

FHF-prosjekt 901619

Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere



Hovedresultater fra prosjektet
2024-01-31

Åge Oterhals
Seniorforsker, Nofima



Prosjektorganisering

Ansvarlig organisasjon: Nofima

Prosjektleder: Åge Oterhals

Samarbeidende forskningsmiljø: Universitetet i Bergen, Klinisk Institutt 1

Industripartnere: Rederiene Halstensen Granit, Ramoen, Havstrand

Prosjektgruppen har bestått av følgende sentrale fagpersoner:

- Seniorforsker, PhD Åge Oterhals – Prosess- og næringsmiddelteknologi, kjemisk, fysikalsk, bakteriologisk og sensorisk kvalitet
- Forsker, PhD Silje Steinsholm – prosess og næringsmiddelteknologi, sensorisk analyse
- Seniorforsker, PhD Jens Petter Wold - Anvendt spektroskopi, data- og prosessanalyse
- Seniorforsker, PhD Jan Vander Roost – Mikrobiologi og prosesshygiene
- Seniorforsker, MSc Halvor Nygaard – Mikrobiologi og prosesshygiene
- Seniorforsker, PhD John-Erik Haugen - Lipid kjemi, oksidasjon, lukt/smakskjemi
- Professor Oddrun Gudbrandsen, UiB, Klinisk institutt 1 – Klinisk ernæring, biokjemi

AP1 Kartlegging av næringsstoffer

Eksperimentelt

6-8 fisk opparbeidet til hhv. HG og filet.

Registrering fordeling av:

- Hode
- Rygg
- Skinn
- Kutt
- Innvoller (totalt + mage/tarm, lever)

Restråstoff fra hhv. HG og filet-opparbeidelse formalt og frosset ned.

Prosessering i lab-skala (2 kg) inklusiv massebalanse til:

- Presskakemel
- Limvann
- Olje

AP1 Kartlegging av næringsstoffer – analyser

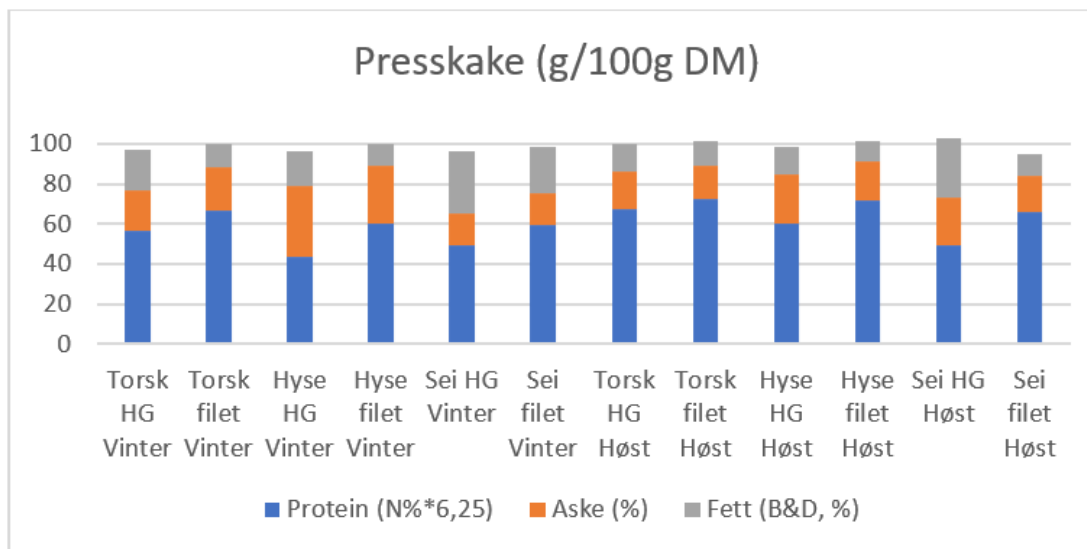
Råstoff:

- Ts
- Protein
- Fett
- Aske

Pk-mel og Lv-konsentrat:

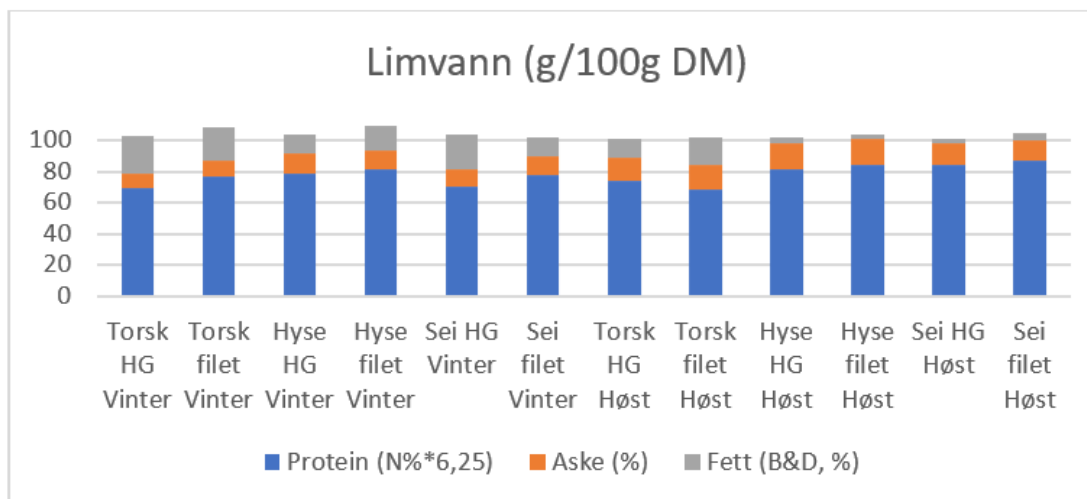
- Råprotein og vannløselig råprotein (N*6,25)
- Totalt og vannløselig tørrstoff
- Aske
- Fett (B&D)
- Aminosyrer
- Frie aminosyrer inkl. taurin
- Fettsyresammensetning (B&D-ekstrakt mel)
- Mineraler (Na, K, Ca, Mg, P, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn)
- Vannløselige vitaminer (B1, B2, B3, B5, B6, B9, B12, biotin)
- Fettløselige vitaminer (A, D, E)
- Tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb) ➡ AP3 Fremmedstoffer
- POPs (PCDD/F, DL-PCB, NDL-PCB) ➡ AP3 Fremmedstoffer

Fordeling av
protein, aske og
fett i presskake



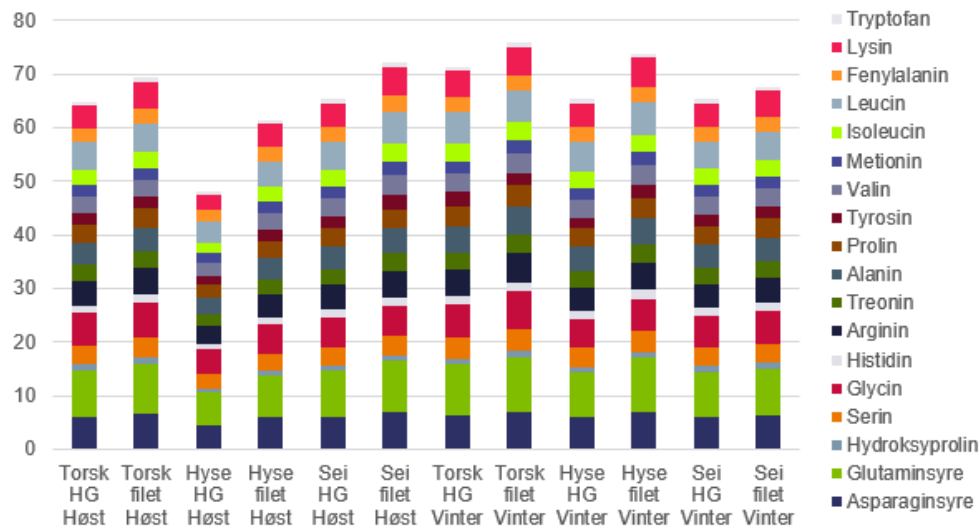
Figur 3: Sammensetning presskake på tørrstoffbasis

Fordeling av
protein, aske og
fett i limvann

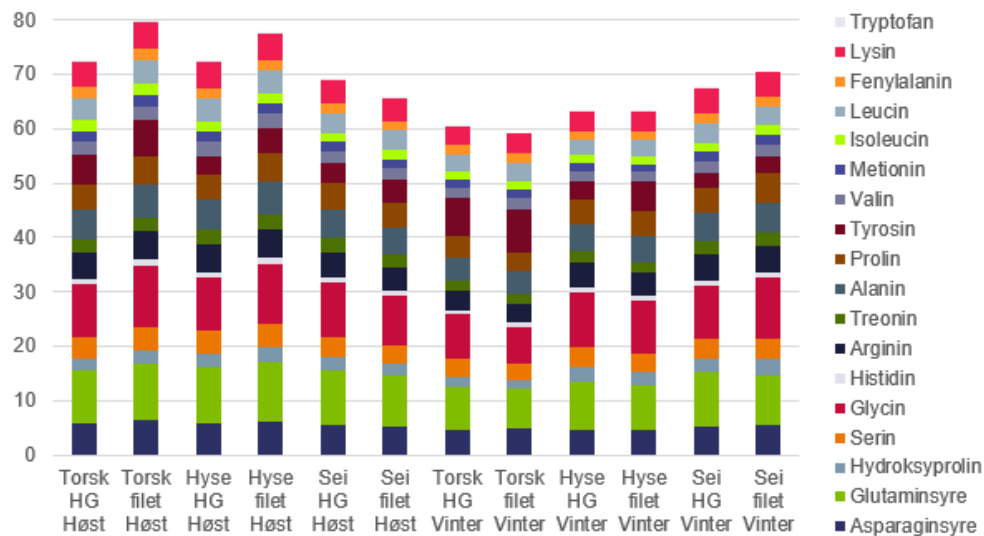


Figur 4: Sammensetning limvann på tørrstoffbasis.

Totale aminosyrer Presskake



Totale aminosyrer Limvann



Mineralinnhold

Tabell 1 Mineralinnhold (mg per 100 g fettfritt tørrstoff) i presskake og limvann (gjennomsnittsverdier)

Prøve	Natrium (Na)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)	Fosfor (P)	Kobber (Cu)	Jern (Fe)	Jod (I)	Mangan (Mn)	Selen (Se)	Sink (Zn)
Presskake	698	672	9314	318	4188	0,5	45	1,5	1,7	0,37	10,0
Limvann	3034	3780	99	120	1759	1,7	4,2	7,5	0,08	0,40	2,0
Ratio Pk/Lv	0,2	0,2	94,4	2,7	2,4	0,3	10,8	0,2	22,8	0,9	5,0

Natrium- og kaliuminnholdet ligger på hhv. 2,3-4,0 og 3,0-4,9 g/100 g FFTs i limvann og er betydelig høyere (5x) sammenlignet med presskake. Kalsium følger som forventet primært presskake, mens det er funnet gjennomsnittlig 2,7x høyere nivå av fosfor i presskake sammenlignet med limvann. Jern, mangan og sink foreligger med høyest nivå i presskake, mens kobber og jod foreligger i høyeste nivå i limvann. Selen er mer jevnt fordelt basert på FFTs.

Fettløselige vitaminer

Tabell 2 Fettløselige vitaminer i presskake på lipidbasis (gjennomsnittsverdier)

	Retinol (vitamin A) (µg/100g)	Cholecalciferol (vitamin D) (µg/100g)	α- tocopherol (vitamin E) (mg/kg)
Gjennomsnitt	843	98	69

Funnet stor variasjon mellom fiskeslag, HG/filet og årstid for alle de tre fettløselige vitaminene (77-3088 µg/100 g fett).

Det er ikke funnet noen korrelasjon mellom de fettløselige vitaminene, og det er ingen sammenheng mellom leverinnhold i råstoffet og vitamin A, D og E i presskakene. Det er heller ikke noen gjennomgående forskjell i nivåene av fettløselige vitaminer mellom HG og filet.

Vannløselige vitaminer

Tabell 3 Nivå vannløselige vitaminer i presskake og limvann på fettfritt ts-basis (gjennomsnittsverdier)

	Tiamin (B1) (mg/kg)	Riboflavin (B2) (mg/kg)	Niacin (B3) (mg/kg)	Pantotensyre (B5) (mg/kg)	Pyridoksin (B6) (mg/100 g)	Biotin (B7) (µg/100 g)	Folat (B9) (mg/kg)	Kobalamin (B12) (µg/100g)
Presskake	3,0	2,6	3,5	9,4	0,1	3,2	0,7	8,2
Limvann	23,1	19,7	26,2	71,2	0,9	24,9	5,6	60,6

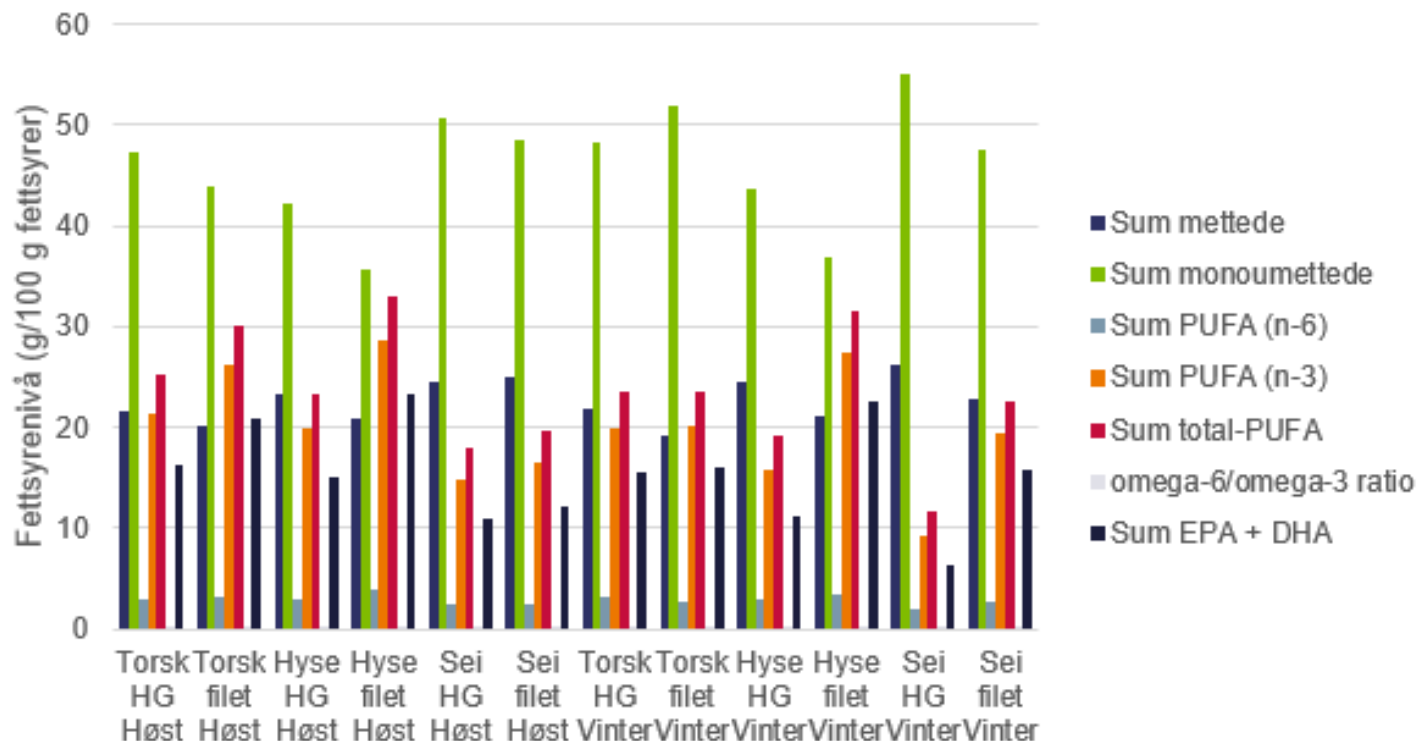
LOQ – kvantifiseringsnivå

Analysert i limvannet; nivå presskake estimert basert på nivå vannløselig tørrstoff. Nivåene av vitamin B1, B2, B5, B7, B9 og B12 er gjennomgående høyere i limvann og presskake fra HG sammenlignet med filet produksjonen, sannsynligvis fordi slofraksjonen utgjør en større andel i HG-basert restråstoff.

For niacin (vitamin B3), som ikke er proteinbundet, er forholdet omvendt i limvann og presskake.

Basert på tilgjengelige data for torskefilet, så er nivåene av B-vitaminer i restråstoff gjennomgående høyere for vitamin B1, B2, B3 og B9, lavere for vitamin B12, og omtrent likt for vitamin B6 sammenlignet med filet.

Fettsyre- nivå



Figur 4 Fettsyrenivå i ekstraherte lipider fra presskake (g/100g fettsyrer)

Mettede fettsyrer (hovedsakelig C16:0) varierer mellom 19 og 26 %, en-umettete fettsyrer (hovedsakelig C18:1) ligger på 36-55 %, mens summen av EPA og DHA varierer mellom 6 og 23 %. Det er et systematisk høyere nivå av EPA+DHA i restråstoff fra filet-produksjon sammenlignet med HG for alle tre fiskeslagene og ved begge årstider. Medvirkende årsak kan være et høyere fettnivå i presskakemel fra HG-opparbeidet råstoff og dermed lavere bidrag fra fosfolipider.

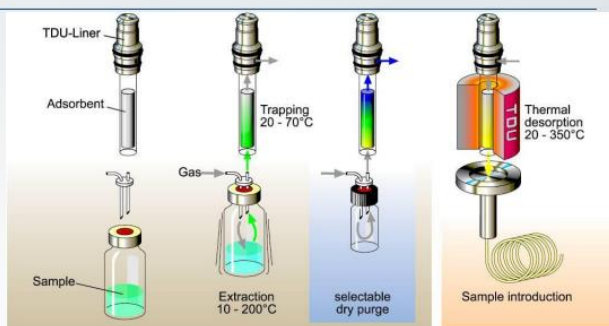
AP 2.1 Oksidasjonstabilitet fiskepulver

Eksperimentelt:

- *Headspace GC/MS*
- *Testing av naturlige antioksidanter*
- *Effekt tilsetning av limvannkonsentrat*

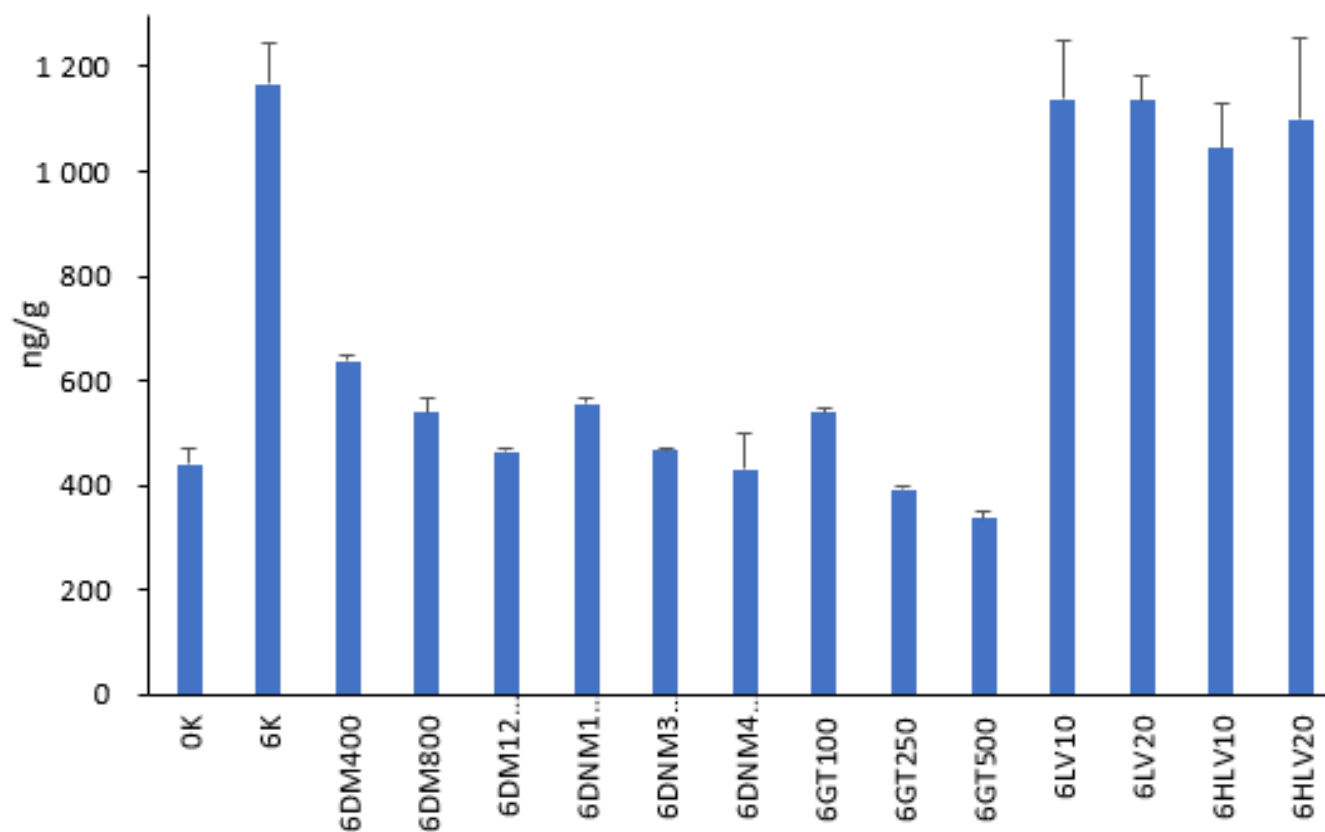
Analysis of volatile compounds – DHS-GC/MS

Headspace gas sampling
Weighing of sample: 0.5 g oil
Incubation 70 °C, 5 min.
GC analysis 50 min.



Tabell 4 Antioksidanter og nivå (på ts-basis) tilsatt våt presskake/grakse før tørking

Type antioksidant							
Produkt- navn	Naturlige tokoferoler	Rosmarin ekstrakt	Askorbin- syre	Sitron- syre	Peptider	Dosering (ts-basis)	Anbefalt dosering fra Leverandør
Kalsec	x	x	x	x		400 ppm	200-400 ppm til råstoffet
Duralox	x	x	x	x		800 ppm	
MANC-213	x	x	x	x		1200 ppm	
Kalsec	x	x				160 ppm	100-200 ppm i fiskemel
Duralox	x	x				320 ppm	
NM-45 HT	x	x				480 ppm	
Danisco	x					100 ppm	100-500 ppm i fiskeolje
Guardian	x					250 ppm	
Toco 70	x					500 ppm	
Granit					x	10 %	
Limvann					x	20 %	
Hydrolysert					x	10 %	
Limvann					x	20 %	



Figur 5 Mengde 1-penten-3-ol i ikke lagret referanseprøve (OK) og prøver tilsatt antioksidant eller limvann/hydrolysert limvann etter 6 uker lagring ved 40 °C. DM- Kalsec Duralox MANC-213; DNM - Kalsec Duralox NM-45 HT; GT - Danisco Guardian Toco 70.

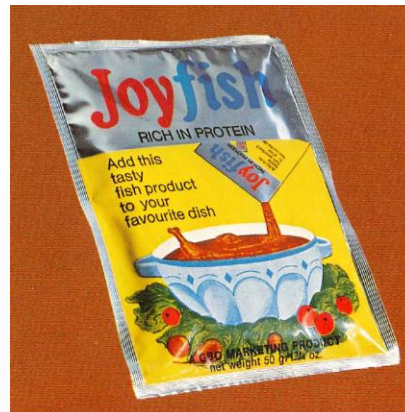
AP2.2 Sensorisk kvalitet

Fiskemel/pulver

- Feed / pet food
- Seafood flavours
- Food supplements
 - Nutrients
 - Protein/amino acids
 - Bioactive peptides

Challenges:

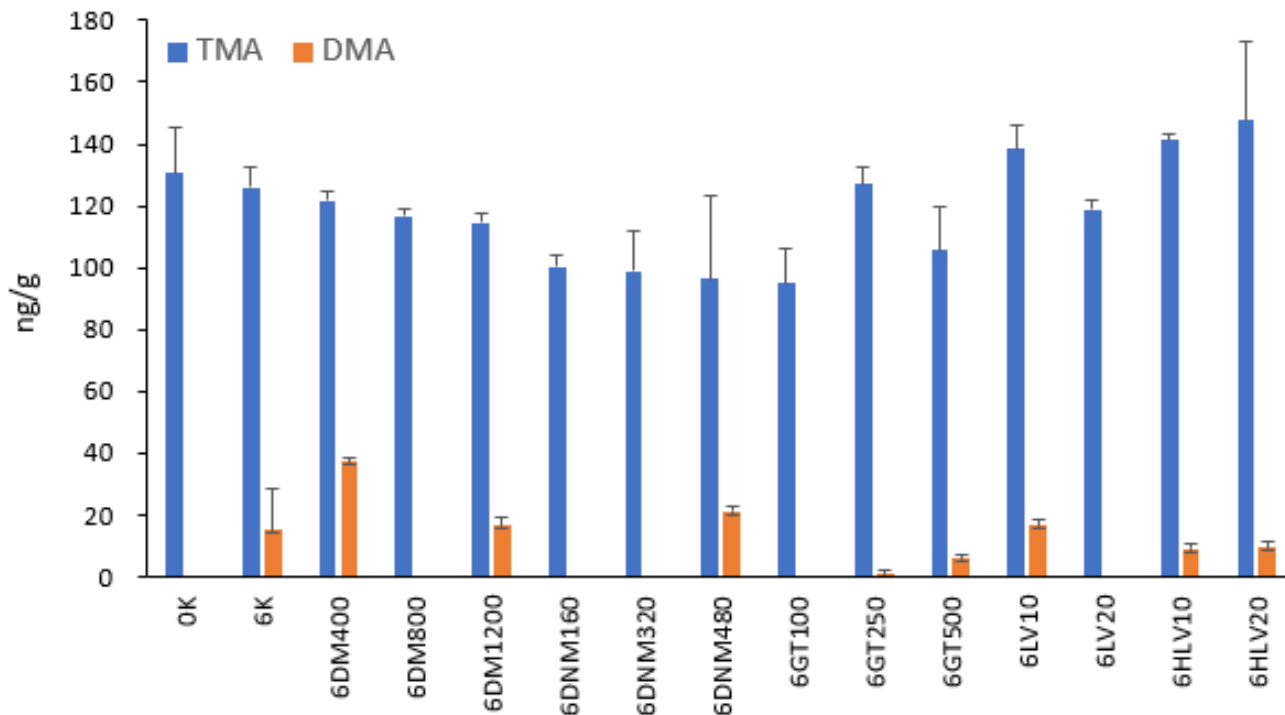
- Strong fishy flavour
- Oxidation



Norse Fish Powder
Fish protein concentrate for human consumption



Lukt/smak - nivå TMA og DMA



Figur 6 Mengde TMA og DMA i ikke lagret referanseprøve (OK) g 6 uker lagrede prøver

TMA utgjorde rundt 3 % av de flyktige komponentene. Dominerende lukt/smak-komponent sammen med oksidasjon.

Høyest nivå ble funnet i prøvene tilsatt limvann og hydrolysert limvann, men lavere enn forventet. Trolig redusert i tørkeprosessen.

Farge-variasjon



Figur 7 Eksempler på fargevariasjon i presskakemel basert på hvitfisk restråstoff

Fargevariasjon i hvitfiskmel er visuelt vurdert basert på 70 melprøver. Farge vil avhenge av mange faktorer inklusivt råstofftype, fett- og vann-nivå i melet og formalingsgrad. Dette er faktorer som variere gjennom året og mellom båtene. Ikke funnet melprøver som skiller seg vesentlig ut fra den variasjon i brunfarge som er vist i figur, dvs. ikke funnet grunnlag for å selekttere mel på farge.

AP3.1 Tungmetaller

Tabell 6 Nivå tungmetaller (mg per kg fettfritt tørrstoff) i presskake og limvann (gjennomsnittsverdier)

Prøve	Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Kvikksølv (Hg)	Bly (Pb)
Presskake	11,0	0,17	0,09	0,32
Limvann	87,1	0,36	0,05	---
Ratio Pk/Lv	0,13	0,48	1,94	---

Innhold av tungmetaller er generelt lavt med unntak av arsen som er kjent fra andre studier på sjømat å foreligge i høye nivå. Det er i EU ikke etablert egne grenseverdier for arsen i muskelkjøtt fra fisk. Toksisitet for dette tungmetallet er i første rekke relatert til uorganisk arsen. I fisk og sjømat foreligger arsen primært i form av vannløselig arsenobetain som har en betydelig lavere toksisitet.

AP3.2 Organiske miljøgifter

Tabell 7 Grenseverdier for persistente organiske miljøgifter (POPs) i fiskemel og olje og nivå i presskakemel (Pk-mel med 8,3 % fett og 12 % vann) og olje

		PCDD /PCDF (pg TEQ/g)	PCDD/PCDF +DL-PCB (pg TEQ/g)	NDL-PCB (ng/g)
Grenseverdi	Fôr ¹	1,25	4,0	30
- fiskemel	Muskelkjøtt (våtvekt) ²	3,5	6,5	75
Grenseverdi	Fôr ¹	5,0	20,0	175
- olje	Næringsmidler ²	1,75	6,0 ³	200
Høst (oktober)	Sei filet Pk-mel	0,98	3,89	29,9
	Sei filet olje	1,16	5,05	34,7
Vinter (mars)	Torsk filet Pk-mel	1,16	4,81	38,7
	Torsk filet olje	1,23	6,18	39,4
	Hyse filet Pk-mel	3,71	15,20	81,9

¹⁾ FOR-2002-11-07-1290

²⁾ FOR-2015-07-03-870

³⁾ Norsk grenseverdi 4,0 (FOR-2015-07-03-870).

PCDD – Polychlorinated dibenzodioxin; PCDF - Polychlorinated dibenzofuran; DL-PCB - Dioxin-like polychlorinated biphenyl; NDL-PCB - Non-dioxin-like polychlorinated biphenyl (sum PCB6: PCB-28, 52, 101, 138, 153 and 180); TEQ – toksiske ekvivalenter.

For fiskemel viser analysene nivåer godt under gjeldende grenseverdier. Fiskeolje fra hyse inneholder PCDD/F og PCDD/F+DL-PCB over grenseverdier. For bruk i næringsmidler er det industriell praksis å rense leveroljer.

AP4 Produksjonsrutiner for stabil og høy hygienisk kvalitet

Kontroll av bakteriologisk kvalitet basert på risikoanalyser og kritiske kontrollpunkter etter tørke. Beskrevet i Nofima rapport 2/2021 - Mikrobiologi og produksjonshygiene i fiskemelindustrien

Gjennomført besøk om bord i Havstrand, Ramoen og Granit.

Prosessoperatør tatt ut prøver for måling av bakteriologisk kvalitet etter oppstart produksjon. I tillegg er det kartlagt temperatur i lagerrom.

Separate konfidensielle rapporter oversendt hvert rederi. Kun overordnede betraktninger gitt i åpen sluttrapport.



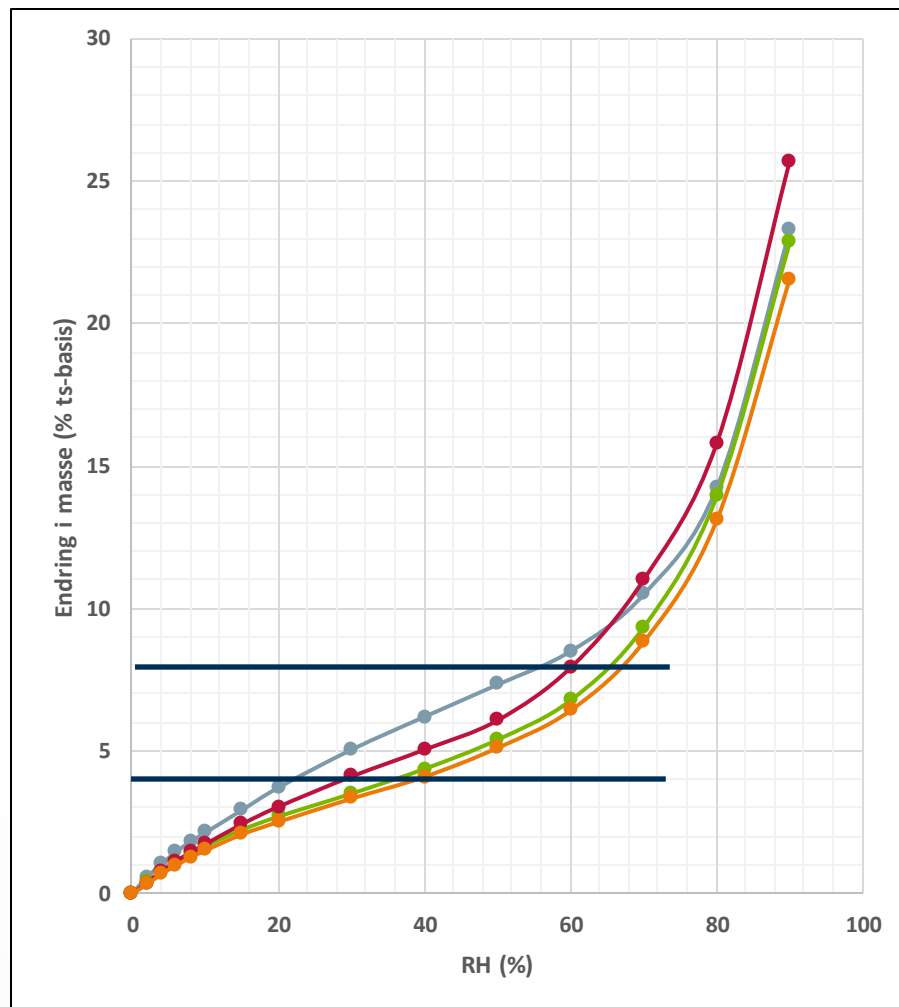
Risikoanalyse

Adsorpsjonsisotermene målt for presskakemel ved 25 og 35°C basert på «Dynamic vapour sorption» instrument (DVS).

Ingen av båtene har melkjøler, men oppnår delvis kjøling av melet gjennom bruk av pneumatisk transport etter mølle.

Registrert temperatur i lagerrom ligger mellom 9-17 °C. Gjennomførte analyser har avdekket at det kan oppstå risiko for dannelse av kondens på innsiden av sekker dersom melet sekkes ved for høy temperatur og fuktnivå.

Bedre kontroll med meltemperatur kan oppnås ved bruk av melkjøler og/eller kaldere luft i pneumatisk transport.



AP5 Alternative prosesser for fremstilling av hvitfiskmel med høyt og stabilt proteinnivå

- Sikting før mølle

Aske-innhold:

Presskakemel: 22-24%

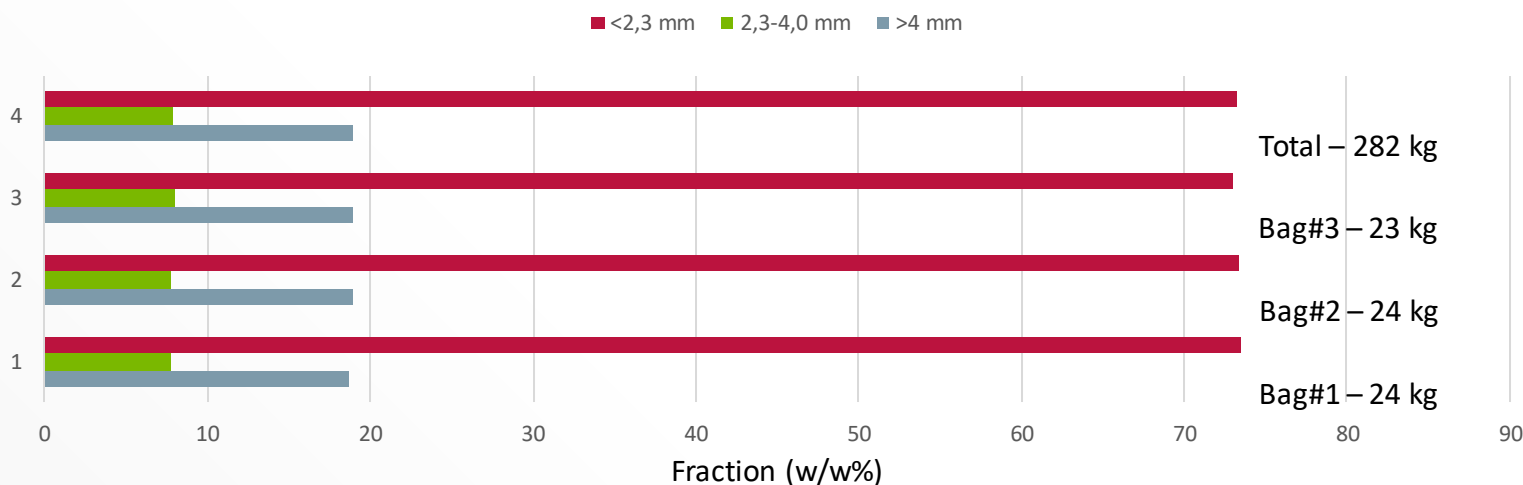
Torsk/sei-bein: 53-54% ¹⁾



1) Toppe et al., 2007. Comp. Biochem. Physiol., Part B 146, 395-401.

Reduksjon av aske – fraskikting bein før mølle

Sieving of fish meal before hammer mill



	Protein	Ash	Water	Yield
	(%)	(%)	(%)	(%)
>4 mm	37,8	52,3	4,6	19
2,3-4,0 mm	40,4	48,1	4,6	8
<4 mm	70,1	16,6	5,1	81
<2,3 mm	73,3	13,2	5,2	73
PC-meal	64,0	23,3	5,0	100

Mulig å øke proteinnivå
i melet fra 64 til 70%
med 81% utbytte.

Alternative prosesser for fremstilling av hvitfiskmel med høyt og stabilt proteinnivå

Tilsetning av limvann

- Gjennomsnittlig registrert 73,5% protein på fettfritt ts-basis i presskake og 85,4% i limvann.
- Limvann utgjør i gjennomsnitt 22% av FFTs, 26% av proteinet, 68% av vannløselig protein og 18% av asken i restråstoffet.
- Effekt tilsetning til Pk-mel (60%) $\approx +4\%$; størst effekt på HG-basert mel.
- Øker i tillegg utbyttet med 25%.

Seleksjon av partier basert på protein-nivå (NIR)

Registrert variasjon proteinnivå på 62-69% i mel basert på filetproduksjon og 58-64% for HG.

Kombinert med god kontroll på vann% i melet, indikerer dette en mulighet for å sortere ut melpartier med høyt proteinnivå.

Tørking til lavere vann%

1% reduksjon i vann gir 0,6% høyere protein.

For hard tørking kan gi redusert proteinkvalitet.

Produktspesifikasjoner

Tabell 11 Forslag til generelle kravspesifikasjoner for hvitfiskmel med anvendelse innen næringsmidler og fôr

	Næringsmidler	Fôr
Farge	Lys brun til brun	---
Lukt	Karakteristisk fisk	---
Protein	66 ± 5 %	66 ± 5 %
Vannløselig protein (% av totalt protein)	---	10 ± 2 % ²
Aske	23 ± 4 %	23 ± 4 %
Salt	1,7 ± 1 %	Maks. 3 %
Fett	7 ± 2 %	Maks. 11,5 %
Histamin	---	<500 ppm
Cadaverin	---	<1000 ppm
Kimtall (KDE/g)	<50 000	<500 000
Enterobacteriaceae (KDE/g)	<10	<300 ¹
Escherichia coli (KDE/g)	Negativ i 1 g	----
Salmonella (KDE/g)	Negativ i 25 g	Negativ i 25 g
Mugg og gjær (KDE/g)	<500	---
Sulfittreduserende clostridier (KDE/g)	<100	<100 ³
<i>Clostridium perfringens</i> (KDE/g)	<10	---
<i>Bacillus cereus</i>	<100	---
<i>Listeria monocytogenes</i> (KDE/g)	Negativ i 25 g	---

- 1) Det analyseres 5 prøver der maksimalt 2 kan overstige 10/g og ingen kan overstige 300/g.
- 2) Ved tilsetning av limvann vil nivå øke til typisk 18-32 %.
- 3) Grenseverdi for anvendelse i husdyrfôr; ikke tilsvarende krav for fiskefôr.

AP 6 NIR analyser

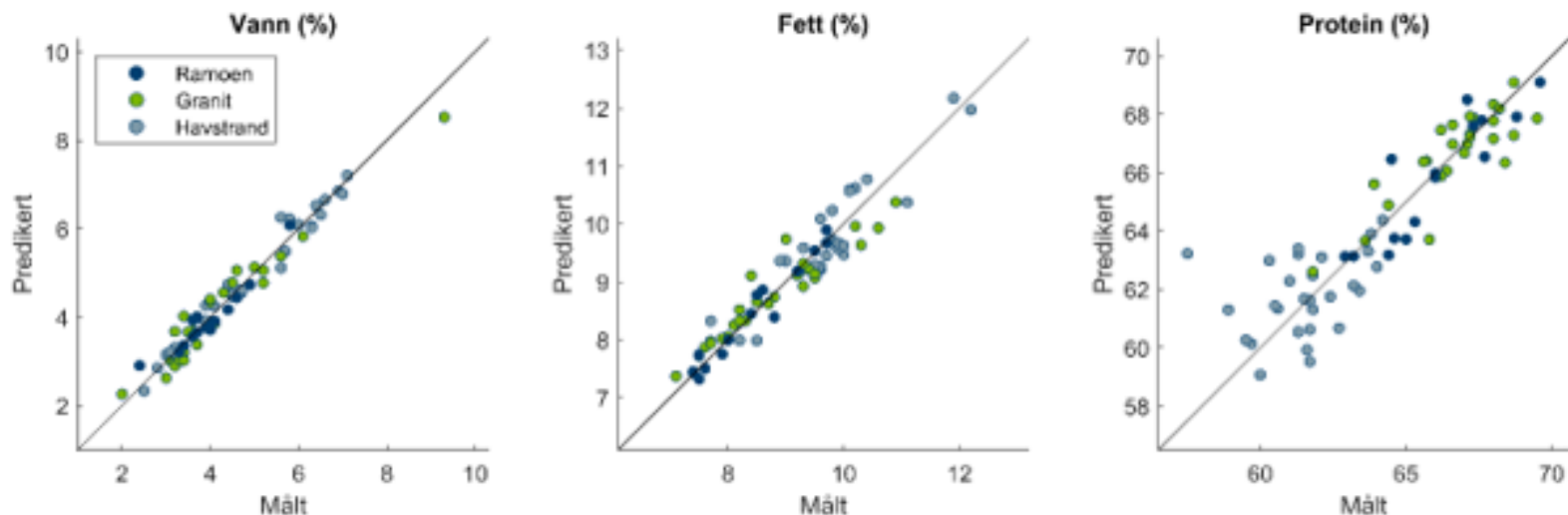
- 50 prøver av mel til etablering av NIR-kalibrering
- + 20 prøver til testing av modellen
- Mottatt totalt 70 prøver (Granit 20, Ramoen, 15, Havstrand 35)

Kjemisk analyser:

- Protein – Dumas
- Vann/ts
- Fett (kloroform/metanol-ekstraksjon)



Kalibreringskurver



Figur 10 Predikert vs. målt vann, fett og protein basert på NIR-målinger med FOSS XDS. Kryssvalidert.

Mulig å bestemme innholdet av vann, fett og protein med nøyaktigheter på hhv. $\pm 0,27$, $\pm 0,34$ og $\pm 1,05$ %-poeng med et NIR laboratorieinstrument. NIR er robust med tanke på variasjoner i råstoff til melet. Nøyaktigheten som oppnås med NIR er god nok til kvalitetsdokumentasjon og eventuell styring og optimering av produksjonsprosessen.

Hovedfunn

1) Kartleggingen av protein, aminosyrer, fettsyrer, vitaminer og mineraler i presskake og limvann har dokumenter høy næringsverdi i begge mellomprodukter. Tilsetning av limvann til presskakemel (dvs. produksjon av helmel) vil bidra til økt nivå av protein, jod, kalium og vannløselige vitaminer og aminosyrer (inkludert taurin) i melet. Inkludering av limvann vil gi et hvitfiskmel med høyere ernæringsverdi både inn mot næringsmiddel og fôrmarkedet. Innen fôrmarkedet vil et slikt mel også oppnå en merpris grunnet bedre ernæringsmessig sammensetning og ekstrudertekniske egenskaper.

2) Proteinnivå på fettfritt ts-basis viser en systematisk lavere nivå i HG-sammenlignet med filet-basert restråstoff. Basert på eksperimentelle prøver, er det gjennomsnittlig registrert 73,5% protein på fettfritt ts-basis i presskake og 85,4% i limvann. Inkludering av limvann vil gjennomsnittlig øke proteinnivået med 3,6%-enheter, med størst effekt på HG-basert restråstoff. Fjerning av store bein før mølle over sikt med lysåpning 4 mm viste et potensiale for å øke proteinnivået i melet fra 64,0 til 70% med et utbytte på 81%.

Hovedfunn

3) Limvannfraksjonen utgjør i gjennomsnitt 22% av fettfritt tørrstoff, 26% av proteinet, 68% av vannløselig protein og 18% av asken i restråstoffet. Inkludering av limvannet vil gi 25% økt melutbytte sammenlignet med produksjon av presskakemel.

4) Restråstoff fra hvitfisk inneholder lave nivå av tungmetaller og organiske miljøgifter og resulterer i mel med nivå godt innenfor gjeldende grenseverdier. Et unntak er innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB i fiskeolje som i enkelte partier kan forventes å ligge noe over og kreve bruk av renseteknologi basert på aktivt kull adsorpsjon.

5) Tilsetting av 500 ppm av antioksidanten Guardian Toco 70 (70% naturlige tokoferoler) gir god beskyttelse mot oksidasjon i presskakemel. Etter 6 ukers lagring ved 40 °C hadde mel tilsatt denne antioksidanten 60% lavere nivå oksidasjonsprodukter sammenlignet med fiskemel uten antioksidant og kun marginalt forskjellig fra nullprøven (referanseprøven lagret på frys). Tilsetting av limvann eller hydrolysert limvann ga ingen antioksidativ effekt.

Hovedfunn

6) Risikoanalyse for dannelse av kondens på innside av sekker for lagring av hvitfiskmel om bord i trålerne har avdekket at dette kan skje ved en kombinasjon av dårlig kjøling av melet før sekking og høyt vanninnhold i melet. Det anbefales å etablere system for kontinuerlig overvåkning av vanninnhold i mel etter tørke og vurdere muligheter for bedre kjøling av melet før sekking.

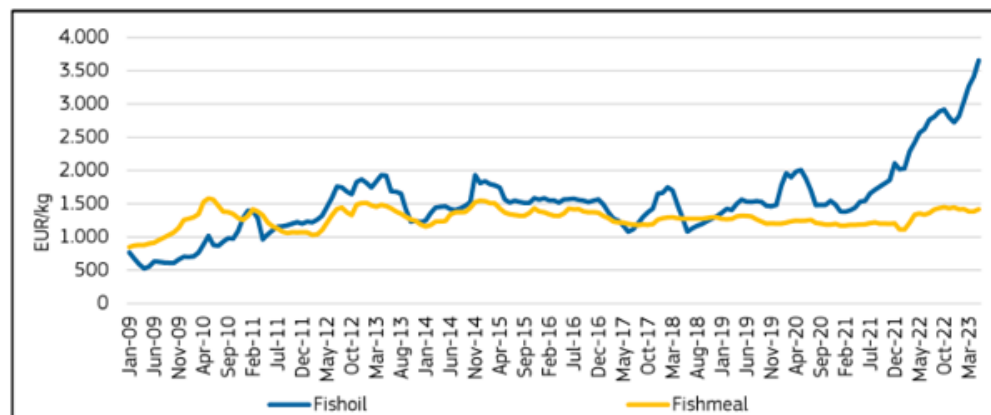
7) Innhold av vann, fett og protein i hvitfiskmel kan bestemmes med nøyaktigheter på hhv. $\pm 0,27$, $\pm 0,34$ og $\pm 1,05$ %-enheter basert på NIR-analyse. Dette muliggjør etablering av in-line måling om bord i trålerne for overvåkning av prosess og produktkvalitet.

Effektmål

Basispriser mai-23:

Fiskemel 16.400 NOK/tonn

Fiskeolje 42.000 NOK/tonn



Figur 1 Utvikling i fiskemel og fiskeolje pris i EU (EUMOFA 2023).

Dersom dagens ikke-utnyttede restråstoff innen havgående flåte i 2021 (77.000 tonn) anvendes, vil dette tilsvare en økt produksjon av presskakemel på ca. 14.000 tonn og en verdiskapning på 225 mill. NOK. Inkludering av limvannfraksjonen vil kunne øke dette med ytterligere 25% til 280 mill. NOK. Oljeutbytte er basert på statistikk fra 2021, estimert til 20% av volum presskakemel, dvs. 2800 tonn, tilsvarende en verdiskapning på 116 mill. NOK. Sammenlagt gir dette et **verdiskapningspotensiale på nærmere 400 mill. NOK** basert på de mel- og oljepriser som er angitt over for mai 2023 (EUMOFA 2023).

Totalt for 2021 registrert 144.000 tonn som ikke-utnyttet restråstoff. Anvendt til fremstilling av helmel og olje tilsvarer dette **verdiskapning på rundt 740 mill. NOK**. Ved fremstilling av fiskemel og olje til petfood eller humant konsum kan det regnes med en premium på toppen av dette.

Overordnede leveranser

4 referansegruppemøter med dokumentasjon og referater

Fagrapporter:

- 1) Hauge, J.-E., Oterhals, Å. (2023). Uttesting av naturlige antioksidanter i hvitfiskmel. Nofima rapport 26/2023
- 2) Nygaard, H., Vander Roost, J. (2021). Mikrobiologi og produksjonshygiene i fiskemel-industrien. Nofima rapport 2/2021.
- 3) Oterhals, Å., Steinsholm, S., Gudbrandsen, O. (2023). Utbyttetall og nærings-stoffinnhold i hvitfiskmel og olje basert på restråstoff fra torsk, hyse og sei. Nofima rapport 35/2023.
- 4) Oterhals, Å., Vander Roost, J., Wold, J.P., Haugen, J.-E., Gudbrandsen, O. (2024). Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere – Faglig sluttrapport. Nofima rapport 3/2024.
- 5) Vander Roost, J., Oterhals, Å. (2023A). Kartlegging av produksjonshygieniske forhold i melfabrikken på F/T Ramoen. Konfidensiell rapport K-65/2023.
- 6) Vander Roost, J., Oterhals, Å. (2023B). Kartlegging av produksjonshygieniske forhold i melfabrikken på F/T Havstrand. Konfidensiell rapport K-66/2023.
- 7) Vander Roost, J., Oterhals, Å. (2023C). Kartlegging av produksjonshygieniske forhold i melfabrikken på F/T Granit. Konfidensiell rapport K-93/2023.
- 8) Wold, J.P., Dankel, K., Oterhals, Å. (2023). Kvantifisering av vann, protein og fett i hvitfiskmel basert på nær-infrarød spektroskopi (NIR). Nofima rapport 21/2023.

Overordnede leveranser

Ppt-presentasjon til bruk for næringen og andre interessenter

Populærformidling

Faktaark

Oterhals, Å. (2021). Utnyttelse av restråstoff om bord i fabrikktrålere. Digitalt seminar, «Veien mot full ressursutnyttelse i sjømatnæringen», i regi av Norges Forskningsråd i samarbeid med FHF og NCE Aquaculture, 26. mai 2021.

Statusrapporter til FHF

Faglig sluttrapport iht. FHF's retningslinjer

Administrativ sluttrapport iht. FHF's retningslinjer

Vitenskapelig presentasjon av resultater på konferanser:

Oterhals, Å. (2023). Fish By-Product Utilization in Norway - Challenges and Future Possibilities. 1st Bremerhaven Conference on Blue Economy and Fish Processing, 15-16th March 2023, Bremerhaven, Germany.