



دانشگاه سمنان
Semnan University

به نام خدا

بیوشمی ۱

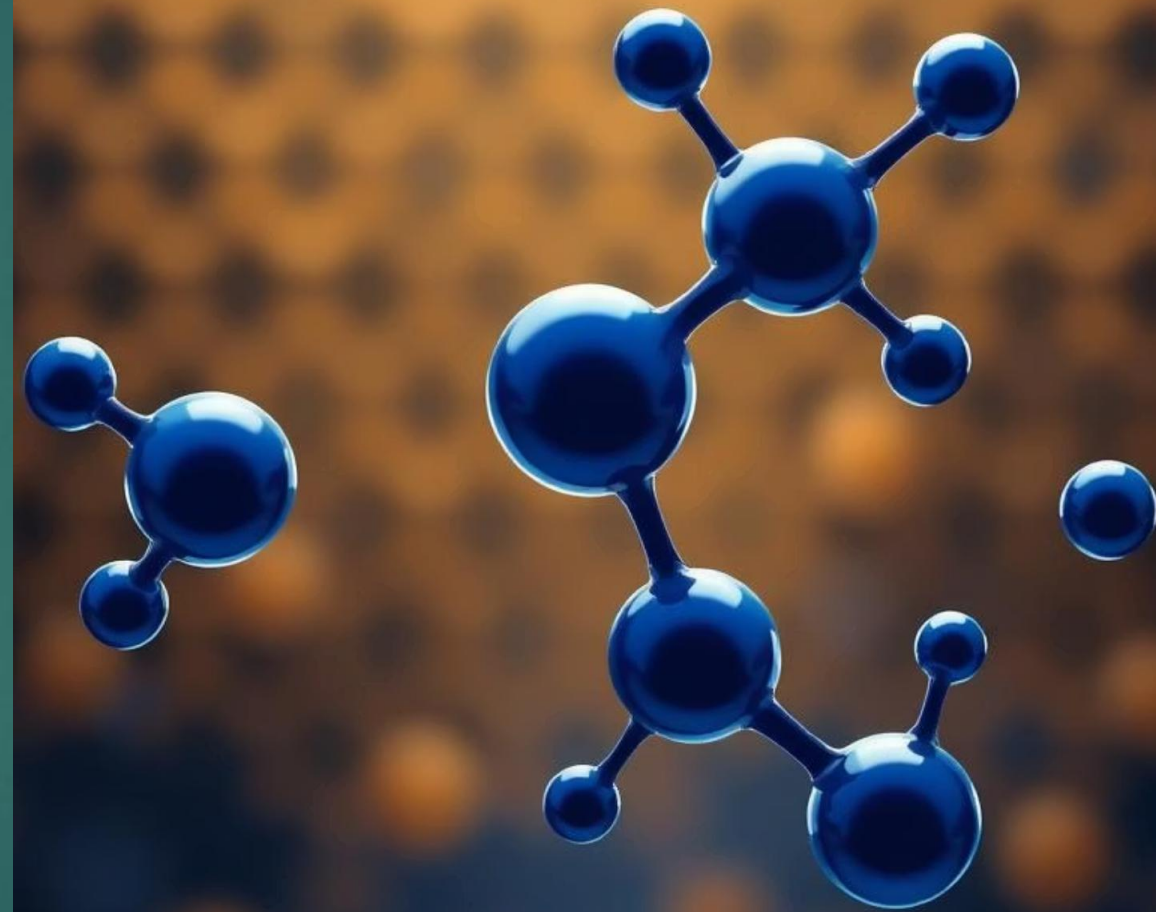
ساختار چربی‌ها

دکتر محمد درویش خادم

D.V.M., Ph.D. of Biochemistry

دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان

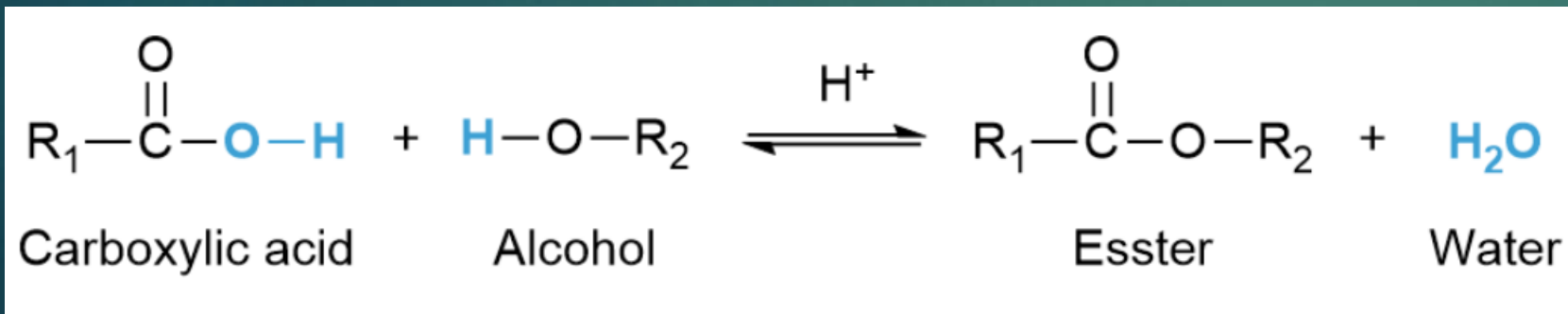
لیپیدها: ساختار، طبقه‌بندی و اهمیت



لیپیدها بیومولکول‌های متنوعی هستند که در آب نامحلول و در حلال‌های آلی محلول می‌باشند

استرهای اسیدهای چرب با الکل‌های مختلف هستند

یک استر از طریق واکنش بین یک اسید کربوکسیلیک و یک الکل تشکیل می‌شود



اهمیت فیزیولوژیک لیپیدها

انتقال لیپید

لیپوپروتئین‌ها ترکیبات ناقل
لیپید در سلول هستند

تولید و ذخیره انرژی

لیپیدها منبع اصلی انرژی و
ذخیره مازاد انرژی بدن هستند

حلالیت ویتامین‌ها

گروهی از ویتامین‌ها فقط
در لیپید قابل حل می‌باشند

عایق الکتریکی

لیپیدهای غیرقطبی در اعصاب
میلین‌دار باعث سرعت بخشیدن
به امواج عصبی می‌شوند

ساختار غشاء سلولی

اجزای مهم تشکیل‌دهنده
غشاء پلاسمایی و ارگانل‌های
داخل سلولی

اسیدهای چرب: ساختار و طبقه‌بندی

بر اساس پیوند دوگانه

- **اشباع:** فاقد پیوند دوگانه پالمیتیک، استئاریک
- **غیر اشباع:** دارای یک یا چند پیوند دوگانه در زنجیره هیدروکربنی

بر اساس تعداد کربن

- **زنجیره کوتاه:** ۲-۴ کربن
فرمیک، استیک، بوتیریک
- توسط میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها) در شکمبه نشخوارکنندگان
- **زنجیره متوسط:** ۶-۱۰ کربن
محلول در آب، در چربی شیر
- **زنجیره بلند:** ۱۲-۲۶ کربن
پالمیتیک، استئاریک

اسیدهای چرب، ترکیب پایه در ساختمان اکثر لیپیدها هستند.

هر اسید چرب دارای یک گروه

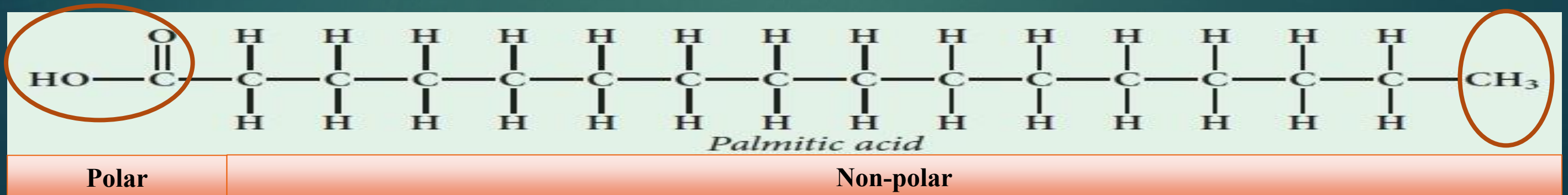
* **کربوکسیل (COOH) (سر قطبی)**

* **زنجیره هیدروکربنی (دم)**

غیر قطبی).

Carboxyl end

Methyl end



مشخصات چند اسید چرب اشباع مهم

نام متداول	نام علمی	تعداد کربن	علامت اختصاری	فرمول
اسید لوریک	دودکانوئیک اسید	۱۲	۱۲:۰	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$
اسید میریستیک	تترادکانوئیک اسید	۱۴	۱۴:۰	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$
اسید پالمیتیک	هگزادکانوئیک اسید	۱۶	۱۶:۰	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
اسید استئاریک	اکتادکانوئیک اسید	۱۸	۱۸:۰	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$
اسید آراشیدیک	ایکوزانوئیک اسید	۲۰	۲۰:۰	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{18}-\text{COOH}$

اسیدهای چرب غیر اشباع

1 Monoenoic F.A (تک پیوند دوگانه)

– پالمیتوئیک اسید ۱۶ کربنه

– اولئیک اسید ۱۸ کربنه: اسید چرب غالب در چربی‌های ذخیره‌ای حیوانات

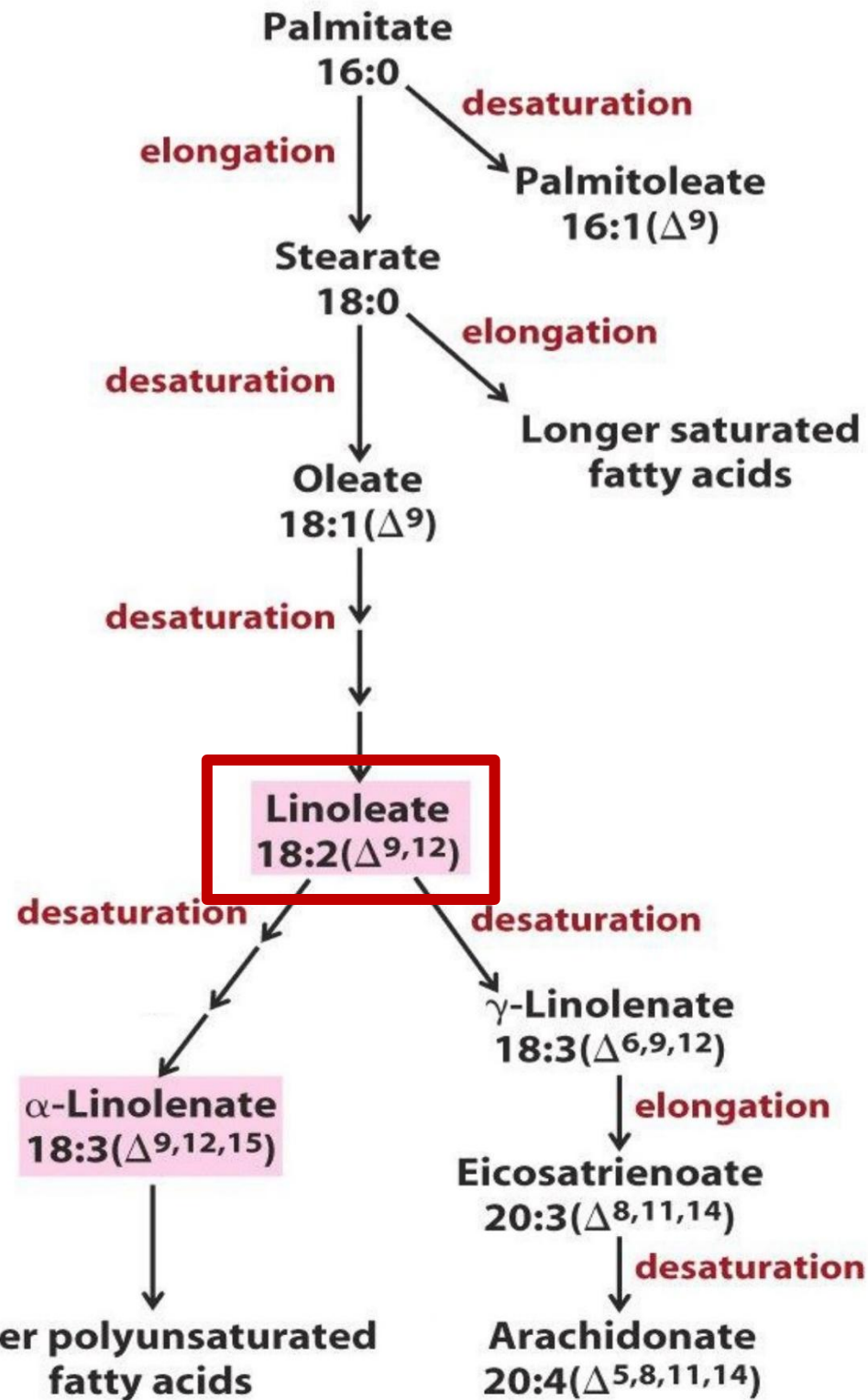
2 Polyenoic F.A (چند پیوند دوگانه)

اسید چرب دی‌انوئیک (لینوئیک اسید ۱۸ کربنه)

اسیدهای چرب ضروری

اسید چرب تری‌انوئیک (لینولنیک اسید ۱۸ کربنه)

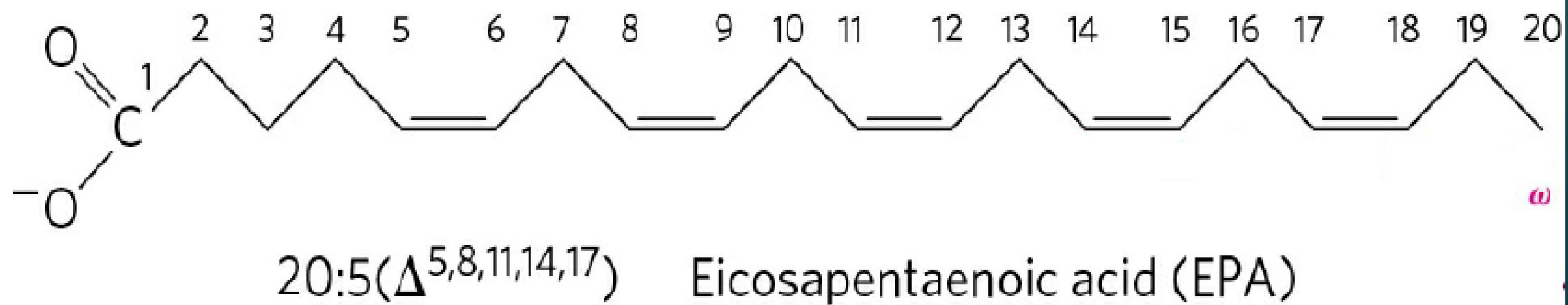
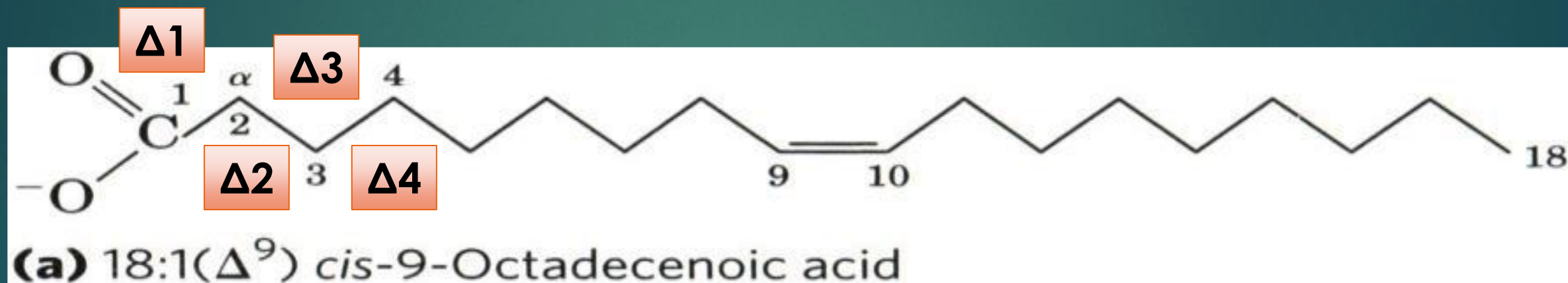
اسید چرب تتراانوئیک (آراشیدونیک اسید ۲۰ کربنه)، پیش‌ساز پروستاگلاندین



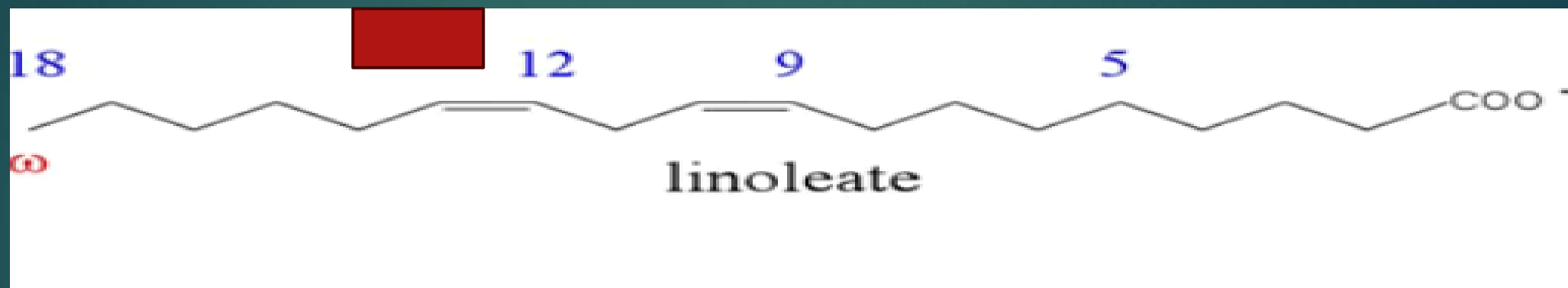
نام‌گذاری اسیدهای چرب

نام گذاری دلتا = کربن گروه کربوکسیل کربن = Δ^1 و بقیه به ترتیب Δ^2 و Δ^3

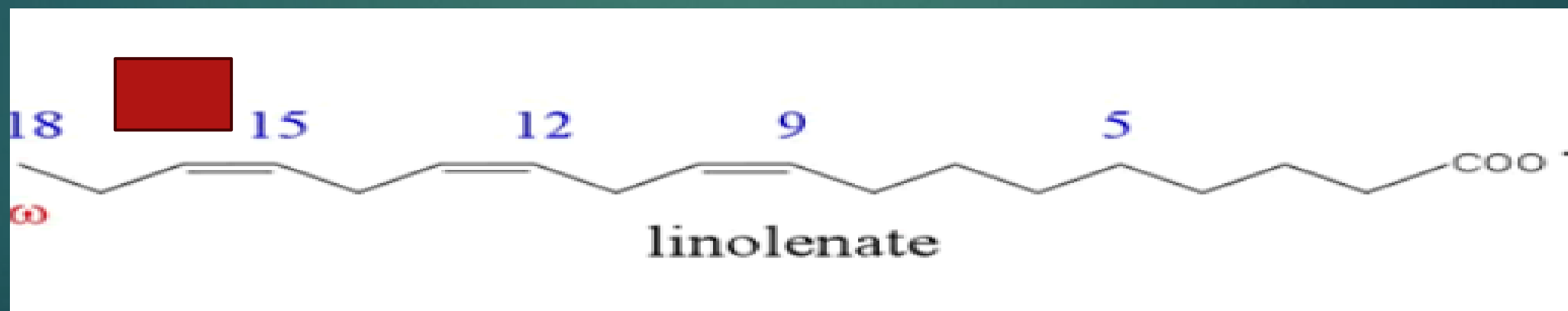
نام گذاری امگا = تعداد اتم کربن - شماره کربن آخرین پیوند دوگانه



18:2;9,12



18:2;9,12,15



Myristic acid
(14:0)



Palmitic acid
(16:0)



Stearic acid
(18:0)



Oleic acid
(18:1)



Linoleic acid
(18:2)



γ -Linolenic acid
(GLA) (18:3)



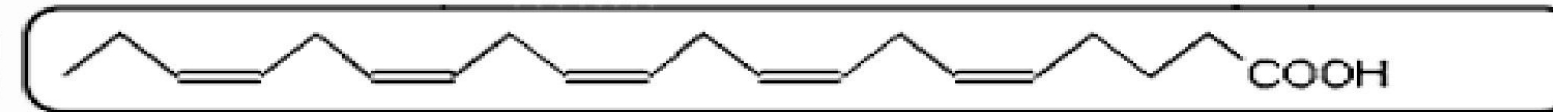
Arachidonic acid
(ARA) (20:4)



α -Linolenic acid
(ALA) (18:3)



Eicosapentanoic acid
(EPA) (20:5)



Docosahexanoic acid
(DHA) (22:6)



ساختار چند اسید چرب اشباع و غیراشباع

خواص فیزیکوشیمیایی اسیدهای چرب

تأثیر بر سیالیت غشاء

پیوندهای دوگانه سیس باعث خمیدگی زنجیره می‌شوند که برای قرارگیری در غشاء دولایه لیپیدی و حفظ سیالیت آن حیاتی است.

ایزومری سیس و ترانس

اکثر اسیدهای چرب طبیعی از نوع سیس هستند

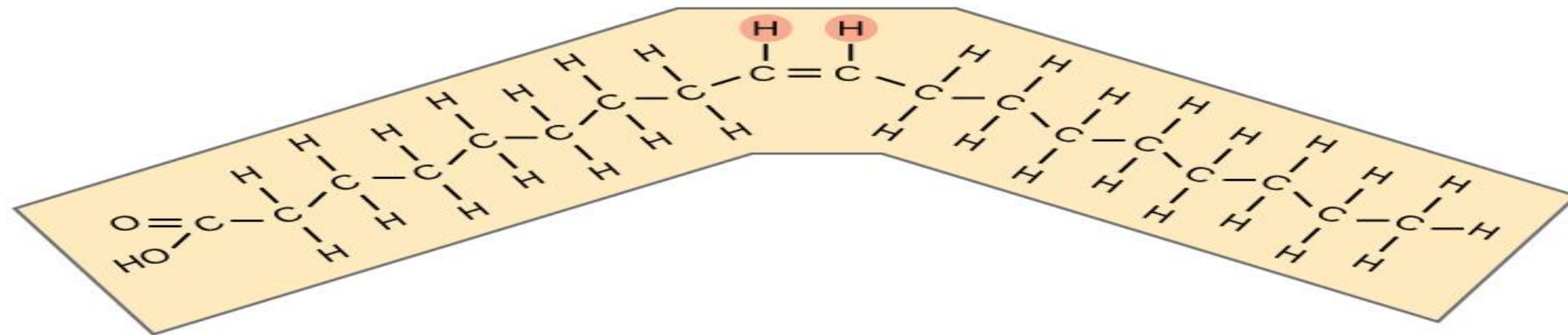
نقطه ذوب

اسیدهای چرب غیراشباع نقطه ذوب پایین‌تری نسبت به اسیدهای چرب اشباع دارند. افزایش پیوندهای دوگانه باعث کاهش بیشتر نقطه ذوب می‌شود.

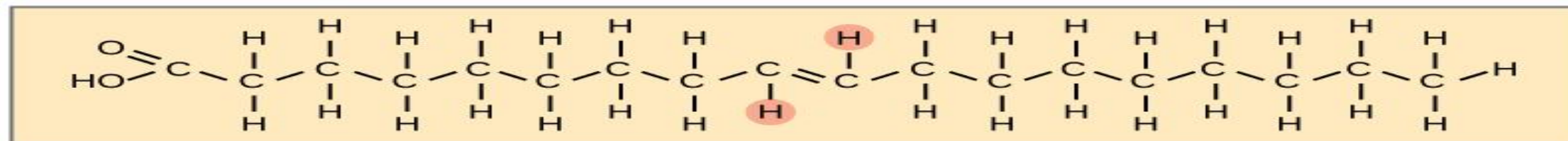
اکثر اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در طبیعت از نوع سیس هستند.

Unsaturated fatty acids

Cis oleic acid



Trans oleic acid



اسیدهای چرب ترانس در اثر فرایند هیدروژناسیون روغن‌ها، حرارت $100-200^{\circ}\text{C}$ و نیز در اثر عمل میکروارگانیزم‌های شبکه در نشخوارکنندگان تولید می‌شوند.

هیدروژناسیون و اسیدهای چرب ترانس

فرآیند هیدروژناسیون

اسیدهای چرب غیراشباع می‌توانند با هالوژن‌ها ترکیب یا توسط هیدروژن احیا شده و به فرم اشباع درآیند.

همچنین، برخی پیوندهای سیس به ترانس تبدیل می‌شوند که برای سلامتی مضر است.

این فرآیند، پیوندهای دوگانه سیس را به یگانه تبدیل کرده و نقطه ذوب روغن را افزایش می‌دهد مانند مارگارین

هیدروژناسیون جزئی روغن‌های گیاهی برای افزایش ماندگاری و پایداری حرارتی انجام می‌شود.

مصرف اسیدهای چرب ترانس با افزایش تری‌اسیل‌گلیسرول‌ها و کلسترول (LDL بد) و کاهش کلسترول (HDL خوب) مرتبط است که خطر بیماری قلبی-عروقی را افزایش می‌دهد.

انواع الکلهای در لیپیدها

آمینو الکلهای

علاوه بر گروه الکلی، دارای گروه آمینی نیز هستند. معروفترین آنها اسفنگوزین است که در اسفنگولیپیدها یافت می شود.

تری الکلهای

گلیسرول با سه گروه هیدروکسیل، که در ساختار آسیل گلیسرولها و فسفولیپیدها وجود دارد.

مونو الکلهای

دارای یک گروه هیدروکسیل (OH) مانند اتانول و متانول
الکلهای چرب با زنجیره طویل در مومها یافت می شوند.

لیپیدهای ساده: آسید گلیسرول و مومها



طبقه‌بندی لیپیدها

لیپیدهای مرکب

فسفولیپید

گلیسر و فسفولیپید

- فسفاتیدیل کولین (لستین)
- فسفاتیدیل اتانل آمین (سفالین)
- فسفاتیدیل سرین
- فسفاتیدیل اینوزیتول
- دی فسفاتیدیل گلیسرول (کاردیولیپین)
- پلاسمالوژن‌ها

اسفنگو فسفولیپید: اسفنگومیلین

گلیکولیپید

گلیکولیپیدهای خنثی (سربروزیدها)

گلیکولیپیدهای اسیدی (گانگلیوزیدها)

لیپوپروتئین

استروئید

پلی‌ایزوپرنوئید

ویتامین‌های محلول در چربی، یوبی کینون، دولیکول

طبقه‌بندی لیپیدها

1

لیپیدهای ساده

تنها حاوی اسیدهای چرب و الکل‌های آلی هستند.

- چربی‌ها: الکل آن‌ها گلیسرول است.
- موم‌ها: الکل آن‌ها دارای زنجیر بلند هیدروکربنی است.

2

لیپیدهای مرکب

علاوه بر اسیدهای چرب و الکل آلی، دارای گروه‌های دیگری نیز هستند.

- فسفولیپیدها: دارای گروه فسفات شامل گلیسرول فسفولیپیدها و اسفنگومیلین‌ها
- گلیکولیپیدها: دارای گروه کربوهیدراتی و الکل اسفنگوزین.

لیپیدهای ساده: چربی‌ها، روغن‌ها و موم‌ها

لیپیدهای ساده استرهای اسیدهای چرب با الکل‌های مختلف هستند

آسیل گلیسرول‌ها (گلیسریدها)

- ترکیب اسید چرب و گلیسرول.

- **بر اساس تعداد اسیدهای چرب:**

- مونوآسیل گلیسرول (MAG)،

- دی‌آسیل گلیسرول (DAG)،

- تری‌آسیل گلیسرول (TAG)

چربی‌ها و روغن‌ها

- اگر TAG در دمای اتاق جامد باشد، چربی (Fat) نامیده می‌شود.

- اگر مایع باشد، روغن (Oil) نامیده می‌شود.

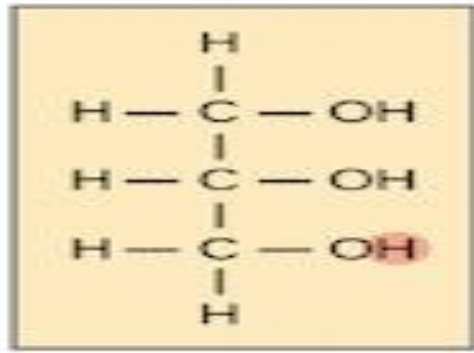
- حالت جامد یا مایع به میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع بستگی دارد.

- TAG چربی ذخیره‌ای اصلی در حیوانات است و فاقد بار الکتریکی است (چربی خنثی)

موم‌ها (Waxes)

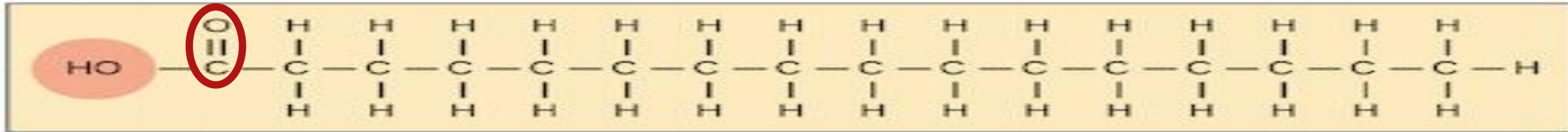
از یک اسید چرب طویل و یک الکل مونو هیدریک سنگین تشکیل شده‌اند. نقش محافظتی دارند و مانع نفوذ آب می‌شوند.

Glycerol

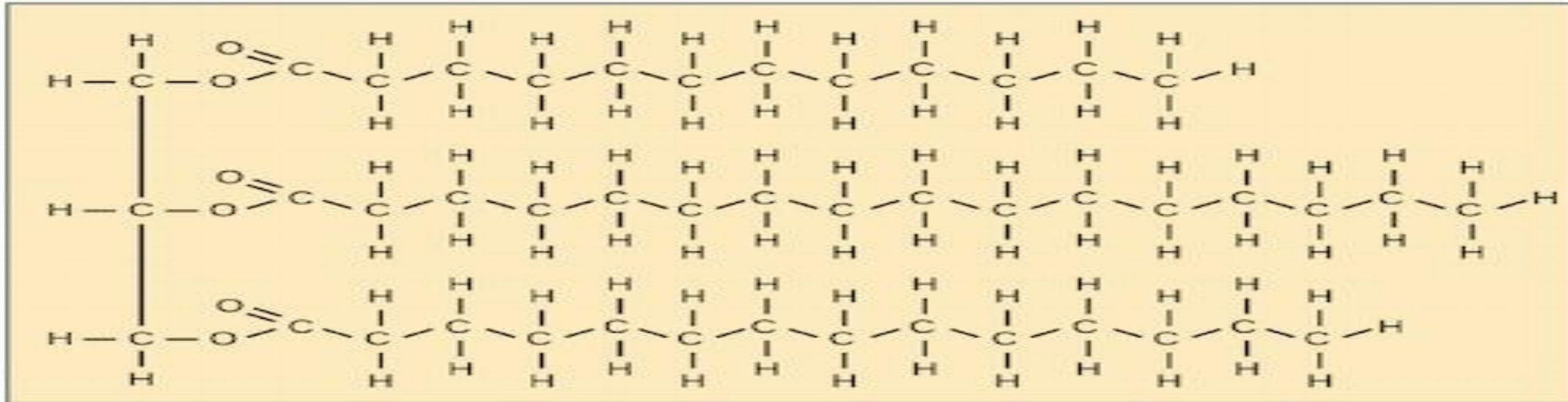


+

Fatty Acid

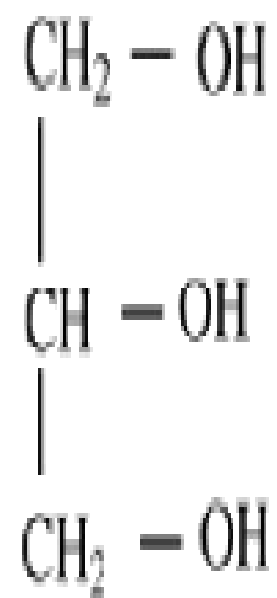


Triacylglycerol

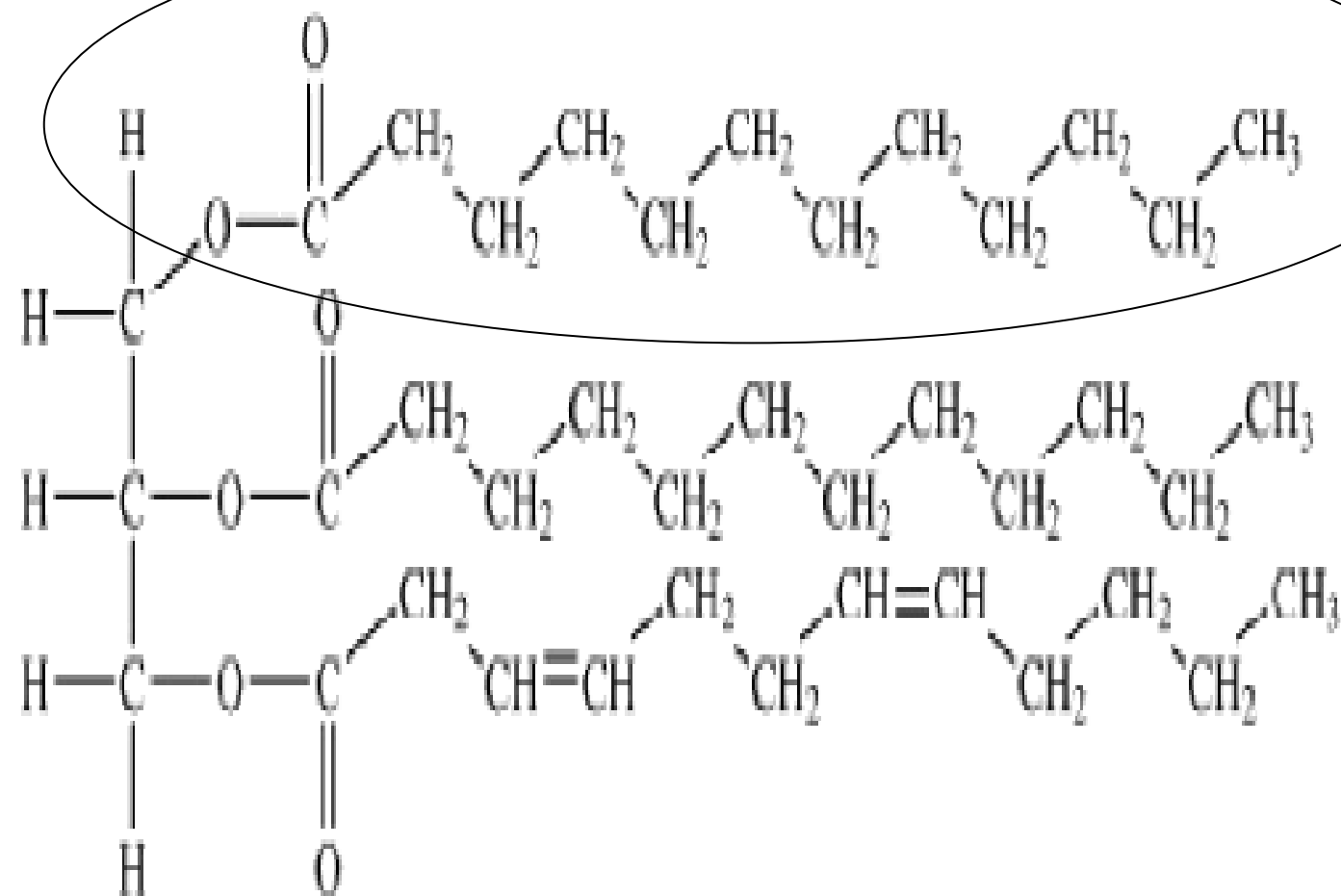


(three of these, may have different structures)

+ 3H₂O



گلیسرول



تری گلیسرید

اسید چرب

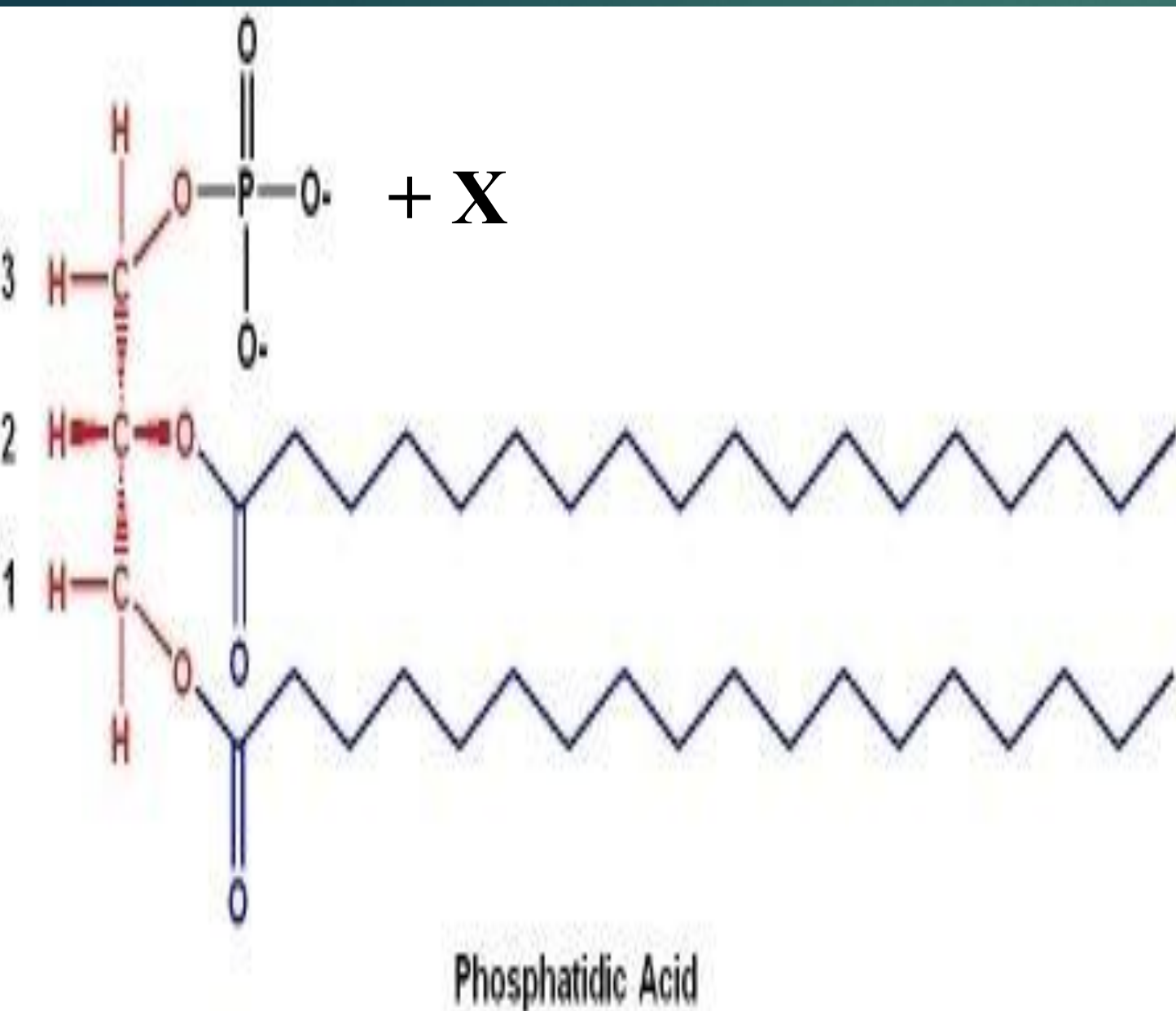
لیپیدهای مرکب: فسفولیپیدها

به فراوانی در غشاهای سلولی یافت می‌شوند.

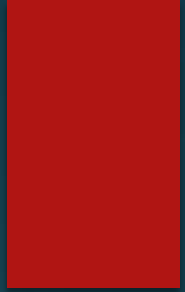
لیپیدهای مرکب علاوه بر اسید چرب و الکل، دارای گروه‌های دیگری نیز هستند.

گلیسر و فسفولیپیدها

الکل آن‌ها گلیسرول است. اسید فسفاتیدیک پایه آن‌هاست.



انواع گلیسر و فسفولیپیدها



- **فسفاتیدیل اتانول آمین (سفالین):** بیشتر در مغز و سیستم عصبی وجود دارد. ۵٪ فسفولیپیدهای خون را تشکیل می‌دهد.

- **فسفاتیدیل اینوزیتول:** در غشاء سلولی، در انتقال پیام محرک از سطح به داخل سلول نقش دارد.
- در هنگام تحریک گیرنده‌های سطح غشاء پلاسمایی به
- تبدیل به دی‌آسیل‌گلیسرول (DAG) و اینوزیتول تری فسفات (IP3)

- **فسفاتیدیل کولین (لستین):** در صفرا، پلاسما، مغز و زرده تخم مرغ یافت می‌شود..

- ۷۰٪ فسفولیپیدهای خون و فراوان‌ترین فسفولیپید غشاء سلولی است.

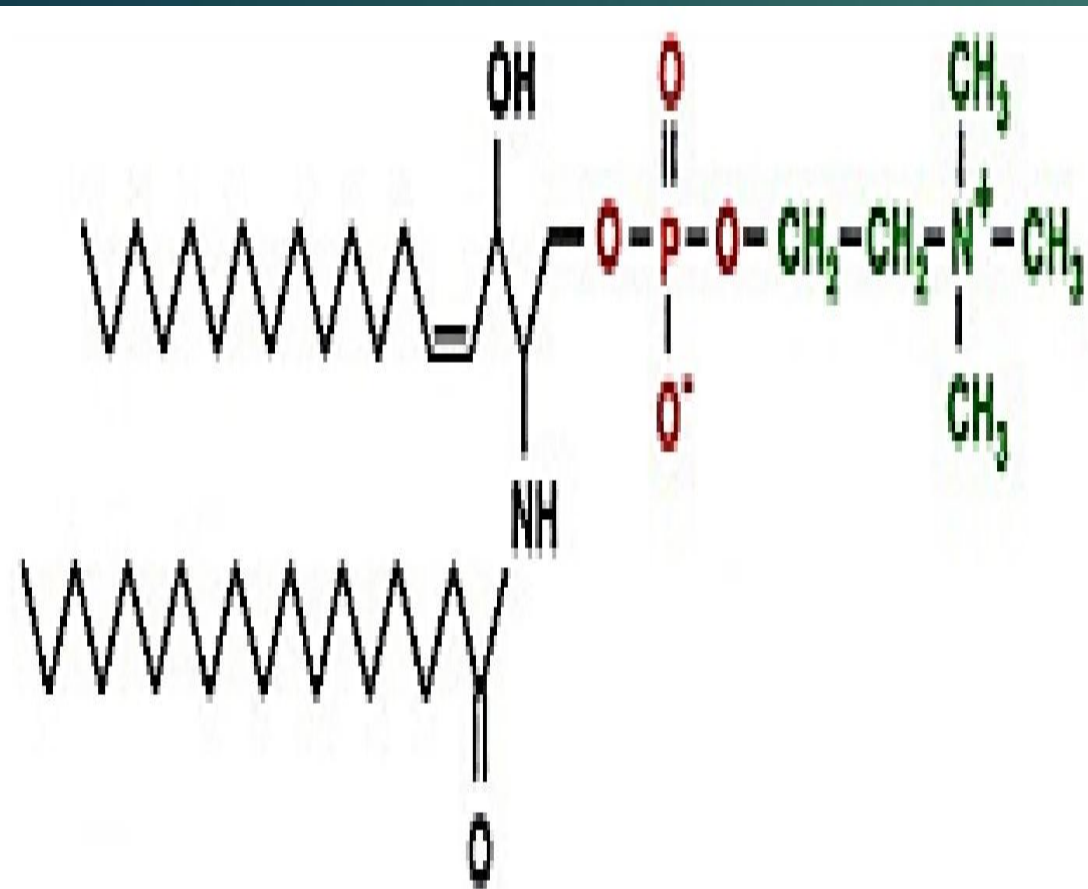
- **کاردیولیپین:** لیپید عمده غشاء داخلی میتوکندری است.
- اولین بار از میتوکندری قلب گوساله جدا شد.

- ساختمان کاردیولیپین از یک گلیسرول که به آن دو مولکول اسید فسفاتیدیک متصل است (دی فسفاتیدیل گلیسرول)

- «دی‌پالمیتوئیل‌لستین» به عنوان ترکیب اصلی ماده سورفوکتان در ریه می‌باشد که به دلیل خنثی‌سازی کشش سطحی مانع به هم چسبیدن دیواره کیسه‌های هوایی می‌شود.
- **فسفاتیدیل سرین:** جزء فسفولیپیدهای لایه داخلی غشاء پلاسمایی

لیپیدهای مرکب: فسفولیپیدها

اسفنگومیلین



ساختمان اسفنگومیلین

الکل آن‌ها اسفنگوزین است. در مغز و سلول‌های عصبی فراوانند.

شامل **سرامید (الکل اسفنگوزین + اسید چرب)** و **فسفوکولین** است.

لیپیدهای مرکب: فسفولیپیدها

به فراوانی در غشاهای سلولی یافت می‌شوند.

لیپیدهای مرکب علاوه بر اسید چرب و الکل، دارای گروه‌های دیگری نیز هستند.

فسفولیپیدهای اتری

اسفنگومیلین

گلیسروفسفولیپیدها

الکل آن‌ها اسفنگوزین است. در مغز و سلول‌های
عصبی فراوانند.

الکل آن‌ها گلیسرول است. اسید فسفاتیدیک
پایه آن‌هاست.

فسفولیپیدهای اتری

این لیپیدها به جای پیوند استری در موقعیت کربن ۱، **پیوند اتری** دارند و جزء **گلیسرولفسفولیپیدها** هستند.

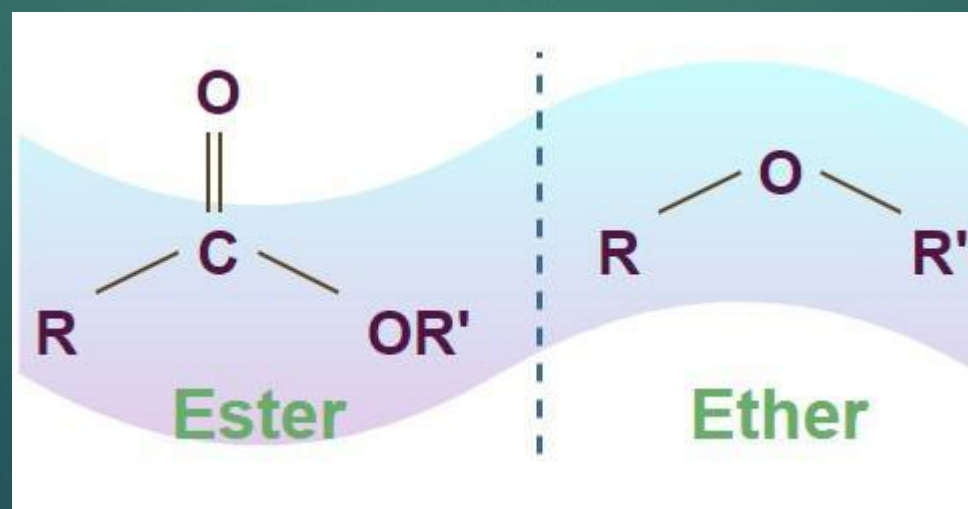
فاکتور فعال کننده پلاکتی

ترکیبی قوی در پاسخ‌های التهابی، آلرژی و بروز شوک عمل می‌کند.

پلاسمالوژن

ساختاری شبیه فسفاتیدیل اتانول آمین دارد.
بافت قلب مهره‌داران غنی از این لیپیدهاست

In an ester, there are two oxygen and a carbon atom whereas in ether, there are only one Oxygen and two Carbon atoms.



گلیکولیپیدها (گلیکواسفنگولیپیدها)

این لیپیدها حاوی **سرامید (الکل اسفنگوزین + اسیدچرب)** با گروه‌های **قندی** هستند.

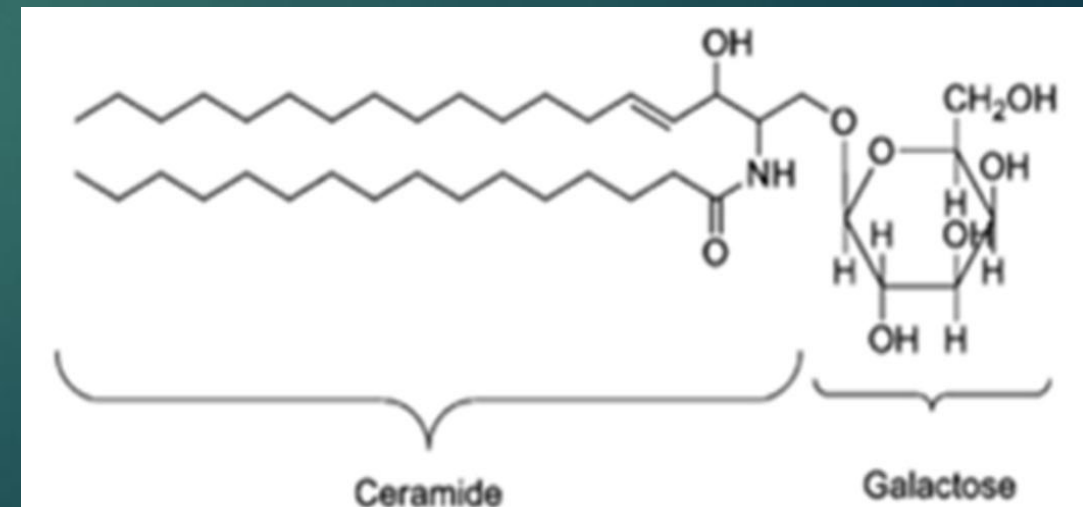
سروبروزید

(ترکیب سرامید با یک واحد مونوساکاریدی)

شامل گلوکوسروبروزید (سربروزید بافت غیرعصبی)
گالاکتوسروبروزید (سربروزید بافت عصبی یا مغزی)

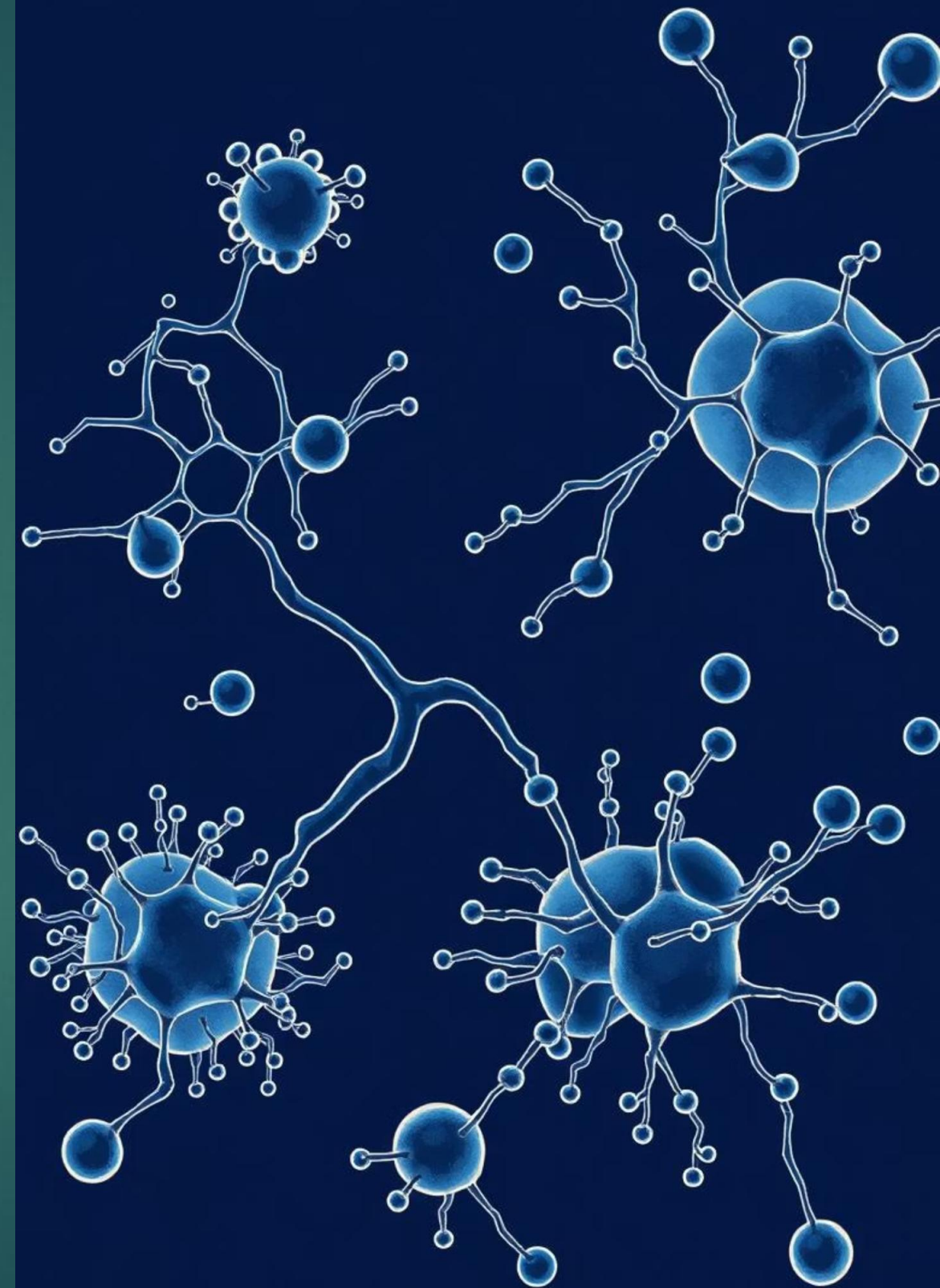
گانگلیوزید

پیچیده‌ترین نوع گلیکواسفنگولیپیدها
زنجیره کربوهیدراتی با **بیش از دو قند** و
حداقل یک اسید سیالیک (NANA)
گانگلیوزیدها به مقدار قابل توجهی در **ماده**
خاکستری مغز قرار دارند



ساختمان سربروزید

ترین‌ها، استروئیدها و غشاهای زیستی



طبقه‌بندی لیپیدها

استروئیدها

همه دارای هسته اصلی **سیکلوپنتانوفنانترین** هستند.

استرول‌ها

- فیتواسترول در گیاهان
- کلسترول در حیوانات
- ارگواسترول در قارچ‌ها

• استرول‌ها (۲۷ کربنه): کلسترول، ویتامین D

• کلان‌ها (۲۴ کربنه) : اسیدهای صفراوی

• پرگنان‌ها (۲۱ کربنه): پروژستین‌ها،
گلوکوکورتیکوئیدها و مینرالوکورتیکوئیدها

• آندروستان‌ها (۱۹ کربنه) آندروژن‌ها مانند تستوسترون

• استران‌ها (۱۸ کربنه) مانند استروژن‌ها

پلی‌ایزوپرنوئیدها

• ویتامین‌های محلول در چربی: A ، E ، K.

• سایر موارد : یوبی‌کینون، دولیکول

ترین ها و ترینوئیدها

ترین ها

ترکیبات آلی ساخته شده از واحدهای **۵ کربنه ایزوپرن**

این ترکیبات نقش های حیاتی در بیوشیمی ایفا می کنند.

ترینوئیدها

مشتقات ترین ها، که به آنها **ایزوپرنوئید** نیز گفته می شود.

پلی ایزوپرنوئیدها

پلی ایزوپرنوئیدها الکل های ایزوپرنوئیدی با بیش از ۴ واحد ایزوپرن (۵ کربنه) هستند.

دولیکول

با ۲۰-۱۵ واحد ایزوپرنوئیدی، در سیتوپلاسم پستانداران یافت می شود. دولیکول فسفات، ریشه های الیگوساکاریدی را به گلیکوپروتئین ها منتقل افزایش آن در مغز با افزایش سن، شاخص پیری است

یوبی کینون (کوآنزیم Q)

یکی از ناقل های زنجیره تنفسی

ویتامین های محلول در چربی

ویتامین های A، E، K و بتاکاروتن مشتق شده از گیاهان

ترپن های سنتز کلسترول

شامل اسکوالن، فارنسیل و ژرانیل

کلسترول، ترکیبی ۲۷ کربنه و معروفترین استرول است و از ۶ واحد ایزوپرنوئیدی تشکیل شده است.

کلسترول پیش‌ساز ترکیبات استروئیدی مهمی مانند **اسیدهای صفراوی، هورمون‌های قشری غده فوق کلیوی، هورمون‌های جنسی و ویتامین D** است.

انواع کلسترول

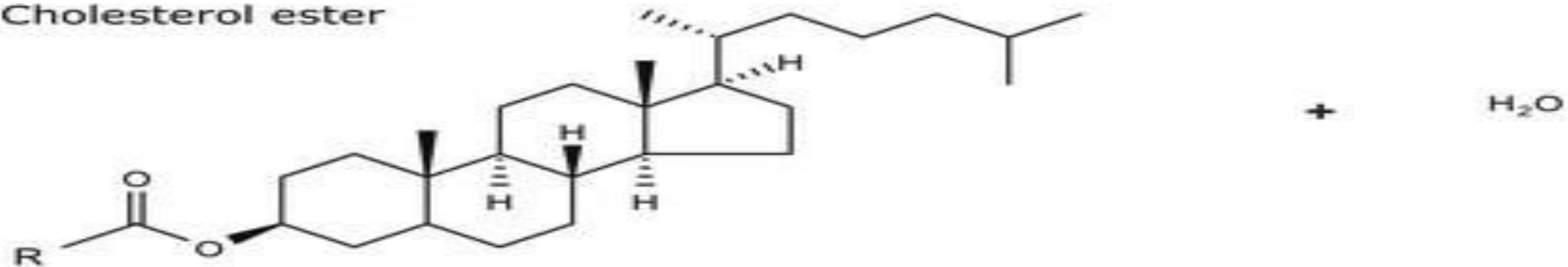
کلسترول استریفیه

گروه OH کربن ۳ به یک اسید چرب متصل است. می‌تواند در دیواره عروق ذخیره شده و سبب آترواسکلروز شود.

کلسترول آزاد

گروه OH روی حلقه A آزاد است و در غشاء وجود دارد. سیالیت غشاء را تنظیم می‌کند: هر چه کلسترول غشاء بیشتر باشد، سیالیت غشاء کمتر است

Cholesterol ester

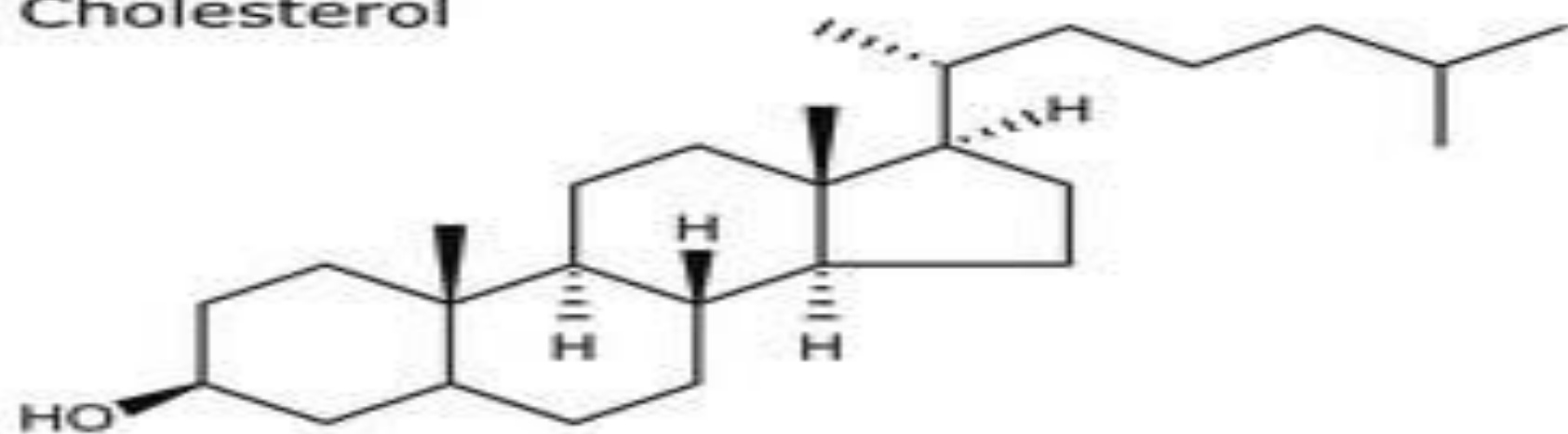


Cholesterol Esterase

Fatty acid



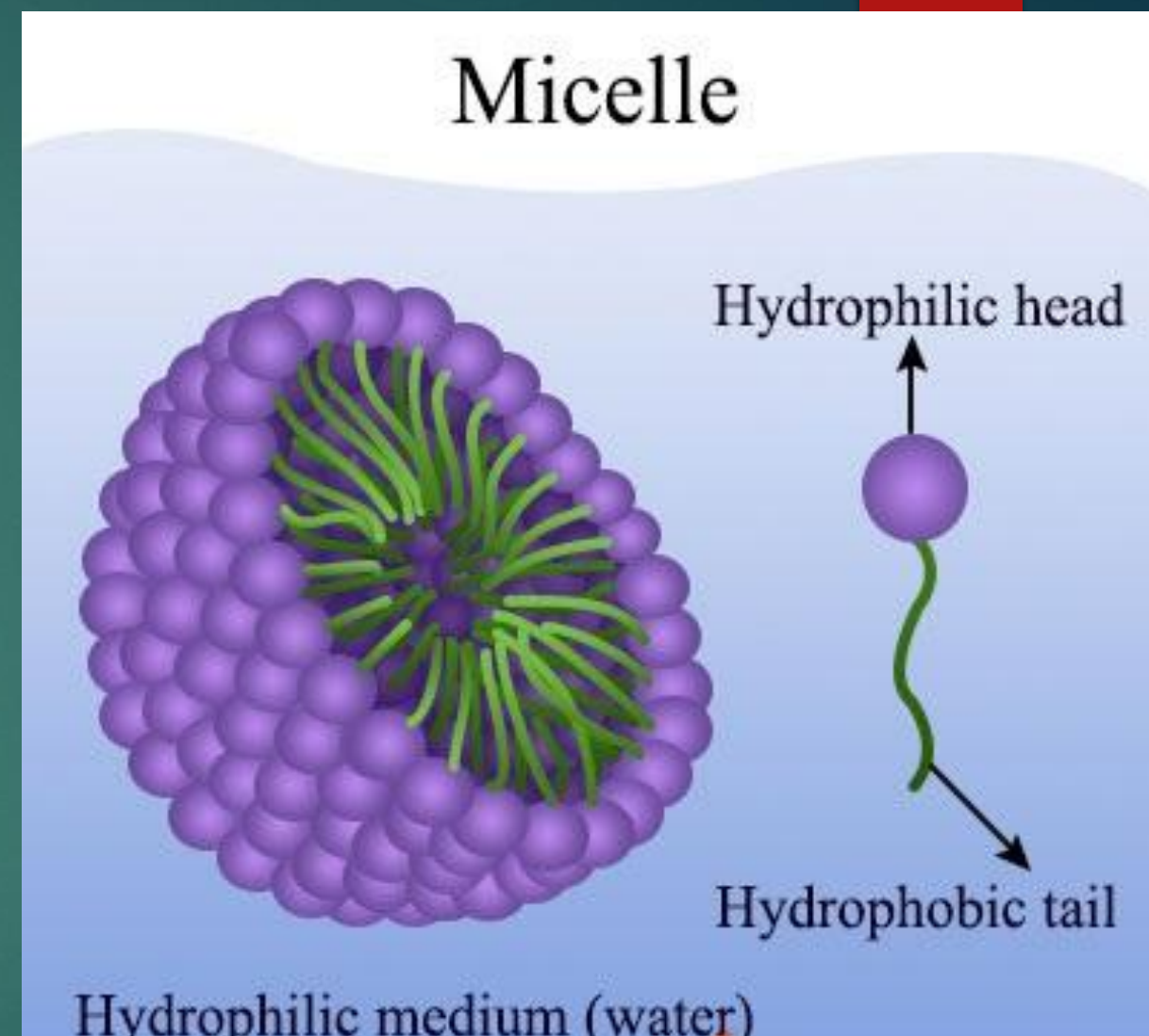
Cholesterol



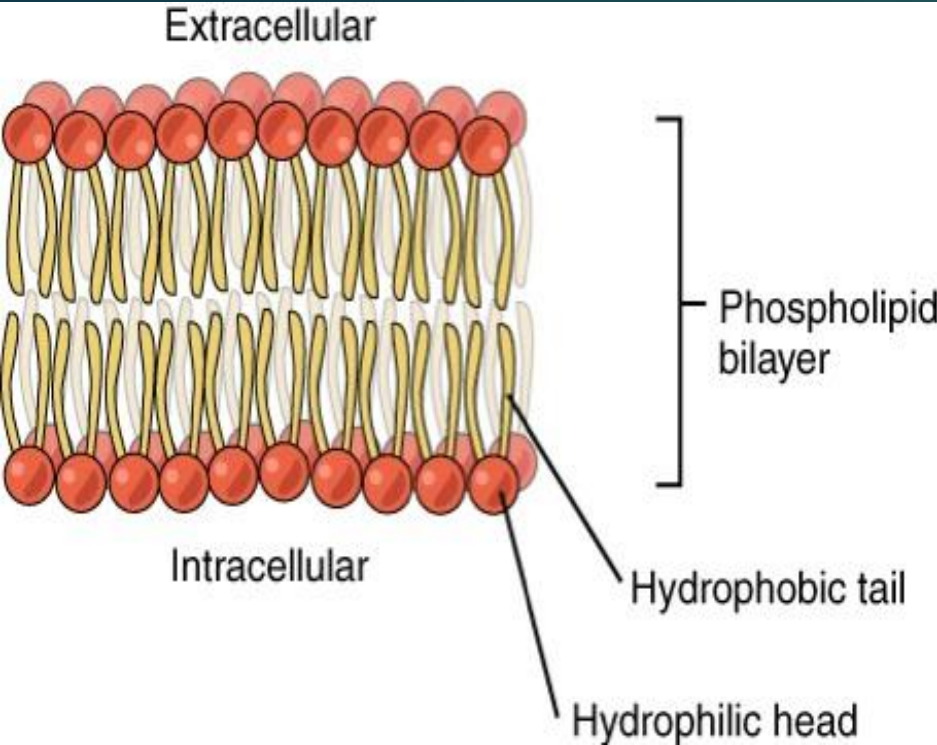
لیپیدهای قطبی با یک انتهای هیدروفیل (آبدوست) و
یک انتهای هیدروفوب (آب‌گریز)

در آب، انتهای هیدروفوب (زنجیره‌های هیدروکربنی)
از آب رانده شده و به صورت یک فاز آب‌گریز داخلی جمع
می‌شوند.

انتهای آبدوست (گروه‌های قطبی)
به سمت خارج و در تماس با آب قرار می‌گیرند.



توده‌های کروی شکل با سطح داخلی غیرقطبی و سطح خارجی قطبی تشکیل می‌شوند.



دولایه‌های لیپیدی (Lipid Bilayers)

چربی‌هایی که حاوی گروه‌های فسفات هستند (گلیسروفسفولیپید و اسفنگولیپید) در محیط آبی به دلیل حجم بودن زنجیره هیدروکربنی، میسل تشکیل نمی‌دهند.

3

ترکیب

دارای دو جزء اصلی لیپیدها و پروتئین‌ها، و گاهی کربوهیدرات‌ها.

2

محل تشکیل

در غشاء سلولی (غشاء پلاسمایی) و غشاء ارگانل‌های سلولی (میتوکندری، لیزوزوم و غیره)

1

ساختار

گروه‌های قطبی در تماس با آب و زنجیره‌های هیدروکربنی غیرقطبی در درون مولکول پنهان می‌شوند.

توزیع لیپیدها در دولایه

گلیسروفسفولیپیدها و گلیکواسفنگولیپیدها به دلیل خاصیت **آمفیپاتیک** در تشکیل دولایه لیپیدی نقش دارند و دارای ورقه خارجی (outer leaflet) و ورقه داخلی (inner leaflet) هستند.



مثال: در غشاء گلبول‌های قرمز، اسفنگومیلین و فسفاتیدیل کولین در لایه خارجی، فسفاتیدیل اتانل آمین و فسفاتیدیل سرین در لایه داخلی قرار می‌گیرند.

دولایه‌های لیپیدی در محلول‌های آبی خودبه‌خود تشکیل می‌شوند.

سیالیت غشاء (Membrane Fluidity)

بدلیل عدم وجود پیوندهای کووالانسی بین لیپیدها، غشاهای پلاسمایی و ارگانل‌های داخل سلولی فاقد ساختمان ثابت و دارای حالت **سیالیت** هستند

کلسترول

باند‌های دوگانه

طول زنجیره

افزایش تعداد باند‌های دوگانه در اسیدهای چرب، با ایجاد خمیدگی، تراکم زنجیره‌ها را کاهش داده و سیالیت غشاء را افزایش می‌دهد.

افزایش طول زنجیره هیدروکربنی اسیدهای چرب، سیالیت غشاء را کاهش می‌دهد.



افزایش کلاسترول غشاء در دمای طبیعی بدن، سیالیت غشاء را کاهش می‌دهد، زیرا هسته استروئیدی کلاسترول با حرکت جانبی زنجیره‌های اسیدهای چرب مخالفت می‌کند.

کلاسترول در دماهای پایین‌تر، سیالیت غشاء را افزایش می‌دهد و از کریستالیزه شدن لیپیدها جلوگیری می‌کند.

بنابراین اثر کلاسترول بر سیالیت غشاء وابسته به دما است.

ایکوزانوئیدها: مشتقات اسیدهای چرب

ایکوزانوئیدها مشتقات اسیدهای چرب ۲۰ کربنه با چند پیوند دوگانه مانند آراشیدونیک اسید هستند.

پروستاگلاندین‌ها

وظایف فیزیولوژیک متعددی مانند خاصیت ضدالتهابی، تنظیم فشار خون و انقباض عضلات صاف را بر عهده دارند

PGE1: اثر گشادکنندگی عروق و شل کننده عضله صاف (حفظ توانایی جنسی در نرها)

• PGE2: در القای تب و درد

• PGI2: سبب مهار انعقاد

• PGF2 α : انقباض عضلات صاف رحم،

عروق و مجاری تنفسی
(نقش در القاء زایمان و تحلیل جسم زرد)

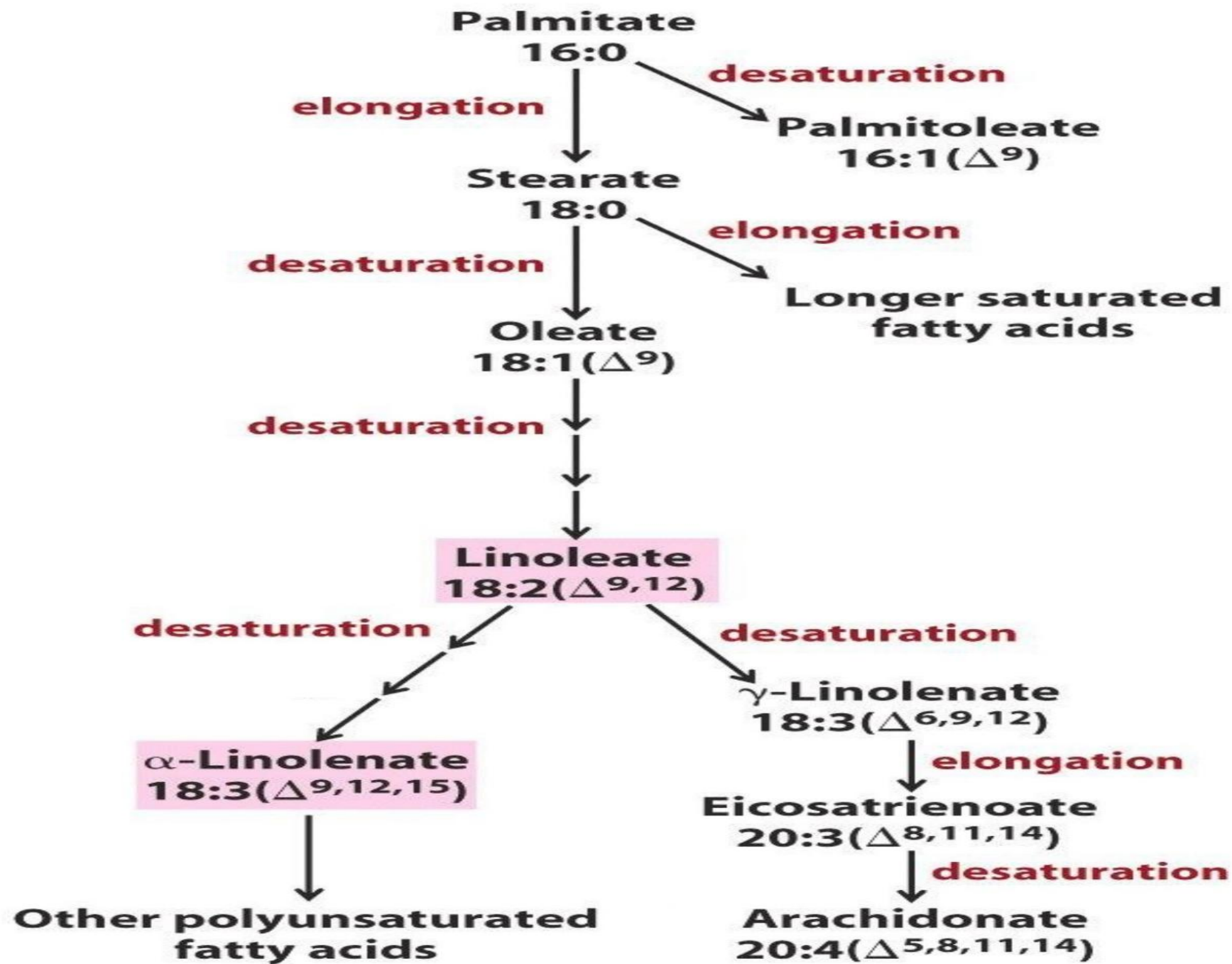
ترومبوگزان‌ها

ساختاری مشابه پروستاگلاندین‌ها دارند و در واکنش‌های انعقاد خون مهم هستند.

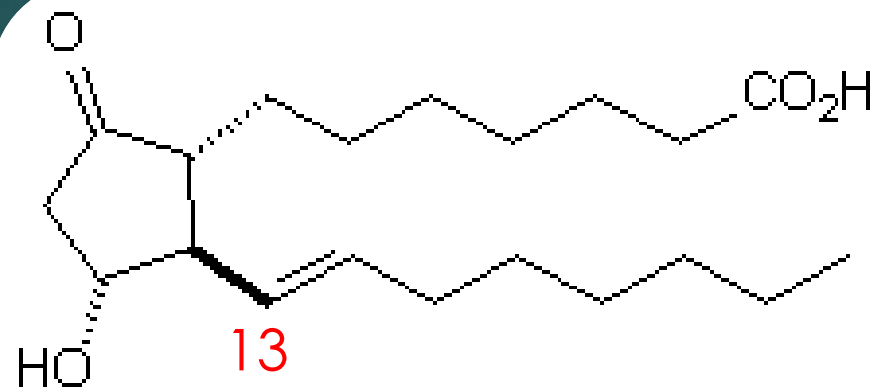
بر اساس تعداد پیوندهای دوگانه در بخش خطی مولکول به انواع PG1، PG2 و PG3 و بر مبنای ویژگی بخش حلقوی به انواع A، B، E، F، G و H تقسیم‌بندی می‌شوند.

لوکوترین‌ها

فاقد حلقه سیلکوپنتان هستند و در واکنش‌های التهابی نقش دارند

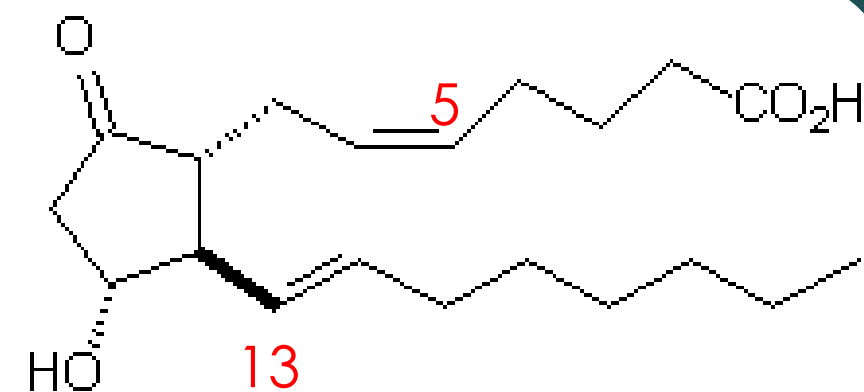


Prostaglandin Differentiation



PGE₁

Eicosatrienoic acid



PGE₂

Eicosatetraenoic acid

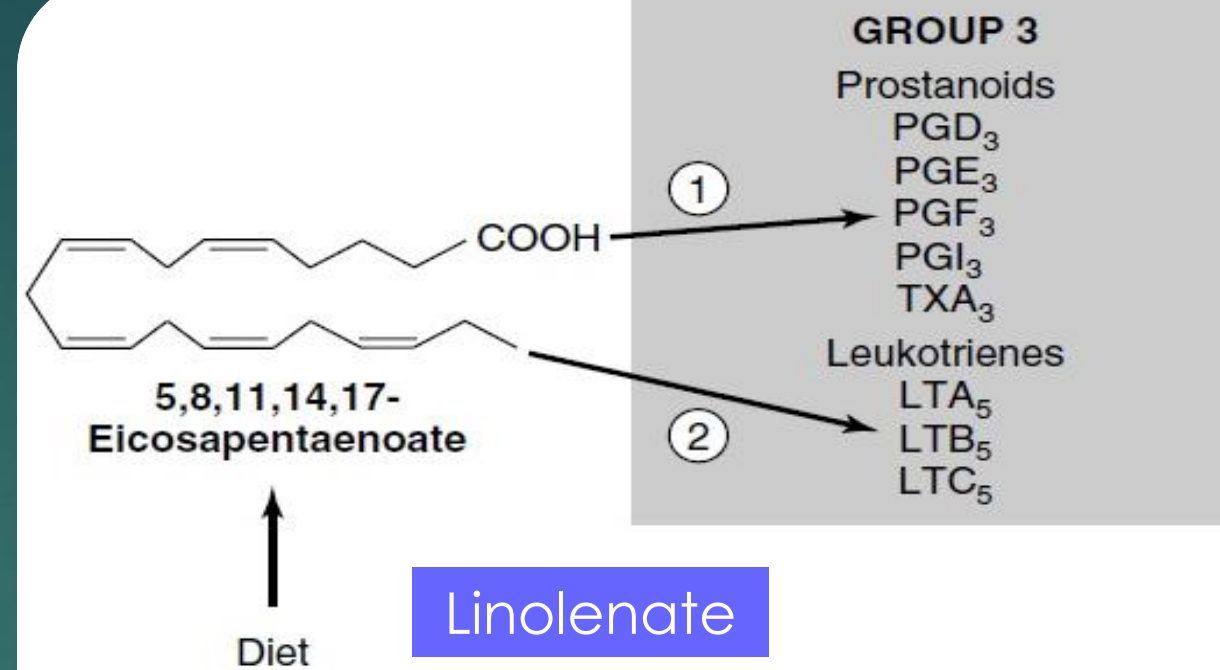
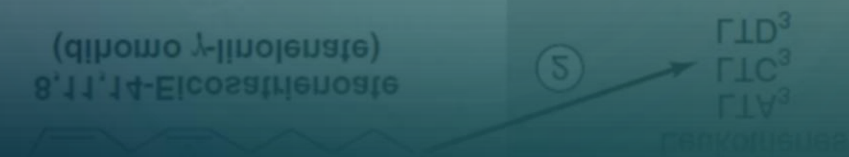
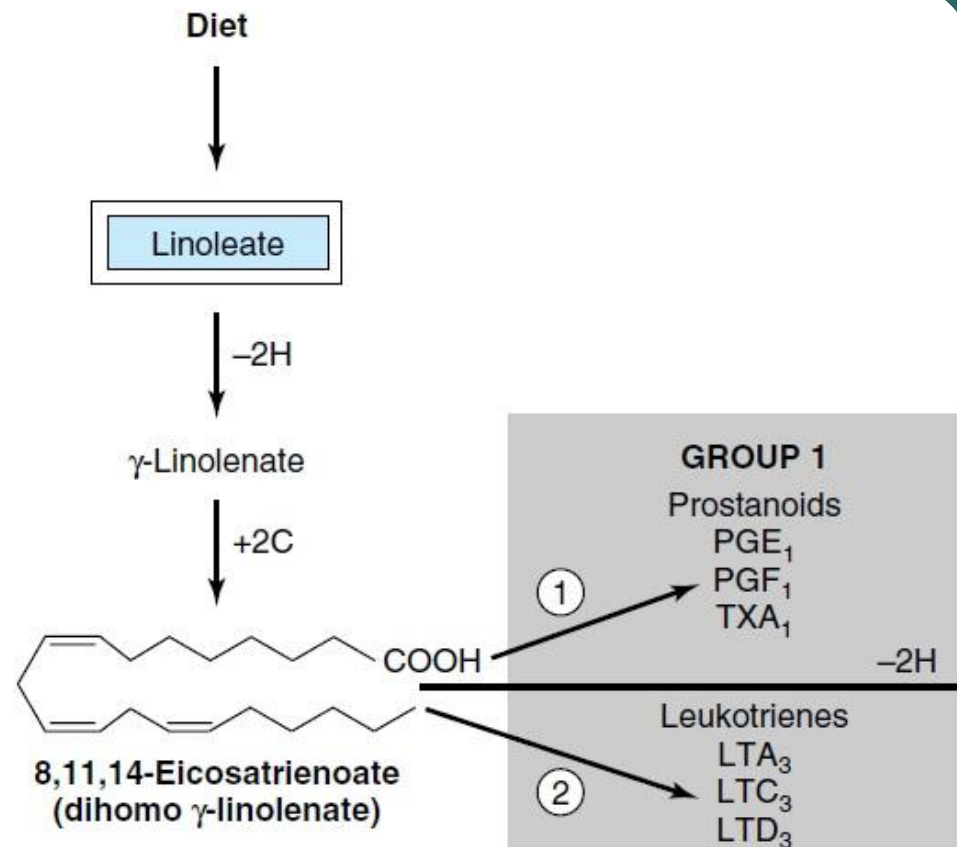


PGE₃

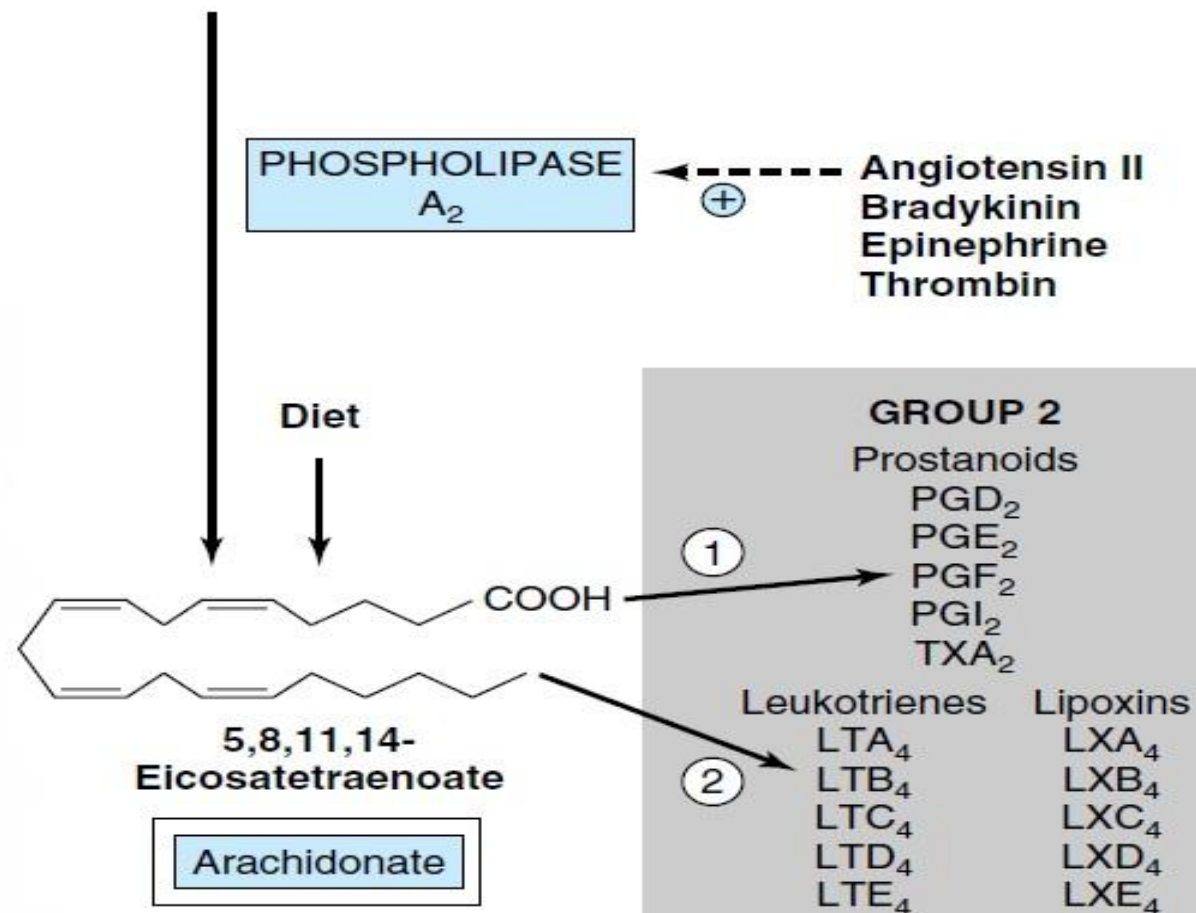
Eicosapentaenoic acid

bCE³

سنتز ايكوزانوئيد



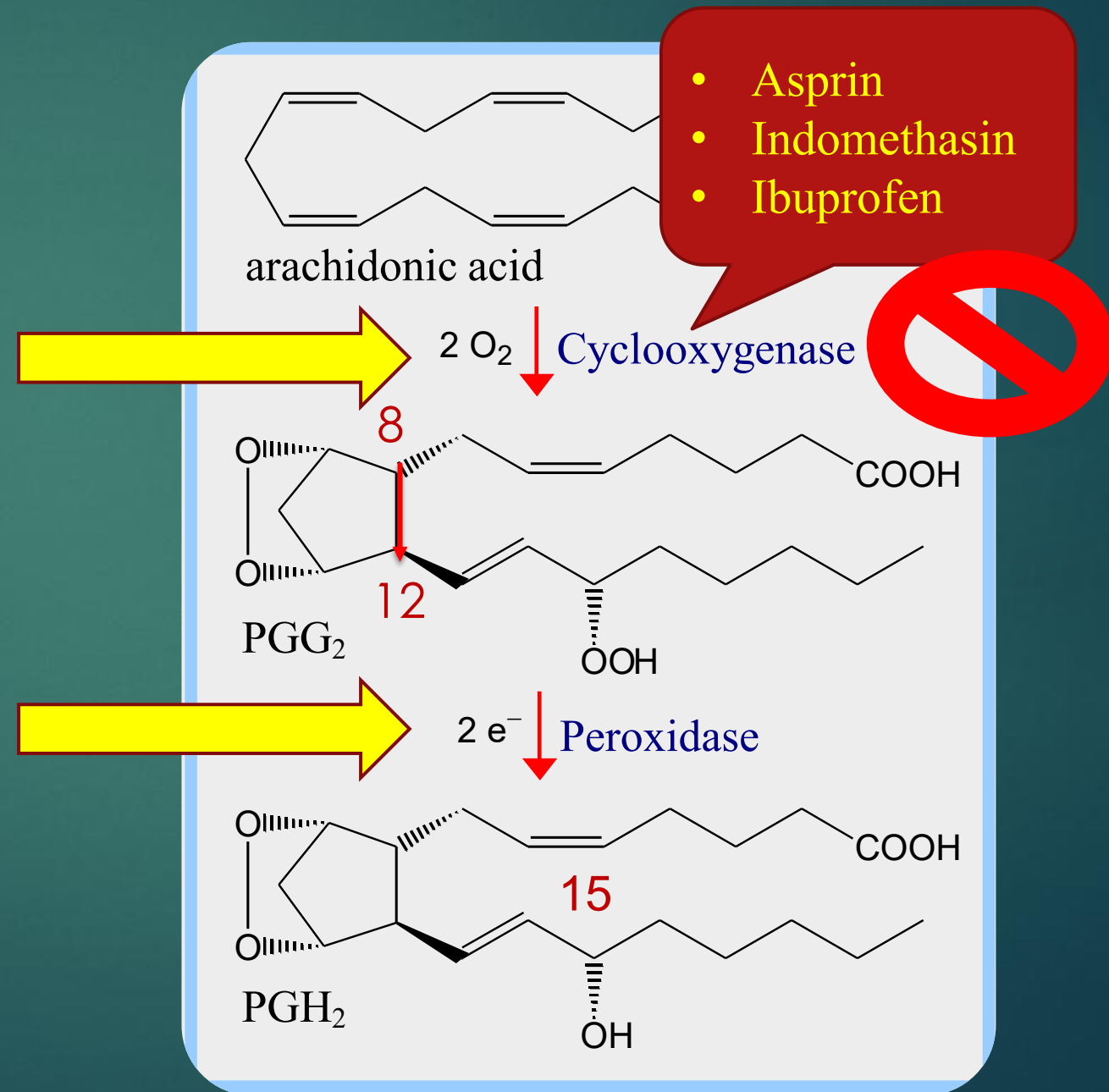
Membrane phospholipid



Prostaglandin H₂ Synthase

. PGH₂ Synthase exhibits 2 activities:

- ✓ **cyclooxygenase**
- ✓ **peroxidase**



شاد و پیروز باشید...