

Rapport nr. 144

Råvarekilder for omega 3 oljer

Potensialer, ernæring/helse,
bærekraftighet og miljøstatus

Sammenligning norske og utenlandske kilder

RAPPORTTITTEL

**RÅVAREKILDER FOR OMEGA 3 OLJER.
Potensialer, ernæring/helse, bærekraftighet og miljøstatus.
Sammenligning norske og utenlandske råvarekilder.**

RAPPORTNUMMER	144	PROSJEKTNUMMER	4629
UTGIVER	RUBIN	DATO	September 2007

UTFØRENDE INSTITUSJONER

TINE BA

Senter for FoU

P.b. 7 Kalbakken
0902 Oslo

Kontaktpersoner: Odd-Ivar Lekang, TINE BA/Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås
(odd-ivar.lekang@umb.no)
Miguel Gutierrez, TINE BA (miguel.angel.gutierrez@tine.no)

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Kunnskapene om nødvendigheten av omega 3 fettsyrer i kosthold til mennesker er økende, noe som gjør at etterspørselen etter omega 3 oljer i verden er i sterk vekst. Tilgang på råstoff med omega 3 av marint opphav, som inneholder de viktige fettsyrene EPA og DHA, vil derfor kunne bli en begrensning i fremtiden.

Norge vil kunne bli en betydelig leverandør av omega 3 råstoff fra marin sektor i fremtiden dersom vi tar vare på det vi har og utnytter det optimalt. Vi har også en betydelig industri knyttet til omega 3 oljer som burde ha gode muligheter for videre ekspansjon, også basert på råstoff fra andre steder i verden.

Hensikten med denne rapporten har vært å gi en oversikt over forbruket av omega 3 i verden i dag og anslå noe om fremtidige potensialer. Videre er det gjort en analyse av aktuelle råvarekilder som også inkluderer ernæring/helsemessige forhold og forhold rundt bærekraftighet og miljøstatus for de ulike råstoffkildene. Rapporten inneholder en sammenstilling hvor kilder vurderes opp mot hverandre og en sammenstilling hvor en ser på norske råvarekilder mot utenlandske råvarekilder. Rapporten inneholder også en del grunnleggende forklarende kunnskap om omega 3 for å øke den generelle forståelsen, noe det er stor mangel på hos konsumentene. Det er også et kapittel som beskriver produksjon, raffinering og oppkonsentrering av omega 3 olje.

Norge kan ha et konkurransemessig fortrinn ved tilgang på helt ferskt råstoff, som ved direkte prosessering kan gi høykvalitets omega 3 oljer. Dette omfatter bl.a. biprodukter fra oppdrettsnæringen (i første omgang laks) og fra filetering av sild.

Økt produksjon innenfor oppdrett og strukturendringer med større slakterier for oppdrettsfisk og økende grad av foredling i tilknytning til slakteriene, gjør at det vil være store råstoffkvantum på hvert sted, noe som vil kunne gi rasjonell produksjon. Det sammen gjelder innenfor sildesektoren. Det er derfor et stort potensiale for økt oljeproduksjon fra disse råvarekildene.

Omega 3



Av

Odd-Ivar Lekang (UMB/TINE FoU) og Miguel A. Gutierrez (TINE FoU)

Forord

Under arbeidet med denne rapporten er det flere som har gitt nødvendige innspill. I Tine har hele FoU-avdelingen bidratt. Videre har næringsorganisasjonen MARING v/ J. Aulie bidratt. Flere firmaer og leverandører, herunder Pronova (G. Berge), Denomega (L. Riege), Napro Pharma (B. Rene), Marine Harvest (T. Remman) og Neperdo Biomarine (H. Breivik, har nettopp redigert en større engelskspråklig bok om Omega-3) har gitt viktige innspill. Det samme gjelder forskningsmiljøene SINTEF (T. Olafsen), NIFES (L. Frøyland) og Norges Fiskerihøgskole (E. Elvevoll). Det har vært tett oppfølging av RUBIN ved S. Bekkevold gjennom hele arbeidet.

25/9 2007

O. I. Lekang

Innholdsfortegnelse

0. Sammendrag.....	5
1. Innledning.....	11
2. Omega 3 og helseeffekter.....	12
2.1. Hva er omega 3	12
2.2. Oppsummering av helseeffekter.....	14
3. Forbruk av omega 3.....	16
3.1. Hvor brukes det	16
3.1.1. Fôr til fisk	16
3.1.2. Fôr til dyr.....	17
3.1.3. Humant forbruk	18
3.2. Fremtidstrender	24
3.2.1. Oppdrettsnæringen	24
3.2.2. Fôr til dyr.....	25
3.2.3. Humant forbruk	25
4. Aktuelle omega 3 kilder	27
4.1. Marin sektor – tradisjonelt fiskeri - industrifisk.....	27
4.2. Torskelever og annen lever fra fiskerisektoren	36
4.3. Avskjær fra fiskeindustri	39
4.4. Marin sektor andre kilder	40
4.4.1. Sel og hval	40
4.4.2. Krill og annen dyreplankton.....	42
4.5. Akvakultur.....	48
4.6. Landbrukssektoren	50
4.7. Alternative kilder.....	53
4.7.1. Alger og mikroorganismer	53
4.7.2. GMO.....	55
5. Ernæringsmessig og helsemessig egnethet av ulike marine omega 3 kilder.....	57
5.1. Generelt	57
5.2. De enkelte marine kilder	62
5.2.1. Industrifisk	62
5.2.2. Avskjær fra fiskeindustri	65
5.2.3. Torskelever og annen lever	66
5.2.4. Laksebiprodukter.....	68
5.2.5. Sel og hval	70
5.2.6. Krill	71
6. Bærekraftighet og miljøstatus på ulike marine omega 3 kilder	73
6.1. Bærekraftighet - fiskekvoter.....	73
6.2. Bærekraftighet - Industrifisk eller direkte humant konsum	73
6.3. Er produksjon av oppdrettsfisk bærekraftig?	74
6.4. Miljøgifter	74
6.4.1. Generelt	74
6.4.2. Utvalgte miljøgifter og forekomster i villfisk	75
6.4.3. Miljøgifter i oppdrettsfisk	79
6.4.4. Miljøgifter i oljen	80

7. Produksjon, raffinering og oppkonsentrering av fiskeolje	82
7.1. Generelt	82
7.2. Råoljeproduksjon	83
7.3. Raffinering	85
7.4. Fjerning av miljøgifter	87
7.5. Oppkonsentrering	88
7.6. Olje som flytende eller i kapsel (inkapsulert) som kosttilskudd	89
7.7. Mikroinkapsulering – beskyttelse mot harskning	89
8. Sammenstilling fordeler og ulemper med ulike omega 3 kilder	91
8.1. Fiskeolje	91
8.2. Torskeleverolje	92
8.3. Lakseolje	92
8.4. Selolje	93
8.5. Krillolje	93
8.6. Vegetabiliske oljer	93
8.7. Algeoljer og GMO oljer	94
9. Sammenstilling av fordeler og ulemper ved norske marine omega 3 kilder mot utenlandske omega 3 kilder	95
10. Referanser	97

0. Sammendrag

Markeder

Det er i dag stor interesse for økt bruk av omega 3 fettsyrer i kostholdet til fisk, dyr og mennesker grunnet dokumenterte helsemessige gevinster. Omega 3 er et lite presist begrep i denne sammenheng og når vi snakker om marine fettsyrer snakker vi spesifikt EPA – DHA samt at interessen for DPA begynner å komme. Dette er essensielle fettsyrer som kroppen ikke kan lage selv, men som den må få tilført gjennom maten. Produkter fra marin sektor er de eneste som inneholder både EPA og DHA i rimelige mengder. En annen viktig omega 3 fettsyre er alfa linolensyre, ALA, som også er essensiell. Når vi konsumerer ALA vil en mindre andel omformes til EPA-DHA i kroppen slikt at vi får en viss tilførsel, men dette er i utgangspunktet lavt (> 10 %) og det settes også spørsmålstegn ved hvor effektiv denne omformingen virkelig er. Babyer har for øvrig ikke denne funksjonen og for dem er DHA en essensiell fettsyre som de må ha direkte tilført gjennom maten.

Den store bruker av omega 3 fra marin sektor er akvakulturnæringen, som tar over 80 % tilgjengelig volum. Selv om det arbeides med å erstatte marine fettkilder med vegetabiliske fettkilder i fiskefôret, vil det på grunn av ekspansjon som skjer i oppdrettsnæringen fortsatt være den store avtakeren, over 80 % er spådd også etter 2010. I og med oppdrettsnæringen er den store avtakeren vil det være etterspørselen fra denne næringen som bestemmer olje prisene, og derigjennom prisen på omega 3, EPA-DHA. Grunnet den økte etterspørselen har prisene på fiskeolje vist en betydelig vekst de siste årene.

Pet-food er et marked som også har ernæringsmessige fordeler av innblandingen av omega 3 i fôret og som er i betydelig vekst. Innen tradisjonelt fôr til husdyr, har prisene gjort at det ikke er så aktuelt å bruke marine oljer, men et marked som er økende, er anrikning av fôr med omega 3 for å gi spesielt sunne produkter som kan betales med en høyere pris i markedet, eksempelvis melk og egg med høyt omega 3 innhold.

Innen humant konsum er markedene stigende, både til kosttilskudd, som ingrediens i mat (funksjonell egenskaper) og som legemiddel. Verdensmarkedet for omega 3 (sluttbruker – kosttilskudd og ingrediens) antas å ha en verdi på i størrelsesorden 700 millioner dollar og er estimert å vokse med mellom 10 og 15 % per år. De markedene som antas å vokse mest er omega 3 EPA-DHA til funksjonelle matingredienser og legemidler.

Kilder – volum og fettsyresammensetning

Det er ulike kilder for å skaffe omega 3. Når det gjelder spesifikt EPA-DHA er det marine alger som er utgangspunktet, og alle organismer som spiser alger vil få i seg disse fettsyrene, herunder dyreplankton og planktonspisende fisk. Fisk som spiser planktonspisende fisk vil få i seg fettsyrene gjennom fisken som spises. Den viktigste kommersielle kilden til omega 3-EPA-DHA i dag er industrifisk. Dette er fettrike fiskearter som ”males” opp og danner utgangspunkt for både fiskemel og fiskeolje. Industrifisk utgjør over 90 % av tilførselen av EPA-DHA på verdensbasis (Tab. 0.1). Industrifiske etter fettrike arter utenfor Sør Amerika, som omfatter arter som ansjos og sardiner, er det totalt dominerende fiske i forhold til kvantum. Biprodukter/avskjær fra prosessering av fettrike fiskearter er en mindre kilde i dag, men kan bli en vesentlig viktigere kilde i fremtiden.

Magre fiskearter lagrer fett i lever og her er det leveren som er utgangspunkt for produksjon av olje, eller det vi fra gammelt av kjenner som tran. Mengdene som er tilgjengelige i dag er imidlertid svært begrenset i forhold til det som kommer fra industrifisk, 30- 40 000 tonn til sammenligning med over 1 million tonn fra industrifisk. Akvakultur er ingen netto produsent av omega 3, EPA-DHA. Oppdrettsfisk er avhengig av å få tilført fettsyrene gjennom fôret for at det skal være i fiskekjøttet. Typisk fôr til laks inneholder i dag mellom 15 og 20 % fiskeolje, dette har blitt redusert de siste årene og kan reduseres ytterligere. Tidligere var innholdet enda høyere og fiskeoljen ble brukt som en rimelig energikilde i fiskefôret, men grunnet prisøkning på fiskeolje er ikke dette aktuelt i dag. Avhengig av EPA-DHA innhold i fiskeoljen må fôret inneholde rundt 5 % fiskeolje for at fisken skal få tilført nødvendig mengde EPA-DHA i forhold til et ernærings- og helsemessig behov. Laks som er en fet fisk lagrer fett i muskelen (fiskekjøttet). Per i dag er det et betydelig potensial for produksjon av olje basert på biprodukter fra verdens oppdrettsnæring, i første rekke laks.

Det er også mulig å gå lenger ned i næringskjeden for å hente omega 3-EPA-DHA. Et eksempel her er krill, hvor det foreligger betydelige potensialer for økning i kvantumet som høstes i forhold til i dag. Fiske vil derfor kunne danne basis for store mengder olje. Særlig Sørishavet har store potensial, men en må være oppmerksom på problemer med sikker bestandsestimering i forhold til hvor mye som kan tas ut, da krillen er en nøkkelart i økosystemet. Også annen mindre dyreplankton kan høstes, for eksempel utenfor norskekysten, men her er en kommet mye kortere både i forhold til fiske og utvinning.

Omega 3 oljer kan også utvinnes av planter, særlig fra frøfraksjonen og grønne blad. Oljeproduksjonen basert på landbruksoljer er mye større enn hva tilfelle er for marine oljer, rundt 100 ganger så stor. Landbruksbaserte oljer inneholder imidlertid ikke EPA-DHA, men ALA, og i så måte er ikke landbruksbasert olje en direkte konkurrent til de marine oljene. Særlig linfrøolje har et høyt innhold av ALA.

Grunnet økt etterspørsel og pris-stigning på fiskeolje ser en kontinuerlig på alternative kilder. Å gå til kilden, dvs. alger, og produsere alger med høyt innhold av omega 3- EPA-DHA direkte, er et aktuelt alternativ, men det er kun et mindre kvantum kommersielt tilgjengelig. Det foregår imidlertid en del forskning innen dette området. Det sees også på bruk av genmodifisering, særlig av planter slik at disse kan produsere EPA-DHA direkte. Felles for de to siste kildene er at det vil ta tid før det kommer noe særlig kvantum på markedet, og holdingen til genmodifiserte produkter blant konsumenten viser betydelig variasjon i ulike land.

Tabell 0.1. Estimert **verdenproduksjon** av olje basert på ulike kilder med potensialer for vekst (grunnlag for data finnes bak i rapporten). Vedrørende tall for EPA og DHA innholdet i oljen er det registret store variasjoner, kun overslagstall er vist (variasjon vist bak i rapporten).

Oljetype	Dagens produksjon tonn	Vekst potensial	% EPA og DHA i oljen (overslag)	Kommentarer
Marine oljer				
Fiskeolje fra industrifisk	1 000 000	Ikke potensialer for særlig økning. Kan bli redusert dersom mer går til konsum	18 og 12 % i Sør-Amerikansk olje.	Store årlige fluktuasjoner i olje av industrifisk. Hovedskaliig industrifisk fra Sør- Amerika
Fiskeolje fra avskjær	Usikkert	Potensialer for økning, både fra villaks og pelagiske fiskelag.	6 og 9 % i olje fra avskjær fra sild/makrell	Evt. økning basert på økt grad av bearbeiding av konsumfisk og utnyttelse av ikke utnyttet avskjær. Ytterligere økning dersom mer av industrifisk går til konsum.
Leverolje (villfisk)	30 – 40 000	200 000 Se kap. 4.2, der er potensialet rundt 50 000	11 og 10 %	Torske- og annen leverolje
Lakseolje (oppdrettslaks)	< 20 000	40 000 – 200 000	6 og 9 %	Laveste volumpotensial er kun slo. Høyeste er slo pluss hoder og avskjær når alt blir filetert. EPA-DHA i oljen er avhengig av tilførsel gjennom føret
Selolje	< 3000	< 10 000	5 og 10 %	Kontroversielt
Krillolje, kun i Antarktis	1-2 000	50 000	20 og 10 %	Bestandsestimering vanskelig, EPA-DHA estimat usikkert pga. få data og variasjon i data
Andre oljer				
Olje av landbruksvekster, Herav linfrøolje	100 000 000 600 000	Store	Nei	Linfrøolje inneholder ALA som kan omdannes i kroppen til EPA og DHA (i svært liten grad)
GMO oljer	Liten	Store	Ja	Tar noen år å utvikle. Kontroversielt.
Algeoljer	< 1000	Store	Ja	Noe på markedet, vekst vil ta noe tid

De beste råvarekildene for produksjon av oljer når det gjelder fisk er de artene som har et høyt innhold av EPA-DHA per kg råstoff. Fiskeartene som har høyest innhold av disse fettsyrene er ansjos, sardiner og makrell (ulike stammer). Disse danner basis for oljeproduksjon i Sør-Amerika. De norske artene som særlig er aktuelle er sild og makrell, enten som industrifisk eller som avskjær. Disse har et lavere innhold av EPA-DHA.

Torskelever har også et noe lavere innhold av EPA-DHA. Totalinnholdet er i størrelsesorden 20 % av fettsyrene mot i størrelsesorden 30 % av fettsyrene for de fiskeartene med høyest innhold.

Oppdrettslaks er per i dag et bra råstoff for oljeproduksjon selv om den ikke inneholder like mye EPA-DHA som de beste råstoffkildene (totalt ca. 15% av fettsyrene). Med reduksjon i tilsats av EPA-DHA i fôret vil nok andel EPA-DHA kunne gå noe ned, men det vil fortsatt være et greit utgangspunkt for oljeproduksjon, og har den fordel er at det er store kvantum med helt fersk råstoff hele året. Lakseoljen inneholder også fettsyren DPA.

Helsevurderinger

En fullverdig ernærings og helsemessig sammenligning av omega 3 kilder er ikke gjort i denne rapporten. Generelt kan det sies at det er enighet om at fisk med EPA –DHA er positivt helsemessig, men når det gjelder formuleringen av oljen og i hvilken form den inntas er det betydelig diskusjon. Humane forsøk for å dokumentere dette, og særlig for direkte å sammenligne forskjellige formuleringer, er svært vanskelig og det er en mengde faktorer som kan spille inn. Noen eksempler som belyser dette er at opptak hos mennesker varierer, sammensetning av oljen varierer, oksidasjonsnivået i oljen kan variere, oljen kan innehold andre stoffer som påvirker resultatene, osv. Videre må en gjennom slike forsøk inn på spesifikke egenskaper slik at sammenligningen vil være av veldig spesifikk art.

Effekten vil også variere i forhold til menneskets fysiske tilstand, aldersgruppe og resten av kostholdet. Mye av dokumentasjon er gjort på mennesker som er syke og effektene av EPA-DHA på spesifikke forhold er knyttet til sykdommen. Generalisering av slike resultater til også gjelde på forbedring av generell almentilstand hos frisk mennesker trenger derfor ikke å være riktige. Mange av forsøkene er også gjennomført kun på fiskeolje uten at noe mer er eksakt definert. Hva med fettsyresammensetningen og det totale omega 3 nivået, hva med oksidasjonsnivået og hva med innholdet av andre stoffer som kan tenkes å ha innvirkning?

I Europa er det definert standarder (European Pharmacopoeia Monografier) for ulike oljeprodukter, som eksempel for tran og lakseolje, og i fremtiden bør en minimum ha beskrevet oljen i forhold til denne standarden når studier gjennomføres. Bransjen er dessuten i en veldig endring, og det kommer stadig nye data.

Bærekraftighet/miljø

Bærekraftighet i fiske er et omdiskutert tema som naturlig også vil komme inn når det gjelder fiskeartene som er aktuelle for bruk til oljeproduksjon. Per i dag skal alle artene være underlagt reguleringer og fiske skal være bærekraftig. Det er ikke mulighet for ekspansjon i fiske da det stort sett er på grensen av et bærekraftig kvantum. Et tema er for øvrig om industrifiske er bærekraftig eller ikke. Burde fisken i stedet gått direkte til humant konsum, siden verdens behov for sjømat er økende? FAO (Verdens Matvareorganisasjon i FN) ønsker at en økt andel av fiske skal gå til direkte humant konsum.

Miljøgifter i sjømat er et tema en blir mer og mer oppmerksom på, og siden mange av miljøgiftene sitter i fett vil mye bli overført til oljen. Fiskeolje vil derfor innehold miljøgifter som råolje, eller uraffinert og urenset. Avhengig av raffinering og renset metode kan miljøgifter fjernes, men dette er en kostnad og jo renere en olje er som råolje jo rimeligere og enklere vil rensingen være. Graden av kontaminering varierer i forhold til havområdet. Farvannet utenfor mellom- og nord-Europa, inklusive norskekysten, er mer kontaminert enn

hva tilfelle er for andre havområder, for eksempel utenfor Sør Amerika, mens det antarktiske farvann er enda mindre utsatt.

Dette betyr at fisk fra norske farvann inneholder mer miljøgifter enn fra de andre farvannene. Her må en imidlertid presisere at verdiene for fiskeråstoffet er langt under grenseverdien for det som er anbefalt øvre grense for inntak til humant konsum. Siden mye av miljøgiftene er bundet til fettfraksjonen vil det relative innholdet variere i forhold til fettprosenten i fisken. Er det mye fett vil konsentrasjonen av miljøgifter per kg være lavere enn dersom fettinnholdet er lavt siden konsentrasjonen av miljøgifter i fisken er fast og ikke avhengig av fettinnholdet. Skal en ha ut en olje med lavest mulig innhold av miljøgifter bør en følgelig legge fiske til perioder hvor fisken er fettrik.

Norsk råstoff i global sammenheng

Hvordan stiller så norsk råstoff seg i forhold til annet råstoff når det gjelder produksjon av omega 3, EPA-DHA olje? Generelt har ikke våre ville fiskearter det høyeste innholdet av de ønskede fettsyrene og vi er dessuten mer eksponert for miljøgifter enn mye av det konkurrerende råstoff som tilbys. I så måte har vi ingen råstoffmessige fortrinn. Et fortrinn kan være at dersom vi prosesserer olje direkte fra eget råstoff, f.eks. biprodukter fra filétanleggene, og oljen videreprosesserer i Norge, vil lange transporter og tidsperioder med mulighet for oksidasjon og forringelse av oljen unngås og det blir en ferskere olje. I gjennomsnitt transporters hver liter fiskeolje rundt 5000 km og dette vil dessuten være utgangspunkt for et betydelig CO₂ utslipp.

Hvordan olje produsert av biprodukter fra oppdrett blir avhenger av sammensetningen av fôret. Fiskeolje produsert på oppdrettsbiprodukter i Norge vil derfor være like bra som fra andre områder i verden dersom fôrsammensetningen er lik. Norge har en fordel med store volumer i oppdrettsnæringen, noe som vil si at vi har tilgang på mye ferskt råstoff. Strukturendringer med større slakterier og mer foredling i tilknytning til slakteriene gjør at det vil være store råstoffkvantum på ett sted, noe som gjør at vi kan få en rasjonell produksjon.

Sett i verdensmålestokk er den norske fiskeoljeindustrien betydelig, og flere av selskapene har kontroll over flere deler av verdikjeden. Næringen har høy kompetanse, avansert teknologi og har stått for en betydelig andel av innovasjonen som har foregått innen internasjonal fiskeoljeindustri. Vi har også en næring som er kjent for å levere oljeprodukter av høy kvalitet.

Det forligger også betydelig potensiale for økt oljeproduksjon basert på norske marine råvarekilder (Tab. 0.2), i første rekke basert på råstoff fra en økende oppdrettsnæring og særlig er potensialet stort dersom bearbeidingsgraden av laks i Norge øker. Økt filetering av fete pelagiske arter som sild og makrell fra tradisjonelt fiskeri vil også være grunnlag for en betydelig oljeproduksjon. Mindre vekstpotensiale finnes innen bruk av torskelever og sel til olje, mens et økt torskeoppdrett gir potensialer. Innen dyreplankton som rødåte og krill er det potensial for uttak til produksjon, men per i dag hentes det ikke noe fra denne kilden.

Totalt sett og i forhold til en ventet vekst i etterspørselen etter omega 3 – EPA-DHA bør Norge derfor ha potensiale for en betydelig vekst i verdiskapningen basert på fiskeolje, dette både i form av økte leveranser av råvarer til råoljeproduksjon og i forhold til industrien som står for råoljeproduksjon, raffinering, oppkonsentrering og bearbeiding av oljen.

Tabell 0.2. Estimert **oljeproduksjon i Norge**, og potensialer for vekst med basis i marine oljer. (Datagrunnlag, se bak i rapport).

Oljetype	Dagens produksjon tonn	Potensiale	Kommentarer
Fiskeolje industrifisk	10-15 000	Ingen økning. Kan gå ned	Kan øke igjen dersom det blir loddefiske
Fiskeolje avskjær (pelagisk konsumfisk)	20 000	30-75 000	Det laveste potensieltallet innebærer fiskeoljeproduksjon av dagens mengde biprodukter. Det høyeste forutsetter at all fisk (sild og makrell) går til konsum som filetert vare og at alt avskjær brukes til oljeproduksjon
Leverolje	2-3 000	20 000	Inklusive lever fra torsk, sei og hyse. Ved mer oppdrett av torsk mye større kvantum
Lakseolje (oppdrettslaks)	8 000	20 000 – 75 000	Laveste verdi er kun slo. Høyeste er slo plus hoder og avskjær når alt blir filetert. Produksjonen vokser
Selolje	< 400	1 300	Forutsetter økt uttak av sel
Krillolje og annen dyreplankton	0	40 000	Vanskelig å estimere grunnet stor variasjon i betandsestimat Lavt estimat på potensial

1. Innledning

Omega 3 har vært en naturlig del av kostholdet til mennesker gjennom tusenvis av år. I løpet av de siste hundre år har det imidlertid vært en stor endring i vårt kosthold. I dag spiser vi mye vegetabilsk fett og lite marint fett. Kunnskapene om nødvendigheten av omega 3 i kosthold til mennesker er imidlertid økende. Viktigheten av innhold av omega 3 i fôr til dyr og fisk blir også mer og mer dokumentert. Dette gjør at etterspørselen etter omega 3 i verden er i sterk vekst. Tilgang på råstoff med omega 3 av marint opphav, som inneholder de viktige fettsyrene EPA og DHA, vil derfor kunne bli en begrensning i fremtiden.

Norge vil kunne bli en betydelig leverandør av omega 3 råstoff fra marin sektor i fremtiden dersom vi tar vare på det vi har og utnytter det optimalt. Vi har også en betydelig industri knyttet til svært oppegående bioteknologi som burde ha gode muligheter for videre ekspansjon også basert på råstoff fra andre steder i verden.

Hensikten med denne rapporten har vært å prøve å gi en oversikt over forbruket av omega 3 i verden i dag og anslå noe om fremtidige potensialer. Videre er det gjort en analyse av aktuelle råvarekilder som også inkluderer ernæring/helsemessige forhold og forhold rundt bærekraftighet og miljøstatus for de ulike råstoffkildene. Rapporten inneholder en sammenstilling hvor kilder vurderes opp mot hverandre og en sammenstilling hvor en ser på norske råvarekilder mot utenlandske råvarekilder. Rapporten inneholder også en del grunnleggende forklarende kunnskap om omega 3 for å øke forståelsen generelt, noe det er stor mangel på hos konsumentene. Det er også et kapittel som beskriver produksjon, raffinering og oppkonsentrering av omega 3 olje. I begge disse kapitlene er det en del forenklinger for å unngå å gå inn på avansert kjemi/biokjemi som dette i virkeligheten er. På internett er det per i dag enorme mengder data og informasjon om temaet omega 3 tilgjengelig, et søk på Google på omega 3 gav over 40 millioner treff, mens det på Google scholar (vitenskaplige artikkeler etc.) gav over 400 tusen treff. Dette viser også litt om den store interessen for temaet.

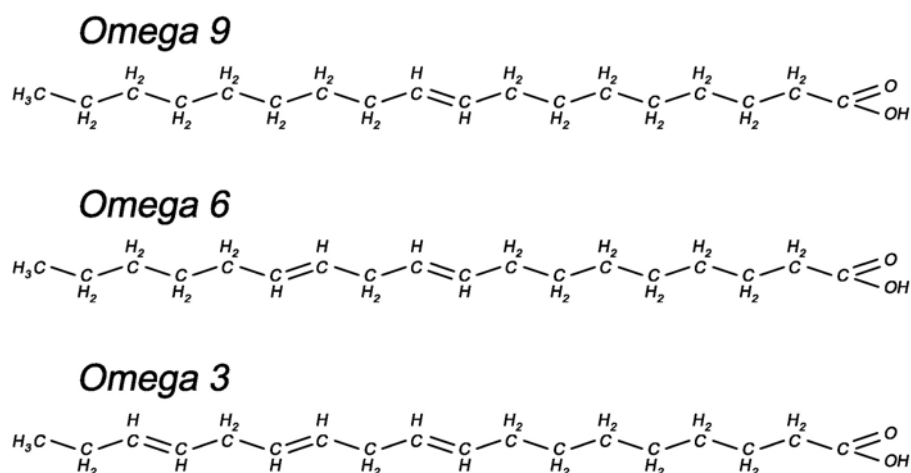
2. Omega 3 og helseeffekter

2.1. Hva er omega 3

Omega 3 er en type fettsyre som inngår i den totale fettfraksjonen som mennesker og dyr/fisk inntar. Fettsyrene kan deles inn i mettede og umettede avhengig av den strukturelle oppbygging. Umettede fettsyrer har en eller flere dobbeltbindinger, mens mettet ikke har dobbeltbindinger. Rent funksjonelt er umettede fettsyrer mer løselig og flytende. For eksempel er margarin, som inneholder mye mettet fett, hardt ved kjøleskapstemperatur, mens oljer som er flytende, inneholde mer langkjedede og flerumettede fettsyrer så som fiskolje. Flerumettede fettsyrer omtales også som PUFA (Poly Unsaturatet Fatty Acids), mens langkjedede flerumettede (med 20 og 22 karbon atomer) omtales som HUFA (Highly Unsaturated Fatty Acids). De andre fettsyrene utgjøres av mettede (SFA, Saturated Fatty Acids), og enumettede (MUFA, Mono Unsaturated Fatty Acids). Mettet fett er assosiert med mange sykdommer.

En del av fettsyrene som kroppen trenger, kalt essensielle fettsyrer (EFA, Essential Fatty Acids), kan den ikke lage selv, og en er derfor avhengig av å få dem tilført gjennom maten. To fettsyregrupper som er essensielle er omega 3 og omega 6. Forskjellen på omega 3 og omega 6 fettsyrene ligger i den strukturelle oppbygging. Omega 3 har dobbeltbinding på karbonatom nummer 3, n3, fra metylenden, mens omega 6 har det på nummer 6, n6 (Fig. 2.1). Det snakkes også om omega 9, som er en fellesbetegnelse på enumettede fettsyrer hvor dobbeltbinding sitter i posisjon 9. Denne er ikke essensiell og kan lages i kroppen forutsatt at det er omega 3 og omega 6 tilgjengelig.

Innenfor gruppen omega 3 og omega 6 er det en lang rekke typer av fettsyrer. Dersom vi får inn en av omega 3 fettsyrene kan kroppen til en viss grad omdanne denne til andre omega 3 fettsyrer, lage lengre kjedere (se senere beskrivelser). Spedbarn har ikke denne funksjonen. Det er imidlertid ikke mulig å omdanne omega 3 til omega 6 og omvendt, og følgelig må en ha tilførsel av begge. Videre brukes de samme enzymsystemene for omsetning av omega 3 og omega 6 i kroppen, og følgelig vil forholdet mellom disse være essensielt. Er det mye omega 6 i forhold til omega 3 vil det bli omdannet desto mindre omega 3 (se senere beskrivelser).



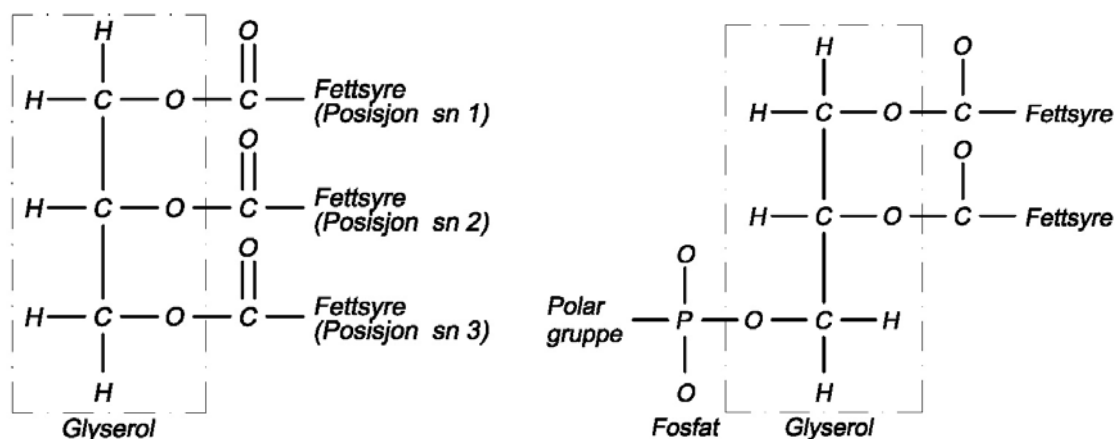
Figur 2.1. Oppbygging av sentrale fettsyregrupper.

Omega 3 fettsyrene deles gjerne inn i kortkjedede (≤ 18 C-atomer) og langkjedede (≥ 20 C-atomer). Viktige langkjedede omega 3 fettsyrer er EPA (eikosapentaensyre) som har 20 karbonatomer og fem dobbeltbindinger (C20:5, n3), DPA (dokosapentaensyre) som har 22 karbonatomer og fem dobbeltbindinger (C22:5, n3) og DHA (dokosahexaensyre) som har 22 karbonatomer og 6 dobbeltbindinger (C22:6, n3). Av kortere omega 3 fettsyrer er alfalinolensyre (ALA) (C18:3, n3) viktig. De mest sentrale omega 6 fettsyrene er linolensyre (LA) (C18:2, n6), gammalinolensyre (GLA) og arakadoinsyre (AA). Mange planteoljer, spesielt soyaolje, er rik på LA og derfor dominerer denne i stor grad blant de flerumettede fettsyrene i vårt kosthold.

Omega 3 fettsyrene i marine produkter er hovedsaklig bundet og foreligger i form av triglyseridmolekyler, som også omtales ofte som fett (utgjør kun en andel av totale fettfraksjonen). Et triglyseridmolekyl består av 3 fettsyremolekyler (kan være ulike fettsyrer) og et glyserolmolekyl (Fig. 2.2). Omega 3 kan også være bundet i fosfolipider. Et fosfolipid er bygget opp på samme måte som et triglyserid men her er to fettsyremolekyler og et fosfatmolekyl bundet til en glyserolenhet. Marine fosfolipider inneholder, i motsetning til plantefosfolipider, fettsyrene EPA og DHA. (Eggeplomme kan imidlertid innehold mindre mengder DHA). En kan imidlertid ved bioteknologi sette inn omega 3 fettsyrer på plantefosfolipider, f. eks. på soya.

I motsetning til triglyserider som ikke er løselig i vann, kan fosfolipider blandes med vann og vannholdige ingredienser. Omega 3 kan også foreligge som etylestere. Disse er normalt laget ved at en enkelt forklart blander fettsyre og etanol, fjerner vann og erstatter glyserolet med en etanol, esterbinding. Kun små mengder etyl ester finnes naturlig og når en snakker om etylester innenfor omega 3 er den i oppkonsentrert form, det vil si at en har konsentrert opp (syntetisert) innhold av ønskede fettsyrer bundet til etyl.

Når mengden av en spesifikk fettsyre angis kan det enten være oppgitt som del av de totale fettinnholdet eller som del av den totale mengde fettsyrer, dette er viktig å være klar over.



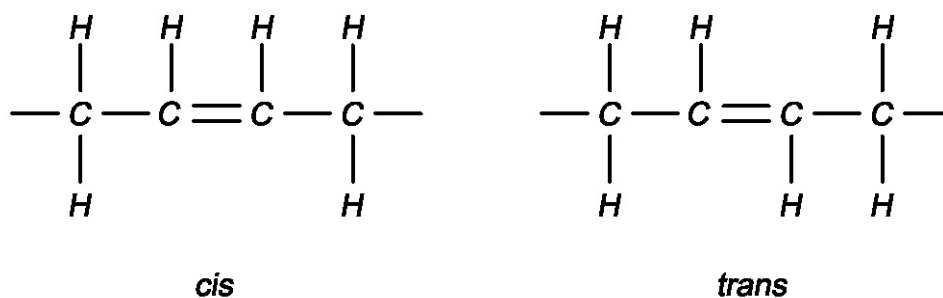
Figur 2.2. Oppbygging av triglyserid og fosfolipid.

Umettede fettsyrer kan herdes. Dette ble tidligere gjort når fiskeolje ble brukt i margarin og ble gjort hardt. Ved herding endres fettsyrestrukturen ved at det reagerer med hydrogen og blir mettet. Gjennom denne prosessen vil det normalt bli en del endring fra cis-form til trans-form (endret molekylstruktur) (Figur 2.3.). Innholdet av trans fettsyrer i vårt kosthold bør være lavt.

Fettets funksjon i kroppen er at det brukes som basis for energiproduksjon i cellene og dette gjelder både mettet og umettet fett. Inntaket av mettede fettsyrer og transfett bør være maksimalt 10 % av energiinntaket, enumettet fett ca 10-15 % og flerumettet 5-10%, inklusive 1% omega 3 fettsyrer (Aleksander et al. 2006). WHO (1991) anbefalte at 3-7 % av fett burde være flerumettet, med minst 3 % av energien i form av omega 6 og 0,5 % omega 3. Nye tall anbefaler imidlertid mer omega 3, minst 1 %. Ut fra et ernæringsperspektiv anbefales at av det tilførte omega 3 bør alfa-linolensyre utgjøre rundt halvparten. Fra 1970 årene og fram til i dag har det vært en positiv utvikling og det totale fettinnholdet i vårt kosthold har gått ned fra 40 til 34 energiprosent, samtidig som andelen av mettet fett og transfett også gått ned (Aleksander et al. 2006).

Fettsyrene har imidlertid også andre funksjoner og her er det ikke tilfeldig hvilken type som velges. Flerumettede fettsyrer, og delvis enumettede, brukes til strukturkomponener/byggestener i membraner og vegger i cellene i kroppen. Videre brukes flerumettede fettsyrer til biologiske regulatorer, dvs. signalstoffer som brukes til å kontrollere prosesser i kroppen. Her er vil det være forskjeller på omega 3 og omega 6 og også på hvilken type omega 3 fettsyre en har. Det er også disse forholdene som gjør at spesifikke omega 3 fettsyrer har spesifikke helsemessige gunstige effekter i kroppen.

Kolesterol utgjør også en andel av den totale fettfraksjonen, andel av sterolene. Ernæringsmessig er det behov for en viss andel kolesterol, men ikke for mye. I dag er det mange som får i seg for mye kolesterol og når vi inntar fiskeolje er det derfor ønskelig å innta oljer med et lavt kolesterolinhold. Det er imidlertid lite kolesterol i all fiskeoljen, normalt i området 0,05 -0,07 %, mest i fet fisk, så sett i forhold til totalinntak av kolesterol vil fiskeolje ha liten betydning .



Figur 2.3. Forskjell i oppbygging på cis og transfettsyrer.

2.2. Oppsummering av helseeffekter

Omega 3 fettsyrene har en rekke dokumenterte positive helseeffekter. Dette gjelder både for mennesker, dyr og fisk. Helseeffektene avhenger av hvilken type fettsyre vi snakker om og det er særlig de langkjedede som er viktige (≥ 20 C-atomer). I denne rapporten er ikke målet å beskrive helsemessige fordeler med omega 3 spesifikt, da dette er et svært stort område. Mange tusen vitenskapelige artikler er publisert siden effekten ble oppdaget i 1970, og det går

kontinuerlig forsøk (for ytterligere informasjon henvises til for eksempel Holumb 2002, Hansen 2006, Goed 2007, CLO 2007, Fatsoflife 2007). Generelt er fettsyren DHA viktig for oppbygging av strukturer/funksjoner i cellemembraner mens EPA har en viktig regulatorfunksjon i kroppen, eks blod trykk og immunforsvar. Generelt hjelper EPA – DHA på hjerte og hjernefunksjoner. DPA kan kanskje ha noen tilleggseffekter i tilknytning til brusk og leddfunksjoner, men her eksistere det fortsatt svært lite vitenskaplig dokumentasjon i forhold til EPA-DHA. Sannsynligvis har de andre langkjedede omega 3 fettsyrene (andre med 20 og flere karbonatomer) også positive helseeffekter uten at dette ordentlig kartlagt.

3. Forbruk av omega 3

3.1. Hvor brukes det

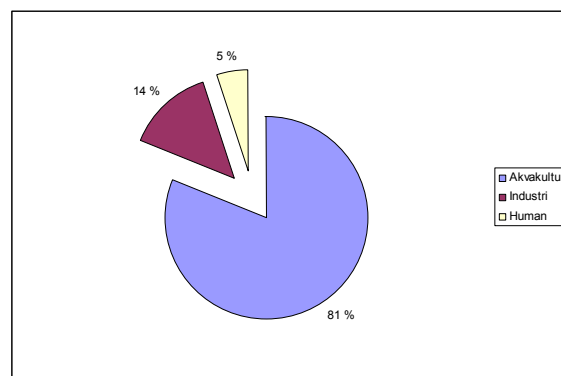
Basert på sin kjente og positive helseprofil brukes omega 3 olje i dag i mat til mennesker, dyr og fisk. I tillegg går en mindre andel til teknisk bruk og kosmetikk. Kosmetikk er forøvrig et økende marked hvor omega 3 har funksjon som mykgjørere, fuktighetsbevarende, beskytter mot stråling og kan hjelpe mot enkelte hudsykdommer (Kjerstad 2007). Tidligere var margarinindustrien en stor avtager av fiskeolje, en viktig omega 3 ressurs, som i dette tilfelle ble mettet (herdet) før den ble brukt. Denne bruken har blitt drastisk redusert de siste årene grunnet prisøkning på fiskeolje. I 2002 ble følgende fordeling av fiskeolje rapportert: akvakultur 81%, spiselig 14% (inkludert olje som mettes, se senere kapittel) og industriell bruk 5% (Pike 2005) av et totalkvantum på 846 000 tonn (Fig. 3.1). I 2004 ble det globale omega 3 markedet til humant konsum anslått til nærmere 49 000 tonn (inkludert Pet food) (Frost & Sullivan 2004).

Per i dag kan vi dele inn forbruket i:

1. Fôr til fisk, akvakultur
2. Fôr til dyr
3. Til humant konsum

Det er stor forskjell i krav de tre forbruksgruppene stiller til oljen hvor humant konsum stiller de desidert største kravene.

I dag er ”det menneskelige inntaket” av omega 3 alt for lavt, tall viser 0,1-0,2 g/dag. Anbefalt inntak i USA ligger på 0,65 g/dag, mens det i Storbritannia anbefales 1,2 g/dag (Din et al 2004).

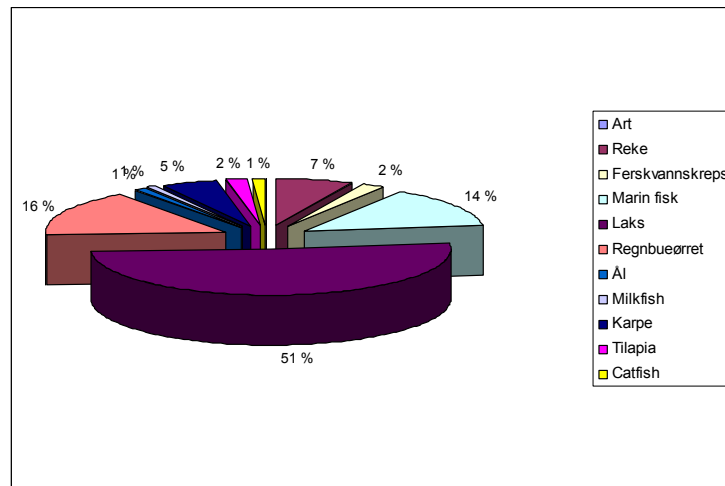


Figur 3.1. Forbruket av fiskeolje i forhold til ulike sektorer i 2002 (Etter Pike 2005).

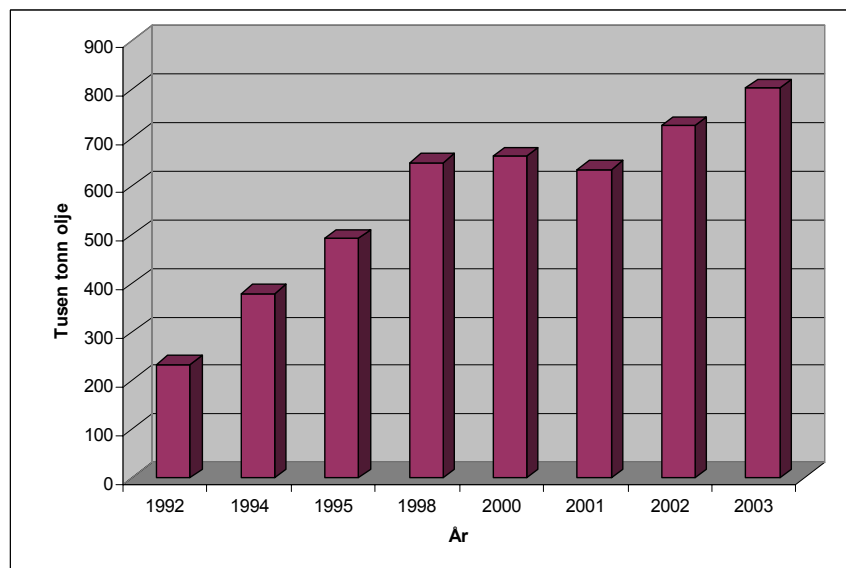
3.1.1. Fôr til fisk

All oppdrettsfisk har behov for en viss tilførsel av omega 3, EPA-DHA, og dette må tilføres gjennom fôret. I naturlig tilstand har fisken enten fått det gjennom alger, planktonspisere eller gjennom fisk som den har spist (karnivore arter). Verdens oppdrettsnæring er derfor en stor avtager av olje med omega 3 fettsyrer og særlig EPA-DHA. I størrelsesorden 86,8 % av all fiskeoljeproduksjon i verden gikk i 2003 til produksjon av oppdrettsfôr hvor laksenæringen er

den største enkelt avtaker med noe over 51 % (Tacon et al 2006) (Fig. 3.2). Forbruket av fiskeolje til akvakultursektoren har vist en rask ekspansjon fra 16 % i 1988, og det har følgelig vært en nedgang i bruk innen annen industri (Fig. 3.3). Særlig for yngel er det viktig for overlevelse og vekst med et relativt høyt innhold av EPA-DHA. Dette er også et marked med høyere betalingsvillighet enn det en oppnår for oljen som brukes på større fisk. Blant annet ved startfôring av marine arter har en sett det, og det begynner å komme spesielle løsninger for anriking av levende fôr med omega 3 eller formulert fôr med høyt innhold på markedet.



Figur 3.2. Estimert forbruk av fiskeolje i fôr til ulike fiskearter i % av en totalmengde på 802 tusen tonn 2003 (basert på tall i Tacon et al. 2006)



Figur 3.3. Vekst i forbruk av fiskeolje som tilsats i fiskefôr (basert på tall i Tacon et al 2006).

3.1.2. Fôr til dyr

Noe fiskeolje går inn i fôr til dyr, både til tradisjonelle husdyr (produksjonsdyr) og sports- og familiedyr (kjæledyr), omtalt som petfood eller pet nutrition. Prisutvikling på oljen har gjort at innslaget av olje i kosten til tradisjonelle husdyr har blitt sterkt redusert.

Petfood er et stort internasjonalt marked og i 2002 omsatte den internasjonale petfood industrien for over 2500 millioner \$ og en vekst på 5% per år var forventet. Markedet for Omega 3 brukt i petfood ble i 2004 antatt å utgjøre i størrelsesorden 5000 tonn (Frost & Sullivan 2004). Tilførsel av fiskeolje i fôr til sports- og familiedyr har vist en ekspansjon de siste årene. Dette er også et marked med vesentlig høyre betalingsvilje enn tilfelle er for tradisjonelle husdyr.

3.1.3. Humant forbruk

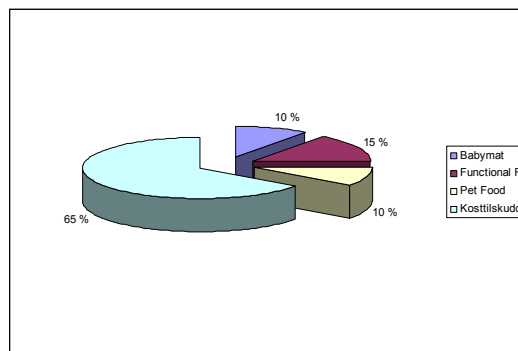
Omega 3 forbruket til humant forbruk kan deles inn i 3 hovedgrupper:

- a) Tran/kosttilskudd
- b) Ingrediens i mat (functional foods)
- c) Legemiddel

Som fellsbetegnelse for kosttilskudd og ingrediens i mat brukes ofte Nutraceuticals, som også kan defineres som produkter som innehar bioaktive komponenter (Garcia 1998, Boudreau 2000).

I en analyse av omega 3 forbruket til humant konsum i verden i 2004 utgjorde kosttilskudd 65 %, ingrediens i mat 15 %, tilsats i morsmelk/barnemat 10 % og pet food 10 % (Brownlie 2005) (Fig. 3.4).

Kravene til renhet, smak og lukt varierer. Tran/kosttilskudd kan ha både smak og lukt, mens som ingrediens i mat må den være smak og luktfri og som legemiddel må det være en høy renhet og en oppkonsentrering av de riktige fettsyrene. Både kosttilskudd og ingredienser kan også foreligge som konsentrat, dvs. oppkonsentrert mengde omega 3.



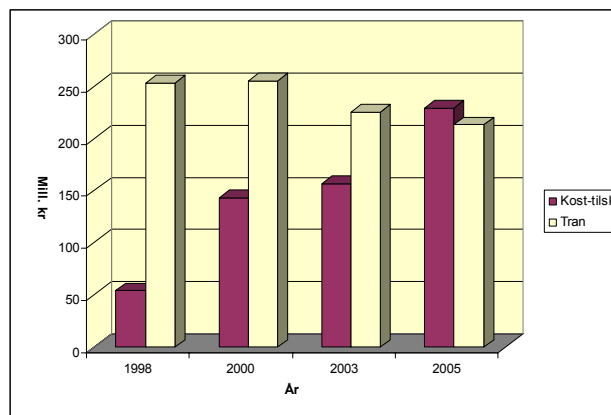
Figur 3.4.. Fordeling av oljeforbruket til human sektor inklusive pet food (basert på tall fra Brownlie 2005)

Tran - Kosttilskudd

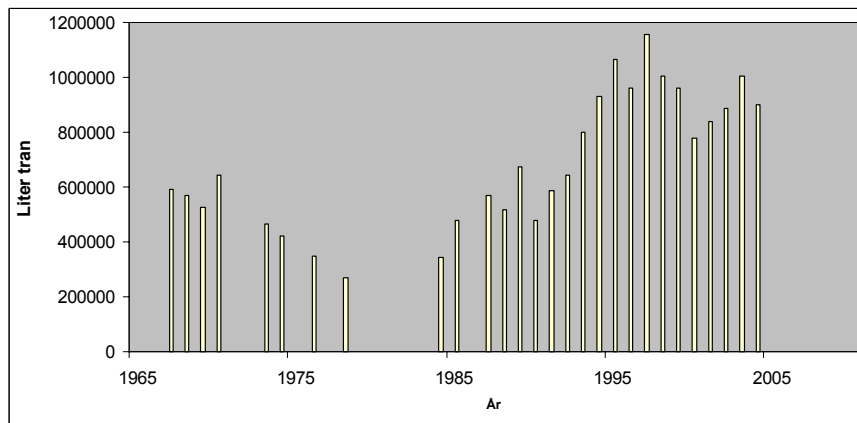
Omega 3 brukes i stor grad som kosttilskudd og har en lang historie gjennom bruk som tran (raffinert torskeleverolje). I dag brukes det både i form av flytende tran og i form av kapsler (innkapslet tran eller olje i gelatin), og som andeler i tørr pilleform (pulverfraksjon som inneholder noe EPA-DHA). Bruk av kosttilskudd og tran basert på fiskeolje er kjente produkter over hele verden.

Det norske marked for kosttilskudd/tran

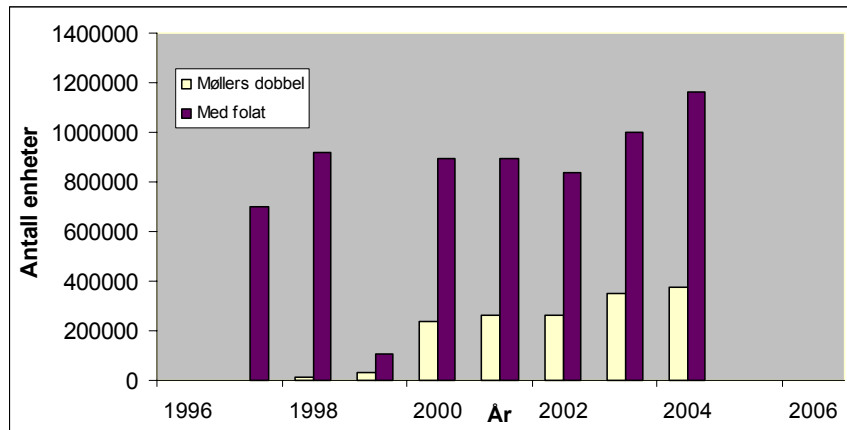
Innen helsekostmarkedet var omega 3 fiskeolje og tran de to desidert største produkt-kategorier. Tran er flytende og kommer fra torskeleverolje, mens kosttilskudd gjerne er fiskeolje fra Sør Amerika innkapslet i en gelatinkapsel (beskrevet senere). Av det totalte helsekostmarkedet i Norge, som i 2005 ble anslått å ha en verdi på over 2 milliarder kroner, utgjorde omega 3 fiskeolje 229 millioner kroner, mens tran utgjorde 213 millioner kroner (Bransjerådet for naturmidler). Tilsvarende tall for 1998 lå på 253 millioner for tran og 54 millioner for omega 3 fiskeolje (Fig.3.5.), altså en dreining mot mer omega 3 fiskeolje. En analyse av forbruket basert på den største leverandøren av tran på det norske markedet (P. Møller) viste at forbruket av tran hadde et høydepunkt i 1997 og at den siden har sunket litt til fordel for kosttilskudd (Aleksander et al 2006) (Fig. 3.6, Fig.3.7)



Figur 3.5. Utviklingen i omsetning av tran i forhold til rent omega 3 kosttilskudd (basert på tall fra bransjerådet for naturmidler).



Figur 3.6. Utviklingen i omsetning av tran fra en leverandør (P.Møller, basert på Aleksander et al. 2006)



Figur 3.7. Utvikling i omsetningen av fiskeoljekapsler fra en leverandør (P.Møller, basert på Aleksander et al. 2006). Én enhet er ca 47 gram og tilsvarer innholdet i en forpakning.

MMI sier at kosttilskudd med omega 3 er det kosttilskuddet som har økt mest i Norge og 32 % av befolkningen tar omega 3 ukentlig (Våge 2002). Norkost undersøkelsen i 1997 viste at 34-og 35 % av henholdsvis kvinner og menn tok tran i Norge (fra 1-6 ganger per uke), mens i den norske delen av EPIC studien oppga 44,7% av norske kvinner i alderen 41-55 år at de brukte tran (Alexander et al. 2006). Tall viser at omtrent 56 % av norske barn i 6 måneders alderen tar tran (Lande et al. 2003), mens den synker noe siden og generelt tar 30 % av den norske befolkningen tran eller kosttilskudd med omega 3 (Nestvold 2004). Bare Island bruker mer tran enn Norge. Det høye inntaket av tran hos barn i Norge er trolig unikt i verdenssammenheng (Aleksander et al. 2006).

For å vise litt om utvikling i markedet kan en ta det norske selskapet EPAX, som leverer omega 3 inn til verdens kosttilskuddsmarkedet som eksempel. I 2005 hadde selskapet en omsetning på ca 150 millioner. Gjennom de siste årene er det blitt investert for over 100 millioner kroner i oppgradering av fabrikken og det har vært en femdobbling av produksjonen og fabrikken produserer i dag hele døgnet, maks av hva fabrikken klarer. Utvidelse av fabrikken er planlagt (Fladberg 2006). Antall ansatte har også vokst betraktelig. Selskapet benytter i dag rundt 5000 tonn fiskeolje fra Sør Amerika. I 2006 produserte selskapet ca 1500 tonn ferdigvare og omsetningen var på 230 -240 millioner, altså en betydelig vekst det siste året (nettavisen 22.12.06). Også i verdenssammenheng går selskapet godt, i 2005 økte det globale omega 3 markedet med 8,7 % mens EPAX rapporterte om over 25 % vekst (meat prosess com 70112). Selskapet har i størrelsesorden 30% av verdensmarkedet på høykonsentrert fiskeolje. Austevoll fiskeindustri, som har nettopp kjøpt EPAX er et stort selskap innen pelagisk fisk og har kvoter, båter og prosesseringsanlegg i Norge, Chile og Peru. Selskapet produserer årlig 50 000 tonn fiskeolje, hvorav 30 000 tonn kommer fra Sør-Amerika. Med oppkjøpet av EPAX er de det eneste fullintegreerte selskap fra tradisjonelt fiskeri til høykvalitets omega 3 olje.

Som ingrediens i mat

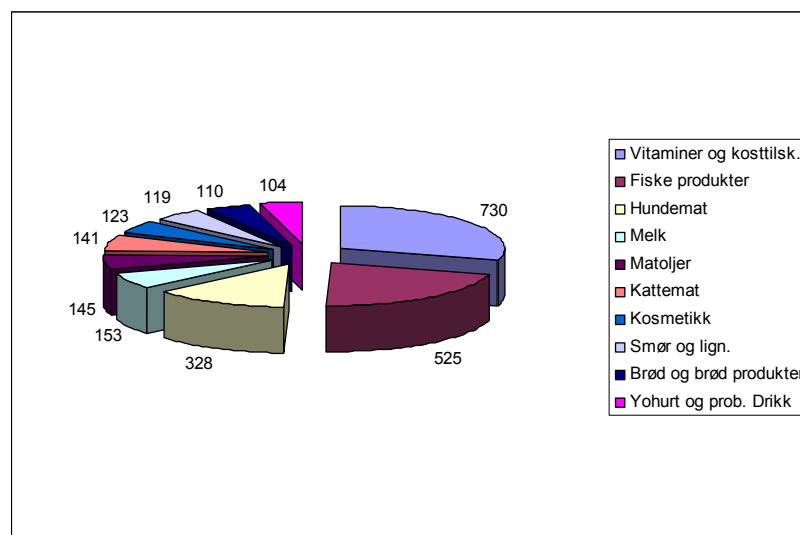
Omega 3 kan også brukes som ingrediens som tilsettes i maten, og som da vil gi en matvare med positive helseegenskaper (funksjonelle), ofte omtalt som functional foods (FF) (Deets 2007). Selv om functional foods markedet er et relativt nytt marked, er det i sterkt vekst. Markedet for ordinære matvarer øker med i størrelsesorden 2-3 % per år, mens FF markedet har økt med 7-10 % per år. Markedet for functional foods bli i 2004 anslått til 27,5 milliarder \$, som ventes å vokse til 34. 2 milliarder \$ i 2010. Det er en mengde stoffer som kan tilsettes

mat for å gi en positiv helseeffekt. Omega 3 er en viktig ingrediens til functional foods grunnet den store vitenskaplige helsemessige dokumentasjon (> 8000 artikler). Mange er imidlertid lite kjente for konsumenten, eksempelvis ulike bakteriekulturer. Omega 3 har den store fordel at en så stor andel av konsumentene har et forhold til det og ser fordelene med å ta det. Det er også en generell kunnskapsheving i befolkningen om omega 3. Det er ikke bare i Norge at befolkningen har kjennskap til positive sider ved omega 3. I en undersøkelse svarte over 50 % av befolkning i England og USA at de visste at det var helsemessige fordeler med inntak av omega 3 (Frost & Sullivan 2004). Mesteparten av disse visste også at fiskeolje var en god kilde. Derfor spår mange at dette innen kort tid vil bli den viktigste ingrediensen til FF. I USA er omega 3 spådd å bli functional food ingrediens nr 1 i 2007 (Horowitz 2007).

I Norge vil ikke tilsetning av fiskeolje til matprodukter oppfattes som berikning på linje med tilsetning av vitaminer, og vil derfor ikke ha samme begrensinger (Sprenger 2007). En bytter kun ut en del av fettfraksjonen. Dersom det tilsettes i oppkonsentret form kan det derimot bli sett på som berikning.

Økt satsning på produkter tilsatt omega 3 gjenspeiles også gjennom mengden produkter på markedet. I USA og Europa ble det i 1998 lansert 48 nye produkter mens det i 2006 ble lansert 745 nye produkter med innhold av omega 3 (basert på data fra Mintels new product database, Nutra-ingredients.com). Av produkter som tilsettes omega 3 er eksempelvis meieriprodukter, juice, brødvarer og fiskeprodukter (Fig. 3.8). Som eksempel på veksten kan vi se på melk med innhold av omega 3. En av leverandørene (Puleva) selger over 100 millioner liter omega 3 melk i året og det er vært en sterk ekspansjon de siste årene etter en relativ treg start etter lansering i 1998.

Omega 3 brukes også i såkalt ”medical food”. Det vil si næringsoppløsninger som gis intravenøst, eller kunstig via munn eller mage/tarm (sonde), for raskere restitusjon. Omega 3 er også en nødvendig ingrediens i morsmelkserstatning og representerer et stort marked (anslått til 100 mill USD i 2002).



Figur 3.8. Antall produkter med omega 3 fordelt på ulike produktkategorier (basert på tall fra Ebbeltoft 2006).

Rent logistikkmessig kan en også hevde at bruk av functional foods er en fordel da en slipper å kjøre ut egne produkter til butikken, kosttilskudd/tran, samtidig som det vil være lettere for konsumenten og kun innta ett produkt; maten.

En av de norske leverandørene på dette markedet, Denomega, samarbeider med flere leverandører i USA om leveranse av olje til ost, melk, yoghurt og juice. Selskapet forventer at i løpet av 2007 skal over 100 FF produkter inneholde deres omega 3 olje (Sprenger 2006). Bedriften har foretatt investeringer for å øke kapasiteten ved sitt anlegg Fredrikstad samtidig som de planlegger bygging av nytt raffineri i Ålesund sammen med Fjordlaks.

Verdien på det internasjonale omega 3 markedet

Å gå detaljert inn på omega 3 markeder for kosttilskudd og ingredienser vil ikke bli gjort her, (aktuelle analysebyråer er Frost & Sullivan, Euromonitor eller Mintell). Det er likevel valgt å ta med noen tall for å vise litt om de store potensialene som foreligger.

Frost & Sullivan (Brownlie 2005) har anslått det globale omega 3 markedet (end user) til rundt 700 millioner \$ eller rundt 49 000 tonn. Av dette utgjør det europeiske markedet 28 %, det amerikanske 29% og resten av verden 42%. Av råstoffet kommer 75 % fra oljer med marint opphav, mens 19 % kommer fra algeoljer for eksempel fra Lonza og Martek Bioscience og resten fra linfrøolje. I forhold til sektor går 70 % til kosttilskudd, 15% til functional foods, 5 % til barnemat og 10 % til pet food.

Ser vi litt mer spesifikt på ulike markeder, tilgjengelig gjennom ulike datakilder, utgjorde omsetningen av fiskeolje som kosttilskudd i Storbritannia en verdi på 139 millioner pund, hovedandelen var torskeleverolje, 90 millioner (Euromonitor 2004). Til sammenligning lå multivitaminer på 94 millioner pund. Markedet for torskeleverolje økte med 4,4 % per år, og markedet var konsentrert med få leverandører (Seven Seas over 50%). I 2006 er det britiske markedet for produkter som inneholder omega 3 med marint opphav anslått å ha en verdi på rundt 1 milliard kroner (flexnews 23/11/2006).

En undersøkelse gjennomført i 2005 anslår verdien av det asiatiske markedet til \$ 280 millioner (Frost & Sullivan 2005). Pris er her en viktig flaskehals, men er ikke stor nok til å hindre en fortsatt vekst. Mesteparten av omega 3 kom fra marine kilder fulgt av olje basert på alger og minst basert på linfrø. Markedet er dominert av europeiske og amerikanske selskaper. De tre største selskapene står for 75 % av markedet. Linoljemarkedet er svært konkurranseutsatt med mange små leverandører.

Det amerikanske markedet for PUFA (omega 3 og omega 6) som ingrediens er anslått til 205 millioner \$ (2005), hvorav fiskeolje utgjør 65 % (Frost & Sullivan). En av de største leverandørene (Ocean Nutrition) hevder at markedet for fiskeolje kosttilskudd er på 300 millioner \$ og vokser med 25 % per år.

Hvilke type olje

I forhold til et totalmarked for omega 3 i EU og USA utgjorde torskeleverolje 6 % (4% EU, 2 % USA), fiskeoljer fra Sør Amerika (18:12) 45 % (EU- 23%, USA 22 %) mens oppkonsentrerte oljer utgjorde 49 % (EU-23 %, USA 26 %)(Frost & Sullivan 2004-2005/Sander 2007)

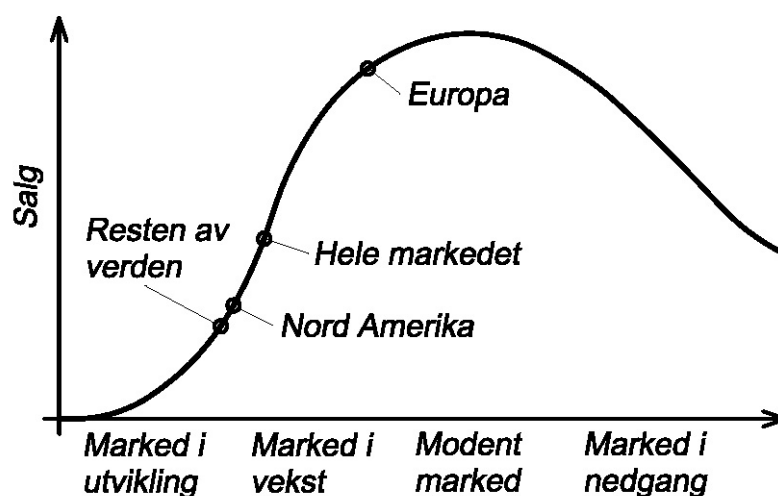
Pris på omega 3 olje og produkter

Når det gjelder pris så vil kundene betale bedre pris for olje til functional foods, helsekost, farmasi og kosmetikk enn til fôr og prisen stiger prisen med kvalitet. Dette er viktig i Norsk sammenheng for norske leverandører er kjent for å levere olje av god kvalitet. For olje til fôr oppnår en ikke bedre pris dersom den holder en viss minstekvalitet. Functional food markedet er ikke så ømfintelig for oljepris som for eksempel kosttilskudd fordi oljen kun utgjør en del av innholdet. Oljepriser og priser på functional foods sammenhenger derfor lite.

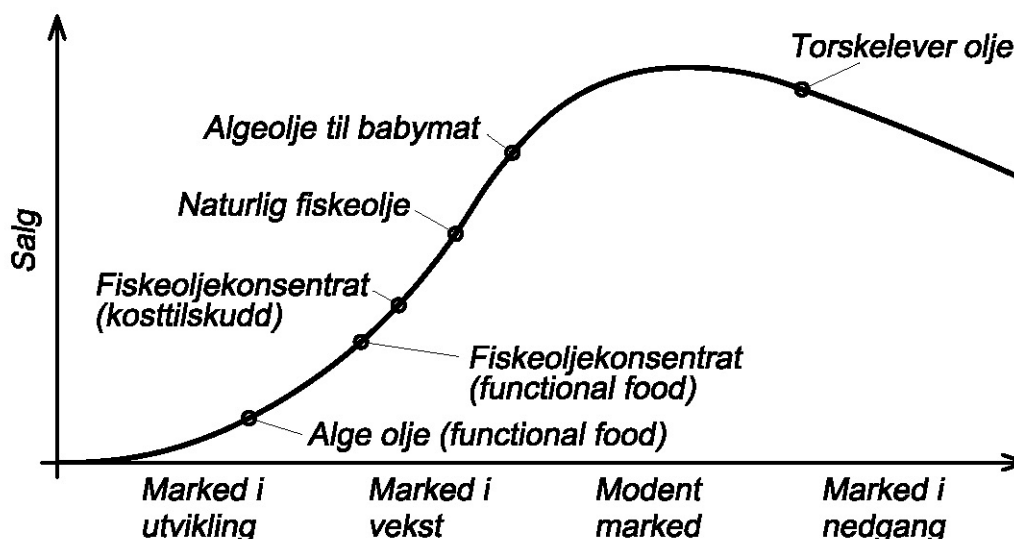
Livssyklusanalyser for omega 3. Modenhet i markeder og i ulike kilder

Ser vi på modenhet i de ulike markeder antas det europeiske å være mest modent, men det er fortsatt et betydelig vekstpotensiale (markedet er ikke mettet). Det er også stor variasjon mellom de ulike land i Europa og eksempelvis Tyskland er et marked som fortsatt er svært umodent. For det Nord-Amerikanske markedet og for resten av verden har veksten bare såvidt startet opp (Brownlie 2005) (Fig. 3.9).

En analyse av modenhet i markedet for omega 3 til humant forbruk (Frost & Sullivan 2004-2005/Sander 2007) i forhold til råstoffkilde tilsier at markedet for torskeleverolje er over toppen (et modent marked) og vil gå ned. Bruk av algeoljer til kosttilskudd er på vei opp og det samme er tilfelle med ordinær fiskeolje (Fig. 3.10). Områder som kommer er bruk av fiskeoljekonsentrater til kosttilskudd, deretter kommer fiskeoljekonsentrater til functional foods, og det som ligger lengst frem i tid er bruk av algeolje til functional foods.



Figur 3.9 . Livssyklusanalyse ulike markeder for omega 3 (basert på tall fra Brownlie 2005)



Figur 3.10. Livssyklusanalyse for ulike råvarer for omega 3 (basert på tall i Frost & Sullivan 2004-2005/Sander 2007).

Legemiddel

Grunnet de helsemessige fordeler kan Omega 3 også brukes som legemiddel eksempelvis for reduksjon av fettinnhold i blodet. Bedriften Pronova Biocare har fått godkjent et legemiddel basert på oppkonsentrert fiskeolje, Omacor hjertemedisin. Etter at legemiddelet kom i 1990 har veksten vært formidabel. Omsetning av dette ble anslått til 600 millioner i 2005 som økte til nærmere 1 milliard i 2006. Om lag 99% av produksjonen går på eksport. Kapasiteten på dagens fabrikk/raffineri i Sandefjord er sprengt etter at det er blitt investert for over 600 millioner de siste årene og kapasiteten er utvidet med 50% (Sprenger 2007). Selskapet planlegger derfor bygging av ny fabrikk i Europa (Kalunborg). Her forventer en å motta fiskeolje med tankskip 10 ganger per år, og det er forventet en investeringskostnad på 1 milliard kroner og at den danner basis for 200 arbeidsplasser (Kjærdsdam 2006). Et japansk selskap Mochida leverer også et legemiddel med mer en 95% EPA, men dette selskapet har betydelig lavere omsetning (totalmarkedet anslått til 1,3 milliarder).

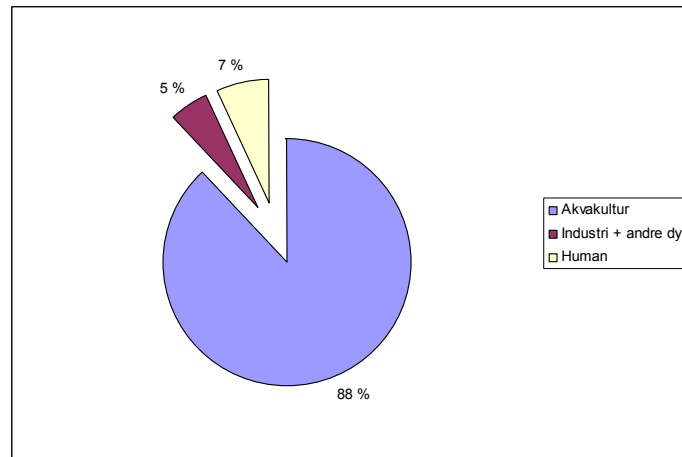
3.2. Fremtidstrender

Alle forhold tyder på at det skal bli en betydelig økning i konsumet av omega 3 oljer i verden i årene som kommer. Dette gjelder både til fiskeoppdrett, til dyr og til humant konsum i ulike former.

3.2.1. Oppdrettsnæringen

I perioden 2000 – 2004 var veksten i den globale oppdrettsnæringen på 6,4 %, og videre vekst på samme nivå er forventet (FAO). Forhold som støtter opp om denne påstanden er at det ikke er mer å hente fra naturlige fiskebestander, det er en rask befolkningsvekst, andelen av fisk i kostholdet bør øke ut fra et ernærings perspektiv og tilgjengeligheten av fisk i butikkene bedres. Den viktigste konsumenten av fiskeolje i verden, laksenæringen, vokser globalt med 5 – 10 % per år. Dersom veksten i laksenæringen følger disse estimatene vil næringen bruke all tilgjengelig fiskeolje innen 2010. Oppdrettsnæringen har imidlertid sett dette og det arbeides kontinuerlig med å bytte ut fiskeolje i fôret med andre fettkilder, og forsøk indikerer at andel

fra fisk (EPA-DHA) kan reduseres betraktelig og fortsatt få i fisken tilstrekkelig (se senere kapittel). Per i dag har en redusert innholdet av fiskeolje i fôret slik at en bruker i størrelsesorden halvparten av oljen som raps, og en håper å komme ned på 25 % innen ikke alt for lang tid. Teoretisk kan en komme ned i 3-7 % fiskeolje for å dekke EPA-DHA behovet (Refstie 2006). Selv med en betraktelig reduksjon i forhold til tidligere vil uansett oppdrettsnæringen ta unna en betydelig mengde. Vi ser også en vekst i andre oppdrettsarter hvor det trengs fiskeolje i fôret, for eksempel torsk og kveite. Tall fra IFFO anslår at i 2012 vil 88 % av fiskeoljeproduksjonen i verden brukes i fôr til fiskeoppdrett (Pike 2005), forutsatt at en større andel av fiskeoljen byttes ut med andre kilder (Fig. 3.11).



Figur 3.11. Utviklingen av bruksområder for marine oljer i 2012 (tall fra IFFO/Pike 2005)

I fôr til fisk har det tradisjonelt blitt brukt olje som den er. I fremtiden kan både raffinert og oppkonsentrerte olje bli aktuelt å bruke da en kun er ute etter EPA-DHA, og resten av fettfraksjonen hentes fra billigere råstoffkilder. I rimelig framtid vil uansett akvakultur representere det store området for bruk av fiskeolje.

3.2.2. Fôr til dyr

Innen fôr til sports og familiedyr (pet food) er det ventet en vekst når en begynner en å se fordelene av bruk av omega 3 som functional feed.

Et marked som er aktuelt i dag, og som er forventet å stige, er bruk av omega 3 i fôr for å produsere tradisjonelle husdyrprodukter med høyt innhold av omega 3, eksempelvis melk, kjøtt og egg. Dette er produkter som i utgangspunktet har lite omega 3 – EPA-DHA (0,15 og 0,35 mg per gram produkt av respektivt EPA og DHA (British nutrition bulletin), mens fiskeolje ligger på rundt 18 mg/g og 12 mg/g (se senere).

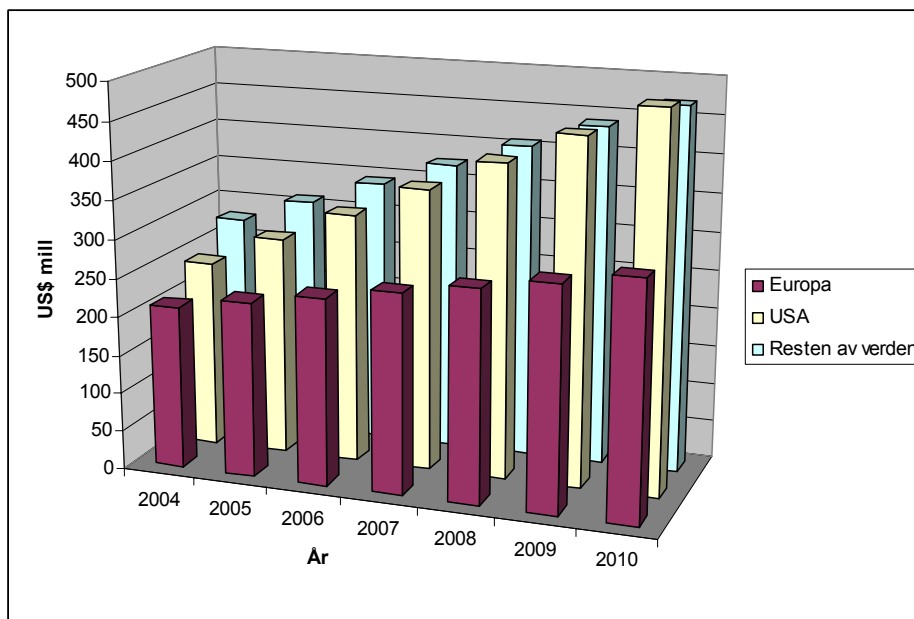
3.2.3. Humant forbruk

Innen bruk av omega 3 til humant konsum viser alle prognoser vekst (Fig.3.12). I Europa er veksten anslått til 8 % per år til 2010 (Frost & Sullivan 2004). I Asia er det anslått en vekst på 11,4 % per år og verdianslagsprognosene for 2012 ligger på \$ 597 millioner (Frost og Sullivan 2006). Totalt for hele verden er vekstanslagene på mellom 8 og 20 % hvor det amerikanske markedet vil stå for den største veksten. Anslag for 2010 tilsier en verdiprognose

på over \$1 milliard hvorav halvparten til det Amerikanske markedet (Frost og Sullivan 2006). I forhold til råstoff er det ventet at oppkonsentrerte fiskeoljer skal stige mest.

En av de største leverandørene (Ocean Nutrition) hevder at markedet for fiskeolje kosttilskudd i USA er på 300 millioner \$ og vokser med 25 % per år

Bruk av functional foods med omega-3 stiger også raskere enn hva tilfelle er for tradisjonelle matvarer, 7-10 % per år i forhold til 2-3 % per år. At FDA i USA tillater bruk av "health claims" (helsefordeler) på matprodukter som inneholder mer en 125 mg EPA/DHA, og at noe tilsvarende kommer i EU (Påstandsforordningen) vil også være en viktig pådriver for at konsumet vil øke.



Figur 3.12. Prognoser for utviklingen i total omsetning av omega 3 oljer produkter til humant konsum i ulike markeder (tall fra Frost & Sullivan 2004)

Hva trenger verdens befolkning

For å si noe om det virkelig store potensialet for bruk av omega 3, spesifikt EPA-DHA, kan en gjøre beregninger i forhold anbefalt inntak av EPA-DHA. Dersom vi regner tilgjengelig mengde fiskeolje på 1 million tonn olje, og et snitt 20% EPA-DHA, vil det si at det er ca 200 tusen tonn EPA-DHA tilgjengelig. Videre er det anbefalte daglig inntak for voksne 0,3-0,5 g/dag, dvs 0,1-0,2 kg per person og år. Den totale befolkningens i verden er rundt 6,5 milliarder mennesker, noe som gir et totalt behov på 650 – 1200 tusen tonn EPA-DHA altså betydelig underdekning i forhold til behovet.

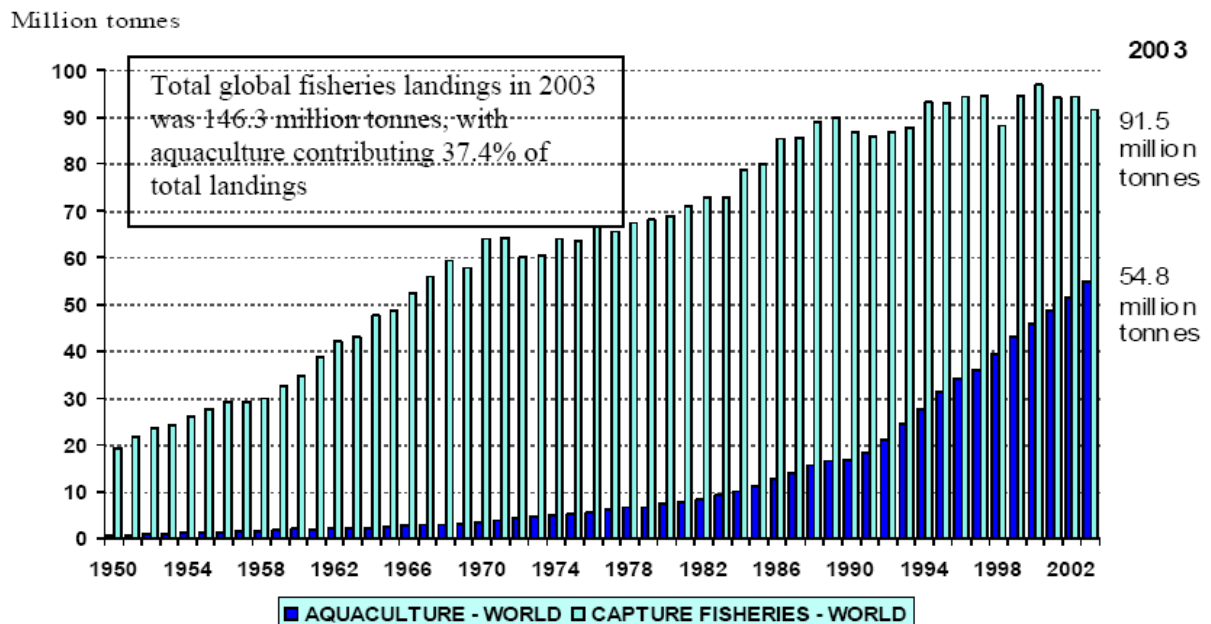
Det er flere utfordringer for å øke det globale omega 3 markedet til humant konsum:

- Ytterligere bevisstgjøring om nødvendigheten hos befolkningen
- Forbedre sensoriske egenskaper
- Forbedre stabilitet og holdbarhet

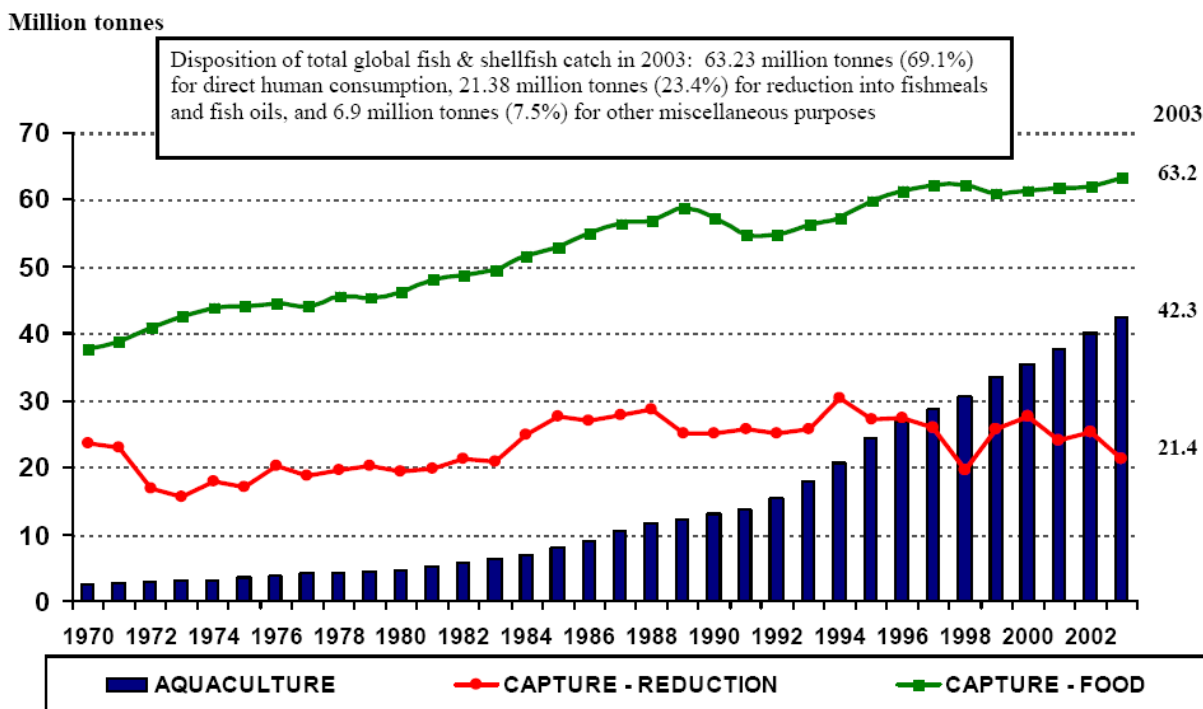
4. Aktuelle omega 3 kilder

4.1. Marin sektor – tradisjonelt fiskeri - industrifisk

Det globale fiske lå i 2005 på 91,5 millioner tonn fisk og skalldyr. Av dette gikk 63,2 mill til direkte humant konsum, mens 28,8 mill gikk til fiskemel og fiskeolje eller annet ikke direkte humant konsum (23,4 % til fiskemel og fiskeolje og 7,5 % til andre formål, (Tacon et al. 2006) (Fig. 4.1 og 4.2)). Den fisken som gikk til produksjon av fiskemel og fiskeolje ga rundt 1 million tonn olje og 6-7 millioner tonn mel. Fisken som fanges for kun bruk til produksjon av mel og olje omtales som industrifisk. Verdens totale fiskeopptak har ligget relativt stabil de siste årene og det liten mulighet for økning.



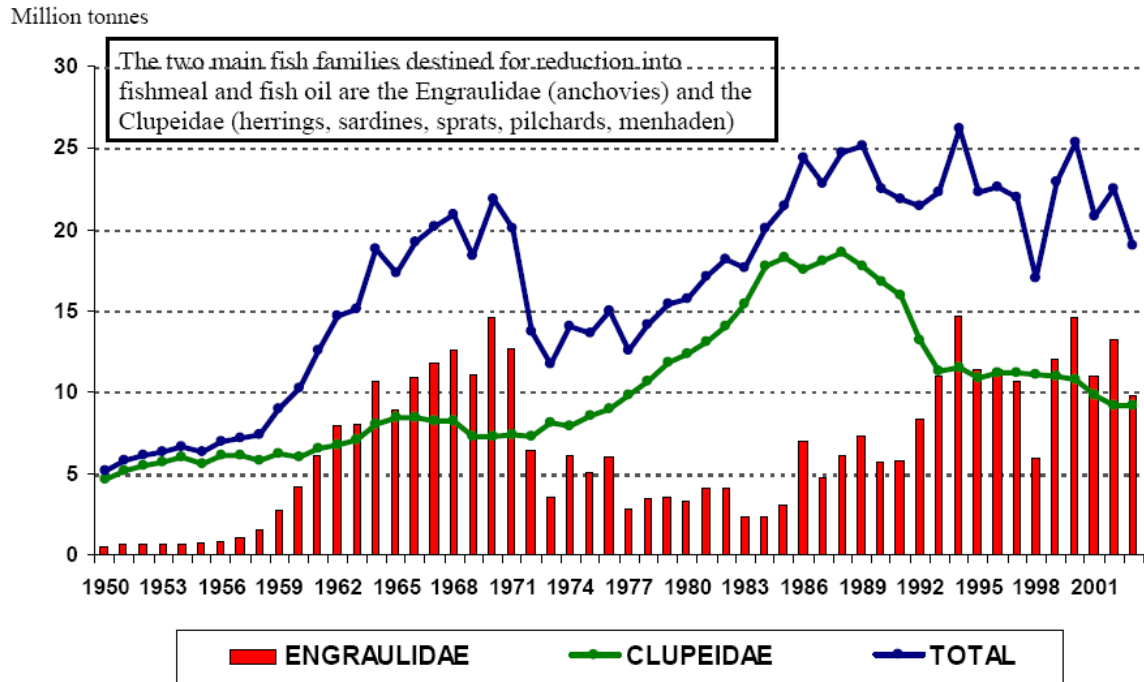
Figur 4.1. Utviklingen av fiskeri og akvakulturnæringen i verden (FaO/Tacon et al 2006)



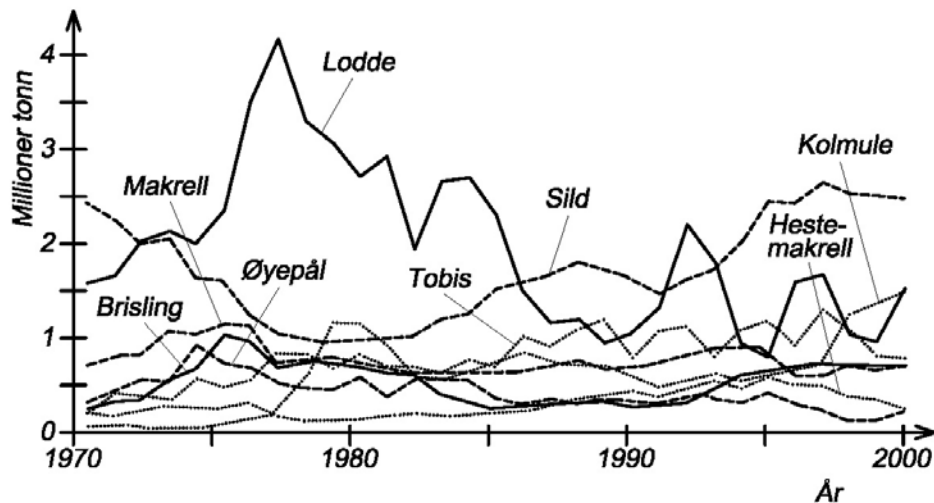
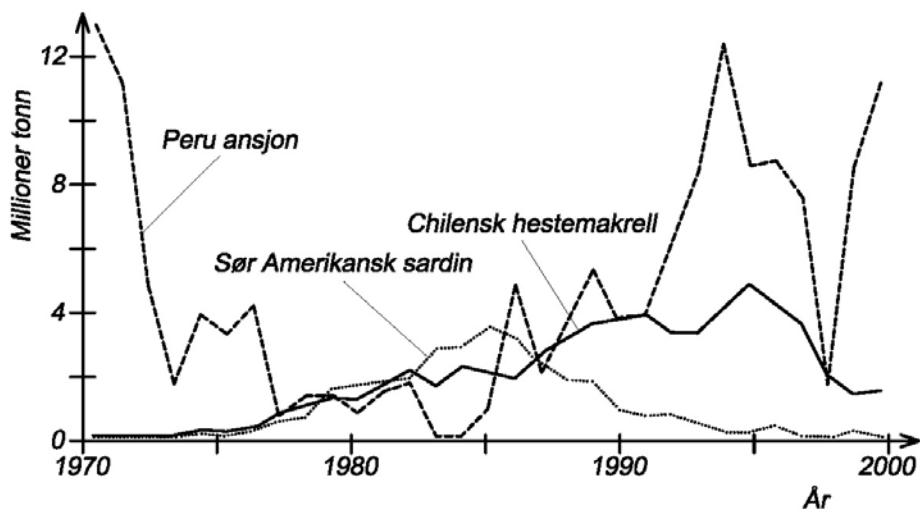
Figur 4.2. Utviklingen i andelen som går til mel og oljeproduksjon (FaO/Tacon et al 2006)

Råstoffet for produksjon av fiskeolje utgjøres i dag hovedsakelig av pelagiske fiskearter som har et høyt fettinnhold. Hele fisken brukes her som basis for en kombinert olje og melproduksjon (se senere beskrivelse), det vil si at vi snakker om industrifisk og industrifiske. Viktige fiskearter som danner basis for oljeproduksjon er ansjos, sardiner, hestemakrell og menhaden, som særlig fanges i Sør-Amerika (Kifer & Grafton 1998, Tuominene & Esmark 2006). Fiskefamilene de inngår i er Engraulidae (ansjos) og Clupeidae (sild, sardiner, menhaden, brisling)(Fig. 4.3). Sild, brisling, lodde, kolmule, makrell og tobis er aktuelle arter i Atlanterhavet (Tuominene & Esmark 2006) (Fig. 4.4, Tab. 4.1).

En snakker gjerne om små og store pelagiske arter som er basis for olje og melproduksjon. Fangsten av små pelagiske arter utgjør hovedtyngden, og i kvantum er artene ansjos og sardiner de viktigste. Ansjos er også den arten det fiskes mest av i verden med over 10 millioner tonn. Fiske har ligget relativt stabilt på 20-25 millioner tonn, med unntak av dramatisk nedgang grunnet El nino. El nino er et værphenomen som gjør at vanntemperaturen stiger slik at fisken trekker ut på dypere vann (se senere). Av de større pelagiske arter, herunder lodde, atlantisk sild og makrell (spansk og cub), har fangsten ligget på 1,5-2 millioner tonn.



Figur 4.3. Utvikling i fiske av de 2 viktigste familiene som går til mel og oljeproduksjon, Engraulidae (ansjos) og Clupeidae (sardiner, brisling etc) (FAO/Tacon et al 2006).



Figur 4.4. Utvikling i fiske etter sentrale arter for olje og melproduksjon utenfor henholdsvis Sør Amerika (øverst) og Nord Øst Atlanteren (data fra Tuominen & Esmark 2003/FaO)

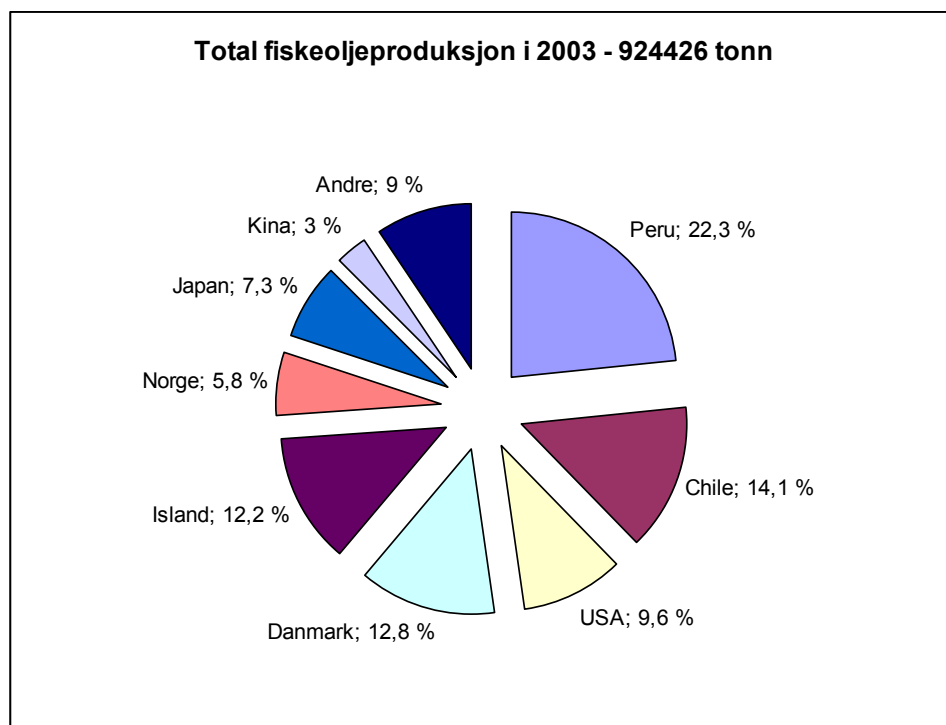
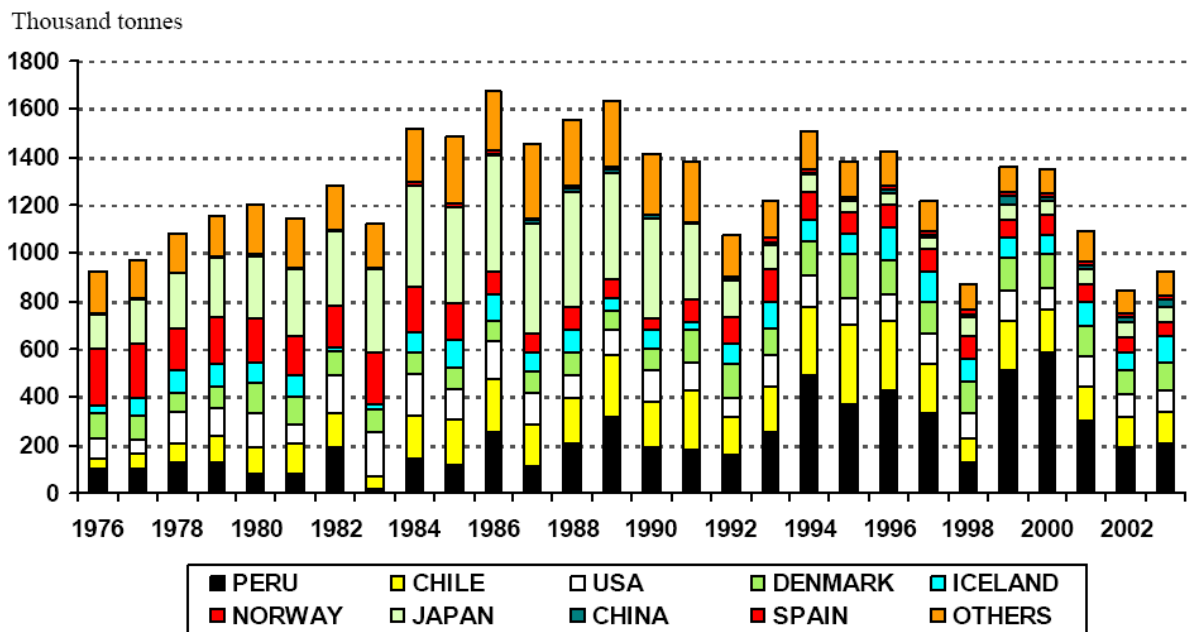
Verdens totale oljeproduksjon basert på de ovenfor nevnte arter har vært relativt stabil eller gått noe ned (Fig. 4.5). Årsaken til nedgang er flere, så som fluktasjoner i ville bestander, lav tilvekst, begrensning i kvoter og lavere fettinnhold i fisken som brukes (produsert oljemengde avhengig av fettinnhold i fisken). El nino effekten framkommer tydelig når en ser oljeproduksjon de siste årene. Omregningsfaktor fra hel fisk til olje ligger på mellom 5 og 7 % av de aktuelle arter (noe forskjell på artene).

Tabell 4.1. Rapporterte fangstmengder av sentrale fiskeslag til mel og oljeproduksjon i 2003 (tall fra FAO/Tacon et al 2006).

Art	Fangst millioner tonn
Ansjons peruiansk	6,2
Kolmule	2,38
Ansjos japansk	2,09
Sild atlantisk	1,96
Makrell club	1,85
Hestemakrell chil.	1,73
Lodde	1,15
Sardin, europeisk.	1,05
Sardin kalifornisk	0,69
Brisling, europeisk	0,63
Menhaden	0,52
Tobis	0,34
Atlantisk hestemakrell	0,21
Øyepål	0,04

Ti nasjoner står for 80 % av all oljeproduksjon i verden, og Peru alene står for over 30 % av verdens produksjon (Fig. 4.5). I Peru er det som eksempel over 130 mel/oljefabrikker drevet av 60 firmaer, og fiskeflåten utgjøres av over 600 båter (Lim 2006). Industrifiske utenfor Sør-Amerika har de siste årene blitt mer og mer effektivt med store effektive båter.

Norske rederier har også en betydelig andel av fiskekvotene her, med rundt 10-15 %, så som Austevoll fiskeindustri og Wedde sildeolje. Det er også en gradvis strukturendring i flåten og industrien basert på industrifiske utenfor Sør-Amerika ved at større selskaper kjøper opp mindre og derved sitter på større og større andeler. Selskapene har også prosesseringskapasitet. Det siste er også at selskapene blir fullintegrerte, helt fram til konsummarkedet for olje, jamfør Austvoll fiskeindustri (storaksjonær i Austral, nest største leverandør i Peru) sitt kjøp av EPAX.



Figur 4.5. Utvikling av fiskeoljeproduksjon i de viktigste produksjonsland (basert på tall FAO/Tacon et al. 2006).

Rapporteringen av fiske etter industrifisk som går til olje og melproduksjon har til dels vært mangelfull. Kun 45 % av verdens fiskeoljeproduksjon er rapportert på artsnivå, resten går på generell fisk til oljeproduksjon (Tab.4.2). Det samme er tilfelle for leverolje hvor mengden

annen fiskeleverolje i 2003 var på 31 tusen tonn, mens mengden torskeleverolje var på kun 3 tusen tonn.

Tabell 4.2. Rapporterte mengder fiskeolje i tusen tonn (tørr vekt som fôrråstoff) i forhold til art (FAO/Tacon et al. 2006)

	1976	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003
Total oljeprod. av hel pelagisk fisk	285	465	735	780	584	762	553	360	414
- herav Ansjos	177	96	154	200	383	597	327	199	214
- Menhaden	85	132	126	124	108	87	127	96	89
- Lodde	27	80	114	64	66	68	88	59	104
- Sild	5	7	5	10	24	10	11	7	7
- Sardin	39	133	335	381	3	0	0	0	0
Torskeleverolje/tran	25	15	9	11	11	3	4	3	3
Oljeproduksjon av annen bunnfisk (demersal) fisk	3	2	2	2	< 1	0	0	0	0
Annen fiskeleverolje	< 1	2	8	14	13	20	22	27	31
Andre marine oljer	610	713	720	604	771	523	511	458	477
- herav hel fisk (ikke spesifisert)	582	673	640	482	768	521	503	445	474
- Sjøpattedyr	26	39	80	122	< 1	1	2	2	0
- Blekksprut (Squid)	1,6	2	0,2	0,5	1,7	0,75	0,8	8,4	0,4
- Hai lever olje	0,5	0,25	0,11	<0,1	<0,1	0	1,7	2,9	2,5
Sum total fiskeoljeproduksjon	1024	1217	1481	1412	1379	1307	1087	846	924

Fiskeoljeproduksjonen i verden basert på industrifisk er styrt av kvoter hvor en fisker til en har fylt kvoten. Det kan også være ordninger som innebærer at det brukes begrensede tidsperioder hvor en har lov til å fiske, og i løpet av ett år vil det være flere slike perioder slik at en får fylt opp maksimal årlig kvote (TAC, total allowable catch). Av de bestandene som hovedsakelig brukes til mel og olje, regnes at over 75% er fullt utnyttet eller overbeskattet. (Tacon et al 2006). Alt i alt er det ikke potensialer for særlig økning i oljeproduksjon i verden basert på industrifisk, heller vil volumene gå ned.

Usikkerheten knyttet til industrifiske utenfor Sør-Amerika er knyttet til El Nino effekter. Dette er hendelser som skjer hvert 3-7 år og hvor fisken blir borte fra nære kystområder. Årsaken er at endring i havstrømmer gjør at fôrdyrene ikke kommer opp til overflaten nær kysten, men er lenger ut i havet og er tilgjengelig på større dyp hvor dagens flåte ikke er beregnet for å drive. Sist gang El Nino effekten slo til var det er drastisk reduksjon i fiske etter ansjos utenfor Peru, i 1998.

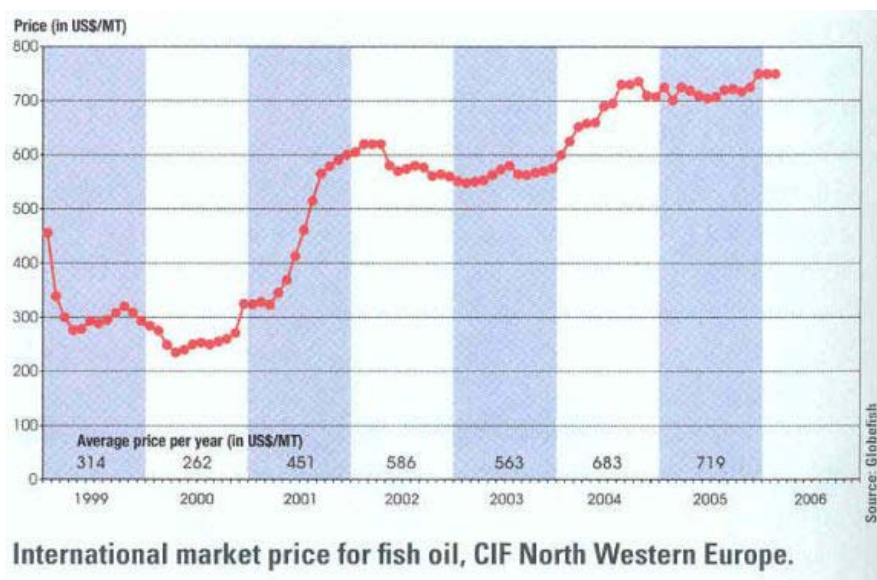
Når en ser på framtidig potensial vil det være en sammenheng mellom mengde industrifiskog mengde avskjær fra fiskeindustri. Enten kan en definere fangsten som industrifisk som vil gå til mel og olje produksjon eller så kan den defineres som konsumfisk der potensialet for oljeproduksjon vil da være i form av biprodukter (slo og eventuelt filetavskjær). Totalt var den registrerte fangsten av fetterike pelagiske arter som sild, ansjos og sardiner litt over 22 millioner tonn i 2005 (FAO fishstat). De viktigste artene kvantumsmessig er ansjos (Peru)

med litt over 10 millioner tonn, atlantisk sild, spansk makrell (chub makrell) og kolmule alle med litt over 2 millioner tonn og chilensk hestemakrell med nærmere 1,7 millioner tonn. Et teoretisk regnestykke vil gi følgende potensial: Regnes alt som industrifisk og en regner 7% oljeutbytte, gir dette et potensial på 1,5 millioner tonn olje. Dersom en regner at 50 % går til konsum, alt dette fileteres, alt filetavskjær/slo, som ugjør 50%, utnyttes til oljeproduksjon og oljeutbytte er på 10 %, tilsvarer dette et kvantum på 1,2 millioner tonn olje.

Prisutvikling

Grunnet økt etterspørsel og lavere fangster har prisen på fiskeolje gått opp de siste årene. Det ser ut som om fiskeoljen går fra et lavverdi produkt til en mer høyverdig olje. Dette sees også i forhold til bruksområdene. Tidligere ble fiskeolje mye brukt i margarinindustrien og i dyrefôr. Dette er områder som viser en dramatisk nedgang grunnet prisøkning, slik at i dag brukes over 80 prosent av fiskeoljen i fôr til akvakulturorganismer.

Prisen på fiskeolje levert i Nord Europa ligger på rundt 800 \$/tonn per og prisen er stigende (Fig 4.6). Til sammenligning lå prisene i år 2000 på kun litt over 200 \$/tonn.



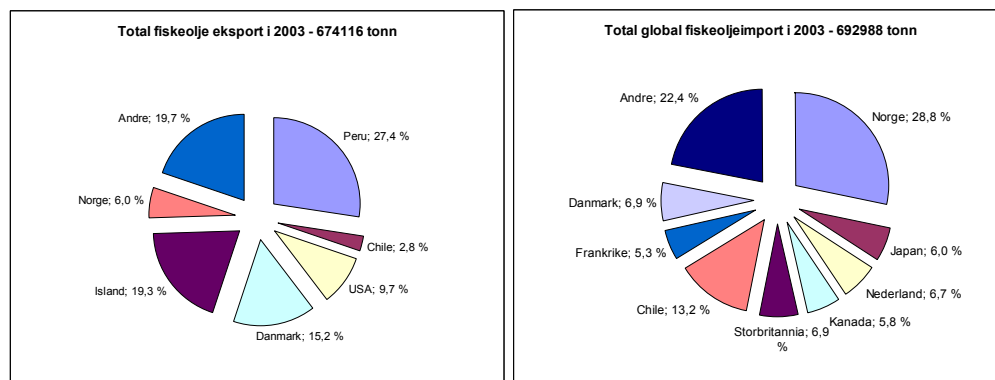
Figur 4.6. Prisutvikling fiskeolje (FAO – Globefish)

Sammenlignes prisene på soyaolje og fiskeolje har disse stort sett fulgt hverandre, men soya har ligget noe over. De siste årene har imidlertid prisene på fiskeolje blitt høyere enn soyaolje og denne forskjellen ser ut til å stige, noe som også viser at fiskeolje ikke er noe rimelig olje lengre. Vi ser imidlertid nå en generell økning i prisen på alle biologiske oljer grunnet bruk i biodrivstoff.

Det foregår betydelige eksport og import av fiskeolje. Peru er det største eksportlandet mens Norge er den største netto importør av fiskeolje med over 200 tusen tonn per år (Lim 2006.) (Fig. 4.7, Tab. 4.3). Dette skyldes import til fôrfabrikkene som leverer fôr til oppdrettsnæringen. Siden mye av konsumet av fiskeolje ikke er i Sør-Amerika, hvor hovedtyngden av oljeproduksjonen foregår, er det generelt en lang transport av fiskeoljen. I gjennomsnitt transporteres hvert tonn fiskeolje/fiskemel over 5000 km (Klinkhart 2006). Dette tilsier også

at prisene på fiskeoljen lett vil påvirkes av drivstoffprisene. Videre ligger det en miljølempe i forhold til betydelig CO₂ utslipp knyttet til denne transporten.

Hvor fersk fiskeoljen er vet en heller ikke, pga. lang transport og store kvantum blir samlet opp før transport. Transporten tar også betydelig tid, så risikoen for oksidasjon og harsking er i alle fall større enn for olje basert på fisk fanget rett utenfor Norge, og som går direkte i prosessering.



Figur 4.7. Viktige import og eksportland for fiskeolje i 2003 (Basert på tall FAO/Tacon et al. 2006).

Tabell 4.3. Utviklingen i fiskeoljeproduksjon i de 5 største eksportland (2005). Verdier i 1000 tonn (tall fra IFFO 2006).

Fiskeolje-produksjon	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Peru	593	304	193	208	352	335
Chile	171	143	146	130	142	122
Danmark	137	146	105	109	67	72
Island	95	108	80	92	49	55
Norge	83	66	62	51	37	31
Totalt	1079	767	586	590	647	615

Norge

Industrifiske i Norge har gått ned de siste årene. Dette er grunnet reduserte kvoter og fordi leveranser går til andre land, en utvikling som er ventet å fortsette. Dessuten går nå mesteparten av sildefangstene til konsum. Oljeproduksjon basert på norsk industrifisk har i perioden 2000 til 2005 blitt betydelig redusert. Produksjonen av olje i den tradisjonelle fiskemel/oljeindustrien lå i 2000 på 80 000 tonn, mens den i 2005 lå på 31 000 tonn, og da med avskjær fra konsumsild som en betydelig andel av råstoffet. Av disse drøyt 30 000 tonn er det anslått at ikke mer enn 10-15 000 tonn er fra industrifisk. I 2006 var oljeproduksjonen i fiskemel/oljeindustrien økt til 40 000 tonn, noe som i stor grad skyldes økt leveranse av industrisild dette året.

Aktuelle industrifiskarter i norsk farvann er kolmule og tobis, mens det tidligere også var store mengder sild, lodde og øyepål. Kolmule utgjør i dag hovedtyngden av norsk industrifisk. Fettinnholdet i denne arten er lavt, samtidig som det varierer gjennom en avgrenset fangstsesong. Fiske etter norsk industrifisk er styrt av kvoter og fangstsesonger. Fiske foregår ofte langt fra land og eksempelvis fiskes kolmule vest av de britiske øyer (EU området), hvor det tar 3-4 dager å få fisken i land i Norge (Moe pers med). Kolmule er en dypvannsfisk hvor en er avhengig av stor motorkraft ved tråling og krever store båter. Til sammenligning foregår det store industrifiske utenfor Peru nær land slik at de kan gå inn å levere daglig. Mer fettrike arter, som tobis, har det ikke vært fiske av i norsk farvann de siste årene.

Oljeproduksjonen basert på industrifisk foregår i dag på 7 sildemel- og sildeoljefabrikker fordelt langs kysten, gjennom Welcon og Nordsildmel. Antall sildemel- og sildeoljefabrikker i Norge er sterkt redusert, grunnet mindre leveranser, jamfør tidligere store fiskerier av sild og lodde. I tillegg til industrifisk mottar de sild av ikke godkjent matkvalitet og avskjær fra filetindustri. All makrell og mesteparten av silda går ellers til human konsum. Grunnet økt etterspørsel etter mel og olje har prisene gått opp på råstoffet. I 2006 var prisen en betalte for sild til industriell bruk nesten den samme som en oppnådde for konsumsild. Alt mel og olje som produseres i Norge går til fiskeoppdrettsnæringen.

Det er ikke egne norske oljepriser, prisen er de samme som på verdensmarkedet og aktørene kjøper der de får den billigste oljen. Norge både importerer og eksporterer fiskeolje. Per i dag er Norge en større importør enn eksportør av fiskeolje. Det er ikke potensialer for særlig økning i oljeproduksjon basert på industrifisk i Norge.

Fiske etter industrifisk i Norge er typiske sesongfiske, hvor vintermånedene er viktig fiske-sesong.

4.2. Torskelever og annen lever fra fiskerisektoren

Torskelever har gjennom lang tid vært brukt for fremstilling av tran (torskeleverolje). I dag ser en at denne oljen også har potensialer til å brukes i annet kosttilskudd, til functional foods og mot helsesektoren.

Produksjonen foregår ved at en tar ut lever av torsk som bruker som råstoff i olje/tran produksjon. Torskfisk, som er en mager fisk lagrer fett i lever og ikke i muskel som de tradisjonelle fete fiskearter gjør, og derfor vil leveren være utgangspunktet for oljeproduksjonen.

Verdens produksjonen av olje/tran basert på lever er bare en brøkdel av hva produksjonen er av olje basert på industrifisk (< 5%). Det er vanskelig å finne gode tall, men verdens totalproduksjon anslås til å være rundt 30 000 tonn, (Tab 4.2), noe som tilsier i størrelsesorden 60 000 tonn lever (forutsatt 50% utbytte). I første halvdel av forrige århundre lå den til sammenligning på 70-80 000 tonn. Nedgangen skyldes endring i vårt kosthold. Tar vi USA som eksempel var importen av torskeleverolje i 1927 på 5 millioner gallons, mens det i 2000 var under 0,5 millioner gallon (Sullivan 2006).

Olje/tran produksjon basert på lever foregår kun i sesongen hvor torsken har god lever, i Norge kan den strekke seg fra perioden januar til mai.

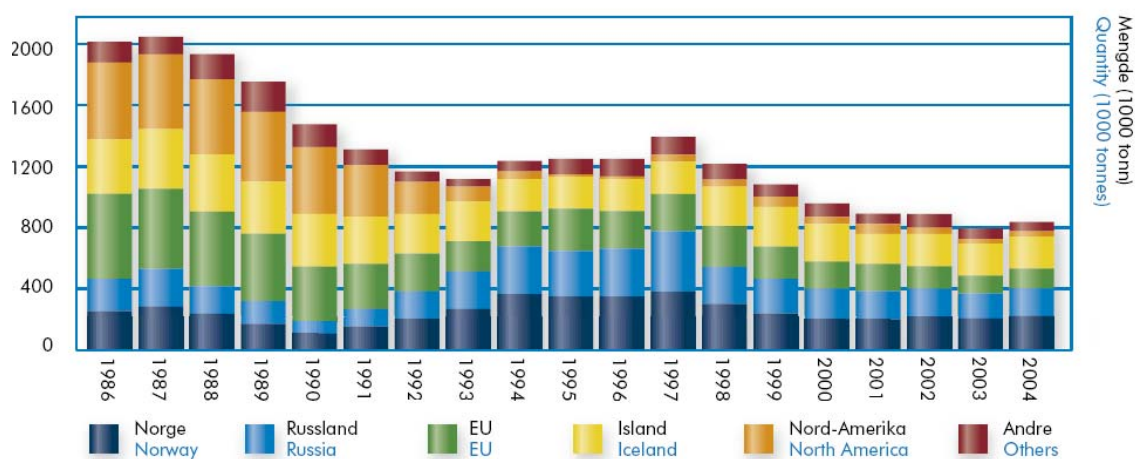
Torskelever brukes også direkte til menneskemat og dette gjør at prisene kan være noe høyere enn for olje av industrifisk. Særlig Russland har vist interesse for torskelever. Leveren kan enten leveres fersk, frossen eller hermetisert til direkte humant konsum. Lever brukes også i hermetiserte posteier.

Store leverandørland av torskeleverolje er Island, Norge og Japan. Ser vi på Island ble det i 2005 produsert 7150 tonn leverprodukter som basis for en eksport til en verdi på 13,3 millioner dollar (1,86 dollar/kg) (Arason 2007). Av dette kvantumet utgjøres mye av olje, mens andre produkter var frossen og hermetisert lever. På Island utgjorde til sammenligning lever som biprodukt et total kvantum i 2005 på 18 839 tonn (regnet 5% utbytte). En av de store islandske oljeleverandøren, Lysi, bygger nå ny fabrikk som gjør at de får en kapasitet til å produsere opp mot 6000 tonn olje per år, hvor torskeleverolje utgjør en vesentlig del.

Oljeproduksjon foregår også på andre magre fiskeslag som lagrer fett i leveren, eller arter som er fetere og som lagrer delvis i kjøtt og delvis i leverer så som hai, hoki og tunfisk. Hoki som er en torskefiskeart som fangstes i New Zealand og Australia i en mengde på rundt 200 000 tonn per år, gir en levermengde på opptil 10 %. Med et oljeutbytte på 50% gir dette grunnlag for i størrelsesorden 10 000 tonn olje.

Hailever har også vist seg å være et godt utgangspunkt for oljeproduksjon og hailever har en del positive tilleggsegenskaper. I 2003 ble det registrert en produksjon på 2500 tonn olje (Tacon et al 2006).

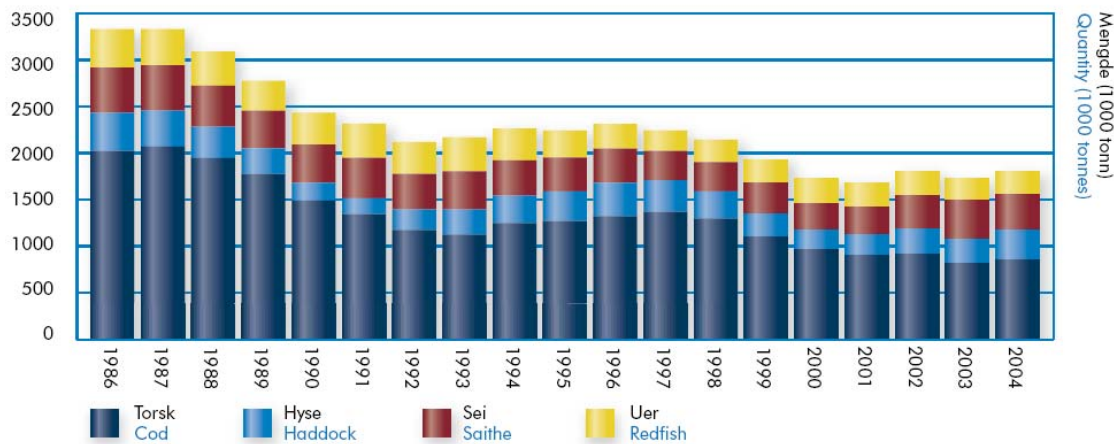
I verdensmålestokk er det et betydelig potensial for økt oljeproduksjon basert på torskelever. Tar vi kun atlantisk torsk som utgangspunkt ble det i 2004 landet 810 000 tonn. Dersom det regnes et utbytte på 5% vil dette tilsvare en levermengde på 40 500 tonn og en oljemengde på 20 000 tonn (Figur 4.8).



Figur 4.8. Utviklingen av fiske etter atlantisk torsk i nordatlanten (Eksportutvalget for fisk). I forhold til fangstkvantum kan en regne 5% lever.

Sei og hyse vil også kunne danne basis for betydelige oljemengder (Fig. 4.9). I 2004 ble det i Nordatlanten tatt opp i størrelsesorden 750 tusen tonn som forutsatt et leverutbytte på 5% og et oljeutbytte på 50 % kunne danne grunnlag for noe under 20 000 tonn olje.

Dagens potensiale for samlet mengde leverolje fra atlantisk torsk, sei og hyse ligger altså på 40 000 tonn.



Figur 4.9. Utviklingen etter andre arter aktuelle for leverproduksjon i Nord Atlanteren så som hyse og sei (Eksportutvalget for fisk). I forhold til fangstkvantum kan en regne 5% lever.

Verdens fangst av torsk og torskeliignende fisk var i 2005 (FAO fishstat) på nesten 9 millioner tonn. De største arter var Alaska Pollock (sei lignende art) med 2,7 millioner tonn, atlantisk torsk 0,8 millioner tonn, sei nærmere 0,5 millioner tonn, nordlig stillehavs lysing, stillehavstorsk og hyse med noe over 0,3 millioner tonn hver. Ser vi totalt på atlantisk torsk og stillehavstorsk og regner et leverutbytte på 5 % og et oljeutbytte på 50 %, vil dette kunne danne basis for 30 000 tonn olje. Totalt fra torsk og torskeliignede fisk vil gi et potensiale på over 200 000 olje forutsatt samme verdier for levermengde og utbytte. Dette viser at på verdensbasis vil det være potensial for økt produksjon.

Norge

I 2006 ble det av Råfisklaget registrert et mottak av 5 600 tonn torskelever til en gjennomsnittspris på 4,20 kr/kg og 239 tonn seilever til en verdi av 3,50 kr/kg.

Oljeproduksjonen i Norge basert på torskelever (medisintran) kan ligge på i størrelsesorden 2 000 tonn, som krever rundt 4 000 tonn leverråstoff. Tilgangen til godt enkelt tilgjengelig råstoff er begrenset til vintermånedene.

Det er imidlertid et betydelig potensial for økt utnyttelse forutsatt at mer av leveren blir sortert ut og tatt vare på. RUBIN regnet for 2006 at dersom en tok vare på all lever fra fiske av torsk, sei og hyse, kunne det gitt opphav til et leverbolum på rundt 40 000 tonn, som ideelt sett vil kunne danne basis for i størrelsesorden 20 000 tonn olje. Potensiell levermengde fra kun torsk er på ca. 12 000 tonn, dvs. rundt 6 000 tonn olje.

Norge eksporterer en del oljer og tran (Tab. 4.4). I eksportstatistikken for 2006 var det registrert en eksport på 1 913 tonn medisintran til en verdi på 48,5 millioner (25,4 kr/kg). Til sammenligning lå tallene i 2005 på 1 413 tonn til en verdi av 38,9 millioner, altså en betydelig vekst. Av markeder for vår medisintran er USA det desidert største, mens EU er det nest største (viktige land Italia, Storbritannia, Tyskland).

Tabell 4.4. Registrert eksport av tran og fiskeoljer (Kilde Eksportstatistikk 2006)

	2006 (foreløpige tall)			2005	
	Eksport tonn	Eksport verdi mill. NOK	Kr/kg	Eksport tonn	Eksport verdi mill. NOK
Medisintran	1 913	48,5	25,4	1 413	38,9
Tran/veterinærtran	200	1,6	8,13	91	0,7
Haiolje ikke til dyrefor	48	2,5	52,3	50	3,2
Sildeolje og andre fiskeoljer	29 440	287,6	9,77	19 173	216,1

4.3. Avskjær fra fiskeindustri

Avskjær fra fiskeindustri og fisk som ikke er godkjent som matfisk kvalitet (utkast) er utgangspunkt for betydelige råstoffmengder i verden. I 2002 ble det anslått en mengde på 5,6 millioner tonn (Tacon et al 2006). Innen EU er det rapportert at 33 % av alt fiskemel er basert på avskjær, og flere land bruker kun avskjær i sin melproduksjon (Huntington et al. 2004). Det er imidlertid ikke alt avskjæret som går til fiskemel- og fiskeolje produksjon som danner basis for særlige mengder olje. Avskjær fra ikke fettrike arter vil gi lite olje.

Dersom vi regner at sløvebiprodukter og filetavskjær utgjør rundt 50 prosent viser det at det allikevel er store uutnyttede biproduktmengder som kan være utgangspunkt for oljeproduksjon. Noen pålitelige tall for potensielle mengder olje, eller dagens oljeproduksjon av biprodukter fra pelagiske arter, er imidlertid vanskelig å anslå.

Også villaks er en betydelig kilde til oljeproduksjon. Som eksempel kan en ta villaks fra stillehavet hvor rapporterte fiskemengder ligger på rundt 800 000 tonn (FAO tall). Regnes 50 % sløvebiprodukter og filetavskjær (forutsetter alt til filet) vil dette kunne være potensial for en råstoffmengde på 400 000 tonn. Ved et oljeutbytte på 20-25 % vil dette tilsi et lakseolje-kvantum på 80-100 000 tonn, altså et betydelig kvantum. Heller ikke her finnes det tall for dagens produksjon.

Norge

For Norge vil viktige fiskearter fra tradisjonelt fiskeri som kan danne basis for oljeproduksjon være de pelagiske fettrike artene som sild og makrell. (Fig. 4.10). Offisielle tall viser at det i 2004 ble landet 477 tusen tonn feitsild, 139 tusen tonn nordsjøsild og 157 tusen tonn makrell, til snitt priser på henholdsvis 3,56, 2,28 og 8,44 kr/kg.

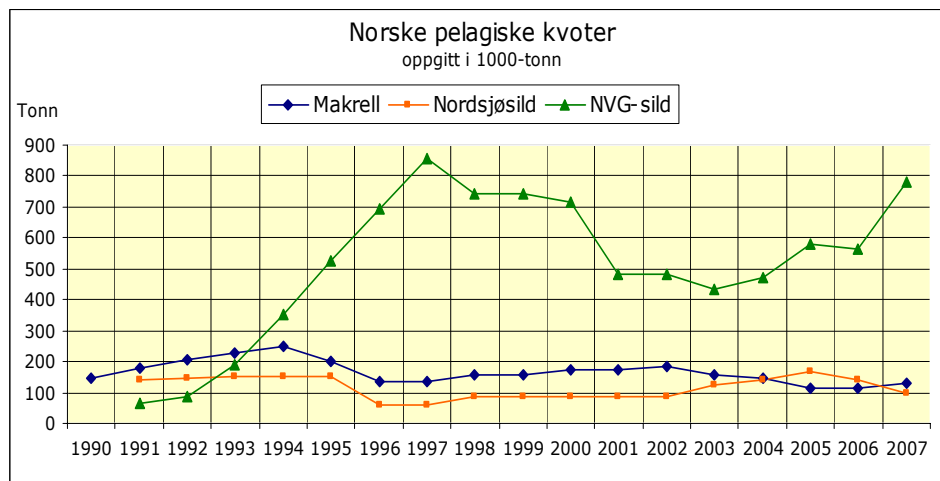
Mengden avskjær og fisk av ikke godkjent matkvalitet fra pelagisk fiske/industriproduksjon i Norge var i 2005 anslått til ca. 200 000 tonn, som i dag i vesentlig grad brukes til mel og olje (ca. 70 %) og det resterende brukes stort sett til ensilasjekonsentrat. En ubetydelig del brukes til pelsdyrfor (< 1%) (RUBIN 2005). Det er ventet at mengden avskjær vil stige noe fremover grunnet mer filetering, og dersom en tar sild som eksempel, og regner 50 % slo og avskjær, vil dette utgjøre et betydelig potensial. I dag produseres 18-20 000 tonn fiskeolje fra biproduktene (ensilasjeolje ikke inkludert). Forutsettes at alt av biproduktene brukes til produksjon av fiskeolje, og vi regner utbytte på 15 %, vil dette kunne gi opphav til en

oljemengde på ca. 30 000 tonn. For at det skal kunne leveres en olje av god human kvalitet må fabrikkene oppgraderes. Ser vi i forhold til totalkvote for pelagiske fiskearter (sild og makrell) for 2007 på nærmere 1 million tonn, regner at alt dette blir filetert, 50 % filettutbytte og 15 % oljeutbytte, tilsvarer dette rundt 75 000 tonn olje.

Små mengder sild og makrell ble dumpet i 2005, 5000- 6000 tonn i hovedsak fra flåten som har ombordproduksjon, men dette er på rask vei bort. I 2006 ble det oppnådd en pris på avskjær fra pelagisk på 1,70 kr/kg, fra havflåten (Moe pers med). Potensialet er derfor minimalt.

Selv om det ikke er ventet at kvotene skal gå noe særlig opp vil vekstpotensialet ligge i økt grad av bearbeiding av fisk til humant konsum og derved mer avskjær.

Fiske forgår til dels i sesong og mye tas på høst og tidlig vinter og fabrikkene må ha stor kapasitet for å kunne ta unna store kvantum.



Figur 4.10. Kvoteutvikling på viktige pelagiske arter i Norge hvor avskjær og fisk ikke godkjent for menneskekvalitet kan danne grunnlag for betydelige mengder olje (Kilde FHL industri og eksport).

4.4. Marin sektor andre kilder

4.4.1. Sel og hval

På kosttilskuddsmarkedet begynner det å komme en del produkter basert på selolje. Dette skyldes den gunstige ernæringsmessige profilen (se neste kapittel). Verdensfangsten av sel lå i 2004 på i størrelsesorden 400 000 dyr, med Canada som dominerende nasjon, 350 000 dyr (Core Competence 2004). Vekten på voksen sel ligger på mellom 65 og 140 kg, og fettinnholdet på mellom 32 og 49 %. Spekket, som utgjør i størrelsesorden 25 % av vekten, er godt egnet til produksjon av olje. Regner vi en gjennomsnittsvekt på sel på 90 kg, utgjør verdens totale spekkvolum i størrelsesorden 9000 tonn. Med et oljeutbytte på 75-80 % tilsvarer dette et verdenspotensial på i størrelsesorden 7000 tonn olje per år (Core Competence 2004). Det er mulighet for utvidelse av verdens selfangst, 20-30 %, men kvantumet av olje vi snakker om vil fortsatt være svært begrenset, under 10 000 tonn. Verdensproduksjon av rå selolje var i 2004 noe under 3000 tonn. Mottaksanlegg for selolje finnes i Canada, og det er bygget et raffineri i Norge.

Norge

Artene som det fangstes på i Norge er Grønlandssel og Klapmyss sel. Den nord atlantiske bestanden er estimert til 7,7 millioner, mens rundt 2,5 millioner er funnet i farvann hvor Norge fangster. I Norge var den rapporterte selfangsten i 2004 på nærmere 15 000 dyr og selspekkproduksjonen lå på 150 tonn (Fig. 4.11). Tall for 2005 viser at 21 597 dyr ble fangstet, spekkproduksjonen var 340 tonn og fangsverdien var 3,9 millioner (SSB). Regnes et utbytte på 80 % tilsvarer dette en oljemengde på 272 tonn. Selbestanden er voksende og det er rom for en økning av fangsten, kanskje opp mot 100 000 dyr (Core Competence 2004). Kommer en opp i en slik mengde vil det kunne danne basis for opp mot 1300 tonn selolje. Selen gjør et betydelig innhugg i våre fiskestammer og for å dekke sitt daglige energibehov trenger den 2,5 – 3 kg sild eller lodde.

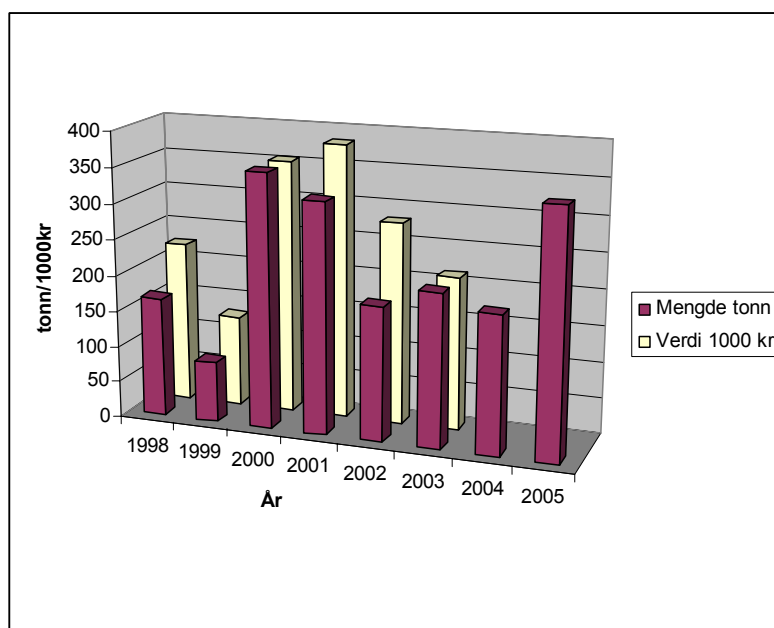


Figure 4.11. Utviklingen i spekkproduksjon i Norge (tall fra Fiskeristatistikk, SSB). Av spekket kan en regne en oljemengde på 75-80%.

Gjennom selprogrammet (FHF) er det laget en utviklingsplan for selspekk hvor også markeder og priser er belyst. Her er følgende verdier referert: Selspekk som råvare for fremstilling av selolje betales med i størrelsesorden 1,50 NOK/kg. Rå selolje betales med 4-5 NOK/kg, raffinert olje betinger priser på 40-50 NOK/kg.

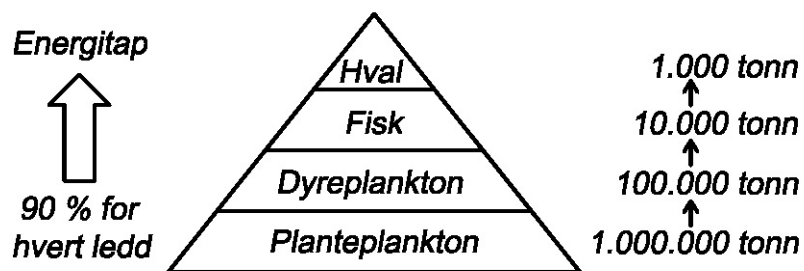
Selolje er kontroversielt og flere land har forbudt bruk av slike produkter, herunder Belgia og USA. Tyskland og England ser også ut til å komme etter sammen med flere andre land i Europa (Aulie pers med, Ask. 2007). Potensielle markeder for selolje er Canada, Norge, Russland og Asia. Innfor sports og familiedyr er det også et mulig marked.

Hval inneholder også olje og selv om mengden av langkjedede fettsyrer er lavere enn i fiskeoljer er den fortsatt betydelig. Koking av hvalolje til teknisk bruk og lampeolje har tradisjoner i Norge fra hvalfangstperioden, som ble avsluttet i første del av 1900 tallet. Per i dag forgår det ikke slik produksjon. Dagens forskningsfangst i Norge utgjør om lag 650 dyr og tilsvarende tall er det i Japan. En utredning for å vurdere muligheten for kommersialisering av hvalolje og hvalspekk (Core competence 2005) angir følgende norske potensialer:

spekkmengde 500 kg/dyr, 25 % av kroppsvekt på 3-6 tonn (St. meld. 27), oljeutbytte av spekket 60 %. Dette gir et potensielt kvantum hvalolje i Norge på 200 tonn per år, altså svært begrenset. Også hvalolje er kontroversielt i en rekke markeder.

4.4.2. Krill og annen dyreplankton

Å gå lengere ned i den marine næringskjeden for å høste råstoff til omega 3 olje produksjon er svært aktuelt. For hvert trinn i næringskjeden tapes store mengder energi, og i marin sektor videreføres i størrelsesorden 10-20 %, dvs. et tap på 80-90 % på hvert ledd. Høsting lengre ned i næringskjeden vil derfor si at den tilgjengelige ressursen er vesentlig større (Dalen 2006, Fig. 4.12)



Figur. 4.12. Pyramide som viser tap av energi mellom hvert trinn (basert på Dalen 2006).

De organismer lengre ned i næringskjeden som inneholder omega 3 olje er ulike typer dyreplankton som kopepoder, ampifoder og krill.

Krill er den arten som det per i dag registreres størst interesse for, både som råstoff til fôr til akvakultur og som råstoff for olje og andre helseingredienser. Et av selskapene, Neptun Krill Oil, i Canada, kjøper opp frossen krill for produksjon av kosttilskudd til et økende marked. Selskapet tar inn stadig mer råstoff. Det er registrert en stor interesse for økt utnyttelse til fiskefôr. Interessen for kommersiell utnyttelse av krill registreres også i et økende antall patentsøknader de siste årene (Nicol 2003).

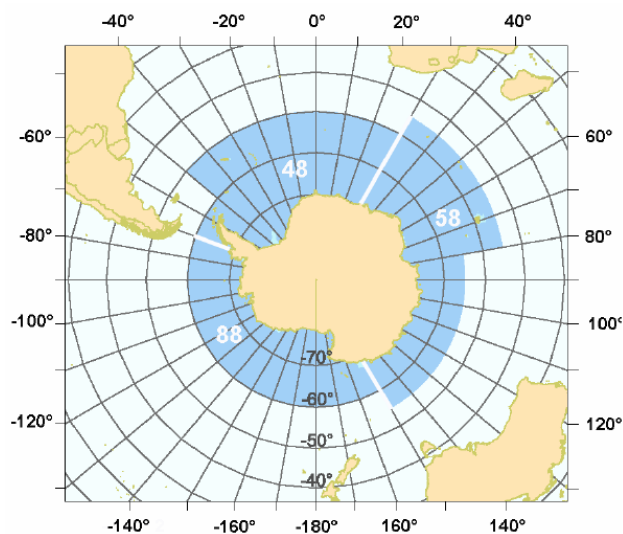
Krill er en organisme som ligger lavt ned på næringskjeden. Den likner på en reke og er stor til å være dyreplankton. Den beiter på mindre dyreplankton og planteplankton (alger). Krill er en viktig kilde for mat til individer høyere opp i næringskjeden, som fisk. Krill er derfor en nøkkelart i økosystemet. Krillen har også en viktig egenskap ved at den kan binde CO₂ som overføres til sjøbunnen. Mengden CO₂ krillbestanden i Antarktisk kan overføre til bunnen er estimert til å tilsvare utslippet fra 35 millioner biler (WWF).

Det er mange arter av krill. Den som per i dag er størst kommersiell interesse for er krillen i Antarktisk (Euphausia superba). Dette er en relativt stor krillart, veier et par gram, måler 5-6 cm og med en gjennomsnittlig levealder på 6 år. Antarktisk krill er også den krillarten som særlig er aktuell for utvinning av olje per i dag. Fettinnholdet er anslått til rundt 20 % av tørrvekt, (og ca. 4% av våtvekt), men dette varierer og kan også være høyere (Wikipedia 2007). Den mangler også særlig lager av voksester som er vanlig blant krepsdyr for å tære på ved lang tids matmangel (Quetin et al 1994).

Andre kommersielt interessante arter er nordlig stillehavskrill (*Euphausia pacifica*) som finnes i det nordlige stillehav utenfor Japan og Canada, *Euphausia nana* som finnes utenfor Japan og *Thysanoneassa inermis* som finnes i nord atlanten og i nordlige stillehav, men gyter ikke nord for 65-70 °N. *Thysanoneassa raschii* finnes også i nordlige stillehav og nordlige atlantehav, artiske strøk, og *Meganyctiphanes norvegica*, som har en vid utbredelse i atlantehavet fra området Island, Grønland og Norge ned mot middelhavet. Disse artene er mindre enn krillen i Antarktis, 12-40 mm. Fettinnholdet i *Thysanoneassa inermis* og *Meganyctiphanes norvegica* ligger på 2 – 5 % av våt vekt.

De største krillbestander finnes i Antarktis, men det er også betydelige forekomster ellers i verden som nordlige Atlanterhav og Stillehavet og rundt Japan. Å bestemme størrelsen på krillbestander er vanskelig, men det er svært store bestander en snakker om. FAO anslår den stående biomassen i Antarktis til mellom 125 og 720 millioner tonn og bestanden utgjør jordens største biomasse. Sammenlignes dette med de 100 millioner tonn ordinære fiskeressurser som er tilgjengelig viser dette hvilket potensial som foreligger. Mengden i Barentshavet anslås til rundt 50 millioner tonn. Forskning viser at krillen kan vokse med mer en 8 % av kroppsvekten per døgn, noe som også viser hvilken enorm ressurs det er (Engboe 2006).

Hvor mye som kan høstes på en bærekraftig måte er usikkert fordi det er vanskelig å bestemme bestanden. Et første forslag på kvoter lå i at en kunne ta ut den mengden krill som hvalen tok ut når bestandene var store først på 1900 tallet, anslått til 190 millioner tonn (Laws 1974). Etter hvert er det kommet metoder som gjør at en til en viss grad kan bestemme bestander. CCAMLR (Convention of the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) har foreslått uttak (TAC) på 4,89 millioner tonn i Antarktis (Nicol & Foster 2003). Dette gjelder de tre aktuelle områder/sektorer, hvor særlig sektor 48 er aktuell (Fig. 4.13). Grensen som er satt er en føre var grense på grunn av den store økologiske betydning krillbestanden utgjør. Det er dog enkelte som mener at denne er satt for høyt grunnet for dårlige bestands-estimat, og det er rapportert indikasjoner på nedgang i den antarktiske krillbestanden i perioden 1990 - 1994 (Siegl & Loeb 1995), men dette er usikkert. Forekomstene ellers i verden er mindre samtidig som krillartene er mindre og dette gjør at det er krillen i Antarktis utgjør den virkelig store ressursen.

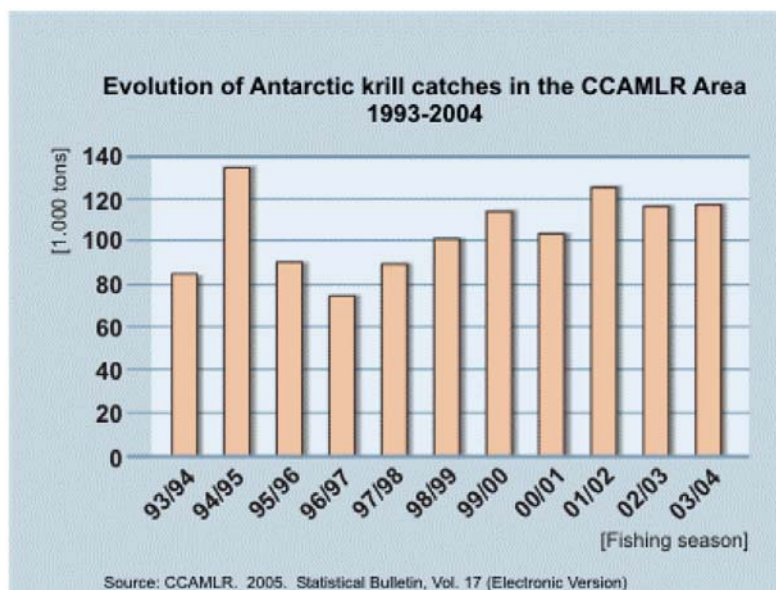


Figur 4.13. Sektorer i Antarktis hvor det fiskes. Det er særlig i sektor 48 hvor det foregår krillfiske (CCALMR)

Det drives i dag en kommersiell høsting av krill, i første rekke i Antarktis (*Euphausia superba*, antarktisk krill) og rundt Japan (*Euphausia pacifica*, *Euphausia nana*). Uttaket av krill i Antarktis ligger i dag på i størrelsesorden 120.000 tonn per år (FAO). Et estimat på kvantum fisket rundt Japan ligger på 70 000 tonn i 2000 (Endo 2000) og en tror det har ligget relativt stabilt etter dette (Nicol & foster 2003). Det meste av dette var av arten *Euphausia pacifica*. I tillegg fiskes mindre mengder utenfor Canada. Tidligere var fangsten i Antarktis vesentlig høyere, mellom 200 og 500 tusen tonn på åtti- og tidlig nittital. Høyeste fangstkvantum var i 1982 hvor det ble tatt 528 000 tonn. Sovjetunionen sto for 93% av dette kvantumet. Grunnet dårlig økonomi i trålfisket og oppløsning av tidligere Sovjetunionen falt dette sammen (Ichii, T. 2000). Sentrale aktører var tidligere Sovjet Unionen, Japan, Polen og Sør Korea (Nicol 1995). I dag er Japan, Korea og Ukraina viktige fangstland (Tab. 4.5, Fig. 4.14). Norge har i det siste årene også kommet inn som en betydelig aktør.

Tabell 4.5. Utvikling i fiske etter krill i Antarktis i forhold til nasjoner (CCAMLR 2005)

	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
Argentina	-	-	-	-	-	6.524	-	-	-	-
Chile	3.834	-	-	-	-	-	-	-	-	-
United Kingdom	-	-	-	308	634	-	-	-	-	-
India	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Japan	61.097	63.377	58.769	60.937	67.481	66.076	80.602	67.377	51.079	59.682
Korea	-	-	-	-	2.849	27	7.233	7.525	14.353	21.276
Panama	-	637	-	-	-	-	-	-	-	-
Poland	7.997	12.521	22.104	14.408	19.133	19.167	20.049	13.696	16.365	8.905
Russia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	12.613	59.150	10.277	-	-	6.719	-	14.023	32.015	17.715
Uruguay	-	-	-	-	-	3.444	6.477	-	-	-
USA	-	-	-	-	-	-	70	1.561	12.175	10.150
Vanuatu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
South Africa	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	85.544	135.686	91.156	75.653	90.098	101.957	114.430	104.182	125.987	117.728



Figur 4.14. Utvikling i krillfisket i Antarktis (kilde CCAMLR 2005)

Interessen for fiske etter krill er imidlertid igjen økende, særlig grunnet et økende behov for mel og olje til den voksende akvakulturnæringen, og det er særlig i Antarktis hvor mange ønsker å fiske. Flere norske aktører ønsker også å delta i dette fiske og 5 søkte om prøvelisenser i 2006. Både Aker Biomarine og Ervik Marine Services fikk hver sin prøvelisens for høsting av krill, hver på 100 000 tonn. I mai 2007 ble det tildelt permanente tiltalser hvor 12 søkte, mens 4 fikk i CCAMLR område, herunder Aker Biomarine Antarctic AS (2 stk.), Ervik Marine Services AS og Krill Seaproducts AS.

Aker Biomarin sin båt, Saga Sea, ventes å fange rundt 120 000 tonn antarktisk krill (flere sektorer arktisk/indiske hav), altså på størrelse med dagens totale krillfangst av antarktisk krill (referert i Engboe 2006). Av dette er det prognoser for produksjon av 16 000 tonn krillmel, 100 tonn krillolje, og 4 000 tonn til andre produkter (refert i Engboe 2006). Oljen verdsettes med opptil 200 \$ per liter og melet til 1,5 \$ per kg, og dette vil derved gi en omsetning 36 millioner \$ (Engboe 2006). Aker Biomarin ønsker på sikt å produsere 1000 tonn høyforedlet krillolje, som gitt en pris på 200 \$ per liter, vil gi en omsetning på 1,3 milliarder kroner (Nettavisen). Aker Biomarin holder forøvrig på med bygging av et nytt spesialskip for høsting av krill til en pris av 1,1 milliard kroner som vil være klart for produksjon i 2010, og da regner en med en betydelig økning i kapasiteten. Analytikere (Enskilda bank) har for øvrig anslått Akers krilleventyr til netto verdi/profitt på 21,6 milliarder kroner. Aker Biomarin er verdsatt til 4,2 milliarder på Oslo børs (27/7 2007)

Krill høstes ved at en benytter en finmasket trål, som dras med lav hastighet gjennom vannet. Et problem ved opptak og tømning av trålposen er at krillen presses sammen bakerst i trålen slik at mye av kroppsvæsken kan presses ut. Alternativ teknologi gjør at en kan pumpe krillen om bord i båten direkte fra trålposen under gang slik at en slipper å ta opp trålen så ofte. Dette brukes i Japan på mindre båter (suger inn forfra) og er også tenkt brukt på større båter i Antarktis med stor trål bak båten (tradisjonelt trålfiske) (Aker Biomarine info). Mengden bifangst som en naturlig vil få ved tradisjonell tråling ved finmasket not vil nok også gå ned med slike metoder. Krillen beveger seg opp og ned i vannmassene grunnet lys og næringsforhold (fra overflaten og ned til 200 m), og muligens kan en også bruke lys for å fange

krillen mer effektivt og også redusere bifangsten. Fisket etter krill i Antarktis forgår på sommer og høst hvor det er minst is i området. På senvår og sommer lager hunkrillen fettrike ovarier. Rett før gyting kan denne utgjøre opptil en tredjedel av krillens vekt (Nicol et al. 1995). Fettrike gravide hunner er attraktive i Japan til humant konsum grunnet mer smak (flavour) (Nicol & Endo 1997).

Krill brytes raskt ned på grunn av svært høy enzymaktivitet, så enten må den kjøles raskt ned (holder 8 - 10 dager på 0 grader), fryses raskt eller helst prosesseres direkte om bord. FAO sier at den må prosesseres innen 1-3 timer uten kjøling eller frysing. Den norske aktøren som utøver krillfiske i Antarktis vil benytte direkte prosessering om bord til mel og olje, endog så langt fram som til ferdig olje i kapsler (Aker Biomarin). Prosessering av krill og produksjon av krillolje er vanskelig og det er per idag få som behersker teknologien og produserer god krillolje. Ser vi på Japan, som står for det største andel av krillfisket ble i 1997 34 % frosset om bord, 11 % kokt og frosset, 23 % pillet og 32 % malt opp til mel (Nicol & Endo 1997).

Skallet på krillen inneholder fluor (Sands et al 1998) som må fjernes dersom bruksområdet trenger lavere innhold, f. eks. til humant konsum.

Mesteparten av krillen som fanges i dag brukes til fôr til akvakultur (størrelsesorden 50%), akvariefôr, åte innen sportsfiske og til farmasi. I Japan og Russland er krill også kjent som menneskemat. I fremtiden er det ventet at det vil bli en økende del av krill som kan brukes til høyere betalende markeder som helsekost, functional foods, kosmetikk og farmasi. Krill inneholder en rekke andre kommersielt utnyttbare stoffer (Nicol & Endo 1997).

Neptun Krill Oil, dagens store aktør på markedet har til nå konsentrert seg om kosttilskudds-markedet og deres fabrikk i Canada har en kapasitet nærmer 130 tonn. Bedriften vil imidlertid også inn på functional foods markedet og planlegger nye fabrikker både i Europa og USA (Halliday 2005). Neptun bruker antarktisk krill og har en patentert ekstraksjons prosess og en mønsterbeskyttet krillolje. Ebita (driftsresultat + avskrivning og eventuelle nedskrivninger) økte med 123 % til 546 500\$ sammenlignet med 245 000\$ i andre kvartal 2005, og omsetningen økte med 44 % i samme periode og nådde 1,9 millioner \$ (Douaud 2007). I 2006 hadde selskapet en oppgang på 200 %, og det verdsettes til 650 millioner, og fortsatt rask vekst er ventet (Finansavisen). Selskapet ventes å vokse med ytterligere 50 % innen ett år på økt salg til næringsmiddelindustrien, og analytikere hevder at verdien av selskapet innen noe år kan komme opp i 5 milliarder. Selskapets børsverdi er kr 173 millioner dollar (27/7 2007). Neptun hevder å verken fjerne eller tilsette stoffer, kun bevare naturlige komponenter. Råvarene hentes fra et Japansk selskap som lever krill fra 2 båter i Antarktis.

Prisen som betales for krill olje er svært god og opptil 200 dollar per liter (250 dollar kg) er blitt betalt (Engboe 2006, Info Neptun oil), men dersom større kvantum blir tilgjengelig vil ikke dette være et realistisk prisbilde.

Potensialet for oljeproduksjon er betydelig. Fettinnhold i krill varierer i forhold til krillart. I antarktisk krill ligger den på mellom 3 og 9 % på våt basis (hunner er rike på fett om sommeren) (Nicol & Endo 1997), og dersom en regner nøkternt (3%) vil en uttak på 4 millioner tonn gi opphav til 120 000 tonn fett. Ved et oljeutbytte på 25 % vil dette gi 48 000 tonn. Regner en mer optimistisk kan en få ut 80 000 tonn olje (Refstie 2006).

For krillartene i nordatlanteren er fettinnholdet høyere fordi de inneholde mer depotfett enn antarktisk krill (som triglyserider eller voks ester og glykofosfolipider) ((Nicol & Endo 1997).

Generelt på krill er en særlig ute etter fosfolipidfraksjonen, hvor innholdet av EPA-DHA er høyere enn i triglyseridfraksjonen (se senere avsnitt).

Norge

Også i våre nærmere farvann finns det betydelige mengder dyreplankton som kan utnyttes blant annet til produksjon av olje. Dette inkluderer små krepsdyr som rødåte, krill, amfipoder og andre Calanus arter (slektinger av rødåte). Et anslag på biomasse i Norske havet, Grønlandshavet, Islandshavet og Barentshavet er på mellom 192 og 509 millioner tonn (tab. 4.6) (Høsting av plankton 2006). Bare i Norskehavet er det anslag på 350 – 600 millioner tonn (Dalen 2006, Dragland 2005) (store variasjonert skyldes usikre bestandsestimat). Sett i forhold til krillbestanden i Antarktis utgjør altså dette en svært betydelig kilde.

Krillen i våre nærrområder er av artene storkrill (*Meganyctiphanes norvegica*) og småkrill (*Thysanoessa inermis*). Dette er krillarter som er mindre enn den som finnes i Antarktis. Størrelse er henholdsvis 30 og 40 mm, i forhold til antarktisk krill som er 50-60 mm. De beiter på både annen dyreplankton som rødåte (særlig storkrill) og på planteplankton (særlig småkrill).

Rødåte er et lite krepsdyr (kopepode av slekten *Calanus*) som blir 3-10 mm lange og som hovedsakelig lever av planteplankton. Det er mulig å høste store kvantum av den. På vår og sommer er det høy enzymaktivitet slik at den forringes veldig fort og den må stabiliseres gjennom eksyre, base eller varme.

En fordel med rødåte og liten krill er at de er blant de arter som har høyest fettinnhold av dyreplanktonet, opptil 70 % av tørrvekten (Nye råstoff til fiskefôr 2005). En Amfipode, så som *Themistio libellua*, holder en fettprosent på 2-5 % av våt vekt.

En utfordring med rødåte er at den lagrer lite fett som triglyserid, og mye som voksester som ikke er fordøybart av mennesker og kan gi diaere. På vår og sommer har rødåte høy enzymaktivitet og fangsten blir veldig fort forringet, blir som en gele.

Tabell 4.6. Estimert biomasse og produksjon av dyreplankton i våre nærrområder (etter Høsting av plankton 2006)

Art/gruppe	Biomasse (mill.tonn)	Bestandsproduksjon (mill. tonn)	Område (mill. km ²)
Krill	91-161	242	3,1
Amfipoder	49-201	74	3,1
Rødåte	22	88	2,9
Calanus ssp.	30-125	120-500	3,1

For å estimere produksjonsmulighetene kan en regne en total biomasse i våre nærrområder av dyreplankton på 300 millioner tonn og at en høster kun 1 % (veldig restriktivt). Dette tilsvarer da 3 millioner tonn, og med en fettprosent på 5% og et oljeutbytte på 25 %, vil dette kunne danne grunnlaget for nærmere 40 tusen tonn olje.

I forhold til høsting av krill i Antarktis har en kommet vesentlig kortere på høste og prosessere dyreplankton i vår nære farvann og det vil nok ta mange år enda før en kan regne med å eventuelt få en oljeproduksjon av noe størrelse basert på dette råstoffet.

4.5. Akvakultur

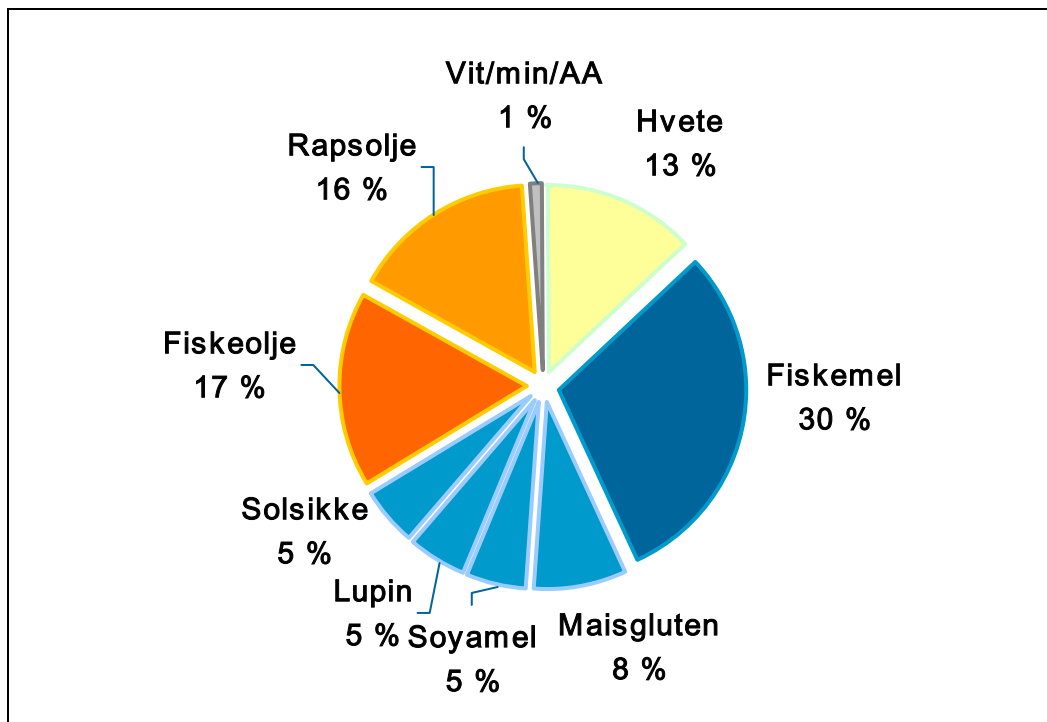
Verdens akvakulturnæring er inne i en sterk vekst (5-10 % per år). Siden en tar ut maksimalt fra de ville bestander og etterspørselen etter fisk er økende. Tall fra FAO viser at nesten halvparten av verdens konsumfisk (43 %) kommer i dag fra akvakultur sammenlignet med kun 9 % i 1980 (ElAmin 2006). Mengden er anslått til 45,5 millioner tonn, sammenlignet med fiskeri på 93 millioner tonn. Etterspørselen øker kontinuerlig og FAO har estimert at det innen 2030 må økes med 40 millioner tonn for at en skal opprettholde samme sjømatnivå som i dag.

Avskjær og biprodukter fra en voksende akvakulturnæring vil således kunne bli en viktig kilde for omega 3 til oljeproduksjon. Dersom det skal bli omega 3 i akvakulturproduktene må den tilføres gjennom fôret. Akvakulturnæringen vil således ikke være en netto produsent av omega 3.

Det vil være avskjær og biprodukter fra fete fiskeslagene som vil være mest aktuelle fordi innholdet av omega 3 vil være høyest. I tillegg vil lever fra en del magre fiskeslag som lagrer fett i lever være aktuelt.

Tidligere ble fiskeolje brukt som en viktig energikilde i fiskefôr og bare en liten del av det som ble tilført ble avleiret i fiskekjøttet. Grunnet høyere priser på fiskeolje og fiskemel er akvakulturindustrien ute etter å bytte ut dette råstoffet med rimeligere vegetabiliske råvarer. Dette gjør at fisken får i seg mindre EPA-DHA, men forsøk har imidlertid vist at en kan bytte ut betydelige mengder av fiskeråstoffet med råstoff av vegetabilisk opphav i fôret til fet fisk som laks uten at går utover mengden EPA-DHA som avleires i fisken. Dette fordi en da bruker vegetabilisk fett til forbrenning, mens EPA-DHA avleires. Forsøk har også blitt gjennomført for å se om en kan slutføre med fôr med høyt innhold av EPA-DHA, men dette har ikke vært noen suksess. Unntak var dersom fisken hadde gått på mye vegetabilisk olje under oppveksten og ved å sette inn et spesielt slaktefôr med høyt innhold av marine ingredienser de siste 5 måneder klarte en å ta igjen den marine profilen (Torstensen et al. 2004, Torstensen et al 2005). Forsøk har også blitt gjort der en har byttet ut hele oljefraksjon med vegetabilisk olje, men latt fiskemelfraksjon være igjen. Fisken fikk da i seg den nødvendige andelen EPA-DHA gjennom fiskemelet.

I dag er i størrelsesorden 40 - 50 % av oljen som tilsettes fiskefôret av vegetabilisk opprinnelse (ofte raps, fig. 4.15). Laksens EPA-DHA behov i forhold til egen helse er imidlertid mye lavere, behovet er i størrelsesorden 1% i fôret (Refstie 2006). Avhengig av mengden EPA-DHA i oljen kan en dermed beregne hvor mye som må tilføres. Brukes en standard fiskeolje fra Sør Amerika med 30% EPA-DHA (18% EPA – 12 % DHA), trengs følgelig 3,33 % fiskeolje i laksefôret.



Figur 4.15. Typisk sammensetning av laksefôr (basert på tall Refstie 2006)

Per i dag er det imidlertid ikke mangel på EPA-DHA til oppdrettsektoren og det vil det heller ikke bli i de nærmeste årene (jmf. forrige avsnitt). Dagens avskjær/biprodukter fra fete oppdrettsfiskeslag vil derfor på kort sikt utgjøre en betydelig kilde.

Ser vi på laks og regnbueørret som er viktige fete fiskeslag med høyt innhold av EPA-DHA, var verdensproduksjonen i 2005 på 1,4 millioner tonn laks og regnbueørret. Regner vi svært restriktivt og anslår 30 % slo/avskjær og at alt dette brukes til oljeproduksjon, gir dette et potensial på 420 000 tonn. Med et oljeutbytte på 25 % gir dette opphav til over 100 000 tonn olje. Dersom alt fileteres, og forutsetter at andelen biprodukter er 50%, er potensialet for oljeproduksjon 175 000 tonn. Det er usikkerhet i tallene for lakseoljeproduksjon i verden i dag. Det vil være Norge og Chile som er de største produksjonsland og totalproduksjon antas å være under 20 000 tonn.

Norge

I 2006 var oljeproduksjonen fra ferskt råstoff i Norge rundt 8 000 tonn. I tillegg ble det produsert olje fra ensilasje. En del av dette har blitt herdet, og gått til teknisk bruk (eks. garving av lær), men i dag ser vi at det er interesse for å utnytte mer av den ferske oljen til petfood og i spesialfôr til gris. Ser vi på potensialene i Norge og regner en produksjon på 600 000 tonn og 12 % slo, vil dette gi 72 000 tonn som igjen vil kunne gi opphav til 18 000 tonn olje.

Det er mange ting som taler for at mengden produsert lakseolje i Norge vil fortsette å stige. Lakseproduksjonen i Norge stiger med flere prosent per år. Andelen som viderebearbeides øker og derved øker andelen avskjær. Det foregår en sentralisering i næringen med større og større slakterienheter. De største slakteriene har i dag kapasitet på slaktning av i størrelsesorden 200 tonn per dag, noe som vil tilsi at det med en slo-faktor på 12 % og et oljeutbytte på 25 %

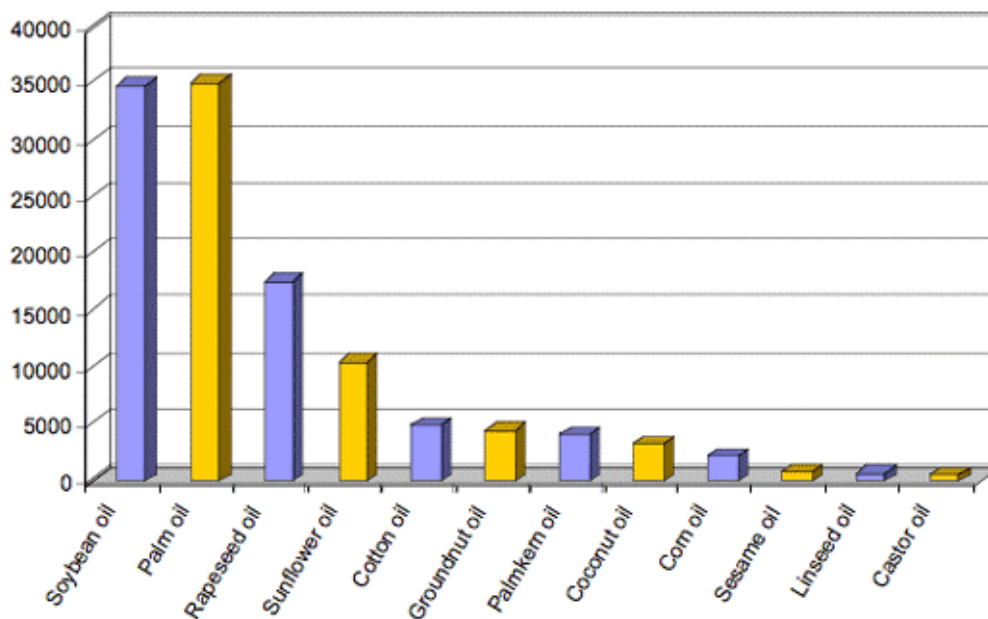
vil kunne gi en oljemengde på rundt 6 tonn per dag. Med 200 slaktedager i året skulle dette tilsa 1 200 tonn olje.

Bruk av prerigor filtering gjør at filetfabrikkene i stadig større grad lokaliseres inntil slakteriene. Regner vi at 100 % av fisken på slakteriet blir filetert og at den totale andelen av slo og avskjær blir 50 %, gir dette en daglig oljeproduksjon på 25 tonn. Ser vi på Norge som helhet med en produksjon på 600 000 tonn, og forutsetter at alt blir filetert og regner 50% filetutbytte, vil det potensielt kunne produseres 75 000 tonn olje dersom alt går til olje og oljeutbytte er 25%.

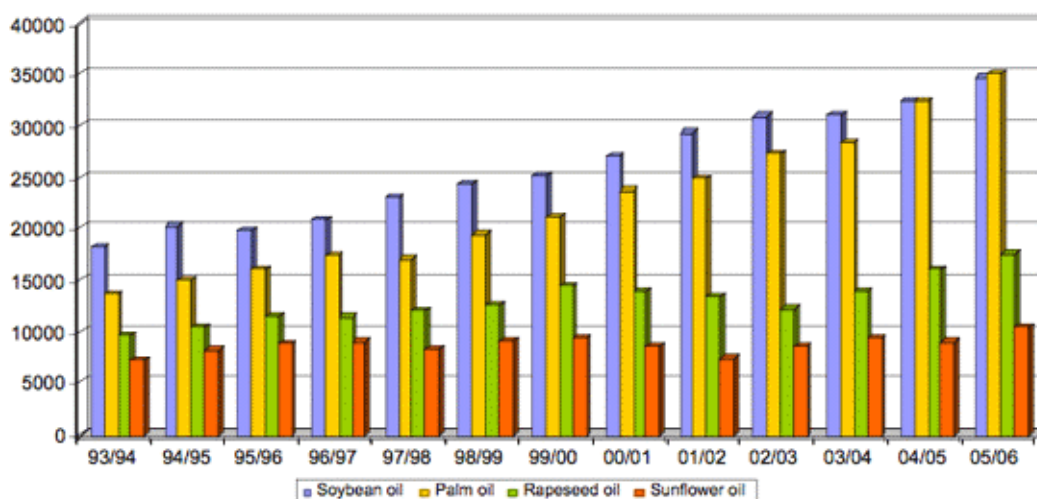
Det er også vekst i oppdrett av andre arter i Norge. Dersom vi har en prognose på oppdrett av torsk i 2010 på 20 000 tonn vil dette kunne gi opphav til 1 000 tonn olje, forutsatt at vi regner restriktivt at lever utgjør 10 prosent og det er 50 % utbytte ved oljeproduksjon. Med 100 000 tonn torsk vil oljeproduksjonen kunne bli 5 000 tonn. Torsken er en mager fisk som lagrer fett i leveren og det er derfor leveren som er aktuell å bruke. Men som for laks er vi også her avhengig av å tilføre EPA-DHA for å få det både i muskel og lever. Oppdrettstorsken innholder i størrelsesorden 1% fett i muskel. Med den nye muligheten som er kommet med at en kan benytte lakseavskjær i fôr til torsk vil en kunne få tilgang på EPA-DHA herfra.

4.6. Landbrukssektoren

Landbrukssektoren er og vil fortsette å være en sentral bidragsyter for leveranse av råvarer til produksjon av oljer med innhold av omega 3. Ser vi på oljeproduksjonen basert på landbruksråvarer er denne i en helt annen dimensjon enn hva tilfelle er for fiskeoljeproduksjonen. Produksjonen av landbruksbasert olje er i størrelsesorden 100 ganger så stor. Store kvantum produseres av soyaolje, palmeolje, rapsolje og solsikkeolje (fig. 4.16). Det vi også ser er at det er en sterk vekst i produksjonen av planteoljer, for soya- og planteolje mellom 5 og 10 % årlig (fig. 4.17).



Figur 4.16. Produksjon av sentrale landbruksbaserte oljer i 1000 tonn (Fediol 2006)



Figur 4.17. Utviklingen i totalproduksjon av landbruksbasert oljer i 1000 tonn (Fediol 2006)

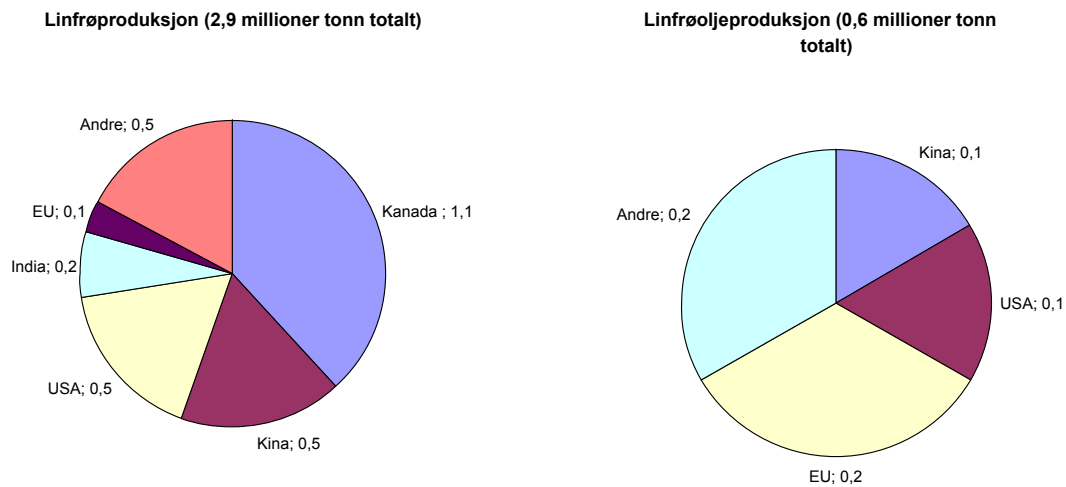
Planteoljene inneholder imidlertid ikke EPA-DHA, men alfa linolensyre (ALA), som i noen grad vil omdannes til EPA-DHA i kroppen (se senere kapittel for beskrivelse). De vil derfor ikke være et reelt alternativ til marine oljer i forhold til EPA-DHA, selvom det vil kunne være en rimelig omega 3 kilde (ikke i form av EPA-DHA). Mengden ALA varierer i ulike planter og derved egnetheten i forhold oljeproduksjonen. Aktuelle vekster som inneholder ALA vil være lin, hamp, raps, soya og da særlig frøfraksjonen, bønner eller grønne blader (Tab. 4.7). Valnøttolje inneholder også betydelig mengder omega 3, som den eneste fra nøttefamilien, men her er det et dårlig forhold mellom omega 3 og omega 6, jamfør senere avsnitt.

Tabell 4.7. Innholdet av alfalinolensyre (ALA)(omega 3) og linolensyre (LA)(omega 6) i de mest aktuelle landbruksvekster

	LA (C18:2 n-6)	ALA (C18:3 n-3)
Linfrøolje	12.7	57.5
Raps	24.0	10.0
Saflor olje	77	0.2
Soya olje	51.1	6.8
Oliven	7.3	0.6
Chia	19.0	63.8

Noe planter som har et spesielt høyt innhold av ALA er for eksempel Chia (aka chia sage) (*Salvia hispanica*) med ca. 64%, *Perilla* (aka shiso) (*Perilla frutescens*) ca. 59%, mens linfrø (aka linseed) (*Linum usitatissimum*) inneholder ca 58 % (tab. 4.7). Linfrø er den meste aktuelle av disse i kommersiell målestokk i dag. Linproduksjonen i verden er betydelig og det dyrkes over 48 millioner dekar med lin, hvor særlig Russland og Europa står for store produksjonsarealer. Det er økt interesse for produksjon av lin som delvis går til bruk i klesproduksjon, som olje til industrielt bruk (malingsindustrien), men også til humant konsum grunnet positive helseeffekter ut fra det høye innholdet av omega 3. Vi ser også at linfrø oljeproduksjonen i verden er betydelig med i størrelsesorden 0,6 millioner tonn, altså på linje med den totale fiskeoljeproduksjon (Fig. 4.18). Oljeutbytte ved kaldpressing ligger på i størrelsesorden 25 %. Eksempelvis blir det brukt linfrøolje til høner for å produsere egg rike

på omega 3. Linfrøoljen er også ernæringsmessig gunstig på grunn av forhold mellom omega 3 og omega 6, med omtrent 3 ganger så mye omega 3 som omega 6 (se senere beskrivelse).

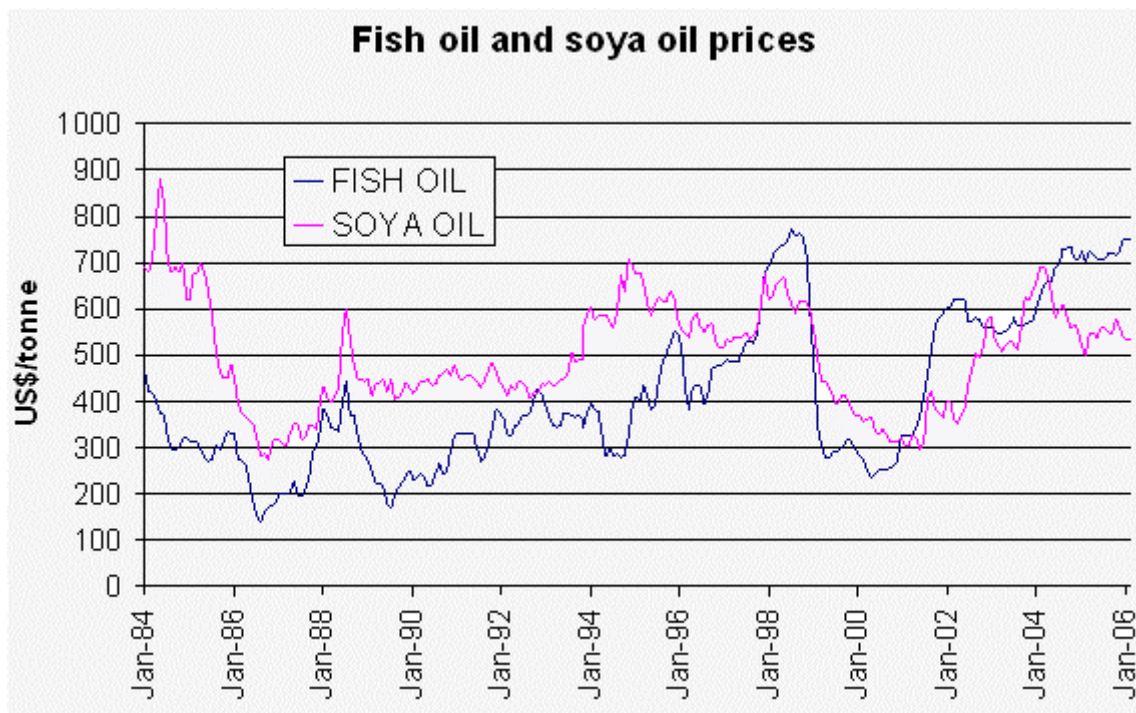


Figur 4.18. Utviklingen i linoljeproduksjon (kilde Fediol 2006).

Andre landbruksbaserte omega 3 kilder er raps og soyaolje, men her er mengde alfa linolen syre vesentlig mindre, rundt 10 %. De har heller ikke den samme positive forholdet mellom omega 3 og omega 6. Særlig soya har vist seg ernæringsmessig negativt og svært ugunstig forhold omega 3-omega 6, og det er vist klar korrelasjon mellom økningen i forbruket av soya i USA og andelen hjertesykdommer (Riege pers. med. og Stauffer 2006).

Landbruksbaserte oljer, særlig raps, er nå interessant å bruke til produksjon av biodiesel og dette har gjort at prisene på oljen er på vei opp. Rapsolje er i tillegg aktuell til bruk i fiskefôr som alternativ til fiskeolje, men grunnet prisstiging er ikke dette heller så gunstig. Det er ventet at prisen på raps og fiskeolje vil følge hverandre til en viss grad fremover

Prisene på landbruksbaserte oljer varierer i forhold til type. Soyaoljeprisene har fulgt fiskeoljeprisene (Fig. 4.19), men er i dag noe rimeligere. Rapsolje har som fiskeolje og palmeolje en litt lavere pris.



Figur 4.19. Prisutvikling fiskeolje i forhold til soyaolje (FaO- Globefish)

4.7. Alternative kilder

Siden det er liten mulighet for å øke oljeproduksjon fra tradisjonelt marint industrifiske, at en er redd for overbeskatning av ville fiskestammer, at en begynner å bli oppmerksom på forurensing i ville fiskestammer og at olje produsert fra den landbruksbaserte næringen ikke er direkte komparativ med olje fra marint opphav, har det vært en økende interesse for å finne alternative råstoffkilder for omega 3-EPA-DHA. I Norge har særlig behovet innen akvakultursektoren vært en viktig pådriver.

4.7.1. Alger og mikroorganismer

Kilden til omega 3, EPA-DHA, er marine alger, og for at fisk skal inneholde EPA-DHA må den spise alger som inneholder omega 3, eller andre organismer som har spist alger. Det er særlig algetyper som lever i kaldt vann som inneholder EPA-DHA, det vil si nær polene, enten langt nord eller langt sør.

Algene kan deles inn i autotrofe (fotosyntesealger), heterotrofe (bruker karbon) og miksotrofe (kan bruke begge deler). Vi kan videre dele inn i ferskvannsalger og sjøvannsalger. Det er sjøvannsalgene som er interessante grunnet deres innhold av EPA-DHA. Avhengig av algetype vil fettinnholdet og innhold av EPA og DHA i fettfraksjonen variere. Gode alger inneholder over 20 % EPA og DHA (tab 4.8.). Dyrkingsteknisk og avkastningsmessig kan det imidlertid lønne seg å velge en alge med lavere EPA-DHA innhold som er rimeligere og produsere.

Alger kan enten produseres ved fermentering eller ved hjelp av lys. Ved fermentering bruker algene karbohydrat som råstoff. Produksjonen foregår i store tanker, fermentorer, hvor nitid renhold er ekstremt viktig for å hindre bakteriekontaminering av algekulturen. Fermentering brukes i dag til produksjon av algeråstoff som utgangspunkt for olje med høyt innhold av

DHA. Dette er basert på en type mikroalge (*Cryptocodinium cohnii*) som har høyt innhold av fett, mer en 20 % på tørrvektbasis og hvor over 30% av fettfraksjonen foreligger som DHA. Algene bruker mais som karbohydratkilde. Etter at dyrkingen er ferdig fjernes vannet, den fermenterte masse tørkes og oljen ekstraheres. Martek, som står for det meste av denne produksjonen i verden gjennom god patentbeskyttelse, leverer blant annet DHA til morsmelkserstating. Ingrediensen som leveres inneholder 35 % DHA. En annen leverandør som dyrker DHA alger er Lonza. Martek sitt patent går snart ut noe som har gjort at interessen for bruk av alger er økende.

Ved dyrking av alger ved bruk av lys benyttes fotosyntese, og i tillegg til lys forbrukes CO₂. Prosessen har således en gunstig miljøprofil. Det forbrukes i størrelsesorden 1,8 tonn CO₂ per tonn produsert algemasse. Produksjonen kan foregå under åpen himmel, eller i veksthus. Under åpen himmel er kun aktuelt i sørlige himmelstrøk. Sjøvann pumpes da opp og algene vokser opp og høstes når en har oppnådd tilstrekkelig biomasse. Hos oss er det veksthus som er aktuelt og da med kunstig lys på vinter og natt for å få en døgnkontinuerlig produksjon. Ved UMB pågår for tiden et prosjekt der en ser på teknikker for å gjøre dette under våre forhold. Fordelen er at de tradisjonelle algene som dyrkes for å få ut EPA-DHA er kaldtvannsarter som hører naturlig hjemme hos oss og som ikke tåler for høye temperaturer.

Firmaet Water 4 arbeider nå med introduksjon av oljer basert på alger som inneholder både EPA og DHA med tanke på det voksende markedet for mat ingredienser, sannsynligvis basert på alger som dyrkes med lys. Per i dag hevder de å ha en olje som inneholder 23 % EPA-DHA (fordeling ikke oppgitt), men de arbeider med en versjon på 35 % og en versjon til farmasøytisk industri som inneholder 70 %+. Dagens kapasitet er på 5 tonn per måned, noe de arbeider med å tidoble (Halliday 2007). Algene dyrkes i dammer i Frankrike.

Algeolje har den fordel at den er mer stabil, oksiderer ikke så lett og vil være mindre prosessert når den skal brukes, slik at den beholder sine funksjonelle egenskaper. Den inneholder heller ikke miljøgifter som må fjernes og algeolje vil derfor være en virgin oil, jamfør klassifisering av olivenolje (se senere kapittel), som den eneste med marint opphav. Algeolje har også vist seg å ha en immunstimulerende effekt. Videre er den allergen fri, noe som gjør at den ikke trenger spesiell merking på etiketter, jamfør regler i EU hvor all slikt må merkes. Fiskeolje må merkes fordi den inneholder allergener og dette kan være en ulempe dersom det for eksempel tilsettes brød og på etiketten står det at brødet inneholder fisk.

Den store ulempen med omega 3 olje produsert på denne måten er den svært høye kostnaden. Tørr algemasse har i dag en pris på rundt 200 kr/kg og med et oljeinnhold på i størrelsesorden 10%, vil det si en oljepris på mer enn 2000 kr/kg. I forsøkene på UMB er målet å komme ned på en pris for tørr algebiomasse på 50 kr/kg for alger produsert i drivhus.

Forsøk pågår også for å se på muligheten for å produsere og høste andre mikroorganismer rike på PUFA. Et eksempel her kan være marine "proteister" av slekten *Thraustochytrium*. Disse opptrer som parasitter på alger og sjøgress, eller som dekomponenter av dødt plante materiale. *Schizochytrium* er en type det har vært arbeidet med. Disse kan dyrkes i fermentorer slik en dyrker alger og så høste etter hvert. Det foreligger flere patenter for dyrking også innen dette området. De fleste rapporter som omhandler produksjon av PUFA ved *Thraustochytrium* omhandler imidlertid bare DHA produksjon. Å oppnå tilstrekkelig lave produksjonskostnader vil også her være en betydelig utfordring. Ulike sopptyper har også vært prøvd.

Tabell 4.8. Innhold av PUFA i forhold til fettandelen for aktuelle algetyper (Wen & Chen 2003).

Proportions of PUFAs in marine microalgae				
Organisms	PUFAs (% total fatty acids)			Refs.
	20:4 (AA)	20:5 (EPA)	22:6 (DHA)	
Chrysophyceae				
<i>Monochrysis lutheri</i>	1	19	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Pseudopedinella</i> sp.	1	27	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Coccolithus huxleyi</i>	1	17	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Cricosphaera carterae</i>	3	20	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>C. elongata</i>	2	28	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Isochrysis galbana</i>	–	15	7.5	Molina Grima et al., 1992
Eustigmatophyceae				
<i>Monodus subterraneus</i>	4.7	32.9	–	Qiang et al., 1997
<i>Nannochloropsis</i> sp.	–	35	–	Sukenik, 1991
<i>Nannochloris</i> sp.	–	27	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>N. salina</i>	1	15	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
Chlorophyceae				
<i>Chlorella minutissima</i>	5.7	45	–	Seto et al., 1984
Prasinophyceae				
<i>Hetermastrix rotundra</i>	1	28	7	Yongmanitchai and Ward, 1989
Cryptophyceae				
<i>Chromonas</i> sp.	–	12.0	6.6	Renaud et al., 1999
<i>Cryptomonas maculata</i>	2	17	–	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Cryptomonas</i> sp.	–	16	10	Yongmanitchai and Ward, 1989
<i>Rhodomonas</i> sp.	–	8.7	4.6	Renaud et al., 1999

4.7.2. GMO

Bruk av genmodisering kan gjøre at planter, som soya, kan bli en betydningsfull forurensingsfri kilde for EPA og DHA. Prinsippet er at en tilsetter gener fra for eksempel mikroalger eller sopp som konverterer kortkjedede omega 3 og omega 6 i planter til mer biotilgjengelig langkjedede fettsyrer (for eksempel Robert 2005). Flere store selskaper som Monsanto, BASF og DuPont satser mye på å få langkjedet omega 3 inn i planter. DuPont holder på med feltforsøk med en soya som inneholder 40% PUFA, mens Monsanto hevder at 25-30% av oljen i deres soyabønner virker som langkjedet omega 3. De rapporterer om avlinger på 540-630 liter per dekar i Iowa, USA.

Fra Australia vet vi at forskere har funnet genprofilen på en rekke mikroalger som produserer EPA og DHA, og hvor målet er å overføre disse til oljevekster som linfrø og raps.

Andre organismer kan også genmodifiseres slik at de inneholder EPA-DHA, som for eksempel sopp eller bakterier. Vi kan også bruke GMO på produkter lenger opp i næringskjeden som grønnsaker eller animalsk kjøtt. En vil da få et produkt som direkte inneholder EPA-DHA og en trenger ikke gå om olje for å produsere mat med EPA-DHA.

Bruk av genmodifiserte planter med høyt innhold av langkjedet omega 3 fettsyrer vil helt sikkert gjøre at en får en rimeligere råvare for oljeproduksjon på sikt. Diskusjonen her vil være i forhold til konsumentenes reaksjoner på genmodifisering. I Europa er en generelt negativ, mens for eksempel USA er mer åpen i forhold til GMO produkter. Uansett vil det

nok ta mange år før en har fått noe særlig kvantum av dette, både siden det er tekniske vanskelig og aksepten hos konsumentene kan være lav. I en undersøkelse blant leverandører av PUFA svarte 30 % at de ville vurdere å bruke GMO råvarer dersom de fikk en rimeligere kilde for PUFA (Brownlie 2005).

5. Ernæringsmessig og helsemessig egnethet av ulike marine omega 3 kilder

5.1. Generelt

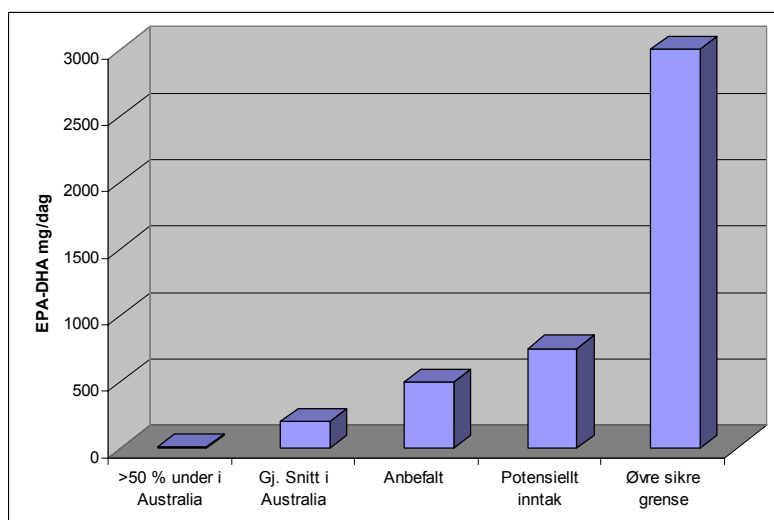
Når det skal vurderes ernæringsmessig og helsemessige egnethet av ulike råvarer er det selvfølgelig mengden omega 3 en er ute etter, og det er spesielt innholdet av de langkjedede fettsyrene som er interessant, særlig EPA og DHA. Det er i dag ingen diskusjon om disse fettsyrene er positive (eks. Aleksander et al 2006, Nesheim & Yaktine 2006, nettsider Goed 2007 og CLO 2007). Når det gjelder formuleringen av omega 3 (EPA – DHA og eventuelt andre langkjedede) og i hvilke former de inntas, er det imidlertid betydelig mer diskusjon og ut fra tilgjengelig data er vanskelig å hevde noe endelig her.

Humane forsøk for å dokumentere dette, og særlig for direkte å sammenligne forskjellige formuleringer, er svært vanskelig, og det er en mengde faktorer som kan spille inn. Noen eksempler som belyser dette er at opptak hos mennesker varierer, sammensetning av oljen varierer, oksidasjonsnivået i oljen kan variere, oljen kan inneholde andre stoffer som er påvirkende resultatene, osv. Videre må en gjennom slike forsøk inn på spesifikke egenskaper slik at sammenligningen vil være av veldig spesifikk art. Effekten vil også variere i forhold til menneskets fysiske tilstand, aldersgruppe og resten av kostholdet. Mye av dokumentasjon er gjort på mennesker som er syke og effektene av EPA-DHA på spesifikke forhold knyttet til sykdommen.

Generalisering av slike resultater til også gjelde forbedring av generell almentilstand hos frisk mennesker kan derfor ikke gjøres. Mange av forsøkene er også gjennomført kun på fiskolje uten at noe mer er eksakt definert. Dette gjelder fettsyresammensetningen og det totale omega 3 nivået, oksidasjonsnivået, innhold av andre stoffer som kan ha innvirkning, eksempelvis miljøgifter, mm. I Europa er det definert standarder for ulike oljeprodukter som for eksempel tran og lakseolje (European Pharmacopoeia) og i fremtiden bør en minimum ha beskrevet oljen i forhold til denne standarden. I det videre er det derfor kun gitt en kort oversikt og forhold som kan ha betydning før en diskuterer de ulike kilder, uten å gå inn på alle de vitenskapelige artiklene som foreligger innen området.

Råstoff fra marin sektor er eneste direkte bærer av disse fettsyrene og derfor er det kun disse som er behandlet i dette kapitlet. Befolkningens opptak av EPA-DHA er også vesentlig under det som er anbefalt ut fra et helsemessig perspektiv (Fig 5.1). Det er fetterike arter som normalt er det beste utgangspunktet siden innholdet av fettsyrer er høyest her, men det er store variasjoner i innholdet av EPA-DHA fra en art til en annen og også innen samme art noe som vanskeliggjør sammenligning av ulike kilder. Selv om en fiskeart er rik på fett er den ikke nødvendigvis rik på EPA-DHA.

Magre fiskearter som lagrer fettsyrene i leveren er også interessante med tanke på andelen av fettsyrene EPA-DHA. De beste råvarene i forhold til ernæringsprofil er derved de som har det høyeste innholdet av EPA-DHA per kg råstoff. Jo høyere innhold av disse det er i råvaren desto høyere blir det i råoljen og desto mindre er en avhengig av å oppkonsentrere oljen for å få ønsket nivå av EPA-DHA.



Figur 5.1. Inntak av EPA/DHA i befolkningen i Australia som eksempel, samt anbefalte inntak og øvre sikre grense for inntak (Morgan 2004)

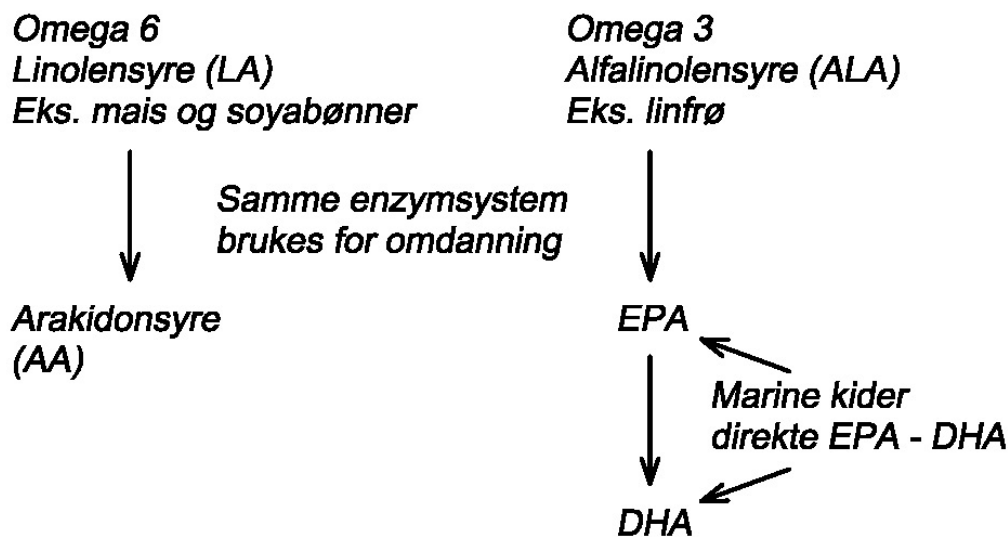
Rent ernæringsmessig er en ute etter hvor lett biotilgjengelig stoffene er og dette er ikke nødvendigvis det samme som den kvantitative mengden. Flere heveder at det er mer effekt av å spise laks enn å ta tilsvarende mengde EPA-DHA i kapselform, grunnet bedre biotilgjengelighet, mens andre hevder at det ikke er forskjell. Mye av årsaken til dette skyldes nok svært store individuelle variasjoner mellom mennesker og at en må måle på de samme parametre, samme inntak, og også i forhold til hva de er effektive mot. Videre inneholder hel fisk andre stoffer som kan påvirke, selv om EPA-DHA innholdet i utgangspunktet kan være likt. Dette er et område hvor det er behov for vesentlig mer forskning før en eventuelt kan få en endelig konklusjon, noe som kjennetegner hele området hvor ulike råvarer skal vurderes opp mot hverandre.

Omega 3, EPA-DHA sitter som sagt i triglyserid, i fosfolipider eller som etylester. I triglyseridet kan DHA og EPA sitte i tre forskjellige posisjoner, sn 1, sn 2 og sn 3, noe som også kan ha betydning for biotilgjengeligheten. Hos mennesker sitter DHA og EPA i sn 1 og sn 3. I vanlige fiskeoljer sitter normalt en del EPA-DHA i sn 2, men dette varierer i forhold til fiskeart og fettsyre. Den ernæringsmessige betydningen av dette diskuteres og rent vitenskaplig er det flere forhold her som er uavklart og en kan derfor ikke med god vitenskaplig tyngde si noe betydningen av EPA-DHA sin posisjon i triglyseridet.

De samme forholdene gjelder også ved sammenligning mellom triglyserid, fosfolipider og etylester, og hva som er best. Av studier som sammenligner triglyserid med esterform viste to studier fordel for triglyserid, mens to vist ikke forskjell (Lawson & Hughes 1988). Esterformen er imidlertid rimeligere å produsere. I forhold til fosfolipider antar en at disse kan følge andre veier i kroppen enn triglyserid, noe som kanskje kan lette opptaket (Frøyland pers med). Disse diskusjonene bringer en også inn på spesifikke diskusjoner av hva EPA-DHA skal hjelpe mot, og hvilken egenskap en er ute etter.

Forholdet mellom andelen av omega 3 og omega 6 fettsyrer i råstoffet er svært viktig for tilgjengeligheten. Når mennesker tar opp linolensyre (LA, omega 6) og alfa-linolensyre (ALA, omega 3) går de gjennom en serie metabolske steg. LA konverteres til arakidon syre og ALA til EPA og DHA. Det vil være en konkurranse mellom enzymsystemene som brukes for omdanning siden det er de samme som virker for både LA og ALA. (Fig. 5.2). Omdanning av

LA til arakidon syre er generelt veldig effektivt, mens omdanning av ALA til EPA og DHA er mye mindre effektiv. Er det mye omega 6 i forhold til omega 3 vil enzymene brukes for nedbryting av LA og ikke ALA, noe som viser viktigheten av et riktig forhold mellom omega 3 og omega 6 når vi ser på produkter som ikke inneholder EPA-DHA, men alfa-linolensyre, slik som planteoljer. Linfrøolje har jo nettopp her en gunstig sammensetning.

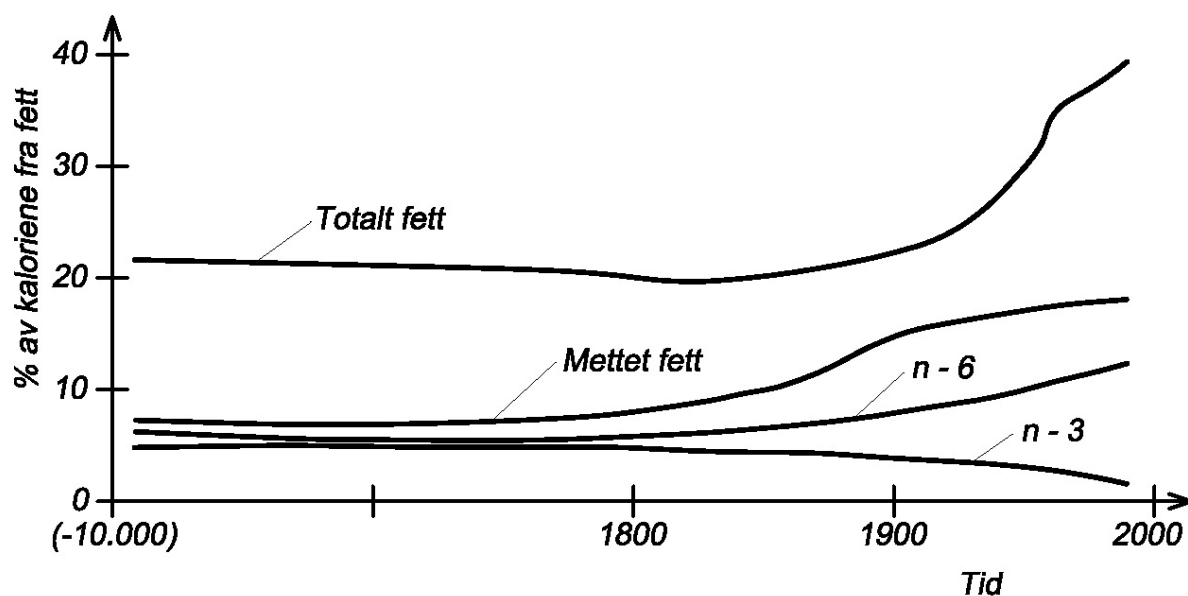


Figur 5.2. Ved konvertering av omega 3 og omega 6 brukes de samme enzymssystemer.

Forholdet mellom inntaket av omega 3 og omega 6 er også viktig i et helseperspektiv. Fra tidligere tider, 10 000 år siden, antar en at forholdet mellom omega 3 og omega 6 var i størrelsesorden 1:1 (Leaf 1987) (Figur 5.3). Kostholdsanbefalinger for forhold mellom omega 6 og omega 3 tilsier i dag mellom 10:1 og 2:1 (litt forskjell fra land til land). Japan anbefaler høyest innhold av omega 3 (2:1). Verdens helseorganisasjon anbefaler mellom 5:1 og 10:1, mens andre anbefaler enda lavere 1:1-1:4 (Simopoulos 1991). I forhold til dagens kosthold er det per i dag en stor ubalanse på dette området i alle land. Forholdet antas å ligge mellom, 14:1 og 20:1, mens noe studier indikere enda høyere forhold hos vegetarianere (Galli et al. 1994, Roshanai & Sandres 1984). I USA, som er et av landene hvor forholdene er dårligst, ligger det i størrelsesorden 40:1 (ABC of omega 3 2005), mye grunnet all soya som blir konsumert. De fleste vestlige land ligger vesentlig over anbefalinger fra WHO, med for lavt inntak av omega 3.

Det er store variasjoner i rapporterte verdier for omdanning av ALA til EPA-DHA i menneskekroppen, og det er store individuelle variasjoner mellom mennesker. Omdanningen avhenger også av resten av dietten og kroppens generelle tilstand. Verdier for omdanning rapportert hos friske mennesker ligger ofte i området 0,2-10 % til EPA og 2-5 % til DHA (Gerster 1998, Pawolosky et al 2001, Hernandez 2004, Decker 2005). Er forholdet mye omega 6 i forhold til omega 3 reduseres verdien ytterligere. Det stilles også et spørsmål om ALA virkelig er en aktuell kilde for EPA-DHA og om ALA omdannet til EPA-DHA i menneskekroppen har samme effekt som å innta EPA-DHA direkte (Sanderson et al. 2004). Dette aktualiserer behovet for å få i seg EPA-DHA direkte. Å innta for store mengder ALA for å

fylle opp EPA-DHA behovet, er heller ikke bra (Leitzmann & Stampfer 2004). For høye daglige doser av for eksempel linfrøolje (>30 g/dag) har blitt rapportert å resultere i løs mage og diare, i tillegg har alleregiske reaksjoner blitt rapportert (Hernandez 2004). Babyer konverter svært dårlig samtidig som de ikke produserer tilstrekkelig mengde DHA (Uauy et al 1996, Koletzko et al 1992). DHA er derfor ansett som essensielt for babyer og tilføres gjennom morsmelken, jamfør DHA innhold i morsmelk. Dette er også årsaken til at morsmelkserstatning inneholder DHA fettsyrer.



Figur 5.3. Inntaket av fett, mettet fett, omega 3 og omga 6 i et historisk perspektiv (basert delvis på Leaf 1987)

Det er også diskutert om forholdet mellom EPA og DHA er viktig, men her er det ingen endelig dokumentasjon. I brystmelk er det et forhold mellom EPA-DHA på 1:5. For babyer og små barn er det grunnet dårlig mulighet for produksjon av DHA ingen fordel å bruke kilder med høyt innhold av EPA.

Det blir hevdet at dersom kroppen har fått det den trenger av DHA omgjøres overskudd til EPA. En studie viser som eksempel at en kan få samme effekt av kun DHA som både EPA-DHA på reduksjon av triglyserider i pasienter med coronary artery disease (CAD) (Scwellenbach 2006). Men EPA-DHA har vesentlig flere fordeler i forhold til sykdommer/-tilstander så det er behov for betydelig mer grunnleggende forskning for å kunne si noe entydig om dette. Dette bringer en også inn på om kroppen syntetiserer fra en langkjedet fettsyre til en annen og hvor effektivt det er. Kroppen kan syntetisere fra EPA til DPA, og hvor effektivt er det da å ta både EPA og DPA. Sannsynligvis er det en konkurranse med de samme enzymsystemer som ved andre fettsyrer, jamfør kortkjedede omega 3 og omega 6. Dette tilsier at det kan være en fordel og innta noe DPA direkte.

Selv om råvarene i utgangspunktet ikke er ernæringsmessig optimale kan en gjøre noe med det under bearbeidingen til olje. En har mulighet til å blande inn andre ingredienser i oljene og en kan oppkonsentrere oljen og få oljer som har høyt innhold av EPA-DHA (se kapittel om produksjon, raffinering og oppkonsentrering av olje). Flere arbeider med blanding av marine oljer med andre oljer for å øke biotilgjengeligheten eller for å øke det helsemessige utbyttet,

eksempelvis blanding av selolje og olivenolje, eller torskeleverolje og olivenolje (Vognild et al. 1998). Mer multiple ingredienser med innhold av omega 3 olje er også utviklet, f.eks. Vectomega (Schatzmann 2006). Hvor biotilgjengelig ulike former er, er forøvrig omdiskutert og er et område hvor det er behov for mer forskning. En studie viser at mindre enn 50 % av omega 3 i torskeleverolje eller fiskeolje absorberes i menneskekroppen (Flexnews 2006), og en leverandør hevder å ha utviklet en olje som har dobbelt så høy biotilgjengelighet, slik at mengden kosttilskudd som må tas kan halveres. En kan også lage svært konsentrerte oljeprodukter. Hvorvidt opptaket er like effektivt per gram av disse som av en mindre konsentret er diskutert.

Oksidasjonssnivået i oljen bør være lavest mulig (se senere kapittel), fordi høy oksidasjon resulterer i dannelse av skadelige produkter. Ved oksidasjon av fett dannes frie radikaler som er veldig reaktive forbindelser som kan skade celler og DNA. Tilsats av antioksidanter hindrer/reduserer dannelse frie radikaler. Oksidasjonen starter med en gang fisken dør og følgelig vil et råstoff som prosesseres umiddelbart ha et lavere oksidasjonsnivå enn et råstoff som har ligget en periode. Dette viser den ernæringsmessige fordelene med bruk av råstoff fra oppdrettsektoren som kan prosesseres umiddelbart, og også betydningen av fiskefelter som ligger langt unna hvor fisken må ligge lenge før den blir prosessert.

Innvoller i fisk inneholder mye enzymer, f. eks. i tarmen, som vil bidra til en raskere nedbrytning og oksidasjon dersom dette ikke er fjernet. Dersom en bruker lever som råstoff og den fjernes raskt fra fisken, vil den ikke bli utsatt for enzymer som igangsetter oksidasjon. Lever inneholder imidlertid svært mye fett, noe som gjør at den vil være ekstra utsatt for oksidasjon dersom en ikke foretar de nødvendige tiltak. Er det høyt oksidasjonsnivå i utgangspunktet vil sluttproduktet, uansett raffinering, bli negativt påvirket. I hvor stor grad er imidlertid usikkert og her trengs mer forskning. For å utsette oksidasjonen må en håndtere råvaren riktig. For mye håndtering (press) fører til at produktene sprekker og blir lettere angrepet. Flere flater blir tilgjengelig for oksidasjon. Lav temperatur senker hastigheten på oksidasjonsprosessen og bruk av nitrogen som dekk-gass gjør at det ikke blir oksygen tilgjengelig for å igangsette oksidasjon. Et eksempel som viser dette er at mengden "sure oppstøt" av tran går ned ved bruk av tran som inneholder lite oksidasjonsprodukter.

Sammensetning av olje produsert av marint råstoff vil i stor grad variere og dette vil være et problem for produsenten. Viktige forhold vil være: fiskeart, om det er villfisk eller oppdrett, om det er hel fisk eller biprodukter, om det er tatt ut spesielle deler av fisken som for eksempel lever på torsk, om industrifisk inneholder rogn eller ikke, osv. I det videre er det sett på ernæringsmessige forhold knyttet til de ulike kilder med fokus på kilder som inneholder EPA-DHA direkte, og da med marint utgangspunkt. En del råvarer vil også ha positive tilleggsegenskaper ut over innholdet av omega 3, EPA-DHA. Det kan for eksempel være vitaminer eller antioksidanter. Dette er også tatt med.

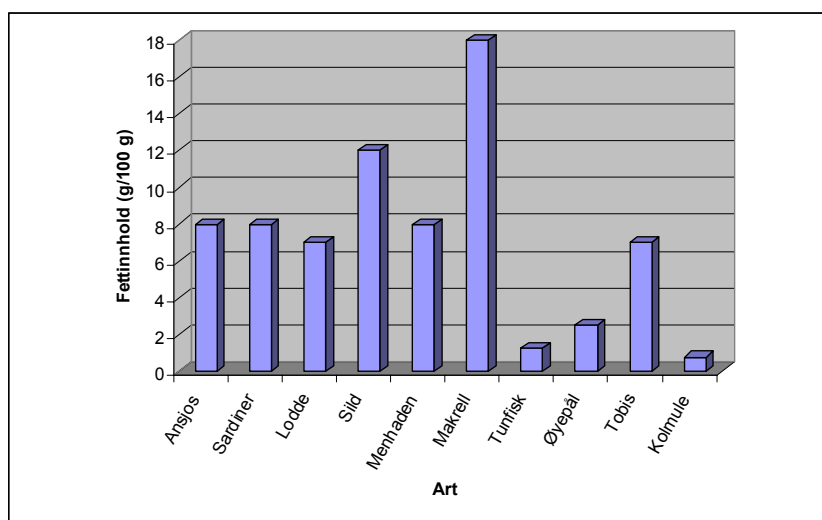
Sammensetningen av oljen vil nødvendigvis ikke være lik sammensetningen av råvaren. Ved oljeproduksjon har en tatt ut fettfraksjonen, men en har nødvendigvis ikke fått med seg hele fraksjonen. Videre kan produksjon av råolje og eventuell raffinering, påvirke sammensetningen av oljen så den differensierer fra råvarene. Sammensetningen av en raffinert olje og en råolje kan derfor være forskjellig. Ofte angis også oljen kun som fiskeolje og her kan det foreligge blanding av ulike arter. I så måte må en være forsiktig med å sammenligne råstoff og oljetyper når en ikke vet med sikkerhet utgangspunktet. Den store variasjonen i sammensetningen av råstoffet, for eksempel variasjon i fettinnhold og fettsyresammensetning gjennom året, vanskeliggjør også direkte sammenligninger.

En må også være oppmerksom på hvordan verdier er angitt for å kunne sammenligne. Fettinnhold er enten angitt på våt vekt eller tørr vekt basis, og det kan være angitt per gram filet, per gram helt produkt, eller per gram innvoller/biprodukter. EPA-DHA innholdet kan være angitt som andel av produktet, som andel av totalt fett, som andel av fettsyrer eller som andel av flerumettede fettsyrer. Generelt er det svært store variasjoner i målte verdier noe som gjør at sammenligning av kilder er vanskelig. I det videre er det derfor viktig å se på kilden som er brukt for dataene. Data vil følgelig også variere i forhold til land.

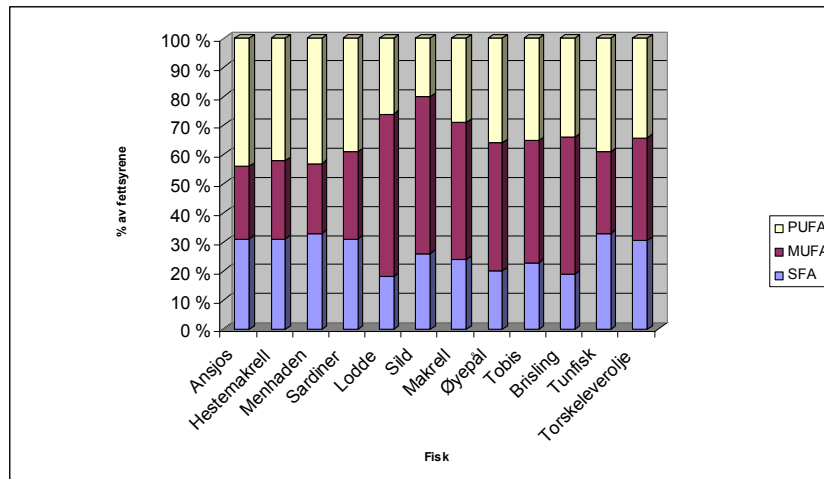
5.2. De enkelte marine kilder

5.2.1. Industrifisk

Det er industrifisk som er utgangspunktet for den hoveddelen av verdens fiskeoljeproduksjon. Næringsinnholdet i industrifisken som fanges avhenger blant annet av fiskeart, alder, årstid og fangstfelt. De to siste faktorene påvirkes i stor grad av fisken næringstilgang. Dette gjør at for en art vil det være en betydelig variasjon i sammensetningen gjennom året, noe som gjør sammenligning av egnethet av ulike kilder vanskelig. Eksempelvis varierer fettinnholdet i dansk sild mellom 4,5% og 31,6 % (Tab. 5.1), mens norske tall for sild og makrell viser variasjoner på henholdsvis 10-20 % og 18-30 % (Falch et al 2006). Artene vi er ute etter er generelt de med høyest fettinnhold, fet fisk (Fig. 5.4). Mer spesifikt er det arter med høy andel av umettet fett i forhold til mettet fett (Fig. 5.5) og at EPA-DHA utgjør mye av det umettede fett. Arter som har en høy andel flerumettet fett er ansjos, hestemakrell, mehaden, sardiner og tunfisk.



Figur 5.4. Gjennomsnittlig fettinnhold i ulike arter i verden brukt til produksjon av olje (kilder Danish Food Composition Databank (2007) and USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19 (2006))



Figur 5.5. Innholdet av mettet (SFA), enumettet (MUFA) og flereumettet (PUFA) fett i arter egnet for produksjon av olje i prosent av total mengde fettsyrer (kilder Danish Food Composition Databank (2007) and USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19 (2006))

Ser vi på olje produsert fra ulike typer industrifisk er oljer fra artene ansjos (best) og sardiner kjent for høy andel EPA-DHA av det flerumettede fett. Olje som produseres fra disse artene omtales ofte som 18-12 olje, 18 % EPA - 12 % DHA av fettsyrene, men det er ikke alltid en kommer opp i disse konsentrasjonene (Tab. 5.2). Det er jo også disse fiskeartene som fiskes utenfor Sør-Amerika. Menhaden, en sildefiskeart som fiskes utenfor USA, har ofte et mindre fettinnhold, og mindre mengder EPA-DHA enn ansjos. Forholdet mellom EPA og DHA er imidlertid rundt 1:1, noe som i en del sammenhenger kan være en fordel. Tunfisk kjentegnes med en høy andel av DHA i fettfraksjonen, i størrelsesorden 5% EPA og 25 % DHA. Særlig hode og området rundt øynene er fettrike og det er en produksjon på opp mot 100 tonn tunfiskolje hvor mye går til baby mat grunnet det høye innholdet av DHA.

I våre farvann vil tobis, sild, lodde og kolmule (relativt lite) være industrifisk arter som har et bra innhold av EPA-DHA, men noe lavere enn hva tilfelle er for de ovenfor nevnte arter. Innhold av EPA og DHA i fisken viser betydelig variasjon på grunn av variasjon i fettinnholdet. Tall fra NIFES viser for eksempel en variasjon i EPA og DHA i hestemakrell på henholdsvis 4-10 g/100 g og 7,6-22 g/100g.

Det er svært god helsemessig dokumentasjon på fiskeolje, og fiskeolje har blitt brukt til menneskelig konsum i over 100 år.

I fiskeolje sitter EPA-DHA hovedsakelig bundet i triglyseridet i posisjon 2, sn2, men her er det betydelig variasjon. De ulike fettsyrene kan sitte i både posisjon 1, 2 og 3. Fiskeolje basert på ulike arter kan derfor skilles fra hverandre i forhold til hvilken posisjon i triglyseridet de ulike fiskeoljene sitter.

Tabell 5.1. Fettinnhold og fettsyresammensetning i filet i aktuelle arter for oljeproduksjon fra noen ulike kilder. Fettsyresammensetningen er gitt som gjennomsnittstall. Fettinnholdet i biprodukter vil være noe høyere.

Fiskeart	Fettinnhold: snitt, og std. avvik (eller min – maks der det er angitt (g/ 100 g fisk)	Mettet/enumette/ flerumettet (mg/100 g fisk)	EPA-DHA-DPA (mg/100 g fisk)	Referanse
Tunfisk			1288 / 2877 / n.r	Yazawa 1995
Torskelever, rå	66,3 (54,5-75,4)	1310/2910/1590	6010/4460/430	Danish food comp. data 2006
Tunfisk (blue fin)	4,9-0,97	1257 / 1600 / 1433	283 / 890 / 125	USDA 2006
Tunfisk (yellow fin)			898 / 1785 / n.r	Yazawa 1995
Tunfisk (yellow fin)	0,95-0,28	235 / 154 / 284	37 / 181 / 13	USDA 2006
Sild (høstsild Danmark)	19 (17-19)	406 / 559 / 783	248 / 68 / 224	Danish food comp. data 2006
Sild (Danmark)	14,5 (4,5 – 31,6)	303 / 625 / 254	570 / 125 /50	Danish food comp. data 2006
Sild (Norsk vårgytende)	6,9 (4,1 – 10,4)	1210 / 3290 / 730	210 / 290 / 25	NIFES
Sild (Nordsjø)	14,6 10,2 – 17,3)	2970 / 6320 / 3500	920 / 1260 / 84	NIFES
Sild (atlantisk)	9,0 – 0,091	2040 / 3736 / 2133	709 / 862 / 55	USDA 2006
Sild (stilleh.)	13,88 – 0,47	3257 / 6872 / 2423	969 / 689 / 172	USDA 2006
Makrell (Danmark)	24,4 (6,99-34,7)	5,64 / 9,66 / 6,52	127/ 317/22	Danish food comp. data 2006
Makrell			1214 / 1781 / n.r	Yazawa 1995
Makrell (Atlantisk)	13,8 -0,38	3257 / 5456 / 3350	898 / 1401 / 212	USDA 2006
Makrell (king)	2 – 0,188	363/764/460	136/177/17	USDA 2006
Hestmakrell	16,2 (9,9 – 23,6)	3310 / 5900 / 3310	780 / 1500 / 210	NIFES
Ansjos (europesk)	4,8,-0,318	1282/1182/1637	183/1401/212	USDA 2006
Sardiner			1381 / 1136 /n.r	Yazawa 1995
Laks			492 / 820 / n.r	Yazawa 1995
Laks oppdrett	13,4 (3,3 – 23,4)	3010 / 6110 / 5410	1100 / 1700 / 480	NIFES
Laks	10 (3,5 – 14,8)	2260 / 3210 / 3360	650/1800/280	Danish food comp. data 2006
Laks oppdrett (atlantisk)	10,85	2183 / 3868 / 3931	618 / 1293 /n.r	USDA 2006
Laks vill (atlantisk)	6,3 -1,772	981 / 2103 / 2539	321/ 1115 / 287	USDA 2006
Laks oppdrett (Coho)	7,7	1816 / 3330 / 1861	385 / 821 / n.r	USDA 2006
Laks vill (Coho)	5,9	1260 / 2134 / 1992	429 / 656 / 232	USDA 2006
Regnbueørret			247 / 983 / n.r	Yazawa 1995
Regnbueørret (oppdrett)	5,4 – 0,306	1554 / 1539 / 1805	260 / 668 /	USDA 2006
Regnbueørret	6,7 (4,6 – 9,6)	1,49 /2,43 / 202	320 / 1160 /79	Danish food comp. data 2006
Rainbueørret (vill)	3,46 – 0,226	722 / 1129 / 1237	167 / 420 /106	USDA 2006
Ål			742 / 1332 / n.r	Yazawa 1995
Ål (ulike typer)	11,6 – 0,89	2358/7190/947	84/63/74	USDA 2006
Ål	31,5 (19,3 – 41,8)	858/1390/580	127/207/75	Danish food comp. data 2006

Fettsyresammensetning % = fettsyreverdi (g/100g) * 100 / fettinnhold (g/100g)

Tabell 5.2. Fettsyresammensetning i utvalgte oljer angitt i noen ulike kilder. Gjennomsnittstall.

Oljetype	Mettet-enumette, flerumettet (vekt %)	EPA-DHA-DPA (% av fettsyrene)	Referanse
Torske lever olje	22,3 / 27,3 / 38,4	8,8 / 24,3 / 1,3	DFCD* 2007
Torske lever olje	22,6 / 46,7 / 22,5	6,9 / 11,0 / 0,9	USDA 2006
Torske lever olje		13,8 / 8,9 / n.r	Yazawa 1995
Torske lever olje		7,0-16,0 / 6,0-18,0 / n.r	BNF** 2005
Lodde olje	18,9 / 56,5 / 21,1	7,5 / 5,7 / 0,6	Waagbø 2001
Lodde olje	18,0 / 56,0 / 26,0	8,0 / 6,0 / n.r	Bimbo 1998
Sardine olje	27,3 / 25,4 / 39,6	18,4 / 12,3 / 2,2	Waagbø 2001
Sardine olje		22,6 / 12,1 / n.r	Yazawa 1995
Sardine olje	31,0 / 30,0 / 39,0	16,0 / 9,0 / 2,0	Bimbo 1998
Sardine olje	29,9 / 33,8 / 31,9	10,1 / 10,6 / 1,9	USDA 2006
Sildeolje	26,0 / 54,0 / 20,0	6,0 / 6,0 / 1,0	Bimbo 1998
Sildeolje	21,3 / 56,6 / 15,6	6,3 / 4,2 / 0,6	USDA 2006
Makrellolje (jack)	31,0 / 27,0 / 42,0	13,0 / 15,0 / 2,0	Bimbo 1998
Makrellolje (heste)		10,7 / 17,6 / 3,3	BNF** 2005
Makrellolje	24,0 / 47,0 / 29,0	7,0 / 8,0 / 1,0	Bimbo 1998
Menhaden olje	33,0 / 24,0 / 43,0	14,0 / 8,0 / 2,0	Bimbo 1998
Menhaden olje	31,0 / 25,0 / 24,0	14,0 / 8,0 / n.r	
Menhaden olje	30,4 / 26,7 / 34,2	13,2 / 8,6 / 4,9	USDA 2006
Lakseolje		8,1 / 11,5 / 3,9	BNF** 2005
Lakseolje	19,9 / 29,0 / 40,3	13,0 / 18,2 / 2,9	USDA 2006
Lakseolje	24,6 / 34,7 / 36,6	7,0 / 19,6 / 3,0	DFCD* 2007
Tunfiskolje		4,5-7,8 / 28,9-40,1 / n.r	Yazawa 1995
Tunfiskolje	33,0 / 28,0 / 39,0	6,0 / 22,0 / 2,0	Bimbo 1998
Tunfiskolje	29,0 / 20,5 / 35,0	6,0 / 26,5 / n.r.	USDA 2002
Ansjosolje	31,0 / 25,0 / 44,0	22,0 / 9,0 / 2,0	Bimbo 1998
Ansjosolje		11,9 / 11,5 / 1,6	BNF** 2005
Ål olje	23,0 / 42,0 / 35,0	11,0 / 11,0 / 1,0	Bimbo 1998
Sel olje	14,5 / 59,7 / 23,1	5,0 / 10,0 / 2,4	Waagbø 2001
Sel olje (bearded)	11,8 / 57,1 / 27,6	9,7 / 6,2 / 5,5	USDA 2006
Sel olje (spotted)	17,7 / 54,5 / 18,1	3,9 / 6,5 / 3,4	USDA 2006
Hval (Beluga)	14,5 / 54,2 / 10,8	2,8 / 3,9 / 1,6	USDA 2006
Øyepål olje	2000 / 4400 / 3600	900 / 1400 / 100	Bimbo 1998
Brisling olje	1900 / 4700 / 3400	600 / 900 / 100	Bimbo 1998

*DFCD = Danish Food composition databank

**BNF = British Nutrition Foundation

n.r = Not reported

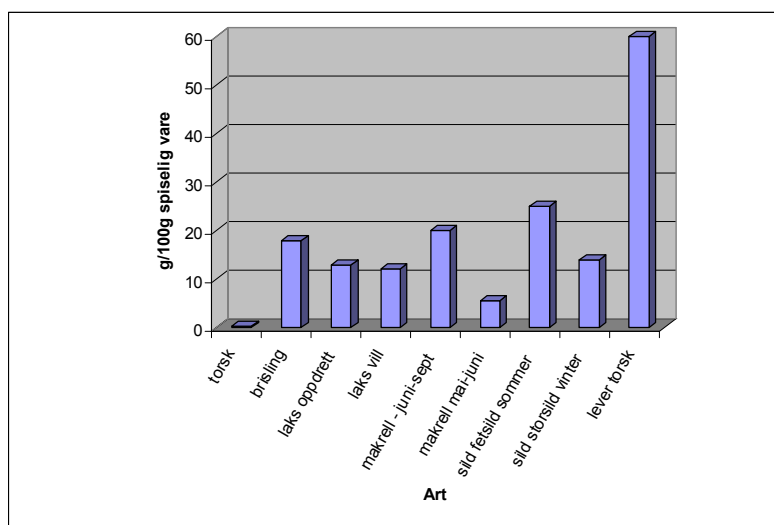
5.2.2. Avskjær fra fiskeindustri

Avskjær fra filetering av fete fiskearter, som sild, makrell og villaks, vil være gode ernæringsmessige råstoffkilder (jamfør Tab. 5.1). Fettinnholdet er relativt høyt og det samme er tilfelle med innholdet av EPA-DHA i produsert olje (Tab. 5.2). Mange av artene benyttes både som industrifisk og som konsumfisk. Mye av konsumfisken fileteres, og det oppstår slo og avskjær som benyttes i oljeproduksjon. En studie av biprodukter fra sildefiletering i Norge (upublisererte resultater fra SINTEF Fiskeri og Havbruk, målinger desember og januar) viste gjennomsnittlig innhold av EPA og DHA på hhv. ca. 6 og 9 % i fett av totalfraksjonen av biprodukter (slo, hoder og avskjær). SINTEF har også utført målinger på sildefilet på ulike årstider (Falch et al. 2006). Gjennomsnittstall for EPA og DHA var hhv. 6,7 og 9,5 %, men

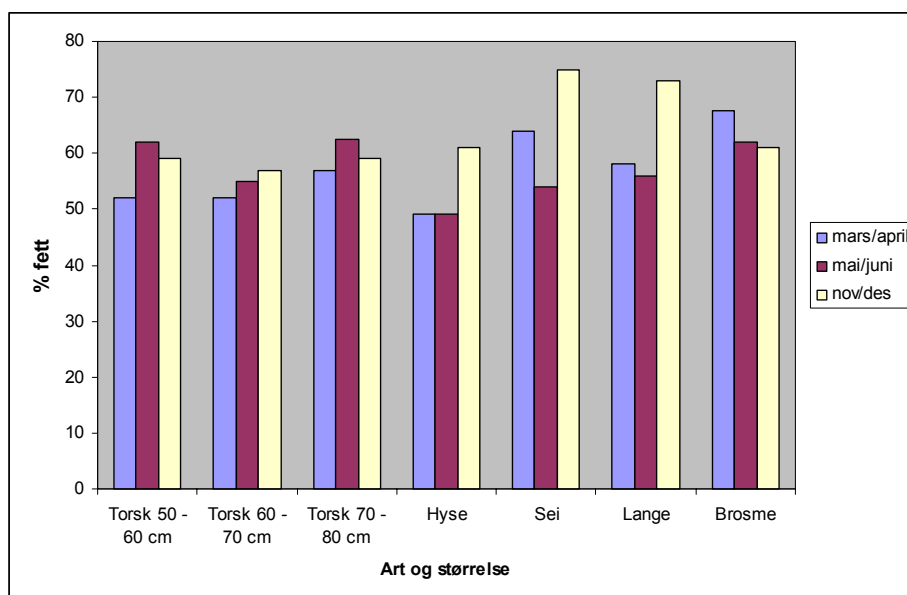
det var betydelige variasjoner, 4,4 - 8,1 % for EPA og 7,6 -11.2% for DHA. Det var laveste verdier i de første måneder av året, og høyest på høsten. Fettinnholdet i fileten var høyere de tre første månedene enn i de tre siste.

5.2.3. Torskelever og annen lever

Siden torsken lagrer fett i leveren er det den som må utnyttes for å få tak i fettsyrene. Fordelen med lever er at den har en høy fettprosent per kg råstoff i forhold til fisken (Fig. 5.6.). Oljeutbytte vil derfor være høyt, i størrelsesorden 50%. Fettprosenten i lever varierer noe i forhold til årstid, men ligger generelt mellom 50 - 70 % (Arason 2006, Danish food 2006) (Fig. 5.7, Tab. 5.1))



Figur 5.6. Gjennomsnittlig fettinnholdet i lever i forhold til aktuelle norske fiskearter brukt til oljeproduksjon (Kilde NIFES).

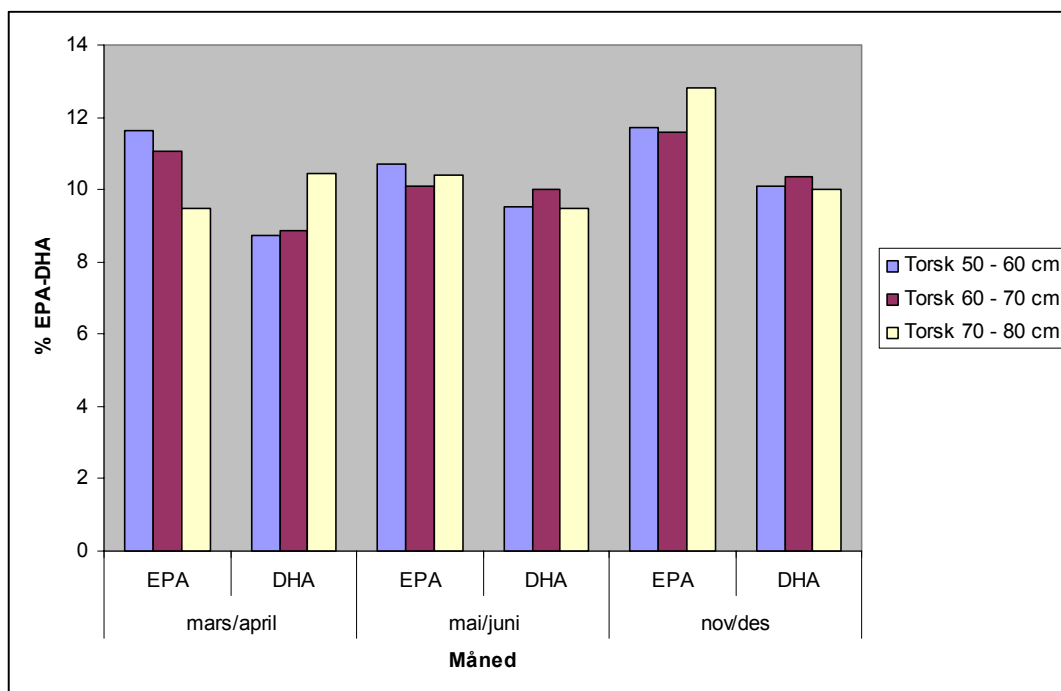


Figur 5.7. Fettinnhold i lever i ulike torskefiskearter i forhold til årstid og fiskestørrelse (Arason 2007)

I torskelever sitter mesteparten av DHA i triglyserider i posisjon 2, mens EPA er jevnere fordelt mellom de 3 posisjoner.

Torskelever har en generelt god ernæringsmessig sammensetning, med relativt lite mettet fett. Det er en del variasjon i registrert sammensetning av torskeleveroljen, i størrelsesorden 20 % mettet fett, mens enumettet og flerumettet fett utgjør resten (Tab. 5.2). Av dette er det rapportert at flerumettet utgjør mellom 22 % og 39 % (Danish f. datab. USDA 2006, Sullivan 2006).

Innholdet av EPA-DHA i leveren er bra, selv om det ikke er like høyt som i arter som ansjos og sardiner. Også her er det en betydelig forskjell over året, islandske tall viser innhold av EPA på mellom 10 og 12 % av fettsyrefraksjonen, mens DHA ligger mellom 9 og 10 % (Arason 2007) (Fig. 5.8). Andre kilder refererer både lavere EPA verdier og høyere DHA verdier i torskeleverolje (Tab. 5.2). Bl.a. viser norske analyser av fett fra lever av villtorsk på ulike årstider at DHA ligger høyere enn EPA (Carlehög et al 2006). Norske analyser tidlig på 90-tallet viser typiske verdier for innhold av EPA og DHA på tilsammen rundt 20% (areal-% GC), ofte litt mer DHA enn EPA (Harald Breivik, pers. med.) Islandske tall viste mindre variasjon knyttet til fiskestørrelse (Arason 2007).



Figur 5.8. Innhold av EPA-DHA i torskelever i og innvoller % av fettfraksjonene i forhold til årstid og fiskestørrelse (Arason 2007)

Torskeleverolje (tran), er svært godt klinisk dokumentert. Første undersøkelser var på 1700 tallet da en viste effekter på revmatisme og natt blindhet (Hjaltason 1992). Det har også vært publisert, positive effekter både på kroppsfunksjoner og mental helse. Oljen har også en lang historie for bruk på barn uten negative effekter, unntatt dårlig smakelighet. Slik sett er det denne oljen som er best helsemessig dokumentert, imidlertid i stor grad ut fra sitt vitamininnhold og ikke omega-3 innhold.

Sammenlignet med de tradisjonelle fiskeoljer har torskelerver den ernæringsmessige fordel at den inneholder store mengder naturlig fettløslig A vitamin (nesten 3 ganger så mye som biff) og D vitamin (nesten 4 ganger så mye som flekk) (Young 1986), og i utgangspunktet var det dette som var viktig når en tok tran i gamle dager (oppdaget på begynnelsen av 1900 tallet). En kjente da ikke virkningen av omega 3 (som først kom på slutten av 1970 tallet). Ved produksjon av torskelerverolje vil en del av A (særlig) og D vitamin fjernes ved raffinering/fjerning av miljøgifter, og en justerer opp nivåene ved tilsatt i etterkant for å få riktig nivå. Dette kan da være som syntetiske vitaminer (ikke naturlige). Harskning av oljen begynner først når det ikke er mer A-vitamin igjen, således har A-vitamin en viktig og nødvendig antioksydativ funksjon. I tran, der A-vitamin kan være tilsatt etter prosessering, vil mengden målt A-vitamin ikke si noe om oksidasjonsnivået i oljen.

Konsumet av vitamin D kan bli for høyt dersom en tar for store doser og er mye ute i solen, selv om dette er lite trolig i praksis. På vinterstid, når det ikke er så mye sol, går D-vitaminlagrene i kroppen betydelig ned uten tilskudd (Heaney 2005). Konsumet av vitamin A kan også bli for høyt og dosene bør ikke være for store når en er gravid (normale doser ikke skadelige). Størst problemer oppstår i forbindelse med kunstig tilsatt A-vitamin. Fettløslig naturlig A vitamin har en akseptabel grense som er 10 ganger så høy (Myhre et al 2003). D-vitamin i torskelerverolje beskytter også mot toksisitet av A-vitamin (Myre 2003, Aburto 1998, Metz 1985). Dersom en holder seg til anbefalte doser vil det ikke være problemer, kun positive effekter. Et eksempel på dette ble vist blant inuitene, som hadde et høyt inntak av lever. Når europere, som også fikk tilførsel av vitamin A fra andre kilder, kom til Grønland og inntok det samme leverinntaket, fikk de en overdose.

Lever fra sei, hyse, lange og brosme kan også utnyttes. Fettprosenten i leveren fra disse artene er også i samme område som for torsk, ubetydelig lavere for hyse og ubetydelig høyere for de andre (Arason 2007). Sammensetning i forhold til EPA-DHA, 12% - 8% av fett, er også i samme området.

Hailever har også vist seg å ha en gunstig ernæringsmessig effekt ut over innholdet av omega 3. Den inneholder alkylglyseroler og squalen, og benyttes derfor i stor til kosttilskudd. Squalen er et fettsyre med seks dobbeltbindinger, som er en nøkkel i biosyntese av kolesterol. Dette har gjort at hai i dag fanges for å ta ut lever som brukes i squalen kapsler, men her er det fortsatt lite forskning som er dokumentert. Squalen er svært ustabil i forhold til oksidasjon. Den er for øvrig svært godt egnet til bruk i kosmetikk som mykgjørere av hud.

Etter hvert som vi får en større oppdrettsnæring av torsk vil lever også herfra kunne danne basis for en betydelig oljeproduksjon. Fra Island ser det ut som om innholdet av EPA ligger noe over villfanget, mens DHA er høyest i villfanget. Forskjellene er imidlertid ikke store (Arason 2007). Mengden lever er imidlertid vesentlig større, 11 % av rundvekt, mens villfisk ligger på 5-7 %. Målinger som er gjort i Norge viser at

5.2.4. Laksebiprodukter

Lakseolje produseres av slo og avskjær som oppstår ved bearbeiding av laks. Sammensetningen av lakseolje avhenger av om råstoffet baseres på villfisk eller oppdrettsfisk, hvor det siste vil utgjøre hovedtyngden i fremtiden. Sammensetningen og innholdet av fettsyrer vil være avhengig av hva en tilfører av komponentene i fôret. Laksen er en fet fisk som lagrer fett i kjøttet. Analyser fra NIFES viser en gjennomsnittsverdi på 13,4% fett i fileten av

oppdrettslaks, men med variasjoner mellom 3 og 23 %. Det er videre målt gjennomsnittsverdier på 30,1 mg/g av mettet fett, 61 mg/g av en-umettet fett og 54,1 mg/g av fler-umettet fett (Tab. 5.3).

Villaks har normalt et noe lavere fettinnhold enn oppdrettslaks.

Tabell 5.3. Sammensetning av laksefilet i Norge (Kilde NIFES, ernæringsdatabase).

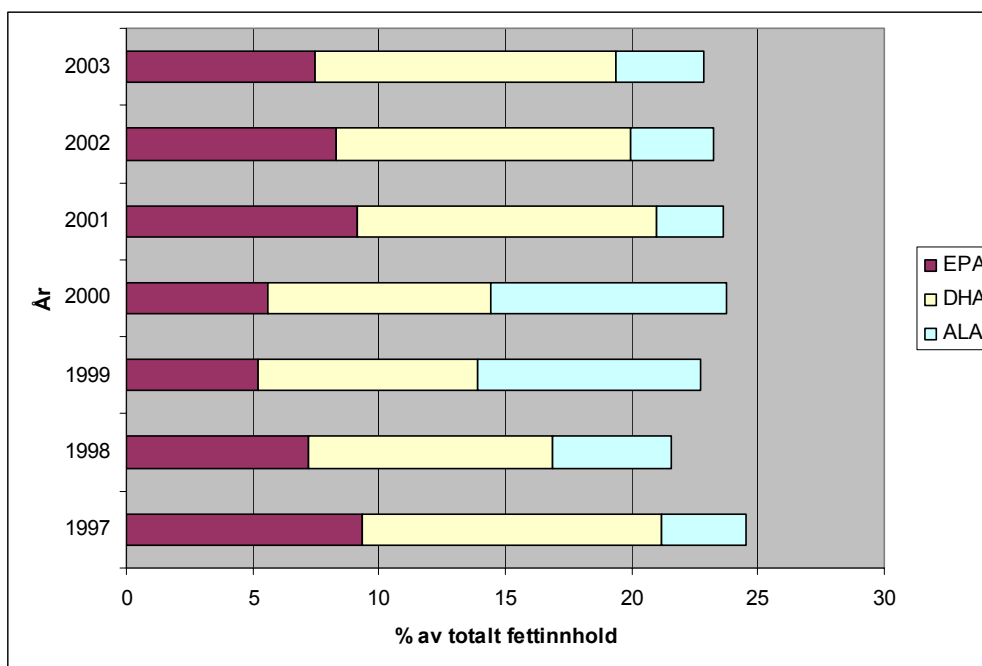
	Enhet	Art	Gjennomsnitt	Konsentrasjonsområde
Totalfett	g/100g	40	13,4	4.1 - 10.4
Enumettet fett	mg/g	40	61,0	23,0 – 85,0
Flereumettet fett	mg/g	40	54,1	16,5 – 88,6
Mettet fett	mg/g	40	30,1	8,5 - 47,9
Kolesterol	mg/kg	40	410	210 - 640
Sum n3	mg/g	40	40,9	13,5 – 71,2
Sum n6	mg/g	40	12,4	2,8 - 23,0
20:5n-3 (EPA)	mg/g	40	11,0	3,0 - 21,1
22:5n-3 (DPA)	mg/g	40	4,8	1,6 - 8,3
22:6n-3 (DHA)	mg/g	40	17,0	6,6 - 28,1

Forsøk har vist at en kan redusere innholdet av EPA-DHA i fôret betydelig og fortsatt få samme innholdet i fisken fordi at en bruker andre fettkilder (vegetabilsk fett) til forbrenning, men går en for langt vil en endre fettsyreprofilen.

Når det gjelder biprodukter fra sløyning og filetering av laks og ørret ligger fettinnholdet betydelig høyere. For lakseslo er det rapportert om fettinnhold på 20-30%, mens det kan ligge på 20-25% for rygger/hoder. Flere av de som produserer lakseolje fra biprodukter angir et oljeutbytte på 25%.

I fersk norsk lakseolje fra biprodukter ble det målt følgende fordeling: 17,3% mettet, 45,1% enumettet og 32,7% flerumettet i prosent av total fettfraksjon (RUBIN rapp.139), mens andre målinger viser et høyere innhold av mettet og et lavere innhold av enumettet (Tab. 5.2). Dette er selvfølgelig avhengig av hva fisken ble fôret med. Av de flerumettede fettsyrene utgjorde omega 3: 11,5% og omega 6: 21,2% av totaltallet, et forhold mellom omega 6 omega 3 på 2, i fersk norsk lakseolje. Innholdet av EPA og DHA i olje basert på ferske biprodukter av oppdrettslaks er målt til hhv. 6 og 9 % (RUBIN-rapp. 139). I andre målinger ligger verdiene hhv. 7-13% og 12-19%, men dette er sannsynligvis basert på villaks (Tab. 5.2).

Fram til 2004 har det ikke vært noen nevneverdig endring i fettsyreprofilen i norsk oppdrettslaks (Fig. 5.9.), men det er vist en viss nedgang de siste årene av EPA-DHA, og i dag ligger innholdet i norsk lakseolje på rundt 15 % (sum EPA-DHA) (Remman pers med). Dette vil kunne påvirkes ytterligere i fremtiden dersom mengden EPA-DHA i fôret reduseres ytterligere.



Figur 5.9. Utvikling i fettsyreprofil i lakseolje (basert på tall fra Alnæs 2004))

Lakseolje har også den fordel at den inneholder fettsyren DPA, normalt litt høyere nivåer enn i torskelerolje og fiskeolje. Rapporterte verdier ligger på mellom 2 og 4 % (Tab. 5.2). Laksen syntetiserer derved andre fettsyrer til DPA.

Hos laks sitter også mye av DHA fettsyrene i triglyserider i posisjon 2, men det er stor variasjon og EPA sitter jevnt fordelt i 1,2 og 3.

En har full kontroll på maten til oppdrettsfisken og har derved mulighet for å få en råolje som inneholder lite miljøgifter. Dette forutsetter at fôr som tilføres ikke inneholder miljøgifter, dvs rensing av mel og olje. Full sporbarhet vil også kunne være relativt enkelt å få til da det er sporingssystemer på fisken som skal til menneskeføde. Råvarene vil også kunne være helt ferske, og en slipper derved kvalitetsdegradering (oksidasjon) og dårligere ernæringsmessig kvalitet som følge av dette.

Lakseoljen har også en ernæringsmessig positiv tilleggsegenskap gjennom sitt innhold av antioksidanten astaxanthin. Denne er vesentlig mer effektiv til å fange opp enkle oksygenatomer (frie radikaler) enn for eksempel vitamin E. Astaxantin i laksefôr er imidlertid overveiende syntetisk, som ikke har de samme gode egenskaper som naturlig Astaxantin.

Selv om klinisk dokumentasjon av helseeffekter begynner å komme er den vitenskapelige dokumentasjon vesentlig mindre enn for fiskeolje og torskelerolje. (Se imidlertid RUBIN-rapport 139 med helsedokumentasjon av lakseolje til hund og smågris).

5.2.5. Sel og hval

Ernæringsmessig er olje basert på selspekk bra i forhold til EPA - DHA, hvor innholdet totalt ligger mellom 10 og 20 % av fett. Fettinnholdet er også svært høyt slik at per kg råstoff ligger EPA-DHA innholdet høyt. Selolje har også en annen fordel ved at den har et noe

høyere innhold av fettsyren DPA, som kan gi helsemessige tilleggseffekter ut over det en oppnår med EPA-DHA, enn hva tilfelle er for torskeleverolje og fiskolje. I ferdig olje utgjør summen av EPA, DHA og DPA rundt 20- 25 %.

Selolje skiller seg fra fiskeoljer ved at fettsyrene (EPA, DHA og DPA) er lokalisert i posisjon 1 og 3, i triglyseridmolekylet som hos mennesker, mens det hos fiskeolje er mer fordelt på alle 3 posisjoner i triglyseridet. Dette hevdes å være årsaken til den høye biotilgjengelighet og den raske adsorpsjon (Ackman & Raynayaka 1989), men her mangler mer vitenskaplig dokumentasjon og komparative studier. Når inntaket av selolje overstiger 1,25% av totalt fôrinntak viser forsøk på høner at en kan komme opp til et terskelnivå på mengden langkjedet omega 3, og at resten lagres som frie fettsyrer som ikke er godt for helsen.

Selolje inneholder bare små mengder omega 6 og er derfor gunstig for å redusere den ernæringsmessige ubalanse omega 6: omega 3.

Grunnet sammensetningen hevdes rå selolje og være mer motstandsdyktig mot naturlig oksidasjon enn fiskeoljer. Kanskje skyldes dette at EPA-DHA sitter i sn1 og sn 3, ikke sn2. Selolje kan også inneholde E-vitamin og squalene, samtidig som innholdet av kolesterol også er lavt (<0.05%). Selv om det ikke er den samme mengde kliniske studier/dokumentasjon, begynner det og komme dokumentasjon på helsefordeler på selolje, ref. Bjørkkjær et al. 2006.

Når det gjelder hvalolje er innholdet av EPA-DHA vesentlig mindre enn i sel, rundt halvparten.

5.2.6. Krill

Fettinnholdet i krill som brukes som utgangspunkt for oljeproduksjon varierer i forhold til art. For antarktisk krill er det realtvis bra, 3-9 % på våt vekt avhengig av årstid, høyest på hunner på forsommeren (med 80 % vann tilsvarer dette 15%-45 % på tørrvektbasis). Av det flerumettede fett utgjør omega 6 fettsyrene 3,3 – 4 % av totalt fett.

Innholdet av EPA-DHA varierer også i forhold til krillart. I antarktisk krill er det betydelig variasjon i målte mengder. En studie viser at totalt EPA-DHA utgjør 19-20 % av den totale fettfraksjonen (Yamada 1964), mens en annen sier 15-21% EPA og 9-14 % DHA (Phleger et al. 2002). En studie på stillehavskrillen viser noe høyere verdier (ca. 23 % EPA og 14 % DHA Yamada 1964). Krill har også et visst innhold av DPA.

Som for fisk viser også innholdet av fett og de ulike fettsyrer store årstidsvariasjoner og det er også registrert forskjeller mellom år (Nicol et al 2004).

Omega 3 foreligger som fosfolipider og triglyserider, noe som kan gjøre at det er lettere biotilgjengelig for opptak i kroppen siden det er begge former og at fosfolipider kanskje tas enklere opp. Anslagsvis foreligger 50 % som triglyserid og 50 % som fosfolipid, men grunnet høyere EPA-DHA i fosfolipidene kommer mer av EPA-DHA fra denne fraksjonen, anslagsvis 90 % og 10 %. Sammensetningen av krill, og følgelig oljen, vil variere noe i forhold til algene den spiser.

Tidligere var det et problem at kvaliteten var dårlig fordi den enzymatiske nedbrytingen skjer raskt. Med optimal høsteteknologi og prosessering umiddelbart etter opptak om bord i båt, vil

imidlertid dette elimineres. Det begynner å komme teknologi som muliggjør dette i dag, selv om en fortsatt sliter med varierende kvalitet.

Krilleoljen inneholder flere andre stoffer som er med på å gjøre den gunstig ernærings- og helsemessig (Tab. 5.4). I likhet med laks inneholder den astaxantin, men i krill er den 100% naturlig. Videre hevdes den å inneholde flavonoider som også har tilsvarende effekt som astaxantin. Derfor har den svært høy evne til å absorbere frie oksygen radikaler (høy ORAC kapasitet). Krilloljen er derfor svært motstandsdyktig mot oksidasjon (Nicol & Endo 1997).

Videre inneholder krill fosfolipidet phosphatidyl choline, som er en god kilde til choline som virker positivt på hjernefunksjonen.

Krill inneholder også negative stoffer, særlig fluor (Sands et al. 1998), men det kan også være kopper og kadmium. Til bruk i oppdrettsfôr til laks, ser det ikke ut til å være problem med for mye fluor. Til human bruk blir dette fjernet.

Det begynner å komme noe dokumentasjon på helsemessige fordeler med krill olje (Sampalis et al. 2003, Bunnea et al. 2005), men det er langt fra det omfang av dokumentasjon som finnes for de andre kildene.

Tabell 5.4. Biokjemisk sammensetning av antarktisk krill (*Euphausia superba*, Nicol & Endo 1997).

Stoff	Konsentrasjon	Bruk	Referanse
Protein (% tørr vekt)	37,5	Ernæring	Nicol et al. 1992b
Fett (% tørr vekt)	22,46	Ernæring	Nicol et al. 1992b
Chitin (% tørr vekt)	2,04	Farmasøytisk/industri	Nicol et al. 1992b
Protolytiske enzymer	Spor	Medisinsk/farmasøytisk	Karstam et al. 1991
Karetenoider (µg/g)	31	Pigment	Kolakowska 1988
Vitamin A	Spor	Ernæring	Suzuki & Shibata 1990

6. Bærekraftighet og miljøstatus på ulike marine omega 3 kilder

6.1. Bærekraftighet - fiskekvoter

Fiske etter all fisk som er aktuell å bruke til oljeproduksjon enten det er som industrifisk eller som biprodukter/avskjær, er på enn eller annen måte regulert slik at en skal kunne sikre et bærekraftig uttak. Dette kan enten være i form av kvoter eller tider hvor fiske er åpent og et visst antall båter har tillatelse til å fiske. Det vil imidlertid alltid være en diskusjon om hvorvidt kvotene er riktige og om en har tilstrekkelig kontroll eller om det drives ukontrollert overfiske. Alt fiske skal derfor per definisjon være bærekraftig. Satellitt-overvåking har blant annet blitt tatt i bruk for å kontrollere at en ikke fisker på tider hvor fisket skal være lukket og at båter, som ikke har tillatelse, fisker i tillatte sektorer for fiske (IFFO).

Kravene til sporbarhet vil bli strengere, men mye av fisken som går til mel og olje rapporteres dårlig. Over 80 % av fisk som brukes til olje og melproduksjon rapporteres ikke på artsnivå (Tacon et al. 2006). Dette gjelder særlig fiske utenfor Sør Amerika, og her er det potensialer for vesentlig forbedring. Det som skjer er at båtene fører loggbøker over fangsten, men når de leverer blir fisken blandet i siloene. Ved å ta utgangspunkt i loggbøker og holde adskilte soner i siloene, vil en kunne bedre dette vesentlig.

Fordelene med fiskearter som ansjos og sardiner er at de har en rask reproduksjonsrate. Når det gjelder torskelever ser vi at torskebestanden er utsatt for et hardt press og har vist en nedgang over hele verden gjennom mange år.

6.2. Bærekraftighet - Industrifisk eller direkte humant konsum

Når det gjelder industrifiske er det en etisk diskusjon om hvorvidt fisken heller burde vært brukt direkte til humant konsum (f.eks. Strøm 2002). Dette gjelder arter som makrell (jack og horse), lysing, hvitting, og de artene som er viktige for olje og melproduksjon; ansjos, sardiner og lodde.

I Sør Amerika har det vært arbeidet for å få en større del fangsten av ansjos og sardiner direkte i kostholdet og ikke til mel og olje. Nå er riktignok artene små og benrike og er ikke optimale i forhold til konsumfisk. Per i dag oppnår fiskerne en bedre pris for leveranser av fangsten til mel og oljeproduksjon framfor til humant konsum. Industrifisk utenfor Sør Amerika har også mye til felles med sildefisk i Norge. Det fangstes store kvantum på begrenset tid så en er avhengig av effektivt å få tatt hånd om og utnyttet råstoffet når en kommer til land. God logistikk er viktig. Her har selvfølgelig produksjon av olje og mel en fordel fordi en raskt og effektivt kan ta unna store kvantum.

Det vil nok på sikt bli mer oppmerksomhet knyttet til dette punktet, særlig i forhold til at prognoser tilsier mangel på sjømat i fremtiden. FAO oppfordrer også til å bruke fisken direkte til humant konsum og promotere dette der det er mulig. Sett i forhold til energibruk trengs mye energi for produksjon av mel og olje, og dette er et punkt som også tilsier at en bør bruke mer direkte hvis mulig.

Å benytte innvoller og avskjær er mer positivt i en bærekraftighets-sammenheng. Dette er råstoff som ikke er så enkelt og naturlig å bruke til direkte humant konsum, men selvfølgelig vil diskusjonen kunne komme her også.

6.3. Er produksjon av oppdrettsfisk bærekraftig?

De er en mye diskusjon om oppdrettsproduksjon er bærekraftig. I et oljeperspektiv er dette en høyst reelt diskusjon. Både fiskespisende og algespisende arter er avhengig av å få tilført EPA-DHA gjennom fôret. Fram til i dag har dette vært i form av fiskeolje. Mye av fiskeoljene har imidlertid blitt brukt til energiproduksjon i fisken slik at regnestykket har blitt negativt. Det er mer tilført enn en får ut i sluttproduktet.

Ser vi på oppdrett av laks, har det vært brukt i størrelsesorden 3 – 4 kg fisk for å få 1 kg oppdrettet laksefisk. Også for mange andre oppdrettsarter er det et negativt regnestykke ved at vi bruker mer fisk i fôret enn det vi får ut i mengde oppdrettsfisk (oversikt Tacon et al 2006). Med det arbeidet som gjøres for å finne nye førkilder, og ved at stadig mer vegetabiliske førkilder tas i bruk, er dette tallet på rask vei ned. Noen hevder endog at dagens tall er nede i et forhold på 1:1 (Aleksander et al. 2006).

Ser vi verdens totale oppdrettsnæring under ett er næringen i dag blitt en netto produsent av fiskeråstoff. Konsumet av fisk til fôr lå i 2003 på i størrelsesorden 20 – 25 millioner tonn fisk (15-18,7 mill. tonn industrifisk og 5-6 mill. tonn avskjær av ikke matkvalitet fisk eller som skrapfisk hvor det ikke er betalingsvillighet i konsummarkedet), mens den totale akvakulturproduksjonen lå på 30 millioner tonn (fisk og skalldyr) (Tacon et al. 2006).

6.4. Miljøgifter

6.4.1. Generelt

I dag begynner folk å bli mer og mer opplyst i forhold til forurensing av fisk og sjømat. Flere organiske og uorganiske forbindelser finner veien inn i fisk og sjømat. Miljøgifter er en fellesbetegnelse på kjemiske forbindelser som enten har en kjent giftvirkning eller som mistenkes og gi giftvirkning på grunn av at de akkumuleres i næringskjeden. Det finnes en rekke forbindelser som defineres som miljøgifter, så som tungmetaller (eks. bly og kvikksølv), metallorganiske forbindelser (eks TBT og metyllkvikksølv), organiske forbindelser (PCB, PAH, dioksiner og bromerte flammehemmere), radioaktive stoffer og hormonlignende stoffer. Noen av miljøgiftene er naturlige, så som bly og kvikksølv, mens PCB, dioksin og bromerte flammehemmere er menneskeskapt. Det oppdages også stadig nye menneskeskapt miljøgifter, og skadeeffektene og konsekvensene oppdages ofte lenge etter at de ble tatt i bruk, f. eks. DDT og bromerte flammehemmere. Et annet eksempel er fluorider, som er lettere en brom og klor og transporteres rundt i systemene. Brannskum og teflonbelagte tekstiler er eksempler på produkter som kan inneholde fluorider.

Skadevirkningene av miljøgifter avhenger av type, men generelt kan effekter være at de er kreftfremkallende og påvirker reproduksjonsevnen, fosterutviklingen eller immunforsvar.

Det marine miljøet er utsatt for kontaminering med miljøgifter, men foreløpig ikke i samme grad som en har sett i enkelte ferskvann hvor fisken har nivåer av miljøgifter som gjør at den ikke bør spises, jamfør stor fisk i Mjøsa. Graden av kontaminering varierer også i forhold til hvor i verden en er. Rent generelt er det mer miljøgifter i havmiljøet utenfor Norge/Europa i forhold til havet utenfor Sør-Amerika, havet utenfor New Zealand og rundt Antarktis. I dag inneholder mange marine fiskearter målbare mengder kvikksølv, PCB, dioksiner, bromerte flammehemmere og andre miljøgifter. Disse miljøgiftene vil også følge med over i olje og mel (dersom en ikke renser spesielt, se senere kapittel). Oppdrettsfisk som har blitt fôret på

fiskemel eller fiskeolje kan følgelig også inneholde disse stoffene (avhengig av type råvare og om den har blitt rensset). Jo renere råvarene er i forhold til innholdet av miljøgifter desto billigere (slipper mye rensing) og bedre (naturlig oljekvalitet) vil oljen som produseres bli, og derfor vil miljøgifttilstanden på råvarene ha stor betydning for prisen på det endelige produktet.

Graden av kontaminering er selvfølgelig minst i organismer langt ned i næringskjeden, så som dyreplankton og små pelagiske arter. Mange av fiskeartene som brukes til oljeproduksjon er representert her, likeså krill. Oppover i næringskjeden blir miljøgifter oppkonsentrert og den vil følgelig være høyere i større og eldre karnivore (predator) fiskearter og sjøpattedyr, som for eksempel sel.

Omega 3 fra plantesektoren vil ha en fordel framfor marin olje fordi en har en bedre kontroll på produksjonsprosessen og en kan derved kontrollere mengde miljøgifter i produktene på en helt annen måte.

Regelverket for innhold av miljøgifter i olje som skal til humant konsum blir generelt strengere og strengere og stadig nye miljøgifter tilføres på listen, jamfør EU.

I det videre er det gitt en oversikt over forekomster og effekter av de mest sentrale miljøgifter i villfisk, samt at det er sett litt på miljøgiftstatus i oppdrettsfisk og i ferdig produsert olje. Noen miljøgifter vil være bundet til proteinfraksjonen mens andre er bundt til fettfraksjonen og det er disse som særlig er uheldig i forhold til oljen. Mengden miljøgifter i fettfraksjonen vil variere mye gjennom året. Dette fordi mengden miljøgifter er tilnærmet konstant over året, mens fettinnholdet varierer. Følgelig vil konsentrasjonen av miljøgifter i olje produsert i perioder hvor fisken er mager være høyest i perioder hvor fisken har det laveste fettinnholdet.

6.4.2. Utvalgte miljøgifter og forekomster i villfisk

Kvikksølv

Kvikksølv nivået i fisk har blitt detekterbart de fleste steder i verden, men for de fleste mennesker er ikke nivået slik at det er helseskadelig å spise fisken, selv om det i utsatte områder kan "overskygge" noe av den positive effekten av omega 3. Kvikksølv akkumuleres i fisken når den spiser mindre akvatiske organismer som alger og planktonetere. Det samme gjelder større fisk som spiser mindre fisk. Mengden kvikksølv varierer derfor i forhold til art (Tab. 6.1). Giftigheten av kvikksølv avhenger av form. Når kvikksølv kommer ut i vannet, enten gjennom nedbør eller utslipp vil bakterier i vannet kunne omforme det til metyl kvikksølv, en organisk forbindelse som er skadelig. Maksimalt totalt ukentlig inntak (TWI) av metallkvikksølv er satt til 1,6 mikrogram/kg kroppsvekt og uke (WHO 2003). Kvikksølv angriper nyrer og nervesystemet.

Kvikksølv sitter i muskel og skinn, bundet til protein, og er ikke fettløslig. Fjerning av skinn regulerer derved nivået ned. I og med at kvikksølv ikke er fettløslig vil ikke fet fisk være spesielt utsatt, noe som ofte er tilfelle med andre miljøgifter.

Maksimumsgrenser for kvikksølv i fiskeprodukter er i EU satt til 0,5 mg/kg for de fleste arter, unntatt noen arter som tunfisk, sverdfisk, hai, etc., hvor grensen er satt på 1 mg/kg (Commission regulation num. 466/2001). FDA har satt kvikksølvnivå til under 1 mg/kg som akseptabelt, men advarer mot at nivået i arter som hai og makrell kan være høyt.

Ser vi på torsk i vårt nærrområde viser tall fra Færøyene et kvikksølvinnhold i torskefilet på rundt 0,03 mg/kg, mindre enn en tiendedel av grenseverdien. Det har vært registrert en svak nedgang i verdiene (Fishin 2001).

Tabell 6.1. Registrert kvikksølvnivå i aktuell fisk for oljeproduksjon.

Art	mg/kg kvikksølv
Tunfisk (Albacore)	0.35
Tunfisk (Chunk light tunfisk)	0.12
Sverdfisk	0.97
“Sei” (Pollock)	0.06
Makrell (King)	0.73
Hai	0.96
Torsk	0.11
Ansjos	0.043 (USA Environmental Protection Agency)
Laks	0.01

Source: Northeast States for Coordinated Air Use Management; Food and Drug Administration.

Organiske klorforbindelser (dioksiner og PCB)

Dioksiner, PCB (polyklorerte bifenyler)(ikke dioksinlignende PCB) og dioksinlignende PCB er miljøgifter som mennesker akkumulerer gjennom å spise mat som inneholder fett som melk, kjøtt, fisk og egg. Det er registrert over 200 ulike dioksinforbindelser og tilsvarende mengder PCB forbindelser (COT 2002). Blant dioksin-forbindelsene er det 17 som er registrert å inneha bekymringsfulle toksikologiske egenskaper og også blant PCB forbindelsene er det flere som har toksikologiske egenskaper. Siden disse miljøgiftene bindes til fettfraksjonen vil det si at de fete fiskeartene som er aktuelle for oljeproduksjon vil være spesielt utsatt. Torsk, som er en mager art, vil følgelig hovedsakelig akkumulere dioksiner og PCB i leveren og ikke i fiskekjøttet. Grunnet en streng miljøkontroll som kom i funksjon i 1992 har mengden dioksiner vi blir eksponert for falt med nærmere 70 % de siste 10 årene og fortsetter å falle. Dioksiner og PCB i større kvanta kan skade lever, nervesystemet, immun systemet, reproduksjonsevnen og gi økt kreftisiko (Aleksander et al 2006).

Dioksiner og PCB lignende dioksiner opptrer vanligvis samlet som en ”miks” av beslektede forbindelser. For å angi giftigheten av den ”miksen” av dioksin, PCB og dioksinlignende PCB brukes begrepet toksisk ekvivalensfaktor (WHO- TEQ (utarbeidet av WHO)). Her har en tatt utgangspunkt i den giftigste av dioksinene og gitt de andre dioksinene og dioksinlignende PCB-ene relative faktorer i forhold til dette. Dersom et mindre giftig dioksin har fått faktor 0,5 betyr det at må til 2 ganger så mye for å gi samme skade som den giftigste av dioksinene. I WHO- TEQ inngår summen av toksisitet til samtlige forbindelser som inngår. En tar altså summen av alle enkelte forbindelsen multiplisert med deres giftighetsfaktor. Grenseverdien for trygt konsum ble i 1998 redusert fra 10 til mellom 4 picogram WHO-TEQ /kg kroppsvekt per dag, mens det per uke er satt til 14 picogram/kg kroppsvekt (picogram = 10^{-12} g =pg) (WHO).

Innholdet av dioksiner er generelt høyere i fiskeprodukter enn i vegetabiliske og animalske produkter (Tab. 6.2). Dessuten er havområdene utenfor Europa generelt mer eksponert enn Stillehavet hvor hovedmengden av fisk som blir brukt til fiskeoljeproduksjon kommer fra.

Tall viser dioksinverdier i fiskeolje fra Sør Amerika på 2,6 - 13 ng/g, hvor ansjos er en viktig art. Fra Europa er det funnet dioksin og PCB verdier på 20-100 ng/g (Tab. 6.3). Det er viktig å være klar over at siden innholdet av miljøgiftene er stabilt, mens fettinnholdet i fisken varierer gjennom året, vil konsentrasjons-nivået for miljøgiftene variere. Lavt fettinnhold gir høy andel av miljøgifter.

Den viktigste kilden for inntak av dioksiner og PCB i Norge er marint fett fra fisk. Innholdet av dioksiner og PCB i marint fett viser en nedadgående trend.

Ser vi mer arts-spesifikt viser tall fra EU at for oppdrettslaks (Tab. 6.4) og villfanget torsk ligger nivåene av både dioxin og PCB langt under EUs grenseverdier. Som ventet er innholdet høyest i de fettrike artene som laks, sild og makrell som også er viktige arter for oljeproduksjon.

Tabell 6.2. Dioksin nivå i utvalgte matprodukter. Data beskrevet som ng (nanogram = 10^{-9}) WHO-TEQ per kg tørrstoff. Data from the Report of the Scientific Committee on Animal Nutrition (SCAN) of the EC, November 2000.

Produkt	Gjennomsnitt	Variasjon
Korn og frø	0.1	0.01-0.4
Vegetabils olje	0.2	0.1-1.5
Kjøtt og ben mel	0.2	0.1-1.5
Fett fra dyr	1.0	0.5-3.3
Fiskemel fra stillehavet	0.14	0.02-0.25
Fiskeolje fra stillehavet	0.61	0.16-2.6
Fiskemel fra europa	1.2	0.04-5.6
Fiskeolje fra europa	4.8	0.7-20

Tabell 6.3 Anslag på mengden miljøgifter i urensede oljer fra henholdsvis Nordsjøen og Sør-Amerika (Standal 2004)

	Nordsjøen	Sør – Amerika
Dioksiner	2-12 pgTE/g	0,5-2 pgTE/g
Dioksinligende PCB	3-17 pgTE/g	0,5-15 pgTE/g
PCBer	50-300 ng/g	10-35 ng/g
Toksafen	60-120 ng/g	10-60 ng/g
Dieldrin	20-70 ng/g	3-25 ng/g
DDT	50-120 ng/g	10-20 ng/g

Tabell 6.4. Eksempel fra rapporterte verdier fra EU's overvåkingsprogram på innholdet av dioksin og dioksin-lignende PCB i vill og oppdrettsfisk (målt i ng WHO-TEQ/kg fersk vekt). (Kilde: Dioxin and Dioxin-like PCBs in foods- EU Monitoring 2003).

Fiskeart	Dioksin ng/kg	Dioksinlignende PCB ng/kg
<i>Vill</i>		
- Sardiner	1.1	4.9
- Sild	1.5	2.2
- Makrell	0.4	1.5
- Tunfisk		1.37
- Torsk	0.03	0.07
- Torskelever		29.7
- Laks	0.5	1.1
- Øyepål	0.6	0.9
- Tobis	0.4	0.9
<i>Oppdrett</i>		
- Regnbueørret	0.3	0.7
- Laks	0.7	1.9
- Ål	0,7	1,7

Bromerte flammehemmere (BFR)

Dette er en relativt ny gruppe miljøgift som også er bundet til fett. Bromerte flammehemmere er brukt som tilsats i ulike materialer for å hindre/reducere brann, eksempelvis bygningmaterialer, tekstiler og elektriske artikler. De løses lett ut og akkumuleres i næringskjeden. BFR er funnet både i havet og i fisk. En mer detaljert beskrivelse av de ulike forbindelser av bromerte flammehemere, og hvordan akkumulering foregår, vil ikke bli gjort her (Aleksander et al. 2006).

I en engelsk undersøkelse har en sett på 48 fiskearter (oppdrett og vill) i tillegg til 10 fiskeoljekosttilskudd i forhold til innholdet av ulike bromerte flammehemmere. Noen flammehemmere ble funnet i alle med de høyest konsentrasjon i i fiskeartene ål og brisling. Andre forbindelser ble kun funnet i noen eller ikke funnet i det hele tatt. Nivået lå imidlertid under det som er skadelig og resultatene av undersøkelsen gav ikke grunnlag for å ikke anbefale og spise fisk eller å ta kosttilskudd .

Miljøgifter i norsk farvann

Norske farvann overvåkes hyppig i forhold til innhold av miljøgifter, både i fisken, i vann og i sedimenter, og resultatene viser tilstedeværelse av miljøgifter (Tab. 6.5). Det er funnet PCB, DDT og HCH (pestecid) i all fisk analysert, men med lave konsentrasjoner. Sammenlignet med tilsvarende tall for 10 år siden er det registret en liten nedgang. Analyser av muskel på torsk og hyse i forhold til PAH viste svært lavt innhold, under deteksjonsgrensen. I Barentshavet er det påvist veldig lave mengder radioaktive nuklider (eks. Cesium 137C), som er rikelig tilstede ved de fleste utslipp av radioaktivitet. Mengden av THC (totalt hydrokarbon, indikator på oljeforurensning) i vannprøver var også ekstremt lav. Den nitide overvåkingen av norsk fisk (NIFES database for fremmedstoffer) og norsk havmiljø er et fortrinn for norsk

råstoff, som viser at selv om vi ikke kan dokumenter bedre verdier har vi i alle fall gode systemer som fanger opp eventuelle avvik.

Tabell 6.5. Innhold av utvalgte miljøgifter i utvalgt Norsk fanget/oppdrettet fisk (Kilde NIFES – Sjømatdatabase, fremmedstoffer)

Fiskeart	Dioksiner (PCDD/F) (ng WHO-TEQ/kg)	PCB (ICES PCB₇) (µg/kg)	Bromerte flammehemmere (Sum PBDE) (µg/kg)
Sild (Nordsjø)	0.66 (0.42-0.83)	6.6 (3.7-13)	1.7 (0.9-4.6)
Sild (Norsk vårgytende)	0.87 (0.64-1.04)	6.6 (3.8-9.8)	2.4 (0.4-5.9)
Makrell	0.17 (0.1-0.3)	4.4 (1.6-8.7)	1.4 (0.6-3.5)
Torsk (vill)		0.2	<0.1
Torskelever	2.1 (1.8-2.4)	60 (47-88)	7.3 (5.2-9.5)
Laks (vill)			0.8 (0.5-1.1)
Laks (oppdrett)	0.35 (0.14-0.62)	11 (6-16)	1.9 (0.6-3.9)
Regnbueørret (oppdrett)	0.46 (0.39-0.56)	13 (10-14)	2.8 (2.3-3.1)
Øyepål	0.26		1.1
Topis	0.35 (0.14-0.62)	2.4 (2-3)	1.2 (1-1.5)

6.4.3. Miljøgifter i oppdrettsfisk

Det har vært en stor diskusjon om graden av kontaminering av oppdrettsfisk. Utgangspunktet for kontaminering er det som tilføres gjennom føret siden fisken har så kort opphold i vannet at vannets kontaminering har mindre å si, iallefall for laksefisk. Graden av kontaminering av føret avhenger av kilde og hvilke renseprosesser råvarene i føret har vært gjennom. Det er særlig fett delen som er utsatt og ved mye bruk av fiskeolje får en overført miljøgifter i forhold til de råvarene som er brukt i oljeproduksjon (Tab. 6.6, 6.7).

Mange undersøkelser er gjennomført for å undersøke innholdet av miljøgifter i oppdrettslaks. En undersøkelse fra Belgia (Jacobs et al. 2002) viste relativt høye verdier av PCB og moderate konsentrasjoner av klororganiske pesticider og bromerte flammehemmere i oppdrettsfisk fra Europa. Dioksinverdien lå her høyere enn anbefalte grenseverdier fra EU. I en studie presentert i tidsskriftet Science (Hites et al. 2004) ble det undersøkt villaks og oppdrettslaks, og en fant høyere konsentrasjoner i oppdrettsfisk enn villfisk av 14 miljøgifter. De fant også at europeisk laks (England og Færøyene) hadde høyere verdier enn laks fra Nord og Sør Amerika. Senere artikler fra samme forskergruppen (Hamilton et al. (2005), Foran et al. (2005)) konkluderer med at laks er en viktig kilde til helsefremmende omega 3, men at den også inneholder miljøgifter som senker det positive med omega 3 fettsyrene. Artiklene er for øvrig omdiskutert og særlig modellene som ble brukt for å beskrive helsefremmende. Et arbeid fra England (Report to the royal commission on environmental pollution 2003) på måling av dioxininnhold viste verdier på 20 % av de som var referert i Science artikkelen, og innenfor anbefalte verdier gitt av EU, WHO and FDA. Fra Norge, hvor det gjennomføres hyppige målinger (NIFES), er konklusjonen at de målte verdier for oppdrettslaks er vel innenfor anbefalte grenser.

Tabell 6.6. Nivåer av dioksiner, dioksinliknede PCB (pg TE/g våt vekt) og PBDE (pg/g) i laksefôr og laksefilet etter fôring med referert fôr med ulike typer olje (etter Aleksander et al. 2006 (kilder Lundebye et al. 2004, Isosaari et al 2004, Berntssen et al. 2005)

	Stillehavs- fiskeolje	Østersjø- fiskeolje	100% vegetabilsk olje
<i>Fôr</i>			
- Dioksiner	0,7	4,9	0,3
- Dioksinligende PCB	2,8	5,4	0,1
- PBDE (BRF)	190	16000	320
<i>Filet</i>			
- Dioksiner	0,5	1,9	0,1
- Dioksinligende PCB	1,8	3,2	0,2
- PBDE (BRF)	3020	4620	460

Tabell 6.7. Innhold av bromerte flammehemmere (6 PBDE-kongenere) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ prøve) i fiskefôr målt i 2003 og 2004, samt fiskeolje tatt i 2004 (Måge et al. 2005)

	Fôr 2003	Fôr 2004	Fiskeolje
Snitt	3	2,7	5,1
Maks-min	0,55-9	0,64-7,9	1,1-8,5

6.4.4. Miljøgifter i oljen

Fra råstoffet vil tungmetallene overføres til oljen. Konsentrasjonen i oljer avhenger av om det kun er råolje eller om det er raffinert olje (se avsnitt produksjon av olje). Flere undersøkelser har dokumentert for høyt innhold av tungmetaller i enkelte fiskeoljebaserte kosttilskudd og kosttilskudd er trukket tilbake fra markedet på grunn av dette. I en engelsk undersøkelse gjennomført av FSA i 2002 for 33 kosttilskudd basert på torskeleverolje, lå 2 over anbefalte grenseverdier. Tilsvarende fra USA viste samme høye innhold i enkelte fiskeoljekosttilskudd av PCB, arsenikk og andre toksiner som i villfisk. En annen engelsk studie fra 2004 viste også høye konsentrasjoner av miljøgifter i kosttilskudd (Jacobs et al 2004, Storelli et al 2004). I 2006 ble tusener av pakker med kosttilskudd basert på torskelever trukket tilbake fra det engelske markedet grunnet for høye konsentrasjoner av dioksiner (Times mars 2006).

Grunnet konsumentenes bekymringer er det blitt fokusert internasjonalt på strengere standarder og kvalitetssikring, blant annet gjennom IFOS programmet (International fish oil standards). En har i dag mulighet til å få så og si helt rene oljer. Nyere studier viser at oljen kan være ren selv om utgangspunktet er kontaminert på grunn av effektive renseprosesser i forhold til miljøgifter. Resultatet er at det kan være bedre å spise olje enn fisken den er produsert på. Men her må en være oppmerksom på at renseprosesser kan redusere ernærings og helsemessige egenskaper (se også kapitel bak)

Grenseverdier for mengden miljøgifter som er tillatt i fiskeolje blir stadig strengere. I 2003 satte EU maksimums-grenseverdien for dioksin og dioksinlignede PCB for fiskeolje til bruk til humant konsum på 2,0 pg WHO-TEQ/g fett. Grenseverdien ble i 2006 endret slik at den også tok hensyn til dioksinlignede PCB, og det ble satt en maksimal grenseverdi for summen

av dioksin og dioksinlignende PCB på 10 WHO-TEQ/g fett, i tillegg til den gamle som kun omhandlet dioksin med maksimalt 2 WHO-TEQ/g fett. Det arbeides med å senke disse verdiene ytterligere i forhold til hva som er tilgjengelig av teknologi.

Selv om tran og fiskeolje er rensset vil den fortsatt inneholde miljøgifter. Analyser gjennomført i Norge viser et innhold i 2004 og 2005 på 1-2,9 pg TE/gram av dioksin og dioksinlignende PCB i tran og i fiskeoljekapsler ble det målt et innhold på 0,74 pg TE/g olje. Særlig for små barn kan inntaket av miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB gjennom anbefalt dose tran bli betydelig og utgjøre inntil 50 % av tolerabelt ukentlig inntak (TWI) (Aleksander et al. 2006) og samlet inntak hos barn som både tar tran og spiser fet fisk kan gi overskridelser av TWI. Dette viser nødvendigheten av optimal rensing av olje.

7. Produksjon, raffinering og oppkonsentrering av fiskeolje

7.1. Generelt

Når en skal produsere olje er en avhengig av å få skilt ut fettfraksjonen fra produktet. Til dette er det aktuelt å benytte flere metoder og teknologier, avhengig av blant annet råstoffet. Generelt tas fett ut av fiskekjøttet (råoljeproduksjon), så fjernes uønsket fett (mettet fettfraksjon) og andre uønskede stoffer (som miljøgifter). Jo mer en fjerner av ikke ønskede stoffer og ikke ønskede fettfraksjoner, jo renere blir oljen og jo høyere blir innholdet av de riktige fettsyrene. Dette kalles raffinering av oljen. Videre kan olje fullrenses i egne rensetrinn og oppkonsentreres. Ved fullrensing kan det aller meste av de organiske miljøgiftene fjernes. Oppkonsentrering fjerner flere andeler av fettsyrefraksjoner som er uønsket, og en får en oppkonsentrering av EPA-DHA.

Umettede fettsyrer er svært reaktive og ustabile og de vil lett oksidere. Ved oksidasjon av oljen dannes uønskede og toksiske forbindelser og oljen får en dårlig lukt og dårlig smak (harskning). Dette skjer fordi dobbeltbindingen brytes og derved dannes pro oksydanter og lite heldige helsemessige biprodukter som aldehyder, trimetylaminer og ketoner.

Oksidasjon

Vi kan skille mellom hydrolytisk og oksidativ harskning. Ved hydrolytisk harskning er det enzymer som er årsaken til nedbrytning. Enzymene sitter i liten grad i kjøttet, men desto mer i innvoller og bakterier. Eksempelvis inneholder innvollsenzymene lipase som effektivt spalter triglyserider i frie fettsyrer og glyserol. Blod må også fjernes raskt fordi det inneholder pro-oksider som øker oksidasjon/harskningen. Dette skulle tilsi at det var en fordel å raskt fjerne innvoller og sortere dette så en har rene innvollsfraksjoner, for eksempel lever. Forsøk viser imidlertid at dette avhenger av fiskens generelle tilstand og mage/tarminnhold og i flere tilfelle var det bedre å ta fisken usløyd til land enn å fjerne innvoller (Akse et al. 2002). I forhold til lever ble det her gjort sammenligninger med lagring i buken og lagring av sortert lever på is, hvor lagring i buken gav best resultat. Dersom en har mulighet for både lagring på is for å senke temperatur og at en kan hindre oksygentilgangen gjennom lagring i modifisert atmosfære (N₂) vil dette vært aktuelt å undersøke videre i forhold til lever.

Ved oksidativ harskning er det tilgang til oksygen som fører til harskning og vi får det som omtales som en fri radikal reaksjon (Lynum 1997). Et fritt radikal er en forbindelse/molekyl som inneholder et "fritt elektron"/uparret elektron. Dette elektronet er svært ustabil og reagerer lett med andre atomer/ hopper over. Har vi oksygen tilstede vil det frie radikalet reagere med dette og danne et peroksidradikal. Dette reagerer så med fettsyren og vi får dannet et peroksid pluss et nytt fritt radikal. Basert på dette settes det i gang en kjedereaksjon og vi får mer nedbryting. Harskning fører til oppsplitting av fettmolekylene og dette gjør at vi får større overflater som er utsatt for angrep av bakterier.

I fiskekroppen harskner ikke fett fordi det er naturlige antioksidanter som hindrer dette. Når organismen dør brukes disse raskt opp og fett vil oksidere.

Viktige faktorer som påvirker oksidasjon er i tillegg til oksygen/luft og enzymer, metallioner, pH skifte, høy temperatur og noen aroma og smaksstoffer. Oljen må derfor i minst mulig grad utsettes for slike forhold. Videre kan det tilsettes antioksidanter for å hindre harskning av fett.

I forhold til funksjon deles antioksidanter inn i primære og sekundære. Primære antioksidanters funksjon er å fange opp frie radikaler før de reagerer med oksygenet, og på denne måten hindre utvikling av harskningsprosessen. De sekundære antioksidantene har som funksjon å hindre oppstart av oksidasjonprosesser gjennom å binde opp oksygen, metaller eller andre stoffer som er katalysatorer og er viktige for oksidasjon/danner komplekser.

Måling av oksidasjon

Det er flere aktuelle metoder for måling av restprodukter fra oksidasjonsprosessen, og nedenfor er noen av dem beskrevet. Måling av peroksidtallet angir mengden av dannede peroksider den første tiden etter at harskningen har startet. Peroksid tall alene er imidlertid ikke nok fordi reaksjonen kan ha gått lengre slik at det ikke er peroksid igjen, men ketoner og aldehyder. Fersk fiskeolje har vanligvis et peroksidtall på < 5. Harsk smak og lukt merkes ved peroksidtall på mellom 10 og 20.

Anisidintall bestemmer mengden aldehyder som dannes når peroksider brytes ned. Karbonylforbindelser kjennetegnes ved en sterk lukt og setter smak selv i meget små konsentrasjoner. Totox verdien, eller total oksidasjon, er en sum som finnes ved å ta 2 x peroksid verdien pluss anisidin verdien. TBARS (Tiobarbiturreaktive substanser) er også en metode som kan brukes for å si noe om mengden peroksider. Måling av mengden frie fettsyrer (FFA) kan også brukes for å si noe om graden av harskning. Her ser en hvor stor grad det har vært av hydrolyse av triglyseridet slik at en får ut frie fettsyrer.

Andre ting som måles for å se på oljekvalitet er fettsyresammensetningen, smuss i olje og vann i olje. Fettsyrenes grad av umettethet angis ved jod-tall som viser hvor mye jod som går med for å bryte dobbeltbindingene. Høye jod-tall vil derfor si at det er høy grad av umettede fettsyrer. Det er også under utvikling nye metoder så som elektronisk nese og fluorescens spektroskopi. Det har imidlertid vist seg svært vanskelig å finne metoder som er like gode som menneskelige sanser, som våre lukte- og smakssanser. For å vurdere smak er fortsatt sensorik det beste alternativet.

7.2. Råoljeproduksjon

Råoljeproduksjon kan gjøres på tre ulike måter ved oppvarming, ved kaldpressing eller ved enzymatisk hydrolyse. En kan enten drive ren oljeproduksjon, som når en produserer av lever, eller en kan drive det i kombinasjon med fiskemel eller fiskeprotein.

Den tradisjonelle fiskeolje, slik den lages i Sør Amerika og slik sildeoljen og olje fra annen industrifisk lages, skjer i kombinasjon med produksjon av fiskemel (Fig. 7.1). Første steg prosessen går på at industrifisken varmes opp slik at fettcellene i fisken sprenges og oljene frigjøres. Deretter går massen gjennom en mekanisk skilling av flytende og tørre fraksjon ved hjelp av en presse. Den tørre fraksjonen tørkes så ned og er utgangspunkt for mel, mens den våte fraksjonen sendes inn i en dekanter hvor en tar ut ytterligere suspendert stoff grunnet forskjell i egenvekt. Innholdet av partikler i væsken blir da mindre. Partikkelfraksjonen som fjernes kalles grakse. Væskedelen kjøres så inn i en separator hvor oljen skilles fra resten av den flytende fraksjonen, væsken. Den flytende restfraksjonen blir omtalt som limvann. Limvannet kan dampes inn og blandes med presskaken, graksen, og gå inn i melproduksjonen. I forhold til oksidasjon av oljen er det viktig å holde temperaturen tilstrekkelig lav. Det har vært en trend at temperaturen har blitt senket de siste årene for å oppnå en bedre oljekvalitet, mindre oksidert olje.

En annen prosess som er aktuell å bruke, og som brukes på biprodukter, er enzymatisk hydrolyse. Ferske biprodukter kvernes og tilsettes vann (for eksempel i forhold 1:1) før det fylles opp i en hydrolysetank (holdetank). I tanken tilsettes industrielle enzymer og dette mikses sammen. Enzymene spalter råmaterialet i sine enkelte bestanddeler slik at proteiner, olje og benfraksjon kan skilles fra hverandre. Temperaturen i hydrolysetanken reguleres slik at den er optimal i forhold til aktivitetene til enzymene som brukes. Før massen bearbeides videre inaktiveres enzymene som nå har hatt sin misjon og sørget for tre fraksjoner. Den videre industrielle prosessen går så ut på sende råstoffet inn i en 3 fase dekanter hvor en skiller de tre fraksjonene; en oljefraksjon, en væskefraksjon med oppløste proteiner (proteinhydrolysat), og en fraksjon med ikke løselig protein og ben på grunn av forskjell i fraksjonens egenvekt. Væskefasen kan så dampes inn og tilsettes salt og en vil få et lagringsstabil protein-konsentrat.

Dersom en kun tenker råolje-produksjon, for eksempel fra lever, skiller vi mellom to prosesser, varmprosessering og kaldprosessering. Varmprosessering er tilsvarende som ved produksjon av kombinert fiskemel og fiskeolje-produksjon, men en bruker normalt noe kortere tid. Høy temperatur gjør at en mister kvalitetsegenskaper og mange av de naturlige antioksidantene kan deaktiveres. Denne framstillingsprosessen baseres også på den opprinnelige framstillingsmetoden for tran, som var ytterst primitiv (etter Nestvold 2004, Store Norske 2007). Torskeleveren ble satt ut i solen i store kar som ble varmet opp av solvarme, og når leveren ”råtnet”/ble spaltet fløt tranen opp til overflaten. Råtranen som lå helt på toppen hadde en brukbar smak og var gulaktig, resten ble brun og illeluktende.

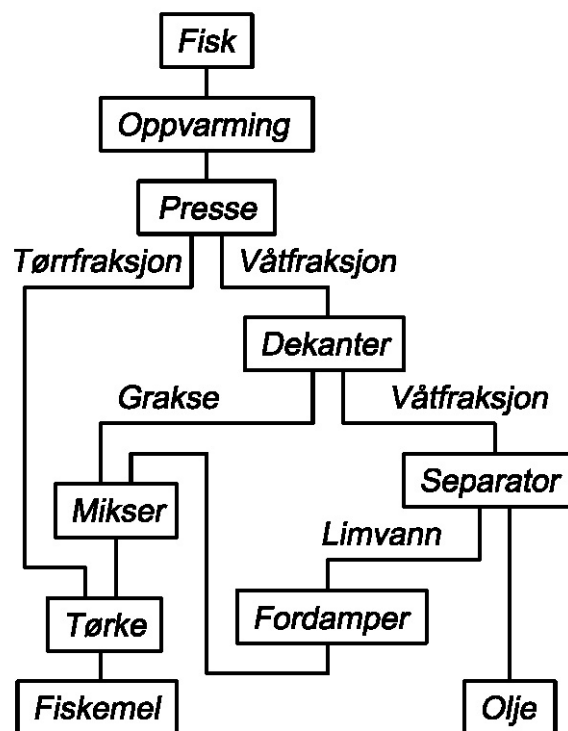
I 1854 kom Peter Møllers revolusjonerende inndampningsmetode. Leveren ble varmet opp direkte med tilførsel av damp i kone tanker til ca. 70 °C i ca. 20 minutter. En fikk da en gyllengul tran med en frisk leversmak. Denne råtranen ble så videreforedlet til medisintan ved at en fjernet stearinene, et hvitt fett som er i suspensjon i råtranen, ved kaldklaring (nedkjøling). Tranen ble da avkjølt til -2 °C og pumpet gjennom store filterpresser ved samme temperatur (se ytterligere beskrivelse under avsnittet raffinering). Den resterende del av tranen ble dampet videre. Den ble da noe mørkere, og til slutt tok man ut levermassen, som ennå inneholdt 15-20 % tran, og kokte den, og fikk da brunblank og brun tran til industrielt bruk. Resten, selve levermassen (graksen) ble brukt til gjødsel eller til avfetting for bruk til dyrefôr. I moderne tranproduksjon sentrifugeres leveren med eller uten varmepåvirkning, og på kort tid kan man utvinne så godt som alt fett i leveren i form av det som omtales som medisintan, eller det som konsumentene kaller for vanlig tran.

Ved kaldprosessering/kaldpressing løser en ut fett i cellene i biproduktmassen, uten at en overstiger denatureringstemperaturen. Kaldprosessering er mer skånsom for de naturlige antioksidanter. Temperaturen ligger normalt i området 40 grader, mens det ved varmprosessering er over 90 grader. Forsøk med lakseolje har vist at kaldpresset olje hadde andre egenskaper en varmprosessert olje (Pettersen 2007). Det ble også registrert noen forskjeller på sammensetning av kaldpresset og varmpresset makrellolje (Pettersen 2007) (Fig. 7.2). Etter at oljene var videre raffinert var imidlertid forskjellene minimale, og en mistet derved noe av egenskapene på grunn av at oljen ble påvirket under raffineringprosessen. På planteolje, som olivenolje, snakker vi om 4 kvaliteter hvor ekstra virgin er den beste. Dette er ikke relevant å snakke om på vanlig fiskeolje. Per i dag har vi ikke teknikker som gjør at vi kan kaldpresse fiskeolje på samme måten som vi gjør det for olivenolje og derved få den beste kvalitet, fordi vi uansett produksjonsmetode for fiskeolje vil få noe temperaturstigning ved produksjon av råolje (crude oil). For det som omtales som ekstra virgin oil presses oliven på samme måte som når en presser saften ut av en appelsin, og en filtrer deretter bort eventuelle

partikler som har følg med. All fiskeolje til human konsum prosesseres dessuten videre for fjerning av lukt, smak, stearin og miljøgifter.

Ferskheter og behandling av råstoffet er av avgjørende betydning for kvaliteten på råoljen, og råstoffet må ikke være oksydert. For videre raffinering er kvaliteten på råoljen av avgjørende betydning og en må ha en olje som har lave oksidasjonstall. Sannsynligvis vil en råolje som har vært oksydert gi dårligere kvalitet på et raffinert produkt selv om den er "renset" ren, men her trengs mer dokumentasjon før en med sikkerhet kan hevde dette.

Etter at oljen er produsert, "flushes" den med nitrogengass og lagres på mørke lufttette tanker, gjerne med nitrogengass over (inert gass), for på denne måten å beskytte oljen mot oksidasjon. Videre kan det tilsettes antioksidanter eller antioksidant-cocktailer for ytterligere å redusere mulighetene for oksidasjon.



Figur 7.1. Kombinert produksjon av fiskemel og fiskeolje

7.3. Raffinering

Råoljen inneholder mange urenheter, så som miljøgifter, smak og luktforbindelser, eventuelle nedbrytingsprodukter fra fettsyreoksidasjon, fargekomponenter og spor av proteiner. Dette gjør at oljen ikke smaker godt samtidig som stoffene bidrar til ytterligere oksidasjon/-harskning av oljen. Olje som skal brukes til kosttilskudd, functional foods eller legemiddel må derfor raffineres. Selv oljen som brukes i kapsler, hvor lukt og smak ikke er så viktig, raffineres.

Ved raffinering fjerner vi de uønskede komponentene i oljen (Fig. 7.2, 7.3). Raffineringsprosessen varierer i forhold til hvilke trinn som legges inn og ulike produsenter legger inn i ulike trinn. Her er det mye teknologi og mange patenter og forholde seg til. En må også være klar over at uønskede stoffer kan bli fjernet ved raffinering, eksempelvis fettløselige vitaminer.

Generelt består en raffineringssprosess av følgende:

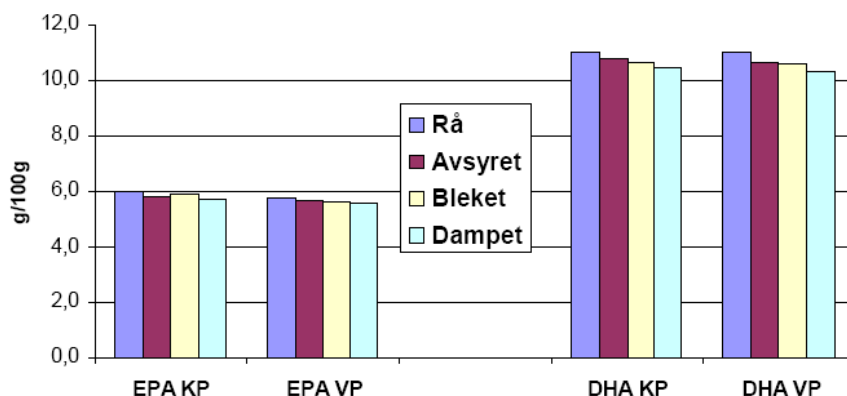
1. Vasking/polering (fjerning av smuss),
2. Avsyring, nøytralisering, her tilsettes lut og vann til oljen, og en feller ut såpe, frie fettsyrer, fosfolipider, tungmetaller, noen dioksiner og vannpesticider, og pigmenter. Kalles gjerne semiraffinert olje
3. Bleking, her tilsettes for eksempel blekejord eller kull til oljen som binder seg til uønskede elementer og deretter filtreres denne ut. Alternativt suges oljen gjennom et kullfilter eller silikatfilter. Her fjernes pigmenter (fargestoffer), oksidasjonsprodukter, tungmetaller, noen miljøgifter og noen steroler.
4. Utkrystallisering, eller kaldklaring/vinterisering. Her kjøles oljen ned til 2-3 grader for å felle ut fettfraksjoner med høyt smeltepunkt, stearin. Oljen holder seg etter dette klar i kjøleskapstemperatur
5. Deodorisering, eller også kalt dampdestillering eller vakuumdestillasjon. Her kan en også legge inn et ekstra trinn eventuelt kombinere det med en "strippefunksjon". En måte å gjøre dette på er å lede oljen over en kolonne med stort spesifikt areal (A/V) hvor oljen koker under vakuum. Overopphetet damp fra bunnen (>200 grader) tar med seg forurensinger (flusher ut/stripper ut). Her fjernes lukt og smaksstoffer, videre reduseres mengden farge og oksidasjonsmaterialer og organiske miljøgifter.
6. Etter nedkjøling og vasking med nitrogengass kan antioksidanter tilsettes for å stabilisere oljen før pakking. Raffineringsprosessen fjerner naturlige antioksidanter, samtidig som det kan føre til en termisk oppstart av flere kjemiske prosesser i oljen. Antioksidantene tilsettes gjerne som cocktail av flere, eksempelvis vitamin C og E. Innen området anitoksydanter og antioksidantcocktailer finnes det flere patenter og dette er et punkt som skiller de ulike produsenter/leverandører. En må imidlertid være klar over at antioksidanter som er effektive ikke nødvendigvis er akseptable for bruk i produkter til humant konsum.

Etter disse prosessene skal en ha en smak- og luktfri olje som er lagringsstabil. Tran eller "diatry supplement" olje (DS olje) kjøres ikke så langt som olje som skal blandes i næringsmidler, dvs., mangler noe ledd. Her sitter mye smak og luktstoffer igjen.

Det kan også legges inn andre rensetrinn, og det kan brukes alternativer til det som er beskrevet over som er den generelle. Dette variere i forhold til produsentene samtidig som det kontinuerlig utvikles ny teknologi.

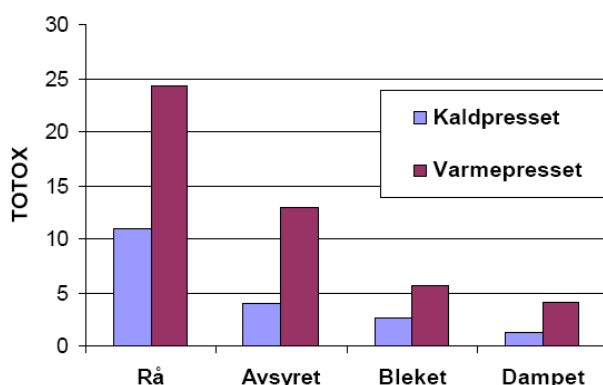
Ved raffinering fjernes også gunstige stoffer. Forsøk har vist at i forhold til kaldpresset råolje, mister gunstige stoffer ved bleking og deodorisering (NFR 2006).

EPA (20:5 n3) og DHA (22:6n3) innholdet (g/100 g olje) i kaldpresset (KP) og varmpresset (VP) makrellolje som funksjon av raffineringstrinnene.



Figur 7.2. Forskjell på sammensetning av varmpresset og kaldpresset makrellolje som er videre raffinert (Pettersen 2007)

Oksidasjonsnivåene (TOTOX) i kaldpresset og konvensjonelt presset (varmpresset) makrellolje som funksjon av raffineringstrinnene



Figur 7.3. Endring i oksidasjonsnivået på henholdsvis kald og varmpresset olje som følge av ulike raffineringstrinn (Pettersen 2007)

7.4. Fjerning av miljøgifter

Det kan benyttes en rekke kjemiske og fysiske metoder for rensing av olje for miljøgifter (deKock et al 2004, Breivik & Thorstad 2005, Breivik 2007). Mengden miljøgifter som fjernes under raffinering er avhengig av oppbygging av raffineringprosessen og hvilke trinn som inngår. Ved nøytralisering fjernes noe tungmetall og dioksiner, ved bruk av aktivt kull vil en fjerne mer dioksiner. Damp-destillering/deodorisering fjerner noe PCB, pesticider og lettere PAH. Brukes ”stripping” vil en fjerne relativt mye miljøgifter så som dioksin og PCB. Skal en rense tilstrekkelig må en ofte over på molekylær destillasjon og en fjerner da meste-parten av dioksin, PCB og også noe bromerte flammehemmere. Avhengig av renstrinn fjernes mellom 50 og 95 % av miljøgiftene. Spesielle optimale molekylærdestillasjonsprosesser fjerner opptil 97-99% av aktuelle organiske miljøgifter.

EU reduserte i 2006 maksimumsgrensene for innhold av en del miljøgifter ut fra at ny og mer effektiv renseteknologi var utviklet og grensene følger hele tiden best tilgjengelig teknologi. Planen er å senke maksimumsnivået for kritiske miljøgifter ytterligere i 2008.

All rensing av miljøgifter er imidlertid kostandsdrivende på oljeprisen og særlig avansert molekylærdestillasjon krever høye investeringer. Beregninger viser at kostnader for raffinering og rensing uten molekylærdestillasjon ligger i størrelsesorden 1-2 kr/kg, og 10-15 kr/kg med molekylærdestillasjon for et kvantum på 2000 årstonn av selolje (Core Competence 2004), men dette er ved leieraffinering av mindre kvantum. Ved egen raffinering og store kvantum olje vil de reelle kostander ligge betydelig lavere (noe over 1 kr/kg).

Renseprosesser for miljøgifter fjerner lett stoffer som er ernærings- og helsemessig positive, som for eksempel antioksidanter. En olje som er raffinert vil derfor ikke ha de samme funksjonelle egenskaper som en uraffinert olje og en må derfor tilsettes antioksidanter i sluttproduktet for å stabilisere. Rensing ved molekylærdestillasjon kan påvirke innholdet av fettløslige vitaminer og fettsyreprofilen avhengig av metoden som velges.

En enkel måte å komme under akseptable nivåer med tungmetaller i oljen er forøvrig å blande ut oljen med en olje som er ren, eksempevis blande sel og olivenolje (Core Competence 2004). En vil da slippe rensing for miljøgifter, men rent etisk er dette en dårlig måte, og det er ikke forenlig med GMP (good manufacturing practice) og heller ikke til bruk i førsammenheng.

7.5. Oppkonsentrering

Oppkonsentrering er aktuelt for å øke innholdet av de riktige fettsyrene i oljen. I vanlige fiskeoljer kan en komme opp i konsentrasjoner 30 % EPA-DHA, skal en høyre opp må en oppkonsentrere. Dette kan være fordelaktig fordi en da kan senke totalt inntak av fett, men samtidig få i seg de samme mengder riktige fettsyrer, for eksempel til bruk i legemidler, spesiell sykhuskost eller til functional foods. Også i kosttilskudd, kapsler, kan det være hensiktsmessig og oppkonsentrere fordi en da kan benytte mindre oljemengde og derved bruke mindre kapsler eller ta færre kapsler for å få i seg samme dose av ønske fettsyrer. Sett i forhold til oppkonsentrering vil det være en fordel at oljen som brukes har et høyest mulig utgangspunkt (EPA-DHA innhold). Sør Amerikansk fiskeolje, 18:12 olje, vil i så tilfelle ha en fordel framfor torskeleverolje eller lakseolje. Dersom det totale fettinnholdet ikke er av så stor betydning vil det være en fordel og benytte en olje med lavt innhold av reaktive langkjedede fettsyrer pga. stabiliteten.

Ved oppkonsentrering fjernes uønskede fettsyrer, og en sitter igjen med flere av de en ønsker, i vårt tilfelle EPA-DHA. Dette gjøres ofte med destillasjon og en utnytter at de ulike fettsyrene fordampes ved ulike temperaturer (forskjellig kokepunkt).

Det er mange metoder som er aktuelle å bruke for oppkonsentrering så som adsorption kromatografi, fraktionell eller molekylær destillasjon, lav-temperatur krystallisering, superkritisk væske ekstraksjon og urea complexation (Alasalvar & Taylor 2002). Metodene kan blant annet involvere drastisk påvirkning av oljen så som høy og lav pH, høy temperatur og organiske løsninger. Dette kan igjen påvirke sammensetningen av omega 3 fettsyrene, oksidasjon, cis-transisomering (trans fettsyre er uheldig) og ukontrollert flytting av dobbelt binding. God oppkonsentrering krever derfor betydelig kunnskap. Dette er et område hvor

Norge ligger svært langt framme i verdensammenheng gjennom teknologi og patentbeskyttelse.

Oppkonsentrering innebærer at en må bruke ekstra olje, eksempelvis gav en anrikning til 70 % konsentrasjon, et oljekonsentrat-utbytte på 15 % av utgangspunktet. Forholdet mellom mengden av olje i utgangspunktet og mengden etter oppkonsentrering avhenger av forholdet mellom aktuelle fettsyrer før og etter. I tillegg til kostnader med oppkonsentrering/-prosessering øker følgelig kostnadene fordi en trenger mer råolje.

Et alternativ er å bruke bioteknologisk tilnærming og bruke lipaser til oppkonsentrering (Okada & Morrissey 2004). Enkelt fortalt går dette ut på at en ved lite vann tilstede får syntetisert fettsyrer, i motsetning til i magesekken hvor lipase hydrolyserer fett. Frie fettsyrer eller etylester reagerer med triglyserid med hjelp av lipase og det blir en oppkonsentrering.

Enzymer kan også brukes til å flytte dobbeltbindinger og forlenge kortkjedede fettsyrer. Det er usikkert hvor langt en har kommet med disse metodene. En kan oppkonsentrere organismer som inneholder de riktige enzymer og siden kjøre disse over i oljen og la de ta seg av oppkonsentrering og produksjon av olje på en kjemisk måte.

7.6. Olje som flytende eller i kapsel (inkapsulert) som kosttilskudd

Når vi tar olje som kosttilskudd kan den enten være i flytende form, som f.eks. tran, eller i kapselform. Ved å kapsle inn oljen i en gelatinkapsel unngås at konsumentene oppfatter dårlig smak fordi kapselen tas hel og først løses opp i magen. På denne måten kamoufleres dårlig lukt og smak, men dette muliggjør også bruk av oljer av dårligere kvalitet av useriøse leverandører. Kapselmarkedet er i dag sterk økende i forhold til markedet for flytende produkter/tran.

En måte å unngå ”vond” smak på olje/tranen som tas som kosttilskudd i flytende form er å smaksette oljen. Ta bort mye av transmaken, tilsetter smaker, appelsin eller sitrus. Det som et alternativ til det økende markedet for olje i kapselform.

Det er en betydelig prisstiging på å ta olje som kapsel i forhold til å ta den samme mengden som ren olje/tran, i størrelsesorden 50 % prisforskjell for samme dose.

7.7. Mikroinkapsulering – beskyttelse mot harskning

Oljen er svært utsatt for oksidasjon og skjer dette endres fettsyresammensetningen og en får peroksiderte fettsyrer som er skadelige. Som sagt tidligere tilsettes derfor antioksidanter, eller en cocktail av antioksidanter, for å hindre harskning. Alternativt er å bruke mikroinkapsulering hvor en øker stabiliteten og senker oksidasjonsraten fra timer til uker og måneder. Eksempel på holdbarhet vises på en Musli bar tilsatt mikroinkapsulert fiskeolje med holdbarhet på over 8 måneder ved lagring ved vanlig romtemperatur (Decker 2005). Nesten alle leverandører som skal levere olje inn til functional foods markedet arbeider med utvikling av, eller har utviklet, mikroinkapsuleringsteknologi. Leverandørene har valgt forskjellige løsninger og metoder for å få det til og det eksisterer en mengde patenter innen området (eks. Klinkerson et al 2005, Fletcher 2006). Litt forenklet kapsles oljedråpen inn i et skall av protein-karbohydrat.

Eksempler på innkapslingsmateriale er sukker bete pectin, melkeprotein, gum arabic (food navigator id 71054) og marint gelatin (DSM-Roche patent). Basert på om en har våt eller tørr

mikroinkapsulering omtales dette som tørr eller våt emulsjon. Har en våt emulsjon er ikke den mikroinkapsulerte oljen tørket. Den vil da være godt egnet for tilsats i flytende produkter. Går den gjennom en tørkeprosess, for eksempel ved en spraytørke, omtales det som tørr emulsjon og er et pulver som er egnet til bruk i tørre produkter. Ved bruk av mikroinkapsulering av oljen er det vist at en kan tilsette omega 3 fiskeolje til de fleste næringsmidler, eksempelvis til brød, melk, yoghurt, juice, sjokolade og sportsbarer. Flere norske oljeleverandører sitter også med teknologi for mikroinkapsulering.

Normalt må det brukes større mengder olje når en bruker mikroinkapsulering, 2-4 ganger så mye som når en bruker ren olje. En typisk mikroinnkapsulert olje inneholder 25-50% olje. En kan også påvirke tekstur og smak av produktet ved bruk av mikroinkapsulert olje som ingrediens i forhold til kun bruk av olje. Mikroinkapsulering kan derfor også brukes for å kamuflere eventuelle uønskede smaker, noe som særlig egner seg i utnyttelse i mat til barn. På denne måten kan en også sørge for at de får i seg ønskede mengder.

Mikroinkapsulering er forbundet med betydelig ekstra kostnader. Teknologien som brukes i dag gjør at kostnadene er redusert betydelig i forhold til når en begynte med mikroinkapsulering i større industriell skala for 15 år siden. Tidligste eksempel på mikroinkapsulering går for øvrig så langt tilbake som til 1927 (Frost & Sullivan 2005). Mikroinkapsulert olje tåler oppvarming bedre uten å oksidere. På grunn av lettvinthet og de mange bruksområder øker etterspørselen etter mikroinnkapsulert olje. Analyseselskapet Frost & Sullivan anslår at behovet for mikroinkapsulering i verden stiger med 10 % per år.

8. Sammenstilling fordeler og ulemper med ulike omega 3 kilder

I det videre er det gitt en enkel sammenstilling hvor det er sett på fordeler og ulemper med de viktigste oljene med innhold av omega 3. Det er kun sett på kilder, mens det i neste kapittel er sett på norsk råstoff sammenlignet med utenlandsk råstoff. Å sette opp direkte sammenligninger av kilder er imidlertid vanskelig pga. den store variasjonen i innholdet av fettsyrer og fettsyresammensetning på ville fiskearter og vanskeligheten med å gjennomføre humane forsøk for direkte sammenligning av de ernærings og helsemessige sider ved valg av ulike kilder. I de ulike oljene vil det også være andre stoffer en omega 3 EPA-DHA som kan ha innvirkning på ernærings og helsemessige resultater.

8.1. Fiskeolje

Tradisjonell fiskeolje har hovedsakelig vært laget av industrifisk, med et mindre innslag av biprodukter fra fete fiskearter som har gått til humant konsum. Noen av artene som brukes vil være de samme og det vil derfor være en sammenheng mellom fiskeolje fra industrifisk og fra biprodukter.

Fordeler

- Fiskeolje har blitt brukt til menneskelig konsum i opp mot 100 år
- Kan lages av mange arter
- Svært godt dokumentert helsemessig
- Rimelig produksjon dersom en kan utnytte hel fisk (industrifisk)
- Noen av artene inneholder de høyeste EPA-DHA konsentrasjoner i marint råstoff, 18% EPA-12% DHA (Sør-Amerika)
- Store volum tilgjengelig, rundt 1 million tonn olje

Ulemper

- At den kan hentes fra ulike kilder på ulike årstider kan være en ulempe fordi kvalitet varierer
- Sammensetningen av oljen varierer i forhold til fangstfelt, sesong og alder på fisk
- Sporbarhet kan være vanskelig
- Ofte lange transporter og lagringsperioder som kan gi økt oksidasjon
- Verdens oljeproduksjon har vært stabil gjennom de siste 40 årene på 1 – 1,2 millioner tonn, men det er ikke mulig å hente ut nevneverdig mer.
- Variasjon i kvalitet og innhold av miljøgifter på olje på markedet

En ulempe ved fiskeolje fra industrifisk kan være at fisken i stedet burde vært brukt til humant konsum, med dette krevere betydelig bearbeiding og opplysning om egnethet av fisken for bruk til humant konsum (fisk markedet ikke er kjent med og hvor det er lav betalingsvilje). Mange av artene er også svært små. Ved økt bruk til humant konsum av slik fisk og økt grad av bearbeiding (filetering) umiddelbart etter mottak, vil en dog få biprodukter som vil være egnet til produksjon av olje.

8.2. Torskeleverolje

Kan være basert på villfisk eller oppdrettsfisk. Ved bruk av oppdrettslever vil innholdet avhenge av hva en fôrer med

Fordeler

- Kun basert på et spesifikt råstoff, lever, som gir mye olje per kg råvare
- Svært godt klinisk dokumentert, første undersøkelser på 1700 tallet, og ingen negative rapporter har siden vært publisert, positive effekter både på kropp og mental helse
- Lang historie for bruk på barn uten negative effekter
- Inneholder naturlig vitamin A og D
- Naturlig relativt høyt nivå av 10 % EPA – 12 % DHA, uten noen form for oppkonsentrering. Oppdrettsfisken har noe lavere nivå men dette er avhengig av fôret

Ulemper

- Noen hevder at konsentrasjonen av vitamin A og D er opp mot et giftig nivå, mest ved syntetisk tilsatt vitaminer
- Under raffinering/rensing fjernes mesteparten av vitaminene og flere tilsetter da syntetisk fremstilt vitamin
- Torskebestandene er under hardt press, noen mener for hardt, og det kan slå negativt ut i markedet. Det er uansett ikke mer å hente opp fra villfisk, men ikke all tilgjengelig lever utnyttes i dag.
- Inneholder miljøgifter fordi den ligger så høyt opp i næringskjeden
- Små volum tilgjengelig idag, men med oppdrett vil volumene kunne øke betraktelig, forutsatt at vi kan tilføre nødvendig EPA- DHA gjennom fôret

8.3. Lakseolje

Fordeler og ulemper med denne oljen vil være avhengig av om råstoffet baseres på villfisk eller oppdrettsfisk. Hovedmengden av olje som er tilgjengelig på markedet i dag og fremover er fra oppdrettslaks.

Fordeler

- I dag bra innhold av EPA og DHA normalt rundt 15 %, i tillegg til noe DPA, 2-4%
- Oppdrett muliggjør full kontroll på produksjonskjeden
- Full sporbarhet
- Kort tid fra slakting til oljeproduksjon, gir fersk olje, ikke oksidasjon
- Inneholder den biologiske antioksidant astaxanthin, som er effektiv i å fange opp enkle oksygenatomer (frie radikaler)

Ulemper

- Naturlig A og D vitamin ikke tilgjengelig
- Kan bli en del av diskusjonen rundt kontaminering av oppdrettsfisk med miljøgifter ved bruk av ikke rensed olje til produksjon av fiskefôr
- Sammensetning av oljen (DHA – EPA) avhenger av hva fisken fôres med. Kan gå ned med mer vegetabilsk olje i fôret.
- Ny på markedet
- Vesentlig dårligere klinisk dokumentert enn olje fra marin fisk og torskeleverolje, men dokumenstasjon har startet opp

8.4. Selolje

Fordeler

- Realitvt bra innhold av EPA-DHA, 10-20 %, i tillegg til noe DPA 2-5%
- Muligens høyere biotilgjengelighet, rask absorpsjon grunnet molekylets oppbygging (sitter i posisjon Sn1 og Sn3 i triglyseridet)
- Mer motstandsdyktig mot naturlig oksidasjon
- Lavt innhold av kolesterol (<0.05%)
- Kun bruk av fett delen på dyret som har høyt fettinnhold, høy renhet og derved blir det en effektiv produksjon
- Kliniske studier av positive helseeffekter begynner å komme

Ulemper

- Internasjonal motstand mot fangst av sel, forbud mot import i flere land
- Begrensede bestander, derfor små volumer
- Akkumulering av miljøgifter
- Usikkerhet om stresshormoner, som utløses ved fangst, overføres til oljen
- Relativt ny på markedet

8.5. Krillolje

Fordeler

- Høyt innhold av EPA – DHA og også DPA, 20 – 35 %
- Fettet bundet noe til triglyserider men hovedsakelig til fosfolipider som muligens kan lette det humane opptaket
- Inneholder både astaxantin (100% naturlige antioksidant) og sansynligvis flavonoider som også har tilsvarende effekt
- Inneholder fosfolipidet phosphatidyl choline, som er en god kilde til choline (virker positivt på hjerne)
- Har en svært høy fri oksygen radikal absorberings kapasitet og motstandsdyktig mot oksidasjon

Ulemper

- Inneholder ikke D vitamin
- Bruk av finnmasket trål kan gi innslag av uønsket bifangst, som fiskeyngel, alternativt må det brukes andre typer mer avansert høsteteknologi
- Må prosesseres innen 1-3 timer etter fangst grunnet rask enzymatisk nedbryting
- Vanskelig å estimere bestander
- Kan være negative holdninger til fangst av arter (som krill) langt nede i næringskjeden

8.6. Vegetabiliske oljer

Pga. den høye konsentrasjonen av omega 3 (ALA), og det gode forhold omega 3 omega 6, er linfrø olje den eneste som er presentert

Fordeler

- Full sporbarhet
- Kontrollert produksjon og lite eller ingen miljøgifter
- Bedre tilgjengelighet over året enn det som kommer fra fiskerisektoren

- Billig råvare, lite prosessering nødvendig
- Ved siden av ALA er linfrø olje rikt på lignan, en type phytoestrogen (antioxidant)

Ulemper

- Inneholder ikke EPA-DHA
- Oljen må lagres kaldt hele tiden og har en holdbarhet begrenset til 2-3 måneder
- For høyt inntak av linfrøolje (>30g/dag) kan gi løs mage og diare. Kan også gi allergiske reaksjoner og økt risiko for prostata kreft

8.7. Algeoljer og GMO oljer

Algeolje med både EPA og DHA begynner å komme, men er fortsatt ikke kommersielt tilgjengelig i særlig kvantum. Det vil nok fortsatt ta en del år før dette skjer og prisen vil fortsatt være høy sammenlignet med andre kilder

Oljer fra planter som er genmodifisert slik at de inneholder EPA-DHA er foreløpig ikke kommersielt tilgjengelig og det vil fortsatt ta noen år før så er tilfelle med noe særlig kvantum. Der er imidlertid betydelig skepsis til GMO produkter i mange markeder.

9. Sammenstilling av fordeler og ulemper ved norske marine omega 3 kilder mot utenlandske omega 3 kilder

Norge har fiskeråstoff som kan brukes til fiskeolje basert på industrifisk, biprodukter/avskjær fra fiskeindustri (fete fiskearter som sild og makrell) og lever fra torsk, eventuelt hyse og sei. Videre har vi biprodukter/avskjær fra en voksende oppdrettsnæring. Total sett er det små kvantum som ikke er utnyttet fra industrifisk (tilnærmet alt utnyttes), mens råstoff fra filetering av pelagisk konsumråstoff (sild og makrell) kan øke. Råstoffvolumet er i dag ca. 200 000 tonn avskjær, som ideelt sett kan gi rundt 30 000 tonn olje. I dag går mesteparten av avskjæret til fiskeoljeindustrien, mens en del går til ensilasjeindustrien som produserer olje til bl.a. teknisk bruk. Dersom hele kvoten av sild og makrell hadde gått til konsum, og alt blitt filetert, kunne biproduktene gi råstoff til ca. 75 000 tonn olje.

Det er noe uutnyttet potensiale av lever til olje. Det utnyttes anslagvis 6000 tonn lever i dag, mens det totalt fra torsk, sei og hyse kan være et tilgjengelig kvantum på noe over 40 000 tonn, eller i størrelsesorden 20 000 olje.

Det store kvantumet som er tilgjengelig, og som vil øke i fremtiden, er fra oppdrett av laks og regnbueørret. Per i dag er produksjonen av olje på rundt 8 000 tonn, mens det er potensial for en mangedobling, ikke minst dersom oppdrettsfisken i økende grad blir filetert. En voksende torskeoppdrettsnæring vil også gi verdifullt råstoff.

Tar vi oppdrettsnæringen (laks og regnbueørret) i Norge er sammensetningen av oljen avhengig av fôret og vårt råstoff vil derfor være lite forskjellig fra oppdrettsråstoff fra andre områder i verden, forutsatt at vi bruker samme type fôr. Per i dag er lakseolje et godt utgangspunkt i forhold til mengden EPA-DHA-DPA (totalt rundt 20 %). Med rensing av fôret kan lakseoljen bli så godt som fri for miljøgifter uten at den renses.

Ser vi på råstoff fra norsk fiskeindustri eller flåte, enten det er som industrifisk eller som biprodukter, har ikke dette i utgangspunktet helse- og ernæringsmessig fordeler framfor råstoff med høyere innhold av EPA/DHA ellers i verden. Videre er det et visst innhold av miljøgifter i all fisk fra våre nære farvann og innholdet av miljøgifter er høyere enn hva tilfelle er ellers i verden hvor det er bruk av marint råstoff til oljeproduksjon. Rensing imidlertid vil løse dette problemet. Konsentrasjonen av miljøgifter bundet i fett er imidlertid svært årtidsavhengig og ved høsting og produksjon av olje i perioder hvor fisken er rik på fett, vil konsentrasjonen av miljøgifter være lav i forhold til høsting i perioder hvor fisken inneholder lite fett.

De eventuelle fordeler vi har må derfor ligge i den videre behandling av råstoffet, ikke på råvarekilden. Et helt ferskt råstoff som er behandlet optimalt er viktig i forhold til grad av oksidasjon. Her kan norsk råstoff ha en fordel dersom en fokuserer på bruk av ferske biprodukter rett inn i oljeproduksjon. Fra både oppdrettssektoren og pelagisk industri kan dette være enkelt dersom man produserer olje der biproduktene oppstår. Ved innsamling av råstoff og prosessering i sentrale anlegg kreves stor fokus på å ivareta ferskhet av biprodukter og avskjær, ha effektiv logistikk for å sikre dette samtidig som en reduserer muligheter for oksidasjon gjennom alle ledd i logistikk-kjeden. Lakseindustrien har her en fordel ved at oljen kan produseres kort tid etter at fisken er slaktet.

Sannsynligvis vil vi også lettere kunne oppnå en sporbarhet med norsk råstoff fremfor importert. Ved bruk av biprodukter/avskjær vil en også unngå diskusjonen om at industrifisk i stedet burde gått til direkte humant konsum.

Transportavstand vil også være et norsk fortrinn dersom vi prosesserer eget råstoff og selger ferdigvare i vårt nærområde. Hvert tonn fiskeolje transporteres i dag i snitt 5000 km, noe som skyldes lang transport ut fra Sør-Amerika. Dette resulterer i et betydelig CO₂ utslipp.

Et norsk fortrinn er streng offentlig styring og regulering; eksemplevis offentlige overvåkingsprogram på miljøgifter, offentlig kontroll av matkvalitet, streng kontroll av fiskekvoter, etc.

Videre er strukturen og størrelsen på næring et fortrinn. Den norske fiskeoljebaserte næringen er stor og vi har norske selskaper i en hele verdikjeden fra fiske, via råoljeproduksjon, raffinering, oppkonsentrering, fôrprodusenter, matproduksjonbedrifter, samt kosttilskudd- og legemiddelprodusenter basert på fiskeolje. Kompetansen i næringen er høy, og det er mye avansert kjemi og bioteknologi som brukes og norske leverandører er kjent for produkter med høy kvalitet. Antall patenter i norske selskaper innen sektoren viser også evenen til nytenking.

10. Referanser

Aburto, et al. 1998. "The influence of Vitamin A on the Utilization and Amelioration of Toxicity of Cholecalciferol, 25-Hydroxycholecalciferol, and 1,25-Dihydroxycholecalciferol in Young Broiler Chickens," *Poultry Science*, 77:570-577

Ackman and Raynayake. 1989. Health effects of fish and fish oils, Edited by RK Chandra. ARTS Biomedical Publishers and Distributors limited, St John Newfoundland's. pp. 373-393.

Akse, L., Joensen, S., Barstas, H., Eilertsen, G., Johnsen, G. 2002. Landing av usløyd fisk. RUBIN rapport 4220/99.

Aleksander, J., Frøyland, L., Hemre, G.I., Jacobsen, B.K., Lund, E., Meltzer, H.M., Skåre, J.U. 2006. Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norsk kosthold. Vitenskapskomiteen for mattrygghet.

Alnæs, A. 2004. Oljer fra marint råstoff. Foredrag RUBIN konferansen "Marine biprodukter – fremtidens fiskerinæring". Stjørdal 28-29. januar 2004.

Alasalvar, C., Taylor, T. (eds) 2002. Seafoods – Quality, technology and nutraceutical applications. Springer forlag.

Arason. S. 2007. Biproduktene betydning for fiskerinæringen i Island og Færøyene. Foredrag Konferanse: Sats på Torsk. Bergen februar 2007.

Arslan G., Brunborg L.A., Frøyland L., Brun J.G., Valen M., and Berstad A. (2002). Effects of duodenal seal oil administration in patients with inflammatory bowel disease. *Lipids* 37; 935-940.

Ask, A.O. 2007. Norsk selfangst. E24.

Berntssen MH, Hylland K, Lundebye AK, Julshamn K. (2004) Higher faecal excretion and lower tissue accumulation of mercury in Wistar rats from contaminated fish than from methylmercury chloride added to fish. *Food Chem Toxicol.* 2004 Aug;42(8):1359-66

Bimbo A. Guidelines for characterizing food-grade fish oil. *Inform*, Vol. 9, Num. 5, (May 1998)

Bjørkkjær T., Brun J.G., Valen M., Arslan G., Lind R., Brunborg L.A., Berstad A., and Frøyland L. (2006). Short-term duodenal administration normalised n-6 to n-3 fatty acid ratio in rectal mucosa and ameliorated bodily pain in patients with inflammatory bowel disease. *Lipids Health Dis.* 5:6.

Boudreau J (2000) Marine Nutraceuticals: Opportunities and challenges. In: Sahidi F (ed) *Seafood in health and nutrition: transformation in fisheries and aquaculture: global perspectives.* Science Tech Publishing, St. John's, Canada, pp 7-14

Breivik, H. Thorstad, O. 2005. Removal of organic environmental pollutants from fish oil by short path distillation. *Lipid technology* 17:55-58.

- Breivik, H. (Ed) 2007. Long-Chain omega-3 speciality oils. The oily press. England
- Brownlie, K. 2005. Functional food ingredients, a strategic review of the key challenges that are shaping the industry. Frost & Sullivan. Storbritania.
- Bunnea R., El Farrah K., Deutsch L., et al. Evaluation of the effects of Neptune Krill Oil on the Clinical Course of Hyperlipidemia. *Alternative Medicine Review*. 2005; 9:420. 8
- Carlehög, M. et al. 2006. Total utnyttelse av marint restråstoff. Rapport 03/2006 fra Fiskeriforskning.
- CCAMLR 2005. Convention of the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, Statistical Bulletin 17. www.ccamlr.org
- CLO 2007. The International Cod Liver Omega-3 Foundation.
<http://www.clo3.com/home.php>
- Core Competence 2004. Utviklingplan for selspekk. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond.
- COT 2002. Food Standards Agency. UK . <http://www.food.gov.uk/>
- Dalen, M. 2006. Trenger forskning på krill, Bellona nyheter.
- Danish Food Composition Databank 2007. http://www.foodcomp.dk/fcdb_default.asp
- Decker, K.J. 2005. The ABCs of omega-3s. Food product design: Health/nutrition. February 2005.
- Deets, B.K. 2007. Functional fats as a functional ingredients. www.vpico.com
- deKock, J., DeGryt, W., Ayala, V., Vanheerswynghels, P., Kellens, M. 2004. Removal of dioxins and PCB's from marine oils: current status and future developments. 11th international symposium on nutrition and feeding in fish 2-7 may. Thailand
- Din, J.N., Newby, D.E., Fapan, A.D. 2004. Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease – fishing for natural treatment. *BMJ* 328:30-35.
- Dioxins and dioxin-like PCBs in foods - EU monitoring 2003. Food Standards Agency. UK
- Douaud, C. 2007. Neptun sees increase in sales as NKO gains recognitions. [Nutra ingredients.com](http://Nutraingredients.com).
- Dragland, Å. 2005. Gemini nr 3. NTNU Trondheim.
- Ebbeltoft . International retail experts. 2006.
<http://www.ebbeltoftgroup.com/Ebbeltoft/Main/Main.aspx>

ElAmin, A. 2006. Aquaculture grows in importance as demands for fish increases. Nutra ingredients.com.

(Endo 2000) In Nicol, S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. FAO fisheries technical paper. No. 367. FAO, Rome.

Environmental defence. 2005. How safe are fish oil supplements. Environmental defence, New York.

Engboe.T. 2006. Little krill to make big profits for fishery tycoon. www. fis.com.

Eufic 2007. Omega 3 fatty acids: where to find them. European Food information council.

Euromonitor. World Consumer Lifestyles Databook: Keytrends 2004

European Pharmacopeia Monograph.

Falch, E., Aursand, I, Digre, H. 2006. Pelagisk kvalitet, sesongvariasjoner i næringsverdi og fettsammensetning . NVG sild og makrell. Rapport fra SINTEF Fiskeri og havbruk av 19.01.06.

FAO. Fisheries Global Information System (FIGIS). National Aquaculture Sector Overview. Norway. 2006.
http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=countrysector&xml=naso_norway.xml#tcNF0032

Fatsoflife 2007. Ftas of life. <http://www.fatsoflife.com/>

FHL. Industri og eksport. http://www.fhl.no/industri_og_eksport/

Fediol 2006. The EU oil and proteinmeal industry, Fediol. <http://www.fediol.be/>

Fishin 2001. Marine enviroment. Færøyene. <http://www.fishin.fo/get.asp?gid=f70235518-1939-4190-B62B-8C5FA93A3685>.

Fiskeristatistikk 2004. Statistisk sentralbyrå

Fladberg, E. 2006. Helse i hver drupe. www. Teknologiforlaget.no

Fletcher, A. 2006. Firmenich taps Omega 3 demand with flowour know how. AP-foodtechnology.com.

Flexnews 2006. Revolutionary fish oil supplement to enter British market. Flexnews.com.

Flexnews 2006a. New Zealand: New venture targets global functional foods market. Flexnews.com.

Flexnews 2006b. The omega imbalance: Fishy business. Flexnews.com.

Food & Drink 2004. Omega alternatives to fish oil need a lift. Foodanddrinkeurope.com

Foran JA, Good DH, Carpenter DO, Hamilton MC, Knuth BA, Schwager SJ. Quantitative analysis of the benefits and risks of consuming farmed and wild salmon.. J Nutr. 2005 Nov;135(11):2639-43.

Frost & Sullivan Reports. European Omega-3 and Omega-6 PUFA Ingredients Market. 12/7 2004

Frost and Sullivan Reports. End-user Analysis of the Global Omega-3 PUFA Markets. 22./12 2005 .

Frost & Sullivan Reports. Microencapsulation offers food ingredients companies more opportunist than ever. News release 20/12 2005.

Frost & Sullivan Reports 2006 . Strategic Analysis of the Asia Pacific Omega-3 and Omega-6 PUFA Ingredients Markets. 9/11/2006.

Galli C, Simopoulos AP, Tremoli, eds. Fatty acids and lipids: biological aspects. World Rev Nutr Diet 75:1-196, 1994.

Garcia DJ (1998). Omega-3 long chain PUFA nutraceuticals. Food Technol. 52: 44-49.

Gascón, V., Werner,R. 2005. Antarctic krill, implications of fishing, a case study. Lighthouse foundation.

Gerster H., 1998. Can adults adequately convert alpha-linolenic acid (18:3n-3) to eicosapentaenoic acid (20:5n-3) and docosahexaenoic acid (22:6n-3)? International Journal Vitamin and Nutrition Research. Vol 68(3), pp159-73.

Globefish 2006. Fish meal, fish oil, commodity updates. FAO, Rome.

Goed. 2007. Global organization for EPA and DHA omega 3. <http://www.goedomega3.com>

Halliday, J. 2005. Neptun takes krill into Europe and functional foods. Nutra ingredients.com.

Halliday, J. 2007. Water 4 to introduce algae DHA/EPA as food ingredienet. Nutra ingredients.com.

Hamilton MC, Hites RA, Schwager SJ, Foran JA, Knuth BA, Carpenter DO. 2005. Lipid composition and contaminants in farmed and wild salmon. Environ Sci Technol. 2005 Nov 15;39(22):8622-9.

Hansen, H.R. 2006. Summaries of the latest research concerning the health benefits of fish and fish oil. Oilofpisces.com

Heaney, R. P. 2005. "The Vitamin D requirement in health and disease," Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology, 97:13-19.

Hernandez, E. 2004. Battle of omega-3s: Marine vs veggie sources. Nutrition science news.

Hites RA, Foran JA, Carpenter DO, et al. 2004. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*. 2004 Jan 9;303(5655):226-9.

Hjaltason B. 1992. Fish oils as vitamin sources, *AOCS Short Course Manual on Modern Applications of Marine Oils*, May 8-9, 1992. Toronto, Canada.

Holub B J. (2002). Clinical nutrition: 4. Omega-3 fatty acids in cardio-vascular care. *CMAJ* 2002, 166:608-615.

Horowitz, B. 2007. This year's alpha food additive: omega 3. *Chicago Sun times* 3/1.

Huntington T., et al.. 2004. Assessment of the sustainability of industrial fisheries producing fish meal and fish oil. Report to the Royal Society for Protection of Birds.

Høsting av plankton 2006. Havforskningstema 1-2006. Havforskningsinstituttet Bergen.

Ichii, T. 2000. Krill harvesting. In: *Krill, biology, ecology and fisheries* (ed. Everson,I.) Blackwell Science, Oxford

IFFO 2006. International Fishmeal and Fish oil Organisation. <http://www.iffo.net/>

Isosaari P, Kiviranta H, Lie O, Lundebye AK, Ritchie G, Vartiainen T. 2004. Accumulation and distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxin, dibenzofuran, and polychlorinated biphenyl congeners in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environ Toxicol Chem*. 2004 Jul;23(7):1672-9.

Jacobs MN, Covaci A, Schepens P. 2002. Investigation of selected persistent organic pollutants in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*), salmon aquaculture feed, and fish oil components of the feed. *Environ Sci Technol*. 2002 Jul 1;36(13):2797-805.

Jacobs M.N. Covaci A, Gheorghe A, Schepens P. 2004. Time trend investigations of PCB's, PBDE's and organochlorine pesticides in selected n-3 polyunsaturated fatty acids rich dietary fish oil and vegetable oil supplements: Nutritional relevance for human essential n-3 fatty acid requirement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52. 1780-1788.

Kifer,D., Grafton, W.D. 1998. Review of internet websites for the small pelagic fish species: sardines and anchovies. *FAO fisheries circular no 941*. FAO Rome.

Kjerstad, M. 2007. De enorme verdier i marint restråstoff. Konferanse: Sats på Torsk. Bergen februar 2007.

Kjærdsdam, F. 2007. *Ervervsbladet*, Danmark.

Klinkart,M. 2006. Demand for fish meal and fish oil is rising. *Eurofish magazine* issue 6.

Klinkerson, U., Sophandora, P., Chinachoit,P., McClemnets, D.J., Deker, E.A. 2005. Stability of spray dried tuna oil emulsion encapsulated with Two-layered interfacial membranes. *J.Agric.Food Chem*. 53:8365-8371.

Kolakowska et al 1991 n Nicol, S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. FAO fisheries technical paper. No. 367. FaO, Rome

Kolakowska et al 1994 In Nicol, S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. FAO fisheries technical paper. No. 367. FaO, Rome.

Koletzko B. Thiel I, Springer S, et al. 1992. Lipids in human milk: a model for infant formulae? Eur J Clin Nutr 4 (Suppl):S45-S55,1992.

Lande B, Andersen LF, Baerug A, Trygg KU, Lund-Larsen K, Veierod MB, Bjorneboe GE. 2003. Infant feeding practices and associated factors in the first six months of life: the Norwegian infant nutrition survey. Acta Paediatr. 2003;92(2):152-61.

Laws R., Proc. of the Third Symposium on Antarctic biology. Washington 1974.

Lawson LD and Hughes BG. "Absorption of EPA and DHA from fish oil triacylglycerols or fish oil esters co-ingested with a high fat meal." Biochem. Biophys Res. Commun., 156:960-963, 1988.

Leaf A & Weber PC. "A new era for science in nutrition". American journal of clinical nutrition 45:1048-1053 (1987)

Leitzmann MF, Stampfer MJ. Dietary intake of n-3 (fish oils) and n-6 fatty acids and the risk of prostate cancer. Department of Health and Human Services, Bethesda, MD 20892, USA. Am J Clin Nutr. 2004 Jul;80(1):204-16.

Lim, S. 2006. Fishing for value: with fish supplies not expected to increase in the years ahead, fish oil prices are set to be high and producers are looking to add value through aquaculture feed and highlighting the health benefits of Omega-3 fatty acids. Oil and fat international, Jan 2006.

Lundebye H, A.-K, Berntssen M.H.G, Lie Ø, Ritchie P, Isosaari H.K. & Vartianen T. 2004. Dietary uptake of dioxines (PCDD) and dioxine-loke PCB's in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Aquacult. Nutr. 10:199-207.

Lynum, L. 1997. Fisk som råstoff. Tapir forlag, Trondheim.

Metz, et al. 1985. "The Interaction of Dietary Vitamin A and Vitamin D Related to Skeletal Development in the Turkey Poultry," J. Nutr. 115:929-935.

Morgan, W. 2004. Differentiating ALA, EPA and DHA: roles, future directions and applications. The omega 3 workshop. Brisbane.

Myhre et al. 2003. "Water-miscible, emulsified, and solid forms of retinol supplements are more toxic than oil-based preparations," Am J Clin Nutr, 78 (2003) 1152-9.

Nesheim, M.C. & Yaktine, A.L. (ed) 2006. Seafood choices, balancing benefits and risks. Committee on nutritional relations in seafood. National academies. USA.

Måge et al. 2005. NIFES Årsmelding 2005

Nestvold. V. 2004. Sunt i 150 år. Teknisk ukeblad.

NFR 2006. Fordelingsprosessens betydning for biologisk aktivitet, marine oljer. Info fra forskningsprogrammet Næringsmidler. Norges Forskningsråd.

Nicol, S. 1995. Development of the krill fishing industri. In Harvesting krill (ed Pitcher, T., Chuenpagdee, R.). Fisheries Center Research report, Nr 3. University of British Columbia, Canada.

Nicol, S., de la Mare, W. K. and Stolp, M. (1995). The energetic cost of egg production in Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Antarctic Science* 7, 25-30.

Nicol, S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. FAO fisheries technical paper. No. 367. FaO, Rome.

Nicol, S. Foster; J. 2003. Recent trends in the fishery for Antarctic krill, *Aquatic living resour.* 16:42-45.

Nicol, S., Virtue, P, King, R., Daveport, S.R., McGaffin, A.F., Nichols, P. 2004. Condition of *Euphausia crystallorophias* off East Antarctica in winter in comparasion to other seasons. *Deep-Sea Research* 51:2215-2224.

North East States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM) . FDA.
<http://www.nescaum.org/>

Nutra 2005. Lysi doubles fish oil capacity with new plant. Nutra ingredients.com.

Nutra 2006. Negativity remains over omega-3, says Frost. Nutra ingredients.com.

Nye råstoffer til fiskefôr. 2005. Havforskningstema 3-2005. Havforskningsinstituttet Bergen.

Quetin, L. B., Ross, R. M. and Clarke, A. (1994). Krill energetics: seasonal and environmental aspects of the physiology of *Euphausia superba*. In *Southern Ocean Ecology: the BIOMASS perspective* (ed. S. Z. El-Sayed), pp. 165-184. Cambridge: Cambridge University Press.

Ocean alive. How safe are fish oil supplements? www.oceansalive.org.

Okada, T., Morrissay, M.T. 2004. Oroduction of omega-3 polyunsaturated fatty acids concentrate from sardine oil by lipase-catalyzed hudrolysis. IFT Annual Meeting, July 12-16. Las Vegas, NV.

Pawlosky, R. J., J. R. Hibbeln, J. A. Novotny, and N. Salem, Jr. Physiological compartmental analysis of -linolenic acid metabolism in adult humans. *J. Lipid Res.* 2001. 42: 1257;-1265.

Phleger CF, Nelson MM, Mooney BD, Nichols PD. Interannual and between species comparison of the lipids, fatty acids and sterols of Antarctic krill from the US AMLR Elephant Island survey area. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* 2002 Apr;131(4):733-47

Pettersen, J. 2007. Marine oljer helsemessige konsekvenser av prosessering. RUBIN konferanse. Marine biprodukter – utfordringer, perspektiver og kommersialisering. Stjørdal 7-8 februar 2007.

Pike, I.H. 2005. Eco-efficiency in aquaculture: global catches of wild fish used in aquaculture. *Int. Aquafeed* 8:38-40.

Refstie, S. 2006. Hva skal vi lage laksen av når vi produsere 1,5 mill. tonn i 2015? http://coreweb.nhosp.no/fhl.no/html/files/Refstie_FHL_MR_T_2007.pdf

Report to the Royal Commission on Environmental Pollution. 2003. The potential impact of Technological Innovation on the Aquaculture Industry. Institute of Aquaculture & Department of Marketinf. University of Stirling.

Report of the Scientific Committee on Animal Nutrition (SCAN) of the European Commission, November 2000.

Robert, S.S. 2005. Production of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid-containing oils in transgenic land plants for human and aquaculture nutrition. *Marine biotechnology* 8:103-109.

Roshanai F, Sanders TAB. Assessment of fatty acid intakes in vegans and omnivores. *Human Nutr: Appl Nutr* 38A:345-354,1984.

RUBIN 2003. Internasjonal markeds- og industrianalyse for marine ingredienser. RUBIN rapport nr 111. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.

RUBIN 2005. Varestrømsanalyse. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.

RUBIN 2005. Potensialer for ingredienser, konsumprodukter eller fôr fra biprodukter. RUBIN rapport 126. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.

RUBIN rapp 139. Dokumentasjon av fersk norsk lakseolje i fôr til hund og smågris. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.

Sampalis F., Bunea R., Pelland M.F., Kowalski O., Duget N., Dupuis S. Neptune Krill Oil on the Management of Premenstrual Syndrome and Dysmenorrhea. *Alternative Medicine Review*, Vol. 8, Num. 2, 2003

Sander A. 2007. Functional Ingredients from Norwegian Marine by-products. RUBIN konferanse. Marine biprodukter – utfordringer, perspektiver og kommersialisering. Stjørdal 7-8 februar 2007.

Sanderson et al 2004. In Aleksander et al 2006.

Sands, M., Nicol, S., McMinn, A. 1998. Fluoride in Antarctic Marine crustaceans. *Marine biology* 132:591-598.

Schatzman, D. 2006. Research mounts on benefits of Omega-3s. *Nutritional Outlook*.

- Schwellenbach, L.J. 2006. The triglyceride-Lowering effects of a modest dose of docosahexaenoic acid alone versus a combination with low eicosapentaenoic acid in patients with coronary artery disease and elevated triglycerides. *Journal of the American college of nutrition*. 6:480-485.
- Siegel, V.; Loeb, V.: Recruitment of Antarctic krill *Euphausia superba* and possible causes for its variability, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123, pp. 45 – 56; 1995
- Simopoulos AP. 1991. Omega 3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr.* 1991;54:438-463
- Sprenger, M. 2007. Et nytt fett oljeeventyr. *Teknisk ukeblad*.
- Standal, H. 2004. Miljøgifter-problemer/løsninger for utnyttelse av fiskeoljer. RUBIN-konferanse, Stjørdal 28-29/1 - 2004.
- Stauffer BL, Konhilas JP, Luczak ED, Leinwand LA. 2006. Soy diet worsens heart disease in mice. *J Clin Invest.* 2006 Jan;116(1):209-16.
- Store Norske 2007. *Tran*. Store Norske leksikon, Aschehoug, Oslo.
- Stortingsmelding nr 27. 2003-2004. Norsk sjøpattedyrpolitikk. Fiskeridepartementet
- Strøm, T. 2002. Lakseoppdrett: Matproduksjon eller matdestruksjon. Rapport 2/2002. *Framtiden I våre hendes forskningsinstitutt*.
- Storelli MM, Storelli A, Marcotrigiano GO. Polychlorinated biphenyls, hexachlorobenzene, hexachlorocyclohexane isomers, and pesticide organochlorine residues in cod-liver oil dietary supplements. *J Food Prot.* 2004 Aug;67(8):1787-91.
- Sullivan, K. 2006. Cod liver oil, the number one superfood. *NewsTarget.com*
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.H., Subasinghe, R.P. 2006. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. *FAO, Rome*.
- Torstensen, B.E., Frøyland, L., Ørnsrud, R., Lie, Ø. 2004. Tailoring of cardioprotective muscle fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed vegetable oils. *Food Chemistry* 87:567-580.
- Torstensen B.E., J. Gordon Bell, Grethe Rosenlund, R. James Henderson, Ingvild E. Graff, Douglas R. Tocher, Øyvind Lie, and John R. Sargent (2005) Tailoring of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Flesh Lipid Composition and Sensory Quality by Replacing Fish Oil with a Vegetable Oil Blend. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (26), 10166 - 10178
- Tuominen, T.R., Esmark, M. 2003. Food for thought: the use of marine resources in fish feed. *WWF-Norge*.
- Uauy R, Peirano P, Hoffman D, 1996. Role of essential fatty acids in the function of the developing nervous system. *Lipids* 31(S):167-76, 1996.

USDA Nutrient Database for standard reference. Release 19 (2006).

Vognild E, Elvevoll EO, Brox J, Olsen RL, Barstad H, Aursand M, Osterud B. Effects of dietary marine oils and olive oil on fatty acid composition, platelet membrane fluidity, platelet responses, and serum lipids in healthy humans. *Lipids*. 1998 Apr;33(4):427-36.

Våge K. 2002. Selolje som helsekost. Resyme konferanse – Kystsel fra problem til ressurs, Lovund 29 – 31 mai.

Wen, Z.Y. & Chen, F.(2003). Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae, *Biotechnology Advances* 21, p. 273-294

White LR, Petrovitch H, Ross GW, Masaki K, Hardman J, Nelson J, Davis D, Markesbery W. (2000). Brain aging and midlife tofu consumption. *J Am Coll Nutr*. 2000 Apr;19(2):242-55.

WHO. 2003. Department of Nutrition for Health and Development.

Wikipedia 2007. Krill fishery

Wray T. 2001. Making the most of Jack Mackerel. *Seafood International*. July 2001. pp 39-43.

Waagbø R., Espe M., Hamre K., and Lie Ø. 2001. *Fiskeernæring. Kystnæringen & Bokklubb AS*. Bergen.

Yamada, 1964. In Nicol, S., Endo, Y. 1997. Krill fisheries of the world. *FAO fisheries technical paper*. No. 367. FaO, Rome.

Yazawa K. 1995 EPA and DHA content in marine fish (In Japanese).

Young F.V.K. 1986. *The chemical & Physical Properties of Crude Fish Oils for Refiners & Hydrogenators*. Fish Oil Bulletin No. 18. June.