

Rapport nr. 172

# **Sildeolje til bruk i spesialprodukter for helse og ernæring**

Forprosjekt

**Marked**

## RAPPORTTITTEL

**Sildeolje til bruk i spesialprodukter for helse og ernæring. Forprosjekt.**

RAPPORTNUMMER	172	PROSJEKTNUMMER	4641
UTGIVER	RUBIN	DATO	Mars 2009

## UTFØRENDE INSTITUSJONER

### EPAX AS

P.b. 2047, 6028 Ålesund

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

Harald Breivik ([harald.breivik@neperdo.no](mailto:harald.breivik@neperdo.no))

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Sildeolje kan fremstilles fra ferskt biråstoff fra filetering av sild, og vil kunne gi et stabilt produkt med et vidt anvendelsesområde. Sild er et rent marint produkt, med enda gunstigere fettsyresammensetning enn olje fra oppdrettsfisk. Olje fra ferskt silde- eller silderåstoff kunne oppnå et særlig fortrinn i markedet.

Det er i dag et betydelig press på fiskeressursene. Gjennom sin eier, Austevoll Seafood ASA, vil EPAX ha tilgang til ferske pelagiske biprodukter fra norske nærrområder. Disse råvarene vil kunne nyttes til å produsere olje med lave nivåer av oksidasjonsprodukter, og med en ernæringsmessig gunstig fettsyresammensetning. EPAX har en ledende kompetanse mht. prosessering av marine oljer med høyt omega-3 innhold og besitter kompetanse for å rense oljene for miljøgifter.

På denne bakgrunn har EPAX, med støtte fra RUBIN, gjennomført en forstudie for å avklare eventuelt oppstart av et forskningsarbeid for å utvikle spesialprodukter innen helse/ernæring med norsk sildeolje som råvare. En skulle undersøke biologiske og kjemiske fortrinn ved sildeolje fra ulike råstoffkvaliteter, undersøke markedspotensial og foreta strategiske valg for hva som eventuelt bør utvikles, samt etablere forsknings samarbeid med forskningsmiljøer som kan bidra på det/de prioriterte områdene for videre FoU-arbeid.

Rapporten beskriver bl.a. oljens fettsyresammensetning, innhold av vitaminer og antioksidanter, produksjonsbetingelser og innvirkning på kvalitet, og muligheter i forhold proteiner og vannfase. Videre er det vedlagt en egen markedsvurdering av sildeolje utarbeidet av Møreforskning.

EPAX konkluderer med at de ønsker å igangsette et treårig prosjekt for å utvikle olje fra silde-avskjær. Dette går bl.a. på prosessering og stabilisering av olje fra ferskt råstoff for fremstilling av høykvalitetsolje til bruk i ernæring, undersøkelse av antioksidantsammensetning og undersøkelse av biologiske effekter av langkjedete monoenfettsyrer i oljen. Dessuten vil utfordringer i forhold til utnyttelse av proteinfraksjonen med mye restfett og muligheter for å øke verdi av sildeavskjæret gjennom utnyttelse av vannfasen ("press juice") være aktuelle tema.

Stiftelsen RUBIN  
Pirsenteret  
7462 Trondheim

Telefon 73 54 56 30  
Telefax 73 51 70 84  
E-mail [rubin@rubin.no](mailto:rubin@rubin.no)  
[www.rubin.no](http://www.rubin.no)



## SLUTTRAPPORT

Utarbeidet av: Harald Breivik, Neperdo Biomarine Iren Stoknes, EPAX	Går til: Sigrun Bekkevold, RUBIN
Dato: 24. mars 2009	
Prosjektnummer: p0408	Klassifisering:
Vedrørende:  <b>Sildeolje til bruk i spesialprodukter for helse og ernæring. Forstudie med støtte fra RUBIN</b>	

### 1. SAMMENDRAG

Produksjon av høykvalitets olje fra biprodukter fra sild kan øke inntjeningen i fiskeforedlingsindustrien.

- 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 positive helseeffekter, og dermed gi et fortrinn for denne type oljer.
- 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. 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 er 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. 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. Erfaringer fra dette arbeidet kan trolig overføres til produksjon av høykvalitets olje fra fersk sild eller ferske biprodukter fra sild.

I dette forstudiet har vi undersøkt kjemisk sammensetning og årstidsvariasjoner av sildeolje. For videre forsøk har vi valgt en sildeolje, delvis produsert fra avskjær, som inneholder høye konsentrasjoner av omega-3 fettsyrer (27 A%, arealprosent GC). Denne oljen er prosessert i laboratorieskala ved ulike betingelser, inkludert fjerning persistente organiske miljøgifter, deodorisering og stabilisering med antioksidanter. Etter prosessering hadde oljen en nøytral lukt og smak, og den har vist meget god stabilitet mot oksidasjon.

I løpet av forstudiet har vi hatt møter med en rekke nordiske forskningsinstitusjoner, med sikte på å etablere samarbeid med en eller flere av disse institusjonene i et mulig fremtidig hovedprosjekt.

Møreforskning Marin har utarbeidet en markedsevaluering for sildeolje som er vedlagt denne rapporten.

Som er resultat av dette forstudiet ønsker EPAX AS å søke Rubin om støtte til å gjennomføre et mer omfattende prosjekt for utnyttelse av silderåstoff til å produsere høykvalitets oljer til bruk i helse og ernæring.

## **1. BAKGRUNN**

Sildeolje kan fremstilles fra ferskt råstoff, og vil dermed kunne gi et stabilt produkt med et vidt anvendelsesområde. Sild er et rent marint produkt, med enda gunstigere fettsyresammensetning enn olje fra oppdrettsfisk. Dermed vil olje fra ferskt silderåstoff kunne oppnå et særlig fortrinn i markedet.

Det er i dag et betydelig press på fiskeressursene. Gjennom sin eier, Austevoll Seafood ASA, vil EPAX ha tilgang til ferske pelagiske biprodukter fra norske nærområder. Disse råvarene vil kunne nyttes til å produsere olje med lave nivåer av oksidasjonsprodukter, og med en ernæringsmessig gunstig fettsyresammensetning. EPAX har en ledende kompetanse med hensyn til prosessering av marine oljer med høyt omega-3 innhold. Blant annet besitter man kompetanse for å rense oljene for miljøgifter.

På denne bakgrunn søkte EPAX RUBIN om støtte til å gjennomføre en forstudie, hvor målet var å avklare om EPAX skal starte et forskningsarbeid for å utvikle spesialprodukter innen helse/ernæring med norsk sildeolje som råvare.

I dette arbeidet ville man søke å:

- undersøke biologiske og kjemiske fortrinn ved sildeolje fra ulike råstoffkvaliteter
- undersøke markedspotensial og foreta strategiske valg for hva som eventuelt bør utvikles
- etablere forskningssamarbeid med forskningsmiljøer som kan bidra på det/de prioriterte områdene for videre FoU-arbeid

## **2. RESULTATER OG DISKUSJON**

### **2.1. Variasjon i fettsyresammensetning**

Det er to sildestammer som er 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 (volumestimat i vedlagt notat fra Møreforskning).

Opplysninger fra litteraturen og kontakt med fagmiljøer viser at sildeolje er rikest 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 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 (3).

Vårt mål var å finne sildeolje med høyest mulig nivå av omega-3 fettsyrer. Med bakgrunn i opplysninger fra litteratur og fagmiljøer, valgte vi derfor å konsentrere våre analyser om prøver fra sommer og tidlig høst. Mens sum omega-3 fettsyrer var på 19.0 A% for en prøve fra januar 2008, steg denne summen både for olje fra nordsjøsild og NVG-sild til over 25 A% i juni og juli 2008. Vi hadde ingen prøver fra august, mens prøver fra september 2008 viste relativt stor variasjon: Sum omega-3 fettsyrer på 23.2 % for kystsild fra midten av september, mens en NVG-olje fra Welcon fra slutten av september viste en sum på hele 27.1 A%. Denne NVG-oljen, som delvis var produsert av sildeavskjær, inneholdt høyere konsentrasjon av omega-3 fettsyrer enn det vi har sett i litteraturen. Vi valgte denne oljen for de eksperimentelle arbeidene i forprosjektet. I en tilsvarende NVG-olje, fra midten av oktober 2008, hadde konsentrasjonen omega-3 fettsyrer sunket til 21.5 A %.

## 2.2. Omega-3/omega-6 forhold

Epax' analyser viser et n-3/n-6 forhold i omega-3 rik sildeolje på 11-12.

*Omega-3 fettsyrer i utvalgt prøve av olje fra NVG-sild (september 2008):*

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

*Omega-6 fettsyrer i utvalgt prøve av olje fra NVG-sild (september 2008):*

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

*Forhold n-3/n-6: 11.8*

Denne oljen hadde en relativt mild lukt og smak, og ble benyttet som utgangspunkt for videre prosessering og stabilisering (se nedenfor).

Våre analyser av n-3/n-6 forhold i sildeolje samsvarer med analyseresultater mottatt i møte med SINTEF Fiskeri og Havbruk, basert på deres deltagelse i RUBIN-prosjektet "Pelagiske biprodukter".

### **2.3. Monoumettede fettsyrer**

Sildeolje inneholder høye konsentrasjoner monoumettede fettsyrer, noe som kan gi biologiske fortrinn for sildeolje sammenholdt med andre oljetyper.

Oljesyre, C18:1n-9, antas å forårsake reduksjon av blodtrykk ved inntak av olivenolje (4). Olivenolje inneholder opp til 80 % oljesyre, mens omega-3 rik sildeolje ser ut til å inneholde ca. 10-13 % av denne gunstige fettsyren. Et mål ved en videreføring av prosjektet vil være å undersøke om de langkjedete C20 og C22 monoumettede fettsyrene også kan ha positive helseeffekter.

I litteraturen er ofte monoenfettsyrene i sildeolje kun oppgitt som 16:1, 18:1, 20:1, 22:1 og 24:1. For vårt formål bør C18:1 deles opp i n-9 and n-7. C20:1 bør analyseres som C20:1 n-7, n-11 and 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 hittil ikke brukt ressurser på kvantitativt å separere disse to.

Konsentrasjonen av monoenfettsyrer er lavest i sildeolje som inneholder mye EPA og DHA.

*Monoenfettsyrer i utvalgt olje fra NVG-sild (september 2008):*

Fettsyre	Konsentrasjon (A%)
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

Vi anser at resultatene ovenfor er representative for NVG-olje som er rik på omega-3 fettsyrer. Høyere konsentrasjoner monoenfettsyrer kan oppnås i perioder av året hvor nivået av omega-3 fettsyrer er lavt. Sildeolje fra januar 2008, med 19.0 A% omega-3 fettsyrer, inneholdt således hele 56 % monoenfettsyrer. Sildeolje fra januar inneholdt vesentlig mer langkjedete monoenfettsyrer (C20:1 og C22:1) enn olje fra september, mens innholdet av monoenfettsyrer med lavere kjedelengde var nær uendret.

## 2.4. 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:

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

Basert på anbefalinger fra Helsedirektoratet (5) vil 10 g av denne oljen dekke 15-25 % av dagsbehovet til en voksen person for vitamin A, og 35-50 % av dagsbehovet for vitamin D.

Ved en videreføring av prosjektet ønsker vi å kartlegge nivået av ubiquinone (Q10) i sildeolje. Kommersielt produseres ubiquinone fra genmodifiserte bakterier, og produksjon fra sildeolje er ikke noe økonomisk alternativ. På den annen side kan det være hensiktsmessig å dokumentere sildeolje som en mulig naturlig kilde for denne og andre naturlige antioksidanter.

## 2.5. Produksjonsbetingelser og innvirkning på kvalitet

Høsten 2008 ble en omega-3 rik sildeolje fra Welcon, med sammensetning som angitt i avsnitt 2.2.-2.4., rensert for miljøgifter og videreprosessert og stabilisert ved ulike betingelser i EPAX' laboratorium. Den ferdige oljen hadde en nøytral lukt og smak. Kjemiske analyser av oljen viste en meget god stabilitet mot oksidasjon, og lave verdier av oksidasjonsprodukter. En videreføring av prosjektet vil inkludere optimalisering av prosessbetingelsene.

En næringsmessig fordel med sildeolje som er produsert fra ferske råstoffer, er at oljen har i behold naturlige nivåer av antioksidanter og vitaminer, samtidig som oljen inneholder lave nivåer av oksidasjonsprodukter.

Fra en kjemisk synsvinkel vil samtidig en slik olje være gunstig med hensyn videre prosessering og stabilisering med sikte på bruk i Functional Foods. Erfaring fra produksjon av olje fra biprodukter fra oppdrettslaks tilsier at ferskheten er av avgjørende betydning for å oppnå en olje som er stabil mot harskning.

På grunn av enzymer fra fordøyelsessystemet, øker nivået av frie fettsyrer raskt ut over akseptable verdier, dersom råstoffene lagres før prosessering.

Publiserte resultater viser at olje fra ferske råmaterialer 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 (3). Avskjær fra salt sild (hollandsk Maatjes-sild) inneholder høyere konsentrasjoner av jern og kobber enn olje fra ferskt avskjær, noe som gir lavere stabilitet av slike oljer (3).

Ut fra dette kan man konkludere med at frosne og salte sildebiprodukter vanskelig kan benyttes til produksjon av høykvalitets olje.

Noe overraskende 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 (3). Denne observasjonen er i motsatt av hva som er kjent for tunfisk, hvor hodene (særskilt fettene rundt øynene) anses for å gi olje med særlig høye konsentrasjoner av DHA.

EPAX benytter patentert teknologi 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 rensaneanlegg. Dermed reduseres investeringsbehovet ved de lokale produksjonsstedene.

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

DTU Aqua har på oppdrag fra EPAX utført sensoriske studier med rensede og stabiliserte fiskeoljer. Det ble blant annet vist at stabiliserte oljer fra EPAX hadde en hemmet utvikling av fire viktige flyktige oksidasjonsprodukter som forbindes med harsk eller fiskeaktig lukt og smak: 1-penten-3-one, 2,4-heptadienal, *c*-4-heptenal and *t,c*-2,6-nonadienal.

Vi har ikke hatt råstoff for å gjennomføre oljeproduksjon med helt ferskt sildeavskjær i løpet av dette forstudiet, men det vil være et viktig punkt ved en videreføring av prosjektet. I en slik sammenheng vil vi også sammenligne olje som er produsert fra ferskt avskjær med de beste oljene som produseres ved standard sildeoljeproduksjon.

## **2.6. Proteiner og vannfase**

Arbeidet som er utført i dette forprosjektet har identifisert nye utfordringer og muligheter ved prosessering av ferskt silderåstoff:

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. Utvikling av nye anvendelser for denne proteinfraksjonen antas derfor å bli en nødvendig del av hovedprosjektet. EPAX ser dette som en mulighet til å øke verdien av sildebiprodukter.

"Herring press juice" (vannfraksjon fra sildemuskel) inneholder vannløselige komponenter som antas å ha gunstige helseeffekter (6,7). 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”.

## **2.7. Eksterne forskningspartnere**

En viktig del av forstudiet var å identifisere eksterne forskningsinstitusjoner for bidrag ved en eventuell videreføring av prosjektet. I løpet av forprosjektet har det vært uformell kontakt med en lang rekke fagmiljøer. Det har vært avholdt møter ved flere ledende nordiske forskningsmiljøer:

*Sintef Fiskeri og Havbruk* (Ivar Storrø, Ove Østvik, Leif Grimsmo) har blant annet et moderne pilotanlegg for prosessering av fiskeoljer og oppkonsentrering av omega-3 fettsyrer.

*DTU Aqua* (Charlotte Jacobsen) har ledende kompetanse med hensyn til stabilisering av fiskeoljer og anvendelse av fiskeoljer i næringsmidler.

*Chalmers tekniska högskola* (Ingrid Undeland) har blant annet dokumentert positive effekter av ”herring press juice”, og har eksperimentelle systemer som muliggjør *in vitro* studier av hvordan ulike produkter påvirker (og påvirkes av) mekanismer i fordøyelsessystemet.

*Nofima Ingredients* (Åge Oterhals) har betydelig kompetanse innen prosessering av fiskemel og fiskeolje, og kjemiske analyser av olje.

*Havforskningsinstituttet* (Sonnich Meier) har stor erfaring med hensyn til analyse av lipidklasser og fettsyrer fra fisk.

I møtet med *Møreforskning Marin og Høgskolen* i Ålesund (Grete Hansen Aas, Margareth Kjerstad og Robert Wolff) la vi vekt på deres erfaring med markedsvurderinger av produkter fra fisk.

I møtet med *Norges fiskerihøgskole* (Edel Elvevoll) var vi særlig interessert i å få del i erfaring som kan gi grunnlag dokumentasjon av positive biologiske effekter av monoumettede fettsyrer.

## **2.8. Industripartnere**

Ved en eventuell videreføring av prosjektet vil det være naturlig å søke et samarbeid med selskapet Modolv Sjøset AS, Træna, med sikte på å produsere olje fra ferske sildebiprodukter. Det vil også være aktuelt å involvere andre bedrifter i Welcon-systemet. Det vil være viktig å kunne sammenligne kvaliteten av en slik olje med olje fra tradisjonell prosessering av sildeolje.

### 3. KONKLUSJONER – FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

EPAX ønsker å søke RUBIN om støtte til å starte et treårig prosjekt med sikte på å utvikle olje fra sild og sildeavskjær som et spesialprodukt for helse og ernæring. Prosjektet vil ta utgangspunkt i EPAX' kompetanse innen prosessering og stabilisering av fiskeoljer som er produsert fra ferske råstoffer. En mer detaljert plan, inkludert aktuelle samarbeidspartnere, vil bli presentert i søknaden. Nedenfor gis noen stikkord med hensyn til hvilke aktiviteter EPAX mener prosjektet bør inkludere.

- Prosessering og stabilisering av olje fra ferske sildebiprodukter med sikte på å fremstille en høykvalitets olje til bruk i ernæring. Sildeolje kan ha et høyt innhold av omega-3 fettsyrer ( $\geq 27$  A%). I tillegg har sildeolje et meget gunstig forhold mellom omega-3 og omega-6 fettsyrer, noe som bør gi et konkurransefortrinn i forhold til oljer fra oppdrettsfisk.
- Det bør foretas en detaljert undersøkelse av antioksidantsammensetningen i sildeolje.
- De biologiske effektene av langkjedete monoenfettsyrene i sildeolje bør studeres nærmere. Det høye innholdet av disse fettsyrene kan vise seg å gi sildeoljen en øket verdi.
- Fjerning av mettede fettsyrer fra sildeolje vil gi et kombinert konsentrat av langkjedete omega-3 fettsyrer og monoenfettsyrene. I tillegg til prosessutvikling, bør det gjennomføres en evaluering av markedsutsiktene for et slikt produkt.
- Dersom man produserer olje fra helt ferske sildebiprodukter, kan proteinfraksjonen vise seg å inneholde mer restfett enn mel fra tradisjonelt silderåstoff, noe som vil gi utfordringer med hensyn til kvalitet. Utvikling av nye anvendelser for denne proteinfraksjonen kan derfor bli en nødvendig del av prosjektet.
- Vannfasen fra produksjon av olje fra ferske sildebiprodukter antas å ha en sammensetning som ligger nærmere "herring press juice" enn det man finner i limvann ved 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 tillegg til det teknologiske utviklingsarbeidet vil prosjektet inkludere fortløpende markedsvurderinger av de ulike produktene som man kommer til å arbeide med. Konklusjoner fra markedsvurderingene kan komme til å påvirke prioriteringen av det teknologiske arbeidet.

Ålesund, 24. mars 2009

Iren Stoknes

Harald Breivik

#### 4. REFERANSER

1. European Pharmacopoeia. 2008. Monographs 1910 and 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. Aidos, I. Production of high-quality fish oil from herring by-products. Ph.D. Thesis, Wageningen University (2002), The Netherlands
4. 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.
5. Sosial- og helsedirektoratet, 2005, Norske anbefalinger for ernæring og fysisk aktivitet. [http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00002/IS-1219\\_2606a.pdf](http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00002/IS-1219_2606a.pdf)
6. 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.
7. 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.

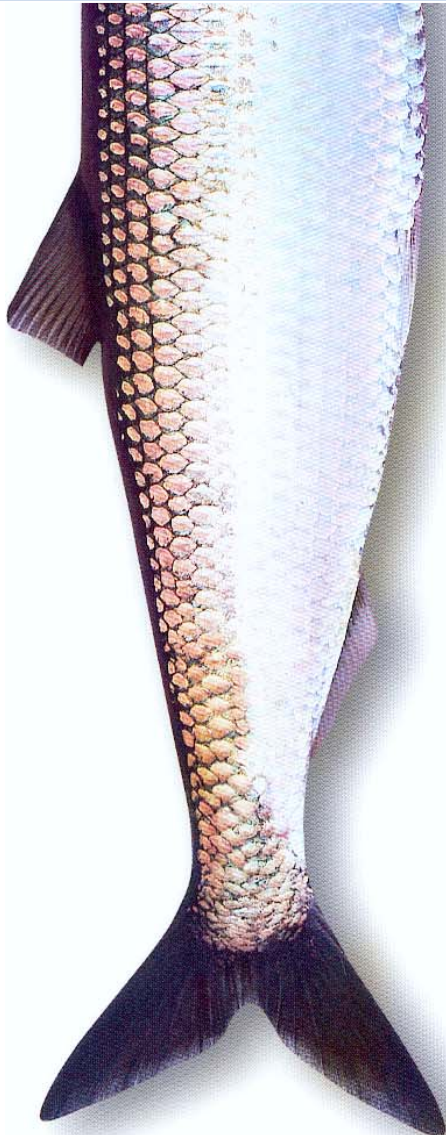
## **VEDLEGG 1**

Aas, G.H., Kjerstad K. and Wolff, R. Notat: Markedssituasjonen for omega-3 olje fra sild, Møreforskning Marin/Høgskolen i Ålesund, 15. januar 2009.

# 2009



## Notat: Markedssituasjon for omega-3 olje fra sild



Grete Hansen Aas, Margareth Kjerstad,

Robert Wolff

Møreforskning Marin/Høgskolen i Ålesund

15.01.2009

## Innholdsliste

1.	Bakgrunn .....	4
2.	Råstoffpotensial .....	4
2.1	Hva karakteriserer sildeolje? .....	5
2.2	Andre råvarer .....	6
3.	Anvendelser og markeder for omega-3 oljer .....	7
3.1	Funksjonell mat .....	8
3.2	Kosttilskudd .....	9
3.3	Barnemat .....	9
3.4	Medisinske dietter .....	9
3.5	Petfood/dyrefôr .....	9
4.	Trender .....	10
5.	Oppsummering/konklusjon .....	10
6.	Referanser .....	12

## 1. Bakgrunn

### Mandat for arbeidet

Møreforskning Marin fikk en henvendelse fra EPAX for å utføre en kort kartlegging av markedspotensialet for oljer med sammenlignbare kvaliteter som sildeolje. Datasøket skulle gjennomføres på bakgrunn av tilgjengelige statistikker og gjennomførte FoU prosjekt. En har samlet informasjon om tilgjengelig råstoff av sild fra norske fiskeri, karakterisert råstoffet og samlet tilgjengelig informasjon om priser og markedspotensial for sammenlignbare oljer.

### Innledning

Det er et økende marked for omega-3 oljer, og det foreligger vitenskaplig dokumentasjon av positive helseeffekter av disse. Oljene anvendes både til humant konsum og dyrefôr.

Det norske markedet for kosttilskudd øker og tran er en av de største produktkategoriene. Tran omsettes som flytende, mens kosttilskudd oftest er fiskeolje fra Sør Amerika innkapslet i en gelatinkapsel. Generelt tar 30% av den norske befolkningen tran eller kosttilskudd med omega-3 (Nesvold 2004 etter Lekang 2007). Norske råvarer brukes i svært begrenset grad til fremstilling av omega-3 oljer, mens hovedtyngden av råstoff er søramerikansk råolje som raffineres i Norge.

Den største delen av omega-3 ingrediensene utgjøres av tradisjonelle oljer. Det er størst vekst på konsentrater, det finnes også pulverprodukter og emulsjoner, men disse er en mindre del av totalmarkedet.

Tabell 1. Ulike produktvarianter med omega 3 tilsetninger (Wahren og Mehlin 2007).

Type omega-3 ingrediens	Av totalmarkedet, % av volum
Tradisjonell olje	60
Konsentrat	25
Pulver	10
Emulsjoner	5

Det foreligger mange analyser av sammensetning av sildeoljer (Lekang 2007, Digre m.fl. 2006). For å få gjennomslag i markedet for en "ny olje" er det viktigste å fremskaffe dokumentasjon av bruksegenskaper av den "nye" oljen. For en fersk sildeolje, kan dokumentasjon av bruksegenskapene fra sammenlignbare oljer benyttes for å vurdere anvendelse og markedspotensial.

## 2. Råstoffpotensial

Norske fiskere kan fiske på to sildebestander. I 2009 er de norske kvotene for norsk vårgytende sild (NVG sild) 1 002 303 tonn, og 53 500 tonn for nordsjøsilde.

Bestandssituasjonen for NVG sild er god og det har vært en jevn vekst i kvotene de siste årene, mens silda i Nordsjøen har vist en nedadgående trend. En større andel av sildefangstene

blir brukt til konsum. Tabell 2. viser oversikt over landinger, verdi og snittpriser for ulike anvendelser.

**Tabell 2. Oversikt landet kvantum, anvendelse og prisnivå for NVG sild og nordsjøsil i 2007 (Norge Sildesalgslag 2009).**

Fiskeslag	Mel og olje			Konsum		
	Tonn	Verdi	Pris pr/kg	Tonn	Verdi	Pris pr/kg
NVG sild	116 689	188 492	1,62	693 517	1 833 128	2,64
NVG sild - avskjær	6 953	8 497	1,22			
Nordsjøsil	10 847	18 377	1,69	96 415	290 309	3,01
Nordsjøsil - avskjær	460	673	1,46			

Tabell 2 viser at ca 16 % av landingene av NVG sild og 11 % av nordsjøsil går til mel og oljeproduksjon. I Norge finnes det mellom 3-5 ringnotfartøy med egen filetlinje. Disse fartøyene og enkelte utenlandske fartøy leverer avskjær fra filetproduksjonen. Prisnivået fra avskjær er bare ca 0,20 kr/kg lavere enn for rund fisk. Ombordprodusert avskjær blir innfrys i kartonger. Sild blir eksportert rund eller filetert i norske pelagiske bedrifter. Bedrifter med filetproduksjon har muligheter for å anvende restavskjæret til oljeproduksjon. Råstoff fra pelagisk konsumråstoff (sild og makrell) kan øke hvis bearbeidingsgraden i industrien øker. Råstoffvolumet er i dag ca 200 000 tonn avskjær som ideelt sett kan gi rundt 30.000 tonn olje (Lekang 2007). I dag går mesteparten av avskjæret til fiskeoljeindustrien, mens en del går til ensilasjeindustrien som produserer olje til bl.a. teknisk bruk (Lekang 2007).

I undersøkelser av bedrifter i pelagisk industri, ble det funnet for høye temperaturer under oppbevaring i buffertanker og under filetering (Digre m.fl. 2004; Remme m.fl. 2003). Det vil være viktig å kvalitetssikre tid/temperatur eksponering av råstoffet, hvis det skal gå til en olje til humant bruk med lavt oksidasjonstall.

Mengden avskjær av fisk av ikke godkjent matkvalitet fra pelagisk fiske/industriproduksjon i Norge var i 2005 anslått til 200 000 tonn, der ca 70 % går til mel og olje, og det resterende brukes til ensilasjekonsentrat. Kun 1% brukes til pelsdyrfôr. Ved filetering av sild vil biproduktene utgjøre omtrent 50% og bestå av hode, innmat, rygg, bein og skinn, samt vrakfisk (Lekang 2007, Olafsen 2005). Økt filetering av pelagiske arter som sild og makrell fra tradisjonelt fiskeri vil gi grunnlag for en betydelig oljeproduksjon. Fisket foregår i sesong, og mye tas på høst og tidlig vinter. Hvis det skal lages olje til humant bruk, må råstoffet håndteres på en annen måte, lokaler oppgraderes og prisene vil trolig øke. Årsaken til dette er de nye Hygieneforskriftene som trådte i kraft 1. Mars 2008.

## 2.1 Hva karakteriserer sildeolje?

Fersk sildeolje basert på avskjær fra filetproduksjon og vrakfisk kan ha en fettsyreprofil som inneholder n-3 fettsyrer, og liten grad n-6 fettsyrer. Det vil også være en del monoene fettsyrer. En slik olje vil også inneholde naturlige antioksidanter som er etterspurt av markedet. Sammensetningen kan variere i sesongen, så det vil være viktig å hente ut



tilstrekkelige volum når det er høye fettnivåer i NVG silda. Det beste vil være å bruke olje basert på avskjær.

Fettsyresammensetning i sildefileter er funnet å bestå av 7-12 % DHA, 4-7 % EPA av totalt fettsyreinhold (Falch m fl. 2006). Det ble gjort målinger fra september til februar i tre år, og innholdet av disse fettsyrene sank utover i sesongen. Lipidene i sild består stort sett av nøytrale triglyserider (89-93 %) og noe mindre mengder polare lipider (7-11%). Det ble funnet lavere innhold triglyserider i januar februar 2004 i forhold til september-november samme år (Falch m.fl. 2006). Hamre m fl. (2003) påviste også nedgang i fettinnhold og tørrstoffinnhold i sild utover i sesongen.

## **2.2 Andre råvarer**

Råvarer fra oppdrett benyttes i oljeproduksjon, i første omgang oljer produsert fra ferskt avskjær hos laks. Lakseoljene er etterspurt, men inneholder mer n-6 fettsyrer enn det en sildolje vil inneholde. Teknologien for å utvinne olje fra sild vil kunne benytte teknologi som er utviklet for lakseolje. Det utvikles også olje fra torskelever, der fiskeri leverer til tranproduksjon, mens oppdrett leverer kvalitet som også kan benyttes i helsekost. Det er et større innslag av n-6 fettsyrer i oljene som produseres fra oppdrett enn det en sildolje vil gi. Sør-Amerikanske oljer har en fettsyresammensetning som er foretrukket, men pga produksjon og transport, kan de ikke konkurrere med ferskheten til en potensiell sildeolje.

Tidligere var oksidasjonsnivå det viktigste kvalitetskriteriet på fiskeolje, men nå er det vanlig å etterspørre bestemte fettsyresammensetninger i oljer (Aas & Kjerstad 2008).

Det blir produsert en tunfiskolje som oppfyller strengere oksidasjonsgrenser enn andre oljer pga anvendelse innen medisinsk ernæring i Europa.

Det er fremstilt oljer med ulik prosesseringsgrad av makrell og lakseavskjær.

Oksidasjonsstabiliteten var påvirket av ekstraksjonsmetoden. Varmpresset råolje hadde høyere oksidasjonsnivå enn kaldpresset råolje, mens stabiliteten av de raffinerte oljefraksjonene var uavhengig av ekstraksjonsmåten. Miljøgifter, samt nitrogen og svovelholdige komponenter ble betydelig redusert under raffineringprosesser (Bekkevold og Olafsen 2007).

Stabilitet og sammensetning av DHA/EPA i søramerikanske oljer varierer, og i 2007 var det lavt innhold av DHA (Wahren og Mehlin 2008). Olje fra ferskt sildeavskjær blir fremhevet som en aktuell kilde med tilgang på betydelige volumer i sesongen (Wahren og Mehlin 2008).

Lakseolje produseres i dag av avskjær fra laksefiletproduksjonen med bruk av to forskjellige prosesser: fra ferskt råstoff hvor avskjæret benyttes direkte fra slakteriet og fra ensilert avskjær. Det er gjennomført nyere forskning (for eksempel DOCMAR) og undersøkelser som viser at råoljen har en gunstig helseeffekt som avviker fra effekten av tilsvarende raffinert olje (Pettersen, 2006).

Lakseolje fra oppdrett raffineres i ulik grad og brukes både i funksjonell mat og i petfood og i fôr til hest og griser. Marine Harvest er et eksempel på en bedrift som har kommet langt i utvikling og markedsføring av ulike kvaliteter på lakseolje under merkevaren Xalar, både

”Virgin Salmon Oil”, ”Refined Salmon Oil” og ”Functional Food Salmon Oil” (Bekkevoll og Olafsen 2007).

Produksjon av råolje fra torskelever er en over hundre år lang tradisjon i Norge, og det videreføres av Peter Møller (Axellus) i dag. Bedriftene som benytter villtorsk har øvre og nedre grenseverdier for 15 ulike fettsyrer (EP 2006) og lignende krav gjelder tran fra oppdrettstorsk (Pharmaeuropa 2006). Innhold av linolsyre som er krav for tran fra villfisk (<3%) er vanskelig å oppnå i oppdrett, selv ved bruk av marine råvarer i fôret. Det er vekst i torskeoppdrett, og gjennom fôret kan spesielle fettsyreprofiler i oljene ”designes”. Slakting gir mulighet til en unik ferskhetsprofil på råstoffet, men det er en trend med økt innblanding av vegetabiliske oljer som gjør oljene mindre attraktive til sammenligning med de Sør Amerikanske oljene på markedet. Det mangler et råoljeproduiserende ledd innen torskeoppdrett, og et samarbeid mellom Fjordlaks og Denomega er det første basert på utnyttelse av bl. a. råstoff som torskelever fra oppdrett (Aas og Kjerstad 2008).

### **3. Anvendelser og markeder for omega-3 oljer**

Nord Amerika er det meget viktig og voksende marked for omega 3 oljer (Wahren og Mehlin 2008). I Europa er det største markedene for ”functional food” og omega-3 oljer i Spania og Storbritannia. Asia og særlig Kina forventes å bli et stort marked for omega-3 produkter.

Generelt sett kommer applikasjoner av omega-3 oljer til å domineres av selskaper som investerer i studier av egne patenterte formuleringer eller klinisk testede produkter (Wahren og Mehlin 2008). Markedet for marine oljer har vært inne i en kraftig vekst i perioden 2002-2007. I denne perioden økte markedet 150 % (Wahren og Mehlin 2008).

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

- Tran/kosttilskudd
- Ingrediens i mat (funksjonell mat)
- Legemiddel

Som fellesbetegnelse for kosttilskudd og ingrediens i mat brukes ofte Nutraceuticals, som også kan defineres som produkter som innehar bioaktive komponenter.

Oljer som inneholder enumettede fettsyrer og naturlige antioksidanter kan være etterspurt i enkelte markeder.

Enkelte markeder setter høye krav til ferskhetsmålt ved oksidasjonsparametre, for eksempel oljer som er rettet mot medisinske dietter (eks for premature barn). Kanskje kan en fersk sildeolje oppnå et slikt krav? Det er ekstra strenge krav til oksidasjonsparametre i tunfiskolje fordi denne brukes til medisinsk ernæring i Europa.

Naturlige antioksidanter er etterspurt innen helsekost i dag. Lakseolje tilbys i apotek i Europa, hovedsakelig emballert i kapsler.

**Tabell 3. Oversikt over volum og prisnivå for omega 3 oljer globalt (Wahren og Mehlin 2008).**

	Volum, tonn/år	Priser , NOK/kg <sup>1</sup>
Tran	4.000-6.000	10-12
Raffinerte oljer, 30%	30.000-35.000	35-60
Raffinerte oljer til funksjonell mat	3.000-4.000	120-200
Konsentrater, 50-60%	6-7.000	70-240
Konsentrater, ca 90%	1.500	700-1.200
DHA/algeolje	1.100	100-200
Sum	50.000-55.000	

Det er presentert oversikt over volum og prisnivå for omega-3 oljer globalt (Tabell 3) og det meste av oljene som omsettes utgjøres av tran og raffinerte oljer som går blant annet til dyrefôr. Andelen av raffinerte oljer til funksjonell mat er liten, men prisene på nivå med konsentrater (50-60 %). Kun en liten del av omega-3 oljene blir raffinert til konsentrater (90%) til den høyeste prisen (700-1200 NOK).

### **3.1 Funksjonell mat**

Dette begrepet brukes om mat som er tilsatt en ingrediens, f.eks. omega-3 for å gi en matvare en positiv helseeffekt.

Den største veksten for marine oljer de neste 5-10 årene vil komme innen mat og drikke-segmentet. Omega-3 tilsetninger i USA er det sterkest voksende segmentet innenfor "functional food". Viktige områder i framtiden vil være innen innovasjon innen kamuflering av smak, produktformuleringer, oksidasjonsstabilitet, produktutvikling og markedsføring (Wahren og Mehlin 2008). Det forventes en vekst i 2011, der DHA/EPA vil utgjøre 70 % mens alfa linolensyre (ALA forventes å få en andel på 30%).

Functional food markedet har økt de siste årene pga bedre kvalitet på oljene og muligheter for stabilisering av disse ved ny teknologi. I 2003 var tyngdepunktet for omega-3 oljer i Europa, men nå øker markedet i USA (Wahren og Mehlin 2008). Det anslås at innen 2011 vil omsetning av "functional food" & drikke tilsatt omega-3 i USA passere USD 7 mrd (salgsverdi i konsumentleddet) (Wahren og Mehlin 2008). I Europa har det vært en trend å utvikle meieriprodukter tilsatt omega-3, mens USA har satset mer på egg og kornbaserte produkter. Det er trender som går på tilsetning i juicer og meieriprodukter og at omega-3 tilsetning blir vurdert som en standard tilsetning, tilsvarende vitamin C. Det er startet tilsetning i "processed foods" med muligheter for å tilsette omega-3 produkter. Det forventes

<sup>1</sup> Priser og volum er basert på tall fra første halvår av 2008.

et stort marked i Asia, med Kina som det største markedet. En stor del av nylig lanserte omega-3 tilsatte produkter er rettet mot barn i ulike aldrer (Wahren og Mehlin 2008). Pga Kinas familiepolitikk forventes markedet rettet mot barn å øke – bare det beste er bra nok for familiens eneste barn. Asiatisk marked ønsker å bevare ”fiskeflavour” på produkter, og har ikke samme kravet til at en olje skal være smakløs. Dette gir kanskje muligheter for sildolje på dette markedet?

### **3.2 Kosttilskudd**

USA er det største markedet for omega-3 kosttilskudd, men markedet i Vest Europa vokser også. Spesielt øker markedet både i Frankrike, Italia og Spania.

Det finnes mange fiskeoljebaserte produkter på markedet, og forbrukerne rangerer høyest produkter som har sin egen omega-3 kilde/fiskeolje som for eksempel Ocean Nutrition og Nordic Naturals.

Det store markedet for omega-3 som kosttilskudd i USA preges av at en aldrende befolkning ønsker å bedre sin helse. I USA forsøkes det å utvikle produkter som er enkle å innta, som pulver, drikker og emulsjoner. Et eksempel er Coromega som er en porsjonspakket emulsjon av omega-3 som kan spises direkte eller blandes i mat og drikke. I Norge har samarbeidet mellom Marine Harvest Ingredients og Pharmalogica resultert i Smartfish , som omfatter en serie fruktdrikker, emulsjoner og gums med Xalar Lakseolje som aktiv ingrediens (Wahren og Mehlin 2008).

### **3.3 Barnemat**

Barnemat, eller ”infant formula” er spesielt i USA et stort markeds- og forretningsområde. DHA og arakidonsyre er viktig for spedbarnas utvikling (Wahren og Mehlin 2008).

Mikroinkapsulering kan også brukes for å kamuflere smaker. Det forventes at mikroinkapsulering vil stige med 10% per år (Lekang 2007). Dette er en måte for å sørge for at barn får i seg tilstrekkelig mengde omega-3.

### **3.4 Medisinske dietter**

Omega-3 brukes i medisinske dietter, dvs næringsoppløsninger som gis intravenøst eller gjennom sondefôring direkte i mage/tarm for raskere restitusjon (Lekang 2007). Tunfiskolje med spesielle kvalitetskrav brukes til dette formålet i dag. En lite raffinert sildeolje vil trolig ikke kunne benyttes på dette markedet.

### **3.5 Petfood/dyrefôr**

Fôrmarkedet er et bulkmarked med relativt lave priser. Fiskefôrmarkedet er avhengig av marint råstoff. En sildeolje vil være attraktiv, men kanskje for dyr for dette markedet. For startfôr til marin yngel, kan dette kanskje være en råvare som kan inngå. Likeså kan oljen kanskje brukes til petfood. En økning i petwood og fokus på helse til kjæledyr, vil en nå et marked med stor betalingsevne, og kanskje åpne markeder også til humant konsum.

## 4. Trender

I 2004 bestod omega-3 forbruket til humant konsum i verden av kosttilskudd 65%, ingrediens i mat 15%, tilsats i morsmelk/barnemat 10% og petfood 10% (Lekang 2007).

Den største andelen av omega-3 ingredienser utgjøres av tradisjonelle oljer. Konsentrater vokser raskere enn de vanlige oljene. Petfood vokser i dag raskere enn kosttilskudd. Det arbeides mye med dokumentasjon av helseeffekter av oljer som inneholder naturlige antioksidanter, og som ikke er for raffinert.

## 5. Oppsummering/konklusjon

En fersk sildeolje vil ha mange potensielle anvendelser. Markedet innenfor ”petfood” ser ut til å vokse meget raskt, men det er kanskje spesielt innen funksjonell mat eller som kosttilskudd at det største potensialet ligger.

Sildeolje vil kunne selges mot et marked som ønsker mest mulig ”naturlige” produkter og som kan markedsføres pga helseeffekter ikke bare knyttet til omega-3, men også naturlige antioksidanter og enumettede fettsyrer. Spesielt blir opphavsland som Norge foretrukket i markedet fordi dette blir sett på som ”rene” produkter. Markedene for en fersk sildeolje vil først og fremst være USA og Asia. Spesielt vil Kina kunne være aktuell, selv om dette også kan være et utfordrende marked. Også Øst-Europa er et stort og interessant marked som viser positiv utvikling for omega-3 produkter. En sildeolje kan trolig anvendes i de samme markedene som lakseolje. En gunstigere fettsyresammensetning i sildeoljen kan ved dokumentasjon og markedsføringstiltak gi muligheter for en bedre produkt- og markedspotensial enn lakseolje.

I det videre arbeidet med sildeoljen vil vi anbefale å følge opp dokumentasjon av effekter av oljer med en lignende kvalitet som den ferske sildeoljen, samt gjennomføre egne tester. En må få avklart om sildeoljen har en kvalitet som gjør den egnet til humant konsum. For å få kunnskap om dette må det gjøres undersøkelser og uttestinger i markedet.

Markedet for sildeolje må kartlegges. En må skaffe seg informasjon om markedspotensialet og trender for sammenlignbare oljer og vurdere EPAX sine muligheter for å introdusere sildeolje i dette markedssegmentet. En må få oversikt over aktuelle konkurrenter og hvilke produkter og markeder de har sine satsingsfelt. Informasjon om omsatt volum og prisnivå i ulike markedssegment er nødvendig for å kunne beregne lønnsomhetspotensialet for omega-3 produkter fra sildeolje.

## 6. Referanser

- Bekkevold, S. & Olafsen, T. 2007. Marine biprodukter: Råvarer med muligheter. Rubin. 143 s.
- Digre, H., Jansson, S., Sandbakk, M., Remme, J.F., Wammer, A. & Kjerstad, M. 2004. Pelagisk kvalitet – fra hav til fat. Delrapport III: Feltforsk hos Austevoll Fiskeindustri oktober 2003. Sintefrapport STF80 F045047. 46 s.
- Falch, E., Aursand, I. & Digre, H. 2006. Pelagisk kvalitet. Sesongvariasjoner i næringsverdi og fettsammensetning i NVG sild og makrell. Sintefrapport 25 s.
- Hamre, K., Lie, Ø. & Sandnes, K. 2003. Seasonal development of nutrient composition, lipid oxidation and colour of fillets from Norwegian spring-spawning herring (*Clupea Harengus* L.). Food Chemistry, 83 (3): 441-446.
- Lekang, O.I. 2007. Råvarekilder for omega 3 oljer. Potensialer, ernæring/helse, bærekraftighet og miljøstatus. RubinRapport nr 144. 106 s.
- Olafsen, T. 2005. Potensialet for ingredienser, konsumprodukter eller fôr fra marine biprodukter. Rubinrapport nr. 4014/126. 11 s.
- Pettersen, J. 2006. Sluttrapport DOCMAR. Delprosjekt: Marine oljer. Helsemessige konsekvenser av prosessering. 17 s.
- Remme, J.F., Wammer, A., Kjerstad, M., Digre, H., Jansson, S. & Sandbakk, M. 2003. Pelagisk kvalitet – fra hav til fat, Delrapport IV: Feltforsøk hos Bergen Fiskeindustri, nov 2003. Sintefrapport STF80 F045045. 51 s.
- Remman, T & Guldbrandsen, K.E. 2006. Dokumentasjon av fersk norsk lakseolje til hund og smågris . Oppsummeringsrapport. Rubinrapport nr 139, 8 s.
- Wahren, R & Mehlin, B. 2008. Internasjonal markeds og industrianalyse for biomarine ingredienser. Oppdatering av oktober 2008. Rubinrapport 167. 79 s.
- Pharmeuropa, 2006. 18(4): 605-609. (EP11192, 2005)
- European Pharmacopoeia. 2008. Monographs 1910 and 2398.
- European Pharmacopoeia. 2008. Monograph 2.4.29
- Aas, G.H. & Kjerstad, M. 2008. Status for utnyttelse av restråstoff fra torskeoppdrett. Rubinrapport nr 163. 57 s.