

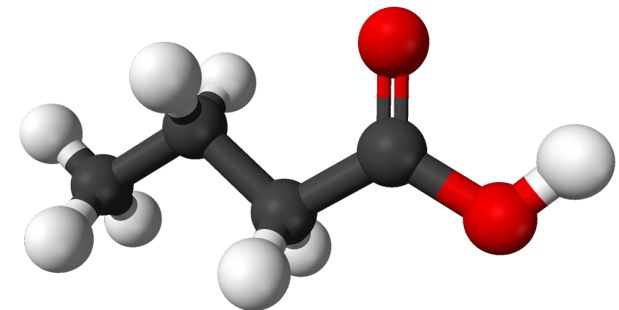
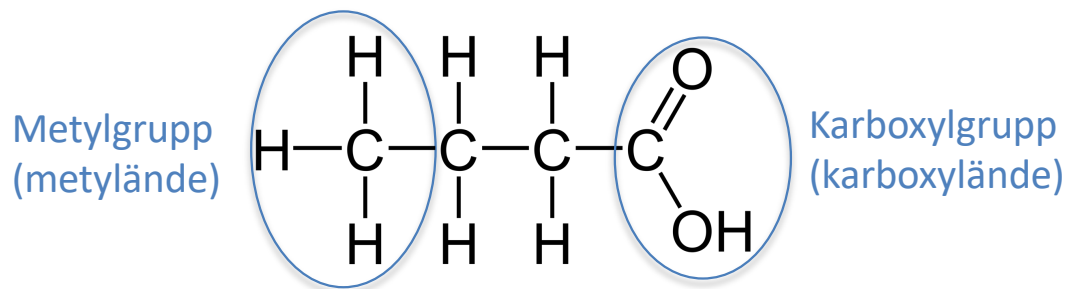


**FETTER OCH FETTSYROR – DEL 2:
INDELNING OCH NAMNGIVNING AV OLIKA TYPER
AV FETTSYROR
NIKLAS DAHRÉN**



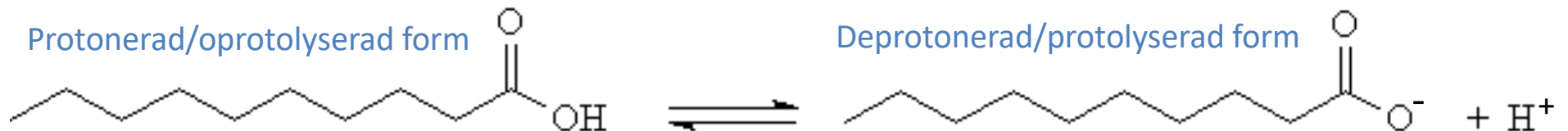
Fettsyror är karboxysyror

- ✓ **Fettsyror är karboxysyror:** Fettsyror är karboxysyror och har en kolvätekedja med minst 4 kolatomer. Alla karboxysyror, inkl. fettsyror, har en karboxylgrupp (-COOH) som är bunden till en kolvätekedja. Vid fysiologiskt pH har dock en vätejon/proton avgivits från karboxylgruppen så då är det egentligen en karboxylatgrupp (-COO⁻) som sitter där. Karboxylgruppen/karboxylatgruppen är den funktionella gruppen vilket innebär att det är den gruppen som deltar i olika kemiska reaktioner.
- ✓ **Fettsyror har den generella formeln:** C_nH_{2n+1}COOH (eller egentligen C_nH_{2n+1}COO⁻).
- ✓ **Smörsyra:** Smörsyra är den kortaste och enklaste fettsyran och har formeln C₃H₇COOH. Som alla fettsyror har den en metylände (en metylgrupp) och en karboxylände (karboxylgrupp).



Fettsyror är deprotonerade/protolyserade i kroppen p.g.a relativt lågt pK_a -värde

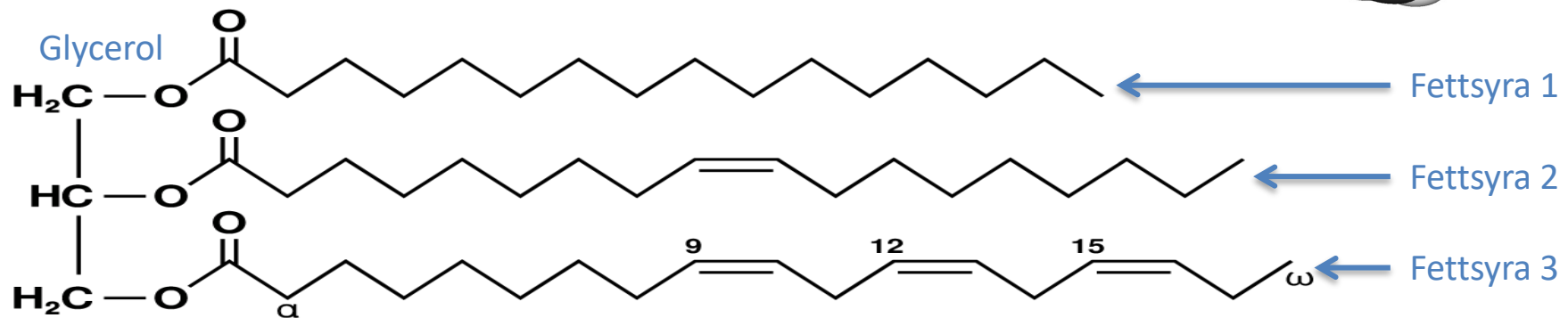
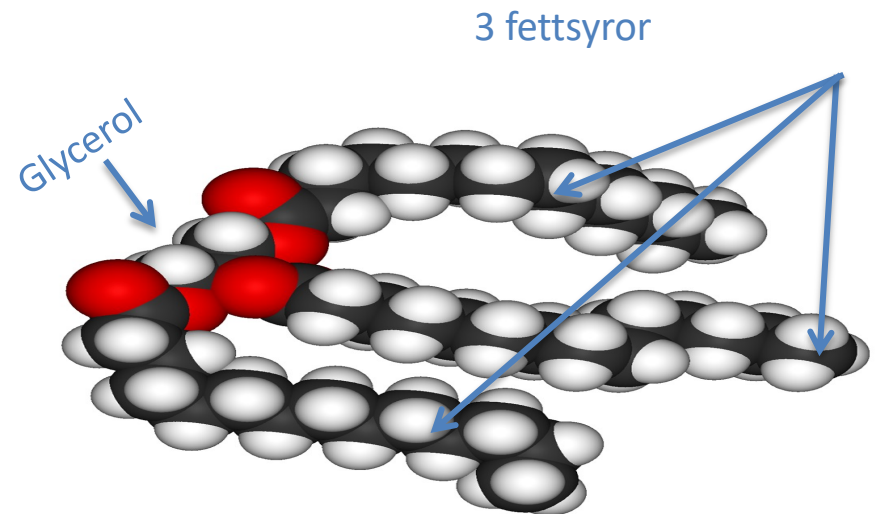
- ✓ **pK_a -värdet avslöjar hur stark syran är:** pK_a -värdet är indirekt ett mått på hur stark en syra är eftersom det representerar det pH-värde då 50 % av syrans molekyler är deprotonerade/protolyserade (har avgett en vätejon/proton). Starka syror (t.ex. svavelsyra, saltsyra, salpetersyra) har mycket låga pK_a -värden (under 1) eftersom dessa kan avge protoner/vätejoner trots att omgivningen redan innehåller en massa protoner/vätejoner (lågt pH).
- ✓ **Fettsyror har ett pK_a på ca 4,5 och är därför deprotonerade/protolyserade vid fysiologiskt pH-värde:** Fettsyror har ett pK_a på ca 4,5 vilket innebär att hälften av fettsyramolekylerna kommer vara deprotonerade/protolyserade om pH-värdet är 4,5. Om pH-värdet sjunker en bit under 4,5 kommer fler fettsyramolekyler protoneras, alltså plocka upp en proton (det finns då fler protoner i omgivningen). Om pH-värdet istället höjs en bit över 4,5 kommer en större andel fettsyramolekyler deprotoneras/protolyseras (det är lättare att bli av med en proton och ej ta upp den igen om omgivningen innehåller färre protoner). I kroppen är pH-värdet ca 7,4 vilket innebär att det är långt över fettsyrornas pK_a -värde. Fettsyrorna är därför i deprotonerad/protolyserad form i kroppen.



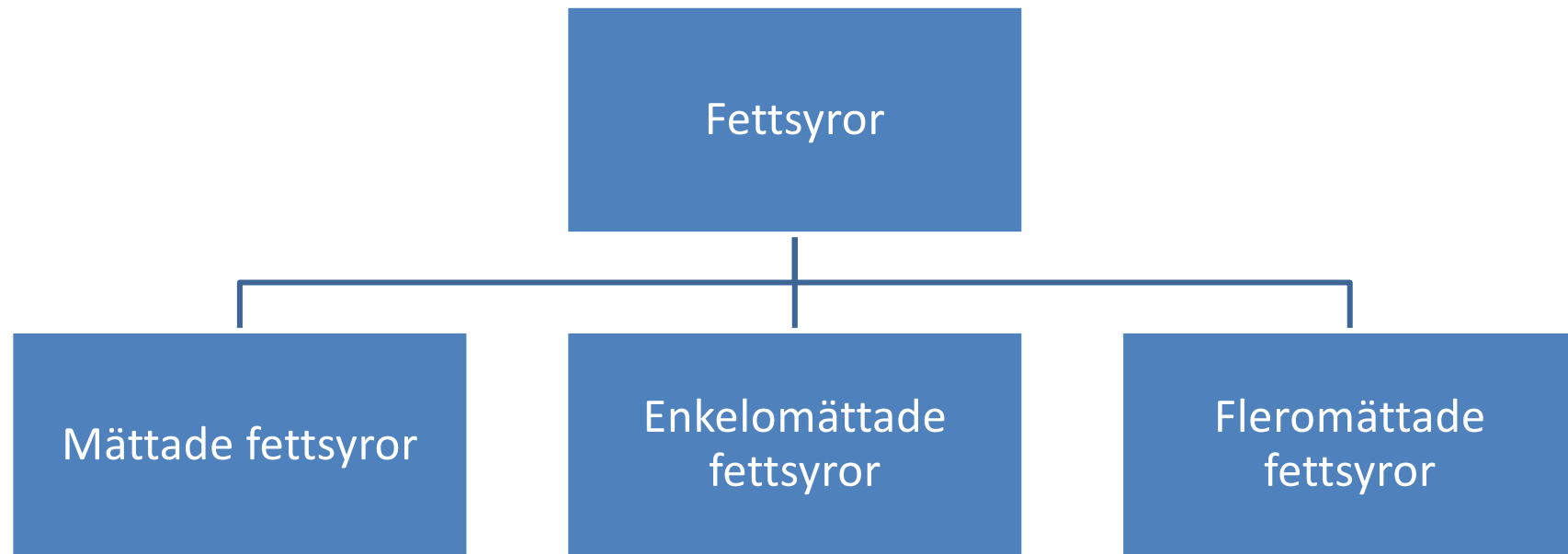
pK_a -värdet motsvarar det pH-värde (4,5 hos fettsyror) då hälften av molekylerna är i deprotonerad/protolyserad form.

Triglycerider är uppbyggda av glycerol och tre fettsyror

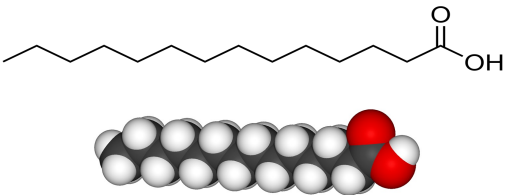
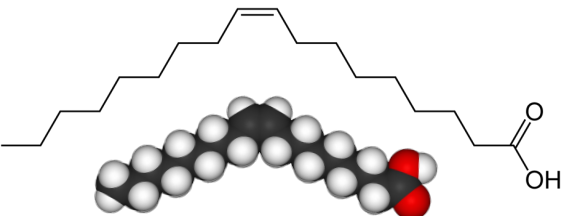
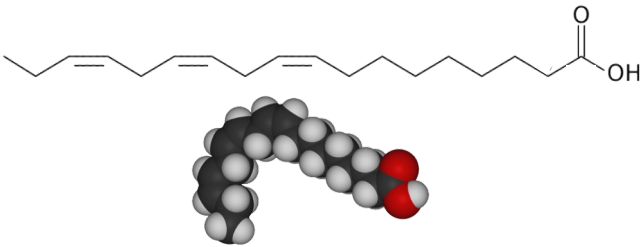
- ✓ **Glycerol + tre fettsyror:** Triglycerider (triacylglyceroler) bildas genom att alkoholen glycerol binder tre fettsyror. De fettsyror som binder till glycerolmolekylen kan vara av samma typ eller olika.



Tre huvudtyper av fettsyror

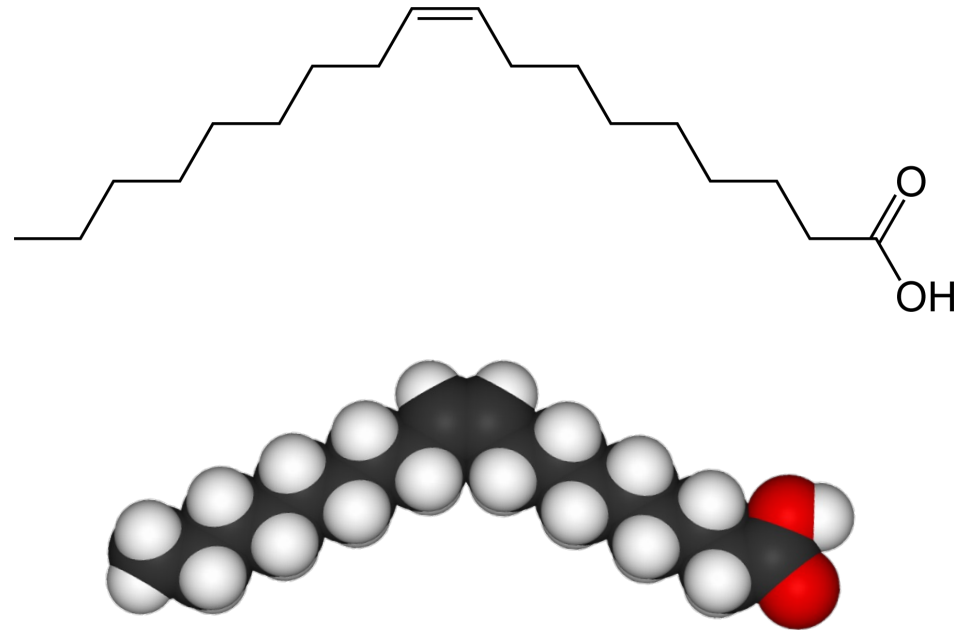


Tre huvudtyper av fettsyror

Typ av fettsyra:	Kännetecken:	Struktur/utseende:
Mättade fettsyror:	<ul style="list-style-type: none">▪ Mättade med väteatomer▪ Inga dubbelbindningar▪ Rak struktur▪ Högst smältpunkt	
Enkelomättade fettsyror:	<ul style="list-style-type: none">▪ "Saknar" två väteatomer▪ En dubbelbindning▪ Böjd struktur▪ Medelhög smältpunkt	
Fleromättade fettsyror:	<ul style="list-style-type: none">▪ "Saknar" minst fyra väteatomer▪ Minst två dubbelbindningar▪ Böjd struktur▪ Lägst smältpunkt	

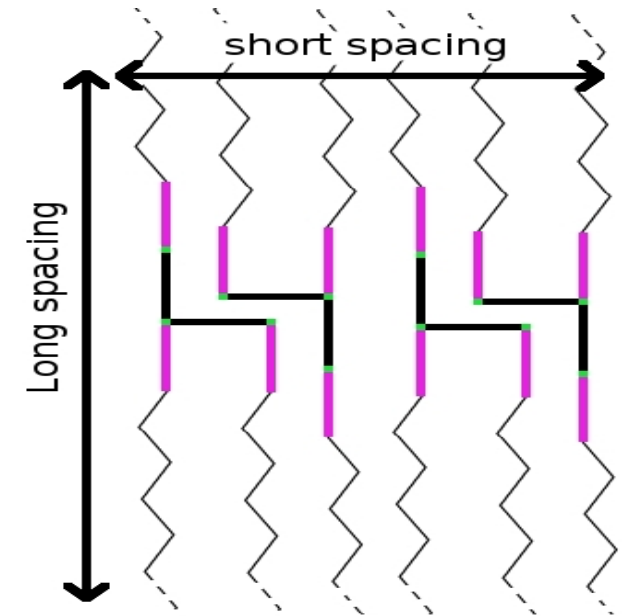
Varför har omättade fettsyror en böjd struktur?

- ✓ Vid dubbelbindningen sitter väteatomerna vanligtvis på samma sida (cis-struktur) och det innebär att hela fettsyran får en böjd form eftersom elektronerna repellerar varandra och intar största möjliga avstånd från varandra.



Fettsyrornas struktur påverkar egenskaperna

- ✓ **Fetter med mycket mättade fettsyror får hård konsistens och höga smältpunkter:** Mättade fettsyror har inga dubbelbindningar och har därför en rak struktur. Triglycerider eller fosfolipider med mättade fettsyror kan packas väldigt tätt p.g.a. fettsyrornas raka struktur. Detta gör att det blir många kontaktpunkter mellan olika fettsyror och därmed många van der Waalsbindningar (London dispersionskrafter). Det leder till att fetter med stor andel mättade fettsyror får hård konsistens och hög smältpunkt (t.ex. smör).
- ✓ **Fetter med mycket omättade fettsyror får lös konsistens och låga smältpunkter:** Eftersom omättade fettsyror är krokiga går dessa inte alls att packa lika effektivt. Detta gör att det blir få kontaktpunkter mellan olika fettsyror och därmed få van der Waalsbindningar (London dispersionskrafter). Det leder till att fetter med mycket omättade fettsyror får lös konsistens och låga smältpunkter (t.ex. rapsolja).
- ✓ **Cellmembranets egenskaper:** Om ett cellmembran innehåller många mättade fettsyror så blir cellmembranet "stelare" och mindre flexibelt jämfört med om det innehåller en hög andel omättade fettsyror.



Bilden visar 4 triglycerider med mättade fettsyror. Den raka strukturen hos fettsyrorna gör att triglyceriderna får stor kontaktyta mot varandra vilket ger en hårdare konsistens.

Bildkälla: By Laghi.I (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons

Fettsyrornas namn och kemiska beteckning

- ✓ **Trivialnamn:** De flesta fettsyror har ett trivialnamn som vanligtvis har koppling till vart fettsyran först hittades (t.ex. en speciell växt, djur eller djurdel).
- ✓ **Systematiskt namn:** Alla fettsyror har ett systematiskt namn som baseras på antalet kolatomer, antalet dubbelbindningar och vart dubbelbindningarna sitter (om det finns dubbelbindningar).
- ✓ **Exempel:** Arakidonsyra och eikosansyra är samma fettsyra, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$. Namnet arakidonsyra kommer av att syran bl.a. finns i jordnötter som har det latinska namnet "Arachis hypogaea". Namnet eikosansyra kommer från grekiskans "eikosi" som betyder tjugo och det är det antal kolatomer som fettsyran innehåller.

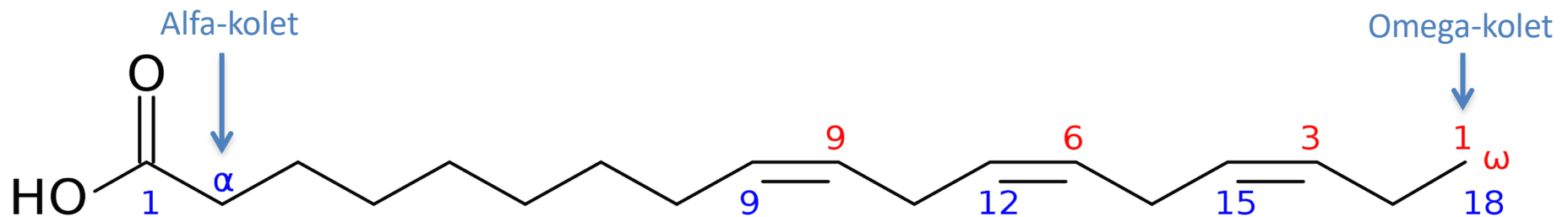
Namn och beteckning på mättade fettsyror

Kol- atomer:	Systematiskt namn:	Trivialnamn:	Beteck- ning:
4	Butansyra	Smörsyra	C4:0
5	Pentansyra	Valeriansyra	C5:0
6	Hexansyra	Kapronsyra	C6:0
7	Heptansyra		C7:0
8	Oktansyra	Kaprylsyra	C8:0
9	Nonansyra	Pelargonsyra	C9:0
10	Dekansyra	Kaprinsyra	C10:0
11	Undekansyra		C11:0
12	Dodekansyra	Laurinsyra	C12:0

Kol- atomer:	Systematiskt namn:	Trivialnamn:	Beteck- ning:
13	Tridekansyra		C13:0
14	Tetradekansyra	Myristinsyra	C14:0
15	Pentadekansyra		C15:0
16	Hexadekansyra	Palmitinsyra	C16:0
17	Heptadekansyra		C17:0
18	Oktadekansyra	Stearinsyra	C18:0
19	Nonadekansyra		C19:0
20	Eikosansyra	Arakinsyra	C20:0

Fettsyror är karboxylsyror och har en kolvätekedja med minst 4 kolatomer. Butansyra (smörsyra) är därför den minsta fettsyran.

2 sätt att beteckna omättade fettsyror



- ✓ **Karboxyl-referenssystemet:** Kolatomerna räknas från karboxyländen. Man tar med antalet kolatomer, antalet dubbelbindningar och positionen av alla dubbelbindningarna.

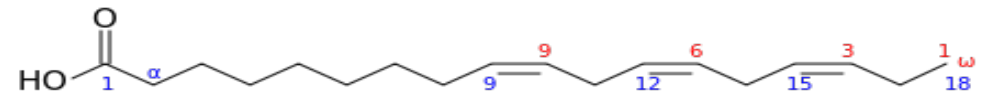
Beteckningen av ovanstående fettsyra skrivs då på följande sätt; C18:3 Δ ^{9,12,15}

- ✓ **Omega-referenssystemet:** Kolatomerna räknas från omegaändan. Man tar med antalet kolatomer, antalet dubbelbindningar och positionen av den dubbelbindning som är närmast omega-kolet (alla dubbelbindningar ska alltså inte tas med).

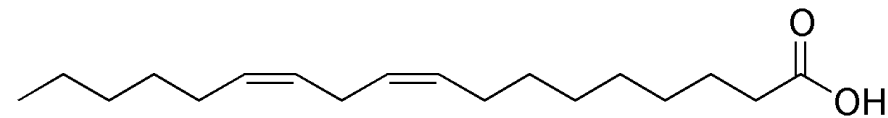
Beteckningen av ovanstående fettsyra skrivs då på följande sätt; C18:3, ω -3 eller C18:3, n-3

Förklaring till de vanligaste omega-begreppen

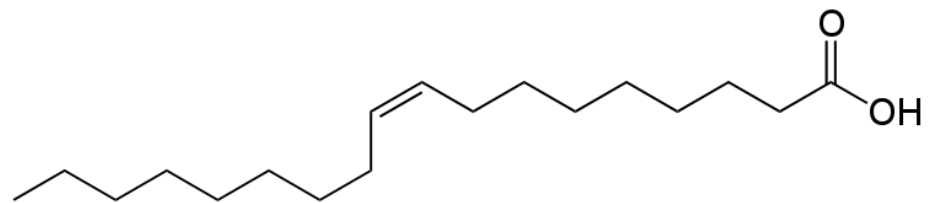
- ✓ **Omega-3:** Fleromättade fettsyror som har sin första dubbelbindning på det tredje kolet från omega-änden.
- ✓ **Omega-6:** Fleromättade fettsyror som har sin första dubbelbindning på det sjätte kolet från omega-änden.
- ✓ **Omega-9:** Enkelomättade fettsyror som har sin första och enda dubbelbindning på det nionde kolet från omega-änden.



Alfa-linolensyra; C18:3, n-3



Linolsyra; C18:2, n-6



Oljesyra; C18:1, n-9

Namn och beteckning på några enkelomättade fettsyror

Antal kolatomer:	Antal dubbelbindningar:	Systematiskt namn:	Trivialnamn:	Beteckning karboxylsystemet:	Beteckning omega-systemet:
14	1	cis-9-tetradekensyra	Myristoleinsyra	C14:1 Δ^9	C14:1, ω -5*
16	1	cis-9-hexadekensyra	Palmitoleinsyra	C16:1 Δ^9	C16:1, ω -7
18	1	cis-9-oktadekensyra	Oljesyra	C18:1 Δ^9	C18:1, ω -9
18	1	trans-9-oktadekensyra	Elaidinsyra	C18:1 Δ^9	C18:1, ω -9
18	1	cis-11-oktadekensyra	Vaccensyra	C18:1 Δ^{11}	C18:1, ω -7
20	1	cis-11-eikosensyra	Gadoljesyra	C20:1 Δ^{11}	C20:1, ω -9
22	1	cis-13-dokosensyra	Erukasyra	C22:1 Δ^{13}	C22:1, ω -9

*Alternativt; C14:1, n-5

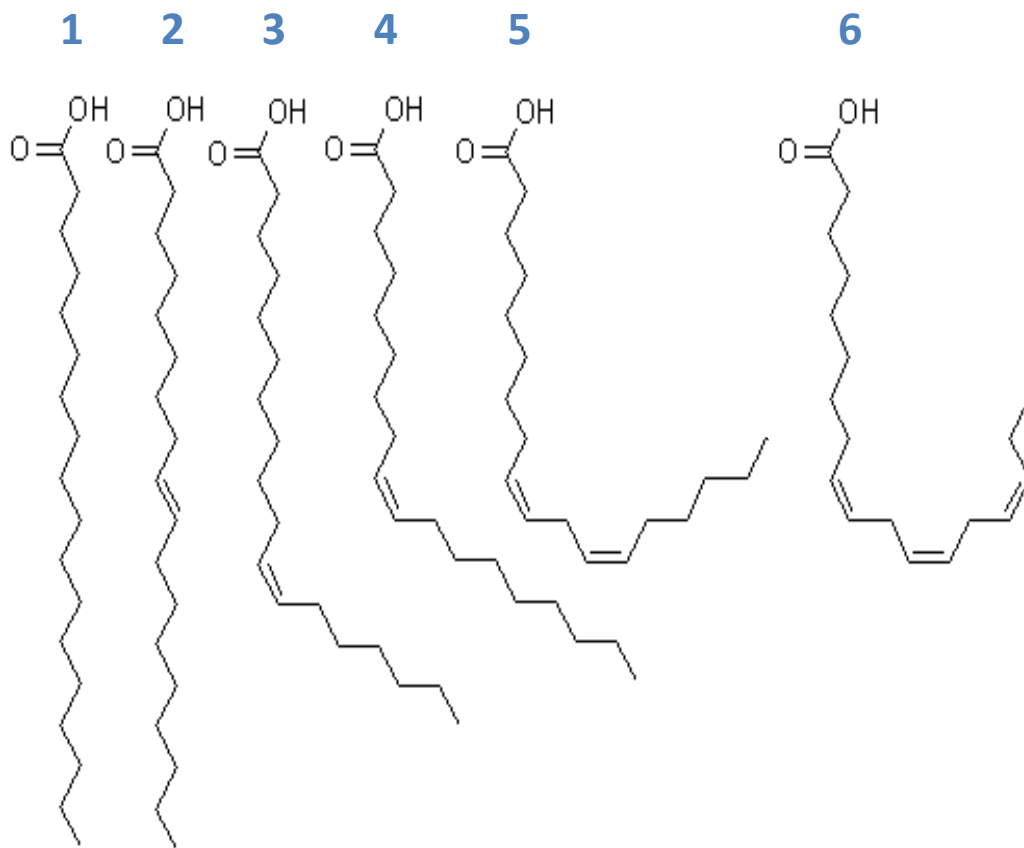
Namn och beteckning på några fleromättade fettsyror

Antal kolatomer:	Antal dubbelbindningar:	Systematiskt namn:	Trivialnamn:	Beteckning karboxylsystemet:	Beteckning omega-systemet:
18	2	cis-9,12-oktadekadiensyra	Linolsyra	C18:2 $\Delta^{9,12}$	C18:2, ω -6
18	3	cis-9,12,15-oktadekatriensyra	Alfa-linolensyra	C18:3 $\Delta^{9,12,15}$	C18:3, ω -3
20	4	cis-5,8,11,14-eikosatetraensyra	Arakidonsyra (spindelsyra)	C20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$	C20:4, ω -6
20	5	cis-5,8,11,14,17-eikosapentaensyra	EPA	C20:5 $\Delta^{5,8,11,14,17}$	C20:5, ω -3
22	6	cis-4,7,10,13,16,19-dokosahexaensyra	DHA	C22:6 $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$	C22:6, ω -3

*Alternativt; C18:2, n-6

Uppgift 1:

Ange fettsyratyp och karboxyl- och omega-beteckningen för följande fettsyror



Fettsyra:	Fettsyratyp:	Beteckning - karboxyl:	Beteckning - omega:
1	Mättad	C18:0	Ej
2	Enkelomättad, omega-9 (trans)	C18:1 Δ^9	C18:1, n-9 (trans)
3	Enkelomättad, omega-7	C18:1 Δ^{11}	C18:1, ω -7
4	Enkelomättad, omega-9	C18:1 Δ^9	C18:1, ω -9
5	Fleromättad, omega-6	C18:2 $\Delta^{9,12}$	C18:2, ω -6
6	Fleromättad, omega-3	C18:3 $\Delta^{9,12,15}$	C18:3, ω -3

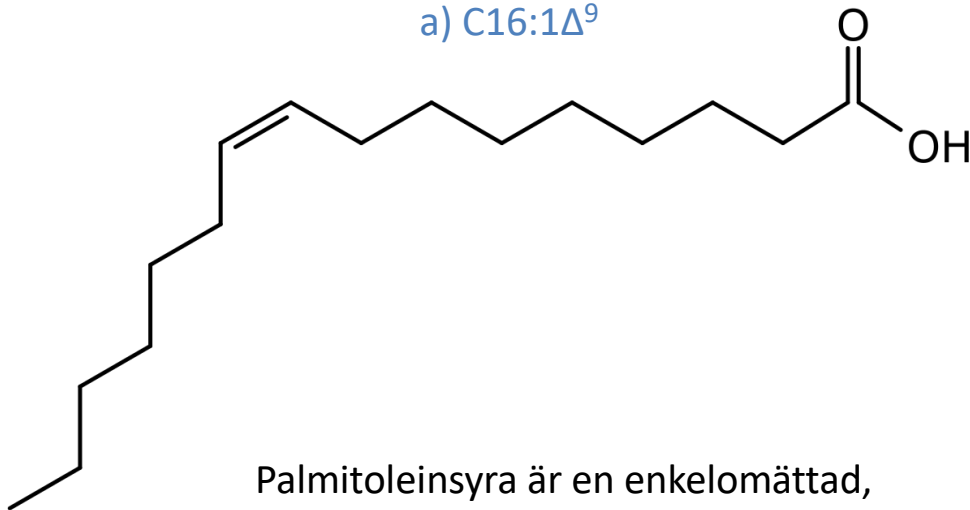
Uppgift 2: Rita följande fettsyror

a) C16:1 Δ^9

b) C20:4, ω -6

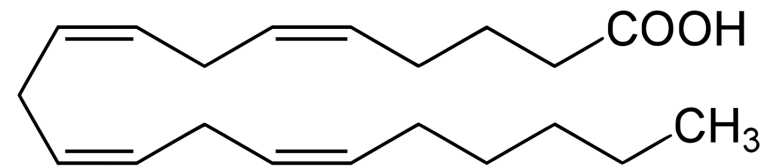
Lösning:

a) C16:1 Δ^9



Palmitoleinsyra är en enkelomättad, omega-7 fettsyra med 16 kolatomer och 1 dubbelbindning.

b) C20:4, ω -6



Arakidonsyra, även kallad spindelsyra, är en fleromättad, omega-6 fettsyra med 20 kolatomer och 4 dubbelbindningar.

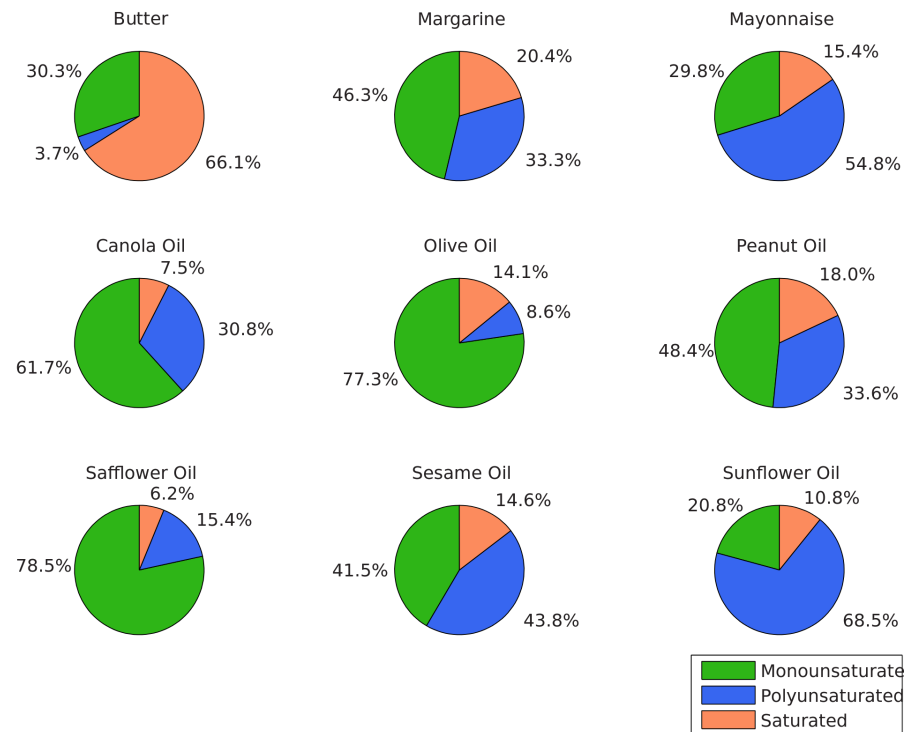
De vanligaste fettsyrorerna i vår kost

Fettsyra	Förkortning	Finns i
Laurinsyra	C12	Kött, mejeriprodukter, kokosfett och palmkärnolja.
Myristinsyra	C14	Kött, mejeriprodukter, fisk och vegetabiliska fetter (kokos och palmkärnolja).
Palmitinsyra	C16	De flesta livsmedel. Finns rikligt i palmolja, kött och mejeriprodukter
Palmitoleinsyra	C16:1, n-7	Mindre mängd i de flesta livsmedel.
Stearinsyra	C18	De flesta livsmedel, kött från idisslare, finns rikligt i sheaolja och kakaofett.
Oljesyra	C18:1, n-9	De flesta livsmedel och är den vanligast förekommande fettsyran i kosten. Finns rikligt i olivolja, rapsolja, mandlar, hasselnötter och avokado.
Linolsyra (omega-6)	C18:2, n-6	De flesta livsmedel. Vegetabiliska oljor, t.ex. majs-, solros- och rapsolja, och därmed i mjuka margariner. Mjölfett. Essentiell fettsyra.
α -linolensyra (omega-3)	C18:3, n-3	Rapsolja och linfröolja och i mjuka margariner. Essentiell fettsyra.

Data från Livsmedelsverket www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Livsmedelsdatabasen-/Naringsamnen-och-varden/Fett/Fettsyror/

Fördelning av olika typer av fettsyror i smör, margarin och i olika oljor

Composition of Fat Acid Types in Selected Foods



Bildkälla: By Xyzzyn at the English-language Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10542016>

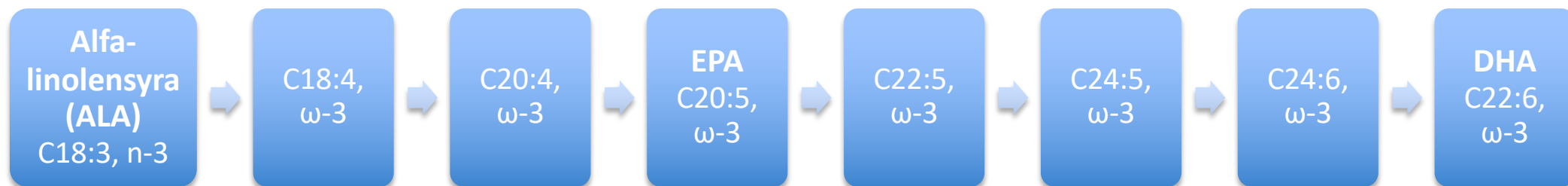
Essentiella fettsyror

- ✓ **Essentiella fettsyror:** Kroppen kan göra de flesta fettsyror från kolhydrater, proteiner eller från andra fettsyror. Men vissa fettsyror kan inte tillverkas i kroppen utan måste tillföras med födan. Dessa kallas för essentiella fettsyror.
- ✓ **2 fettsyror är essentiella:** Det är enbart linolsyra (omega-6) och alfa-linolensyra (omega-3) som är essentiella fettsyror för oss. Linolsyra finns framförallt i majsolja och solrosolja och produkter som innehåller dessa oljor. Alfa-linolensyra finns t.ex. i rapsolja.
- ✓ **Funktioner hos de essentiella fettsyrorerna:** De essentiella fettsyrorerna har en rad viktiga funktioner i kroppen. En av de viktigaste funktionerna är att de fungerar som byggstenar för ännu längre fleromättade fettsyror. De essentiella fettsyrorerna och de fettsyror som bildas från dessa påverkar blodtrycket, njurarnas funktion, immunförsvarets funktion (t.ex. inflammatoriska processer), blodets koaguleringsförmåga, hjärnans utveckling och funktion etc. De är också viktiga beståndsdelar i cellmembranens fosfolipider (framförallt i hjärnans celler) och bidrar bl.a. till att cellmembranen blir mer "flytande". Det har betydelse för funktionen hos de receptorer och proteiner som sitter i membranet och för ämnen som ska transporteras in och ut ur cellerna.

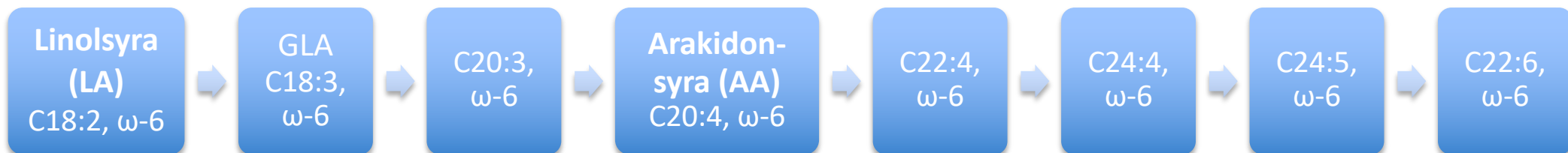
De essentiella fettsyrorna är byggstenar till andra fleromättade fettsyror

- ✓ Om vi äter ALA och LA så kan kroppen utifrån dessa bilda de andra fleromättade fettsyrorna (olika omega-3 och omega-6). En del studier har dock visat att omvandlingen från ALA till de viktiga omega-3-fettsyrorna EPA och DHA inte är optimal och vill vi ha höga nivåer av dessa fettsyror i kroppen så bör vi troligtvis äta dessa i direkt form (fet fisk innehåller mycket).

Omega-3 familjen:



Omega-6 familjen:

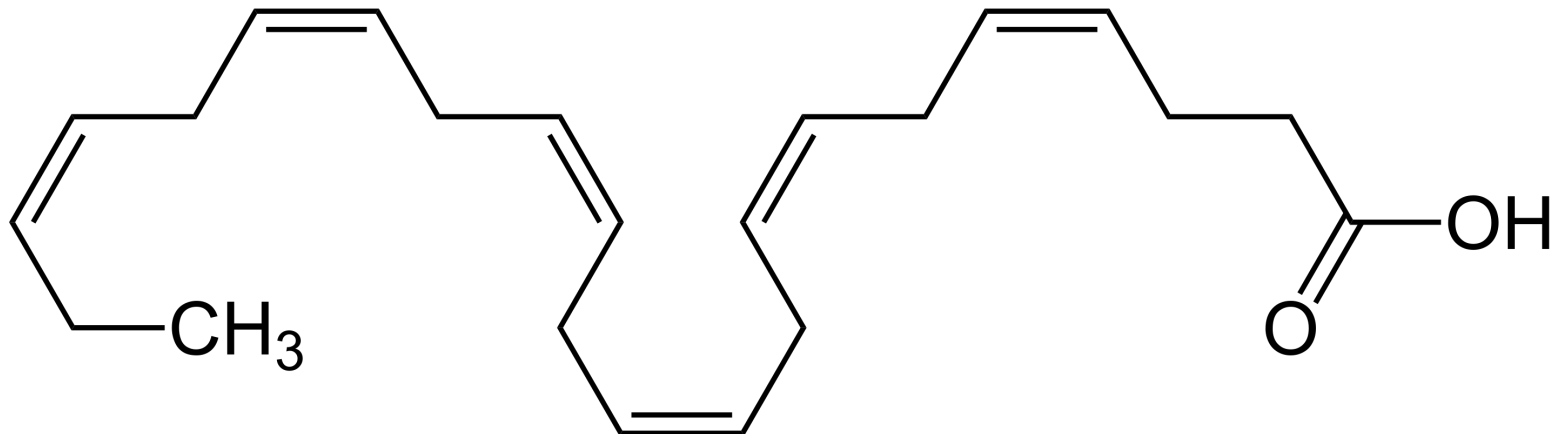


Livsmedel som innehåller olika fleromättade fetter

- ✓ **Linolsyra (LA):** Förekommer i de flesta livsmedel. Finns i olika vegetabiliska oljor som t.ex. majs-, solros- och rapsolja och därmed även i mjuka margariner och en rad andra livsmedel som innehåller dessa oljor (mycket snabbmat, friterad mat, bakverk etc. innehåller dessa oljor). fröolja som soja-, vetegrodds-, oliv-, majs-, jättenattljus-, gurkört- och solrosolja.
- ✓ **Alfa-linolensyra (ALA):** Linfröolja och rapsolja och mjuka margariner, hampa-, valnöt-, raps- och pumpakärnolja, sojabönor och mörkgröna grönsaker.
- ✓ **GLA:** Modersmjölk, jättenattljus- och gurkörtolja, blågröna alger.
- ✓ **Arakidonsyra (AA):** Kött, mejeriprodukter, havsalger och räkor.
- ✓ **EPA och DHA:** Fet fisk (sill, laxfiskar, abborre, makrill, krill, grön musselolja) och havsalger.

Uppgift 3:

Ange den kemiska beteckningen på nedanstående fettsyra (DHA)



Lösning:

Kemisk beteckning enligt karboxyl-referenssystemet: C22:6 Δ ^{4,7,10,13,16,19}

Kemisk beteckning enligt omega-referenssystemet: C22:6, ω -3

Repetera:

Repetera följande begrepp:

- Fettsyror
- Karboxylsyror
- Karboxylgrupp
- Karboxylatgrupp
- pK_a -värde
- Deprotonerad/protolyserad
- Protonerad/oprotolyserad
- Mättade fettsyror
- Enkelomättade fettsyror
- Fleromättade fettsyror
- Trivialnamn
- Systematiskt namn
- Alfa-kolet
- Omega-kolet
- Karboxyl-referenssystemet
- Omega-referenssystemet
- Alfa-linolensyra (ALA)
- Linolsyra (LA)
- Arakidonsyra (AA)
- DHA och EPA
- Essentiella fettsyror
- Omega-3, omega-6, omega-9

Rita följande:

- En mättad fettsyra med 8 kolatomer.
- En enkelomättad, omega-9 fettsyra med 14 kolatomer.
- En fleromättad, omega-3 fettsyra med 18 kolatomer och 3 dubbelbindningar.



Se gärna fler filmer på:
kemilektioner.se
youtube.com/kemilektioner