

KAPITEL 3: FEDTSTOFFER

Når vi i daglig tale snakker om fedt, så er det egentlig triglycerider, vi taler om, måske taler vi også om kolesterol.



Fedtstoffer er en stor gruppe af meget forskellige stoffer, hvoraf triglyceriderne udgør en vigtig gruppe, når vi har med kost at gøre.

Cholesterol hører til en anden gruppe af fedtstofferne, med en helt anden kemisk struktur end triglyceriderne. Cholesterol er også vigtigt i forbindelse med vores kost og sundhed – men det følgende vil begrænse sig til en gennemgangen af triglyceriderne.

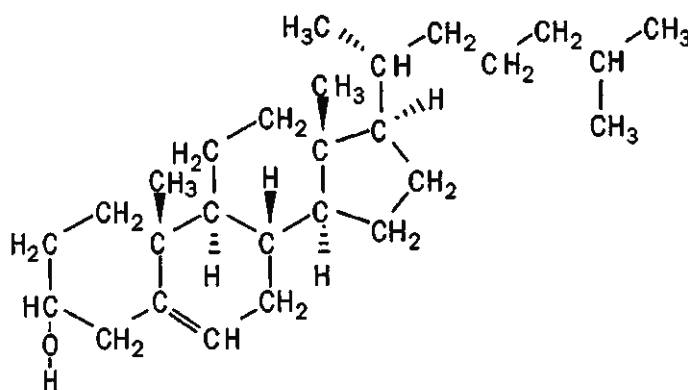


Fig. 3.1: Cholesterol.

Når vi indtager 1 g fedt/triglycerid med kosten, tilfører vi kroppen 38 kJ.

Fedt / triglycerider	38 kJ/g
----------------------	---------

Tabel 3.1: Energiindholdet i 1 g fedt/triglycerid.

Triglycerider

Triglyceriderne er opbygget af et glycerolmolekyle og 3 fedtsyrer.

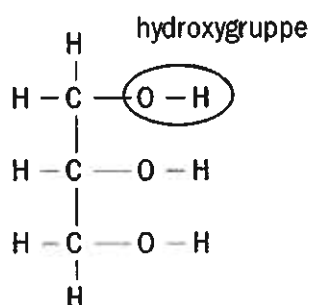


Fig. 3.2: Glycerol.

Organiske syrer og dermed også fedtsyrer er karakteriseret ved, at de indeholder en carboxylgruppe og en kæde af carbonatomer med hydrogenatomer på.

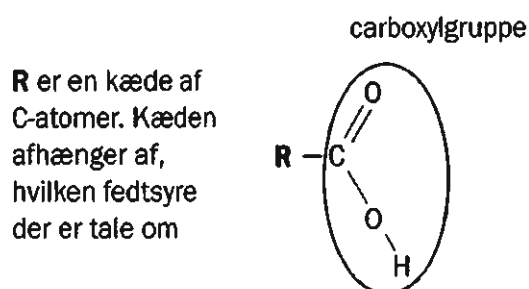


Fig. 3.3: Grundstrukturen i en carboxylsyre.

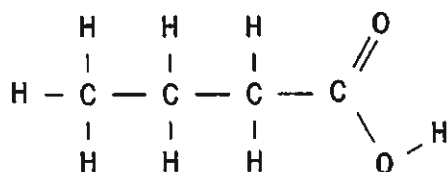


Fig. 3.4: Et eksempel på en carboxylsyre. Butansyre/smørsyre.

Fedtsyrer

Fedtsyrerne, der indgår i triglyceriderne, inddeles i tre typer.

Mættede fedtsyrer

De er lange kæder af carbonatomer, C-atomer, som er bundet sammen med enkeltbindinger, og hvor resten af bindingerne er bundet til H-atomer, hydrogen-atomer.

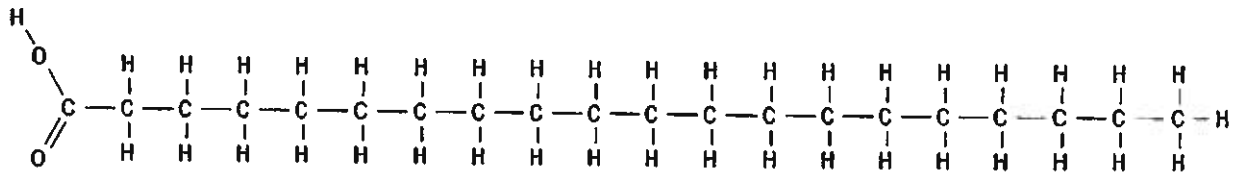


Fig. 3.5: En mættet fedtsyre, $C_{19}H_{39}COOH$.

Monumættede fedtsyrer

De er også lange kæder af carbonatomer, bundet sammen med enkeltbindinger, men et sted er to carbonatomer bundet sammen med en dobbeltbinding.

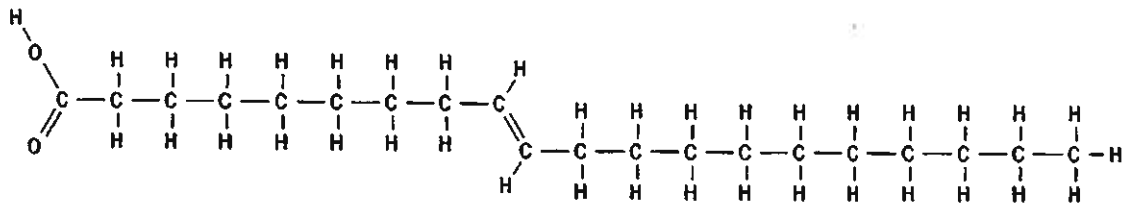


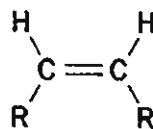
Fig 3.6: Eksempel på en monumættet fedtsyre, $trans-C_{19}H_{37}COOH$.

Når fedtsyrerne indeholder en dobbeltbinding, forekommer der to strukturformler af fedtsyren. Omkring en enkelt binding er der fri drejelighed. Når der indgår en dobbeltbinding, bliver molekylet låst.

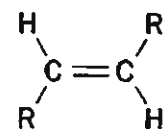
Atomgrupperne på hver sin side af dobbeltbindingen kan pege til samme side, så siger man, at molekylet har **cis**-form, se fig. 3.7.

Atomgrupperne på hver sin side af dobbeltbindingen kan også sidde på hver sin side af dobbeltbindingen, se fig. 3.7, så er molekylet på **trans**-form.

Af de to typer monumættede fedtsyrer, cis og trans, er det cis-formen, der forekommer i naturen. Cis-formen af de monumættede fedtsyrer er den sunde. Transfedtsyrerne skal man undgå.



cis-form



trans-form

Fig. 3.7: Skematisk fremstilling af cis- og trans-formen.

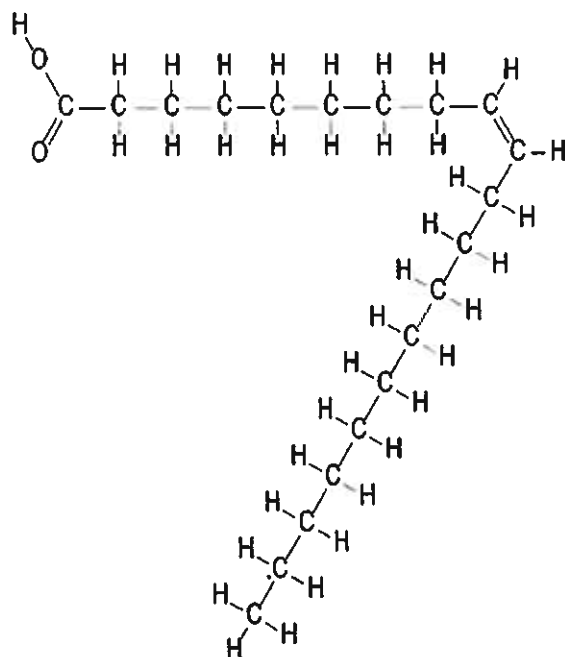


Fig. 3.8: Et eksempel på en monoumættet fedtsyre, $cis-C_{19}H_{37}COOH$.

Polyumættede fedtsyrer

er også lange kæder af carbonatomer bundet sammen med enkeltbindinger, men to eller flere steder er to carbonatomer bundet sammen med en dobbeltbinding.

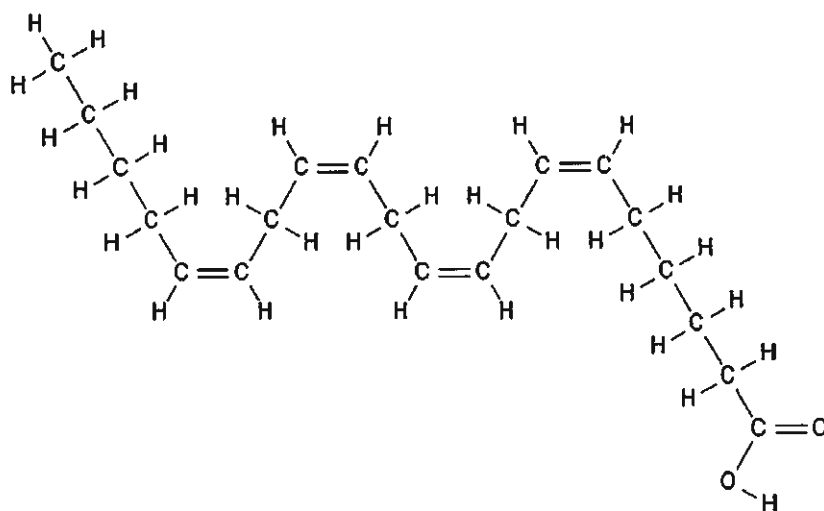


Fig. 3.9: Eksempel på en polyumættet fedtsyre, $C_{19}H_{31}COOH$.

Undgå pomes frites!

En høj indtagelse af transfedtsyrer kan føre til hjertesygdom. Nu har forskere ved Harvard School of Public Health bekræftet, at mange slags snacks og kager har et meget højt indhold af transfedtsyrer. F. eks. fandt de, at et stykke wienerbrød indeholder over 3 g transfedtsyrer; 100 gram pomes frites indeholder mellem 2,41 og 3,43 g og en teskefuld hård margarine omkring 0,6 g. I modsætning til dette fandt man, at en teskefuld smør kun indeholder 0,1 g og en muffin kun 0,09 g. Kylling og flæsk har også et relativt lavt indhold af transfedtsyrer; 125 g kylling og 125 g flæsk indeholder omkring 0,1 g. Oksekød har et noget højere indhold, 0,9 g pr. 125 g og vegetabilsk stegefedtstof indeholder gennemsnitligt 0,63 g transfedtsyrer pr. teskefuld. Forskerne peger på, at transfedtsyrer forøger blodets indhold af de helsefarlige lavvægtfylde kolesteroler og nedsætter indholdet af de "gode" højvægtfylde kolesteroler. De advarer også mod, at selv en begrænset indtagelse af transfedtsyrer kan ophæve den gode virkning af en diæt, der ellers har et lavt fedtindhold.

Kilde: Litlin, Lisa and Sacks, Frank. Trans-fatty-acid content of common foods. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 329, No. 26. *Circulation*, Vol. 89, No. 2, February 1994.

Health News 2003

Transfedt er vidt udbredt i fast food udenfor Danmark

af Henrik Rosendahl Kristiansen.

Nyheden gik verden rundt som en steppebrand, da en dansk forskergruppe (Stender & Dyerberg) fra Gentofte Universitets-hospital med assistance fra Landbohøjskolen (Astrup) 13. april 2006 rapporterede, at grillstegte kyllinger og friturestegte pomes frites fra McDonald's og Kentucky Fried Foods (KFC) i 20 lande indeholder betydelige mængder industrielt produceret transfedt. Efter et måltid bestående af 160 gram kylling og 171 gram pomes frites indtages en mængde transfedt som er decideret sundhedsskadeligt. Det skyldes, at fritureolien indeholdt en stor mængde transfedt, bortset fra i Danmark hvor indholdet lå under den lovpligtige grænse på 2% (transfedt i % af total fedt), som i øvrigt er en særlov i Danmark.

Systematisk navngivning af fedtsyrer

Fedtsyrer navngives efter to forskellige systemer. Det ene benytter den internationale systematiske kemiske navngivning for organiske syrer. Det andet benytter trivialnavne - også kaldet fysiologisk navngivning.

Den systematiske navngivning bruger de græske talord til angivelse af antallet af C-atomer.

Arabiske tal	Græske talord
1	Mono
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta

Kap. 3

Arabiske tal	Græske talord
6	Hexa
7	Hepta
8	Octa
9	Nona*
10	Deca
11	Undeca
12	Dodeca
13	Trideca
14	Tetradeca
15	Pentadeca
16	Hexadeca
17	Heptadeca
18	Octadeca
19	Nonadeca
20	Icosa
21	Henicosa
22	Docosa

Tabel 3.2: De arabiske tal og de græske talord. *Nona er latin.

Systematisk navngivning af en mættet fedtsyre

Vi bruger $C_{11}H_{23}COOH$ som eksempel på navngivning af en mættet fedtsyre:

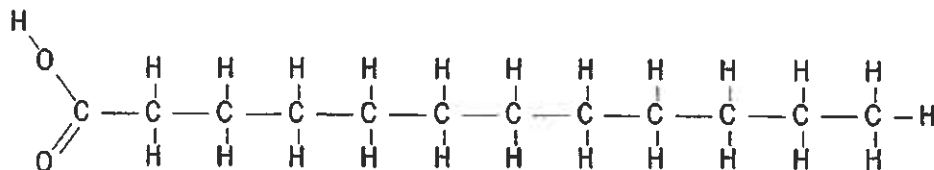


Fig. 3.10: Dodecansyre.

1. Start med at tælle antallet af C-atomer – der er 12 C-atomer.
2. Ifølge tabel 3.2 hedder 12 "dodeca" på græsk.
3. Da fedtsyren er en mættet fedtsyre, får dodeca endelsen "an" – dvs. fedtsyren kommer til at hedde "dodecan".
4. Da det er en carboxylsyre, skal fedtsyren have endelsen syre. Hele navnet bliver derfor "Dodecansyre"

Systematisk navngivning af en monoumættet fedtsyre

Vi bruger $C_{11}H_{21}COOH$ som eksempel på navngivning af en **monoumættet fedtsyre**. En monoumættet fedtsyre kan forekomme både i en *cis*- og en *trans*-struktur.

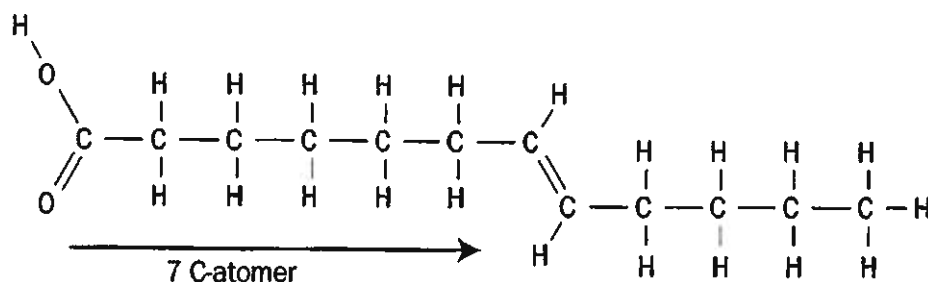


Fig. 3.11: *Trans*-7-dodecensyre.

Fælles for navngivningen af *cis*- og *trans*-formen er:

1. Fedtsyrerne indeholder 12 C-atomer. Navnet afledes derfor af det græske ord for tolv "dodeca".
2. Tæl derefter antallet af C-atomer fra carboxylenden og hen til dobbelt bindingen - der er 7 C-atomer.
3. Dette tal bruges til at angive, hvor dobbeltbindingen er placeret i fedtsyren.
4. Da fedtsyren indeholder en dobbeltbinding, får fedtsyren endelsen "-en" og **syre**.
5. Til sidst skal man angive, om det er *cis*- eller *trans*-formen.

- Fedtsyren fig. 3.11 får derfor navnet: *Trans*-7-dodecensyre.
- Fedtsyren fig. 3.12 får derfor navnet: *Cis*-7-dodecensyre.

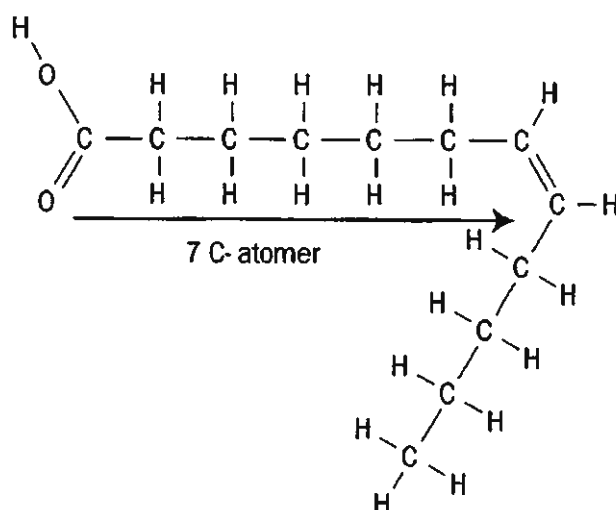
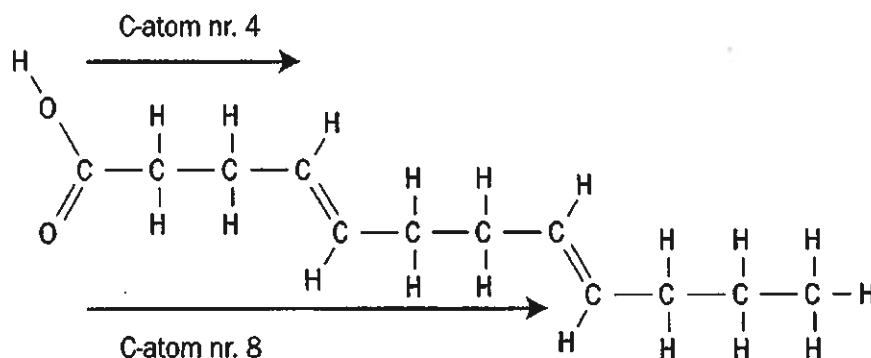


Fig. 3.12: *Cis*-7-dodecensyre.

Systematisk navngivning af en polyumættet fedtsyre

Vi bruger $C_{11}H_{19}COOH$ som eksempel på navngivning af en **polyumættet fedtsyre**.



Figur 3.13: *trans*-4,8-dodecadiensyre.

1. Hele C-atomkæden indeholder 12 C-atomer, dvs. det er en "dodeca".
2. Molekylet indeholder to dobbeltbindinger, hvilket angives med "di".
3. Placeringen af dobbeltbindingerne findes ved at tælle fra carboxylgruppen. Den ene dobbeltbinding starter ved C-atom nr. 4, og den anden starter ved C-atom nr. 8.
4. Da der er dobbeltbindinger i fedtsyren, får den endelsen "-en", samtidig med at vi skal angive antallet af dobbeltbindinger med "di".

- Navnet bliver: *trans*-4,8-dodecadiensyre



Opgave 3.1

Opgave 3.2

Opgave 3.3

Fedtsyrer og ernæring

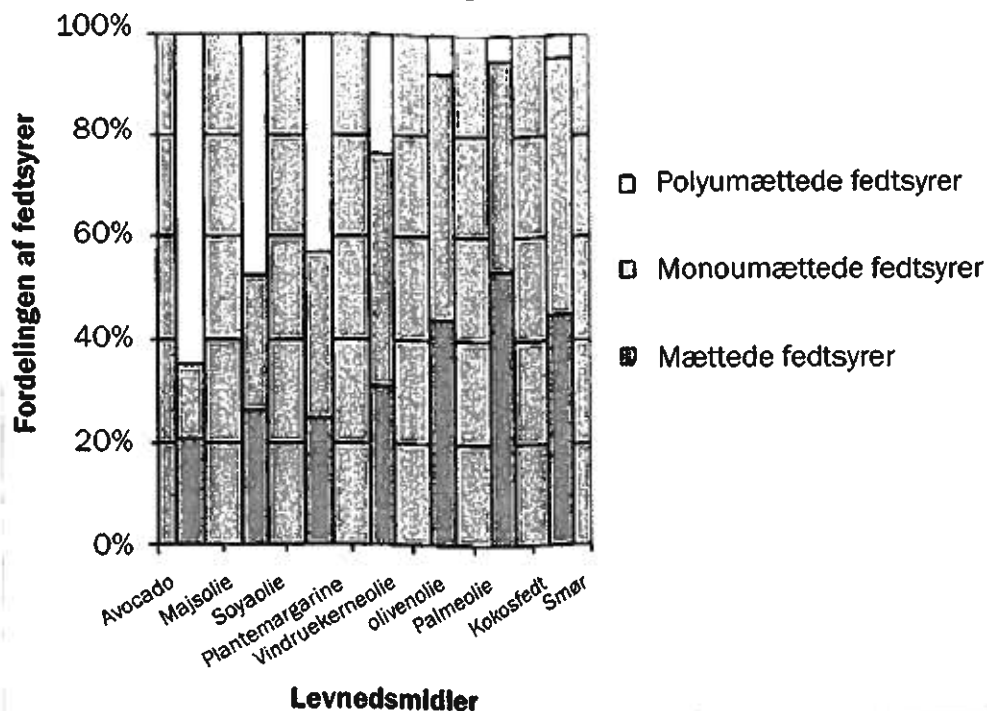
Når man i ernæringssammenhæng taler om fedtsyrer, tales der ofte om omega-3 (ω -3) og omega-6 (ω -6) fedtsyrer. Omega-3 og omega-6 henryder til, hvor den første dobbeltbinding er placeret i fedtsyren - men til forskel fra den systematiske navngivning, begynder man at tælle fra methylenen i fedtsyren.

Eksempel: systematisk navngivning

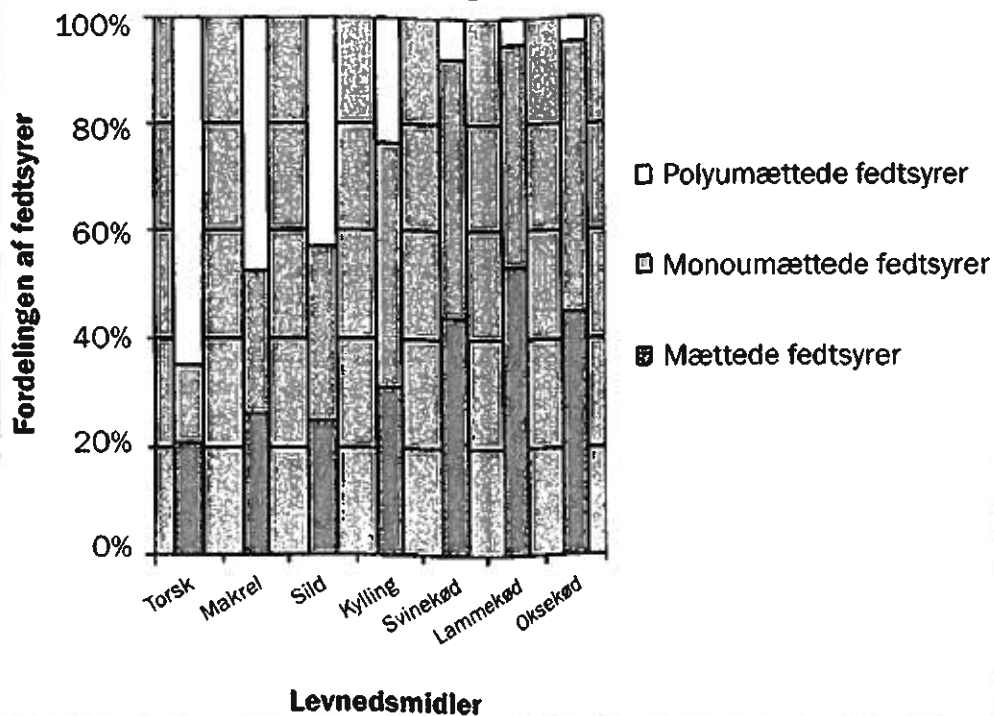
Når fedtsyren i figur 3.14 skal navngives systematisk, starter man med at tælle fra carboxylsyregruppen. Dobbeltbindingen starter ved C-atom nr. 9. Da fedtsyren er en *cis*-udgave, bliver navnet:

- *Cis*-9-*trans*-tetradecensyre, og angives også som: 9C 14:1

Fordelingen af fedtsyrer i forskellige olier og margariner



Fordelingen af fedtsyrer i forskellige animalske produkter



Triglyceridernes opbygning

Fedtstoffer i form af triglycerider er opbygget af et glycerolmolekyle og tre fedtsyrer.

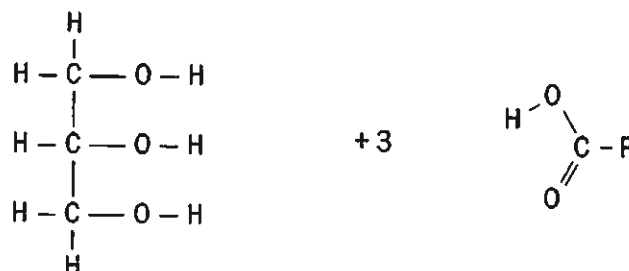


Fig 3.16: Glycerol (t.v) og den korte form for en carboxylsyre (R kan variere i længden).

Fedtsyrer og glycerol er bundet sammen med **esterbindinger**. Esterbindinger dannes ved en kondensationsreaktion, når en carboxylsyre og en alkohol reagerer med hinanden under fraspaltning af vand, H_2O .

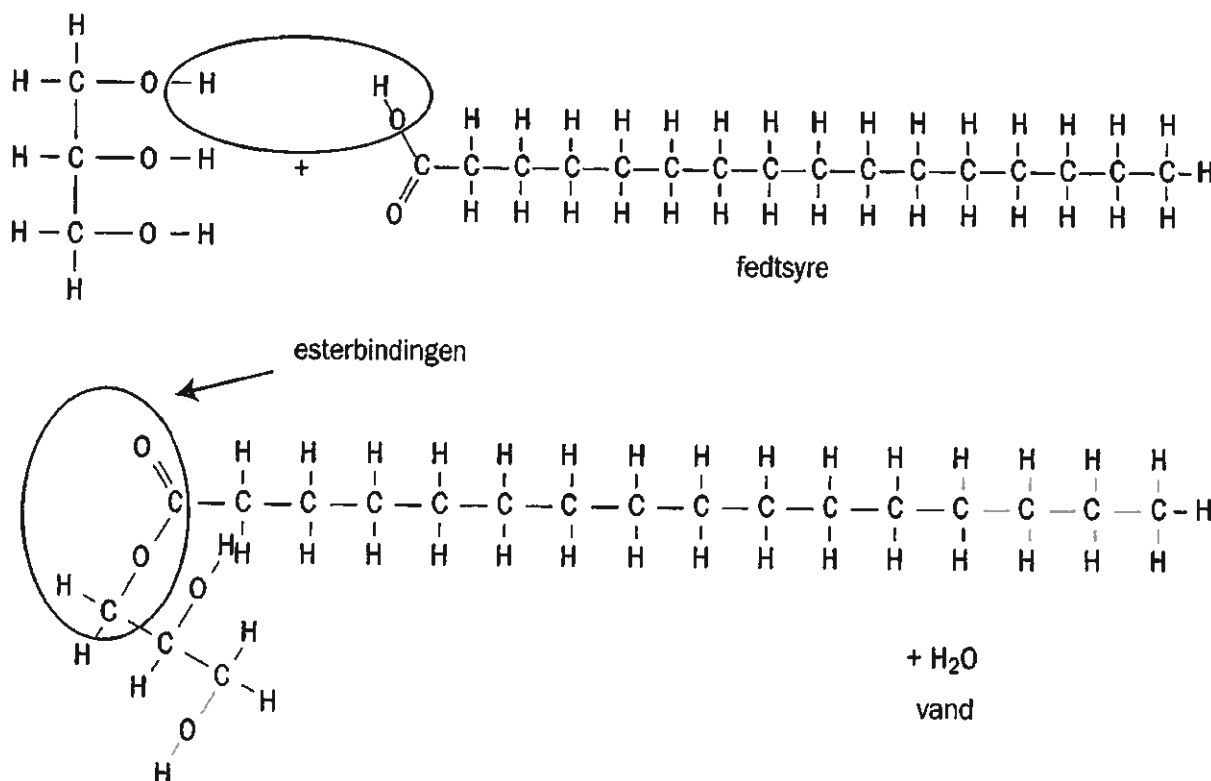


Fig 3.17 Dannelsen af esterbindingen mellem glycerol og en carboxylsyre.

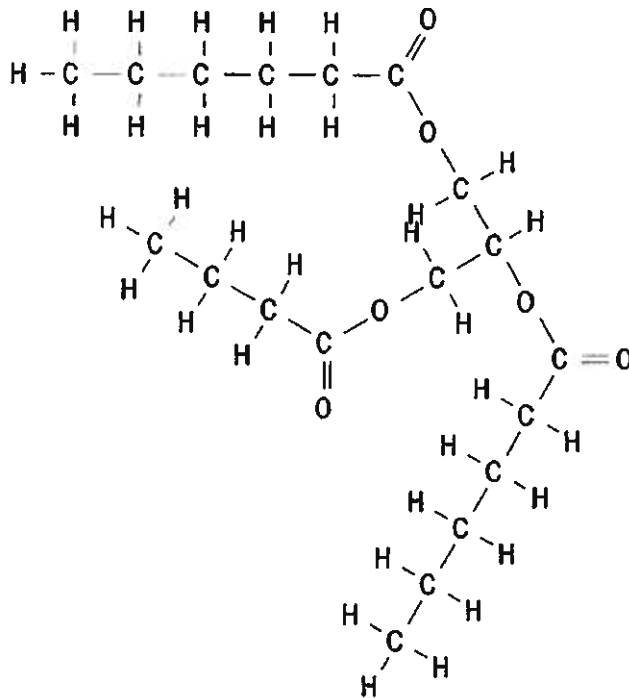


Fig. 3.18: Fedtmolekyle/Triglycerid.

Et fedtmolekyle (glycerol med tre fedtsyrer) er et stort uformeligt molekyle. Jo flere umættede og polyumættede fedtsyrer, der er i triglyceridet, jo mere fylder molekylet.

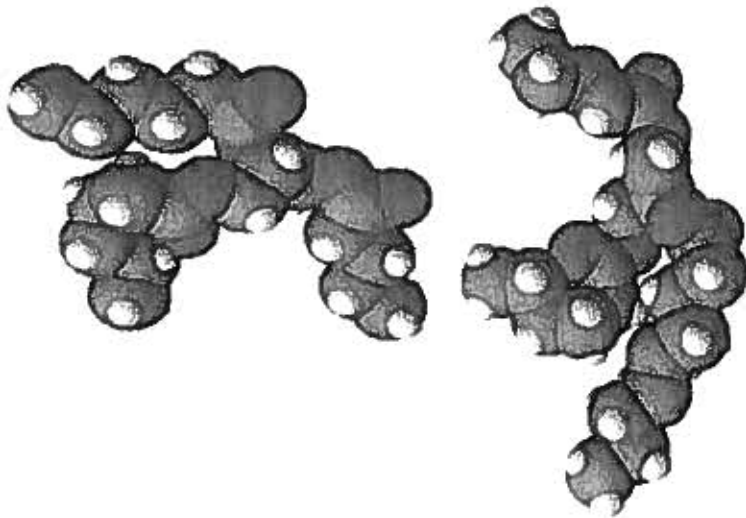


Fig 3.19: To fedtmolekyler.

Indholdet af mættede fedtsyrer, monoumættede fedtsyrer og polyumættede fedtsyrer, bestemmer de fysiske egenskaber for fedtmolekylerne.

Fedtstoffernes fysiske egenskaber

Hvis fedtstofferne (triglyceriderne) indeholder mange mættede fedtsyrer, kan triglyceriderne "pakkes" tættere, og fedtstoffet får et højt smeltepunkt.

F.eks. er smør og kokosfedt (palmin) faste ved stuetemperatur. Af tabel 3.4 fremgår det, at begge disse fedtstoffer har et højt indhold af mættede fedtsyrer.

FEDTSTOF	SMELTEPUNKT
Kokosolie / palmin	20 - 28 °C
Olivenolie	-6 °C
Palmeolie	35 - 42 °C
Soyaolie	-18 - -8 °C
Vindruekerneolie	-24 - -10 °C
Smør	28 - 38 °C
Fåretalg	32- 41 °C
Kyllingefedt	21 - 27 °C
Oksetalg	40 - 50 °C
Svinefedt	27- 30 °C
Torskelevertran	- 3 °C
Sælspæk	3 °C
Menneskefedt	15 °C

Tabel 3.5: Smeltepunkter for forskellige fedtstoffer. Dataene er taget fra Databog Fysik og Kemi – F&K Forlaget, 10. udgave 2. oplag.

Olivenolie og vindruekerneolie har et højt indhold af henholdsvis mono-umættede og polyumættede fedtsyrer, og begge disse fedtstoffer er flydende ved stuetemperatur. De er endog flydende, når de opbevares i køleskabet.

Kemiske egenskaber

Opløselighed

Størstedelen af fedtstofmolekylerne består af carbonatomer, C, der er bundet til hydrogenatomer, H. Det vil sige, at fedtmolekylerne består af grundstoffer, der er bundet sammen af upolære kovalente bindinger.

De upolære kovalente bindinger gør fedtstofmolekylerne upolære.

Fedtstofmolekylerne er derfor kun opløselige i andre upolære stoffer.

Fedtstoffer er ikke opløselige i vand, H_2O , der er et stærkt polært opløsningsmiddel. Dette ses bl.a. i opvaskevand eller på supper, hvor fedtet ligger som små perler på overfladen. Man kan f.eks heller ikke fjerne fedt fra en tallerken uden at tilsætte sæbe.



Fig 3.20: Rapsolie i vand.

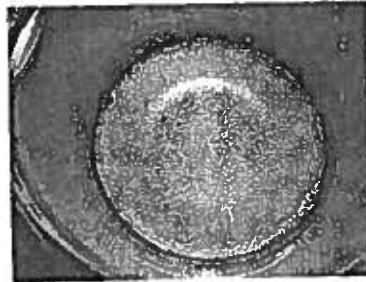


Fig 3.21: Rapsolie i vand tilsat opvaskemiddel.

Kemiske reaktioner

Molekyler, hvor C-atomerne er bundet sammen med enkeltbindinger, er meget svære at få til at reagere med andre grundstoffer. Mættede fedtsyrer er derfor svære at få til at reagere med andre kemiske stoffer.

Monoumættede og polyumættede fedtsyrer kan man derimod få til at reagere med andre kemiske stoffer, idet den ene binding i dobbeltbindingen er ret svag.

~~Iodtal~~

~~Et kemisk begreb, der bruges til at angive antallet af dobbeltbindinger i et fedtstof, er **iodtal**.~~

~~Den svage binding i dobbeltbindingerne i umættede fedtsyrer vil gerne reagere med diiod, I_2 . Reaktionen mellem I_2 (diiod) og dobbeltbindingen kaldes en **additionsreaktion** - reaktionen kan ses på figur 3.22.~~