

Rapport nr. 216

# **Sildeavskjær som råstoff til spesial- produkter for helse og ernæring**

Hovedprosjekt

## RAPPORTTITTEL

**Sildeavskjær som råstoff til spesialprodukter for helse og ernæring. Hovedprosjekt.**

RAPPORTNUMMER	216	PROSJEKTNUMMER	4649
UTGIVER	RUBIN	DATO	Januar 2012

## UTFØRENDE INSTITUSJONER

### EPAX AS

P.b. 2047, 6028 Ålesund

Kontaktpersoner: Iren Stoknes ([iren.stoknes@epax.com](mailto:iren.stoknes@epax.com))

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Sildeolje kan fremstilles fra ferskt biråstoff fra filetering av sild og gi et stabilt produkt med et vidt anvendelsesområde. Sild er et rent marint produkt, med svært lave konsentrasjoner av omega-6 fettsyrer, noe som gir svært gunstig n-3/n-6 ratio. Sildeolje inneholder høye konsentrasjoner av monoumettede fettsyrer, som kan ha positiv helseeffekt, og har dessuten naturlige antioksidanter som kan ha næringsmessig verdi.

Basert på en forstudie i 2008/2009 (RUBIN-rapport 172), startet omega-3 produsenten EPAX et 2-årig prosjekt i 2009 for å utvikle spesialprodukter av fersk sildeolje til helse og ernæring. EPAX er en verdensledende produsent av omega-3 konsentrater fra importert fiskeolje fra Sør-Amerika, og ser nye muligheter med bruk av ferske sildeoljer.

Prosjektet har omfattet prosessering av olje fra ferskt sildebiråstoff for bruk i næringsmidler, litteraturgjennomgang av kjente biologiske effekter av monoene fettsyrene, utvikling av konsentrat av monoene fettsyrer og omega-3 fettsyrer og sett på mulighetene for utnyttelse av proteinfasen for prod. av fosfolipider.

Hovedkonklusjoner er at prosessering og stabilisering av olje produsert fra ferskt sildeavskjær fra Sjøset Pelagic på Træna (kfr. RUBIN-rapport 189) har gitt en høykvalitets olje med svært god stabilitet. Oljen er testet ut i næringsmiddelapplikasjoner (melk og yoghurt) ved Danmarks tekniske universitet (DTU) med positivt resultat. Videre er det utviklet et "delivery system" i form av stabil emulsjon med 70% olje i vann. Det er oppnådd lovende resultater for oksidasjonsbeskyttelse ved hjelp av dette systemet.

En litteraturgjennomgang av biologiske effekter av monoene fettsyrer (LC-MUFA) viser at disse fettsyrene kan ha positiv effekt på helse ved å redusere risiko for type-2 diabetes og metabolsk syndrom, redusere overvekt og fedme og virke forebyggende mot hjerteinfarkt.

Det er utviklet et konsentrat med 40-45% MUFA og 40-45% omega-3 fettsyrer der de mettede fettsyrene er fjernet. Dette vil kunne bli et nytt produkt i markedet.

Ved uttesting av den proteinrike «slamfasen» etter hydrolyse av sildeavskjær viser resultatene at slamfasen inneholder ca. 13% totalt lipid (av tørrstoff). Ved etanolekstrasjon er det utvunnet 3-4 vektprosent fosfolipid fra tørrvekten av slamfasen.

Resultatene anses som interessante for mulighetene for utvikling av produkter for human bruk, særlig innenfor kosttilskuddsbransjen. Arbeidet videreføres i et pågående prosjekt støttet av Regionalt forskningsfond i Midt-Norge.

## SLUTTRAPPORT

Utarbeidet av: Harald Breivik, Neperdo Biomarine Iren Stoknes, Epax Norway	Går til: Sigrun Bekkevold, RUBIN
Dato: 30. desember 2011	Prosjektperiode: 01.09.2009 – 31.12.2011
Prosjektnummer: p0309	Klassifisering: Åpen

# Sild og sildeavskjær som råstoff til spesialprodukter for helse og ernæring

## FORORD

EPAX har mottatt økonomisk tilskudd fra Stiftelsen RUBIN til å gjennomføre et treårig prosjekt med sikte på å utvikle spesialprodukter for helse og ernæring basert på sild og sildeavskjær. Prosjektet har hatt fokus på sildeolje og bygger på resultater som ble oppnådd i et forprosjekt støttet av RUBIN.



## INNHold

1. Sammendrag	s. 2
2. Bakgrunn, resultater og diskusjon	3
2.1 Delarbeid 1. Høykvalitets oljer – inklusiv bruk i næringsmidler	3
2.2 Delarbeid 2. Monoenfettsyrer (LC-MUFA) – dokumentasjon av biologisk effekt	12
2.3 Delarbeid 3. Konsentrat av monoenfettsyrer (LC-MUFA) og omega3-fettsyrer (LC-PUFA)	13
2.4 Delarbeid 4. Utnyttelse av proteinfase for utvinning av fosfolipider	14
2.5 Annen relevant informasjon fra prosjektet	15
3. Konklusjoner	18
4. Organisering av arbeidet	19
Referanser	20
Vedlegg: Rapport fra Norges Fiskerihøgskole: Biologisk effekt av langkjedet enumettede fettsyrer (LC-MUFA)	

## 1. SAMMENDRAG

Med mål om å utvikle nye sildeoljeprodukter er det arbeidet på følgende områder:

- **Høykvalitets sildeoljer – inklusiv bruk i næringsmidler**

Prosessering og stabilisering av olje fra ferske sildebiprodukter har gitt en høykvalitets olje med svært god stabilitet. Oljen er testet ut i næringsmiddelapplikasjoner ved Danmarks tekniske universitet (DTU) med positivt resultat. Basert på erfaringene med utprøving av stabilisert sildeolje i melk og yoghurt drikk, er det gjort forsøk med å utvikle et ”delivery system” i form av stabil emulsjon. Det er oppnådd lovende resultater for oksidasjonsbeskyttelse ved hjelp av dette systemet.

- **Monoenfettsyrer fra sildeolje (LC-MUFA)**

Sildeolje inneholder betydelige konsentrasjoner av langkjedete monoumettede fettsyrer (LC-MUFA). Det høye innholdet av disse fettsyrene kan vise seg å gi sildeoljen en øket verdi. I samsvar med prosjektplanen ble det utarbeidet en oversikt over kjente biologiske effekter av disse fettsyrene. Denne delen av arbeidet ble utført ved Norges fiskerihøgskole. Funnene viser at LC-MUFA kan ha en positiv effekt på helsen ved å redusere risiko for type-2 diabetes og metabolsk syndrom, redusere overvekt og fedme, samt virke forebyggende mot hjerteinfarkt.

- **Konsentrat av monoenfettsyrer (LC-MUFA) og omega3-fettsyrer (LC-PUFA)**

Fjerning av mettede fettsyrer fra sildeolje vil gi et kombinert konsentrat av langkjedete omega-3 fettsyrer og LC-MUFA. Det er fremstilt et slikt produkt, med ca 40-45 % MUFA og ca. 40-45 % omega-3-fettsyrer (GC areal %). Tilsvarende konsentrater finnes så vidt vi vet ikke kommersielt tilgjengelig i dag, og dette vil derfor kunne bli et helt nytt produkt i markedet. Arbeidet er utført i laboratoriene til EPAX.

- **Utnyttelse av proteinfase for utvinning av fosfolipider**

EPAX har i tidligere interne prosjekter arbeidet med å utvinne fosfolipider fra marint råstoff og har utviklet en prosess for ekstraksjon og rensing. I dette prosjektet er den proteinrike ”slamfasen”<sup>1</sup> etter hydrolyse av sildebiprodukter blitt testet som mulig råstoff for ekstraksjon av fosfolipider. Resultatene viser at slamfasen etter hydrolyse av sildebiprodukter inneholdt ca 13% totalt lipid (beregnet av tørrstoff). Ved etanolekstraksjon fikk vi utvunnet ca 3-4 vektprosent fosfolipid fra tørrvekt av slamfasen.

Resultatene fra prosjektet viser interessante muligheter for å utvikle produkter for humant konsum og særlig innen marine ingredienser og kosttilskuddsbransjen. Arbeidet med sildeolje videreføres i et pågående prosjekt som støttes av Regionalt forskningsfond Midt-Norge.

---

<sup>1</sup> Slamfase er et begrep som benyttes for å beskrive en av fasene som oppstår ved hydrolyse av fiskeråstoff. Da oppstår en oljefase (topp), en hydrolysatfase (midt) hvor det er mest vannløselige proteiner og en slamfase (bunn) hvor det er mye uløselige proteiner.

## 2. BAKGRUNN, RESULTATER OG DISKUSJON

### 2.1 Delarbeid 1. Høykvalitets oljer - inklusiv bruk i næringsmidler

Produksjon av høykvalitets olje fra sildebiprodukter kan øke inntjeningen i fiskeforedlingsindustrien, og bidra til en bedre anvendelse av næringsrikt råstoff.

- Sildeolje inneholder lave konsentrasjoner av omega-6 fettsyrer, noe som gir svært gunstig n-3/n-6 ratio.
- Sildeolje inneholder høye konsentrasjoner av monoumettede fettsyrer, noe som kan ha positiv helseeffekt.
- Fersk sildeolje inneholder naturlige antioksidanter som kan ha næringsmessig verdi.

Fiskeolje fra ferske råmaterialer har høy kvalitet, inneholder naturlige antioksidanter og lave nivåer av oksidasjonsprodukter. Tidligere arbeider utført ved EPAX og andre produsenter viser at man kan oppnå en stabil olje med utmerkede sensoriske egenskaper basert på olje fra ferskt avskjær fra laks. Prosjektet viser at erfaringer fra dette arbeidet kan overføres til produksjon av høykvalitets olje fra fersk sild eller ferske biprodukter fra sild.

Med utgangspunktet i ferskt restråstoff fra sild, ble det i prosjektet sett på følgende fraksjoner:

- Olje
- Vannuløselig: vesentlig proteiner pluss restolje
- Vannfase

Innsatsen har i hovedsak vært rettet mot produktutvikling fra sildeolje. Prosessering og stabilisering av olje fra ferske sildebiprodukter har gitt en høykvalitets olje med svært god stabilitet. Oljen er testet ut i næringsmiddelapplikasjoner ved Danmarks tekniske universitet (DTU) med positivt resultat.

Basert på erfaringene med utprøving av stabilisert sildeolje i næringsmiddelapplikasjoner, er det ved DTU utviklet et ”delivery system”. Dette systemet, som består av en stabil emulsjon med 70 % olje i vann, er testet ut på triglyseridkonsentrat med positivt resultat.

#### **Produktstrømmer fra ferskt silderåstoff**

Dersom man skal lykkes med å fremstille en nøytral og stabil sildeolje til bruk i næringsmidler, vil det være en betydelig fordel å starte med helt ferske råstoffer. Avskjær fra sildefiletering er et slikt råstoff. Produksjonen av olje fra ferskt avskjær kan foregå under milde prosessbetingelser, og kan delvis bygge på kjent teknologi for produksjon av olje fra ferskt avskjær fra oppdrettsnæringen.



Foto: SINTEF Fiskeri og havbruk

Fiskeolje fra ferske råmaterialer har høy kvalitet, inneholder naturlige antioksidanter og lave nivåer av oksidasjonsprodukter. I dag produseres slike oljer vesentlig fra ferske biprodukter fra fiskeoppdrett (avskjær fra laks og lever fra torsk). På grunn av at det benyttes vegetabiliske oljer i fôret, kan slike oljer inneholde opp til 11 % linolsyre (C18:2 n-6) (1), noe som gir lav n-3/n-6 ratio i oljene, selv om innholdet av langkjedete omega-3 fettsyrer kan være på samme nivå som det man finner i villfisk. Inntak av laks fôret med høye konsentrasjoner rapsolje gir ikke samme gunstige biokjemiske effekter som laks som ikke har fått høye nivåer vegetabiliske oljer i fôret (2). Sildeolje med høy kvalitet kan derfor ha markedsmessige fordeler fremfor olje fra oppdrettsfisk.

I utgangspunktet vil det dannes tre produktstrømmer fra ferskt råstoff. Det er olje, vannuløselig fraksjon (vesentlig proteiner pluss restolje) og vannfase.

### **Olje fra fersk råstoff**

Det er to sildestammer som har vært relevante for arbeidet: nordsjøsild og norsk vårgytende sild (NVG-sild). Våre analyser og eksperimentelle arbeider har hatt fokus på NVG sild, som er tilgjengelig i størst volum, og som også antas å være gunstigst med hensyn til innhold av miljøgifter. I forstudiet til dette prosjektet laget Møreforskning en rapport som blant annet redegjør for volumestimer (3). Se også RUBIN-rapport fra forprosjektet til dette prosjektet (4).

### **Variasjon i fettsyresammensetning**

Forprosjektet viste at sildeolje kan ha et relativt høyt innhold av omega-3-fettsyrer. I en av oljene som ble testet i forprosjektet ble omega3-innholdet målt til 27% (arealprosent ved GC-analyse (4).

Nivået av omega-3 fettsyrer i sildeolje varierer med årstiden. Sildeolje er rikst på omega-3-fettsyrer om sommeren og tidlig på høsten, mens konsentrasjonene er lavest i perioden etter

gyting. Sildeolje inneholder mer DHA enn EPA, med unntak av en kort periode etter gyting, da oljen kan inneholde mer EPA enn DHA. Årsaken til dette er at DHA er en viktigere komponent enn EPA i membranlipider i rogn og melke (5).

Vår erfaring tilsier også at sensommeren eller tidlig høst kan være foretrukket tid for produksjon av sildeolje som er rik på omega-3 fettsyrer. For eksperimentelle arbeider valgte vi innledningsvis en NVG-olje fra Welcon, som inneholdt 27.1 A % omega-3 fettsyrer, og som var produsert i september 2008, delvis fra sildeavskjær. Denne oljen ble prosessert i laboratorieskala ved ulike betingelser, inkludert fjerning av persistente organiske miljøgifter, deodorisering og stabilisering med antioksidanter. Etter prosessering hadde oljen en nøytral lukt og smak. Oljen viste god stabilitet mot oksidasjon.

Den oljen som ble testet ut i næringsmiddelapplikasjoner ved DTU var produsert fra ferskt sildeavskjær på Træna høsten 2009 (se mer info i avsnitt om produksjon av olje), og inneholdt ca. 21-22 A% omega-3-fettsyrer. Siden det ble produsert relativt små mengder olje ved Træna-forsøket har vi til fremstilling av konsentrater benyttet olje fra Welcon med ca. 18 -21 A % omega-3-fettsyrer.

#### **Omega-3- og omega-6-innhold**

Analyser i laboratoriet hos EPAX viser et n-3/n-6 forhold i omega-3-rik sildeolje på 11-12. Tabell 1 viser innhold av omega-3-fettsyrer i den utvalgte NVG-oljen. I likhet med tran (6), men i motsetning til de fleste konsentrater, inneholder sildeolje også mindre mengder 20:3n-3, i tillegg til de vanlige 7 omega-3-fettsyrene i marint råstoff.

*Tabell 1. Omega-3-fettsyrer i utvalgt prøve av olje fra NVG-sild*

Fettsyre	Konsentrasjon (A %)
18:3n-3	1.48
18:4n-3	4.23
20:3n-3	0.17
20:4n-3	1.04
20:5n-3	7.71
21:5n-3	0.45
22:5n-3	1.18
22:6n-3	10.84
Sum n-3:	27.09

*Tabell 2. Omega-6-fettsyrer i utvalgt prøve av olje fra NVG-sild*

Fettsyre	Konsentrasjon (A %)
18:2n-6	1.46
20:2n-6	0.26
20:4n-6	0.33
22:5n-6	0.25
Sum n-6:	2.30

Tallene i tabell 1 og 2 gir:  $n-3/n-6 = 11.8$

Analyseresultatene for n-3/n-6 forhold samsvarer med analyseresultater hos SINTEF Fiskeri og Havbruk, basert på deres deltagelse i RUBIN-prosjektet "Pelagiske biprodukter" (7).

### **Monoumettede fettsyrer**

Se Delarbeid 2.

### **Vitaminer og antioksidanter.**

Innholdet av vitaminer og antioksidanter i sildeolje antas å variere i løpet av året. Den omega-3 rike oljen, med fettsyresammensetning som ovenfor, hadde disse vitaminkonsentrasjonene:

*Tabell 3. Vitaminnivå i utvalgt sildeolje*

Tokoferol	0.02 mg/g
Vitamin A	15.8 µg/g
Vitamin D	0.36 µg/g

Basert på anbefalinger fra Helsedirektoratet (6) vil 10 gram av en slik olje dekke 15-25 % av dagsbehovet til en voksen person for vitamin A, og 35-50 % av dagsbehovet for vitamin D.

Data publisert av NIFES (8) viser at sildefilet med 14 % lipider kan inneholde 0.02 mg/g tokoferol, 0.06 µg/g vitamin A og 0.115 µg/g vitamin D, dvs. mer vitamin D enn vitamin A. Når vi finner relativt mer vitamin A, skyldes det trolig bidrag fra lever og innmat. Det kan også være at produksjonsprosessen er mer effektiv for å ta ut vitamin A enn for å ta ut vitamin D fra silderåstoffet. Ulikhetene kan i tillegg skyldes årstidsvariasjoner.

### **Råstoff og innvirkning på kvalitet**

Erfaring fra produksjon av olje fra biprodukter fra oppdrettslaks tilsier at ferskheten er av helt avgjørende betydning for å oppnå en olje som er stabil mot harskning. På grunn av enzymer fra fordøyelsessystemet, øker også nivået av frie fettsyrer meget raskt ut over akseptable verdier, dersom råstoffene lagres før prosessering.

Publiserte resultater viser at olje fra ferske silderåmaterialer gir lavere oksidasjonsverdier, lavere jerninnhold (jern i oljen katalyserer harskning), lavere FFA, mindre tap av  $\alpha$ -tokoferol, og bedre sensoriske resultater enn olje fra frosne råmaterialer (5). Avskjær fra salt sild inneholder høyere konsentrasjoner av jern og kobber enn olje fra ferskt avskjær, noe som gir lavere stabilitet av slike oljer (5). Ut fra dette kan man konkludere med at det vil være utfordrende å benytte frosne eller salte sildebiprodukter til produksjon av høykvalitets olje.

Noe uventet viser det seg at når man sorterer sildeavskjær, inneholder olje fra hoder lavest konsentrasjon av flerumettede, og høyest konsentrasjoner mettede fettsyrer, samtidig som oljen fra hoder har lettest for å harskne (5). Denne observasjonen er motsatt av hva som er kjent for



tunfisk, hvor hodene (særsklit fettett rundt øynene) anses for å gi olje med særlig høye konsentrasjoner av DHA.

### **Stabilitet og sensoriske analyser**

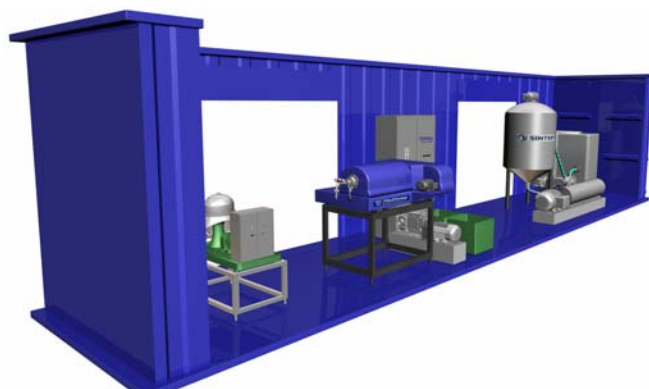
EPAX benytter destillasjonsteknologi til effektivt å fjerne persistente organiske miljøgifter (POPs) fra fiskeolje. Denne teknologien kan også benyttes på sildeolje. Fjerning av miljøgifter behøver ikke skje på det opprinnelige produksjonsstedet, men kan utføres ved sentraliserte renseanlegg. Dermed reduseres investeringsbehovet ved de lokale produksjonsstedene.

Fjerning av POPs medfører en moderat reduksjon av enkelte antioksidanter i oljen, noe som kan gi redusert stabilitet. Epax har opparbeidet erfaring i hvorledes man etter slik rensing kan gjenopprette og øke stabiliteten av oljer som er produsert fra ferske råstoffer. Kunnskap om fjerning av organiske miljøgifter, kombinert med etterfølgende stabilisering av fiskeolje produsert fra ferske råstoffer, anses for å være av stor betydning for å kunne oppnå kommersiell suksess ved produksjon av sildeolje og konsentrater fra sildeolje til bruk i spesialprodukter for helse og ernæring.

Før dette prosjektet startet, hadde DTU Aqua på oppdrag fra EPAX utført sensoriske studier med rensede og stabiliserte fiskeoljer produsert fra ferske biprodukter fra fiskeoppdrett. Det ble blant annet vist at oljene fra EPAX hadde en hemmet utvikling av viktige flyktige oksidasjonsprodukter som forbindes med harsk eller fiskeaktig lukt og smak. Med forbehold om at det er vanskelig å sammenligne resultater fra forsøk som har blitt foretatt på ulik tid, ser det ut til at oljen fra ferskt sildeavskjær har minst like god kvalitet som det vi oppnådde med olje fra oppdrettsfisk. Dermed ser det ut til at avskjær fra fersk pelagisk fangst kan benyttes til å utvikle oljeprodukter for humant konsum.

### **Produksjon av olje**

SINTEF Fiskeri og Havbruk har et mobilt pilotanlegg for oljeproduksjon. Dette anlegget ble benyttet til å produsere olje fra ferskt sildeavskjær ved Modolv Sjøsets filetanlegg på Træna i slutten av september 2009. Arbeidet var del av et RUBIN-prosjekt hvor Modolv Sjøset er industripartner (9). EPAX bidro med kompetanse og egen tid, og mottok oljeprøver for videre bearbeiding.



## Prosessering av oljen og anvendelse av oljen i næringsmiddelapplikasjoner

Prosjektplanen la opp til et arbeid i tre trinn:

1. Fremstilling av høykvalitets raffinert og stabilisert olje, fri for miljøgifter
2. Evaluering av denne oljens kvalitet i næringsmiddelapplikasjoner
3. Utvikling av et "delivery system", slik at en formulering av raffinert og stabilisert sildeolje kan leveres ferdig til bruk i næringsmidler. Dette er tenkt som et godt alternativ til de mikroenkapsulerte oljene som finnes i markedet i dag, og antas å kunne gi en fordelaktig posisjon i markedet.



I løpet av den prosjektperioden har vi gjennomført de tre trinnene:

### Trinn 1: Fremstilling og stabilisering av olje

Prosessering og stabilisering av oljen fra Modolv Sjøset foregikk ved EPAX' laboratorium i Porsgrunn. Oljen ble rensert for persistente organiske miljøgifter, og deretter deodorisert og stabilisert ved hjelp av EPAX' egenutviklede antioksidantsystem. Etter stabilisering var oljen nøytral med hensyn til lukt og smak. Ved uttesting av oksidasjonsstabilitet med såkalt Oxipres®-apparat<sup>2</sup> fant vi vesentlig lenger induksjonstid for den stabiliserte oljen enn for råoljen før prosessering. Se Tabell 4. Basert på EPAX' tidligere erfaring med lakseolje fra ferske råstoffer, indikerer induksjonstidene at oljen kan egne seg i næringsmiddel-applikasjoner.

Tabell 4: Induksjonstid målt i Oxipres® ved 60°C

	Induksjonstid (timer) <sup>3</sup>
1. Råolje	Ca. 13
2. Olje etter fjerning av miljøgifter og deodorisering	14
3. Olje 2 etter stabilisering	234

### Trinn 2: Evaluering av oljen i næringsmiddelapplikasjoner

Oljen ble deretter evaluert i meieriapplikasjoner ved DTU, Lyngby, med Charlotte Jacobsen som faglig ansvarlig. Oljen ble testet i melk (0.5 % sildeolje) og i yoghurt drikk (1 % sildeolje). Oljen ble sammenlignet med en kommersiell marin olje, som er på markedet for anvendelse i næringsmidler. Som resultatene nedenfor viser, ga sildeoljen enda bedre resultater enn en "state of the art" kommersiell olje.

<sup>2</sup> Ved Oxipres® måles stabilitet av oljen under overtrykk av oksygen. Produsent av utstyret: Microlab, Århus.

<sup>3</sup> Induksjonstid: I dette målesystemet er induksjonstiden tiden det tar fra trykk og temperatur påføres oljen i målekammeret til den ikke lenger motstår opptak av oksygen. Ved hjelp av Oxipres måles oksygentrykk som funksjon av tid. Oksidasjon forårsaker et fall i oksygentrykket. Ved det man kaller induksjonstid for en gitt substans, inntreffer et hurtigere fall i oksygentrykket.

### Yoghurt med 1 % sildeolje

Det ble konkludert med at sildeoljen uten videre kan anvendes til kommersiell fremstilling av yoghurt drikk.

### Melk med 0.5 % sildeolje

Melk er et produkt hvor det er meget lett å observere fremmed lukt og smak. Dermed er melk en krevende matriser å arbeide med. Det var i utgangspunktet ikke ventet at en innblanding av fiskeolje kunne passere sensorisk ubemerket gjennom hele melkens holdbarhetstid.

Basert på utvikling av peroksidtall og GC/MS-data ble det konkludert med at sildeoljen resulterte i særdeles stabile melkeemulsjoner. Analyse av melken med sildeolje ga en meget lav PV-verdi ved forsøksstart, og det skjedde svært liten økning under lagring (PV 0.5 etter 11 døgn ved 2 °C). Melken med den kommersielle referanseoljen ga også lav PV ved forsøksstart, men oksiderte betydelig under lagring (PV 10.9 etter 11 døgn). Se tabell 5.

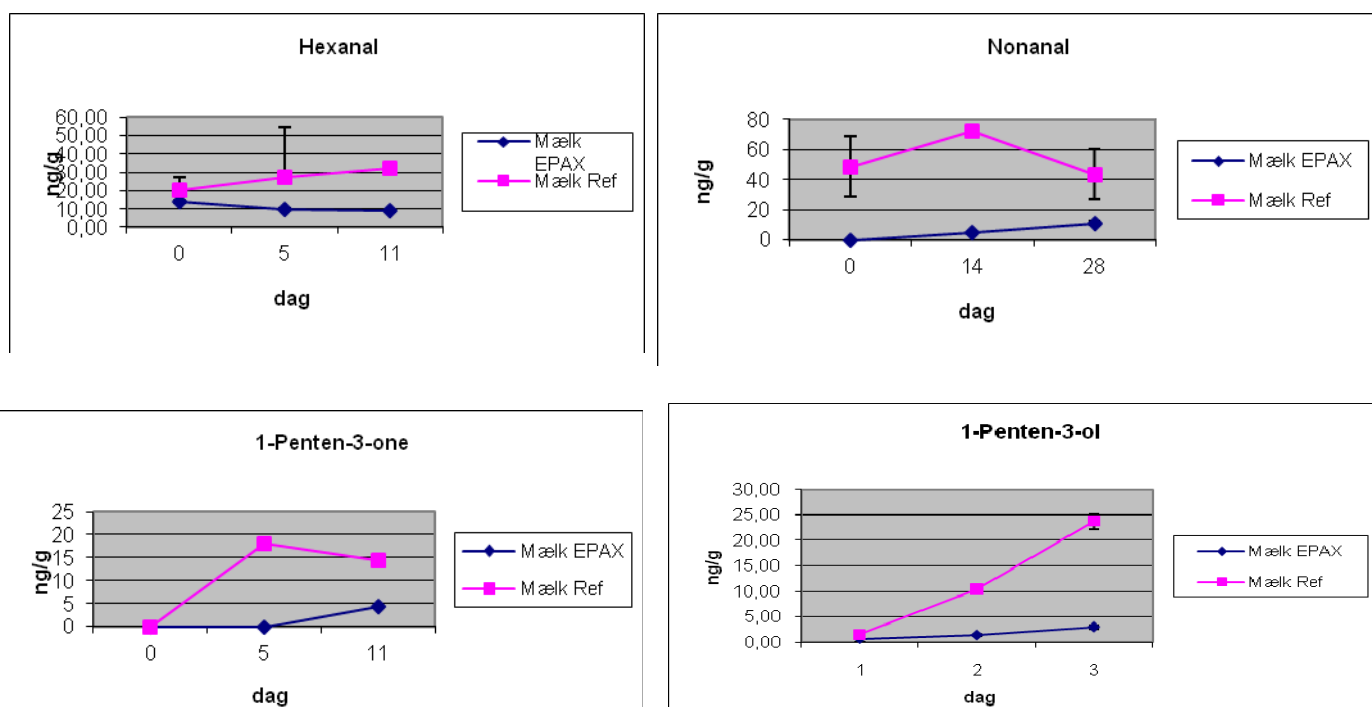
Tabell 5. Peroksid tall i melk lagret ved 2 °C. Analyser utført ved DTU

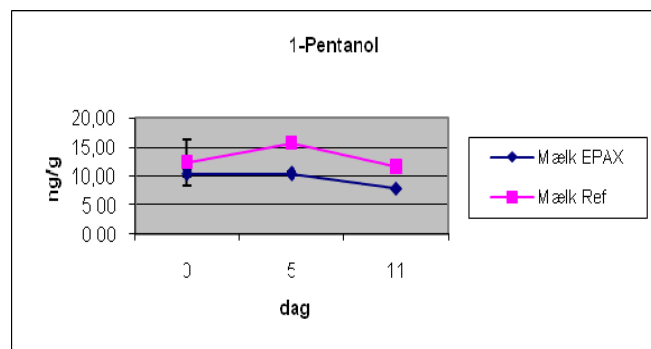
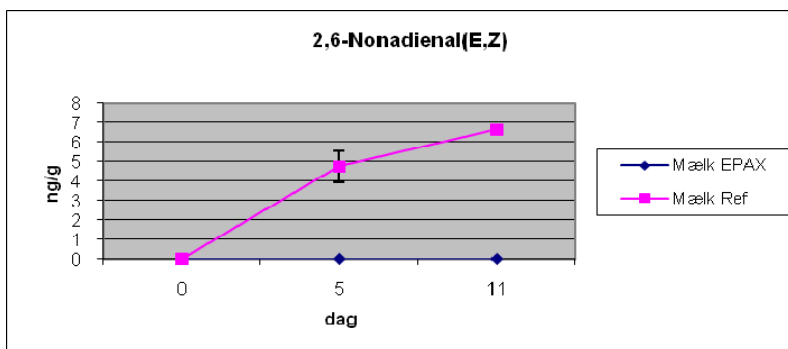
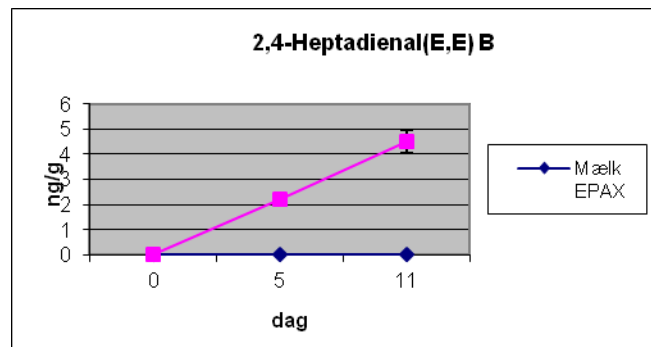
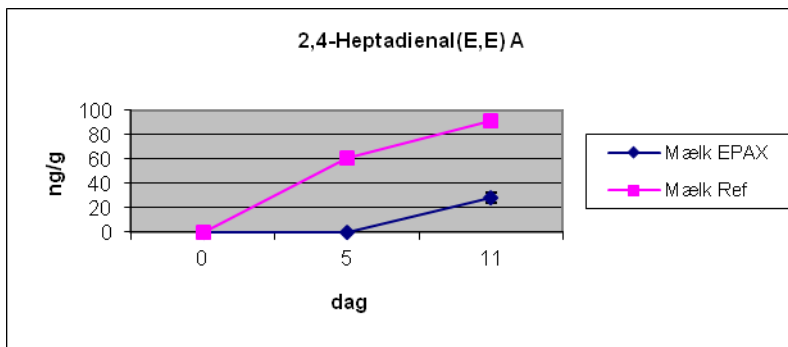
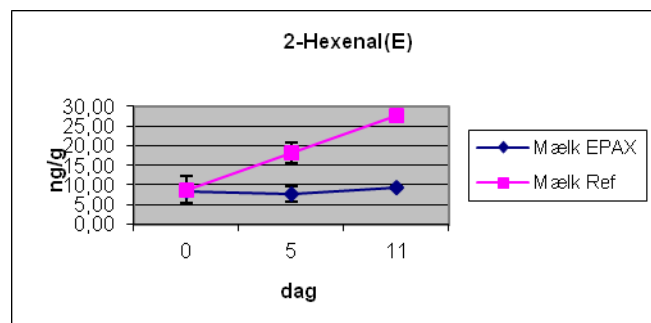
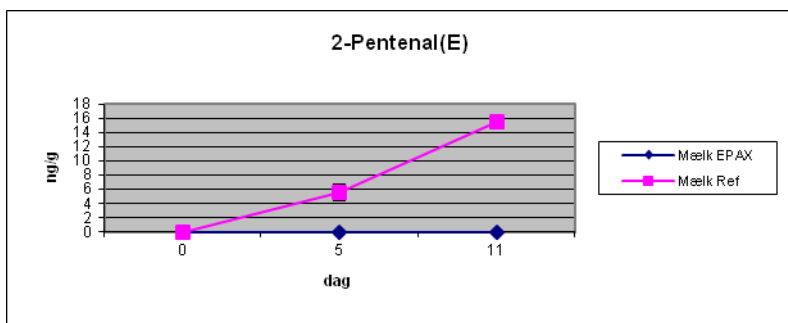
	Peroksid tall (meq O <sub>2</sub> /kg olje)		
	Dag 0	Dag 5	Dag 11
Melk med sildeolje	<0.1	0.39 (0.04)	0.46 (0.11)
Melk med referanseolje	0.18 (0.03)	3.07 (0.02)	10.86 (2.25)

Tallene i parentes indikerer standardavvik

Konsentrasjonen av flyktige oksidasjonsprodukter var for alle 10 målte forbindelser signifikant lavere i melk med sildeolje enn i melk med referanseoljen. Se figur 1.

Figur 1. Konsentrasjon av flyktige oksidasjonsprodukter i melk lagret ved 2°C. Analyser utført ved DTU.





For 6 av de 10 forbindelsene skjedde det ingen konsentrasjonsøkning i melk med sildeolje. Under lagring fremkom likevel en svak oppfatning av ”tran” ved vurdering av lukt og smak. Det ble imidlertid kommentert at intensiteten av transmak var på et så lavt nivå at det ikke er sikkert man vil kunne detektere transmak i melken, såfremt den produseres under optimale forhold i et industrianlegg.

EPAX anser disse resultatene som meget lovende. Den første produksjonen på Træna foregikk i liten skala, uten at det var oppnådd optimale prosessbetingelser, og uten beskyttelse mot oksygen. Vi mener derfor at det ved regulær produksjon vil være mulig å øke oljekvaliteten ytterligere.

### Trinn 3: Utvikling av et "delivery system"

Utvikling av et "delivery system" er tenkt som et formuleringssystem som forenkler tilsetning i næringsmidler, og som reduserer risikoen for utilsiktet harskning ved lagring og dosering

- i) hos næringsmiddelprodusenten, dersom oljen tilsettes i produkter som yoghurt
- ii) hos konsumenten, ved at man kan markedsføre en formulering i en pakning som tillater tilsening av en dose (et "shot") olje direkte til en porsjon næringsmiddel, som for eksempel en porsjon juice eller spebarnsgrøt.

Med bakgrunn i de gode resultatene med direkte bruk av stabilisert sildeolje i næringsmidler, og separate stabiliseringsforsøk av triglyseridkonsentrater hos EPAX, ble det i samråd med RUBIN valgt å undersøke om konsentrater fra sildeolje kan benyttes i et slikt "delivery system".

Det "delivery system" som vi sikter mot å benytte består av en stabil emulsjon av 70 % olje i vann. Oljen forligger på glyseridform (mer enn 90 % triglyserider), og er deodorisert og stabilisert ved hjelp av EPAX' egenutviklede antioksidantsystem. For å kunne oppnå kommerisell suksess anser vi det viktig at det valgte "delivery system" inneholder mest mulig olje.

Flere ulike emulgatorsystemer har blitt testet ut med sikte på å oppnå ønsket oljeinnhold kombinert med ønsket stabilitet. Innen utløpet av prosjektperioden har vi kommet frem til et foretrukket "delivery system" ved hjelp av uttesting på et modellkonsentrat med ca. 70 % omega-3-fettsyrer. Emulgatorsystemet inkluderer bruk av melkeproteiner. Etter lagring i 35 dager ved 20 °C var peroksidverdi av oljen øket fra ca. 1.0 til 3.6 (meq O<sub>2</sub>/kg olje). Konsentrasjonene av flyktige oksidasjonsprodukter var lave, og emulsjonen ga lav score på harskhet ved sensorisk testing (score 1-2 på en skala fra 0-9, hvor 0 er best).

For dette konseptet har ikke holdbarhet etter innblanding i næringsmidler vært et tema. Dette "delivery-systemet" er tenkt å være et konsentrat som kan transporteres og lagres uten fare for oksidasjon. Dersom et "shot" av emulsjonen så tilsettes direkte i en porsjon juice eller barnegrøt av forbrukeren like før konsum, så er holdbarhet i næringsmidlet ikke av betydning. Dersom emulsjonen skal brukes som tilsetning til næringsmidler, bør det være næringsmidler som har kort holdbarhetstid og hvor harskning ikke vil inntreffe i løpet av holdbarhetstiden. Det kan for eksempel gjelde melkeprodukter med kort holdbarhetstid. Slike undersøkelser var ikke planlagt innenfor dette prosjektet.

Det er planlagt videre forsøk med triglyseridkonsentrat av monoenfettsyrer og omega-3-fettsyrer fra sildeolje. Se også avsnitt 2.3. nedenfor.

## 2.2. Delarbeid 2. Monoenfettsyrer (LC-MUFA) – dokumentasjon av biologisk effekt

Oljesyre, C18:1n-9, antas å bidra til reduksjon av blodtrykk ved inntak av olivenolje (10). Olivenolje inneholder opp til 80 % oljesyre, mens omega-3 rik sildeolje ser ut til å inneholde ca. 12-13 % av denne gunstige fettsyren. På andre tider av året kan nivået være enda høyere.

Tabell 6. Monoenfettsyrer i utvalgt olje fra NVG-sild (A%, GC)

14:1	0.30
16:1	4.51
18:1n-9	12.81
18:1n-7	2.16
20:1n-11	0.87
20:1n-9	9.27
20:1n-7	0.20
22:1n-(11+13)	12.68
22:1n-9	0.73
Sum monoener:	43.8

Et av delmålene med prosjektet har vært å gjennomføre vurdering av om de langkjedete C20 og C22 monoumettede fettsyrene også kan ha positive helseeffekter.

Litteraturen gir ofte mangelfull informasjon om monoenfettsyrer i sildeolje. Oftest er monoenfettsyrene kun oppgitt som 16:1, 18:1, 20:1, 22:1 og 24:1. Det er imidlertid ikke gitt at de ulike isomerene har identisk biologisk effekt. C18:1 bør deles opp i n-9 og n-7. C20:1 bør analyseres som C20:1 n-7, n-11 og n-9. C22:1 inneholder isomerene n-9, n-11 og n-13. C22:1 n-11 er den dominerende av de to sistnevnte isomerene, og vi har i prosjektet ikke brukt ressurser på kvantitativt å separere C22:1n-11 og C22:1n-13.

Konsentrasjonen av monoenfettsyrer er lavest i sildeolje som inneholder mye EPA og DHA. Det betyr at bortsett fra sommer/høst vil nivået av MUFA være høyere enn det som fremgår av tabell 6.

Dersom det kan dokumenteres positive biologiske effekter av de langkjedete monoenfettsyrene i sildeolje, kan det gi oljen økt verdi både i næringsmiddelapplikasjoner og i kosttilskudd. I den senere tid har langkjedete monoenfettsyrer fra marine råstoffer vært mye i fokus, og var blant annet tema i flere presentasjoner på First International Marine Ingredients Conference (MIC 2010) i Oslo i september 2010.

Det er gjennomført et forprosjekt med sikte på å systematisere tilgjengelig informasjon om biologiske og helsemessige effekter av langkjedete monoenfettsyrer, for slik å fremskaffe

grunnlag for å søke om støtte til et separat prosjekt, for eksempel fra Forskningsrådet. Dette arbeidet har foregått i samarbeid med Norges fiskerihøgskole. Rapporten er utarbeidet av M.Sc. Ida G. Tveter, med professor Edel O. Elvevoll som faglig veileder, og følger som bilag til denne sluttrapporten (11). Rapporten gir en oversikt over litteratur på området, og konkluderer med at inntak av LC-MUFA kan ha en positiv effekt på helsen. Forskning tyder på at inntak av slike fettsyrer kan redusere risiko for type-2 diabetes og metabolsk syndrom, redusere overvekt og fedme, samt virke forebyggende mot CVD (Cardiovascular disease/hjerteinfarkt). Det har imidlertid vært utført lite forskning på dette feltet, og resultatene har vært motstridende.

### **2.3 Delarbeid 3. Konsentrat av monoenfettsyrer (LC-MUFA) og omega3-fettsyrer (LC-PUFA)**

Fjerning av mettede fettsyrer fra sildeolje gir et kombinert konsentrat av langkjedete omega-3-fettsyrer og langkjedete monoenfettsyrer. På grunn av den gunstige sammensetningen av sildeolje, vil slike konsentrater inneholde lave nivåer av omega-6-fettsyrer. Dersom dette arbeidet kommersialiseres, vil man kunne markedsføre en helt ny type konsentrat av fiskeolje for bruk i kosttilskudd.

Utviklingsarbeidet har inkludert bruk av en rekke ulike rense- og oppkonsentreringsteknikker. En utfordring er at etablerte teknologier enten separerer på bakgrunn av molekylstørrelse (eksempel: kortveisdestillasjon), noe som ikke vil skille mellom mettede og monoumettede fettsyrer med samme kjedelengde eller separerer på bakgrunn av umettethet, men da slik at mettede og monoumettede fettsyrer vanskelig separeres fullstendig (eksempel: ureafraksjonering, som utnyttes til å separere PUFA fra mettede fettsyrer pluss MUFA).

Vi har i laboratoriet lyktes i å fremstille kilogrammengder av et produkt med inntil ca. 45 % omega-3-fettsyrer og ca. 45 % monoenfettsyrer (GC arealprosent). I laboratoriet er dette produktet overført til triglycerideform (mer enn 90 % triglycerider). Denne prosessen vurderes for oppskalering til pilot- og kommersiell skala. I tillegg til at dette vil være et nytt produkt i markedet, er målet er å få frem et produkt som er enda mer stabilt mot oksidasjon enn de rene omega-3-konsentrater som finnes på markedet i dag. Det er planlagt uttesting av dette triglyceridkonsentratet fra sildeolje med det ”delivery system” for næringsmidler som er utviklet i dette prosjektet. Denne uttestingen ventes å finnes sted innen rammen av et prosjekt støttet av Regionalt forskningsfond Midt-Norge.



## 2.4 Delarbeid 4. Utnyttelse av proteinfase for utvinning av fosfolipider

Dersom man produserer olje fra helt ferske sildebiprodukter, er det sannsynlig at proteinfraksjonen kommer til å inneholde mer restfett enn mel fra ”modnet” silderåstoff, noe som vil gi utfordringer med hensyn til kvalitet, dersom proteinfraksjonen benyttes til fremstilling av tradisjonelt fiskemel. Utvikling av nye anvendelser for denne proteinfraksjonen kan derfor bli nødvendig for å få en best mulig utnyttelse av råstoffet.

Proteinfraksjonen med restfett var planlagt benyttet til produksjon av marine proteinhydrolysater. Pilotproduksjonen på Træna høsten 2009 ga imidlertid noe begrensede resultater med hensyn til hydrolyse. Rent teknisk vil utvikling av en hydrolyseprosess være enklest, dersom hydrolysen finner sted før oljeproduksjon. Dette vil imidlertid gi en olje som har dårligere kvalitet med hensyn til oksidasjonsprodukter og innhold av frie fettsyrer enn om oljeproduksjonen gjennomføres før hydrolysetrinnet. Det er lite trolig at dette vil gi en olje som er god nok for direkte anvendelse i næringsmidler.

I dette prosjektet hadde vi som mål å undersøke om ”slamfasen” fra en hydrolyseprosess av sildebiprodukter kunne være egnet råstoff for utvinning av fosfolipider. Råstoff til dette arbeidet ble mottatt fra SINTEF Fiskeri og havbruk etter forsøk de gjorde i sitt mobile pilotanlegg i 2010 (10. februar og 6. desember). Den proteinrike fasen (slamfasen) var frosset ned etter testproduksjoner SINTEF hadde gjort med hydrolyse av sildebiprodukter. Prosessen var basert på at det først ble gjennomført en hydrolyse av sildebiprodukter før oljen ble separert fra.

Slamfasen bestod av 20-30% tørrstoff. Hos EPAX ble materialet tint og tørket på rotavapor. Den tørkede slamfasen ble så benyttet til ekstraksjon og opprensing av fosfolipider etter metoder som EPAX tidligere har utviklet i egen regi. Resultatene viser at slamfasen etter hydrolyse av sildebiprodukter inneholdt ca 13% totalt lipid (beregnet av tørrstoff). Ved etanolekstraksjon fikk vi utvunnet ca 3-4 vektprosent fosfolipid fra tørrvekt av slamfasen.

Marine fosfolipider har fått økt interesse i omega3-kosttilskuddsmarkedet. I løpet av de siste 3 årene er flere produkter kommet på markedet. De fleste er basert på fosfolipider fra krill. Marine fosfolipider inneholder også EPA og DHA. Kliniske studier har vist at det i noen tilfeller er observert en mer effektiv absorpsjon av EPA og DHA når de er på fosfolipidform. Andre kliniske studier pågår i forhold til å forstå mekanismene i metabolismen hos dyr og mennesker. Sild inneholdt også omega3-rike fosfolipider som kan være interessante for dette markedet. I dette prosjektet har vi hatt søkelys på denne ”slamfasen” fra en hydrolyseprosess. Resultatene viser at det vil være et forholdsvis lavt utbytte av fosfolipider fra denne biproduktfasen. Det vil være kostnader forbundet med avvanning/tørking av slamfasen i forkant av en etanolekstraksjon som er testet i dette arbeidet. Ut i fra dette kan det konkluderes med at det vil være forholdsvis kostnadskrevenende å ekstrahere ut fosfolipider fra denne ”slamfasen”. En lønnsomhet i dette vil avhenge av at et sluttprodukt kan oppnå en høy pris i markedet og da kanskje en vesentlig høyere pris enn et vanlig omega3-produkt.



## 2.5 Annen relevant informasjon fra prosjektet

### Miljøgifter i olje fra NVG-sild

I tilknytning til arbeidet med dette prosjektet valgte vi å undersøke publiserte verdier angående persistente organiske miljøgifter (POPs) i sildeolje.

Det finnes en rekke publikasjoner om POPs i østersjø-sild, men på grunn av den store forurensingen i Østerjøen, blir ikke disse relevante for NVG-sild. Generelt antar man at det er noe mer miljøgifter i nordsjøsild enn i NVG-sild, men heller ikke for olje fra nordsjøsild er det lett å finne data. Diskusjonen nedenfor stammer fra et relativt begrenset søk. Selv om søket ikke fanget opp alle publikasjoner på området, ser det ut til at resultatene er såpass sammenfallende at de kan gi grunnlag for å trekke konklusjoner.

En artikkel fra i sommer tar sikte på å beskrive sesongvariasjonene av halogenerte miljøgifter i NVG-sild (Frantzen et al. 2011, 12). NVG-sild tar inn sin føde i perioden juni-oktober, og tar nesten ikke til seg næring resten av året. Franzen et al., som har basert sitt arbeid på analyse av 800 enkelt-sild fra ulike tider av året, konkluderer man med at sild har høyest nivåer av POPs i februar-mars, mens den samme silda har lavest nivåer av POPs kort etter gyting, i mai-juni. Ulempen med denne studien er at man kun analyserer sildefilet, og at POPs analyseres i forhold til vekten av hele fileten, ikke etter fettinnhold. Dermed er det ikke uventet at POP-nivået i fileten er lavest når silda er magrest. Alle verdier fra Frantzen ligger under EUs grenseverdier for fiskefilet. PCB-innholdet er lavere enn det som ble rapportert av Juelshamn 2004 (13); ”7 PCB” er omtrent halvert. Dersom vi som et estimat antar at POP-innholdet er tilnærmet 10 ganger høyere i oljen enn i sildefilet (dvs. at filetene i snitt ville gitt 10 % olje, og at tilnærmet all POP befinner seg i oljen, samt at olje fra sildeavskjær tilnærmet samme POP-nivå som olje fra fileten), finner vi at tallene fra Franzen antyder at urensset sildeolje kan balansere omtrent rundt GOED-monografiens krav til ”7 PCB” (14). Dersom man benytter samme tilnærming på tallene for PCDD/F (snitt for ulike fangster på 0.3-0.5 WHO-TEQ pg/g våtvekt fileten), gir det som resultat at alle prøvene havner over grensen på 2.0 for marine oljer i EU-direktiv 199/2006 og i GOED-monografien. For den fete høstsilda (angitt med 17.5 % fett i Franzen et al. og 0.4 WHO-TEQ pg/g PCDD/F våtvekt fileten, kan komme til å balansere rundt 2.0 WHO-TEQ pg/g PCDD/F i oljen. Tallmaterialet gir tilsvarende resultat for sum (PCDD/F + dl-PCB)

En islandske dokument fra 2003 (Mundell et al., 15) gir data for NVG-sild som har vandret mot Island. Her finner man noe høyere verdier for dioksiner og dioksinlignende PCB enn Franzen, og det kan muligens skyldes at islendingene har analysert hele fisken, ikke bare filetene. Samtidig angir Mundell POP-verdier i mel og olje produsert fra den samme silda. Disse resultatene blir dermed mer relevante for vurdering av POPs i olje. De islandske prøvene stammer fra perioden mai-juni. Av fire ulike prøver med NVG-olje, finner de at én ligger over grensen for dioksiner og dioksinlignende PCB i fôrrolje (Mundell et al., Figure 13 og 14). Imidlertid ligger samtlige på minst det dobbelte dioksinnivå av hva som er godkjent i EU for marine olje til human ernæring. En av oljene ligger 6 ganger over øvre dioksin-nivå for olje til human ernæring (alle data fra

Mundell et al. Table 8, sammenholdt med EU-direktiv 1881/2006). Også summen av dioksiner og dioksinlignede PCB ligger over det som er tillatt for human ernæring.

Felles for Mundell et al. og de andre islandske rapportene som diskuteres nedenfor, er at de omregner tallene for fiskeoljer som om de inneholder 12 % vann. Dette er fordi føringredienser har lov til å inneholde denne vannmengden. Dermed er de reelle analyseverdiene ca. 11 % høyere enn de som angis i tabellen. Det er de reelle tallene som er aktuelle for olje til human ernæring, og vi har derfor regnet tilbake til disse, når vi i denne rapporten angir verdier for fremmedstoffer.

Mudell et al. gjengir én enkelt analyse av dioksiner og dioksinlignede PCB i hel NVG-sild som er fanget i september. Denne silda er det ikke produsert olje av, men basert på fettnivå er POP-nivået det halve av hva man fant i mai/juni. Dersom man får samme ratio (POP i sildeolje)/(POP i fett fra hel sild) som for de andre sildeprøvene, ser det ut som om denne septembersilda kunne gitt et nivå av dioksin/dioksinlignede PCB som omtrent balanserer på EUs grenseverdi for marin olje til humant konsum.

En rapport fra Icelandic Fisheries Laboratories (Asmundsdottir et al. 2005, 16) gir i tabell 3 analyseverdier for to sildeoljer som er tenkt anvendt i fôr. Prøvene er fra 2004, men fangstdato er ikke angitt, og det er ikke klart hvilken sildestamme prøvene kommer fra. Begge disse oljene har innhold av dioksiner (ca. 1.1 WHO-TEQ pg/g) som ligger innenfor EUs grenseverdier for humant konsum. Den ene oljen ble analysert for dioksinlignede PCB. Også her ligger verdien (ca. 2.2 WHO-TEQ pg/g) innenfor EU-reglene. Asmundsdottir gir i tabell 7 også analyseverdier for en rekke pesticider i sildeolje (3 batcher olje, som alle var forskjellige fra de som ble analysert for dioksiner): Nivået av toxaphener i oljen var på ca. 120-300 µg/kg, som er nær eller over EUs grenseverdi for fôr på 200 µg/kg (grenseverdi basert på 12% vann). Toxaphener er klorete kamfener, og er forbindelser som ble benyttet i insektbekjempelse, da DDT ble forbudt. Nå er heller ikke toxaphener tillatt brukt. Disse forbindelsene ble særlig omtalt i media på slutten av åttitallet og begynnelsen av nittitallet. Asmundsdottir et al. dokumenterer at vi fortsatt bør følge nivået av toxaphener i fiskeolje. Også verdiene for chlordan (ca. 20-60 µg/kg) og DDT (ca. 70-170 µg/kg) var relativt høye i forhold til EUs grenseverdier for fôrøljer (henholdsvis 50 og 500 µg/kg, basert på 12 % vanninnhold). Vi har ikke funnet at myndighetene har satt øvre grenser for toxaphener, chlordan og DDT i matvarer, men nærhet til grenseverdiene for fôrøljer kan tolkes som om det ikke er tilstrekkelig å kontrollere innhold av dioksiner, dersom man vil benytte urensede oljer i matvarer. (EUs grenseverdier for fôr finnes i direktiv 199/2006 (dioksiner og dioksinlignende PCB) og 2002/32/EC (andre fremmedstoffer). Grenseverdier for mat finnes i direktiv 1881/2006. Oppdaterte versjoner kan lastes ned via Mattilsynets hjemmesider)

En nyere islandsk rapport i samme serie (Asmundsdottir et al. 2008, 17), gir i tabell 4 dioksin-, PCB- og PBDE-resultater for tre sildeoljer, hvor det for samtlige er angitt fangstdato. Verdien er lavest for en fangstprøve fra perioden 1.-4. august 2006. For denne prøven er sum dioksiner og dioksinlignende PCB like under EU-grensen for humant konsum.

En foreløpig siste rapport i den islandske serien (Baldursdottir et al. 2011, 18) gir resultat fra én sildeolje fra 2010 – uten fangstdato. Verdiene for dioksiner og dioksinlignende PCB er omtrent som den laveste fra 2006, mens PBDE-nivået har gått opp fra 4 til 7 ng/g. Toksaphen-nivået er på ca. 75 µg/kg, DDT på ca, 45 µg/kg og chlordaner på ca. 11 µg/kg.

Nifes' hjemmesider har noe data fra NVG-sild (19). Tallene gjelder fisken, og ikke oljen, men ekstrapolert til hva man forventer for den tilsvarende oljen, synes dette tallmaterialet å gi samme resultat som i diskusjonen ovenfor.

Oterhals (2011, 20) diskuterer i kapittel 3.2. faktorer som påvirker POP-nivå i fiskemel og olje. Han viser en invers sammenheng mellom POP-konsentrasjon og fettinnhold i fisken. Det vil dermed gi lavest POP-innhold å fangste sild på den tid den har størst fettinnhold. Etter hva vi har sett, faller dette sammen med den tid på året da omega-3-innholdet i silda er høyest.

Til tross for magelfulle data, synes det klart at urensset sildeolje kun i en begrenset del av året vil kunne oppfylle EUs krav til dioksiner og dioksinlignende PCB i olje for humant konsum. Tilsvarende gjelder pesticider, som i eksemplene ovenfor med toxaphener, chlordaner og DDT kan komme nær eller over de grenser gjelder for fôrøljer. Den gunstigste tiden med hensyn til miljøgifter i sildeolje vil trolig være samme tid av året som når omega-3-innholdet er høyt, dvs. rundt september-oktober.

### **Vannfasen**

”Herring press juice” (vannfraksjon fra sildemuskel) inneholder vannløselige komponenter som antas å ha gunstige helseeffekter (21,22). Vannfasen fra produksjon av olje fra ferske sildebiprodukter fremstilles under milde prosessbetingelser, og antas derfor å ha en sammensetning som ligger nærmere en slik ”press juice” enn det man finner i limvann fra tradisjonell produksjon av sildeolje og mel. Det kan øke verdien av sildeavskjær, dersom man kan vise at denne vannfasen inneholder komponenter med gunstige helseeffekter, tilsvarende det man finner i ”herring press juice”.

I dette prosjektet ble det ikke prioritert å arbeide med denne vannfasen fra prosessering av sildebiprodukter. Men i forhold til tanken om en fullstendig utnyttelse av biproduktene er det viktig å skaffe kunnskap om hva denne fraksjonen består av og kan anvendes til. Hvis det kommer fram informasjon om at vannfasen kan ha positive biologiske effekter, vil det være muligheter for seinere å starte utvikling av et produkt som egner seg for markedet. Produktet vil enten kunne foreligge som en vannløsning eller som et pulver. Produktet antas i første omgang kunne selges i samme markedssegment som proteinhydrolysater.

### 3. KONKLUSJONER

Resultatene fra prosjektet viser interessante muligheter for å utvikle produkter for humant konsum og særlig innen marine ingredienser og kosttilskuddsbransjen.

- **Fersk høykvalitets sildeolje til næringsmidler**

Det er vist at sildeolje ved behandling på rett måte kan egne seg til bruk i næringsmidler. Tester er gjort med gode sensoriske resultater i svært sensitive melkeprodukter.

Det er utviklet et nytt "delivery" system i form av en stabil emulsjon av omega-3-olje, som vi sikter mot at skal kunne benyttes av næringsmiddelprodusenter, men også direkte av konsumenten, ved at man kan markedsføre en formulering i en pakning som tillater tilsetning av en dose (et "shot") olje direkte til en porsjon næringsmiddel.

- **Monoenfettsyrer fra sildeolje (LC-MUFA)**

Det er utført et litteratursøk som samler vitenskapelige funn knyttet til langkedete monoumettede fettsyrer og helseeffekter. Arbeidet er utført ved Norges fiskerihøgskole. Funnene viser at LC-MUFA kan ha en positiv effekt på helsen ved å redusere risiko for type-2 diabetes og metabolsk syndrom, redusere overvekt og fedme, samt virke forebyggende mot hjerteinfarkt.

- **Konsentrat av monoenfettsyrer (LC-MUFA) og omega3-fettsyrer (LC-PUFA)**

Fjerning av mettede fettsyrer fra sildeolje vil gi et kombinert konsentrat av langkjedete omega-3 fettsyrer og LC-MUFA. Det er fremstilt et slikt produkt, med ca 40-45 % MUFA og ca. 40-45 % omega-3-fettsyrer (GC areal %). Tilsvarende konsentrater finnes ikke kommersielt tilgjengelig i dag, og dette vil derfor kunne bli et helt nytt produkt i markedet.

- **Utnyttelse av proteinfase for utvinning av fosfolipider**

I dette prosjektet er den proteinrike "slamfasen" etter hydrolyse av sildebiprodukter blitt testet som mulig råstoff for ekstraksjon av fosfolipider. Resultatene viser at slamfasen etter hydrolyse av sildebiprodukter inneholdt ca 13% totalt lipid (beregnet av tørrstoff). Ved etanolekstraksjon fikk vi utvunnet ca 3-4 vektprosent fosfolipid fra tørrvekt av slamfasen.



## 4. ORGANISERING AV ARBEIDET

Arbeidet har vært ledet av Iren Stoknes, Epax Norway. Harald Breivik, Neperdo Biomarine, har vært engasjert av EPAX som koordinator for de ulike aktivitetene. Harald Svensen, Epax Norway har koordinert arbeidet med utvinning av fosfolipider.

Fra Epax Norway har følgende personer deltatt i prosjektarbeidet: Tanja Vojnovic, Vidar Moen, Harald Svensen, Karin Zech og Jin Qian.

Arbeidet med å utvikle produkter basert på sildeolje videreføres i et treårig prosjekt som støttes av Regionalt forskningsfond Midt-Norge (prosjektnavn: SildeOmega3). I deler av 2011 har det pågått aktivitet i begge prosjektene.

### Eksterne kontakter

I løpet av prosjektet/forprosjektet har det i ulike sammenhenger vært uformell kontakt med en rekke forskningsmiljøer og bedrifter. Det har vært avholdt møter med følgende forskningsinstitusjoner:

Sintef fiskeri og havbruk (Ivar Storrø, Inger Beate Standal, Ana Carvajal, Revilija Mozuraityte m.fl.)

DTU Aqua (Charlotte Jacobsen)

Chalmers tekniska högskola (Ingrid Undeland)

Nofima Ingredients (Åge Oterhals)

Havforskningsinstituttet (Sonnich Meier)

Møreforskning Marin (Grete Hansen Aas, Margareth Kjerstad, Trygg Barnung)

Ålesund Kunnskapspark (Robert Wolff)

Norges fiskerihøgskole (Edel Elvevoll og Ida Tveter)

Sintef Fiskeri og havbruk, DTU, Møreforskning og Norges fiskerihøgskole har på ulike delområder deltatt i gjennomføringen av prosjektet. Vi takker alle for bidrag i arbeidet.

Ålesund, 30. desember 2011

Iren Stoknes

Harald Breivik

## REFERANSER

1. European Pharmacopoeia. Monografi 1910 og 2398.
2. Seierstad S.L., Seljeflot, I., Johansen, O., Hansen, R., Haugen, M., Rosenlund, G., Frøyland, L. and Arnesen, H., Dietary intake of differently fed salmon; the influence on markers of human atherosclerosis, *European Journal of Clinical Investigation* (2005) **35**, 52-59.
3. Aas, G., Kjerstad, M., Wolff, R. Markedssituasjon for omega-3 olje fra sild. Notat fra Møreforskning Marin/Høgskolen i Ålesund (2009).
4. Breivik, H., og Stoknes, I. Sildeolje til bruk i spesialprodukter for helse og ernæring. Forprosjekt. RUBIN-rapport nr. 172 (2009).
5. Aidos, I. Production of high-quality fish oil from herring by-products. Ph.D. Thesis, Wageningen University (2002), The Netherlands
6. European Pharmacopoeia. Monografi 11192 og 1193.
7. Østvik, S.O., Grimsmo, L., Jansson, S., Dauksas, E., Bondø, M. Biproduktutnyttelse fra filetering av sild. Forprosjekt: Kartlegging av råstoff og analyse av utnyttelsesmuligheter. RUBIN-rapport nr. 164 (2009).
8. NIFES: [http://nifes.no/index.php?page\\_id=174&article\\_id=951&lang\\_id=1](http://nifes.no/index.php?page_id=174&article_id=951&lang_id=1)
9. Slizyte, R., Grimsmo, L., Storrø, I. Prosessering av biråstoff fra sild til olje og proteinhydrolysat. Laboratorieforsøk med ulike enzymer og pilotforsøk med ultraferskt råstoff. RUBIN-rapport nr 189 (2011)-
10. Teres S., Baarcelo-Coblijn G., Benet M., Alvarez R., Bressani R., Halver J.E. and Escriba P.V., Oleic acid is responsible for the reduction in blood pressure induced by olive oil, *PNAS* (2008) **105**, 13811-13816.
11. Tveter, I., Elvevoll, E. Mulig biologisk effekt av langkjedet enumettede fettsyrer (LC-MUFA). Rapport fra Universitetet i Tromsø, Norges fiskerihøgskole (2010).
12. Frantzen, S., Måge, M., Iversen, S.A. og Julshamn, K. (2011). Seasonal variation in the levels of organohalogen compounds in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea, *Chemosphere* **85** 179-187.
13. Julshamn, K., Lundebye, A.-K., Heggstad, K., Berntssen, M.H.G. og Boe, B. (2004) Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contamination in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001, *Food Additives and Contaminants*, **21** 365-376.
14. GOED: <http://www.goedomega3.com/images/stories/files/goedmonograph.pdf>
15. Mundell, D., Magnussen, M.P., Magnusson, J.R., og Vang, G. Dioxin and PCBs in Four Commercially Important Pelagic Fish Stocks in the North East Atlantic, 2003; pp. 59.
16. Asmundsdottir, A.M., Audunsson, G.A. og Gunnlaugsdottir, H. (2005) Undesirable substances in seafood products – results from the monitoring activities in 2006. Icelandic Fisheries Laboratories Report 33-05. [http://rh.rf.is/media/utgafa//Skýrsla\\_22-06.pdf](http://rh.rf.is/media/utgafa//Skýrsla_22-06.pdf)
17. Asmundsdottir, A.M., Baldursdottir, V., Rabieh, S. og Gunnlaugsdottir, H. (2008) Undesirable substances in seafood products – results from the monitoring activities in

2004. Matis Food Research Report 17-08.  
[http://www.matis.is/media/matis/utgafa/Skyrsla\\_17-08\\_net.pdf](http://www.matis.is/media/matis/utgafa/Skyrsla_17-08_net.pdf)
18. Baldursdottir, V. Desnica N., Ragnarsdottir, T., og Gunnlaugsdottir, H. (2011) Undesirable substances in seafood products – results from the monitoring activities in the year 2010. Icelandic Food and Biotech R&D Report 28-11.  
<http://www.matis.is/media/matis/utgafa/28-11-Icelandic-marine-monitoring-2010.pdf>
19. NIFES: [http://www.nifes.no/index.php?page\\_id=167](http://www.nifes.no/index.php?page_id=167)
20. Oterhals, Å. (2011) Decontamination of persistent organic pollutants in fishmeal and fish oil, PhD Thesis, Universitetet i Bergen.
21. Gunnarsson, G., Undeland, I., Sannaveerappa, T., Sandberg A-S, Lindgård, A., Mattsson-Hultén, L and Soussi, B. Inhibitory effect of known antioxidants and of press juice from herring (*Clupea harengus*) light muscle on the generation of free radicals in human monocytes. *J Agric Food Chem.* (2006) **54**, 8212-8221.
22. Sannaveerappa T, Westlund S, Sandberg AS, Undeland I. Changes in the Antioxidative Property of Herring (*Clupea harengus*) Press Juice during a Simulated Gastrointestinal Digestion. *J Agric Food Chem.* (2007) **55**, 10977-85.

## VEDLEGG 1

Tveter, I., Elvevoll, E. Mulig biologisk effekt av langkjedet enumettede fettsyrer (LC-MUFA). Rapport fra Universitetet i Tromsø, Norges fiskerihøgskole (2010).



# UNIVERSITETET I TROMSØ UIT

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi BFE  
Norges fiskerihøgskole  
N-9037 Tromsø



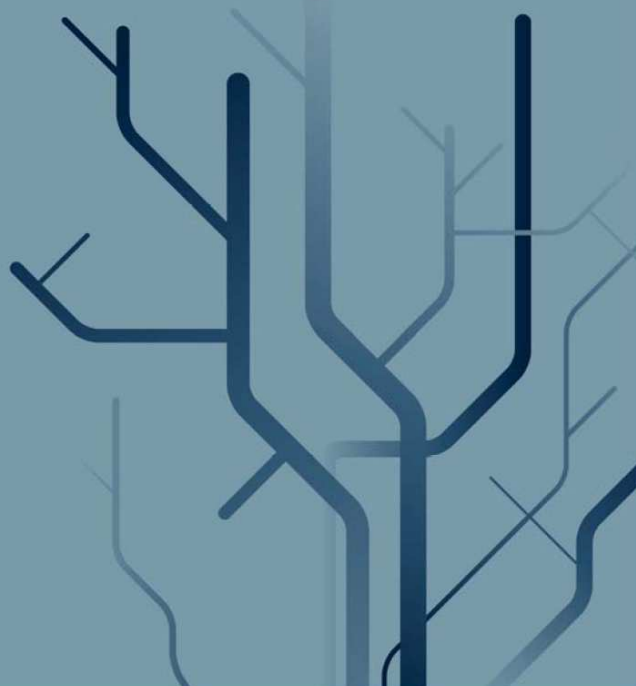
## Mulig biologisk effekt av langkjedet enumettede fettsyrer (LC-MUFA)

Forfatter; MSc. Ida Giæver Tveter  
Prosjektansvarlig; Professor/Dekan Edel O. Elvevoll

Oktober 2010

[www.bfe.uit.no](http://www.bfe.uit.no)

Organisasjonsnummer  
970 422 528



# **Mulig biologisk effekt av langkjedet enumettede fettsyrer (LC-MUFA)**

Forfatter; MSc. Ida Giæver Tvetter  
Prosjektansvarlig; Professor/Dekan Edel O. Elvevoll

Denne rapporten er laget på oppdrag fra EPAX A.S. Arbeidet har tilknytning til prosjektet "Sild og sildeavskjær som råstoff til spesialprodukter for helse og ernæring", som blir gjennomført med økonomisk støtte fra Stiftelsen RUBIN.

## **Innholdsfortegnelse**

1. Sjømat og helse .....	4
1.1 Metabolisme av LC-MUFA.....	5
2. Innhold av MUFA blant eskimoer på Grønland.....	5
3. Mulig biologisk effekt av MUFA.....	6
4. Forskningsstatus ”mulig årsakssammenheng” .....	7
4.1 Metabolsk syndrom .....	7
5. Forskningsstatus ”begrenset informasjon, ingen konklusjon” .....	7
5.1 Hjerte- og karsykdommer .....	7
5.2 Overvekt og fedme .....	9
5.3 Type 2- diabetes.....	10
5.4 Inflammasjon .....	11
5.5 Kreft.....	11
6. Konklusjon .....	12
7. Kilder.....	13

## 1. Sjømat og helse

Den helsefremmende effekten av å spise sjømat har hovedsakelig vært tilskrevet innholdet av omega-3-fettsyrene eikosapentaensyre (EPA) og dokosaheksaensyre (DHA). Det foreligger mange studier som viser positive effekter ved inntak av langkjedede flerumettede omega-3 fettsyrer (LC-n3 PUFA) (Bang, Dyerberg et al. 1971; Uauy and Valenzuela 2000). Det er godt dokumentert at inntak av disse fettsyrene er med på å senke innholdet av triacylglyserol i blodet (Stark, Park et al. 2000). Høyere inntak av EPA og DHA reduserer i tillegg risikoen for hjerte- og karsykdommer (CVD) og ser ut til å øke innholdet av HDL- (high density lipoproteins) kolesterolet, som har en positiv effekt på helsen (Harris, Miller et al. 2008). I Norge ble det under 2. verdenskrig registrert en klar nedgang i dødeligheten forårsaket av CVD. Det er vanskelig å dokumentere årsaken, men krigen medførte store forandringer i levekårene. Folk hadde mindre mat og det var en særlig mangel på fete og søte matvarer. Det ble konsumert mindre kjøtt, mens konsumet av fisk og sild økte (Nes 1998). Tabell 1 viser at sild, i tillegg til å være en god kilde til EPA og DHA, er rik på langkjededet enumettede fettsyrer (LC-MUFA), det vil si fettsyrer med 20-22 C-atomer (Jensen, Jacobsen et al. 2007). Høyt innhold av LC-MUFA, og da spesielt høyt innhold av cetoleicsyre (22:1 n-11) er karakteristisk for atlantisk sild (Aro, Larmo et al. 2005).

Tabell 2: Fettsyresammensetning av 937 sild. Kun fettsyrer som finnes i gjennomsnittlig mengder på 1 % eller mer er inkludert. Minste, høyeste og gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik mengde fettsyre er angitt (Jensen, Jacobsen et al. 2007).

Fatty acid	Min	Max	Mean
14:0	2.9	8.1	6.2 $\pm$ 0.8
16:0	7.8	19.8	11.6 $\pm$ 1.4
16:1(n-7)	1.2	8.3	3.8 $\pm$ 0.9
16:2	0.0	1.2	0.3 $\pm$ 0.2
18:0	0.6	2.7	1.0 $\pm$ 0.2
18:1(n-9)	3.1	28.3	7.2 $\pm$ 1.9
18:1(n-7)	0.8	3.4	1.3 $\pm$ 0.3
18:2(n-6)	0.8	3.0	1.6 $\pm$ 0.3
18:3(n-3)	0.2	3.1	1.3 $\pm$ 0.4
18:4(n-3)	0.3	6.8	3.5 $\pm$ 1.5
20:1(n-9)	0.5	19.3	12.5 $\pm$ 2.2
20:5(n-3), EPA	2.2	13.9	6.3 $\pm$ 1.7
22:1(n-11)	0.3	34.4	21.5 $\pm$ 3.7
22:6(n-3), DHA	5.5	29.9	10.6 $\pm$ 2.5

### **1.1 Metabolisme av LC-MUFA**

Dyreforsøk utført på rotter tyder på at C22:1 fettsyrer forkortes til C.20:1 og særlig C18:1, før videre nedbryting finner sted (Thomassen, Helgerud et al. 1985). Selv om fisk inneholder eicosenoicysyre (20:1 n-9), ble fettsyren ikke funnet i serum, dette kan tyde på at fettsyrer sannsynligvis brytes ned til kortere fettsyrer i leveren. Siden LC-MUFA bare finnes i små mengder i lever og hjerte muskel, synes det usannsynlig at fettsyren akkumulerer i organer og kan gi en skadelig effekt (Singer, Jaeger et al. 1983).

## **2. Innhold av MUFA blant eskimoer på Grønland**

Danskene dokumenterte sent på 70-tallet at antall tilfeller av CVD var lavere blant eskimoer på Grønland i forhold til en kontrollgruppe med dansker. Den tradisjonelle eskimodietten har et høyt innhold av kjøtt og spekk fra sel og hval. Fettet i sel og hval har et betydelig innhold av EPA og DHA og som følge av dette gir dietten et høyt tilskudd av disse fettsyrene. Det høye inntaket av omega-3-fettsyrer ble fremsatt som den viktigste forklaringen på den lave forekomsten av CVD, og denne sammenhengen er siden den gang blitt undersøkt i mange studier (Bang, Dyerberg et al. 1980).

Hypotesen der omega-3 fettsyrer blir utpekt som den aktive forbindelsen i fiskeolje for forebygging av CVD ble utfordret i et forsøk utført av Østerud, Elvevoll et al.,(1995). Resultatet fra forsøket var at aktiviteten til ulike marine oljer mot koagulasjonsparametre ikke var knyttet til deres innhold av EPA og DHA. Forfatterne konkluderte med at det kunne være andre komponenter enn omega-3-fettsyrer i eskimoenes kosthold som var ansvarlig for beskyttende effekt mot CVD. Tabell 2 viser innhold av MUFA og PUFA i tradisjonell eskimodiett sammenlignet med dansk diett. Resultatene viser at dietten til eskimoer på Grønland, i tillegg til et høyt innhold av omega-3-fettsyrer, inneholder et høyt innhold av MUFA (Elvevoll, Moen et al. 1990). Mulige biologiske effekter av MUFA, og da spesielt LC-MUFA, bør derfor studeres (Opstvedt 1997).

Tabell 2: Prosentandel av kosten som utgjøres av lipider, enumettet fett (MUFA) og flereumettet fett (PUFA) og omega-3 (n-3) PUFA i dietten til eskimoer og dansker.

	% Lipid	% MUFA	PUFA	
			% Total	% n-3
Eskimo diett	39	58	19	14
Dansk diett	42	34	13	3

### 3. Mulig biologisk effekt av MUFA

Oljesyre (18:1 n-9), er den vanligste kilden til MUFA og finnes blant annet i oliven-, raps-, solsikke- og peanøttolje. Det meste av forskningen har vært fokusert på kortkjedet MUFA som oljesyre, da et høyt innhold av oljesyre er karakteristisk for middelhavsdietten. Resultatene fra studier utført på helseeffekt ved et stort innslag av MUFA i form av oljesyre i kostholdet, kan ikke overføres LC-MUFA. Det er utført lite forskning på den metabolske effekten av LC-MUFA, men en undersøkelse utført med rapsolje konkluderte med at gadoleicsyre (20:1 n-9) og erucicsyre (22:1 n-9) hadde liknende kolesterolsenkende effekter som oljesyre (Grande, Anderson et al. 1962). Erucicsyre har blitt ansett som å ha en negativ helseeffekt på hjertet til dyr, det er imidlertid ikke påvist skader på hjertet til eskimoer på Grønland som konsumerer store mengder erucicsyre og cetoleicsyre (22:1 n-11) (~ 9 % av deres totale energiinntaket) (Ackman, Eaton et al. 1980)

Det er ikke lett å påvise en eventuell sammenheng mellom ernæring og kroniske sykdommer som CVD. Verden helseorganisasjon (WHO) vurderte i 2009 forskningen som var utført på ulike typer fett og risikoen for å utvikle en rekke kroniske sykdommer. Forskningstatus på de ulike helseeffektene ble satt i følgende kategorier; "Overbevisende årsakssammenheng", "Sannsynlig årsakssammenheng", "Mulig årsakssammenheng", "Begrenset informasjon, ingen konklusjon" og "Årsakssammenheng usannsynlig". Det er en mulig årsakssammenheng mellom inntak av MUFA og metabolsk syndrom. For CVD, overvekt og fedme, type 2-diabetes, inflammasjon og kreft er forskningsstatus "begrenset informasjon, ingen konklusjon" (WHO/FAO 2009).

## **4. Forskningsstatus ”mulig årsakssammenheng”**

### **4.1 Metabolsk syndrom**

Kombinasjonen av et vestlig kosthold, rikt på fett og sukker, og redusert fysisk aktivitet har resultert i en rask økning av fedme og metabolsk syndrom. Metabolsk syndrom er en tilstand der flere risikofaktorer for CVD, som diabetes eller prediabetes, abdominal fedme, høyt blodkolesterol og høyt blodtrykk kan identifiseres hos ett individ (Lindqvist, Sandberg et al. 2009). Det er en mulig årsakssammenheng mellom inntak av MUFA og redusert risiko for komponenter av metabolsk syndrom (WHO/FAO 2009).

## **5. Forskningsstatus ”begrenset informasjon, ingen konklusjon”**

### **5.1 Hjerte- og karsykdommer**

Hjerte- og karsykdommer, hjerneslag og sykdommer i andre arterier, er en vesentlig årsak til tidlig død og uførhet. Opstvedt (1997) presenterte en hypotese om at LC-MUFA bedret hemostase (blodstansing) i forbindelse med CVD, gjennom økt peroksisomal  $\beta$ -oksidasjon og økt syntesen av LC n-3 PUFA.

Kolesterol deles gjerne inn i LDL (Low-density lipoprotein) som har en negativ effekt på helsen, og HDL som har en positiv effekt. Det er utført få studier hvor effekten av LC-MUFA på kolesterolnivået er undersøkt, men i et forsøk utført av Østerud et al., (1995) ble 134 kvinner og menn i 10 uker gitt 15 ml tran av torskelever, selolje, blanding av torskelever og selolje eller hvalolje som supplement til en vanlig diett. Tabell 3 viser fettsyresammensetningen til de ulike marine oljene benyttet i forsøket. De forskjellige marine oljene hadde ingen stor effekt på sammensetningen av blodlipider, men blant personene som fikk tilskudd av sel/torskeleverolje og spesielt hvalolje, økte HDL-kolesterolet i blodet. Det ble i tillegg registrert en nedgang i inflammasjonsmarkører som tumor nekrosefaktor alfa (TNF- $\alpha$ ), tromboxane B2 (TXB2) og vekstfaktorer (TF) blant personene som fikk tilskudd av hvalolje. Hvalolje inneholder 62.3 % MUFA hvor 30.3 % utgjøres av LC-MUFA.

Tabell 3: prosentandel mettet fett, enumettet fett (MUFA) og omega-3 fettsyrer i torskeleverolje, selolje og hvalolje

Fettsyresammensetning til ulike marine oljer			
Fettsyre (areal %)	Torskeleverolje	Selolje	Hvalolje
Mettet fett	15,4	14,3	16,2
Enumettet fett (MUFA)	48,3	49,3	62,3
-16:1	7,3	10,9	9,5
-18:1	20,4	21,8	22,1
-20:1	12,9	11,4	18,5
-22:1	7,3	5,0	11,8
Omega-3	25,9	25,6	12,6

Et nyere studie utført på sunne, men overvektige personer som ble gitt en diett med 150g ovnsbakt sild per dag i fire uker, viste en økning i HDL-kolesterolet i forhold til referansediett av svin- og kyllingfilet. Det ble målt en svak, men ikke signifikant nedgang i triglycerioldnivået i blodet. Personer med insulinresistens og fedme, har ofte et lavt nivå av HDL-kolesterol, og kan få en positiv helseeffekt ved tilførsel av sild i dietten (Lindqvist, Langkilde et al. 2007). Forsøk utført på rotter viser at sild påvirker den metabolske statusen i forsøksdyrene som ble føret med en energitett diett. Resultatet tyder på at tilsetning av sild eller sildeolje motvirker negative virkninger på lipider i blodet forårsaket av en energitett diett. Sildefettet antas derfor å være ansvarlig for disse gunstige effektene (Lindqvist, Sandberg et al. 2009). I et annet dyreforsøk ble mus som manglet LDL-reseptorer (Ldlr - / -) gitt en 16 ukers diett med høyt innhold av fett og sukker for å etterligne et vestlig kosthold. Dietten ble supplert med enten biff eller sild. Formålet med studiet var å undersøke hvordan ulike dietter påvirket metabolske veier i leveren, skjelettmuskulatur og fettvev som er viktig for glukose og lipidmetabolisme. Det ble påvist en reduksjon i sterol- metabolisme og proteinomsetningen hos mus føret med sild (Nookaew 2010).

Enkelte land som Frankrike, Spania, Hellas, Italia og Portugal har en lavere hyppighet av dødsfall som kan knyttes til CVD, hvilket fører til en høyere levealder. Middelhavsdietten har vært den faktoren som hyppigst påberopes for å forklare denne helsefordelen (Serra-Majem, Roman et al. 2006; Lloyd-Jones 2010). Covas et al., (2006) konkluderer med at en middelhavsdiett med en



moderat mengde fett, hvor en stor andel av fettene utgjøres av MUFA i form av oljesyre har en positiv effekt på CVD.

Inntak av mettet fett øker konsentrasjonen av LDL-kolesterot i plasma. Inntak av mettet fett bør derfor reduseres for å forebygge CVD (Jakobsen, O'Reilly et al. 2009). Inntak av MUFA kan senke total og LDL- kolesterol nivået (Sanchez-Bayle, Gonzalez-Requejo et al. 2008). En meta-analyse viser at når inntak av mettet fett blir byttet ut med MUFA, reduseres total kolesterol og LDL-kolesterol mens HDL-kolesterot økes (Mensink, Zock et al. 2003). En gjennomgang av 11 amerikanske og europeiske kohortstudier utført av Jakobsen *et al.*, (2009) viste imidlertid ingen årsakssammenheng mellom CVD og inntak av MUFA, hovedsakelig i form av oljesyre. Det er derfor uklart om MUFA påvirker risiko for hjerte og karsykdommer (WHO/FAO 2009).

I tillegg til å senke LDL nivået, kan MUFA i form av oljesyre beskytte LDL mot oksidasjon (Parthasarathy, Khoo et al. 1990; Reaven, Parthasarathy et al. 1991). I vev blir oksidert LDL tatt opp i makrofager. Vedvarende høye konsentrasjoner av LDL medfører at disse makrofagene fylles opp med kolesterol og omdannes til skumceller. Dette er første ledd i åreforkalkningen (Ross 1999).

## **5.2 Overvekt og fedme**

De siste årene har forekomsten av fedme økt betraktelig over hele verden (Yoon, Lee et al. 2006). Fedme og sykkelig overvekt kan skape alvorlige problemer for helse, trivsel og livskvalitet. Fedme øker risikoen for hjerteinfarkt, hjerneslag, høyt blodtrykk, flere kreftformer, type 2-diabetes, gallesten, psykiske lidelser, muskel- og skjelettlidelser, ikke-alkoholisert fettlever, urinsyregikt, stressinkontinens, brokk, åreknuter og infertilitet (World Cancer Research Found and /American Institute for Cancer Research 2007).

Tradisjonelt har ernæringsmessige råd til diabetikere, overvektige personer og de med kardiovaskulære risikofaktorer vært å konsumere mindre fett og spesielt animalsk fett, og mer karbohydrater. Begrunnelsen har vært at fett gir overskuddsenergi, og kan gi økt fedme. De to siste tiårene, har forskning vist at en diett med høyt innhold av MUFA i form av oljesyre har en positiv påvirkning på CVD, fedme og diabetes (McManus, Antinoro et al. 2001; Ros 2003; Sabate 2003; Bes-Rastrollo, Sanchez-Villegas et al. 2006). Det har vært rapportert en bedre vekt nedgang når middelhavsdietten er benyttet sammenlignet med diett som inneholder lite fett

(McManus, Antinoro et al. 2001). I en toårig studie ble 322 overvektige personer tilfeldig valgt til å følge en av tre dietter: fettfattig og begrenset energitilgang, middelhavsdiett og begrenset energitilgang eller lav-karbohydrat og ikke restriksjon på energi. Studien konkluderer med at middelhavskosthold og lav-karbohydratsdietten kan være effektive alternativer til et fettfattig kosthold (Shai, Schwarzfuchs et al. 2008). Resultatet fra et populasjonsbasert kohortforsøk utført på 41,518 kvinner i Nurses' Health study (NHS) over en åtte års periode viste ingen vektøkning ved en økning av inntaket av MUFA og PUFA. Økning i inntaket av animalsk fett, transfett og mettet fett førte til økt vekt blant kvinnene som deltok i forsøket. Kilden til MUFA ble ikke oppgitt (Field, Willett et al. 2007).

### **5.3 Type 2- diabetes**

Det er interesse for fettsyreprofilen i kostholdet og den effekten dette kan ha på risikoen for type-2 diabetes, samt forbedringer i insulinfølsomhet og kontroll av blodsukker. Det er ikke funnet noen studier utført på sammenheng mellom LC-MUFA og type-2 diabetes. Enkelte studier har påvist en reduksjon av insulinresistens ved inntak av en diett med et høyt innhold av MUFA i form av oljesyre (Ryan, McInerney et al. 2000; Esposito, Marfella et al. 2004). Et klinisk forsøk med økt andel MUFA i form av vegetabiliske oljer i kostholdet, har vist bedret glukosetoleranse, ved at insulinsekresjon har økt (Rojo-Martinez, Esteva et al. 2006). Mus med diabetes som ble føret med en diett med et høyt innhold av MUFA i form av oljesyre, fikk redusert nivået av triglycerol og glukose i blodet (Kotake, Tanaka et al. 2004). Andre studier har ikke påvist at konsum av MUFA i form av mandler påvirker insulinivået (Lovejoy, Most et al. 2002). Mandler inneholder over 50 % oljesyre (Kodad and Company 2008).

Siden mange studier erstatter mettede fettsyrer med MUFA, er det er ikke klart om effekten kan tilskrives MUFA, eller fjerning av mettet fett fra kostholdet. KANWU studien viste at friske personer som hadde en diett med mettet fett fikk svekket insulinfølsomhet, sammenliknet med gruppen som fikk en diett bestående av MUFA i form av oljesyre (Vessby, Uusitupa et al. 2001). Et crossover studie som sammenlignet kosthold bestående av lite fett, men med et høy innhold av karbohydrater, med et kosthold bestående av et høyt innhold av MUFA fra ulike vegetabiliske kilder, viste at begge kostholdene forbedret insulinfølsomhet i tilsvarende grad hos unge sunne forsøkspersoner (Hu and Willett 2002).

#### **5.4 Inflammasjon**

Infeksjoner og akutte betennelsesreaksjoner er forbundet med utvikling av metabolsk syndrom (Esposito, Pontillo et al. 2003). En diett med MUFA kan ha en gunstig effekt på betennelse. Nivået av C-reaktivt protein (CRP) øker ved infeksjon. Epidemiologiske studier har vist at lavere konsentrasjon av CRP er målt hos personer med en middelhavsdiett som inneholder MUFA i form av oljesyre (Esposito, Marfella et al. 2004). Et studie utført på dyr viste at MUFA i form av oljesyre har lignende effekter på betennelse og immunforsvar som LC-n3 PUFA. Det er mulig MUFA påvirker immunforsvaret, men effekten hos mennesker vil trolig bli langt svakere enn rapportert i dyrestudier. Mangelen på en tydelig effekt av MUFA i mennesker kan sannsynligvis tilskrives et mye høyere nivå av MUFA ved dyrestudier, som ikke er realistisk i studier utført på mennesker (Yaqoob 2002).

#### **5.5 Kreft**

In vitro studier har antydnet at MUFA reduserer forekomsten av molekulære biomarkører assosiert med kreft, som oksidasjon av lipider og oksidativt stress. Basert på styrken av bevisene fra epidemiologiske, intervensjon og eksperimentelle studier konkluderte World Cancer Research Fund i 2007 med at det var svake bevis for at MUFA kan påvirke risikoen for kreft (World Cancer Research Found and /American Institute for Cancer Research 2007). En studie av kvinner i Sverige utført av Wolk et al., (2006), rapporterte en redusert risiko for kreft i nyre ved høyere konsum av fet fisk som for eksempel laks, sild, sardiner og makrell. En annen studie som inkluderte både menn og kvinner, utført av Bravi et al., (2007), viste ingen sammenheng mellom hyppighet av kreft og inntak av fet fisk.

I en prospektiv kohortstudie utført på 59 261 svenske kvinner, ble det undersøkt om inntak av totalt fett i kosten, MUFA, PUFA og mettet fett ble forbundet med risiko for brystkreft. Kilde til MUFA ble ikke rapportert. Studiet fant ikke bevis for en sammenheng mellom ulik fettinntak og risiko for brystkreft (Lof, Sandin et al. 2007). Mangel på årsakssammenheng mellom totalt fett, MUFA, PUFA eller mettet fett og kreft samsvarer med mange tidligere kohortstudier (Kim, Willett et al. 2006).

## **6. Konklusjon**

Inntak av LC-MUFA kan som nevnt ha en positiv effekt på helsen. Forskning tyder på at inntak av slike fettsyrer kan redusere risiko for type-2 diabetes og metabolsk syndrom, redusere overvekt og fedme, samt virke forbyggende mot CVD. Det har imidlertid vært utført lite forskning på dette feltet, og resultatene har vært motstridene.

## 7. Kilder

- Ackman, R. G., C. A. Eaton, et al. (1980). "Marine docosenoic acid isomer distribution in the plasma of Greenland Eskimos." *American Journal of Clinical Nutrition* **33**(8): 1814-1817.
- Aro, T. L., P. S. Larmo, et al. (2005). "Fatty acids and fat-soluble vitamins in salted herring (*Clupea harengus*) products." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**(5): 1482-1488.
- Bang, H. O., J. Dyerberg, et al. (1971). "Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic West-Coast eskimos." *Lancet* **1**(7710): 1143-1145.
- Bang, H. O., J. Dyerberg, et al. (1980). "The composition of the eskimo food in northwestern Greenland." *American Journal of Clinical Nutrition* **33**(12): 2657-2661.
- Bes-Rastrollo, M., A. Sanchez-Villegas, et al. (2006). "Olive oil consumption and weight change: The SUN prospective cohort study." *Lipids* **41**(3): 249-256.
- Bravi, F., C. Bosetti, et al. (2007). "Food groups and renal cell carcinoma: A case-control study from Italy." *International Journal of Cancer* **120**(3): 681-685.
- Covas, M. I., K. Nyyssonen, et al. (2006). "The effect of polyphenols in olive oil on heart disease risk factors - A randomized trial." *Annals of Internal Medicine* **145**(5): 333-341.
- Elvevoll, E. O., P. Moen, et al. (1990). "Some possible effects of dietary monounsaturated fatty acids on cardiovascular disease." *Atherosclerosis* **81**(1): 71-74.
- Esposito, K., R. Marfella, et al. (2004). "Effect of a Mediterranean-style diet on endothelial dysfunction and markers of vascular inflammation in the metabolic syndrome - A randomized trial." *Jama-Journal of the American Medical Association* **292**(12): 1440-1446.
- Esposito, K., A. Pontillo, et al. (2003). "Association of low interleukin-10 levels with the metabolic syndrome in obese women." *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **88**(3): 1055-1058.
- Field, A. E., W. C. Willett, et al. (2007). "Dietary fat and weight gain among women in the Nurses' Health Study." *Obesity* **15**(4): 967-976.
- Grande, F., J. T. Anderson, et al. (1962). "Effect of dietary rapeseed oil on mans serum lipids." *Circulation* **26**(4): 653-&.
- Harris, W. S., M. Miller, et al. (2008). "Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: Clinical and mechanistic perspectives." *Atherosclerosis* **197**(1): 12-24.
- Hu, F. B. and W. C. Willett (2002). "Optimal diets for prevention of coronary heart disease." *Jama-Journal of the American Medical Association* **288**(20): 2569-2578.
- Jakobsen, M. U., E. J. O'Reilly, et al. (2009). "Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies." *American Journal of Clinical Nutrition* **89**(5): 1425-1432.
- Jensen, K. N., C. Jacobsen, et al. (2007). "Fatty acid composition of herring (*Clupea harengus* L.): influence of time and place of catch on n-3 PUFA content." *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**(4): 710-718.
- Kim, E. H. J., W. C. Willett, et al. (2006). "Dietary fat and risk of postmenopausal breast cancer in a 20-year follow-up." *American Journal of Epidemiology* **164**(10): 990-997.
- Kodad, O. and R. S. I. Company (2008). "Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus* batsch) and its relationship with kernel quality." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**(11): 4096-4101.

- Kotake, J., Y. Tanaka, et al. (2004). "Effects of a high-monounsaturated fat diet on glucose and lipid metabolisms in normal and diabetic mice." *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* **50**(2): 106-113.
- Lindqvist, H., A. M. Langkilde, et al. (2007). "Herring (*Clupea harengus*) supplemented diet influences risk factors for CVD in overweight subjects." *European Journal of Clinical Nutrition* **61**(9): 1106-1113.
- Lindqvist, H., A. S. Sandberg, et al. (2009). "Influence of herring (*Clupea harengus*) and herring fractions on metabolic status in rats fed a high energy diet." *Acta Physiologica* **196**(3): 303-314.
- Lloyd-Jones (2010). "Heart disease and stroke statistics-2010 update: a report from the American Heart Association (vol 121, pg e46, 2010)." *Circulation* **121**(12): E260-E260.
- Lof, M., S. Sandin, et al. (2007). "Dietary fat and breast cancer risk in the Swedish women's lifestyle and health cohort." *British Journal of Cancer* **97**(11): 1570-1576.
- Lovejoy, J. C., M. M. Most, et al. (2002). "Effect of diets enriched in almonds on insulin action and serum lipids in adults with normal glucose tolerance or type 2 diabetes." *American Journal of Clinical Nutrition* **76**(5): 1000-1006.
- McManus, K., L. Antinoro, et al. (2001). "A randomized controlled trial of a moderate-fat, low-energy diet compared with a low fat, low-energy diet for weight loss in overweight adults." *International Journal of Obesity* **25**(10): 1503-1511.
- Mensink, R. P., P. L. Zock, et al. (2003). "Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials." *American Journal of Clinical Nutrition* **77**(5): 1146-1155.
- Nes, M., Muller, H., Pedersen, J.I., Ed. (1998). *Ernæringslære*. Oslo, Landsforeningen for kosthold og helse.
- Nookaew, I., Gabriellsson B.G., Holmang A., Sandberg A-S., Nielsen J., (2010). "Identifying molecular effect of diet through systems biology: influence of herring diet on sterol metabolism and protein turnover in mice " *PLoS ONE* **5**.
- Opstvedt, J. (1997). "Fish lipids: More than n-3 fatty acids?" *Medical Hypotheses* **48**(6): 481-483.
- Osterud, B., E. Elvevoll, et al. (1995). "Effect of marine oils supplementation on coagulation and cellular activation in whole-blood." *Lipids* **30**(12): 1111-1118.
- Parthasarathy, S., J. C. Khoo, et al. (1990). "Low density lipoprotein rich in oleic acid is protected against oxidative modification - implications for dietary prevention of atherosclerosis." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **87**(10): 3894-3898.
- Reaven, P., S. Parthasarathy, et al. (1991). "Feasibility of using an oleate rich diet to reduce the susceptibility of low density lipoprotein to oxidative modification in humans." *American Journal of Clinical Nutrition* **54**(4): 701-706.
- Rojo-Martinez, G., I. Esteva, et al. (2006). "Dietary fatty acids and insulin secretion: a population-based study." *European Journal of Clinical Nutrition* **60**(10): 1195-1200.
- Ros, E. (2003). "Dietary cis-monounsaturated fatty acids and metabolic control in type 2 diabetes." *American Journal of Clinical Nutrition* **78**(3): 617s-625s.
- Ross, R. (1999). "Atherosclerosis is an inflammatory disease." *American Heart Journal* **138**(5): S419-S420.
- Ryan, M., D. McInerney, et al. (2000). "Diabetes and the Mediterranean diet: a beneficial effect of oleic acid on insulin sensitivity, adipocyte glucose transport and endothelium-dependent vasoreactivity." *Qjm-an International Journal of Medicine* **93**(2): 85-91.

- Sabate, J. (2003). "Nut consumption and body weight." *American Journal of Clinical Nutrition* **78**(3): 647s-650s.
- Sanchez-Bayle, M., A. Gonzalez-Requejo, et al. (2008). "A cross-sectional study of dietary habits and lipid profiles. The Rivas-Vaciamadrid study." *European Journal of Pediatrics* **167**(2): 149-154.
- Serra-Majem, L., B. Roman, et al. (2006). "Scientific evidence of interventions using the Mediterranean diet: A systematic review." *Nutrition Reviews* **64**(2): S27-S47.
- Shai, I., D. Schwarzfuchs, et al. (2008). "Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet." *Obstetrical & Gynecological Survey* **63**(11): 713-714.
- Singer, P., W. Jaeger, et al. (1983). "Lipid and Blood Pressure-Lowering Effect of Mackerel Diet in Man." *Atherosclerosis* **49**(1): 99-108.
- Stark, K. D., E. J. Park, et al. (2000). "Effect of a fish-oil concentrate on serum lipids in postmenopausal women receiving and not receiving hormone replacement therapy in a placebo-controlled, double-blind trial." *American Journal of Clinical Nutrition* **72**(2): 389-394.
- Thomassen, M. S., P. Helgerud, et al. (1985). "Chain-Shortening of Erucic-Acid and Microperoxisomal Beta-Oxidation in Rat Small-Intestine." *Biochemical Journal* **225**(2): 301-306.
- Uauy, R. and A. Valenzuela (2000). "Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids." *Nutrition* **16**(7-8): 680-684.
- Vessby, B., M. Uusitupa, et al. (2001). "Substituting dietary saturated for monounsaturated fat impairs insulin sensitivity in healthy men and women: The KANWU study." *Diabetologia* **44**(3): 312-319.
- WHO/FAO (2009). "Fats and fatty acids in human nutrition. Proceedings of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. November 10-14, 2008. Geneva, Switzerland." *Annals of Nutrition and Metabolism* **55**(1-3): 5-300.
- Wolk, A., S. C. Larsson, et al. (2006). "Long-term fatty fish consumption and renal cell carcinoma incidence in women." *Jama-Journal of the American Medical Association* **296**(11): 1371-1376.
- World Cancer Research Found and /American Institute for Cancer Research (2007). *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective.* Washington DC, AICR.
- Yaqoob, P. (2002). "Monounsaturated fatty acids and immune function." *European Journal of Clinical Nutrition* **56**: S9-S13.
- Yoon, K. H., J. H. Lee, et al. (2006). "Epidemic obesity and type 2 diabetes in Asia." *Lancet* **368**(9548): 1681-1688.