

## **Fedtstoffer - typer, behov, omsætning, anvendelse og anbefalinger.**

**En oversigt.**



# Indhold

---

Fedtstof - definition og opbygning .....	5
Fordøjelse og transport i blodet .....	7
Omsætning .....	12
Kostanbefaling - Nyeste energi- og næringsstofanbefalinger 2012 (NNR 2012).....	14
Fedtstof eksempler og egenskaber .....	15
Optimal brug af olier. ....	18
Hvad skal man spise? .....	19
Litteratur og figurreferencer .....	21

---





# Fedtstof - definition og opbygning

Fedtstof i celler, organismer og mad findes i tre hovedtyper:

- 1 **Triglycerid:** glycerol og tre fedtsyrer koblet sammen til et molekyle.

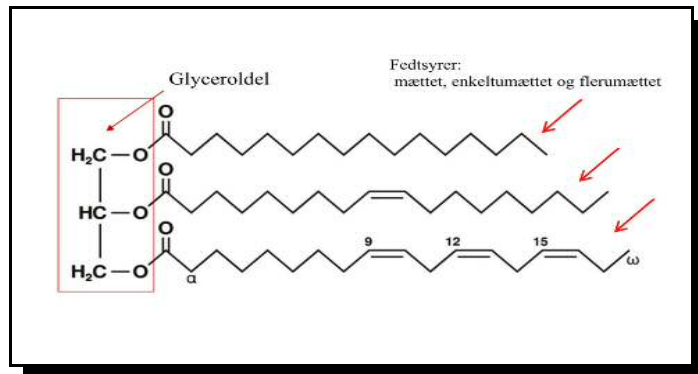
Fedtsyrerne kan være mættede, monumættede eller polyumættede, figur 1.

Animalsk fedt og plantefedt er triglycerider; depotfedt hos dyr og oplagsnæring i nødder, jordnødder, avocado og andre frugter - er ligeledes triglycerider.

Alle fedtsyrer i biologisk materiale (bortset fra hos enkelte havlevende organismer) er lige kædede.

Kædelængde og antal dobbeltbindinger angives traditionelt  $C_{16:0}$ ,  $C_{18:1}$ , etc.  $C_{16:0}$  (palmitinsyre) og  $C_{18:0}$  (stearinsyre) er de to hyppigst forekommende mættede fedtsyrer; hyppigst blandt de umættede er oliesyre  $C_{18:1}$ . Kortkædede mættede fedtsyrer  $C_{10:0}$  -  $C_{14:0}$  findes i mælkefedt (smør) og kokosolie og palmekerneolie (se også tabel 2 og 3).

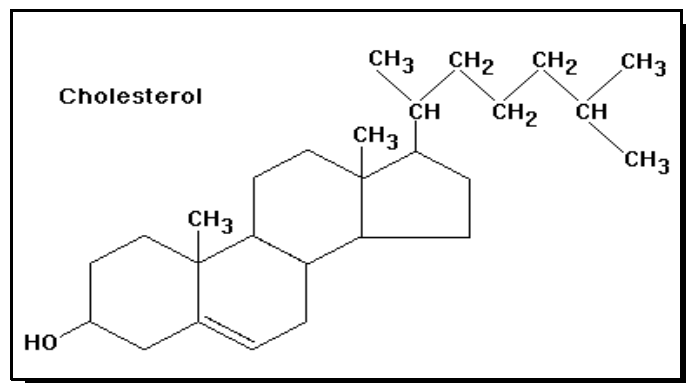
Med  $\omega n$  angives hvor første dobbeltbinding sidder, talt fra methyl-enden af fedtsyremolekylet; nederste fedtsyre i figur 1 er en  $\omega 3$ .



**Figur 1** Triglycerid strukturformel;  $\omega$  angiver methyl-enden af fedtsyren. Første dobbeltbindings placering angives herfra:  $\omega 3$  i figuren (I)

- 2 **Cholesterol** (figur 2) er en væsentlig bestanddel i cellemembraner; desuden udgangspunkt for hormonproduktion i hormankirtler og udgangspunkt for produktion af galdesalte i leveren.

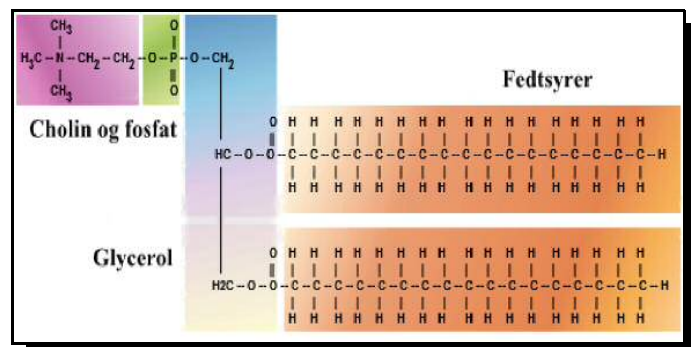
Endelig er kolesterol et fedttransporthjelpestof.



**Figur 2** Cholesterol strukturformel (II)

- 3 **Fosfolipider**, dvs triglycerider hvori en af fedtsyrerne er erstattet af et fosfatmolekyle sammen med en af flere forskellige alkoholer (ofte cholin).

Fosfolipider er hovedbestanddelen i cellemembraner; figur 3 og 4.

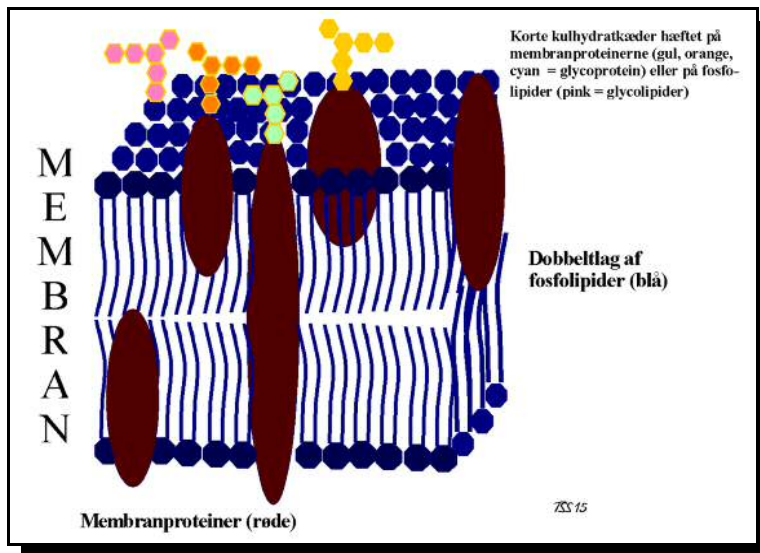


**Figur 3** Fosfolipid strukturformel, jvf. fig. 1 (III)

Alle fedtstof typerne er hydrofobe - dvs vandskyende. Det giver både specielle egenskaber og problemer for celledfunktion og fedtstoftransport i organismen.

Membraner er cellernes kontaktflade mod omverdenen. Cellemembraner er opbygget af et dobbeltlag fosfolipider med indlejrede proteinmolekyler - enten gennemgående eller begrænset til yder- eller inderside (figur 4).

Indlejret i fosfolipiddobbelletaget er også kolesterolmolekyler<sup>1</sup>, som spiller en væsentlig rolle i stabilisering af membranstrukturen. Lokalt øger eller sænker kolesterolmolekylerne viskositeten af membranlaget og forhindrer, at fosfolipiderne krystalliserer.



**Figur 4** Skematisk celledmembranmodel. Diameter: 7 nm. Proteinmolekylerne og fosfolipiderne kan være påhæftet korte kulhydrat kæder. I membranen indgår også kolesterolmolekyler, som dog ikke er med på tegningen. (TSS 15)

På grund af fedtmolekylernes hydrofobe egenskab er membranen en ugenomtrængelig barriere for vandopløselige molekyler. De gennemgående proteinmolekyler fungerer som transportkanaler for små og store vandopløselige molekyler og faktisk også for vand selv.

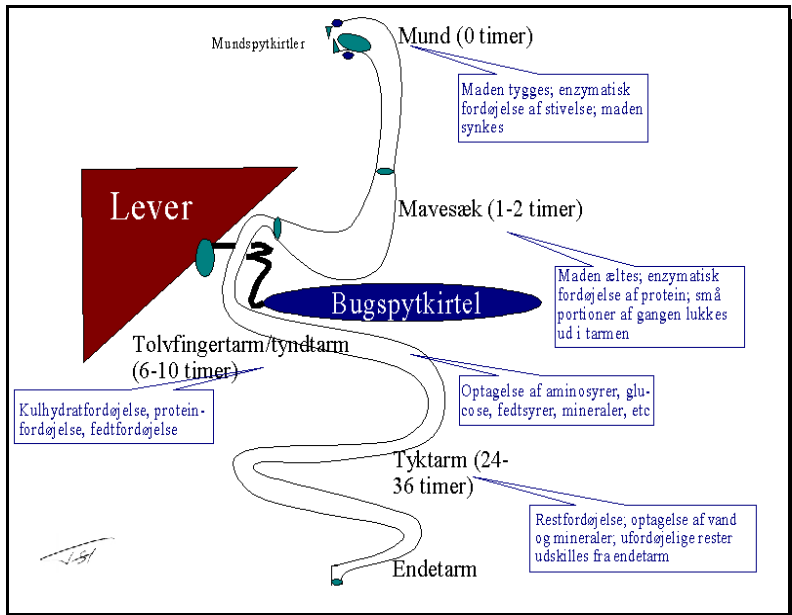
Cholesterol og en særlig type fosfolipider med langkædede, mættede eller monumættede fedtsyrer giver en lokal stivhed på tværs i membranen, som er forudsætning for at de store gennemgående proteinmolekyler - fx transportproteiner og kontaktmolekyler - kan forankres i membranen.

Til gengæld er de polyumættede  $C_{20:4}$  -  $C_{22:6}$  specielt væsentlige for membranflexibiliteten og den vandrette bevægelighed af kontaktmolekyler og ionkanaler især i nerveceller.

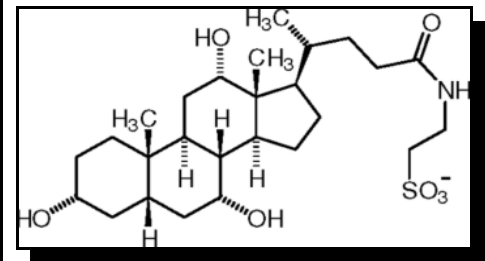
□ □ □

<sup>1</sup> 50 % af molekyleantal; 20 % af massen

# Fordøjelse og transport i blodet



Figur 5 Skematisk oversigt over fordøjelsessystemet (TSS 09)



Figur 6 Eksempel på galdesalt: taurocholats (V)

## Fordøjelse

Fordøjelsen af fedt i kosten foregår udelukkende i tolvfingertarm/tyndtarm.

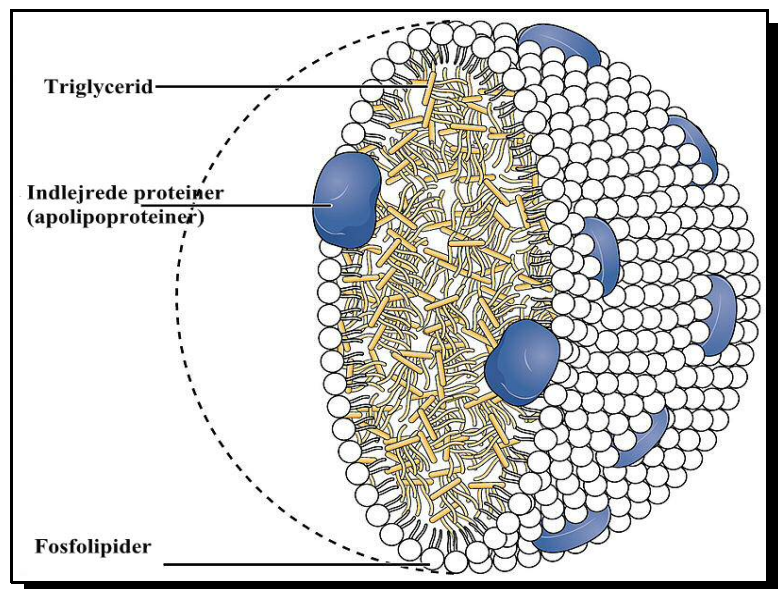
Galdesalte fra leveren emulgerer fedtindholdet i "mavevællingen", som portionsvis lukkes ud i tarmen - ca 20 mL af gangen afpasset efter fedtindholdet i maden.

Galdeblæren fungerer som depot for galdesaltene, som tilføres tarmen i passende dosis, ligeledes afpasset efter fedtindholdet i maden.

Galdesaltene (figur 6) kan på grund af deres dobbeltegenskab - både en hydrofil ende og en hydrofob ende - effektivt holde små fedtdråber i opslemning - en emulsion.

Fedtsplittende enzym (lipase) fra bugspytkirtelen kan derefter spalte triglyceriderne til en blanding af diglycerider, monoglycerider og frie fedtsyrer.

Spaltningens produkter optages i tarmcellerne og sættes her atter sammen til triglycerider.



Figur 7 Fedttransportpartikel; som eksempel chylomicron. (IV)

## Transport

Fedttransporten i kroppen (dvs i blod og lymfe) varetages af fire (fem) fedttransportpartikler - lipoproteiner (figur 7, 8 og 9, samt tabel 1).



De har alle den samme fundamentale struktur (figur 7):

- hydrofob kerne med triglycerider og cholesterylestre (se note side 10),
- overflade af enkeltlag fosfolipider, kolesterol og indlejrede proteinmolekyler (overfladeantigener = apolipoproteiner), der varetager kontakt til krops- og leverceller og kontakt til specielle enzymer i kapillærvæggen.

Figur 8 og 9 viser de to hovedspor i fedttransporten i kroppen:

1. *Fedttransport fra fordøjelseskanal til væv (primært triglycerider til deponering eller forbrænding) - figur 8,*
2. *Fedttransport fra lever til væv (triglycerider, cholesterylestre og kolesterol til deponering, forbrænding, membranopbygning eller hormonproduktion) samt fedttransport fra væv til lever. Desuden transport af overskudscholesterol og partikelrester fra celler til lever - figur 9.*

### **Fedttransport fra fordøjelse til væv (figur 8).**

Chylomicroner dannes i tarmslimhindecellerne og partiklerne udskilles til lymfekarrene i tarmtrævlerne. Lymfekarrene samles i lymfegangen, som munder ud i en forgrening af øvre hulvene før hjertet.

HDL partikler produceres til stadighed som "start HDL" partikler i leveren og udskilles til blodet. HDL partiklerne forsyner chylomicronerne med overfladeproteiner, som gør dem genkendelige for kapillærceller. Når chylomicronerne "klæber" til kapillærvæggen, aktiveres enzymet lipoproteinlipase, der produceres i kapillærcellerne og udskilles til kapillærindersiden i fedtvæv, hjerte og muskler. Enzymet spalter triglyceriderne inde i partiklen til frie fedtsyrer, som derefter optages i vævscellerne efter transport gennem kapillærcellerne. Fedtsyrerne bliver enten forbrændt (muskel og hjerte) eller genopbygget til triglycerider og deponeret (fedtvæv).

Chylomicronerne afgiver overskuds overfladefosfolipider og overfladeproteiner tilbage til HDL i takt med, at triglyceridindholdet afgives, og at partiklen skrumpes i størrelse. Leveren optager restpartiklerne.

Transporten er meget effektiv - partikelhalveringstid i kredsløbet er 5 minutter.

Galdesalte laves ud fra kolesterol i leveren. Galdesalte genoptaget fra chylomicroner genbruges flere gange.

### **Fedttransport fra lever til væv (figur 9).**

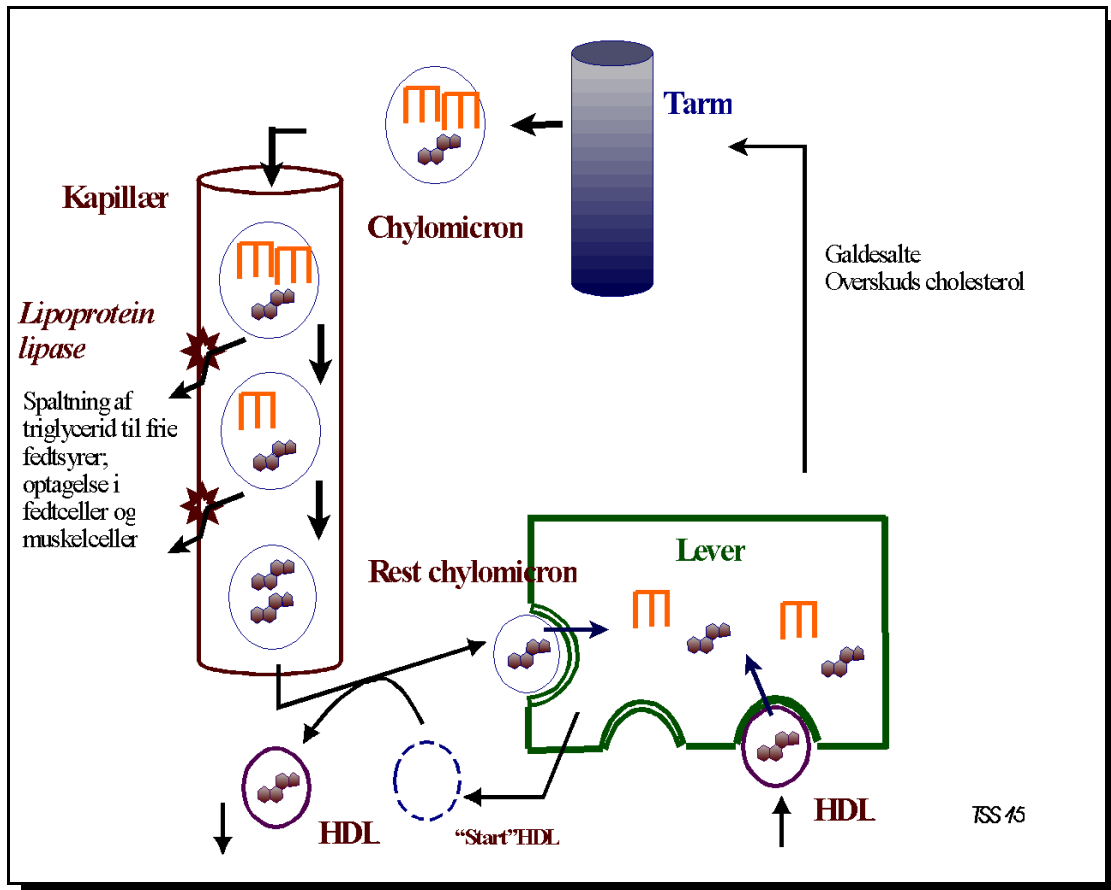
Leveren indbygger det resterende indhold af triglycerider og kolesterol fra chylomicronerne sammen med leverens egenproduktion af triglycerider og kolesterol i et nyt sæt partikler: VLDL, som sendes i kredsløb.

HDL forsyner VLDL partiklerne med overfladeproteiner svarende til ovenfor, således at kapillær-enzymet kan spalte triglyceriderne og cholesterylestrene inde i partiklen til frie fedtsyrer, som derefter optages i fedtvævceller, hjerteceller eller muskelceller.

HDL partikler opsamler overfladeproteiner, fosfolipider og lipoproteiner fra VLDL, således at VLDL partiklens størrelse gradvis aftager. VLDL partikler omdannes via IDL partikler - hvoraf størstedelen hurtigt optages i leveren - til LDL partikler, der efter længere tids kredsløb i blodet endeligt optages i leveren eller andre kropsceller. LDL partiklerne bliver efterhånden meget små, således at de kan trænge ud i vævsvædsken og her optages af celler med behov for kolesterol til hormonsyntese eller membranindbygning.

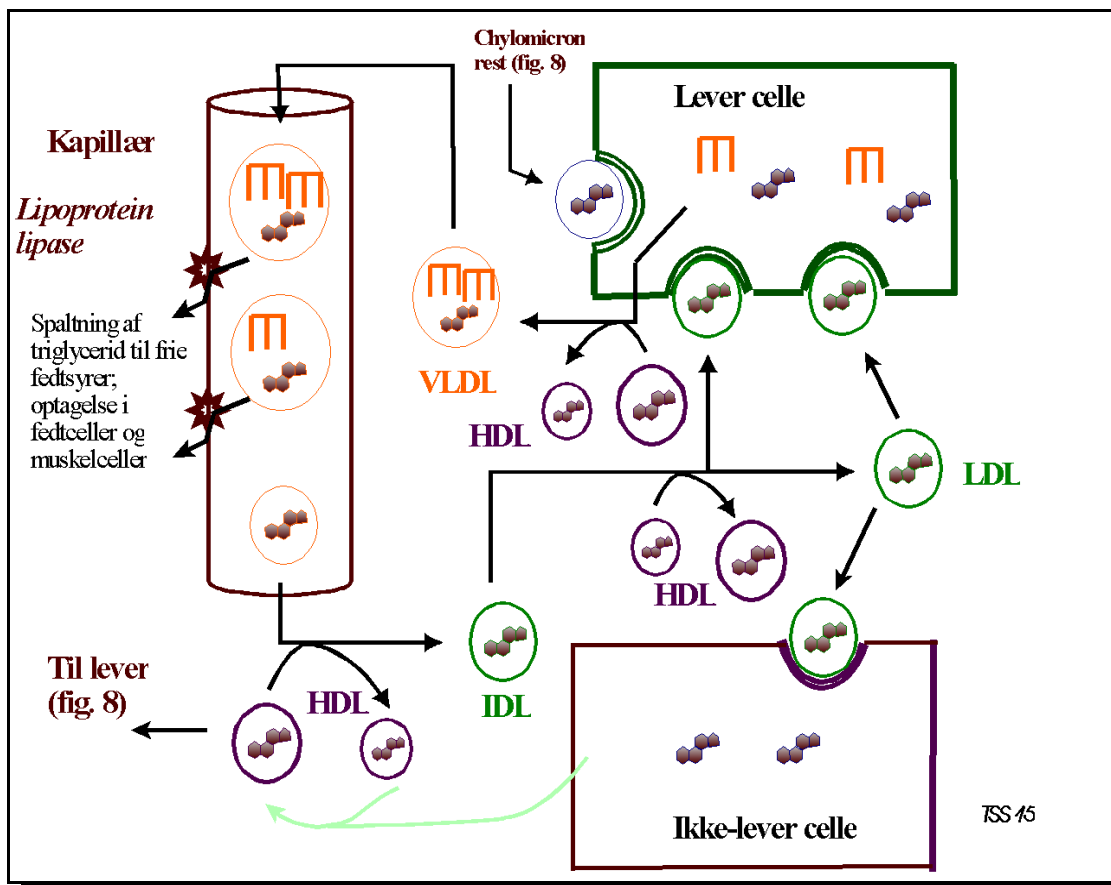
HDL optager overskudscholesterol fra kropsceller og transporterer det til leveren, hvor det bliver nedbrudt eller udskilt.

VLDL halveringstid i blodet ca 5 timer. LDL halveringstid 3 dage.



Figur 8 Fedttransport fra fordøjelseskanal til celler.

(TSS 15 efter 6)



Figur 9 Fedttransport fra lever til celler og fra celler til lever.

(TSS 15 efter 6)

<b>Fedttransportpartikler</b>			
	<b>Navn</b>	<b>Funktion</b>	<b>Indhold</b>
Chylomicron 800 nm - aftager, efterhånden som den afgiver triglycerider, i størrelse	Betyder: "små partikler i mælket vædske (= lymfe)"; i samme stil, som de øvrige burde de kaldes ELDL: "ekstreme low density lipoprotein", men de har fået navn før man fandt de øvrige	transport af triglycerider og kostens indhold af kolesterol fra tarm til celler	triglycerider (85 %) fra tarmen, kolesterol og galdesalte
VLDL 600 nm - aftager, efterhånden som den afgiver triglycerider, i størrelse	"very low density lipoprotein"	transport af triglycerider og kolesterol fra lever til celler	triglycerider og cholesterylester <sup>2</sup> fra leveren
IDL og LDL  IDL 35-25 nm LDL 20 nm	"low density lipoprotein"; "intermediate density lipoprotein"	reststadier efter VLDL - først IDL, senere omdannes IDL til LDL; hele partiklen optages i leverceller (IDL og LDL) eller andre celler (LDL)	cholesterol og triglyceridrester
HDL	"high density lipoprotein"	restcholesterol og restapolioproteiner fjernes fra celler og destrueres i leveren; opsamling og udveksling af overfladefosfolipider og overfladeproteiner (apolipoproteiner) fra chylomicroner og VLDL til IDL/HDL	lager af overfladeproteiner, fosfolipider etc

**Table 1** Fedttransportpartikler

### **Resume**

Transporten af kolesterol og fedtsyrer i blodet foretages af fire klasser af lipoproteiner: HDL, LDL/IDL og VLDL lipoproteiner samt chylomicroner.

Fedtstof fra tarmen transporteres af chylomicroner til celler i hjerte, muskler og fedtvæv. Fedtstof fra tarmene, der ikke umiddelbart bliver optaget i disse celler, opsamles i

*leveren og indbygges her sammen med kolesterol i VLDL partikler.*

*Disse partikler sendes i kredsløb og omdannes, efterhånden som de afgiver deres fedtstofindhold, til LDL partikler. LDL partikler indeholder stigende mængder af kolesterol efterhånden som fedtstofferne afgives.*

*HDL partiklernes opgave er at transportere overskudskolesterol væk fra cellerne til leveren, hvor det evt kan udskilles.*

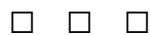
Hvis LDL partiklerne cirkulerer for længe og evt bliver fanget mellem vævsceller er risikoen for at fedtstofindholdet (i sær de polyumættede fedtsyrer) oxideres større. Sådanne beskadigede LDL partikler opfanges af oprydningceller (makrofager), men optagelsen er ikke reguleret efter cellens kolesterolindhold, som hos almindelige celler, og makrofagerne kan optage så meget kolesterol, at de omdannes til skumceller, der kan afsætte cholesterolet mellem cellerne på karindersiden og starte en betændelsesreaktion.

Enkeltumættede fedtsyrer sænker koncentrationen i blodet af LDL-partikler, således at risikoen for skadelige aflejringer af kolesterol på karindersiderne formindskes; det samme havde man i starten anset polyumættede fedtsyrer for at gøre, men nøjere analyse af flere forsøgsresultater har vist at de sænker koncentrationen af både LDL og HDL lipoproteiner i blodet, og derfor giver et for højt indtag af polyumættede fedtsyrer en forøget risiko for hjerte-karsygdomme.

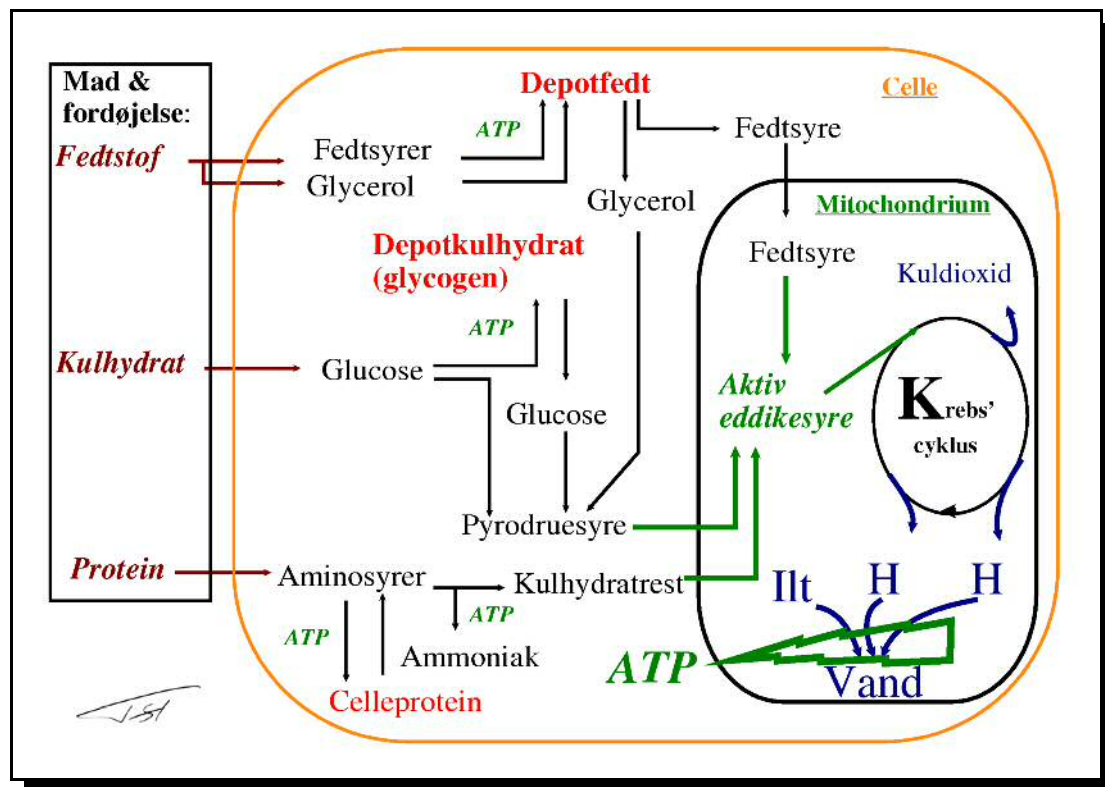
Ligeledes har man fundet at monoumættede fedtsyrer er mest effektive til at nedsætte oxidationsrisikoen i LDL partikler.

Kosten skal derfor afstemmes således at balancen mellem VLDL, LDL og HDL er optimal. Det er dette ideal, der kommer til udtryk i de nyeste kostanbefalinger.

I alt transporteres 70 -150 g fedt fra tarm og lever (50-100 g fra chylomicroner og 20-50 g fra VLDL) til kropsceller pr dag.



# Omsætning



**Figur 10** Skematisk oversigt over næringsstoffernes omsætning i krop og celle. **Aktiv eddikesyre** er det centrale molekyle, som kobler stofskifteprocesserne sammen. (Krebs' cyklus og den grønne pil i bunden af mitochondriet symboliserer energiproduktionen (ATP)). (TSS 04)

Fedtsyrer indgår i puljen af organiske stoffer i cellen, der kan forbrændes og skaffe energi (ATP) til celleprocesser (figur 10). Fedtsyren bliver i en cyklus forkortet med 2 C enheder, som bliver til aktiv eddikesyre. Cyklus gentages til fedtsyren ikke er længere.

En del bruges til opbygning af membranfedtstof (fosfolipider). Ligeledes bruges kolesterol til membranopbygning og til hormoner (ovarier, testikel, binyrer).

De to essentielle<sup>3</sup> polyumættede fedtsyrer - linolsyre ( $C_{18:2}$ ) og  $\alpha$ -linolensyre ( $C_{18:3}$ ) anvendes til opbygning af et antal særlige, langkædede, flerumættede fedtsyrer - se nedenfor og figur 11.

Overskydende fedtsyrer deponeres i cellen. Her er specielle fedtceller sæde for store depoter i kroppen.

Fedtsyrer opbygges i cellerne ved en omvendt nedbrydningsproces: fedtsyren opbygges to C atomer af gangen ud fra aktiv eddikesyre. Slutresultatet er palmitinsyre ( $C_{16:0}$ ); herfra kan alle ikke essentielle fedtsyrer opbygges. Umættede fedtsyrer kan ligeledes opbygges, men kun  $\geq 7$ . Triglycerid opbygges ud fra frie fedtsyrer og diglycerider. Ofte er de indgående fedtsyrer  $C_{16}$ ,  $C_{17}$  eller  $C_{18}$  - deraf hyppigheden af disse typer, jvf side 5.

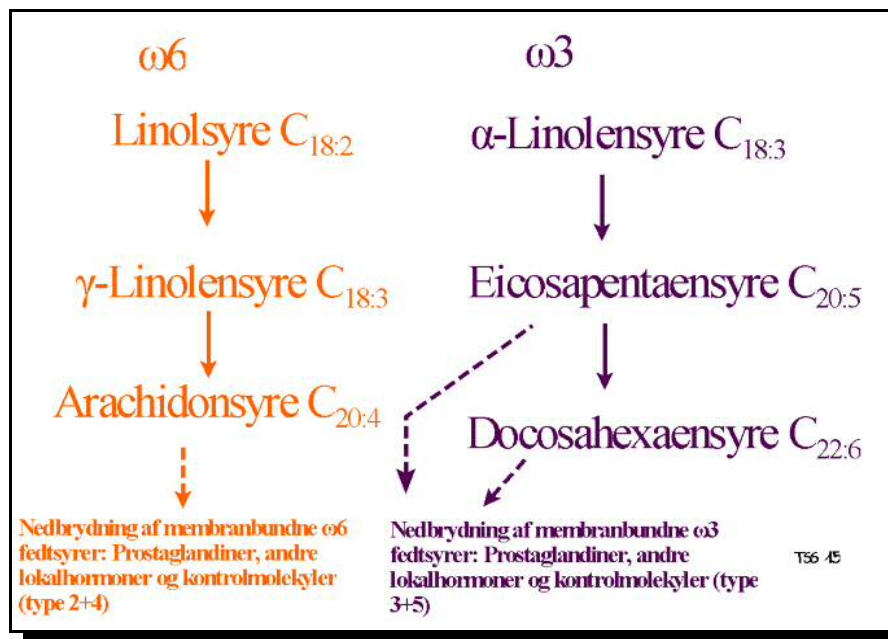
Fedt opbygget ud fra overskudskulhydrat er meget energikrævende (ca 25 % af energiindholdet i kulhydraterne anvendes til processen) og forekommer normalt kun i større omfang, hvis der indtages ekstra store kulhydratmængder.

<sup>3</sup>

*En essentiel fedtsyre er en fedtsyre, som ikke kan fremstilles i cellens stofskifte. Den skal tilføres med kosten i de mængder, der er nødvendig for normal funktion..*

Hvis kosten indeholder mere energi, end der er brug for, vil kulhydraterne som regel blive forbrændt og fedtet i kosten deponeret.

Linolsyre  $C_{18:2}$  ( $\omega 6$ ) og alfa-linolensyre  $C_{18:3}$  ( $\omega 3$ ) er essentielle fedtsyrer, som kroppen skal have tilført. Fra linolsyre dannes arachidonsyre  $C_{20:4}$  og  $\gamma$ -linolensyre (GLA,  $C_{18:3}$ ). Fra  $\alpha$ -linolensyre dannes eicosapentaensyre (EPA,  $C_{20:5}$ ) og docosahexaensyre (DHA,  $C_{22:6}$ ) - figur 11. De samme 7 enzymer bruges i begge omsætningsveje, men ofte er det  $\omega 6$  reaktionsvejen, der tager føringen.



**Figur 11** Omsætning af  $\omega 3$  og  $\omega 6$  fedtsyrer. Massive pile = opbygning.. Punkterede pile = nedbrydning. (TSS 15 efter 7)

Omsætningen foregår inde i cellens plasmanet (endoplasmatisk reticulum), derfor vil alle tre slutprodukter udelukkende indbygges i fosfolipider i membraner.

Opbygning af de tre langkædede polyumættede fedtsyrer er ikke særligt effektiv<sup>4</sup>, derfor regnes arachidonsyre, EPA og DHA ofte også som essentielle, da det netop er disse tre polymættede fedtsyrer, som spiller en overordentlig stor rolle i membranopbygning og -funktion.

De to grupper af polyumættede, langkædede fedtsyrer ( $\omega 6$  og  $\omega 3$ ) konkurrerer om membranplacering, men erstatter kun delvis hinanden. De har de samme hovedfunktioner i membranopbygningen, men har hver deres specialfunktioner, som ikke kan erstattes - fx er  $\omega 3$  syrerne absolut nødvendige i opbygning af nervecellemembraner.

Da membraner er dynamiske enheder, er der en konstant omsætning af membranfedtsyrerne i cellen. Nedbrydning af arachidonsyre, EPA og DHA ender med et væld af væsentlige cellestyringsfaktorer (prostaglandiner etc - type 2+4 fra  $\omega 6$  og type 3+5 fra  $\omega 3$ , se figur 11).

Det har vist at cellestyringsfaktorerne type 3+5 (fra  $\omega 3$  fedtsyrerne) har en udtalt dæmpende indflydelse på betændelsesreaktioner etc. , hvorimod type 2+4 (fra  $\omega 6$  fedtsyrerne) er mere biologisk aktive og stimulerer mere aggressive typer af immunceller (T lymfocytter m.m.).

Derfor har man på det seneste lagt stor vægt på, at kostens indhold af  $\omega 3$  fedtsyrer skal kunne balancere indholdet af  $\omega 6$  fedtsyrer.

# Kostanbefaling - Nyeste energi- og næringsstofanbefalinger 2012 (NNR 2012)

## Fedt

Mættede fedtsyrer	(M)	< 10 E%
Monoumættede fedtsyrer	(MUM)	10-20 E%
Polyumættede fedtsyrer	(PUM)	5-10 E%; $\omega 3 > 1$ E%, svarende til >40 mg/kg/døgn.

I alt 25-40 E%; praktisk vurderingsstørrelse: 32 E% (ikke under 25 E%) og  
M:MUM:PUM = 1:1-2:1<sup>5</sup>.

Man er efterhånden opmærksom på at forholdet mellem  $\omega 6$  og  $\omega 3$  ikke skal være for stort, selv om man ikke er enige, om det er forholdet, der betyder noget eller de absolutte mængder:

$$\left| \frac{\omega 6}{\omega 3} < 2,5 \right|$$

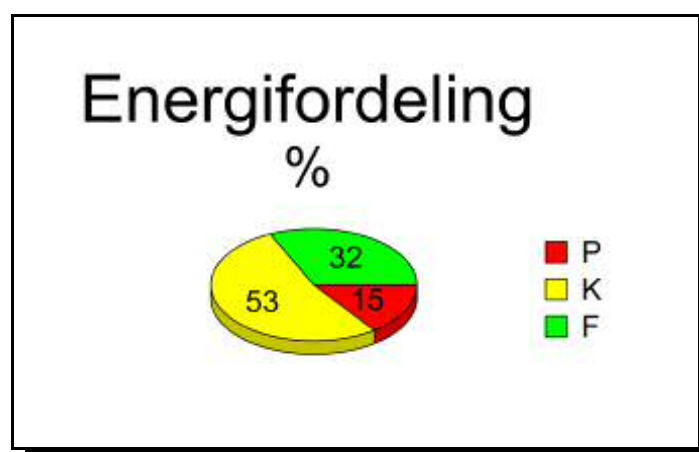
## Kulhydrater

45-60 E%; højest 10E% fra sukker. Praktisk vurderingsstørrelse: 53 E%

**Fibre** 25-35 g/døgn

## Protein

10-15 E%; praktisk vurderingsstørrelse: 15 E% svarende til 1,1 g/kg/døgn



Figur 12 Moderne energifordelingsanbefaling (TSS 15).

<sup>5</sup>

Forholdet blev første gang foreslået som anbefaling på konferencen "Health Effects of Polyunsaturated Fatty Acids in Seafoods" juni 1985, Washington DC

# Fedtstof eksempler og egenskaber

		% indhold												
		Navn			Pal- mitin- syre	Ste- arin- syre	Olie- syre	Linol- syre	Alfali- nolen- syre	Ara- chi- don- syre	Eicosa- penta- ensyre	Doco- sa- hexa- en- syre		
Olie	°C	M: MUM: PUM	Sum C10- C14	C16:0	C18:0	C18:1 ω9	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C20:4 ω6	C20:5 ω3	C22:6 ω3	Sum ω3	Sum ω6	
Bomuldsfrøolie	216	27:19:54		24	2	18	54	0,2	0,1			0,2	54	
Cacaosmør		63:34:3		27	35	34	3	0,1				0,1	3	
Jordnøddeolie	227	18:48:34		10	3	47	33	0,2			0,2	0,4	33	
Olivenolie (extra jomfru)	160	13:78:9		10	3	77	9	0,6				0,6	9	
Olivenolie (høj kvalitets (lav syre) extra jomfru)	207													
Olivenolie (jomfru)	216													
Hasselnøddeolie	221	8:81:11		5	2	81	11	0,2				0,2	11	
Kokosolie	177	92:6:2	53	9	3	6	2					0	2	
Majsolie	160	12:29:59		10	2	29	58	1				1	58	
Palmekerneolie	232	86:12:2	67	9	3	12	2					0	2	



		% indhold											
	Navn			Palmitin-syre	Stearin-syre	Olie-syre	Linol-syre	Alfalinolen-syre	Ara-chidon-syre	Eicosa-penta-ensyre	Doco-sa-hexa-en-syre		
Olie	°C	M: MUM: PUM	Sum C10- C14	C16:0	C18:0	C18:1 ω9	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C20:4 ω6	C20:5 ω3	C22:6 ω3	Sum ω3	Sum ω6
Palmeolie	232	52:39:10		45	5	38	10	0,2				0,2	10
Rapsolie	107	7:58:35		5	2	56	23	12				12	23
Sesamolie	210	15:42:44		9	5	41	43	0,3				0,3	43
Smør	177	68:30:2	17	29	12	26	2	0,5				0,5	1,8
Smør (klaret)	252												
Smør (blandingsprodukt 80%)	180	52:37:11	17	23	9,5	34	7	3				3,3	7
Sojabønneolie	257	14:22:63		10	4	22	56	7				7	56
Solsikkeolie	107	11:23:66		6	4	23	66					0	66
Svinefedt	182	45:45:10		28	16		9	0,8				0,8	9
Vindrukerneolie	107	10:19:71		6	4	19	70	0,5				0,5	70

**Table 2** Fedtsyreindhold i udvalgte olier. Oliernes rygetemperatur er også angivet.

Fødevaredatabanken ver. 7.01. DTU 2009

	% af fedtindhold											
Madvare	M: MUM: PUM	Sum C10-C14	C16:0	C18:0	C18:1 ω9	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C20:4 ω6	C20:5 ω3	C22:6 ω3	Sum ω3	Sum ω6
Laks	24:36:37		17	3	26				7	19	33	
Rejer	25:25:50		25		12,5				25	25	50	
Makrel	26:44:30	7	10	3	15	4	1,3		5	15	26	4
Avocado	12:79:9		12		75	9	0,4	0,1			0,4	9
Sild	26:36:38	10	13	2	10	3			16	14	35	2,8
Hellefisk	23:68:9	7	14	2	25	1			3	4	10	1,6
Kylling	31:46:23	1	24	7	38	21	1	0,6	0,1	0,2	1,5	22
Okse (15%)	45:51:4	3	27	13	42	2	1,3	1			1,3	3
Svin (12%)	43:49:8	1,6	28	14	45	7	0,6				0,6	7,4
Hvedebrød	30:34:37	1,7	24	4	31	33	4				3,7	33
Rugbrød	19:25:56		17	2	22	49	7,5				7,5	49
Kartoffel	24:6:70		20	4	4	30	40				40	30
Ris (brune)	28:30:42	0,9	24	3	30	41	1				1,1	41
Majs	17:31:53	0,5	14	2	31	51	2				2	51
Grønne bønner	37:4:59		32	5	4	27	32				32	27

**Table 3** Fedtsyreindhold i udvalgte madvarer

Fødevaredatabanken ver. 7.01. DTU 2009

## Optimal brug af olier

Art	Rygepunkt	$\omega 6:\omega 3$	M:MUM:PUM	Anvendelse <sup>6</sup>	Essentielle	Langkædede ess.
majsolie raffineret	233			friture		
vindrukerneolie (ekstraheret)	216		14:69:9	friture stegning		
solsikke raffineret	266			friture		
rapsolie raffineret	204			stegning		
solsikke	107	>66	11:23:66	kold	kun $\omega 6$	nej
vindrukerneolie	110	140	10:19:71	kold	ja næsten kun $\omega 6$	nej
majsolie	160	58	12:29:59	kold	ja	nej
rapsolie	107	2	7:58:35	kold	ja	-
kokosolie	177	>2	92:6:2	stegning	kun $\omega 6$	nej
olivenolie	216	15	13:78:9	stegning	ja	nej
smør	177 (250 <sup>7</sup> )	3,6	68:30:2	stegning	ja	nej

**Tabel 4** *Oversigt over udvalgte oliers anvendelse* *(jvf tabel 2)*

Stegning foregår normalt omkring 180 °C. Til stegeformål skal olien derfor have et højt rygepunkt, et højt indhold af monoumættede fedtsyrer og et lavt indhold af polyumættede fedtsyrer (det vil være de polyumættede fedtsyrer, der tager skade af en for kraftig opvarmning - men man ved ikke om det betyder noget!).

Rygepunkt er bestemt af oliens urenheder: frugtrester, smagstoffer, syrer, etc.

Raffinerede produkter - dvs kemisk eller mekanisk rensede for urenhederne - har et højere rygepunkt - til gengæld kan processen gå ud over indholdet af polyumættede fedtsyrer.

De traditionelle planteolier har ofte et uhensigtsmæssigt højt indhold af  $\omega 6$  fedtsyrer, og man skal ikke skifte mættet fedt ud med polyumættet med for meget  $\omega 6$ .

De fine olier er bedst udnyttet som kolde ingredienser i maden; fx følgende mayonnaiseopskrift:

<sup>6</sup> *Olier til stegning kan også anvendes koldt*

<sup>7</sup> *Klaret smør - dvs ren smørfedt med proteiner og andre urenheder fjernet*

### Mayonnaise med helt æg (efter 9)

1 æg; 1 spsk. sennep; 1 tsk. salt; 1 spsk. æbleeddike  
1,5 dL rapsolie

Kog ægget i 1/2 cm vand i en gryde i 5 min.

Ægget slås ud, og blommen kommes i en røreskål med sennep, salt og eddike. Rør massen tyk med et piskeris. Tilsæt olien dråbevis, siden i en tynd stråle til mayonnaisen er blevet stiv. Hak hviden fint og kom den i mayonnaisen.

*Serveret med rejer eller laks og avocado - et næsten perfekt måltid!*

## Hvad skal man spise?

Oprindeligt har menneskets kost formodentlig været baseret på vildt, indsamlede frugter, fisk etc med ret højt proteinindhold og lavt kulhydrat- og fedtindhold, men fedt med et lavt  $\omega 6:\omega 3$  forhold ( $\omega 6:\omega 3$  forholdet tæt på 1).

Med opfindelsen af ild var det muligt at udvide levegrundlaget til også at indeholde stivelsesholdige plantedele, som man mener, har givet det energioverskud, der har stimuleret hjerneudvikling og større fødselstal. Men hjerneudviklingen har også været koblet til det relativt større indhold af  $\omega 3$  fedtsyrer end  $\omega 6$  fra vildt, fisk og nødder.

De seneste 10 000 år har basisføden været kornprodukter (hvede, ris, majs, etc), som har et højt kulhydratindhold (stivelse), men uheldigvis også et højt  $\omega 6:\omega 3$  forhold ( $> 15:1$ ; se tabel 3). Ligeledes er moderne effektivtetsfokuseret husdyrproduktion ofte baseret på kornproduktfodring (fx majs og soyabønner), som betyder at også de animalske fødevarer har et skævt  $\omega 6:\omega 3$  forhold, hvorimod græsfodret kvæg har et mere naturligt  $\omega 6:\omega 3$  forhold.

Mediterran inspireret kost med olivenolie, fisk, pasta har vist sig at nedsætte  $\omega 6:\omega 3$  forholdet (i nogle tilfælde med 45%).

### Hvad skal vi så spise?

Der er ikke noget af fedtet, der er direkte farligt, det hele skal bruges til et eller andet i kroppen. Man ved, at monoumættede fedtsyrer nedsætter LDL koncentrationen og at nedsat mængde polyumættede fedtsyrer mindsker risikoen for oxidation i LDL partiklerne.

Man formoder, at  $\omega 6:\omega 3$  forholdet er væsentlig for cellefunktion og har en betydning i kroppens interne signalveje, med mere afdæmpede reaktioner, fx betændelsesreaktioner, som resultat.

**Vi skal derfor ikke spise mindre fedt - men bedre fedt!**

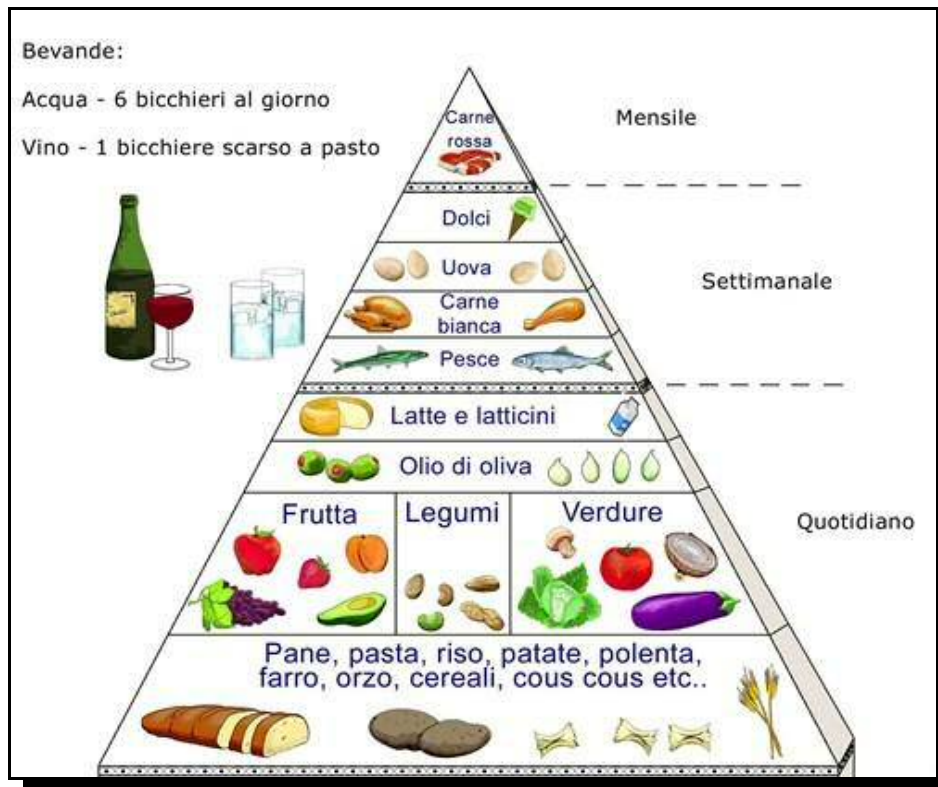
Anbefalingerne kan skæres ned til tre generelle retningslinier:

**M:MUM:PUM = 1:2:1,**  
 **$\omega 6:\omega 3$  forholdet < 2,5 og**  
**et minimumindtag af  $\omega 3$ : > 40 mg/kg/døgn**

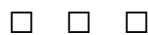
Dette sikrer at både  $\omega 9$ ,  $\omega 6$  og  $\omega 3$  fedtsyrer er i maden og man risikerer ikke, at erstatte mættet fedt med polyumættet fedt med et for stort indhold af  $\omega 6$  fedtsyrer.

Rugbrød og kartofler er stadig gode stivelses- og fiberkilder.

Spis gerne regelmæssigt nødder og bælgfrugter samt fisk og andre havorganismer.



**Figur 13** Italiensk madpyramide. I bundlinien har der været anbefalet daglig motion. 1 glas vin dagligt.  
 (inspireret af faggrupperejse til Toscana)



# Litteratur og figurreferencer

## Figurreferencer

- I Triglycerid: bearbejdet efter "oxford-instrumentation.com"
- II Cholesterol: bearbejdet efter "raw-milk-facts.com"
- III Fosfolipid bearbejdet efter "Biological Molecules. Tutorvista.com"
- IV Chylomicron: bearbejdet efter Wikipedia 2015
- V Galdesalt: Wikimedia Commons 2011

## Litteratur

- 1 **Gert Christoffersen, Bodil Nielsen Johannsen, m.fl**  
*Fysiologi - kroppens funktioner. Nucleus 1998.*
- 2 **Per Rosenkilde (red.)**  
*Grundbog i fysiologi. Nucleus 2. udg. 1983.*
- 3 **Gustav Nedergaard**  
*Grundbog i ernæringslære. Nucleus 1994.*
- 4 **Jens Bremer**  
*Biokemi og molekylærbiologi 2. udg. 2000*
- 5 **Else Molander, m.fl. (styregr.)**  
*Nordic Nutrition Recommendations 2012 (5. ed) Nordisk Ministerråd (NCM)*
- 6 **Michael S. Brown & Joseph L. Goldstein**  
*How LDL Receptors Influence Cholesterol and Atherosclerosis. Scientific American 251, 5 pp. 52-60. 1984*
- 7 **Gian Luigi Russo**  
*Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. Biochemical Pharmacology 77 pp. 937-946. 2009*
- 8 **E. Saxholt, A.T. Christensen, A. Møller, H.B. Hartkopp, K.H. Ygil, & O.H. Hels**  
*Fødevaredatabanken, version 7.01. Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet. December 2009.*  
*Fødevaredatabankens netsted: <http://www.foodcomp.dk>*
- 9 **Jens Folke:**  
*Om fedtstoffer i madlavningen. Dansk Kemi 96, 5 pp 40-41. 2015*
- 10 **Carsten Christophersen**  
*Myter om mættet fedt og sukker. Dansk Kemi 95, 11 pp. 8-9. 2014*
- 11 **Varefakta.dk**  
<http://varefakta.dk/information-og-undervisning/hvad-betyder-ordene/olier-og-fedtstoffer/>
- 12 **Artemis P. Simopoulos:**  
*Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development Am J Clin Nutr 54 pp 438-463. 1991*
- 13 **Arne Astrup, Susanne Bügel, Jørgen Dyerberg & Steen Stender (red.)**  
*Menneskets ernæring 3. udg. Munksgaard 2010.*
- 14 **Benjamin Buemann & Arne Astrup**  
*Lipogenesis: Har den relevans i adipositasforskningen? Ugeskrift for læger 166, 23 pp 2233-34. 2004*
- 15 **Artemis P. Simopoulos**  
*The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomed Pharmacother 56 pp 365-379. 2002*

- 16 Karen Hardy, Jennie Brand-Miller, K. D. Brown, Mark G. Thomas & Les Copeland**  
*The Importance of Dietary Carbohydrate in Human Evolution*  
*The Quarterly Review of Biology* 90, 3 pp 251-268. 2015
- 17 S. Boyd Eaton & Melvin Konner**  
*Paleolithic Nutrition. A Consideration of Its Nature and Current Implications*  
*The New England Journal of Medicine* 312, 5 pp 283-289. 1985
- 18 Melvin Konner & S. Boyd Eaton**  
*Paleolithic Nutrition.. Twenty-Five Years Later*  
*Nutrition in Clinical Practise* 25, 6 pp 594-602. 2010

		% indhold											
	Navn			Pal- mitin- syre	Ste- arin- syre	Olie- syre	Linol- syre	Alfali- nolen- syre	Ara- chi- don- syre	Eicosa- penta- ensyre	Doco- sa- hexa- en- syre		
Olie	°C	M: MUM: PUM	Sum C10- C14	C16:0	C18:0	C18:1 ω9	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C20:4 ω6	C20:5 ω3	C22:6 ω3	Sum ω3	Sum ω6
Palmeolie	232	52:39:10		45	5	38	10	0,2				0,2	10
Rapsolie	107	7:58:35		5	2	56	23	12				12	23
Sesamolie	210	15:42:44		9	5	41	43	0,3				0,3	43
Smør	177	68:30:2	17	29	12	26	2	0,5				0,5	1,8
Smør (klaret)	252												
Smør (blandings- produkt 80%)	180	52:37:11	17	23	9,5	34	7	3				3,3	7
Sojabønneolie	257	14:22:63		10	4	22	56	7				7	56
Solsikkeolie	107	11:23:66		6	4	23	66					0	66
Svinefedt	182	45:45:10		28	16		9	0,8				0,8	9
Vindrukerneolie	107	10:19:71		6	4	19	70	0,5				0,5	70

**Table 2** Fedtsyreindhold i udvalgte olier. Oliernes rygetemperatur er også angivet.

Fødevaredatabanken ver. 7.01. DTU 2009



Madvare	% af fedtindhold											
	M: MUM: PUM	Sum C10-C14	C16:0	C18:0	C18:1 ω9	C18:2 ω6	C18:3 ω3	C20:4 ω6	C20:5 ω3	C22:6 ω3	Sum ω3	Sum ω6
Laks	24:36:37		17	3	26				7	19	33	
Rejer	25:25:50		25		12,5				25	25	50	
Makrel	26:44:30	7	10	3	15	4	1,3		5	15	26	4
Avocado	12:79:9		12		75	9	0,4	0,1			0,4	9
Sild	26:36:38	10	13	2	10	3			16	14	35	2,8
Hellefisk	23:68:9	7	14	2	25	1			3	4	10	1,6
Kylling	31:46:23	1	24	7	38	21	1	0,6	0,1	0,2	1,5	22
Okse (15%)	45:51:4	3	27	13	42	2	1,3	1			1,3	3
Svin (12%)	43:49:8	1,6	28	14	45	7	0,6				0,6	7,4
Hvedebrød	30:34:37	1,7	24	4	31	33	4				3,7	33
Rugbrød	19:25:56		17	2	22	49	7,5				7,5	49
Kartoffel	24:6:70		20	4	4	30	40				40	30
Ris (brune)	28:30:42	0,9	24	3	30	41	1				1,1	41
Majs	17:31:53	0,5	14	2	31	51	2				2	51
Grønne bønner	37:4:59		32	5	4	27	32				32	27

**Table 3** Fedtsyreindhold i udvalgte madvarer

Fødevaredatabanken ver. 7.01. DTU 2009

## Optimal brug af olier

Art	Rygepunkt	$\omega 6:\omega 3$	M:MUM:PUM	Anvendelse <sup>6</sup>	Essentielle	Langkædede ess.
majsolie raffineret	233			friture		
vindrukeerneolie (ekstraheret)	216		14:69:9	friture stegning		
solsikke raffineret	266			friture		
rapsolie raffineret	204			stegning		
solsikke	107	>66	11:23:66	kold	kun $\omega 6$	nej
vindrukeerneolie	110	140	10:19:71	kold	ja næsten kun $\omega 6$	nej
majsolie	160	58	12:29:59	kold	ja	nej
rapsolie	107	2	7:58:35	kold	ja	-
kokosolie	177	>2	92:6:2	stegning	kun $\omega 6$	nej
olivenolie	216	15	13:78:9	stegning	ja	nej
smør	177 (250 <sup>7</sup> )	3,6	68:30:2	stegning	ja	nej

**Tabel 4** *Oversigt over udvalgte oliers anvendelse* *(jvf tabel 2)*

Stegning foregår normalt omkring 180 °C. Til stegeformål skal olien derfor have et højt rygepunkt, et højt indhold af monoumættede fedtsyrer og et lavt indhold af polyumættede fedtsyrer (det vil være de polyumættede fedtsyrer, der tager skade af en for kraftig opvarmning - men man ved ikke om det betyder noget!).

Rygepunkt er bestemt af oliens urenheder: frugtrester, smagstoffer, syrer, etc.

Raffinerede produkter - dvs kemisk eller mekanisk rensede for urenhederne - har et højere rygepunkt - til gengæld kan processen gå ud over indholdet af polyumættede fedtsyrer.

De traditionelle planteolier har ofte et uhensigtsmæssigt højt indhold af  $\omega 6$  fedtsyrer, og man skal ikke skifte mættet fedt ud med polyumættet med for meget  $\omega 6$ .

De fine olier er bedst udnyttet som kolde ingredienser i maden; fx følgende mayonnaiseopskrift:

<sup>6</sup> *Olier til stegning kan også anvendes koldt*

<sup>7</sup> *Klaret smør - dvs ren smørfedt med proteiner og andre urenheder fjernet*

### Mayonnaise med helt æg (efter 9)

1 æg; 1 spsk. sennep; 1 tsk. salt; 1 spsk. æbleeddike  
1,5 dL rapsolie

Kog ægget i 1/2 cm vand i en gryde i 5 min.

Ægget slås ud, og blommen kommes i en røreskål med sennep, salt og eddike. Rør massen tyk med et piskeris. Tilsæt olien dråbevis, siden i en tynd stråle til mayonnaisen er blevet stiv. Hak hviden fint og kom den i mayonnaisen.

*Serveret med rejer eller laks og avocado - et næsten perfekt måltid!*

## Hvad skal man spise?

Oprindeligt har menneskets kost formodentlig været baseret på vildt, indsamlede frugter, fisk etc med ret højt proteinindhold og lavt kulhydrat- og fedtindhold, men fedt med et lavt  $\omega 6:\omega 3$  forhold ( $\omega 6:\omega 3$  forholdet tæt på 1).

Med opfindelsen af ild var det muligt at udvide levestruktur til også at indeholde stivelsesholdige plantedele, som man mener, har givet det energioverskud, der har stimuleret hjerneudvikling og større fødselstal. Men hjerneudviklingen har også været koblet til det relativt større indhold af  $\omega 3$  fedtsyrer end  $\omega 6$  fra vildt, fisk og nødder.

De seneste 10 000 år har basisføden været kornprodukter (hvede, ris, majs, etc), som har et højt kulhydratindhold (stivelse), men uheldigvis også et højt  $\omega 6:\omega 3$  forhold ( $> 15:1$ ; se tabel 3). Ligeledes er moderne effektivtetsfokuseret husdyrproduktion ofte baseret på kornproduktfodring (fx majs og soyabønner), som betyder at også de animalske fødevarer har et skævt  $\omega 6:\omega 3$  forhold, hvorimod græsfodret kvæg har et mere naturligt  $\omega 6:\omega 3$  forhold.

Mediterran inspireret kost med olivenolie, fisk, pasta har vist sig at nedsætte  $\omega 6:\omega 3$  forholdet (i nogle tilfælde med 45%).

### Hvad skal vi så spise?

Der er ikke noget af fedtet, der er direkte farligt, det hele skal bruges til et eller andet i kroppen. Man ved, at monoumættede fedtsyrer nedsætter LDL koncentrationen og at nedsat mængde polyumættede fedtsyrer mindsker risikoen for oxidation i LDL partiklerne.

Man formoder, at  $\omega 6:\omega 3$  forholdet er væsentlig for cellefunktion og har en betydning i kroppens interne signalveje, med mere afdæmpede reaktioner, fx betændelsesreaktioner, som resultat.

**Vi skal derfor ikke spise mindre fedt - men bedre fedt!**

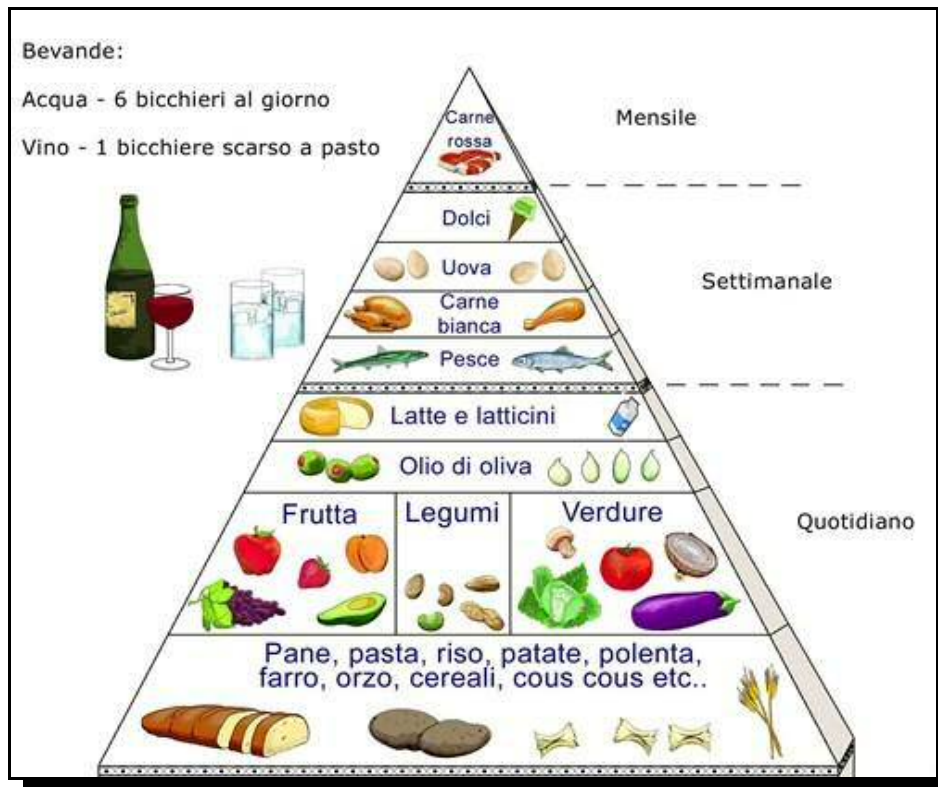
Anbefalingerne kan skæres ned til tre generelle retningslinier:

**M:MUM:PUM = 1:2:1,**  
 **$\omega 6:\omega 3$  forholdet < 2,5 og**  
**et minimumindtag af  $\omega 3$ : > 40 mg/kg/døgn**

Dette sikrer at både  $\omega 9$ ,  $\omega 6$  og  $\omega 3$  fedtsyrer er i maden og man risikerer ikke, at erstatte mættet fedt med polyumættet fedt med et for stort indhold af  $\omega 6$  fedtsyrer.

Rugbrød og kartofler er stadig gode stivelses- og fiberkilder.

Spis gerne regelmæssigt nødder og bælgfrugter samt fisk og andre havorganismer.



**Figur 13** *Italiensk madpyramide. I bundlinien har der været anbefalet daglig motion. 1 glas vin dagligt. (inspireret af faggrupperejse til Toscana)*

# Litteratur og figurreferencer

## Figurreferencer

- I Triglycerid: bearbejdet efter "oxford-instrumentation.com"
- II Cholesterol: bearbejdet efter "raw-milk-facts.com"
- III Fosfolipid bearbejdet efter "Biological Molecules. Tutorvista.com"
- IV Chylomicron: bearbejdet efter Wikipedia 2015
- V Galdesalt: Wikimedia Commons 2011

## Litteratur

- 1 **Gert Christoffersen, Bodil Nielsen Johannsen, m.fl**  
*Fysiologi - kroppens funktioner. Nucleus 1998.*
- 2 **Per Rosenkilde (red.)**  
*Grundbog i fysiologi. Nucleus 2. udg. 1983.*
- 3 **Gustav Nedergaard**  
*Grundbog i ernæringslære. Nucleus 1994.*
- 4 **Jens Bremer**  
*Biokemi og molekylærbiologi 2. udg. 2000*
- 5 **Else Molander, m.fl. (styregr.)**  
*Nordic Nutrition Recommendations 2012 (5. ed) Nordisk Ministerråd (NCM)*
- 6 **Michael S. Brown & Joseph L. Goldstein**  
*How LDL Receptors Influence Cholesterol and Atherosclerosis. Scientific American 251, 5 pp. 52-60. 1984*
- 7 **Gian Luigi Russo**  
*Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. Biochemical Pharmacology 77 pp. 937-946. 2009*
- 8 **E. Saxholt, A.T. Christensen, A. Møller, H.B. Hartkopp, K.H. Ygil, & O.H. Hels**  
*Fødevaredatabanken, version 7.01. Afdeling for Ernæring, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet. December 2009.*  
*Fødevaredatabankens netsted: <http://www.foodcomp.dk>*
- 9 **Jens Folke:**  
*Om fedtstoffer i madlavningen. Dansk Kemi 96, 5 pp 40-41. 2015*
- 10 **Carsten Christophersen**  
*Myter om mættet fedt og sukker. Dansk Kemi 95, 11 pp. 8-9. 2014*
- 11 **Varefakta.dk**  
<http://varefakta.dk/information-og-undervisning/hvad-betyder-ordene/olier-og-fedtstoffer/>
- 12 **Artemis P. Simopoulos:**  
*Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development Am J Clin Nutr 54 pp 438-463. 1991*
- 13 **Arne Astrup, Susanne Bügel, Jørgen Dyerberg & Steen Stender (red.)**  
*Menneskets ernæring 3. udg. Munksgaard 2010.*
- 14 **Benjamin Buemann & Arne Astrup**  
*Lipogenesis: Har den relevans i adipositasforskningen? Ugeskrift for læger 166, 23 pp 2233-34. 2004*
- 15 **Artemis P. Simopoulos**  
*The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomed Pharmacother 56 pp 365-379. 2002*

- 16 Karen Hardy, Jennie Brand-Miller, K. D. Brown, Mark G. Thomas & Les Copeland**  
*The Importance of Dietary Carbohydrate in Human Evolution*  
*The Quarterly Review of Biology* 90, 3 pp 251-268. 2015
- 17 S. Boyd Eaton & Melvin Konner**  
*Paleolithic Nutrition. A Consideration of Its Nature and Current Implications*  
*The New England Journal of Medicine* 312, 5 pp 283-289. 1985
- 18 Melvin Konner & S. Boyd Eaton**  
*Paleolithic Nutrition.. Twenty-Five Years Later*  
*Nutrition in Clinical Practise* 25, 6 pp 594-602. 2010