

دکتر محمدحسن هدایتی اُمایی
متخصص داخلی - غدد
خرداد ۱۴۰۲

اندکی در باره بیوشیمی اسیدهای چرب

تذکر لازم:

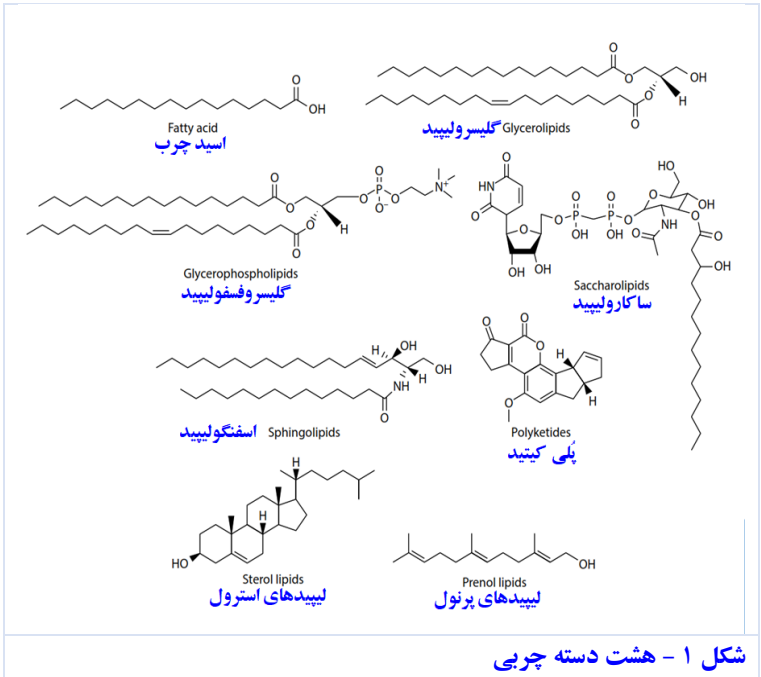
شماره‌گذاری کربن‌های اسیدهای چرب به چند طریق انجام می‌شود. در یک طریق (IUPAC)، کربن عامل اسیدی را شماره یک می‌نامند و در طریق دیگر، کربن سر دیگر اسید چرب (همان کربن ω)، به معنی آخرین کربن) را شماره یک حساب می‌کنند.

IUPAC=

The International Union of Pure and Applied Chemistry

لیپیدها که با کمی اغماض می‌توان آن‌ها را معادل **چربی**

دانست، دسته‌ای از مواد هستند که در آب حل نمی‌شوند، ولی در حلال‌های غیر قطبی و در حلال‌های دارای قطبیت اندک، محلولند. متنوع‌ترین دسته مواد هستند. کارها و وظایف متنوعی هم به عهده دارند، و در بسیاری از نواحی مختلف بدن موجودات، چه تک-یاخته‌ای یا پُریاخته‌ای‌های گیاهی و جانوری وجود دارند. چربی‌ها را از نظر ساختمانی، به هشت دسته تقسیم می‌کنند (شکل ۱).



معمولا آن‌ها را بر مبنای کار و وظایفی که به عهده دارند، هم دسته‌بندی می‌کنند. در بدن انسان دارای سه نقش زیرند:

- (۱) -خزانه انرژی درون یاخته‌ای هستند؛
- (۲) - جزء مهم غشاء یاخته و غشاء اندامک‌های درون یاخته هستند؛ با همین غشاء است که در محیط آبی پیرامون، یاخته از یاخته‌های دیگر و اندامک‌ها از یکدیگر جدا هستند؛ و
- (۳) - در صدور و اجرای دستورات زیستی، پیام‌بر شیمیائی‌اند.

در اینجا به اسیدهای چرب اشاره می‌شود. یکی از وظایف مهم اسیدهای چرب (و گلیسریدها)، نقشی است که به عنوان

خزانه انرژی به عهده دارند. گیاهان انرژی را به صورت نشاسته و حیوانات، انرژی را به صورت چربی ذخیره می کنند؛ البته جانوران مقداری انرژی هم به صورت کربوهیدرات (گلیکوژن) در خود ذخیره دارند.

تعداد کربن ها	عامل کربوکسی	هیدروکربن
6	CO ₂ H	Caproic acid
8	CO ₂ H	Caprylic acid
10	CO ₂ H	Capric acid
12	CO ₂ H	Lauric acid
14	CO ₂ H	Myristic acid
16	CO ₂ H	Palmitic acid
18	CO ₂ H	Stearic acid
18	CO ₂ H	Oleic acid
18	CO ₂ H	Linoleic acid
18	CO ₂ H	Linolenic acid

بدون پیوند دوگانه
با یک پیوند دوگانه
با دو پیوند دوگانه
با سه پیوند دوگانه

$\omega-6$
 $\omega-3$

هر چهار اسید چرب دارای ۱۸ کربن

شکل ۲- اسیدهای چرب اشباع و نااشباع مختلف. هر یک با خواص فیزیوشیمیایی و فیزیولوژیک متفاوت.

بیش از ۵۰۰ نوع اسید چرب مختلف در یاخته ها و بافت ها یافته اند. بخش عمده آن در چربی های طبیعی بدن ادغام شده اند، معمولاً به صورت پیوند با گلیسرول (تری گلیسرید) هستند. مقدار کمی به صورت اسیدهای چرب آزاد در خون وجود دارند و در

بخش‌های مختلف بدن جابجا می‌شوند، و در یاخته‌ها - غشاء و درون یاخته - اسید چرب آزادی تقریباً وجود ندارد. تعداد کربن‌های تقریباً همه اسیدهای چرب، زوج و معمولاً بین ۱۲ الی ۲۰ کربن است (شکل ۲ و جدول ۱). فراوان‌ترین اسیدهای چرب در طبیعت عبارتند از Palmitic acid، Stearic acid، و Oleic acid.

جدول ۱- فراوان‌ترین اسیدهای چرب در چربی‌های حیوانی، روغن-های گیاهی و غشاءهای بیولوژیک

Carbon Atoms: Double Bonds*	Structure	Common Name	Melting Point (°C)
Saturated Fatty Acids			
12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	lauric acid	44
14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	myristic acid	58
16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	palmitic acid	63
18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	stearic acid	70
20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	arachidic acid	77
Unsaturated Fatty Acids			
16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	palmitoleic acid	1
18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	oleic acid	16
18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	linoleic acid	-5
18:3	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	linolenic acid	-11
20:4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	arachidonic acid	-49

اعداد ستون سمت چپ، تعداد کربن و تعداد پیوند دوگانه را نشان می‌دهد. و اعداد ستون راست دمائی را نشان می‌دهد که آن اسید چرب مایع است یا به صورت مایع در می‌آید.

اسیدهای چرب به طریق دیگری هم دسته‌بندی می‌شوند. آیا تمام کربن‌های آن، از هیدروژن اشباع شده‌اند؟ هر اتم کربن دارای چهار ظرفیت چسبندگی است. از دو طرف به کربن مجاور و از دو طرف دیگر، به دو اتم هیدروژن می‌چسبد. گاهی پیوند دو اتم کربن با یکدیگر، پیوندی دوگانه است، لذا تنها جا برای یک اتم هیدروژن دارد. به عبارت دیگر آن اسید چرب از هیدروژن

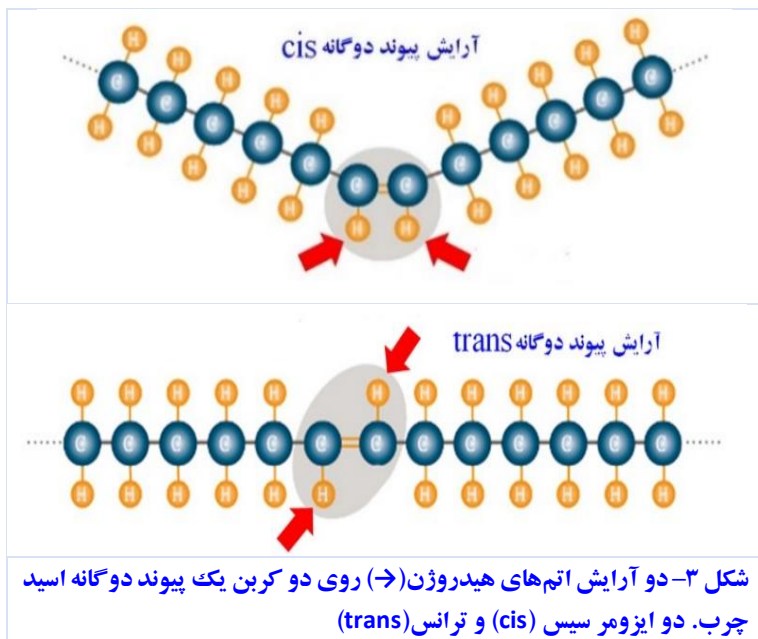
اشباع نشده است. بر همین مبناء، اسیدهای چرب را به اسیدهای چرب اشباع و نااشباع دسته‌بندی می‌کنند (جدول-۲).

جدول ۲- دسته‌بندی اسیدهای چرب	
Saturated Fatty Acid	
Unsaturated Fatty Acid	
Monounsaturated Fatty Acids (MUFAs)	
Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs)	
Eicosanoids	
Prostanoids,	
	Prostaglandins (PGs)
	Prostacyclins (PGIs)
	Thromboxanes (TXs)
Leukotrienes (LTs)	
Lipoxins (LXs)	

اسیدهای چرب اشباع، به صورت یک رشته "مستقیم" هستند. در واقع در دمای عادی، آرایش اتم‌های کربن آن، به صورت زیگزاگ است. از روی آرایش اتم‌های هیدروژن دو کربن دو طرف پیوند دوگانه ($C = C$)، اسیدهای چرب، شکل فضائی منحصر به فردی پیدا می‌کنند. به صورت دو ایزومر سیس (cis) و ترانس (trans) درمی‌آیند.

هرگاه دو اتم هیدروژن در یک جهت قرار بگیرند، آن اسید چرب را ایزومر cis می‌نامند. قرار گرفتن آن دو اتم هیدروژن در دو جهت مقابل، ایزومر trans را می‌سازد. ایزومر trans به صورت خطی زبگزاگ باقی می‌ماند (شکل ۳)، ولی اسیدهای چرب نااشباع cis در هر پیوند دوگانه، یک زاویه (نزدیک به ۱۲۰

درجه) پیدا می‌کنند و به صورت خطی شکسته (V مانند)، در می‌آیند. زاویه‌دار شدن مکرر اسیدهای چرب دارای پیوندهای بیشتر، آن‌ها را به صورت U در می‌آورد. جهت این زاویه هم پُراهمیت است.



این دو ایزومر اسید چرب، از جهات مختلفی با هم تفاوت دارند. اسیدهای چرب موجود در گیاهان و جانوران تقریباً همه از ایزومر cis هستند.

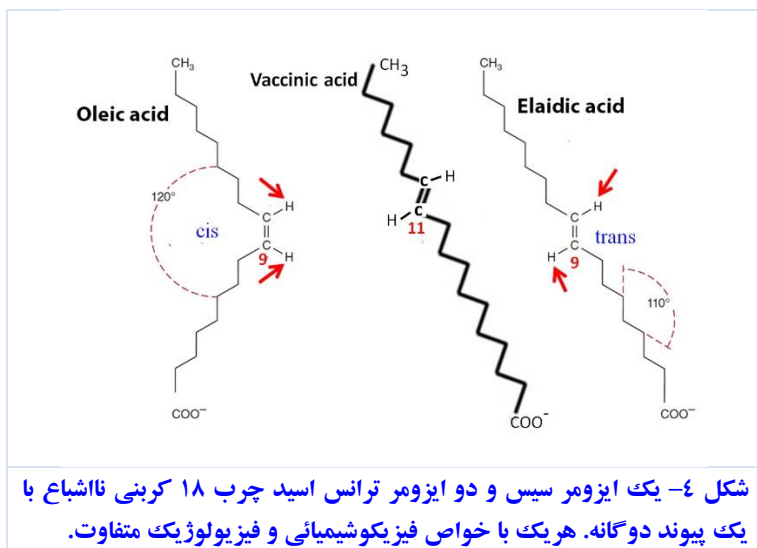
جدول ۳- میانگین نسبت اسیدهای چرب مختلف در چربی‌ها و روغن‌ها

	اشباع				نااشباع			
	Lauric	Myristic	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic	غیره
چربی حیوانی								
پیه	—	6.3	27.4	14.1	49.6	2.5	—	0.1
کره	2.5	11.1	29.0	9.2	26.7	3.6	—	17.9
انسان	—	2.7	24.0	8.4	46.9	10.2	—	7.8
چربی خوک	—	1.3	28.3	11.9	47.5	6.0	—	5.0
روغن گیاهی								
نارگیل	45.4	18.0	10.5	2.3	7.5	—	—	16.3
ذرت	—	1.4	10.2	3.0	49.6	34.3	—	1.5
تخم پنبه	—	1.4	23.4	1.1	22.9	47.8	—	3.4
تخم کتان	—	—	6.3	2.5	19.0	24.1	47.4	0.7
زیتون	—	—	6.9	2.3	84.4	4.6	—	1.8
بادام زمینی	—	—	8.3	3.1	56.0	26.0	—	6.6
گلرنگ	—	—	6.8	—	18.6	70.1	3.4	1.1
سویا	0.2	0.1	9.8	2.4	28.9	52.3	3.6	2.7
آفتابگردان	—	—	6.1	2.6	25.1	66.2	—	—

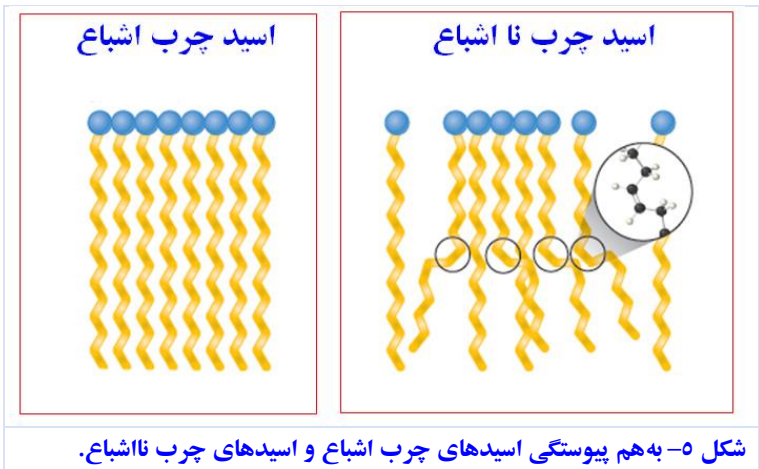
جایگاه پیوند دو گانه و تعداد آن بستگی به یاخته و آنزیمی دارد که در سنتز آن دخالت دارند. بعضی جانوران و گیاهان و برخی از یاخته‌ها، توانائی ویژه‌ای در تولید این یا آن اسید چرب دارند. به همین دلیل مقدار کلی و نسبت انواع مختلف اسیدهای چرب در موجودات گیاهی و جانوری مختلف با یکدیگر فرق دارد (جدول ۳). مثلاً انسان قادر به تولید تعدادی از اسیدهای چرب نیست و لازم است با غذا، خود آن اسید چرب یا ماده پیشتاز آن را بخورد؛ این اسیدهای چرب را **اسیدهای چرب اساسی** می‌نامند.

از سه طریق، اسیدهای چرب ترانس ساخته می‌شوند. از یک طریق، برخی از باکتری‌ها برای استفاده خود، ایزومر ترانس می‌سازند و در ساختمان غشاء خود ادغام می‌کنند. طریق دیگر، تولید ایزومرهای ترانس در معدده اول نشخوارکنندگان است. در اینجا هم باکتری‌ها نقش عمده دارند. سومین طریق، صنایعی است و در کارخانه‌های روغن‌سازی، برای تولید روغن نباتی بی‌بو، جامد، و یا مارگارین، استفاده می‌شود. برای حذف بوی طبیعی روغن گیاهی، تغییراتی در آن چربی و روغن رخ می‌دهد که مقدار زیادی انواع مختلف ایزومرهای ترانس به وجود می‌آید. برای تولید روغن جامد (در دمای عادی خمیری است) یا مارگارین، به مولکول‌های روغن گیاهی، اتم هیدروژن اضافه می‌کنند (Hydrogenation). با این کارها هم، مقدار زیادی ایزومر ترانس تولید می‌شود. افزودن هیدروژن به مولکول اسیدهای چرب موجود در روغن گیاهی برای آن است که چربی وضعیت باثبات‌تری پیدا کند و نگهداری آن‌ها در زمانه‌ای که یخچال و فریزر در اختیار همه نبود، آسان‌تر باشد، و از فساد (اکسیده شدن) آن‌ها در دمای اطاق جلوگیری کند. با این کار ایزومرهای مختلفی ساخته می‌شود. بسته به ماهیت و مقدار کاتالیست، شدت افزودن هیدروژن، و چند عامل دیگر، مقدار ایزومرها و نوع آن‌ها متفاوت است. در کارخانه‌های روغن‌سازی دقت می‌کنند هیدروژیناسیون کامل نباشد، زیرا روغن حاصله، بسیار جامد می‌شود؛ به همین دلیل تنها

بخشی از اسیدهای چرب را هیدروژنه می‌کنند (هیدروژیناسیون نسبی است). در این جریان، ایزومرهای که ساخته می‌شوند ملغمه‌ای از اسیدهای چرب هستند که جایگاه پیوند دوگانه و شکل فضائی‌شان با هم فرق دارد. بیشترین ایزومر آن‌ها، از نوع ترانس است. دو نوع اول ایزومرهای ترانس (ناشی از باکتری‌ها و نشخوار) طبیعی هستند. در معده نشخوارکنندگان اسید چرب ترانسی که ساخته می‌شود دارای پیوند دوگانه روی کربن ۹ است و Elaidic acid نامیده می‌شود؛ و اسید چرب ترانسی که در کارخانه روغن‌سازی ساخته می‌شود، روی کربن ۱۱ دارای پیوند دوگانه است و Vaccinic acid نام دارد (شکل ۴). این دو از جهات مختلف، حتی از نظر تاثیر بر تندرستی انسان‌ها، تفاوت فراوانی با هم دارند.



تفاوت اصلی چربی جانوری از چربی گیاهی، نسبت اسیدهای چرب اشباع و نااشباع در آنهاست. چربی‌های گیاهی بیش از چربی‌های حیوانی، اسید چرب نااشباع در خود دارند. اسیدهای چرب اشباع، فشرده‌تر در کنار هم قرار می‌گیرند، لذا در دمای اتاق، **سفت‌ترند** و اسیدهای چرب نااشباع به خاطر وضعیت فضائی مولکول‌ها از هم فاصله می‌گیرند و آزادی بیشتری در حرکت دارند به همین دلیل در دمای پائین هم **روان** هستند (شکل ۵). اصطلاحاً، چربی‌های گیاهی را **روغن**، و چربی‌های حیوانی را به نام‌هایی هم‌چون **"پیه"**، **"دُنبه"**، و **"کره"** می‌نامند.



مولکول‌ها یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند. بر مبنای همین نیروها، مواد به صورت گاز فرار تا جامد سخت در می‌آیند. یکی از نیروهای جذب که در سطح وضعیت الکترون‌های هر اتم عمل می‌کند، **نیروی پراکندگی لاندن** نامیده می‌شود.

با دقت در شکل ۵ متوجه تاثیر این نیرو می شوید. هرگاه اسیدهای چرب اشباع، فراوانتر باشند، این نیرو افزونتر است، زیرا مولکولهای آسانتر در کنار یکدیگر قرار می گیرند و نقطه ذوب آنها بالاتر است و برای جدا نگه داشتن مولکولها به نیروی بیشتری نیاز هست. آن ماده در دمای عادی، به صورت جامد در می آید و هرگاه اسیدهای چرب ناشباع فراوانتر باشند، به خاطر شکل فضائی خود، از هم فاصله دارند و نیروی لاندن آن، برای نگه داری مولکولها در کنار هم، کافی نیست، و آن ماده در دمای عادی به صورت مایع (روغن) در می آید.

اسیدهای چرب ترانس طبیعی و صناعی از نظر تاثیر بر تندرستی انسان باهم تفاوت دارند. معتقدند اسیدهای چرب ترانسی که در معده نشخوارکنندگان تولید می شود و در چربی و لبنیات آنها وجود دارد، تاثیر نامطلوبی بر بدن انسان ندارد، ولی



اسیدهای چرب ترانسی که در اثر بو زدائی و هیدروژیناسیون نسبی روغنهای گیاهی به وجود می آید،

یکی از عوامل ایجاد آترواسکلروز است. روغن نباتی جامد که در اثر هیدروژیناسیون نسبی روغن نباتی تهیه می شود و سرشار از اسیدهای چرب ترانس است. زمانی چربی پرمصرف خانوارهای ایران بود.

روغنی که برای سرخ کردن غذاها استفاده می‌شود، معمولاً از نوع روغن گیاهی نسبتاً هیدروژنه است، لذا حاوی مقدار زیادی اسیدهای چرب ترانس است و همین اسیدهای چرب ترانس وارد غذاها می‌شود. اغلب غذاهای آماده و نیمه آماده از شیرینی خامه‌ای تا چیپس و پودر کیک و هر سرخ کردنی دیگر، حاوی مقدار زیادی اسیدهای چرب ترانس هستند. به همین دلیل اسیدهای چرب ترانس را هم جزء مواد غذایی تحت کنترل در آورده‌اند. اداره دارو و غذای آمریکا (FDA) دستور داده است مقدار اسیدهای چرب ترانس، روی بسته غذاها ذکر شود تا مردم با آگاهی آن را انتخاب کنند.

FDA توصیه کرده است غذاها باید اسیدهای چرب اشباع و ترانس، کمتری داشته باشند و انسان‌ها از غذاهای حاوی ماهی، غلات کامل، میوه‌ها، و سبزیجات بیشتری استفاده کنند. در اکثر مطالعات با مصرف اسیدهای چرب تک نااشباع یا چند نااشباع سیس، چنین خطراتی برای تندرستی دیده نشده است. ولی روشن است که مصرف چربی بیش از اندازه از هر نوع و با هر غذایی که باشد، باعث چاقی می‌شود که به نوبه خود خطر بزرگی برای تندرستی است. در برخی از مطالعات معلوم شده که مصرف برخی از اسیدهای چرب چندنااشباع، از آن نوعی که در ماهی‌ها وجود دارد، اثرات مفیدی دارد.

این اسیدهای چرب مفید را اسیدهای چرب امگا-۳

می نامند (شکل ۵) و شاخص ترین آن‌ها عبارتند از :

Alpha-linolenic acid (ALA)

Eicosapentaenoic acid (EPA)

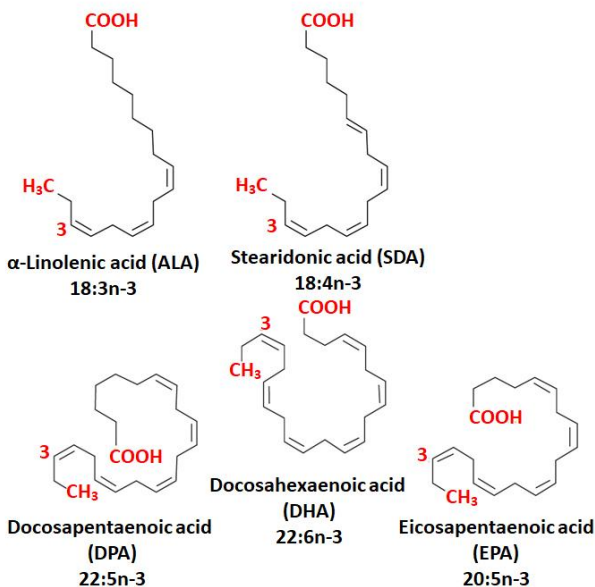
Docosahexaenoic acid (DHA)

Eicosa ده

pentaene پنج پیوند دوگانه

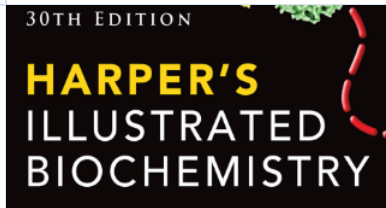
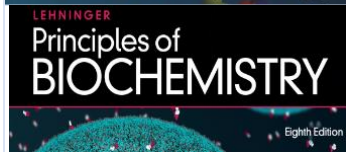
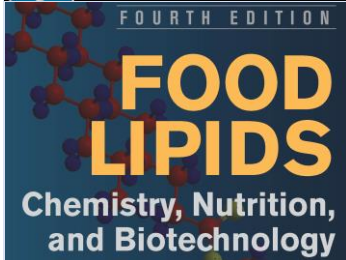
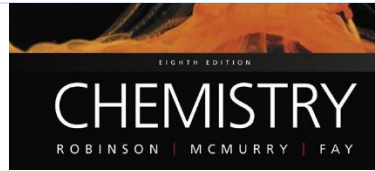
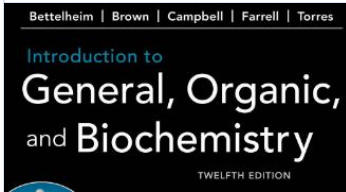
oic عامل کربوکسیل

Omega-3 fatty acids



شکل ۶- اسیدهای چرب امگا-۳

برای نوشتن این مقاله، از منابع زیر استفاده شده است.



https://t.me/MHAN_Endopublic

https://t.me/MHAN_Endocrine

www.hedayatiomami.com