

فصل چهارم

لیپیدها Lipids



<http://www.razi.ac.ir>

لیپیدها، یکی دیگر از مواد آلی موجود در طبیعت هستند که شامل ترکیبات مختلف و ناهمگن می باشند که به صورت مستقیم و غیر مستقیم به اسیدهای چرب^۱ ارتباط دارند. به زبان بهتر واحدهای اصلی سازنده چربیها را اسیدهای چرب گویند. لیپیدها در خاصیت نامحلول بودن در آب و محلول بودن در حلالهای غیرقطبی مانند، اتر، کلروفرم، و بنزن، با هم مشترک می باشند. لذا براساس همین خصوصیت است که چربیها، روغن ها، استروئیدها و واکس ها و مشتقات آنها را درگروه ترکیبات آلی به نام لیپیدها طبقه بندی می کنند.

طبقه بندی لیپیدها:

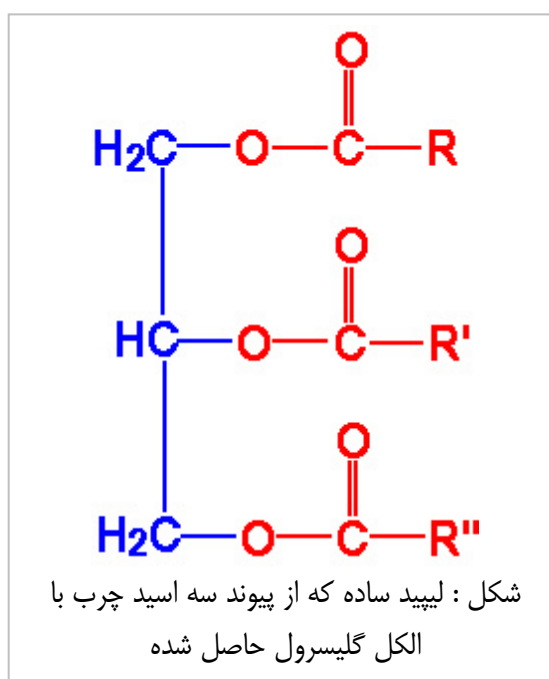
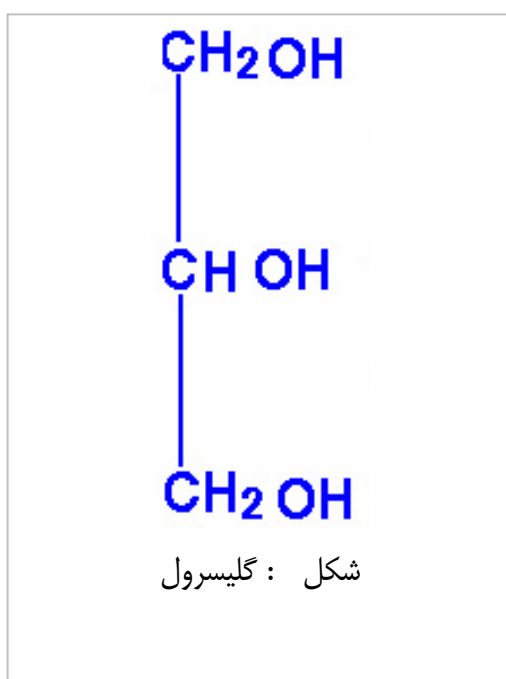
(۱) لیپیدهای ساده:

(۲) لیپیدهای مرکب:

(۱) لیپیدهای ساده:

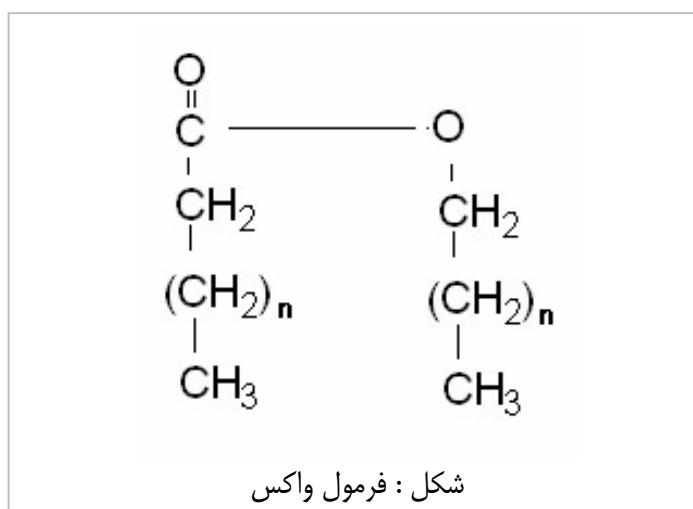
این دسته از لیپیدها، نتیجه استری شدن اسیدهای چرب با الکل های مختلف است، که خود از دو دسته تشکیل شده اند.

(۱-۱) لیپیدهایی که از استری شدن اسیدهای چرب با گلیسرول (الکل) حاصل می شوند.



^۱- Fatty Acid

(۲-۱) واکس ها wax : که از استری شدن اسیدهای چرب با الکل های سنگین (زنجیر کربنی طویل) ایجاد می گردند. پوشش محافظ برخی از مهره داران و گیاهان از یک لایه نازک لیپیدی به نام واکس تشکیل شده اند که به وسیله غده های پوستی آنها ترشح می شود. واکس ها استرهای اسیدچرب اشباع و یا غیراشباع همراه با الکلهایی هستند که حدود ۱۶-۲۲ اتم کربن در ساختار خود دارند از انواع واکس هامی توان پوشش محافظ مو، پشم، خز و همچنین پوشش ها محافظ میوه ها و برگ درختان را نام برد.



۲) لیپیدهای مرکب:

لیپیدهای مرکب نیز حاصل استری شدن اسیدهای چرب با الکل ها می باشند. اما علاوه بر اسیدچرب والکل شامل یک ریشه شیمیایی اضافی نیز می باشند. مهمترین لیپیدهای مرکب عبارتند از:

۲-۱) فسفولیپیدها:

علاوه بر اسیدهای چرب و الکل ها شامل یک ریشه اسید فسفریک بوده و اغلب ترکیبات اضافی دیگری مانند بازهای آلی ازت دار نیز در ترکیب آنها وجود دارد.

۲-۲) گلیکولیپیدها: (اسفنگو لیپیدها)

علاوه بر اسیدهای چرب و اسفنگوزین حاوی کربوهیدراتها نیز می باشند.

۳-۲) سایر لیپیدهای مرکب:

مانند، سولفو لیپیدها، امینو لیپیدها، لیپوپروتئین ها

۴-۲) علاوه بر چربیهای ساده (لیپیدها)، و مرکب ترکیبات دیگر نیز وجود دارند که از پیش سازها و یا مشتقات چربیها بشمار می آیند. مانند:

- ۱- اسیدهای چرب ۲- گلیسرول ۳- استروئیدها ۴- آلدئیدهای چرب ۵- ترکیبات ستونی
۶- هیدروکربن ها ۷- ویتامین های محلول در چربی ۸- هورمونها

اسیدهای چرب:

واحدهای سازنده اصلی لیپیدها را اسیدچرب گویند اسیدهای چرب، اسیدهای آلی هستند که از چربیهای طبیعی بدست می آیند تعداد اتم کربن در اسیدهای چرب زوج بوده و از ۴ تا ۲۴ متغیر است با توجه به ساختمان شیمیایی به دو دسته ۱- اسیدهای چرب اشباع: فاقد اتصال دوگانه هستند و ۲- اسیدهای چرب غیر اشباع: شامل یک یا چند اتصال دوگانه هستند. تقسیم می گردند.

۱) اسیدهای چرب اشباع: $CH_3-(CH_2)_n-COOH$ که n می تواند بین 2 تا 18 تغییر کند.

این دسته فاقد اتصال دوگانه هستند. اسید استیک ($CH_3 - COOH$) سرگروه آنهاست. سایر اسیدهای چرب با تعداد اتم های کربن بیشتر به ترتیب از اضافه شدن ریشه میتل ($-CH_3$) مابین ریشه میتل انتهایی و عامل کربوکسیل تولید می شوند که عبارتند از:

جدول : اسامی و فرمول اسید های چرب اشباع

ردیف	شرح	C	n	ATP	فرمول	نقطه ذوب
۱	بوتیریک اسید	۴	۲	۲۸	$CH_3-(CH_2)_2-COOH$	-۷/۹
۲	کاپروئیک	۶	۴	۴۵	$CH_3-(CH_2)_4-COOH$	
۳	کاپریک	۸	۶	۶۳	$CH_3-(CH_2)_6-COOH$	
۴	کاپرلیک	۱۰	۸	۷۹	$CH_3-(CH_2)_8-COOH$	
۵	لوریک	۱۲	۱۰	۹۶	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$	
۶	میرسیتیک	۱۴	۱۲	۱۱۳	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$	
۷	پالمیتیک اسید	۱۶	۱۴	۱۳۰	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	
۸	استارئیک	۱۸	۱۶	۱۴۷	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$	
۹	آراشیدیک اسید	۲۰	۱۸	۱۶۴	$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH$	

با افزایش تعداد کربنها، نقطه ذوب هم بالاتر می رود.

جدول : اسامی اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع

Chemical Names and Descriptions of some Common Fatty Acids				
Common Name	Carbon Atoms	Double Bonds	Scientific Name	Sources
Butyric acid	4	0	Butanoic Acid	Butterfat
Caproic Acid	6	0	Hexanoic Acid	Butterfat
Caprylic Acid	8	0	Octanoic Acid	Coconut Oil
Capric Acid	10	0	Decanoic Acid	Coconut Oil
Lauric Acid	12	0	Dodecanoic Acid	Coconut Oil
Myristic Acid	14	0	Tetradecanoic Acid	Palm Kernel Oil
Palmitic Acid	16	0	Hexadecanoic Acid	Palm Oil
Stearic Acid	18	0	Octadecanoic Acid	Animal Fats
Arachidic Acid	20	0	Eicosanoic Acid	Peanut Oil, Fish Oil
Behenic acid	22	0	Docosanoic Acid	Rapeseed Oil
Lignoceric acid	24	0	Tetracosanoic Acid	Small Amounts In Most Fats
اسیدهای چرب غیر اشباع				
Palmitoleic Acid	16	1	9-Hexadecenoic Acid	Animal Fats
Oleic Acid	18	1	9-Octadecenoic Acid	Olive Oil
Vaccenic Acid	18	1	11-Octadecenoic Acid	Butterfat
Linoleic Acid	18	2	9,12-Octadecadienoic Acid	Grape Seed Oil
Alpha-Linolenic Acid (ALA)	18	3	9,12,15-Octadecatrienoic Acid	Flaxseed (Linseed) Oil
Gamma-Linolenic Acid (GLA)	18	3	6,9,12-Octadecatrienoic Acid	Borage Oil
Gadoleic Acid	20	1	9-Eicosenoic Acid	Fish Oil
Arachidonic Acid (AA)	20	4	5,8,11,14-Eicosatetraenoic Acid	Liver Fats
EPA	20	5	5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid	Fish Oil
Erucic acid	22	1	13-Docosenoic Acid	Rapeseed Oil
DHA	22	6	4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic Acid	Fish Oil

این دسته از اسیدها در اثر اکسیداسیون به تعداد زیر توانایی تولید ATP دارند:

$$N_{ATP} = 17[n-1] + 11 = [17(n)] - 6 \quad n = \text{تعداد زوج کربن}$$

مثال: بوتیریک اسید $n=2 = C=4$

$$N_{ATP} = 17(2-1) + 11 = 28$$

بوتیریک اسید در اثر متابولیسم تعداد ۲۸ ATP تولید می کنند.

$$[17(2)] - 6 = 28 \quad 34 - 6 = 28$$

کاپروئیک اسید: ۶ کربنه $n=3$

$$[17(3-1)] + 11 = 34 + 11 = 45$$

$$[17(3)] - 6 = 45$$

لوریک اسید ۱۲ کربنه $n=6$

$$[17(6-1)] + 11$$

$$[17(6)] - 6 = 96$$

کاپرلیک اسید ۱۰ کربنه $n=5$

$$[17(5-1)] + 11 = 79$$

آراشیدیک اسید ۲۰ n=10

$$[17(10-1)] + 11 = 164$$

۲) اسیدهای چرب غیر اشباع

در زنجیره کربن این دسته از اسیدهای چرب غیر اشباع یک یا چند پیوند دوگانه (=) وجود دارد. در گروه اسیدهای چرب غیر اشباع اسیدچرب ۲۰ کربنه بنام اسید الکوزا «Eicosa» از اهمیت بیشتری برخوردار است.

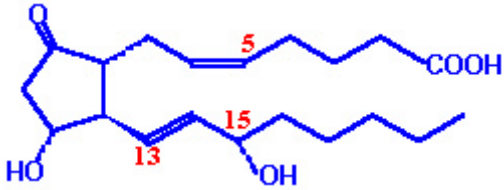
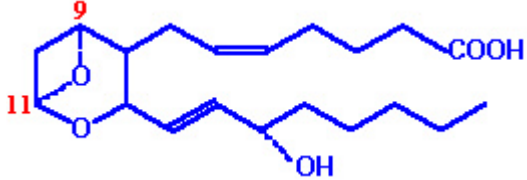
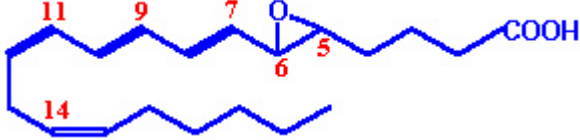
به سبب اینکه ترکیبات مهمی به نام ایکوسانوئیدها Eicosanoids از آنها مشتق می شوند

مهمترین ایکوسانوئید عبارتند از:

۱) پروستانوئیدها (پروستاگلندین ها PGs، پروتاسیکلین ها PGI_s ترومبوکسانها TXS)

۲) لکوترین ها «L.T.S»

۳) لیپوکسین ها «LXS»

Structures of Representative Clinically Relevant Eicosanoids	
	PGE ₂
	TXA ₂
	LTA ₄

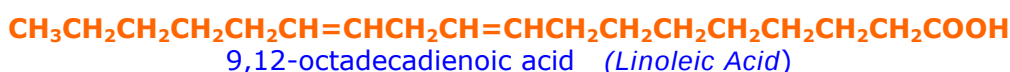
Eicosanoid	Major site(s) of synthesis	Major biological activities
PGD ₂	mast cells	inhibits platelet and leukocyte aggregation, decreases T-cell proliferation and lymphocyte migration and secretion of IL-1a and IL-2; induces vasodilation and production of cAMP
PGE ₂	kidney, spleen, heart	increases vasodilation and cAMP production, enhancement of the effects of bradykinin and histamine, induction of uterine contractions and of platelet aggregation, maintaining the open passageway of the fetal ductus arteriosus; decreases T-cell proliferation and lymphocyte migration and secretion of IL-1a and IL-2
PGF _{2a}	kidney, spleen, heart	increases vasoconstriction, bronchoconstriction and smooth muscle contraction
PGH ₂		precursor to thromboxanes A ₂ and B ₂ , induction of platelet aggregation and vasoconstriction
PGI ₂	heart, vascular endothelial cells	inhibits platelet and leukocyte aggregation, decreases T-cell proliferation and lymphocyte migration and secretion of IL-1a and IL-2; induces vasodilation and production of cAMP
TXA ₂	platelets	induces platelet aggregation, vasoconstriction, lymphocyte proliferation and bronchoconstriction
TXB ₂	platelets	induces vasoconstriction
LTB ₄	monocytes, basophils, neutrophils, eosinophils, mast cells, epithelial cells	induces leukocyte chemotaxis and aggregation, vascular permeability, T-cell proliferation and secretion of INF-g, IL-1 and IL-2
LTC ₄	monocytes and alveolar macrophages, basophils, eosinophils, mast cells, epithelial cells	component of SRS-A, microvascular vasoconstrictor, vascular permeability and bronchoconstriction and secretion of INF-g
LTD ₄	monocytes and alveolar macrophages, eosinophils, mast cells, epithelial cells	predominant component of SRS-A, microvascular vasoconstrictor, vascular permeability and bronchoconstriction and secretion of INF-g
LTE ₄	mast cells and basophils	component of SRS-A, microvascular vasoconstrictor and bronchoconstriction

مهمترین اسیدهای چرب غیر اشباع شرح آنها در جدول آورده شده است. به منظور تسرع در بیان خصوصیات این اسیده معمولاً آنها را به شرح زیر خلاصه نویسی می کنند

(۱) اولئیک اسید $18:1 \Delta^9$

عدد ۱۸ معرف تعداد کربن اسید چرب است. عدد ۱ و مثلث معرف تعداد پیوند دوگانه است. عدد ۹ بعد از مثلث نمایش دهنده جایگاه پیوند دوگانه بر روی کربن شماره ۹ است.

(۲) لینولئیک اسید $18:2 \Delta^{9,12}$



(۳) لینولنیک اسید $18:3 \Delta^{9,12,1}$

(۴) آراشیدونیک اسید $20:4 \Delta^{5,8,11,14}$

Numerical Symbol	Common Name	Structure	Comments
16:1 ^{D9}	Palmitoleic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
18:1 ^{D9}	Oleic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
18:2 ^{D9,12}	Linoleic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{C}=\text{CCH}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Essential fatty acid
18:3 ^{D9,12,15}	Linolenic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}=\text{CCH}_2\text{C}=\text{CCH}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Essential fatty acid
20:4 ^{D5,8,11,14}	Arachidonic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{C}=\text{C})_4(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Precursor for eicosanoid synthesis

فرمول محاسبه تعداد ATP تولیدی ناشی از سوختن اسیدهای چرب غیر اشباع به شرح زیر است :

$$N_{ATP} = [17(n-1) + 1] - [\Delta \times 2]$$

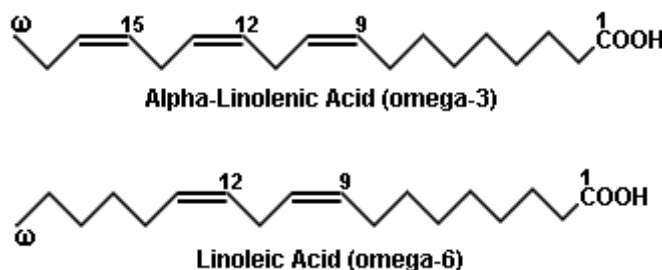
$$[17(n) - 6] - [\Delta \times 2]$$

که در این فرمول : N = تعداد زوج کربن Y = تعداد پیوند دو گانه

شما بعنوان تمرین تعداد ATP تولیدی از اسیدهای چرب معرفی شده در جدول را محاسبه کنید.

برای مطالعه و ترجمه: **What are Omega-3 and Omega-6 fatty acids?**

Omega-3 ($\omega 3$) and omega-6 ($\omega 6$) fatty acids are unsaturated "Essential Fatty Acids" (EFAs) that need to be included in the diet because the human metabolism cannot create them from other fatty acids. Since these fatty acids are polyunsaturated, the terms **n-3 PUFAs** and **n-6 PUFAs** are applied to **omega-3** and **omega-6** fatty acids, respectively. These fatty acids use the Greek alphabet ($\alpha, \beta, \gamma, \dots, \omega$) to identify the location of the double bonds. The "alpha" carbon is the carbon closest to the carboxyl group (carbon number 2), and the "**omega**" is **the last carbon of the chain because omega is the last letter of the Greek alphabet**. Linoleic acid is an omega-6 fatty acid because it has a double bond six carbons away from the "omega" carbon. Linoleic acid plays an important role in [lowering cholesterol](#) levels. Alpha-linolenic acid is an omega-3 fatty acid because it has a double bond three carbons away from the "omega" carbon. By subtracting the highest double-bond locant in the scientific name from the number of carbons in the fatty acid we can obtain its classification. For arachidonic acid, we subtract 14 from 20 to obtain 6; therefore, it is an omega-6 fatty acid. This type of terminology is sometimes applied to oleic acid which is an omega-9 fatty acid.



In these simplified structural formulas of unsaturated fatty acids, each angle represents a carbon atom. Notice that all the double bonds have the *Cis* configuration. DHA (docosahexaenoic acid) and AA (arachidonic acid) are both crucial to the optimal development of the brain and eyes. The importance of DHA and AA in infant nutrition is well established, and both substances are routinely added to infant formulas. Excessive amounts of omega-6 polyunsaturated fatty acids and a very high omega-6/omega-3 ratio have been linked with pathogenesis of many diseases, including cardiovascular disease, cancer, and inflammatory and autoimmune diseases. The ratio of omega-6 to omega-3 in modern diets is approximately 15:1, whereas ratios of 2:1 to 4:1 have been associated with reduced mortality from cardiovascular disease, suppressed inflammation in patients with rheumatoid arthritis, and decreased risk of breast cancer.

۲- صابونی شدن:

صابونهای معمولی، نمک سدیم و پتاسیم اسیدهای چرب هستند. نمک اسید چرب را صابون گویند. صابون سدیم بصورت جامد و صابون پتاسیم بصورت مایع است.

انواع تری گلیسیریدها:

براساس نوع اسید چرب پیوندی با گلیسرول، تری گلیسیریدهای «ساده» و «مخلوط» تشکیل می گردد.

۱- تری گلیسیرید ساده:

اگر سه مولکول اسید چرب که با گلیسرول ترکیب شده باشند از یک نوع باشد، تری گلیسیرید ساده گویند.

۲- تری گلیسیرید مخلوط

در صورتیکه ۳ نوع اسید چرب پیوندی گلیسرول، متفاوت باشند، تری گلیسیرید مخلوط گویند.

خواص چربیهای خنثی (تری گلیسیریدها):

۱- نقطه ذوب

۲- صابونی شدن

۳- عدم تشکیل میسل در آب: میسل Micelle

۱- نقطه ذوب:

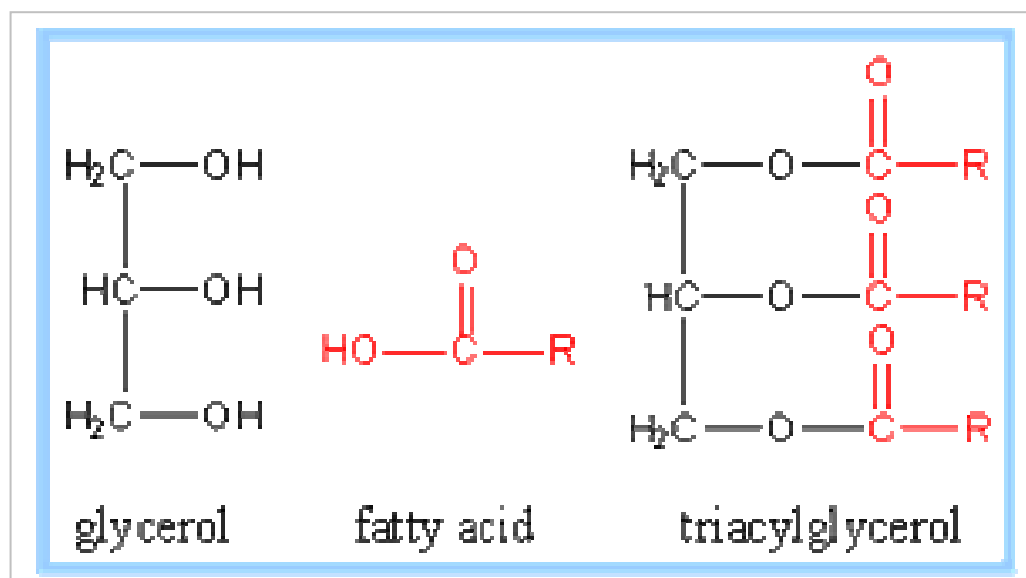
نقطه ذوب تری گلیسیرید بستگی به نوع نقطه ذوب اسیدهای چرب آن دارد. در صورت اینکه اسیدهای چرب تری گلیسیرید اشباع تر باشند، آن تری گلیسیرید جامدتر است مانند پیه که کاملاً جامد است. و روغن زیتون که کاملاً مایع است، به دلیل اسیدهای چرب آن است که «اولئیک اسید» می باشند که غیر اشباع هستند. هرچه طول زنجیره اسیدهای چرب کوتاهتر باشد، تری گلیسیرید مایع تر و نقطه ذوب آن پایین تر است مثلاً: کره، که تقریباً ۱۰٪ اسیدهای چرب آن ۱۲-۴ کربنه هستند پس کمی مایع است و اکثر اسیدهای چرب آن بوتیریک اسید است.

= چربیهای خنثی (تری اسیل گلیسرول) (تری گلیسریدها):

چربیهای خنثی یا آسیل گلیسرول، همان چربیهای روی گوشت، انواع روغن نباتی، کره، چربیهای اطراف بافتهای بدن و زیر پوست می باشند، که در بدن تولید انرژی می کنند این چربیها منبع انرژی برای بدن

هستند. چربیهای خنثی = الکل + اسید چرب

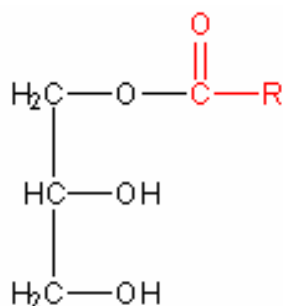
الکل چربیهای خنثی بنام گلیسرول است، که دو عامل الکلی بنام الکل نوع اول، و یک عامل الکلی نوع دوم دارد.



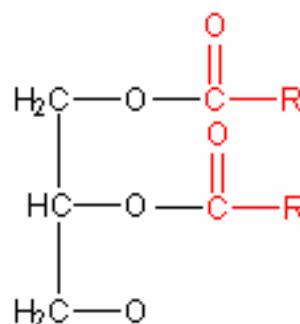
۱) اگر یکی از عوامل الکلی گلیسرول با یک مولکول اسید چرب ترکیب شود = منو گلیسرید

۲) اگر دو عامل الکلی گلیسرول با دو مولکول اسید چرب ترکیب شود = دی گلیسرید

۳) اگر سه عامل الکلی گلیسرول با یک مولکول اسید چرب ترکیب شود = تری گلیسرید



شکل : منو گلیسرید



شکل : دی گلیسرید

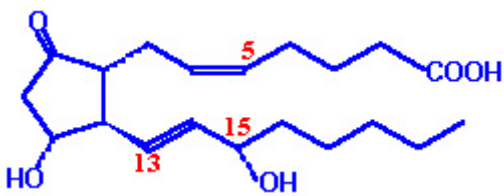
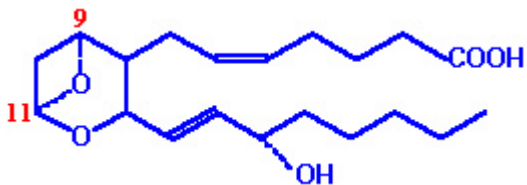
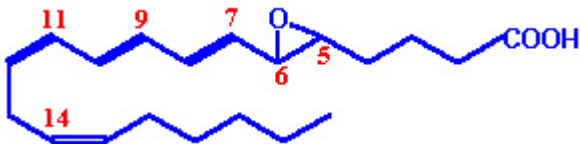
پروستاگلندین ها (پروستاگلاندین ها):

پروستاگلاندین ها تقریباً در تمام بافت های پستانداران یافت می شوند. نقش هورمونهای موضعی را بر عهده دارند و پروستاگلاندین ها از حلقوی شدن کربن های مرکزی (۸ تا ۱۲) زنجیره ۲۰ کربنی اسید چرب غیر اشباعی به نام اسید آراشیدونیک (ایکو سانوئیک) با ایجاد یک حلقه ۵ ضلعی تولید می شوند. برحسب تعداد اتصال های دوگانه موجود در زنجیره اسید چرب آراشیدونیک، سه گروه ترکیبات ایکوسانوئیک ایجاد می شود که سه نوع پروستاگلاندین PG_1, PG_2, PG_3 ایجاد می گردد. که تفاوت آنها در تعداد پیوند دو گانه آنهاست. ۱ و ۲ و ۳ پیوند دوگانه دارند.

وضعیت کربن شماره ۹ مشخص کننده نوع E یا F برای پروستاگلندین است.

E = برروی کربن شماره ۹ گروه ستونی PGE_2

F = برروی کربن شماره ۹ عامل هیدروکسیل PGF_2

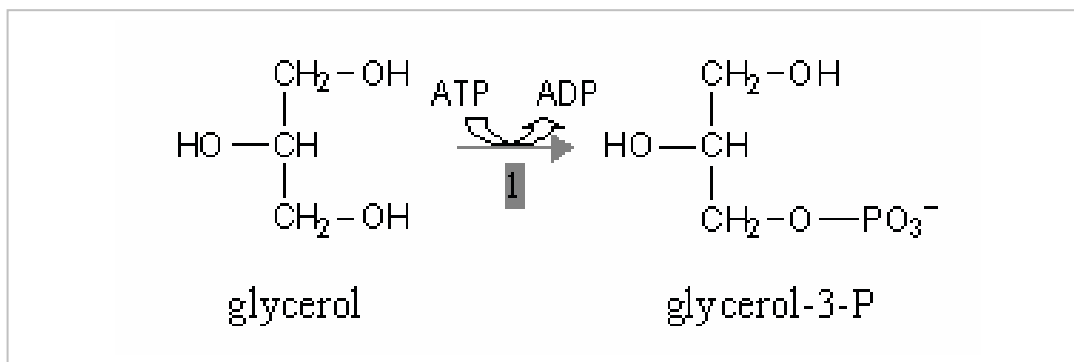
Structures of Representative Clinically Relevant Eicosanoids	
	PGE_2
	TXA_2
	LTA_4

تقسیم بندی کلی لیپیدها :

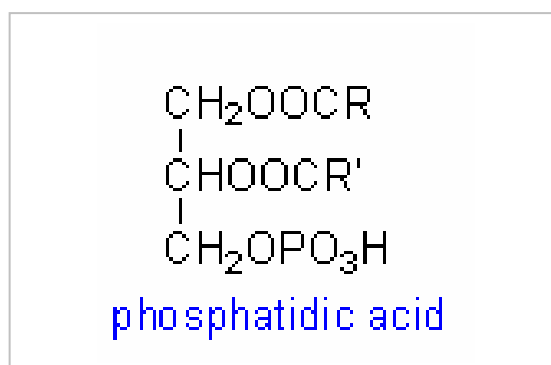
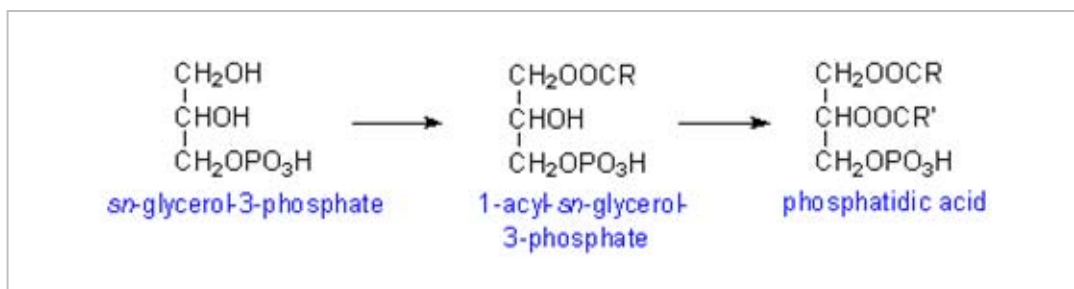


فسفولیپیدها [فسفوگلیسریدها]

قسمت اعظم لیپید غشاء سلولی را «فسفولیپید» تشکیل می دهد. فسفولیپیدها از «اسیدچرب + گلیسرول + اسید فسفریک» بوجود آمده اند. همه فسفو گلیسریدها از ترکیبی بنام «اسید فسفاتیدیک» بدست می آیند. اگر گلیسرول با یک مولکول اسید فسفریک ترکیب شود. فسفوگلیسرول بدست می آید.

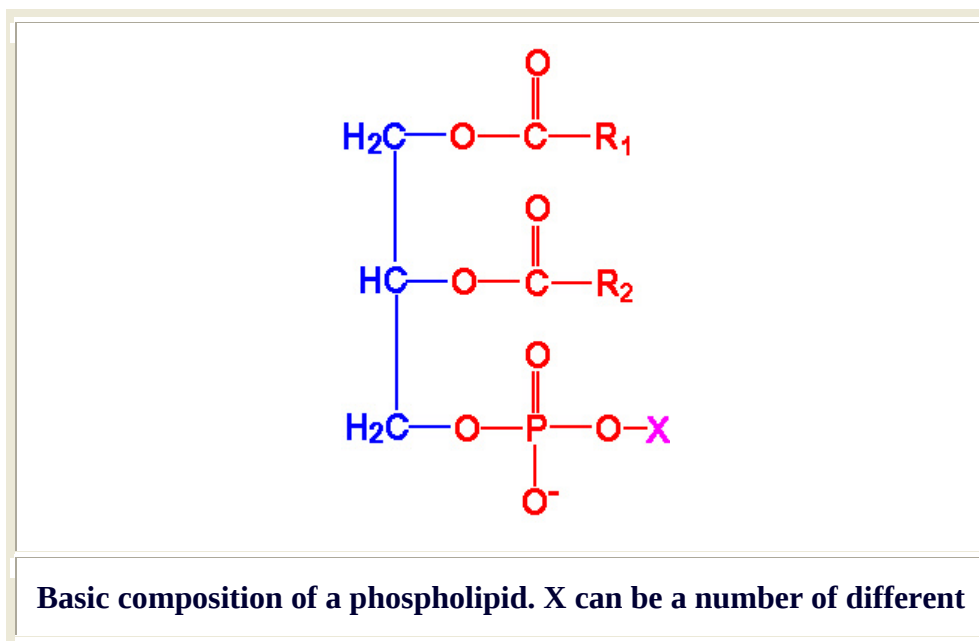


در صورتیکه ۲ عامل الکلی باقیمانده با اسیدچرب استری شوند، تولید اسیدفسفاتیدیک می کند.



اسید فسفاتیدیک (گلیسرول + اسید فسفریک + ۲ اسید چرب) = فسفاتیدیل

حال اگر یک هیدروژن اسیدی اسید فسفاتیدیک با یک الکل استری شود. ترکیب حاصل را (فسفاتیدیل + الکل) می گویند. که تشکیل ساختمان کلی فسفو گلیسرید ها را می دهد.



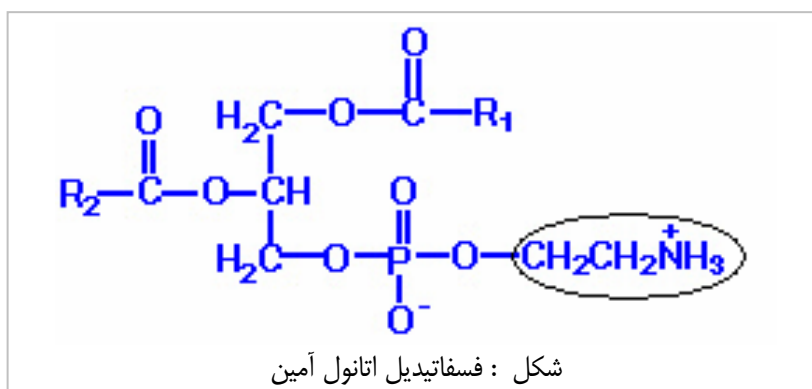
بسته به اینکه چه عاملی به جای (X) جایگزین شود، انواع فسفوگلیسرید داریم که شامل:

- ۱) فسفاتیدیل اتانول آمین. (سفالین)
- ۲) فسفاتیدیل کلین، (لیتین) (لستین)
- ۳) فسفاتیدیل سرین
- ۴) فسفاتیدیل گلیسرول (اسید فسفاتیدیک) (دی فسفاتیدیل گلیسرول) (کاردیولپین)
- ۵) فسفاتیدیل اینوزیتول
- ۶) لیزو فسفو لیپیدها
- ۷) پلاسموژن ها
- ۸) اسفنگومیلین ها

۱- فسفاتیدیل اتانول آمین (سفالین):

در صورتیکه در ساختمان کلی فسفولیپیدها، به جای عامل X یک مولکول اتانول آمین قرار گیرد،

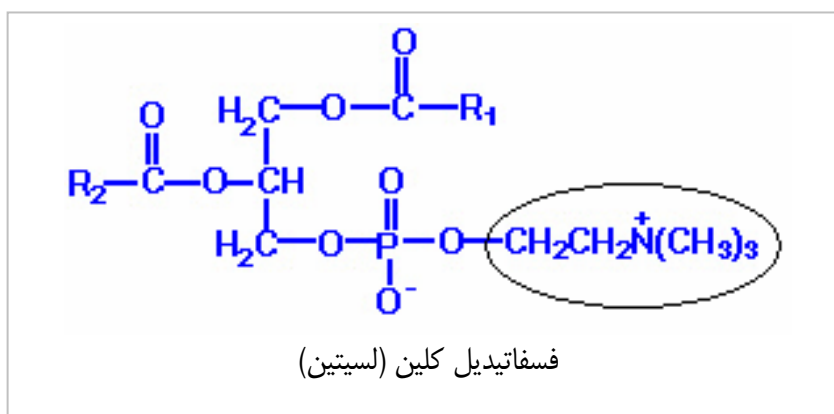
مولکول حاصل را فسفاتیدیل اتانول آمین گویند. اتانول آمین $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_3^+$

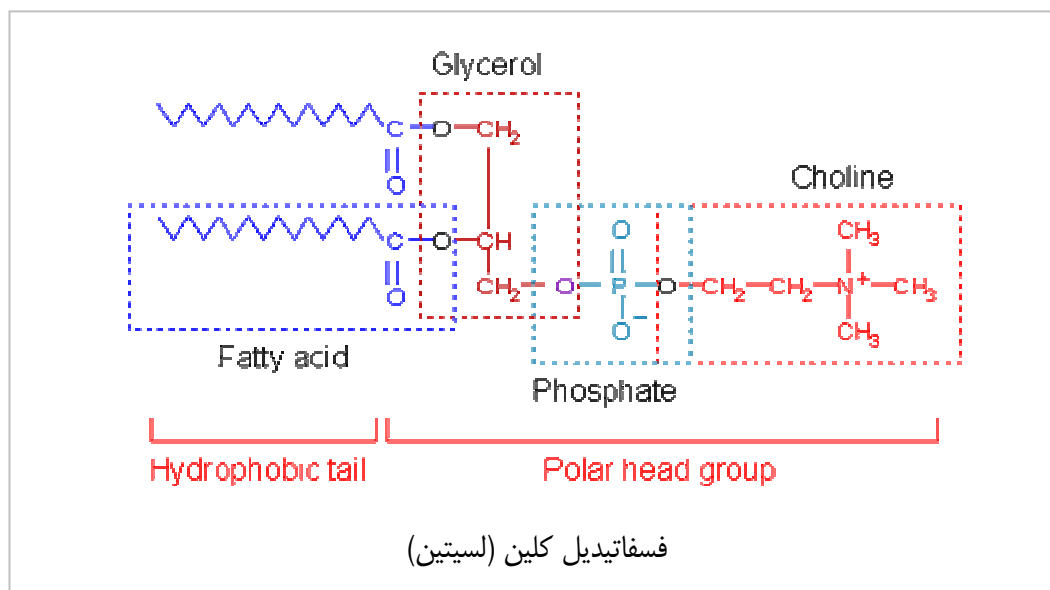


نام دیگر این ترکیب سفالین است. سفالین، فسفولیپیدی است که بیشتر در مغز یافت می شود. در اثر پیوند بین اتانول آمین با اسید فسفریک یک OH اتانول آمین با H اسید فسفریک یک مولکول آب می دهد.

۲- فسفاتیدیل کلین (لیستین)

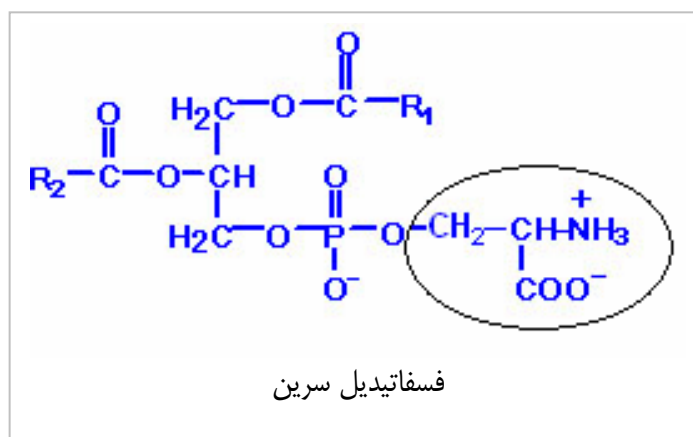
لیستین از دیگر فسفولیپیدهایی است که جزء فراوانترین بوده و بیشتر در زرده تخم مرغ وجود دارد از استری شدن اسید فسفاتیدیک با یک آمینو الکل بنام کلین، فسفاتیدیل کلین یا لیستین تولید می شود لیستین جزء اصلی در غشاء سلولی بوده و مهمترین شکل ذخیره ای کلین در بدن می باشد کلین به شکل استیل کلین نقش مهمی در هدایت تحریکات عصبی داشته .





۳) فسفاتیدیل سرین:

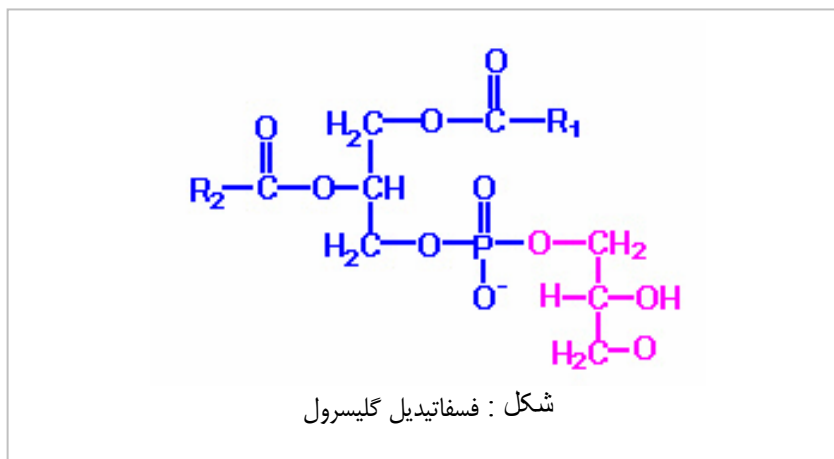
در این نوع فسفولیپیدها، به جای آمینو الکل ها یک مولکول اسید آمینه الکل دارد (سرین) با اسید فسفاتیدیک استری شده است فسفاتیدیل سرین در اکثر بافتها یافت می گردد.



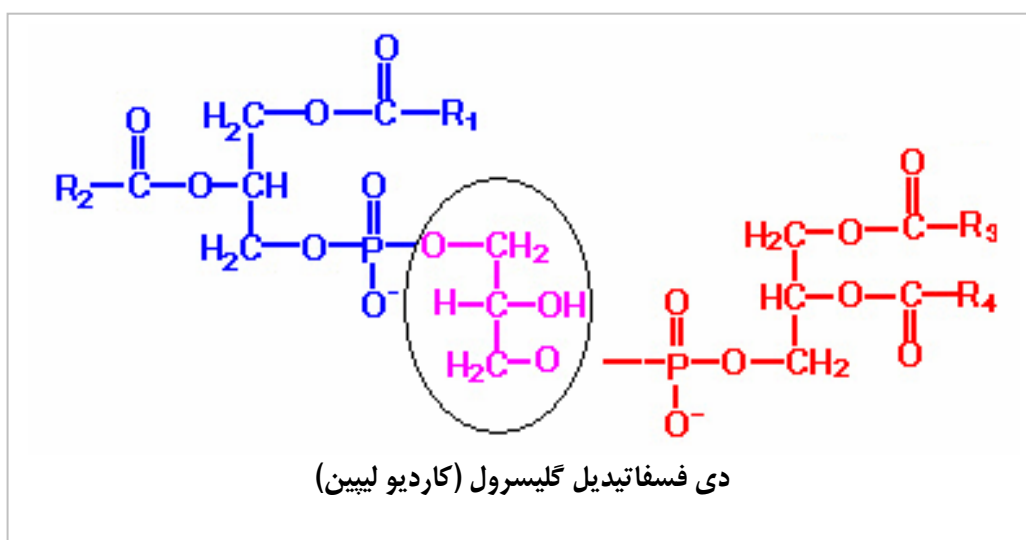
۴- دی فسفاتیدیل گلیسرول (کاردیو لیپین)

در صورتیکه ۲ مولکول اسید فسفاتیدیک با یک مولکول گلیسرول ترکیب شوند. محصول بوجود آمده را دی فسفاتیدیل گلیسرول یا کاردیولیپین گویند.

۱- ابتدا یک مولکول اسید فسفاتیدیک با یک مولکول «گلیسرول» ترکیب شده و فسفاتیدیل گلیسرول را بوجود می آورد.

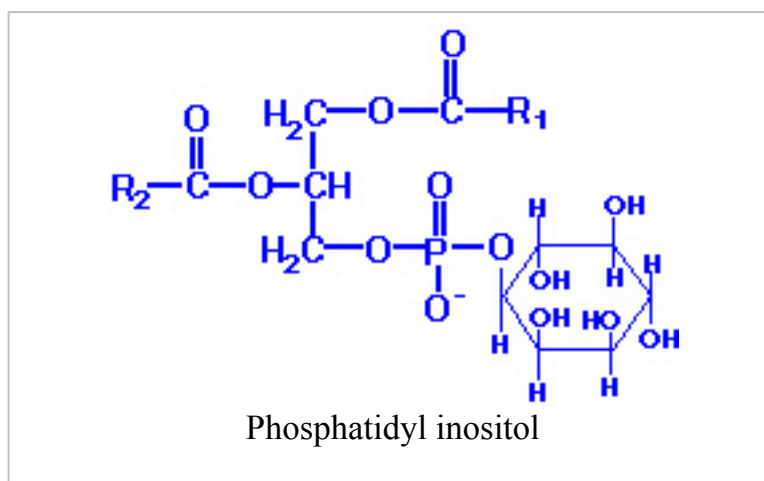


حال اگر یک مولکول اسید فسفاتیدیک دیگر با کربن شماره ۱ گلیسرول، استری گردد، کاردیو لیپین بدست می آید. کاردیولیپین، یکی از لیپیدهای اصلی در ساختمان غشاء میتوکندری ها می باشد.



۵- فسفاتیدیل اینوزیتول:

اگر، میو اینوزیتول به جای عامل X مولکول اسید فسفاتیدیک قرار گیرد. ترکیب حاصل را فسفاتیدیل اینوزیتول گویند. اینوزیتول از مشتقات قندهاست، که در اثر جانشین کردن یکی از هیدروژنهای هرکربن سیکلوهگزان توسط یک عامل هیدروکسیل تولید می گردد. یکی از ایزومرهای فضایی آن بنام میو اینوزیتول است در غشاء سلولی به کار می رود.



۶- لیزوفسفولیپیدها:

جزء فسفولیپیدهاست مولکول کلین با یک فسفواسیل گلیسرول که تنها شامل یک ریشه اسیل است پیوند داده است. مهمترین این ترکیبات لیزوفسفاتیدیل کلین یا لیزو لسیتین است این ترکیب در متابولیسم فسفولیپیدها نقش دارند.

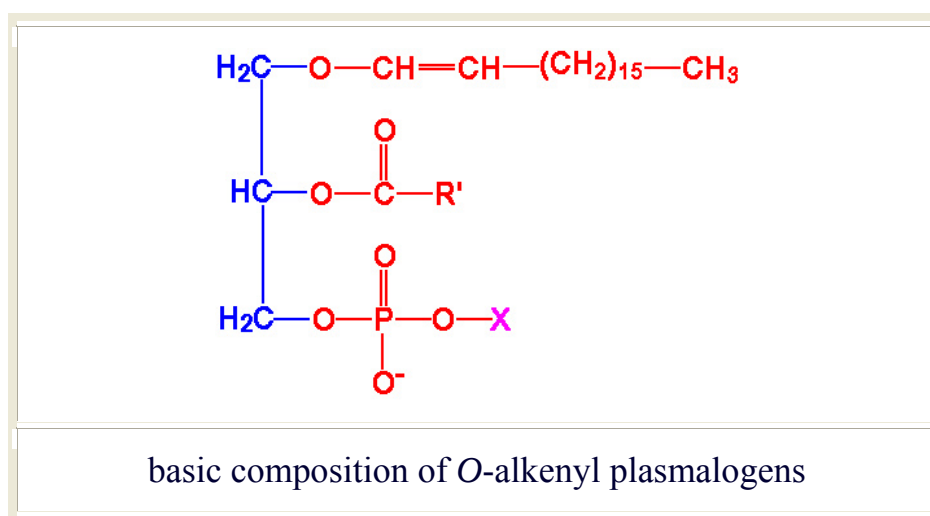
۷- پلازما لوژن ها: Basic Structure of Plasmalogens

پلازما لوژن ها درست مشابه فسفولیپیدی به نام «فسفاتیدیل اتانل آمین» می باشند. با این تفاوت که بجای یکی از اتصالهای استری اسیل گلیسرول دارای یک اتصال اتری بر روی کربن ۱ هستند. ۱۰٪ فسفولیپیدهای مغز و عضلات را پلازما لوژن ها تشکیل می دهند.

Plasmalogens are complex membrane lipids that resemble phospholipids, principally phosphatidylcholine. The major difference is that the fatty acid at C-1 (*sn*1) of glycerol contains either an O-alkyl (-O-CH₂-) or O-alkenyl ether (-O-CH=CH-) species. One of the most potent alkyl ether plasmalogens is platelet activating factor (PAF: 1-O-1'-enyl-2-acetyl-*sn*-glycero-3-phosphocholine) which is a choline plasmalogen in which the C-2 (*sn*2) position of glycerol is esterified with an acetyl group instead of a long chain fatty acid.

PAF functions as a mediator of hypersensitivity, acute inflammatory reactions and anaphylactic shock. PAF is synthesized in response to the formation of antigen-IgE complexes on the surfaces of basophils, neutrophils, eosinophils, macrophages and monocytes. The synthesis and release of PAF from cells leads to platelet aggregation and the release of serotonin from platelets. PAF also produces responses in liver, heart, smooth muscle, and uterine and lung tissues.

A basic O-alkenyl ether species is shown in the Figure below.

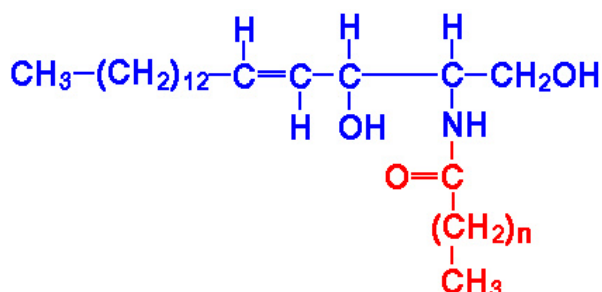
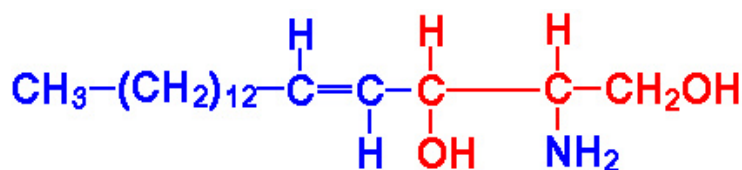


Basic Structure of Sphingolipids

Sphingolipids are composed of a backbone of sphingosine which is derived itself from glycerol. Sphingosine is N-acetylated by a variety of fatty acids generating a family of molecules referred to as ceramides. Sphingolipids predominate in the myelin sheath of nerve fibers. Sphingomyelin is an abundant sphingolipid generated by transfer of the phosphocholine moiety of phosphatidylcholine to a ceramide, thus sphingomyelin is a unique form of a phospholipid.

The other major class of sphingolipids (besides the sphingomyelins) are the glycosphingolipids generated by substitution of carbohydrates to the *sn1* carbon of the glycerol backbone of a ceramide. There are 4 major classes of glycosphingolipids:

- **Cerebrosides:** contain a single moiety, principally galactose.
- **Sulfatides:** sulfuric acid esters of galactocerebrosides.
- **Globosides:** contain 2 or more sugars.
- **Gangliosides:** similar to globosides except also contain sialic acid.



Top: Sphingosine the atoms in red are derived from glycerol.

Bottom: Basic composition of a ceramide "n" indicates any fatty acid may be N-acetylated at this position.

استرول:

این ترکیبات حاوی ۸ تا ۱۰ اتم کربن در زنجیره کناری و همچنین یک گروه الکلی در اتم کربن شماره ۳ می باشند. استرول ها را می توان به صورت زیر طبقه بندی نمود.

الف) فایتوسترول ها: Phytosterols منشا گیاهی دارند

ب) مایکوسترول ها: Mycosterols منشا قارچی دارند.

ج) زوئوسترول ها: zoosterols منشا حیوانی دارند.

فایتوسترول ها و مایکو سترول ها از مجاری گوارشی جذب شده و در بافت های حیوانی وجود ندارند.

استروئیدها:

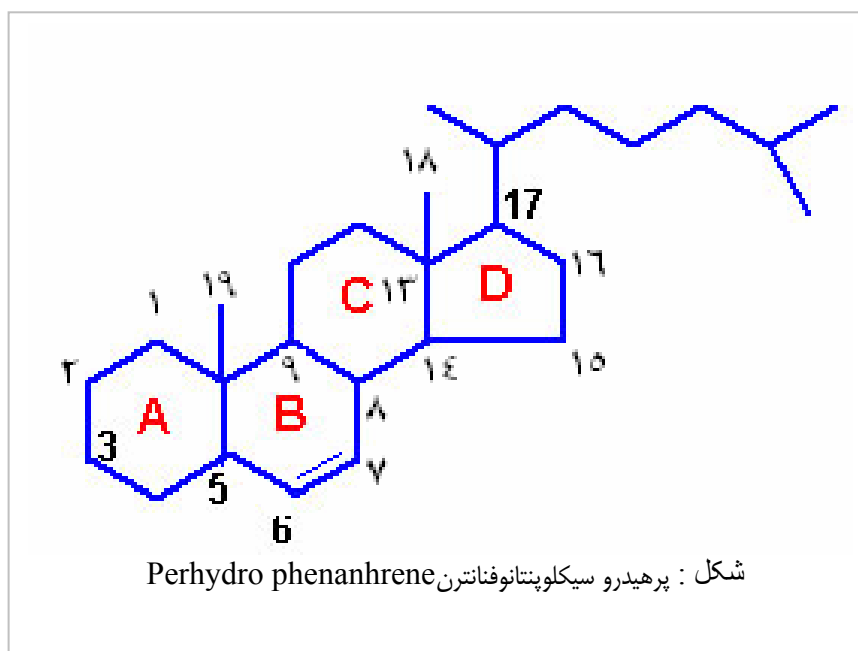
استروئیدها چربی هایی هستند که صابونی نمی شوند. یعنی مانند لیپیدهای دیگر در اثر حرارت باقلیها تولید

صابون نمی کنند. استروئیدها مشتقات هسته ی [پرهیدروسیکلوپنتانوفتانترن]^۱ می باشد. از مهمترین

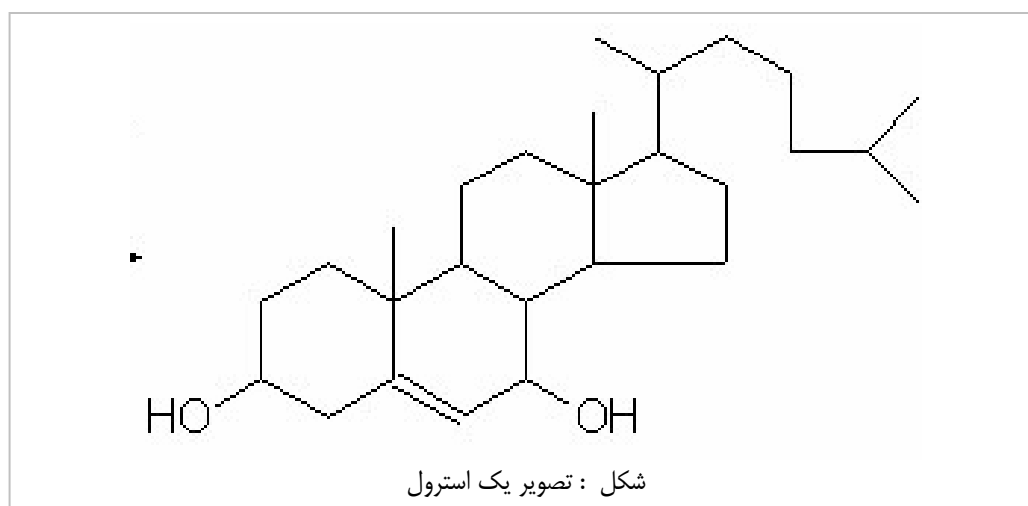
^۱ - Cyclo Pentane Perhydro Phenanthrene

استروئیدهای طبیعی می توان (۱-) اسیدهای صفراوی (۲-) هورمونهای جسمی (۳-) هورمونهای قسمت قشری غده فوق کلیوی، ویتامین D و کلسترول را نام برد. به لحاظ شیمیایی استروئیدها از یک ترکیب (هسته) حلقوی بنام فنانترن (سه حلقه ۶ ضلعی) A.B.C با یک حلقه پنج ضلعی بنام سیکلوپنتان (حلقه D) بوجود آمده است.

استروئیدها از نظر ۱- تعداد و ۲- موقعیت اتصالات دوگانه در مولکول و ۳- همچنین طبیعت زنجیر کناری که به کربن شماره ۱۷ متصل می شود متفاوتند



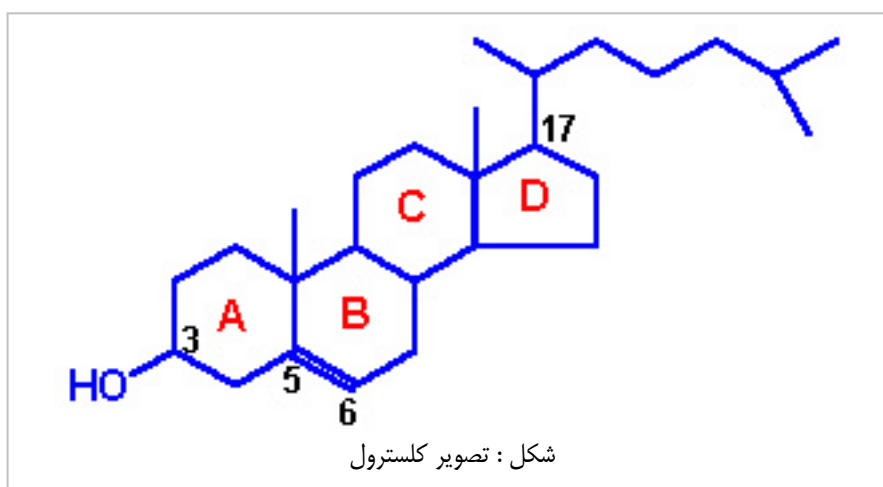
در صورتیکه هستل استروئیدی شامل یک یا چند عامل هیدروکسیل و فاقد عوامل کربوکسیل و یا کربنیل باشد آنرا استرول می نامند.



کلسترول:

کلسترول از مشتقات هسته استروئیدی است که براساس شکل آن دارای یک عامل هیدروکسیل (OH) بر روی کربن شماره ۳ یک اتصال دوگانه در حلقه B مابین کربن شماره ۵ و ۶ و یک ریشه هشت کربن بر روی کربن شماره ۱۷ می باشد. (کربن ۳ = OH ، کربن ۶-۵ = اتصال دوگانه و کربن ۱۷ = ریشه ۸ کربنه)

در تمام سلولهای بدن بویژه سلولهای عصبی وجود دارد. در غشاء سلولی نقش اساسی داشته و در لیپوپروتئین های موجود در خون نیز می باشند. [از استری شدن عامل OH روی کربن شماره ۳ با یک اسید چرب استرهای کلسترول تولید شده که در چربیهای حیوانی به وفور یافت می گردد]. از رسوب آن در دیواره رگها بیماری آترئواسکلروز (Arteriosclerosis) بروز می کند که در آن حالت ارتجاعی رگها از بین می رود.



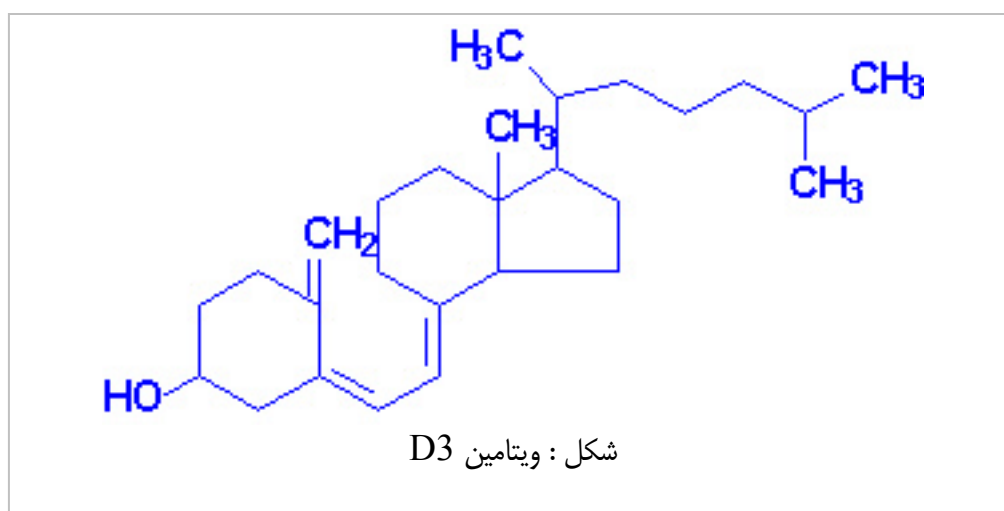
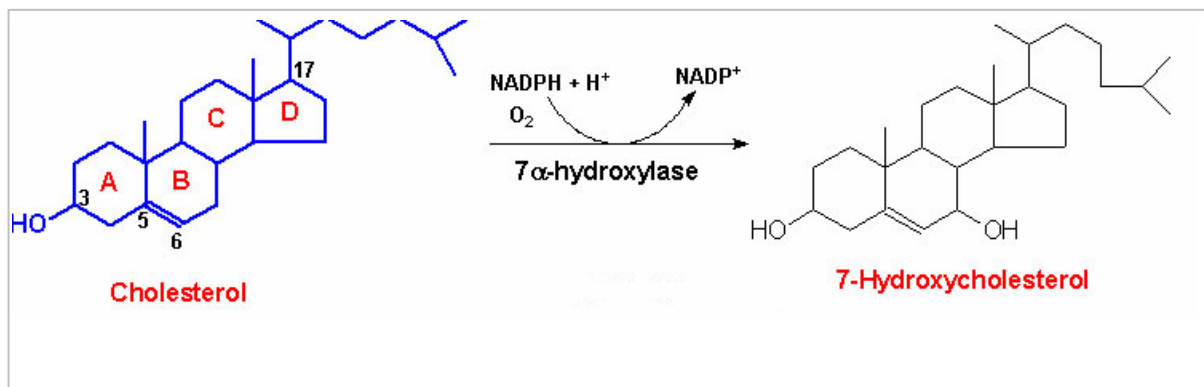
۱- کلسترول یک زئوسترول بوده که از نظر کمی جزء مهمی از مغز را تشکیل می دهد، تا ۱۷٪ ماده خشک مغز را کلسترول تشکیل می دهد

۲- کلسترول ترکیب اصلی غشاها در حیوانات است و نقش ویژه ای در تعدیل سیالیت غشاها دارد

۳- کلسترول پیش ساز سنتز دیگر استروئیدهایی نظیر هورمونهای جنسی و اسیدهای صفراوی است، و تشکیل ماده اصلی چنین ترکیباتی از وظایف عمده کلسترول محسوب می شود.

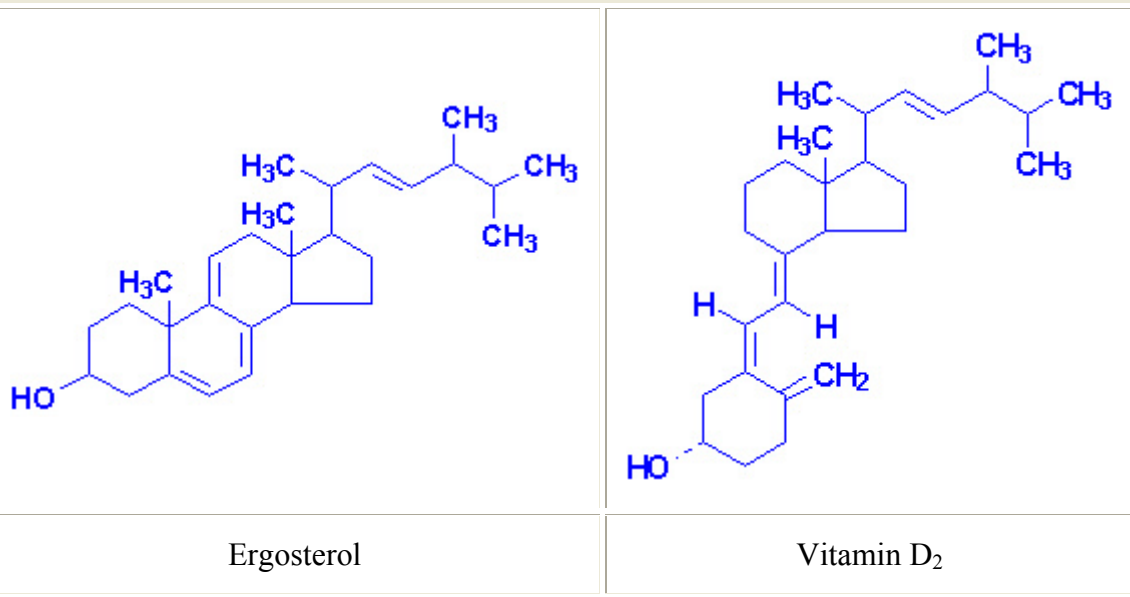
غلظت کلسترول در پلاسمای خون از ۱/۳ تا ۲/۶ گرم در هر لیتر متغیر است

۷- دی هایدروکلسترول (7- Dehydrocholestro) ترکیبی است که از کلسترول مشتق شده و از نظر این که ترکیب مادر ویتامین D₃ است مهم می باشد. از این استرول تحت اشعه ماوراء بنفش ویتامین D₃ تولید می گردد.



ارگوسترول Ergosterol

یک استرول گیاهی است بعنوان پیش ساز ویتامین D₂ بوده و در اثر اشعه ماوراء بنفش خورشید به ویتامین D₂ تبدیل می شود. ۱- شاخه جانبی ۹ کربنه و ۲- شاخه جانبی پیوند ۲ گانه دارد. ارگوسترول یک فایتوسترول بوده که در اکثر جلبک های قهوه ای باکتری ها و گیاهان عالی تر یافت می شود چون ترکیب مادر ارگوکلیسفرول یا ویتامین D₂ است حائز اهمیت می باشد.



اسیدهای صفراوی:

زنجیر کناری در اسیدهای صفراوی حاوی ۵ اتم کربن است که در انتها آن گروه کربوکسیلی که به وسیله اتصال آمیدی به گلیسین یا تورین متصل شده قرار می گیرد. اسیدهای صفراوی از کلسترول سنتز می شوند و این ترکیبات محصول نهایی عمده حاصل از متابولیسم کلسترول هستند. این ترکیبات در کبد تولید شده در کیسه صفرا ذخیره و سپس به دوازدهه ترشح می شوند.

۱- شاخه جانبی روی کربن ۱۷ = ۵ کربنه

۲- ۲ عامل OH دارد: روی کربن ۷ - روی کربن ۳

هورمونهای استروئیدی:

این ترکیبات شامل هورمونهای جنسی حیوان ماده (استروژنها) هورمونهای جنسی حیوان نر (آندروژنها)، پروژسترون، کورتیزول، آلدوسترون و کورتیکوسترون مترشحه از کورتکس غدد فوق کلیوی می باشند. هورمونهای غدد فوق کلیوی در کنترل متابولیسم گلوکز و چربی نقش بسیار مهمی دارند.

ترپن ها: Terpenes

ترپن ها از تعدادی واحدهای ایزوپرن «Isoprene» تشکیل شده که از پیوستن این واحدها یک ساختمان زنجیری و یا حلقوی شکل بوجود می آید. ایزوپرن ترکیبی است با ۵ اتم کربن به شکل زیر:

بسیاری از ترپن های موجود در گیاهان دارای طعم و رایحه مخصوص به خود بوده و جزیی از روغن های عطر آگین (اسانس ها) نظیر اسانس لیمو و اسانس کافور می باشند. برخی از کوآنزیم ها، شامل گروه کوآنزیم Q (Ubiquinone) اوبیکینون) ترپن می باشند هنگامی که لیپیدها در معرض اکسیژن قرار بگیرند واکنش پر اکسیداسیون یا اکسیداسیون خود بخود انجام می گیرند.

چنین واکنشهایی سبب فساد مواد غذایی چربی دار (تند شدن) و همچنین منشا برخی ضایعات بافتی، سرطانهای بیماریهای التهابی، اترواسکلروز، یبیری می گردد. چنین ضایعات زیانبار نتیجه اثر برخی رادیکال های اکسیژن دار آزاد مانند (OH^0 , RO^0 , ROO^0) می باشند. که در طی مراحل مختلف پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباعی طبیعی (با چند اتصال دوگانه) تولید می گردند. در جریان این واکنش ها، اندوپراکسید و سپس مالون دی آلدئید تولید می گردد.

مالون دی آلدئید فقط در جریان پراکسیداسیون اسیدهای چربی که شامل سه یا چندین اتصال دوگانه می باشند تولید می شود با اندازه گیری [مالون دی آلدئید] می توان و وسعت پر اکسیداسیون چربی ها پی برد. به منظور پیشگیری از واکنشهای پراکسیداسیون می توان از ترکیبات آنتی اکسیدان طبیعی و غیر طبیعی استفاده کرد.

آنتی اکسیدان سنتتیک:

- پروپیل گالات (Propy gallate)
- بوتیل هیدروکسی آنیول B.H.A
- بوتیل هیدروکسی تولوئن B.H.T

آنتی اکسیدانهای طبیعی:

- ویتامین E (توکوفرول)
- اوراتها
- ویتامین C

- بتاکاروتن (β کاروتن)

آنتی اکسیدانها را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد:

(۱) آنتی اکسیدانهای پیشگیری کننده: موجب کاهش سرعت آغاز واکنش های زنجیره ای می گردند.

(۲) آنتی اکسیدانهای زنجیره شکن: از گسترش واکنش ها جلوگیری می نمایند.

۱- کاتالاز، آنزیم های پراکسیداز ، دی اتیلن تری آمین پنتااستات DTPA

اتیلن دی امین تترااستات E.D.T.A

۲- فنل ها، آمین های عطری