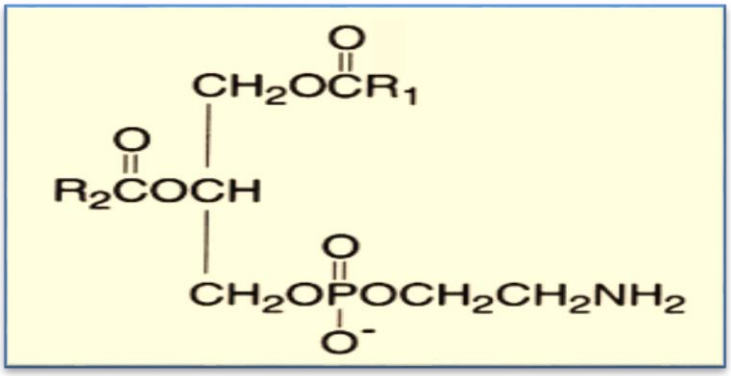
شكل(15): فوسفو تايديك (كولين) السيفالين

تتميز اللسيثينات بكونها شمعية وجوامد عديمة اللون تتحول الى الاصفر ومن ثم البني عند تعرضها للضوء، وعموماً فهي تذوب في مذيبات الدهون الاعتيادية ولا تذوب في الاسيتون او خلات المثيل بينما تذوب في الوسط المائي عند وجود املاح الصفراء. واللسيثينات مواد فعالة تجاه الشد السطحي وذلك لوجود الكولين ذي القطبية العالية اضافة الى الاحماض الدهنية غير القطبية.

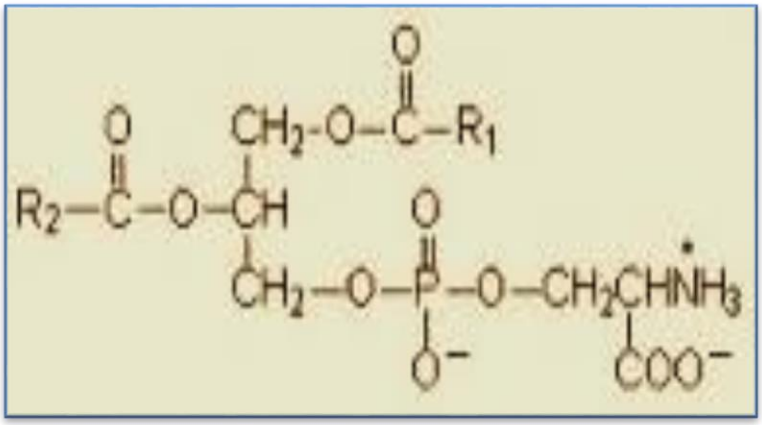
توجد اللسيثينات في الانسجة العصبية وصفار البيض والكبد وفول الصويا والعديد من الزيوت النباتية اذ تعمل على ابقاء الجزيئات غير القطبية كالستيرولات في الانسجة بالحالة المستحلبة، وتعمل اللسيثينات على النطاق التجاري كمواد مستحلبة ومضادات اكسدة في المنتجات الغذائية.

وتختلف السيفاليناات عن اللسيثينات في احتوائها على الايثانول امين والسيرين بدلاً من الكولين فقط. وتحتوي على احماض دهنية غير مشبعة اكثر من اللسيثين.

يظهر توزيع الاحماض الدهنية في جزيئة الفوسفاتيديل ايثانول امين توزيعاً يكاد يكون متساوياً بين الاحماض المشبعة وغير المشبعة. ويعد حامض الستياريك الحامض الدهني المشبع الوحيد.



شكل(16):فوسفو تايديك (ايثانول امين) السيفالين



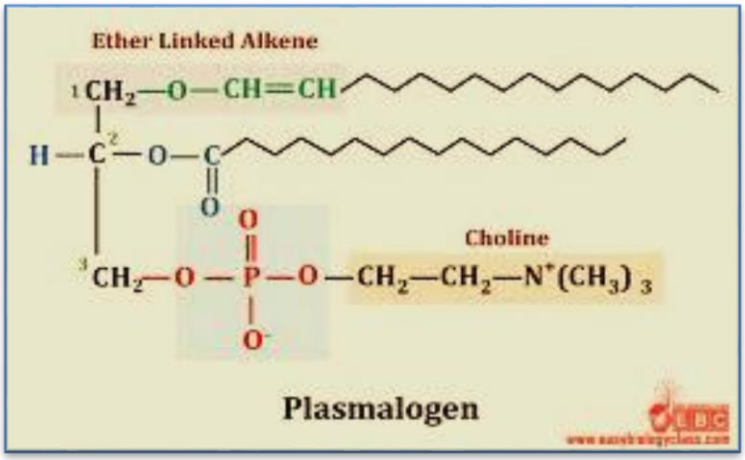
شكل(17): فوسفو تايديك (سيرين)

والسيفالين مادة صلبة عديمة اللون تغمق الى لون بني محمر عند التعرض للهواء والضوء. ويمكن عزله من الدماغ والكبد والخمائر، ويذوب السيفالين في مذيبات الدهن الاعتيادية الا انه لا يذوب في الكحول.

وينبغي ملاحظة ان ازالة الكربوكسيل من فوسفاتيديل سيرين ينتج عنه فوسفاتيديل ايثانول امين.

ب – البلازموجينات (Plasmogens):

تعتبر البلازموجينات احدى مجاميع الثانوية للفوسفاتيدات التي تختلف عن الليسثينات والسيفالينات بان الحامض الدهني في الموقع الاول (الفا) يستبدل بايثر غير مشبع وتوجد البلازموجينات في اغشية الانسجة العضلية والدماغ والقلب.

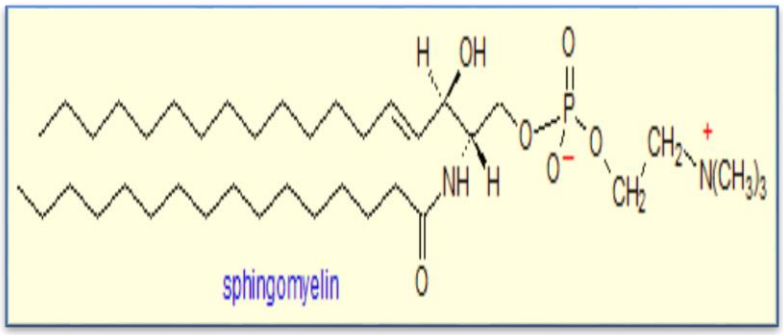


شكل (18): البلازموجينات

ج- الكلايكو لبيدات (السفنجو ميلينات) Sphingomyelins :

وهي فوسفاتيدات أخرى غير كليسريدية، وتحتوي على احماض دهنية وحامض الفوسفوريك متحداً مع مركبات كاربوهيدراتية والسفنكوسين وهو كحول اميني طويل السلسلة غير المشبع.

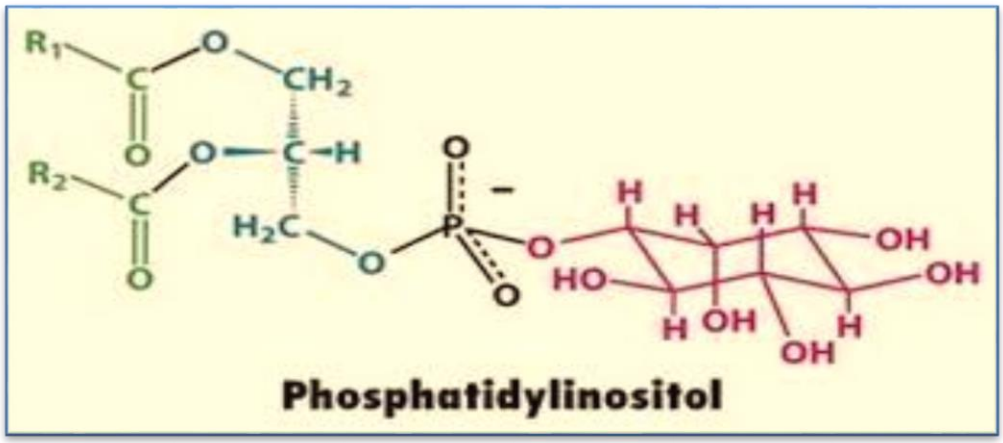
توجد السفنجومايلينات في اغشية النباتات والحيوانات ويدخل السفنجومايلين في تكوين نسيج الاعصاب والدماغ وتركيبه كالاتي:



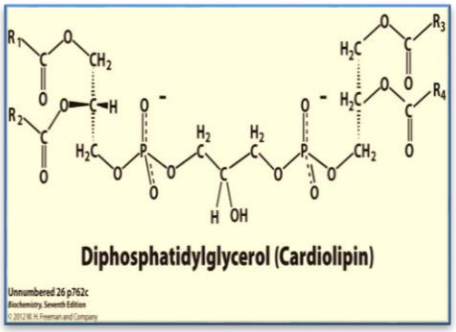
شكل(19): السفنكومالين

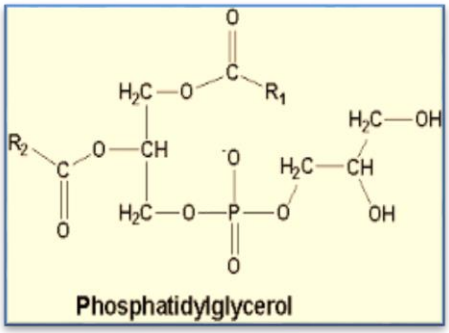
د- فوسفاتيدات الاينوسيتول Inositol Phosphatides :

وتسمى أيضاً فوسفاتيدات الاينوسيتول Inositol Phosphatides وهي تحتوي على اينوسيتول وحامض الفوسفوريك، وخليطاً من الاحماض الدهنية والقاعدة ايثانول امين وحامض الترتاريك والكالاكتوز وسكريات أخرى، فمثلاً في فول الصويا وجد أن الفوسفاتيدات التي بها هي 29 %، منها ليسثينات بنسبة 31 % وسيفالينات بنسبة 40 %.



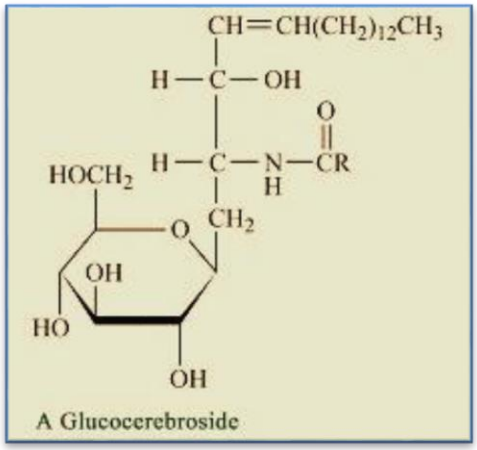
الفسفوكليسريدات الاخرى المهمة من الناحية البايلوجية هي الفوسفوتيدل كليسرول والفوسفوتيدل ثنائي الكليسرول (الكارديولبين Cardiolipin).





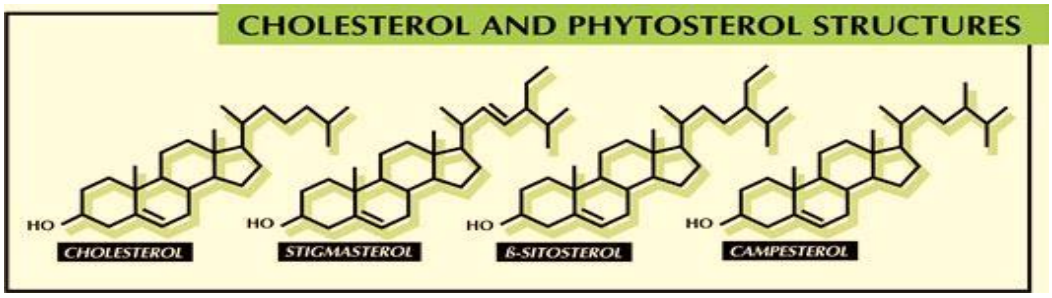
و – السيريبروسايدات او الكلايكولبيدات Cerebrosides or Glycolipids:

هي عبارة عن سفنكولبيدات محتوية على جزيئة كاربوهيدرات، عادة الكالاكتوز ولا تحتوي على الفسفور. وتوجد هذه المركبات في الخلايا العصبية والدماغ وكذلك في الكبد والكلى والطحال.



3.الدهون المشتقة:

عبارة عن نواتج تحلل الدهون وتشمل الأحماض الدهنية الطليقة والكحولات طويلة السلسلة أو الحلقية غير الذائبة في الماء التي من أمثلتها الستيرولات(الفايتوسترول Phytosterol والزوستيرول Zoosterol) وفيتامين A والكاروتينويدات المسؤولة عن اعطاء اللون الاصفر المحمر لكثير من الدهون والزيوت النباتية، كما تلحق بهذه المجموعة الفيتامينات الذائبة وهي الدهون (K. D. E).



أهمية الدهون :

فوائد الدهون:

• تعتبر الدهون من المصادر الأساسية للطاقة بالنسبة للكائن الحي حيث أن 1 غم منها يعطي 9 كيلو كالوري، وهذه النسبة مرتفعة مقارنة بالبروتينات والسكريات.

• للدهون أيضاً دور بنائي، حيث أن البروتينات الدهنية تدخل في تركيب الأغشية الخلوية.

• تعمل الدهون عازل حراري للجسم وكغطاء واقي لبعض الأعضاء حيث تحميها من الصدمات.

• تعمل الدهون اللاقطبية كعازل كهربائي يساعد على عمل بعض الأعصاب.

• تتحد الدهون مع البروتينات لتكون ليبوبروتينات، التي تساعد في نقل الدهون في الدم.

• بعض الهرمونات عبارة عن دهون لها وظائف متخصصة، كما توجد بعض الدهون في أغشية الخلايا لتشارك في عملية التعرف الخلوي.

• تساعد في إذابة بعض الفيتامينات، ويعتبر بعضها منشط لبعض الإنزيمات.

• تخزن الدهون في بعض الأنسجة فتكون احتياط طاقة قوي يستغل عند الحاجة.

عندما يتناول الشخص أية أطعمة محتوية على دهون مهدرجة فإنها تدخل إلى مجرى الدم أثناء عملية الامتصاص للمواد الغذائية التي تحصل في الأمعاء، ولأنها ليست دهوناً طبيعية فإن الجسم يجد صعوبة في امتصاصها من الدم لذا فإنها وحتى يتم امتصاصها قد تشكل انسدادات في الأوعية الدموية. بعد أن تمتص اعضاء الجسم هذه الدهون فإنها تعيد إطلاقها في الانزيمات والهرمونات التي تنظم عمل الجسم، وذلك لأن الكثير من الانزيمات والهرمونات يصنعها الجسم من الدهون. وهنا نجد أن الانزيمات والهرمونات لا تعمل كما ينتظر منها لأن هناك خللاً في تركيبتها مما يؤدي للكثير من الأمراض المزمنة والقاتلة.

التأثيرات الضارة لتناول الدهون:

• تخفيض HDL وهو الكولسترول الجيد. وزيادة LDL الكوليسترول السيء.

• تخفيض كثافة الحليب الذي تنتجه الأم مما له تأثير سيء على تغذية الرضيع. ويوجد له ارتباط بانخفاض وزن المواليد.

• زيادة مستويات الانسولين في الدم مقابل الجلوكوز مما يهدد بالإصابة بالسكري. كما له دور في تخفيض تفاعل خلايا الدم الحمراء مع الانسولين، مما يشكل اثراً غير مرغوب لدى مرضى السكري.الاضرار بفعالية تجاوب النظام المناعي.

- تقييد عمل الانزيمات المرتبطة بالأغشية. وتأثر سلباً على نشاط الأنزيمات المتعلقة بهضم الأدوية أو الكيماويات التي تدخل الجسم عموماً.
- تتدخل لتحدث تغيرات سلبية في عمليات هضم اوميغا-3 في الخلايا.
- تؤدي إلى تزايد في نقص الامتصاص أو الاستفادة من الدهون الحامضية الضرورية.
- تضاعف عدد ونشاط الجذور الحره Free-radical.

عندما يتم تناول الزيوت الطبيعية تأيض اجسامنا نصف تلك الزيوت خلال 18 يوماً، بينما إذا تم تناول دهون متحولة فإن الجسم يحتاج إلى 51 يوماً لتأييضها. هذا يعني أن انزيماتنا وخلايانا ستبقى تعاني من وجود الدهون المتحولة بها لمدة 51 يوماً. ولا يمكنك التخلص من الدهون المحولة المخزنة في الجسم إلا عن طريق ممارسة الرياضة حتى التعرق.