
يا نور

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات
بهداشتی درمانی کرمان

لیپید
ساختمان و متابولیسم

- ۱: انواع شماره گذاری اسیدهای چرب غیر اشباع را با رسم شکل توضیح دهید؟
- ۲: کدام نوع از اسیدهای چرب ضروری بوده و علت ضروری بودن آنها چیست؟
- ۳: تفاوت موم ها با دیگر لیپدها چیست؟
- ۴: اجزا سازنده سرامید و سربروزید را بنویسید؟
- ۵: تفاوت گانگلوزیدها با سربروزیدها؟
- ۶: از بتا اکسیداسیون یک اسید چرب ۶ کربنه چند ATP تولید می شود؟
- ۷: NADPH لازم برای سنتز اسیدهای چرب از کجا تامین می شود؟

لیپیدها و طبقه بندی آنـها

لیپیدها: دسته ای از ماکروملکول ها هستند که در حلال های آلی مانند اتر و کلروفرم حل می شوند

1) لیپیدهای ساده

الف: چربی ها و روغن ها (آسیل گلیسرول ها)

ب: موم ها (واکس ها)

2) لیپیدهای کمپلکس

الف: فسفولیپیدها

ب: گلیکولیپیدها (گلیکواسفگولیپیدها)

3) سایر لیپیدها مانند سولفولیپیدها، آمینولیپیدها (لیپوپروتئینها)،استروئیدها، پروستاگلاندینها

لیپیدها و طبقه بندی آنـها

1)اسیدهای چرب

2) تری آسیل گلیسرول ها

3) گلیسروفسفولیپیدها

4) واکس ها

دارای اسیدچرب هستند

5) پروستاگلاندین ها و پروستانوئیدها: از اسید چرب ساخته می شوند توسط یک آنزیم اختصاصی

6) استروئیدها : هورمون های استروئیدی و کلسترول

چربی ها و روغن ها

چربی ها و روغن ها: دسته ای از لیپیدها هستند که از پیوند استری بین یک اسید چرب و گلیسرول به دست می آیند

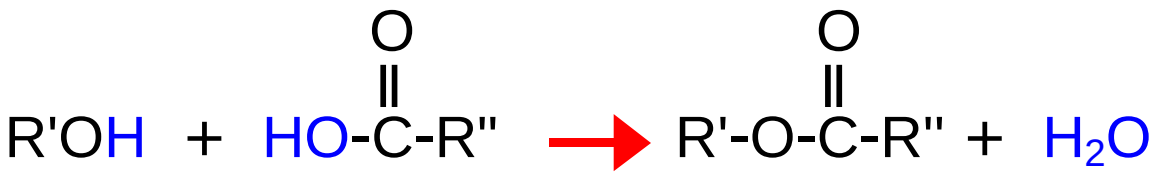
1) **اسیدهای چرب:** یک هیدروکربن (زنجیره هیدروکربنی) که در یک انتها دارای یک کربوکسیلیک اسید می باشد $CH_3(CH_2)_{14}\text{-}COO^-$

2) **گلیسرول (گلیسرین):** یک الکل با 3 گروه الکلی است

پیوند استری

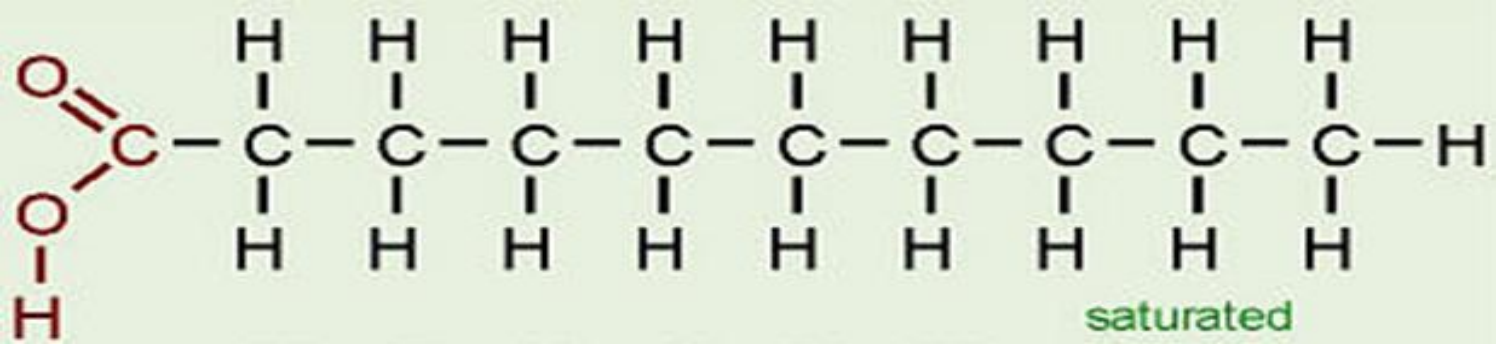
پیوند استری: پیوندی است که بین یک گروه OH و یک گروه کربوکسیلیک اسید و خارج شدن یک ملکول آب تشکیل می شود.

Formation of an ester:

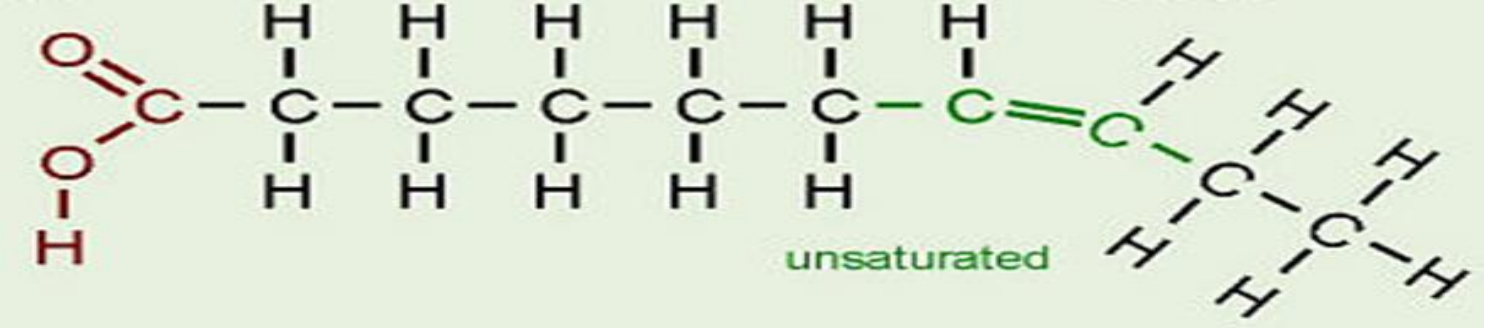


اسیدهای چرب

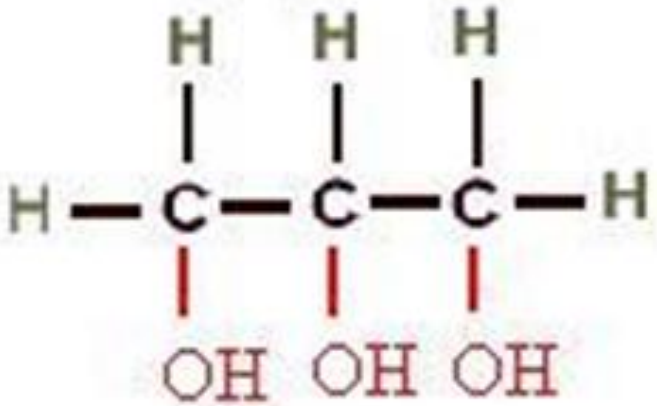
اسید چرب اشباع: اسید چربی که تمام پیوندهای کربن به کربن آن از نوع تک پیوند است



اسید چرب غیراشباع: اسید چربی که دارای حداقل یک پیوند دو گانه در ساختار خود است



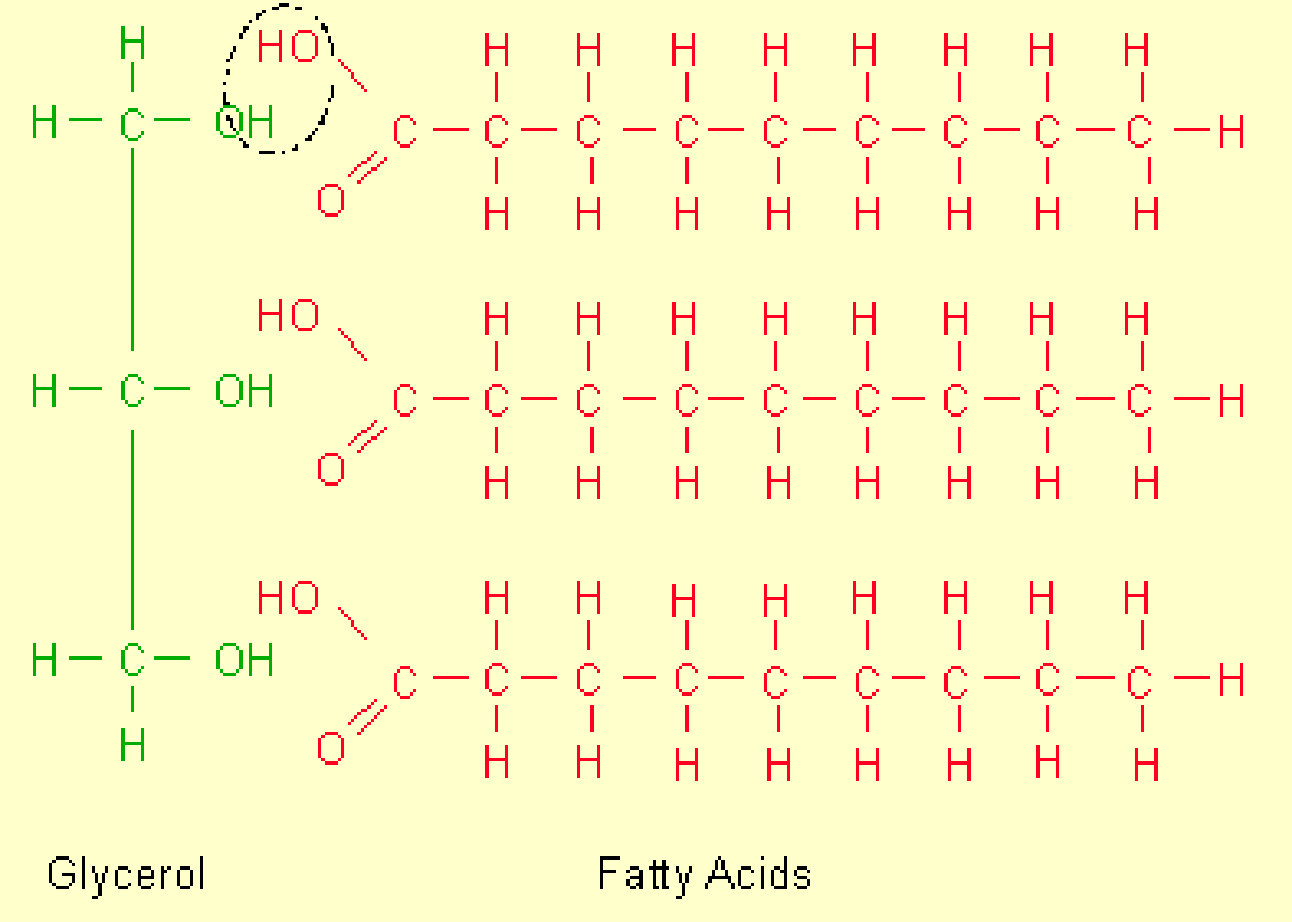
گلیسرول



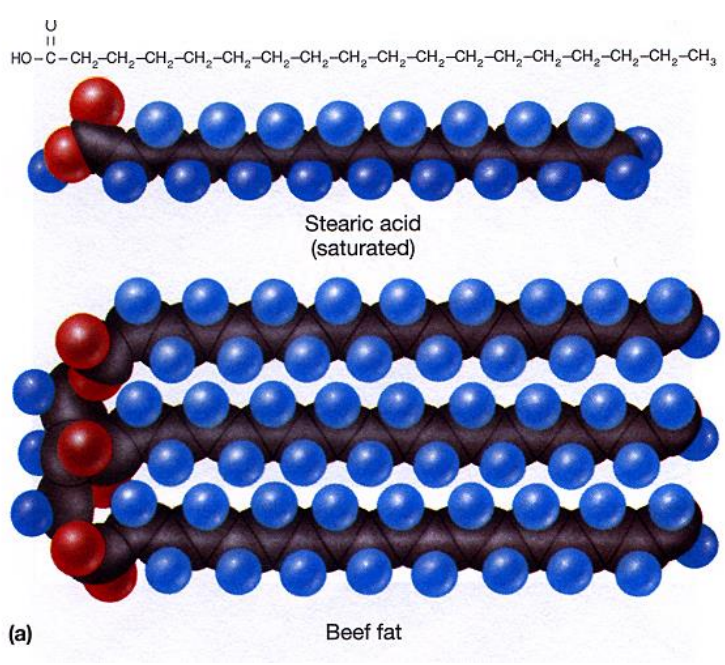
Glycerol

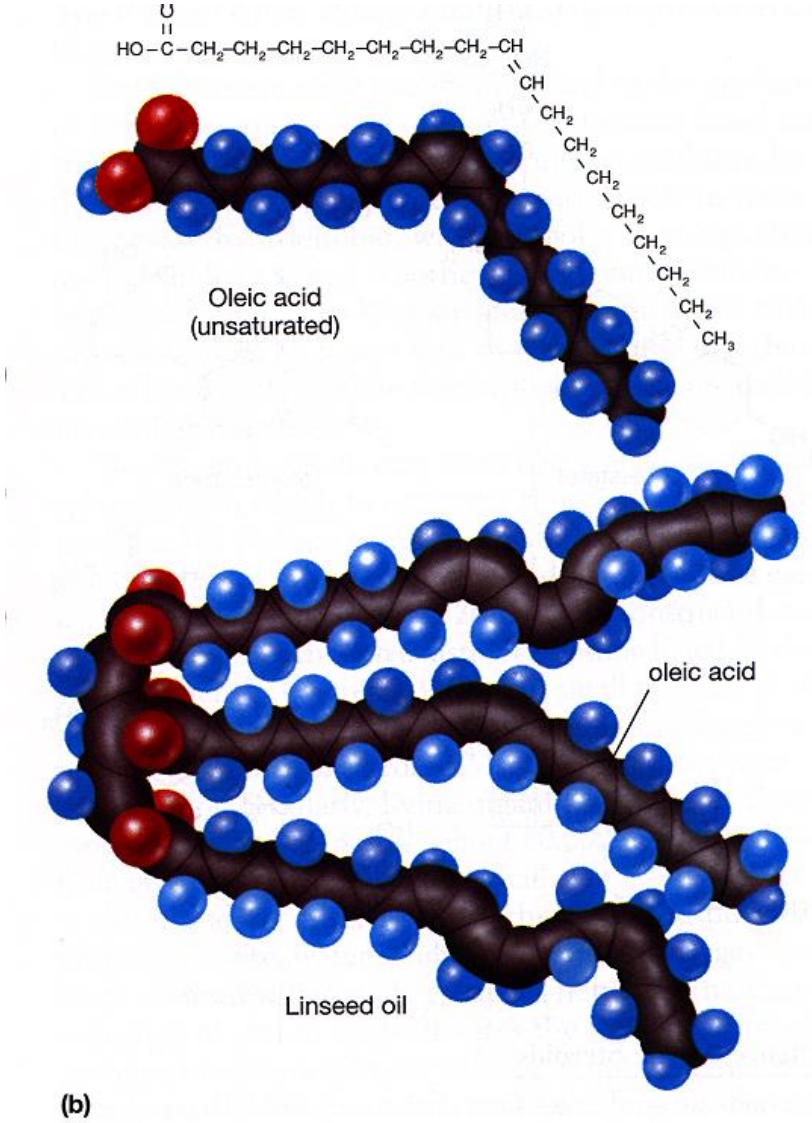
(Glycerine - propane 1,2,3, triol
- 3 hydroxyl (OH) functional group)

تشکیل تری آسیل گلیسرول (تری گلیسرید)



تری آسیل گلیسرول





فرم های مختلف اسیدهای چرب غیراشباع

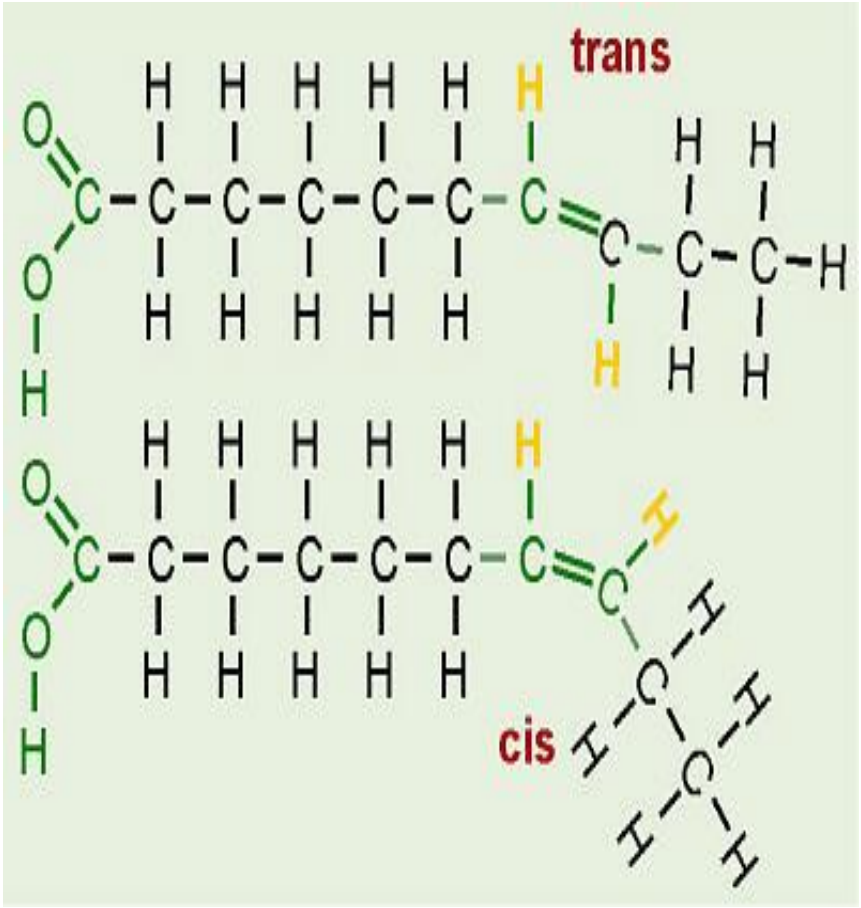
الف ـ فرم سیس:

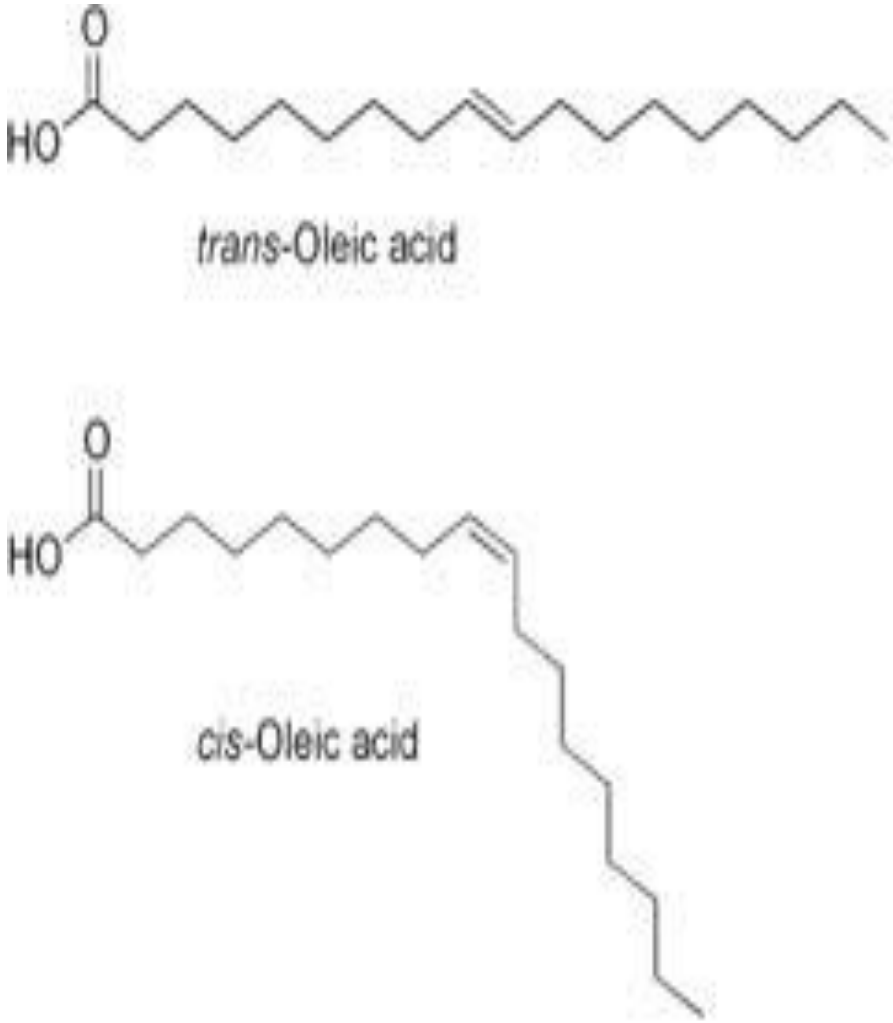
در حالت طبیعی، اسیدهای چرب غیر اشباع به فرم سیس هستند.

ب ـ فرم ترانس:

در طی فرآیند هیدروژناسیون برای تبدیل روغن های نباتی مایع به روغن های نباتی جامد فرم ترانس تولید می شود.

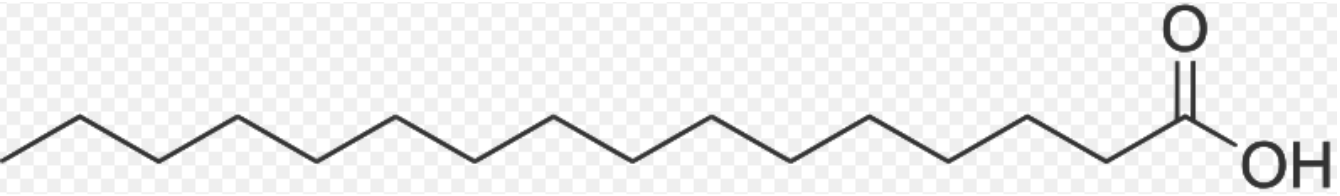
فرم های مختلف اسیدهای چرب غیر اشباع





نامگذاری اسیدهای چرب اشباع

مثال: اسید پالمتیک



نام انگلیسی	Palmitic Acid
تعداد کربن و پیوند دوگانه	C16:0
فرمول شیمیایی	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
نام سیستماتیک	hexadeca**noic** acid

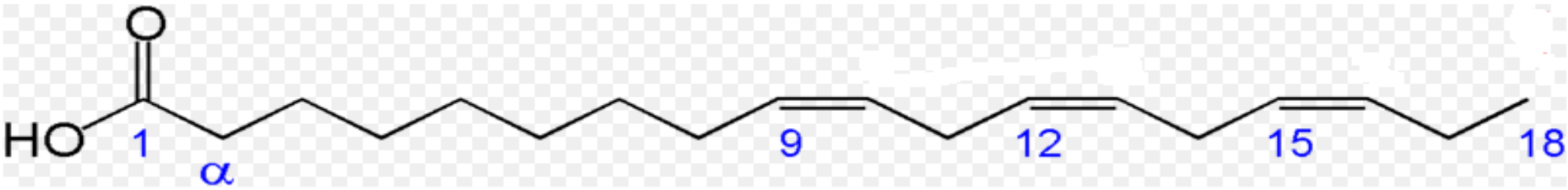
اسیدهای چرب اشباع دارای پسوند **noic** هستند

اعداد یونانی

Tetra = 4
Penta = 5
Hexa = 6
Hepta = 7
Octa = 8
Nono = 9
Deca = 10
Endeca = 11
Duodeca = 12
Icosa = 20

نامگذاری اسیدهای چرب غیراشباع

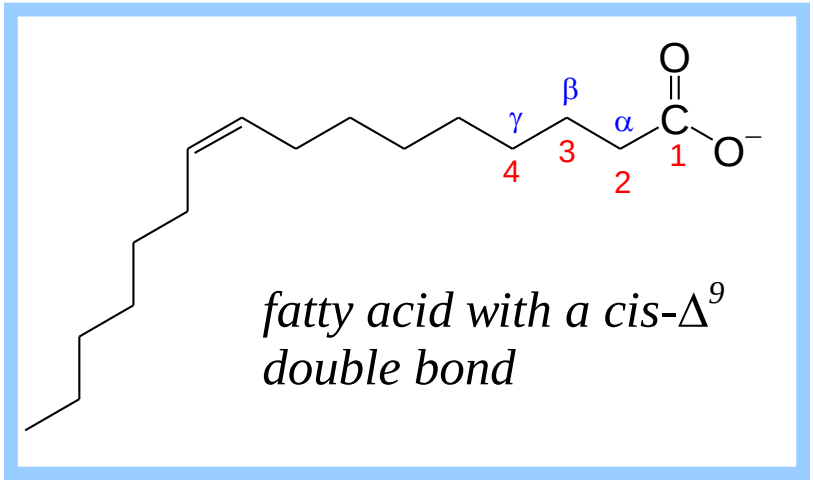
مثال: اسید آلفا لینولنیک



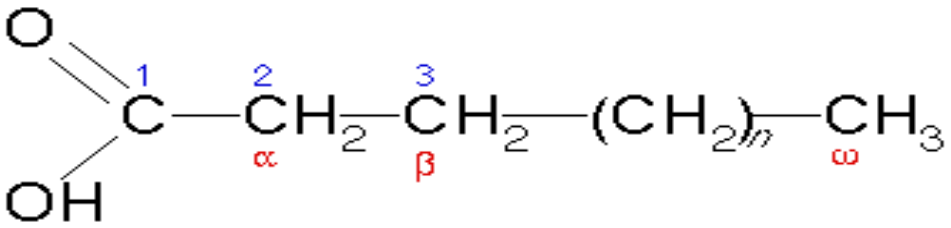
نام انگلیسی	α-linolenic acid
تعداد کربن و پیوند دوگانه	18:3 cis$\Delta^{9,12,15}$
فرمول شیمیایی	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
نام سیستماتیک	*all-cis*-9,12,15-octadeca**trienoic** acid تعداد پیوند دوگانه

اسیدهای چرب غیر اشباع دارای پسوند **enoic** هستند

نامگذاری اسیدهای چرب غیراشباع



کربن آخر کربن امگا ω نام دارد

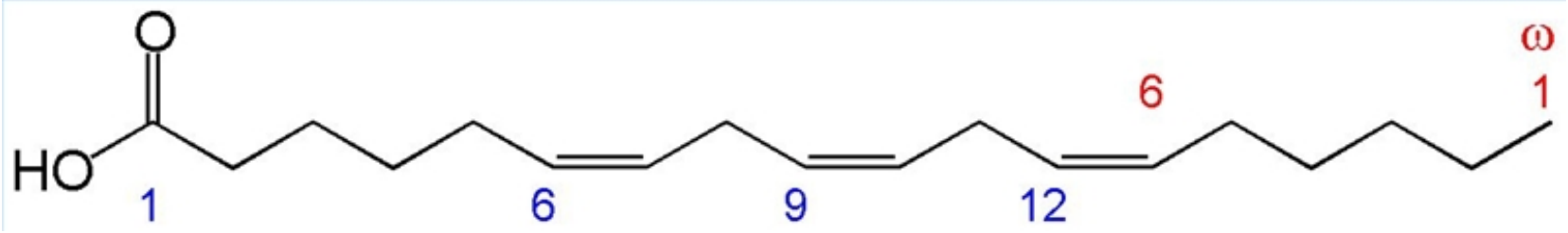


Fatty acid numbering system

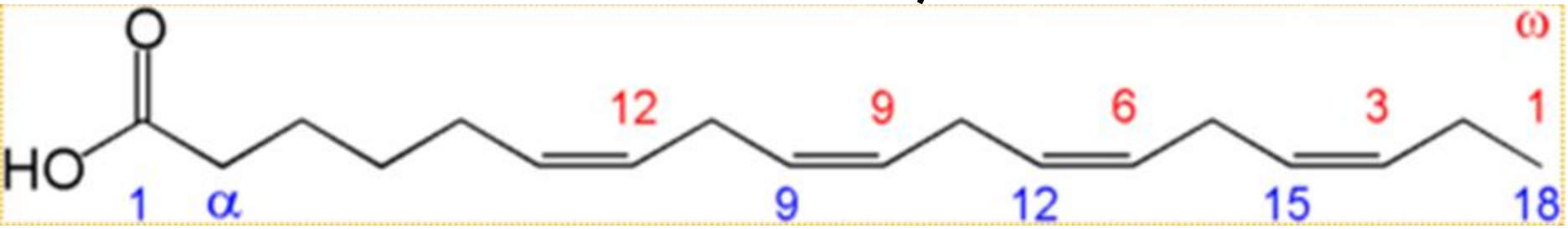
اسیدهای چرب امگا

اگر اسیدهای چرب غیراشباع را بر اساس فاصله پیوندهای دوگانه از کربن امگا (کربن آخر) نامگذاری کنیم، به این حالت نامگذاری **امگا** می گویند

اسید چرب امگا 6



اسید چرب امگا 3



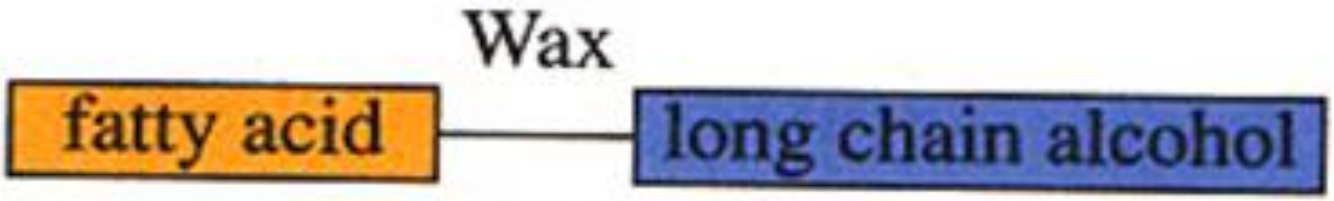
اسیدهای چرب غیراشباع امگا 3

Common name	Lipid name	Chemical name
	16:3 (n-3)	*all-cis* 7,10,13-hexadecatrienoic acid
Alpha-linolenic acid (ALA)	18:3 (n-3)	*all-cis*-9,12,15-octadecatrienoic acid
Stearidonic acid (SDA)	18:4 (n-3)	*all-cis*-6,9,12,15,-octadecatetraenoic acid
Eicosatrienoic acid (ETE)	20:3 (n-3)	*all-cis*-11,14,17-eicosatrienoic acid
Eicosatetraenoic acid (ETA)	20:4 (n-3)	*all-cis*-8,11,14,17-eicosatetraenoic acid
Eicosapentaenoic acid (EPA)	20:5 (n-3)	*all-cis*-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid
Docosapentaenoic acid (DPA, Clupanodonic acid)	22:5 (n-3)	*all-cis*-7,10,13,16,19-docosapentaenoic acid
Docosahexaenoic acid (DHA)	22:6 (n-3)	*all-cis*-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid
Tetracosapentaenoic acid	24:5 (n-3)	*all-cis*-9,12,15,18,21-tetracosapentaenoic acid
Tetracosahexaenoic acid (Nisinic acid)	24:6 (n-3)	*all-cis*-6,9,12,15,18,21-tetracosahexaenoic acid

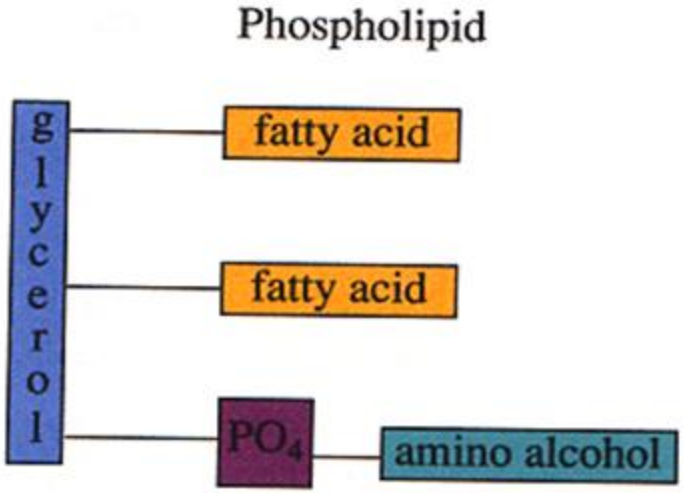
موم ها (واکس ها)

واکس ها: همانند آسیل گلیسرول ها از یک الکل و اسید چرب ساخته می شوند.

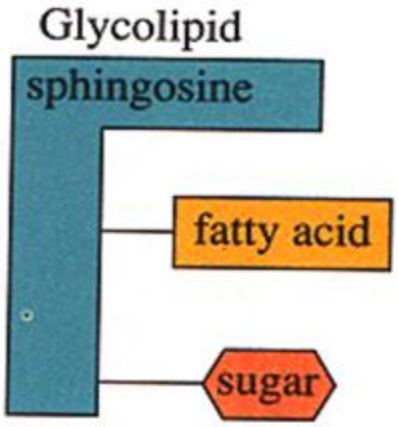
اما الکل موجود در واکس ها دارای تعداد کربن بیشتری است بنابراین دارای وزن ملکولی بالاتری هستند

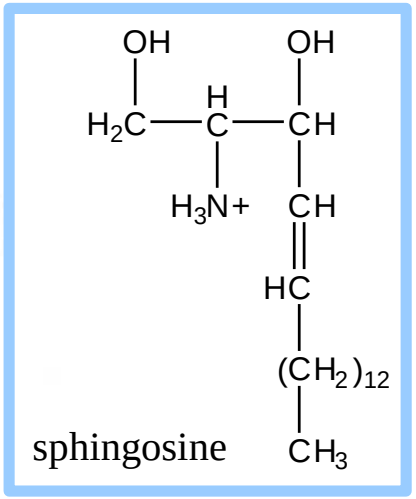


لیپیدهای کمپلکس



فسفولیپیدها (گلیسروفسفولیپید):
لیپیدهایی که از فسفریله شدن آسیل گلسیرول ها تولید می شوند که گروه فسفات مربوطه می تواند با اسیدهای آمینه (پروتئین ها) نیز پیوند برقرار کند.

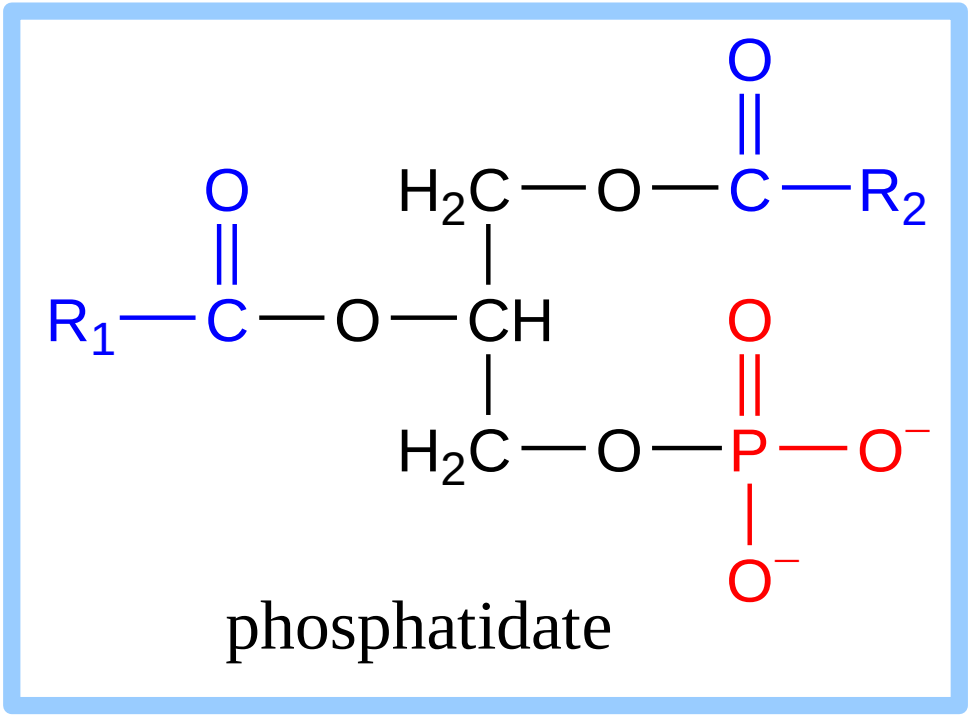




گلیکولیپیدها (گلیکواسفگولیپیدها):
لیپیدهایی هستند که الکل آنها اسفنگوزین می باشد و در ساختار خود دارای قند می باشند.

فسفولیپیدها (گلیسروفسفولیپید)

گلیسروفسفولیپیدها از جایگزینی یکی از اسیدهای چرب موجود در تری آسیل گلیسرول با گروه فسفات تشکیل می شود. پیوند تشکیل شده از نوع استری است.



phosphatidate

فسفولیپیدها (گلیسروفسفولیپید)

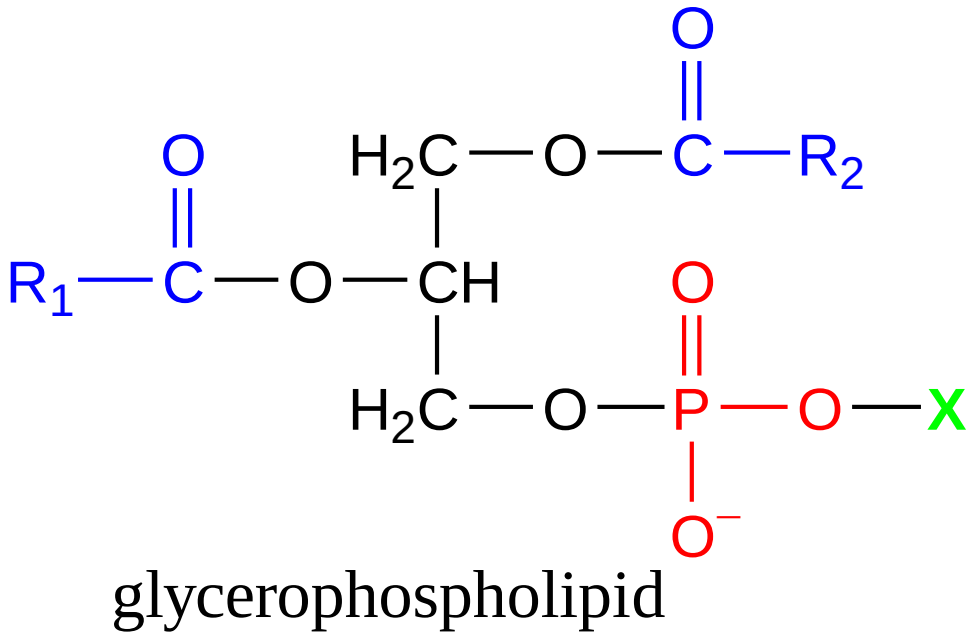
در بیشتر گلیسروفسفولیپیدها، گروه فسفات با یک ترکیب قطبی (**X**)استریفیه می شود، مانند:

1) سرین: فسفاتیدیل سرین (سفالین)

2) کولین: فسفاتیدیل کولین (لستین)

3) اتانول آمین: فسفاتیدیل اتانول آمین

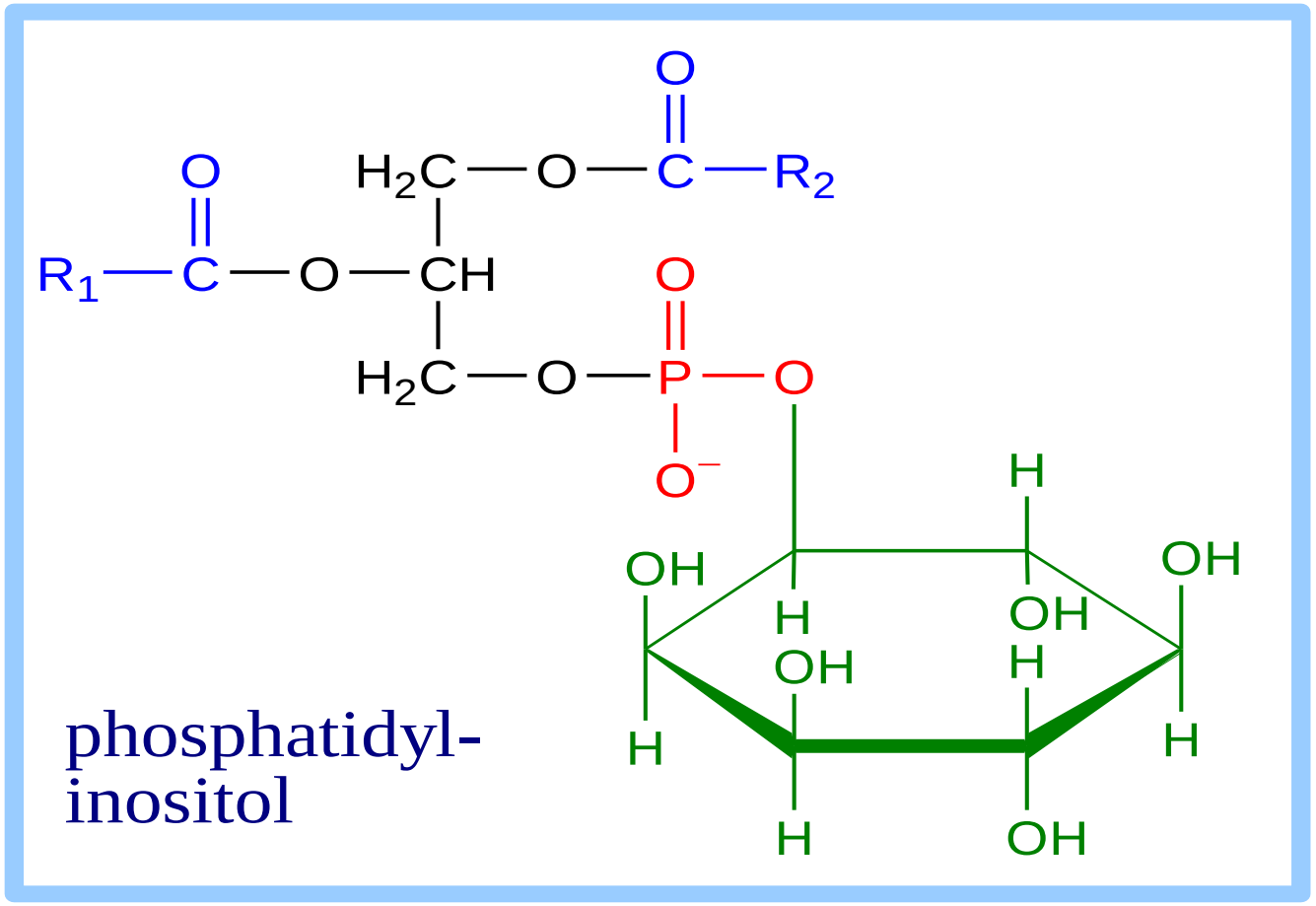
4) اینوزیتول: فسفاتیدیل اینوزیتول



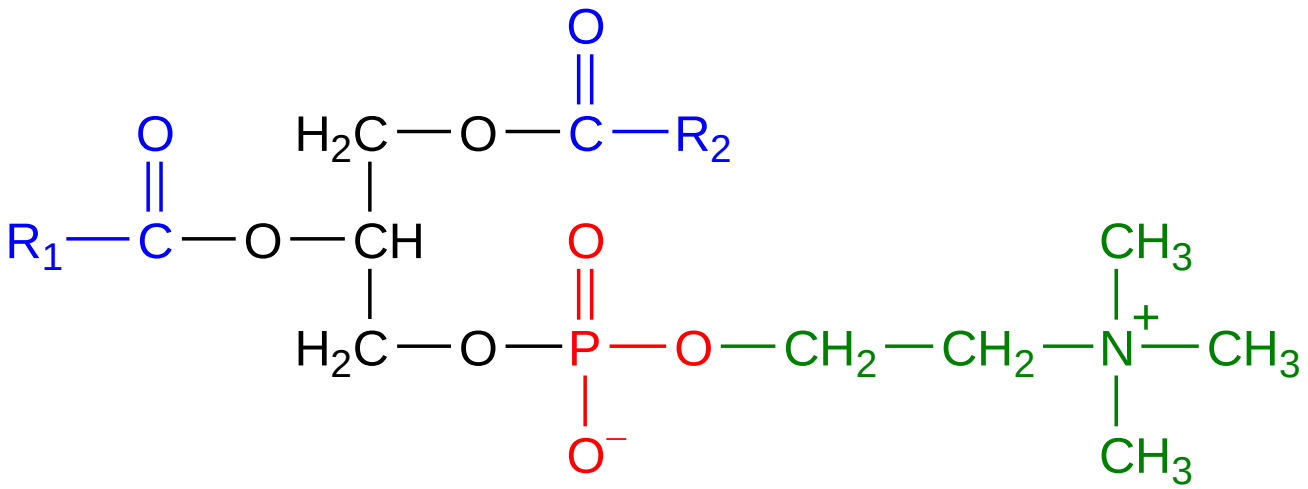
glycerophospholipid

فسفاتیدیل اینوزیتول

فسفاتیدیل اینوزیتول یک لیپید غشایی است که در فرایندهای انتقال پیام در سلول نیز نقش دارد

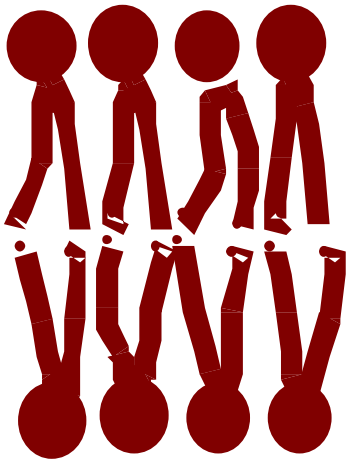


فسفاتیدیل کولین (لستین)

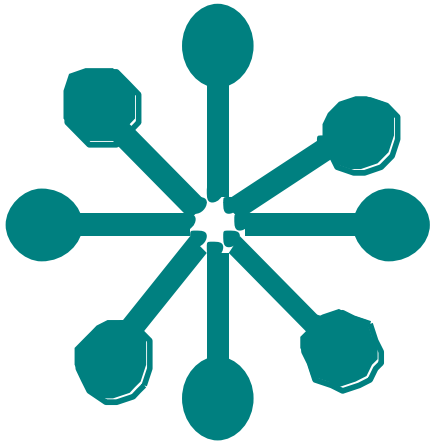


phosphatidylcholine

فسفولیپیدها



Bilayer

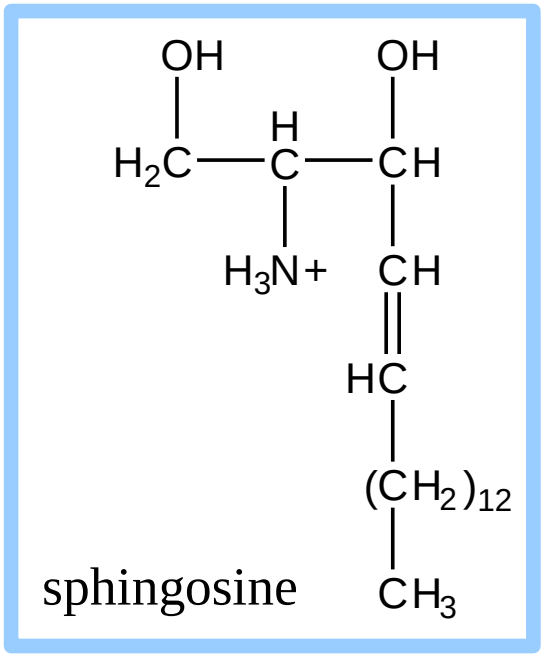


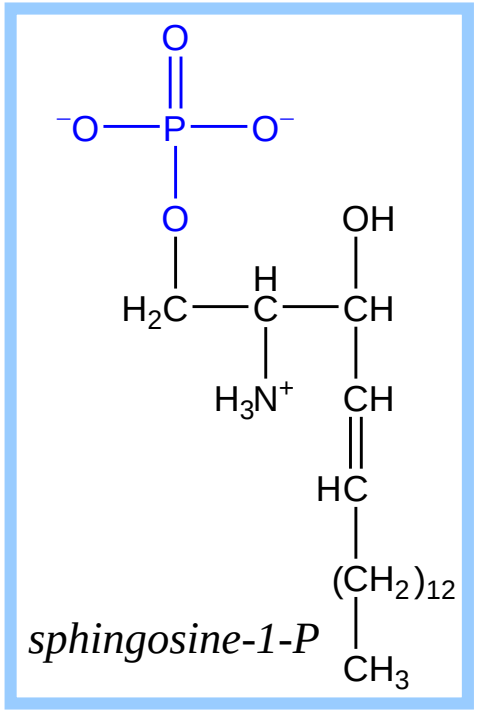
Spherical Micelle

اسفنگولیپیدها

اسفنگولیپیدها: مشتقاتی از اسفنگوزین هستند.

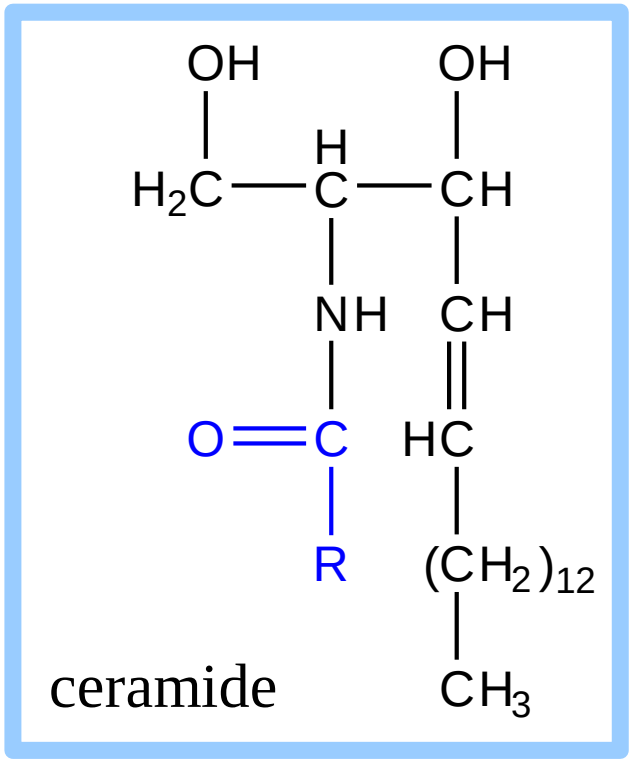
الکل اسفنگوزین می تواند با یک گروه فسفات پیوند برقرار کند و **اسفنگوزین 1 فسفات** را تولید کند که یک پیامبر ثانویه (ناقل پیام سلولی) است.



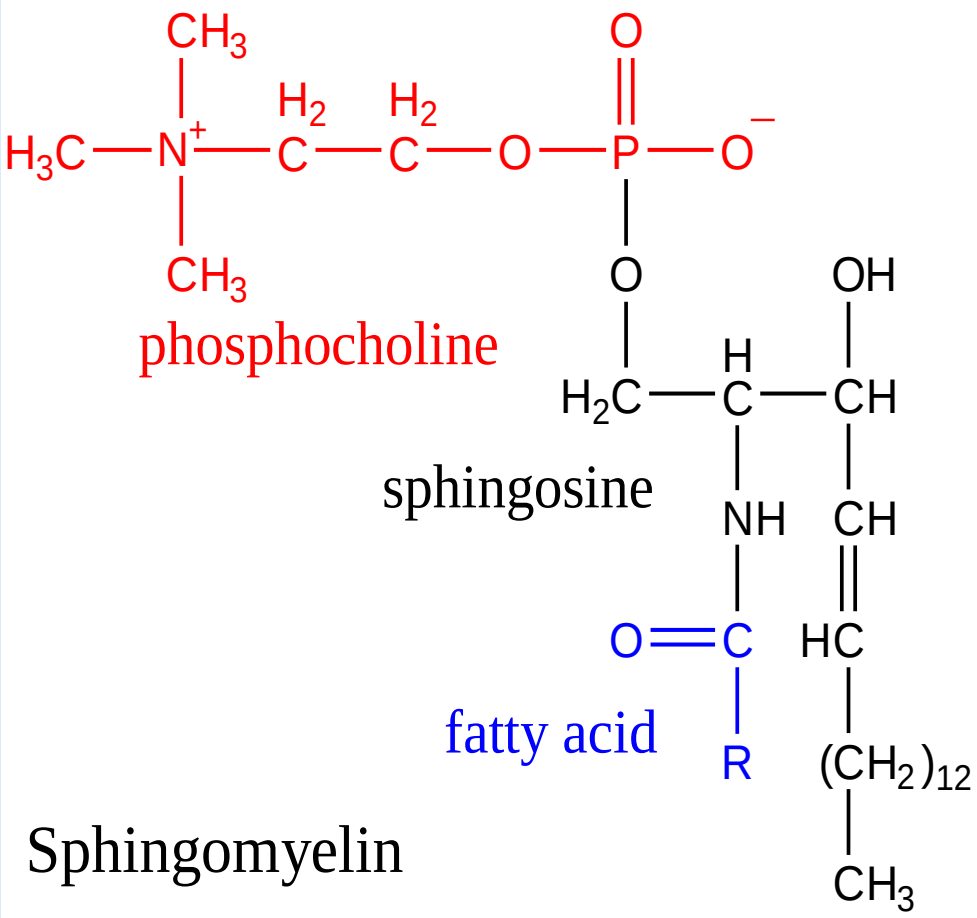


اسفنگولیپیدها: سرآمید

سرآمید: گروه آمینو اسفنگوزین با گروه کربوکسیل یک اسیدچرب یک پیوند آمید برقرار کرده که ترکیب به وجود آمده سرآمید نام دارد



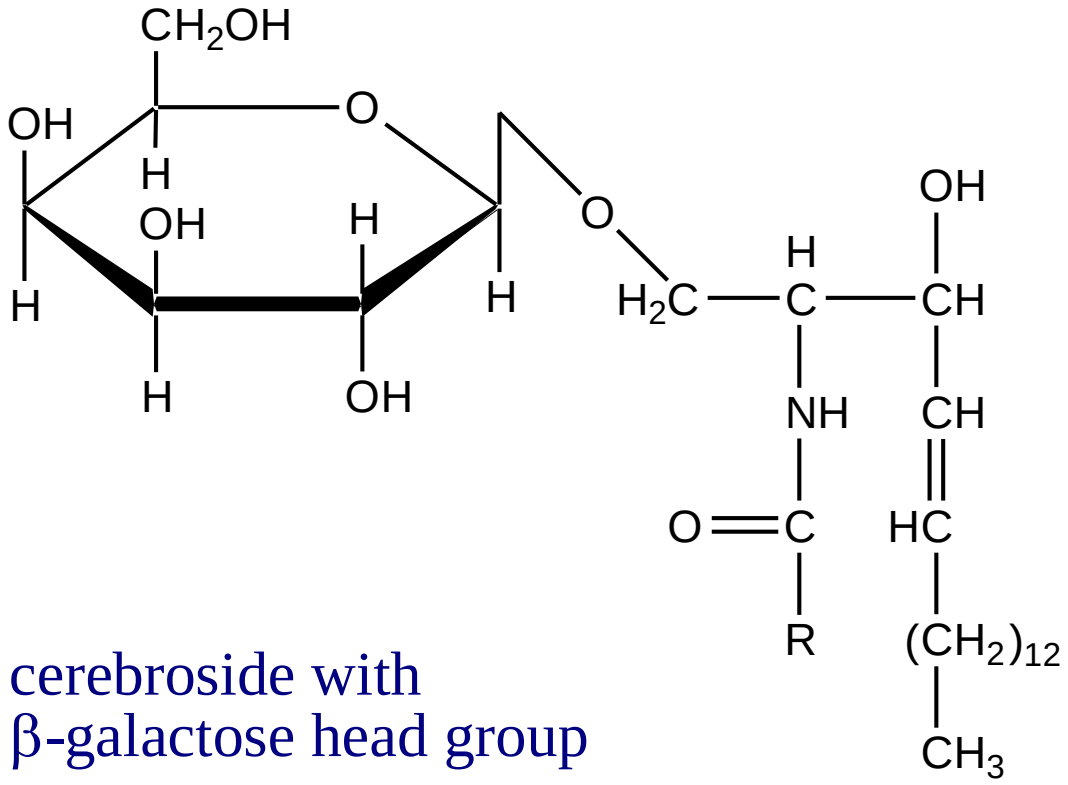
اسفنگومیلین



اسفنگومیلین دارای یک فسفاتیدیل کولین یا فسفاتیدیل اتانول آمین در انتهای قطبی خود است

اسفنگومیلین از اعضای معمولی غشای پلاسمایی هستند

سربروزید یک اسفنگولیپید (سرآمید است) که دارای یک مونوساکارید همانند گلوکز یا گالاکتوز به عنوان انتهای قطبی خود است

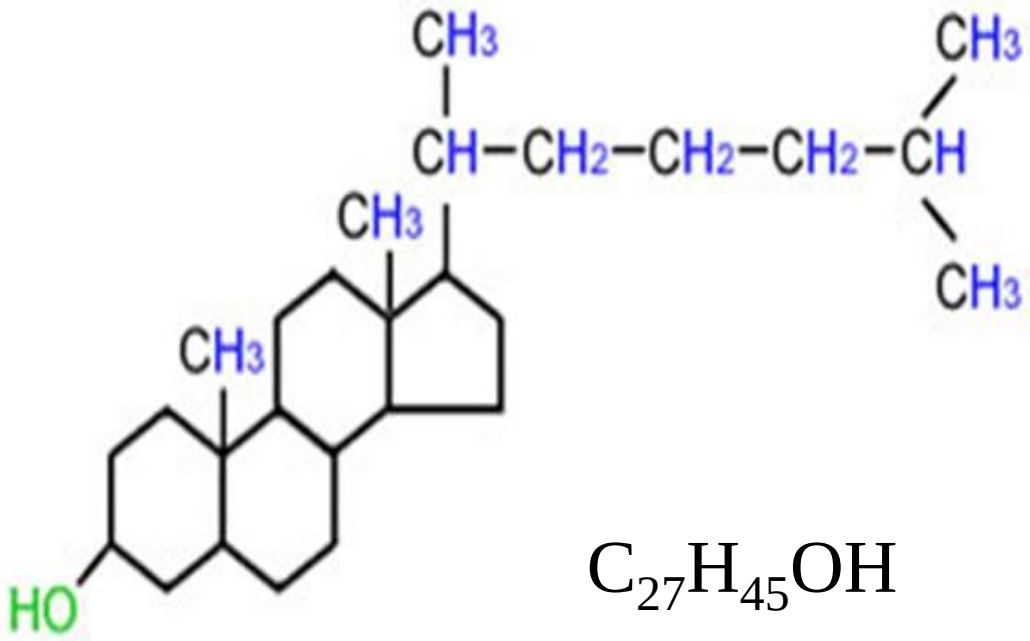


cerebroside with
β-galactose head group

در صورتی که انتهای قطبی به جای یک مونوساکارید، از یک الیگوساکارید پیچیده که دارای اسید سیالیک باشد، ساختار به وجود آمده را **گانگلیوزید** می نامند

سربروزیدها و گانگلیوزیدها را در مجموع **گلیکواسفنگولیپید** می نامند که بخش قندی آنها معمولاً در خارج از سلول قرار می گیرد

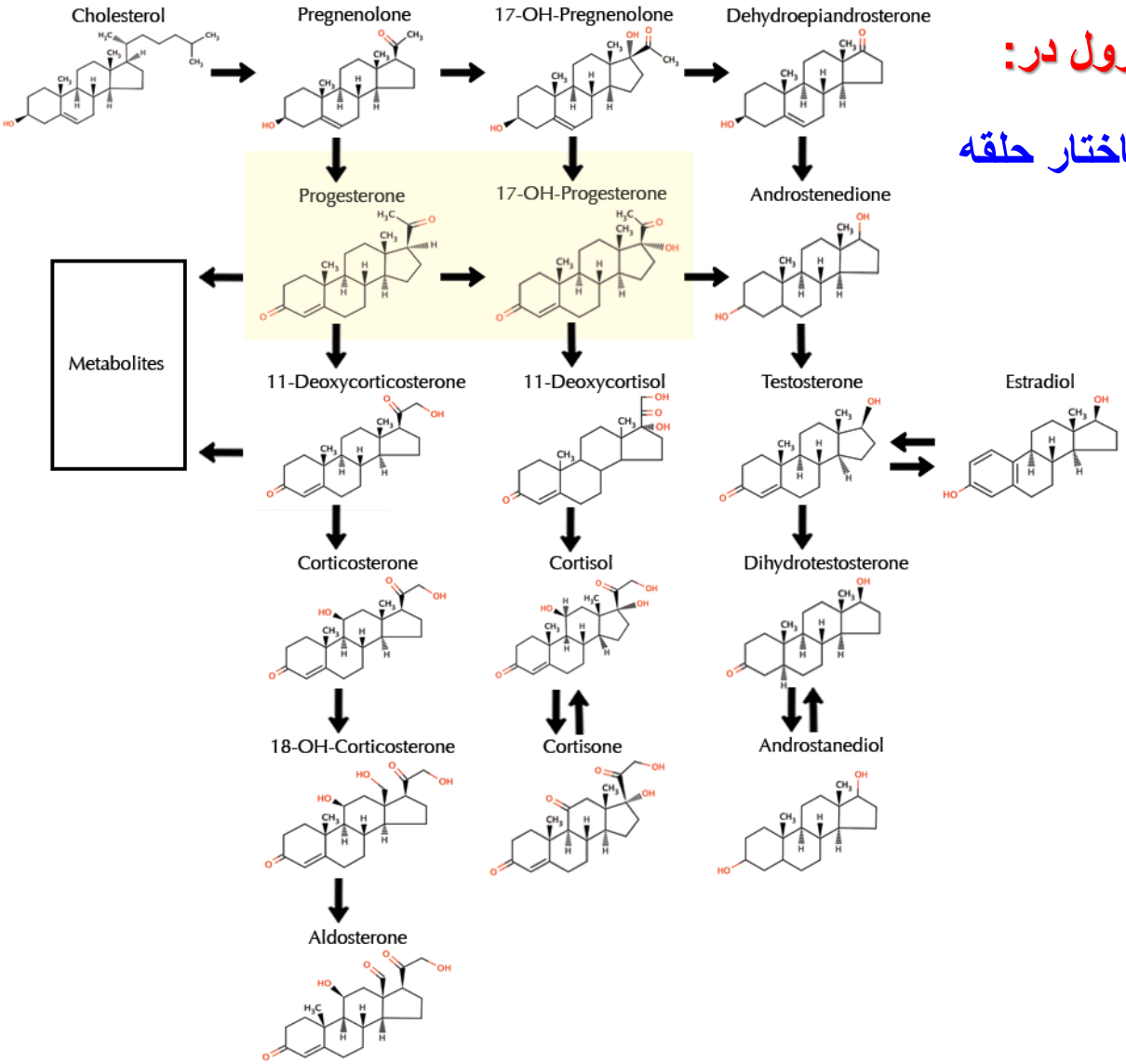
کلسترول



$C_{27}H_{45}OH$

- یک ترکیب آمفیپاتیک است که در ساخت
- 1- هورمون های استروئیدی
- 2- اسیدهای صفراوی
- 3- ویتامین D2

هورمون های استروئیدی



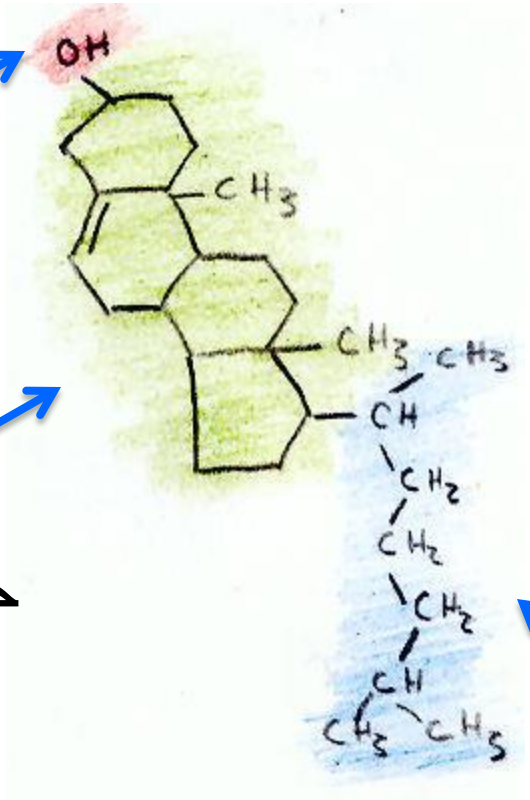
تفاوت بین ترکیبات مشتق شده از کلسترول در:

1- محل قرار گرفتن پیوند دوگانه در ساختار حلقه

2- محل قرار گرفتن گروه هیدروکسیل

3- طول زنجیره هیدروکربنی

کلسترول یک ملکول آمفیپاتیک است



گروه هیدروکسیل آبدوست

حلقه استروئیدی آبگریز

زنجیره هیدروکربنی آبگریز

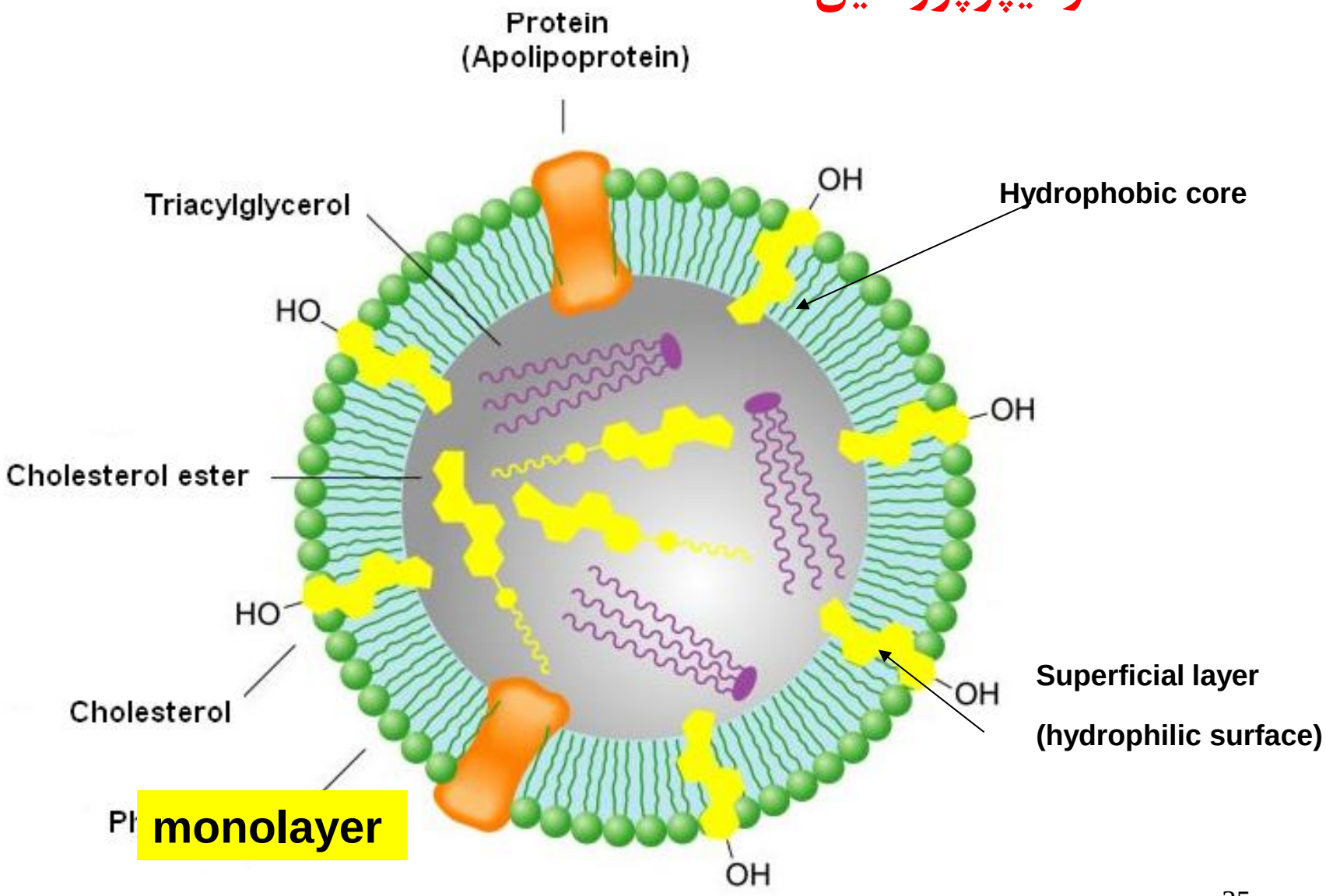
قرار گرفتن کلسترول در غشای سلول



لیپوپروتئین ها

- وسیله ای برای حمل و نقل لیپیدها بین بافتها
- **ذرات لیپوپروتئینی تری آسیل گلیسرولها و کلسترول را در مایعات بدن منتقل می کنند.**

ساختار لیپوپروتئین

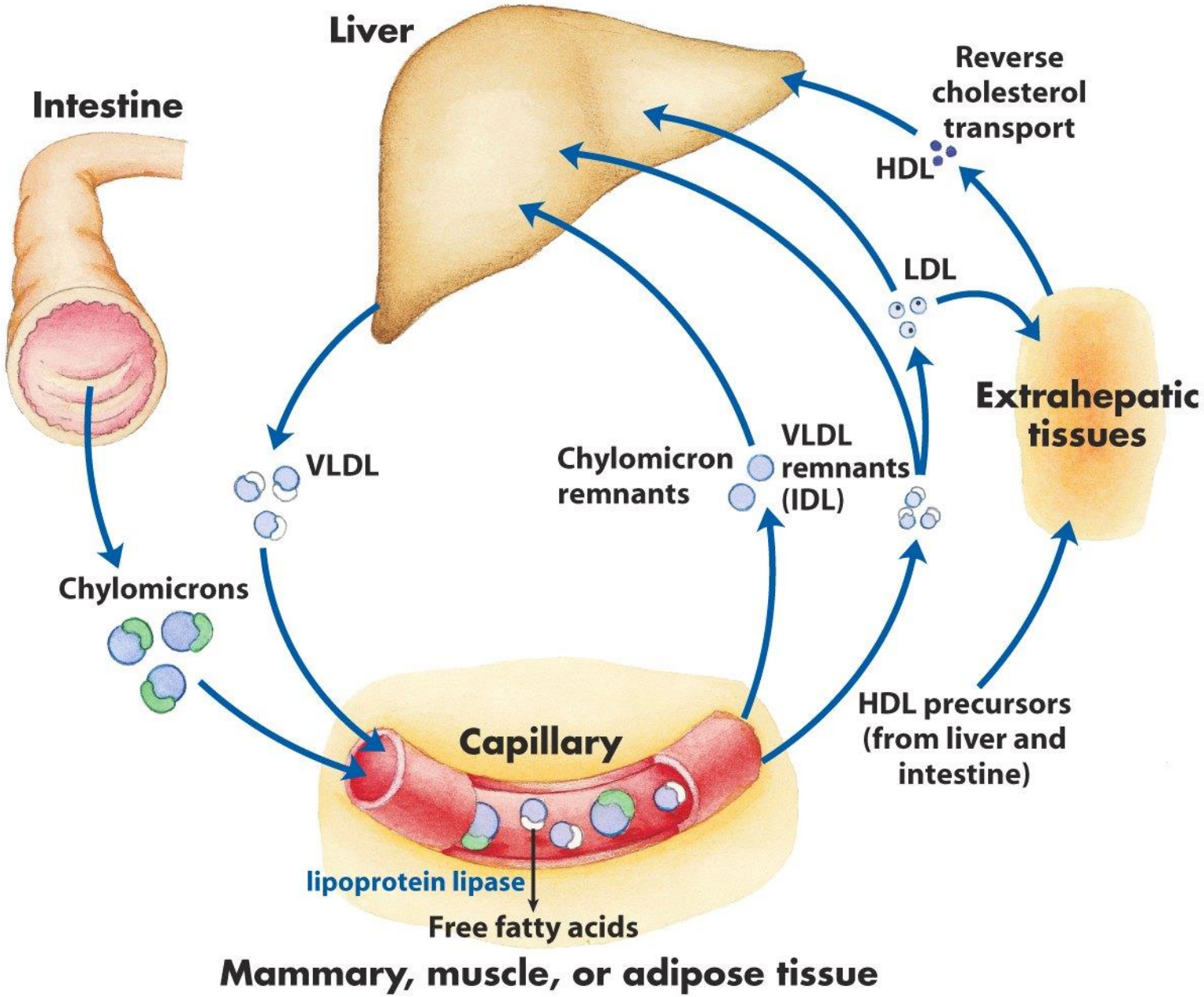


متابولیسم لیپوپروتئین ها

- **شیلومیکرون ها**: مسئول انتقال لیپیدهای غذایی از سلولهای اپیتلیال روده به سلول های بافت چربی (برای ذخیره)، عضلانی (برای تامین انرژی) و کبدی می باشند.
- **لیپوپروتئین با وزن مخصوص بسیار پایین (VLDL):** نقشی مشابه شیلومیکرون ها، ذرات لیپیدی سنتز شده در کبد را به بافت چربی و عضلانی انتقال می دهند.
- آنزیم LPL در مویرگهای بافت های چربی و عضلانی وجود دارد
  - با اثر LPL قسمت اعظم تری گلیسرولهای موجود در شیلومیکرونها و VLDL به اسیدهای چرب تجزیه می شود

متابولیسم لیپوپروتئین ها

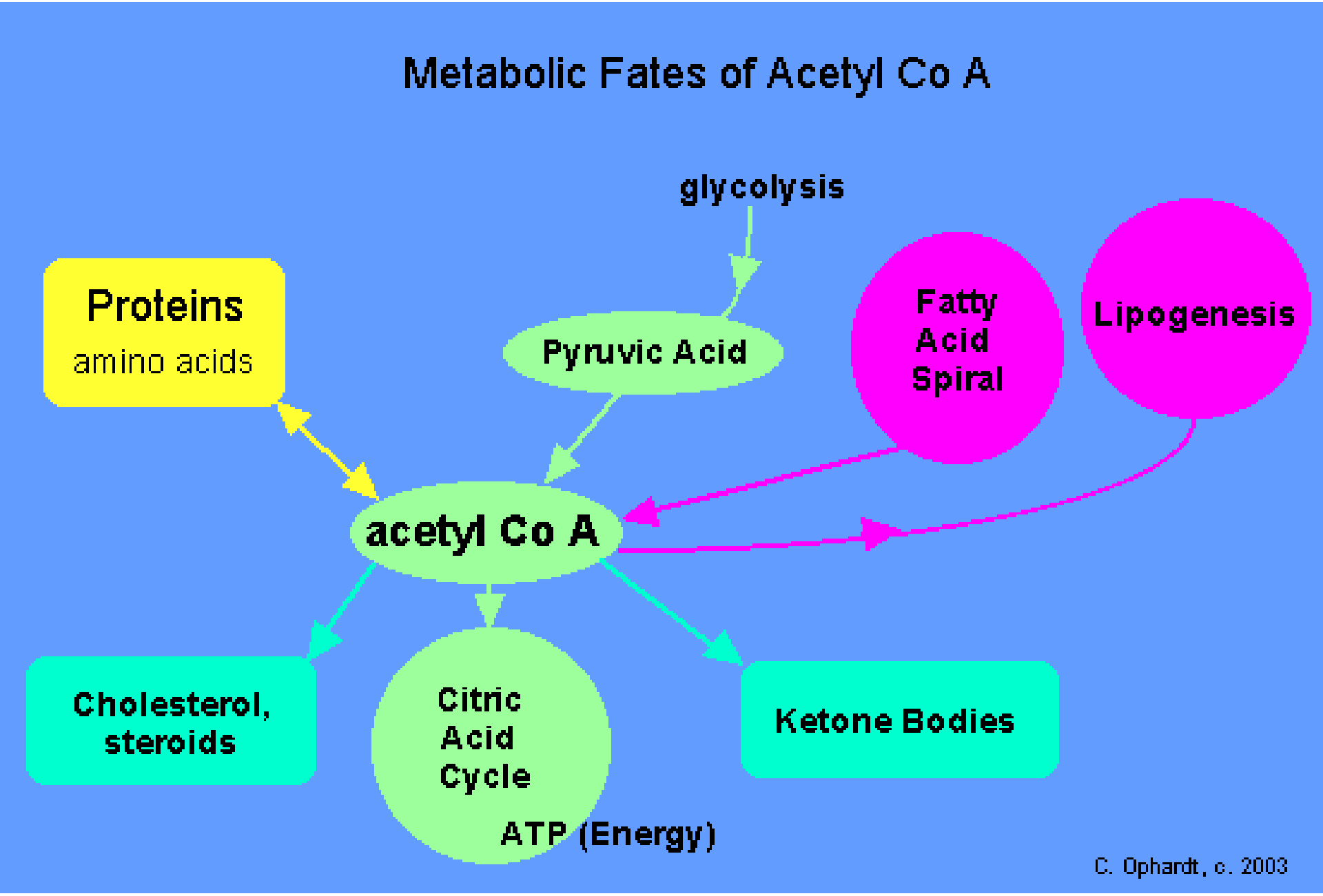
- باقیمانده شیلومیکرون ها و باقیمانده **VLDL** (IDL) حاوی کلسترول و فسفولیپید و مقدار کمتری تری گلیسرید می باشد که توسط کبد برداشت می شود
- IDL اگر در گردش خون باقی بماند با دریافت استر کلسترول به **LDL**(دارای بیشترین میزان کلسترول) تبدیل می شود
- وظیفه LDL: تامین کلسترول مورد نیاز بافتها
- وظیفه HDL: انتقال معکوس کلسترول از بافتها به کبد
- LDL تاثیر منفی در آترواسکلروز، HDL تاثیر مثبت در آترواسکلروز


Liver
Intestine
Reverse cholesterol transport
HDL
LDL
Extrahepatic tissues
VLDL
Chylomicron remnants
VLDL remnants (IDL)
Chylomicrons
Capillary
HDL precursors (from liver and intestine)
lipoprotein lipase
Free fatty acids
Mammary, muscle, or adipose tissue



Blood plasma after fast

Blood plasma after meal


Metabolic Fates of Acetyl Co A
glycolysis
Proteins
amino acids
Pyruvic Acid
Fatty Acid Spiral
Lipogenesis
acetyl Co A
Cholesterol, steroids
Citric Acid Cycle
ATP (Energy)
Ketone Bodies
C. Ophardt, c. 2003

Stages of FA Synthesis

1. Transfer of acetyl-CoA from mitochondria to cytosol.

2. Activation of acetyl-CoA; synthesis of malonyl-CoA.

3. Five step elongation cycle of FA synthesis via ACP intermediates.

Transport of Aetyl-CoA from Mitochondria to Cytoplasm

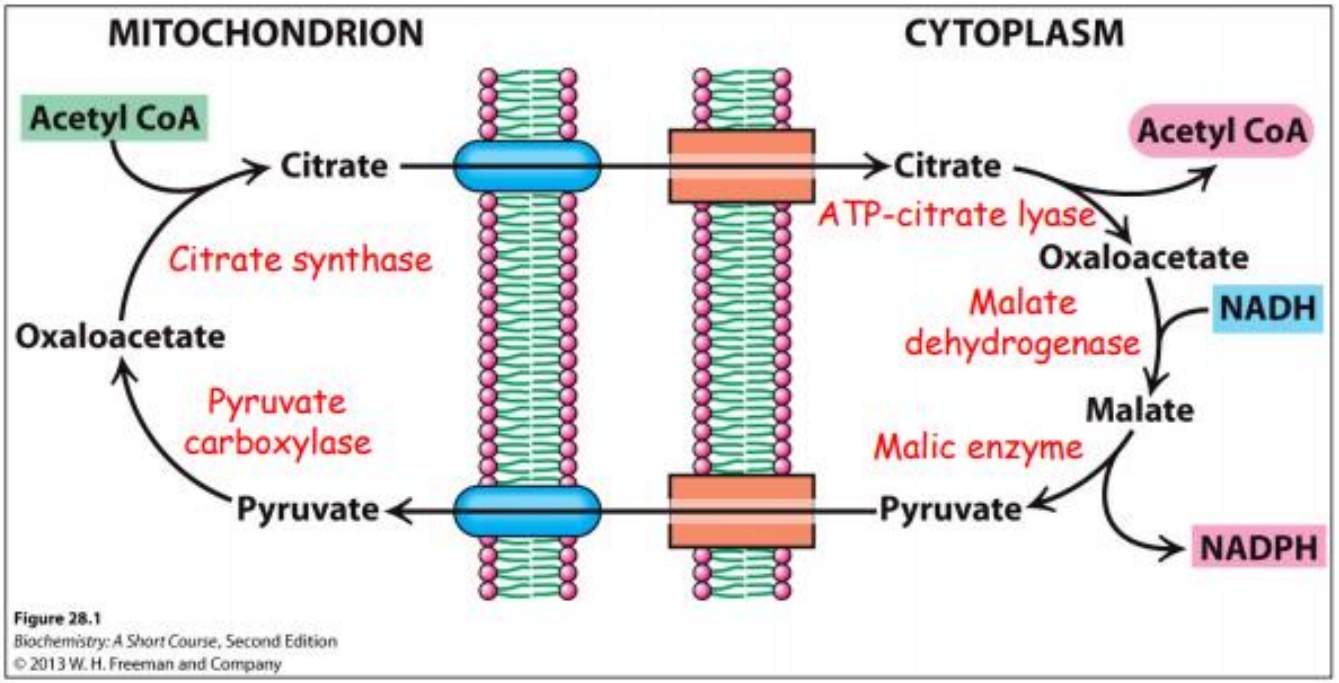


Figure 28.1
Biochemistry: A Short Course, Second Edition
© 2013 W. H. Freeman and Company

Sources of NADPH for FA Synthesis

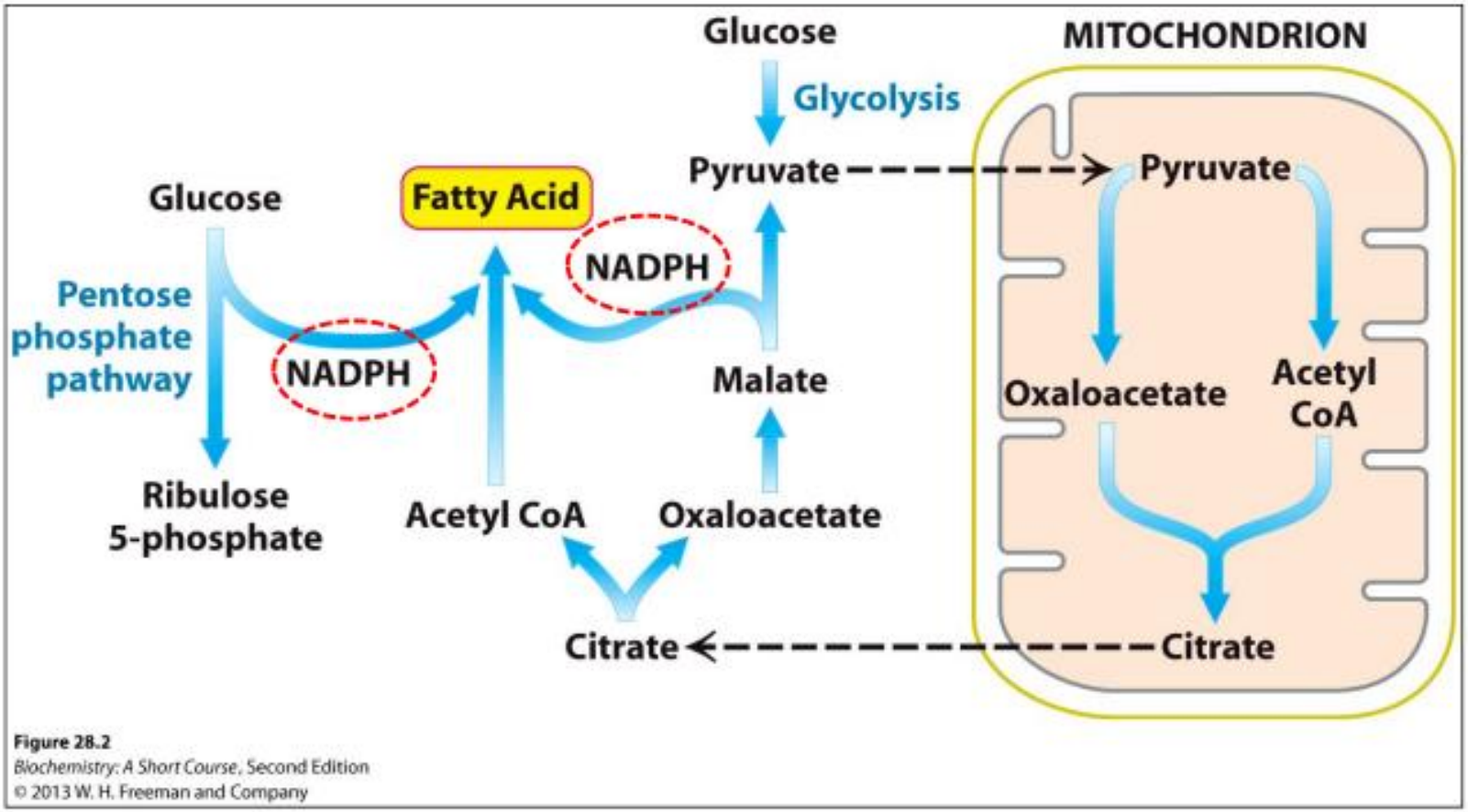


Figure 28.2
Biochemistry: A Short Course, Second Edition
© 2013 W. H. Freeman and Company

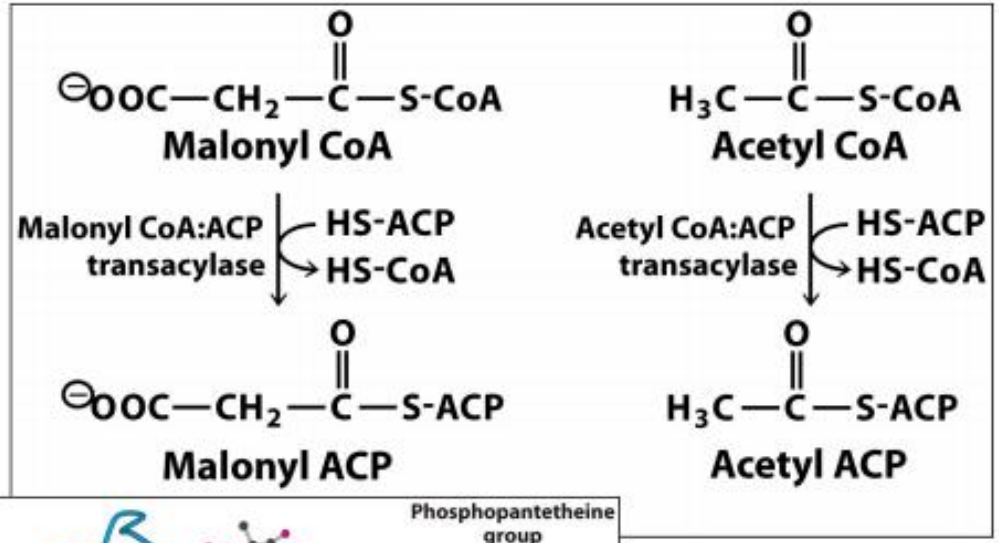
Fatty Acid Synthesis

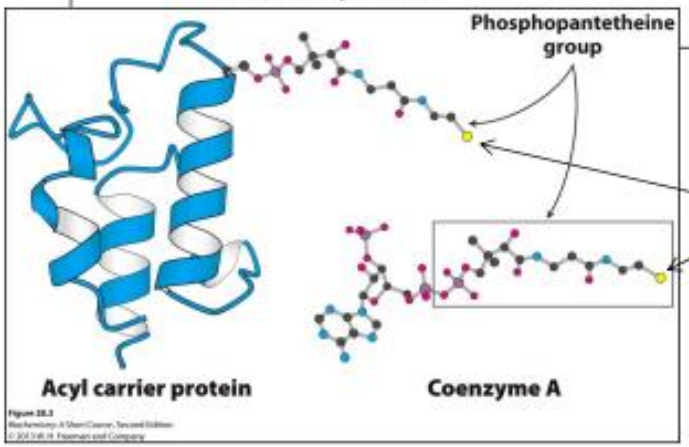
- FA are synthesized by the repetitive condensation of two-carbon units derived from malonyl CoA

Loading of precursors via thioester derivatives, followed by chain elongation

(1) *Condensation* of the precursors
(2) *Reduction*
(3) *Dehydration*
(4) *Reduction*

Loading Stage of FA Synthesis





Elongation Stage of FA Synthesis

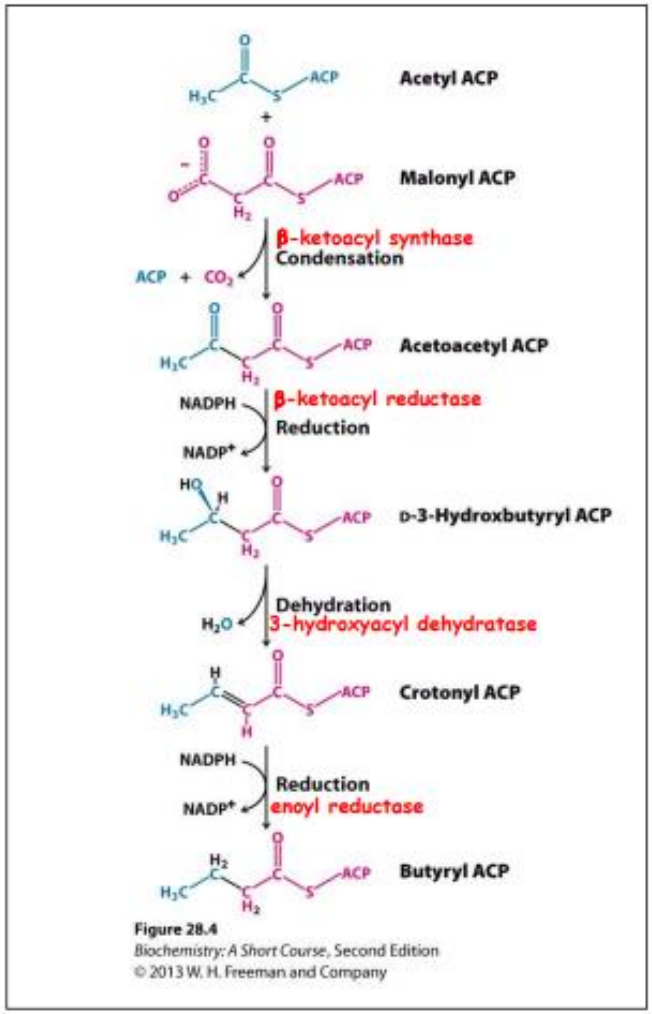


Figure 28.4
Biochemistry: A Short Course, Second Edition
© 2013 W. H. Freeman and Company

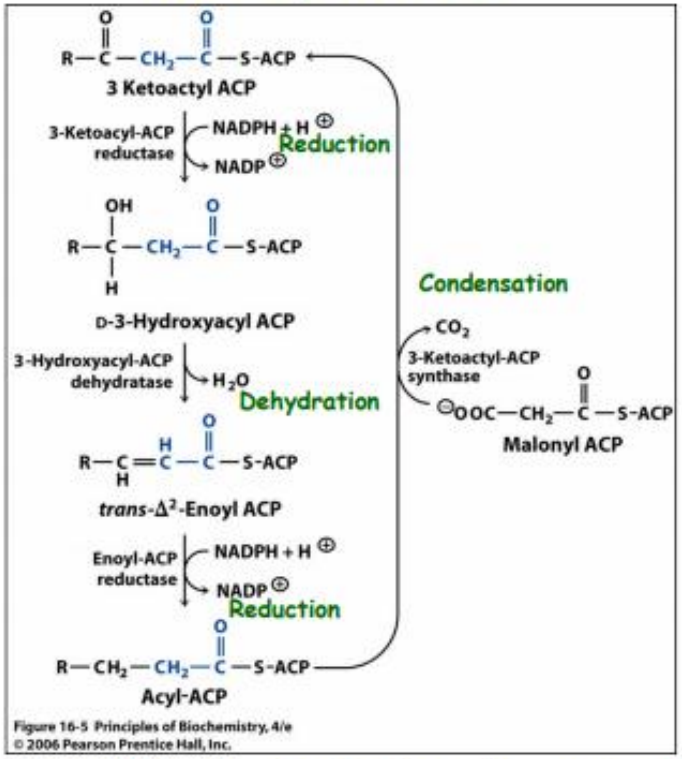


Figure 16-5 Principles of Biochemistry, 4/e
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

The synthesis of palmitic acid requires 7 ATPs and 8 NADPHs: Can you account for these ATPs and NADPHs?

اکسیداسیون اسیدهای چرب

اکسیداسیون اسیدهای چرب

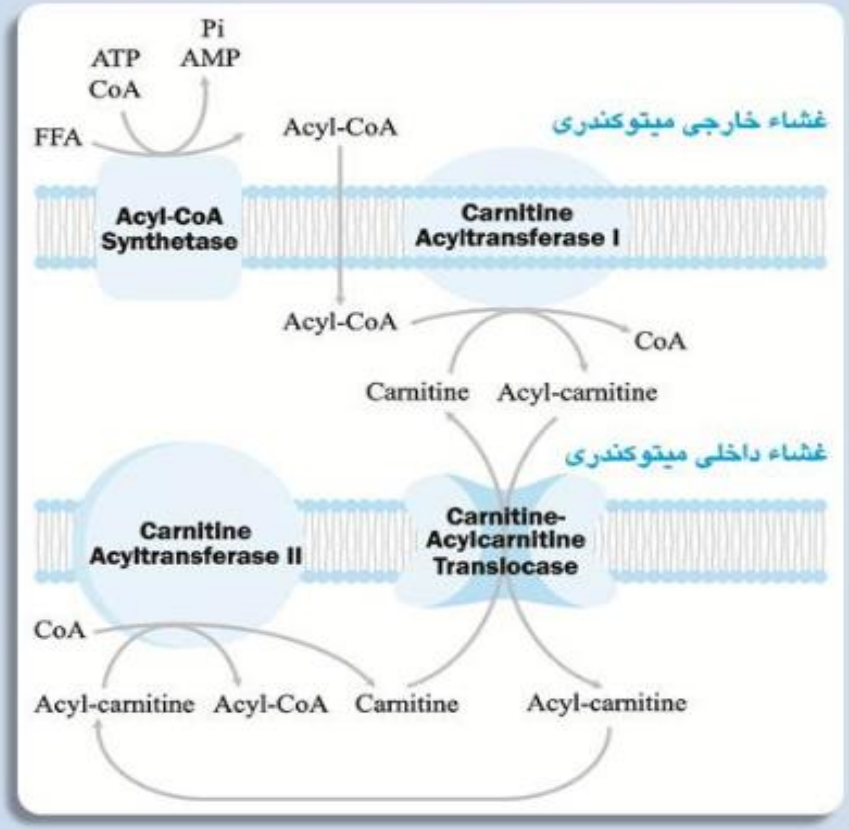
- α- اکسیداسیون

  پراکسی‌زوم
- β- اکسیداسیون

  میتوکندری، پراکسی‌زوم
- ω- اکسیداسیون

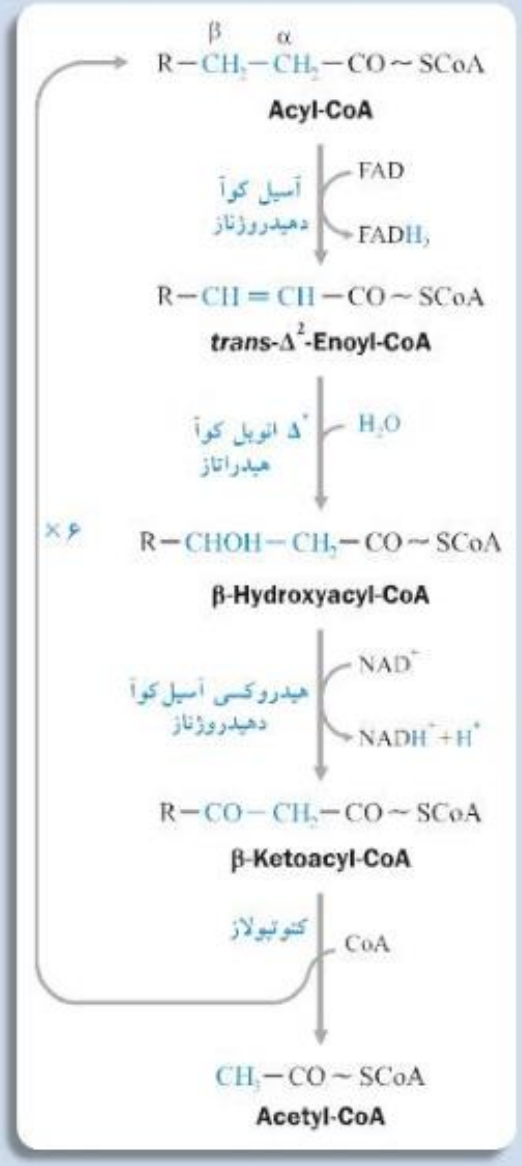
  شبکه آندوپلاسمی

β- اکسیداسیون در داخل میتوکندری:
انتقال آسیل-کوآ با بیش از ۱۲ کربن



β- اکسیداسیون در داخل میتوکندری:

چرخه β- اکسیداسیون



- چهار نوع آسیل- کوآ دهیدروژناز

اثر بر زنجیر کوتاه (٤ تا ٨ کربن)

اثر بر زنجیر متوسط (٤ تا ١٤ کربن)

اثر بر زنجیر بلند (١٢ تا ١٨ کربن)

اثر بر اسیدهای چرب شاخه‌دار

ناهنجاری‌های β-اکسیداسیون اسیدهای چرب

(همراه با ایجاد اختلالات عضلانی و هیپوگلیسمی غیرکتوتیک)

- نقص در انتقال به داخل میتوکندری

  کمبود کارنی‌تین، CAT I یا ترانس‌لوکاز
- کمبود دهیدروژناز آسیل-کوآهای زنجیر متوسط
- کمبود دهیدروژناز ۳-هیدروکسی‌آسیل-کوآ زنجیر بلند

تشکیل اجسام کتونی

در داخل میتوکندری

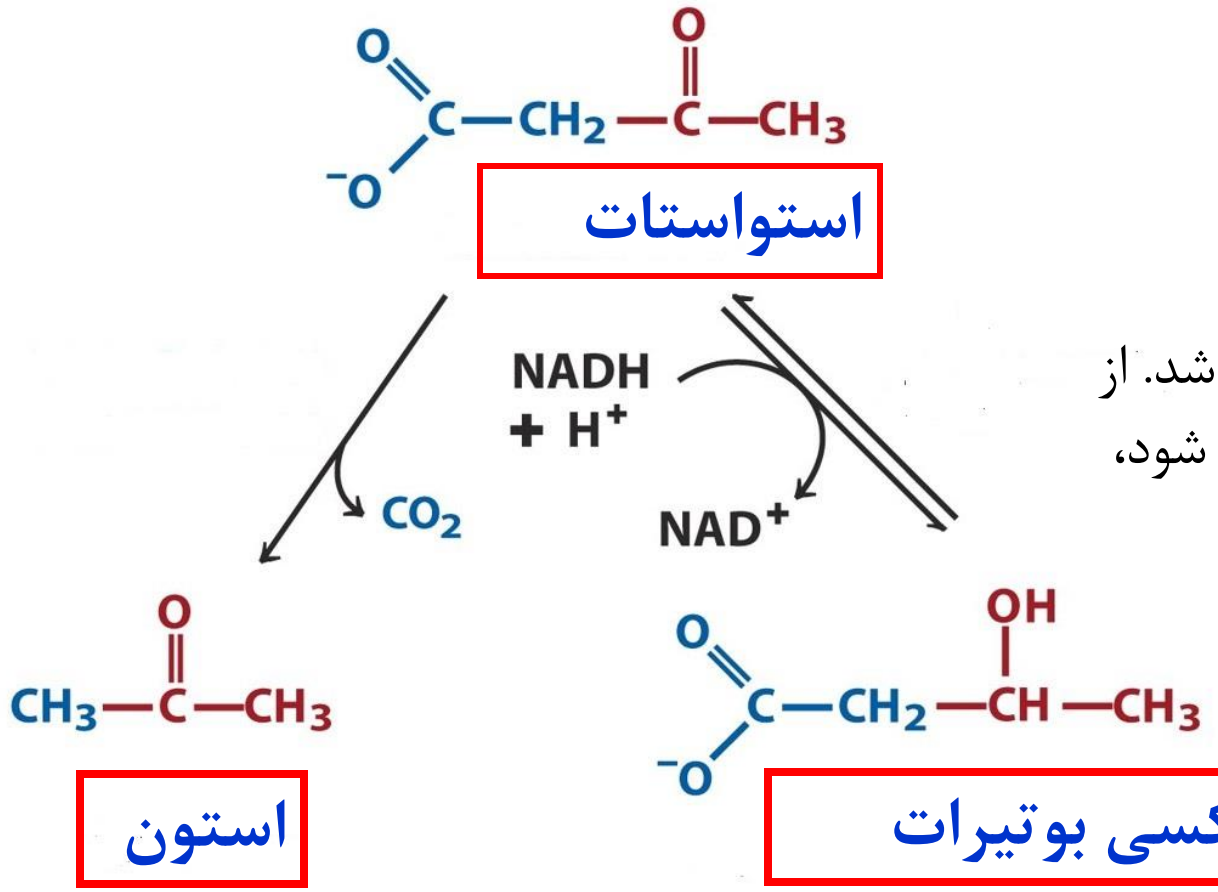


استیل کوآ

بتا هیدروکسی بوتیرات و استواستات

در تامین انرژی برای بافتهای محیطی مهم می باشند.

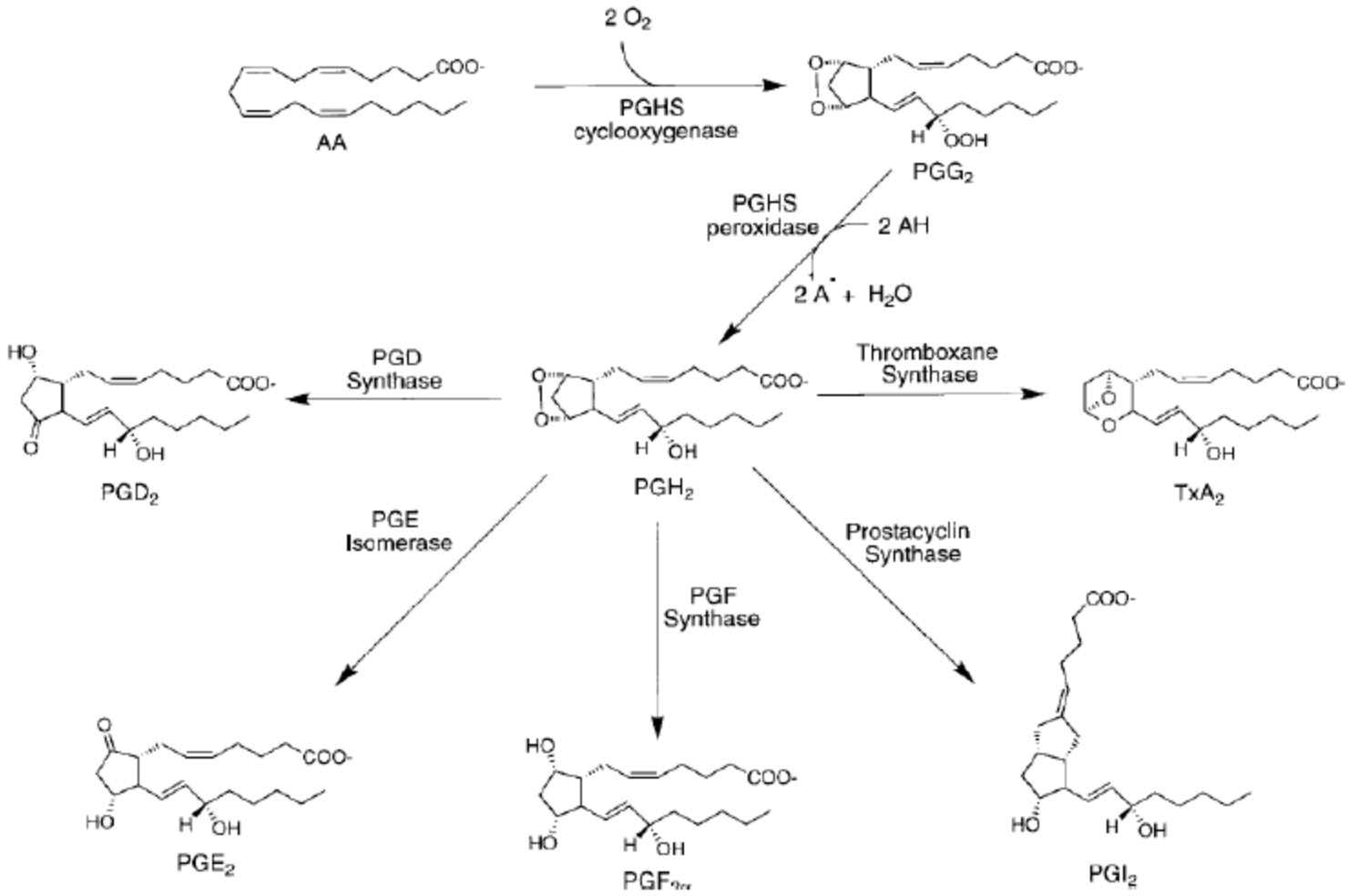
استون، محصول دفعی می باشد. از طریق کلیه یا تنفس دفع می شود،



اجسام کتونی

- شکل ساده شده اسیدهای چرب که در اختیار بافتهایی نظیر عضلات و **مغز** قرار می گیرد.
- در این بافتها اجسام کتونی مجددا به استیل کوا تبدیل شده و صرف تولید انرژی می گردد.
- مغز قادر به مصرف اسیدهای چرب نیست.
- تولید بیش از حد اجسام کتونی منجر به **کتواسیدوز** می شود.

ساخته شدن پروستاگلاندین ها و پروستانوئیدها ازاسیدچرب (آراشیدونیک)




" كُلُّ مَنْ عَلَيْهَا فَانٍ "
وَيَبْقَى وَجْهُ رَبِّكَ ذُو الْجَلَالِ وَالْإِكْرَامِ