

Utbyttetall og næringsstoffinnhold i hvitfiskmel og olje basert på restråstoff fra torsk, hyse og sei



Illustrasjon: Nofima

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsensgate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sunndalsøra

Sjølsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

Rapportnummer: 35/2023	ISBN: 978-82-8296-770-9	ISSN: 1890-579X
Dato: 19. desember 2023	Antall sider + sider vedlegg: 21 + 0	Prosjektnummer: 13045
Tittel: Utbyttetall og næringsstoffinnhold i hvitfiskmel og olje basert på restråstoff fra torsk, hyse og sei		
Title: Yields and content of nutrients in whitefish meal and oil based on residuals from processing of cod, haddock and saith		
Forfatter(e): Åge Oterhals ¹ , Silje Steinsholm ¹ og Oddrun Gudbrandsen ² ¹ Nofima, ² UiB, Klinisk Institutt		
Avdeling: Ernæring og førteknologi		
Oppdragsgiver: FHF		
Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.: FHF 901619 / Lorena Gallart Jornet		
Stikkord: Torsk, sei, hyse, restråstoff, presskake, limvann, hvitfiskmel, næringsstoffer, uønskede forbindelser		
Sammendrag/anbefalinger: Rapporten gir en oversikt over innhold av næringsstoffer og uønskede forbindelser i hvitfiskmel fremstilt av restråstoff etter opparbeidelse av torsk, hyse og sei til hodekappet og sløyd fisk (HG) og skinn og beinfri filet. Nivåene er rapportert på basis av fettfritt tørrstoff i presskake og limvann eller på lipidbasis for å kunne sammenligne på tvers av råstoffslag og sesong uten å ta hensyn til variasjon i fett og tørrstoff. Basert på labskalaforsøk er det beregnet massebalanser og fordeling av protein, aske og fett mellom presskake og væskefase i en fiskemeprosess. Dette muliggjør beregning av effekt på utbytte og nivå i mel avhengig av om limvannet inkluderes eller ikke. Nivåene kan konverteres til et typisk hvitfiskmel med 5 % vann og 9 % fett ved å multiplisere med en faktor på 0,86. Kartleggingen inkluderer følgende næringsstoffer: protein og aminosyrer, totale lipider og fettsyrer, aske, vitaminer (A, B, D, E), mineraler (Na, K, Ca, Mg, P, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn), tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb) og organiske miljøgifter (PCDD/F, DL-PCB og NDL-PCB). I rapporten påvises effekt av råstofftype, sesong (høst vs. vår), prosess (HG vs. filetproduksjon) og tilsetning av limvann på utbytte og sammensetning av hvitfiskmel.		
English summary/recommendation: The report provides an overview of the content of nutrients and undesirable compounds in whitefish meal produced from residuals after processing of cod, haddock and pollock into headed and gutted fish (HG) and skin and boneless filet. The levels are reported on fat-free dry matter basis in presscake and stickwater or on a lipid basis to able comparison across raw material types and seasons. Mass balances and distribution of protein, ash and fat between press cake and stickwater in a fishmeal process have been calculated based on lab-scale experiments. This enables calculation of the effect on yield and levels in fishmeal depending on the inclusion of stickwater or not. The levels can be converted to a typical whitefish meal with 5 % water and 9 % fat by multiplying by a factor of 0.86. The mapping includes the following nutrients: protein and amino acids, lipids and fatty acids, ash, vitamins, minerals, heavy metals, and organic pollutants. In the report, the effect of raw material type, season (autumn vs. spring), process (HG vs. filet production) and the addition of stickwater on the yield and composition of whitefish meal is demonstrated.		

Innhold

1	Innledning	1
2	Materialer og metoder	2
2.1	Råstoff	2
2.2	Fremstilling av eksperimentelle presskakemel og limvannkonsentrat	2
2.3	Analyser	2
3	Resultater og diskusjon	4
3.1	Utbytte restråstoff	4
3.2	Sammensetning restråstoff og helmel, og estimerte utbyttetall	5
3.3	Masse- og komponentbalanser	7
3.4	Aminosyreinnhold	10
3.5	Mineralinnhold	13
3.6	Fettløselige vitaminer	14
3.7	Vannløselige vitaminer	15
3.8	Fettsyresammensetning	16
3.9	Tungmetaller	17
3.10	Persistente organiske miljøgifter (POPs)	19
4	Konklusjon	20
5	Referanser	21

1 Innledning

Full utnyttelse av restråstoff på land og hav er et viktig tiltak for å øke verdiskapingen i hvitfisk-næringen. Basert på statistikk for 2021 er det fortsatt 144 000 tonn med restråstoff fra hvitfisk-industrien som ikke utnyttes (Myhre et. al., 2022). En stor andel av dette stammer fra den havgående flåten der 77 000 tonn (69 %) av totalt 111 000 tonn ikke utnyttes. Til sammenligning er det fra kystflåten 68 000 tonn (33 %) av totalt 205 000 tonn som ikke utnyttes. For restråstoff levert på landanlegg finnes det i dag etablerte verdikjeder basert på anvendelse av hoder, rogn, melke, lever, kjaker, skinn etc., eller innen fremstilling av ensilasje, fiskemel, hydrolysat og olje. I den havgående flåten er produksjon av fiskemel og olje en av mulighetene for full utnyttelse av restråstoffet. Flere båter har installert prosessanlegg for fiskemel om bord, men det har vist seg vanskelig å få til en stabil produksjon av mel med ønsket proteinnivå og mikrobiell og sensorisk kvalitet. For å øke lønnsomheten kan produksjonsprosessen forbedres og dokumenteres slik at fiskemelet får en homogen og stabil kvalitet med høyest mulig proteininnhold gjennom hele året. Med styring av produksjon og kvalitet kan næringen differensiere sine produkter av hvitfiskmel til de ulike markedene.

Den havgående hvitfiskflåten fangster på en rekke arter i havområdene rundt Norge, Svalbard og i internasjonalt farvann. Torsk, hyse og sei utgjør de største volumene og er fokus i dette prosjektet. Fangstsesongen strekker seg gjennom hele året, men med størst volum i høst/vinter-halvåret. Avhengig av tid og fangststed kan sammensetning på fangstene variere. De aktuelle artene gyter i perioden vinter-vår. Dette gir opphav til variasjon i sammensetning av restråstoffet og det resulterende melet gjennom året. I tillegg vil sammensetningen påvirkes av om det produseres hodekappet og sløyd fisk (HG) eller filet, og om limvannet inkluderes eller ikke.

Denne rapporten omhandler resultater fra *arbeidspakke 1 Kartlegging av næringsstoffer* og *arbeidspakke 3 Kartlegging av fremmedstoffer* i FHF-prosjekt 901619 «Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere». Fiskemel inneholder alle essensielle næringsstoffer og er spesielt rik på essensielle aminosyrer, vitaminer, n-3 fettsyrer og mineraler. Det er gjennomført en kartlegging av variasjon i nærings-stoffer i mel fremstilt fra restråstoff av rene råstofftyper (torsk, hyse, sei) opparbeidet basert på HG- og skinnfri filet-produksjon.

2 Materialer og metoder

2.1 Råstoff

15 stk. rund ubløgget fisk av hver av artene torsk (*Gadus morhua*), hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) og sei (*Pollachius virens*) ble tatt ut etter fangst på tråleren Granit og enkelt-fryst ved -30 °C. Uttakene ble gjennomført vinter og høst for å fange opp mulige årstidsvariasjoner. Følgende tid og posisjon ble registrert ved uttak av fisken:

Torsk	07.03.2020	Posisjon: N70° 04 Ø17° 07
Torsk	09.10.2020	Posisjon: N74° 10 Ø21° 44
Hyse	05.03.2021	Posisjon: N71° 50 Ø16° 24
Hyse	09.10.2020	Posisjon: N74° 10 Ø21° 44
Sei	07.03.2020	Posisjon: N70° 04 Ø17° 07
Sei	09.10.2020	Posisjon: N74° 10 Ø21° 44

Fisken ble sendt med frysetransport til Nofima i Bergen og tint ved 12-15 °C før manuell opparbeidelse til hodekappet og sløyd (HG) fisk og skinnfri filet tilnærmet maskinell prosessering om bord i fabrikktrålerne. Tilgjengelig antall fisk (15) ble fordelt med 7-8 til HG- og resten til filet-produksjon. For å få data på utbytte av hovedprodukt og sammensetning av restråstoff ble vekten av HG/filet og fraksjonene hode, rygg, skinn, innvoller, rogn, melke, lever og mage-tarm registrert. I tillegg ble magen åpnet for å undersøke innholdet. Restråstoff fra HG-produksjon (hode og innvoller) og filet-produksjon (hode, rygg, innvoller, skinn og kutt) ble grovkvernet, blandet og vakuum-pakket i 1 kg porsjoner og frosset inn på nytt. Restråstoffet ble oppbevart ved -23 °C før videre analyser og prosessering.

2.2 Fremstilling av eksperimentelle presskakemel og limvannkonsentrat

To poser med kvernet restråstoff (2 kg) ble tint over natt ved 4 °C og overført til en batchkoker med varmekappe, røring og temperaturkontroll. Fiskemassen ble tilsatt vann (4:1) og varmet opp til 85 °C under kontinuerlig omrøring. Massen ble holdt ved denne temperaturen i 10 minutter før mekanisk avvanning i en tinktur-presse (Fischer Maschinenfabrik GmbH, Neuss, Germany). Pressvæsken ble kjølt til ca. 40 °C og separert ved 15,000 x g i 20 min i en Sorvall, LYNX 6000 sentrifuge (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) for å separere fri olje og suspendert tørrstoff. Olje- og emulsjonsfase ble skilt fra over skilletrakt. Sediment etter sentrifugering ble kombinert med presskaken og tilsatt antioksidanten TBHQ (200 ppm på tørrstoffbasis) før frysetørrking. Tørt presskakemel ble kondisjonert mot luft før formaling på en Retsch rotomill med soll 0,5 mm. Oppsamlet limvann ble konsentrert under vakuum (≈25 mbar) på en rotavapor til ca. 1/3 av volumet. Prøver til analyse (råstoff, presskakemel, limvannkonsentrat og olje) ble oppbevart på frys inntil analyse. På hvert separasjonstrinn ble vekten av de respektive mellomproduktene presskake, sediment etter sentrifugering av pressvæske, limvann og olje registrert for å beregne fordelingen av våt masse, tørrstoff, protein, fett og aske.

2.3 Analyser

Nitrogenanalyser ble utført i henhold til Kjeldahls metode (ISO 5983-2) og mengde råprotein estimert med en nitrogen-til-proteinfaktor på 6,25. Vannløselig råprotein ble bestemt ved å ekstrahere med kokende vann og deretter bestemme proteininnhold i filtrert ekstraktet med Kjeldahl-metoden. Vann/tørrstoff ble analysert gravimetrisk etter tørking ved 103 °C (ISO 6496) og vannløselig tørrstoff målt i samme ekstrakt som for vannløselig protein. Askeinnhold ble bestemt gravimetrisk etter forbrenning ved 550 °C (ISO 5984-2). Fettinnholdet ble bestemt gravimetrisk etter ekstraksjon med kloroform-metanol (Bligh og Dyer, 1959). Total aminosyresammensetning ble analysert basert på HPLC og fluorescensdeteksjon (250/395 nm) etter hydrolyse med 6 N HCl. Frie aminosyrer ble målt med HPLC

basert på Waters Pico-Tag metoden og UV-deteksjon (254 nm). Tryptofan ble bestemt kjemisk i henhold til Millers metode, og cystein/cystin etter oksidering med formylhydroperoksid. Fettsyresammensetning ble bestemt i kloroform-metanol-ekstrakt fra presskakemel etter AOCS Ce 1b-89. Mineraler (med unntak av jod og selen) ble analysert ved bruk av mikrobølge prøveoppslutning og induktivt koblet plasma optisk emisjonsspektroskopi (ICP-OES; NS-EN 15621:2017). Vitamin E ble bestemt ved væskekromatografi (HPLC) og fluorescensdeteksjon (295/330 nm).

Jod, selen, vitamin A, B og D, tungmetaller og fremmedstoffer ble analysert av Eurofins. Jod, selen og tungmetaller ble bestemt ved induktivt koblet plasma massespektrometri (ICP-MS; DIN EN ISO 17294-2 (2017-01); EN 15111:2007-06; EN 15763:2010 (2010-04)). Vitamin A (retinol) og D (kolekalsiferol) ble analysert ved hjelp av HPLC (EN 12823-1 2014; EN 12821:2009). De vannløselige vitaminene ble analysert i.h.h.t. de følgende metodene. Vitamin B1 (tiamin hydroklorid): BS EN 14122-2014; vitamin B2 (Riboflavin): EN 14152:2014; vitamin B3 (total niacin): EN 15652:2009; vitamin B5 (pantotensyre): AOAC 2012.16; vitamin B6 (pyridoksin hydroklorid): EN 14164:2014; vitamin B9 (totalt folat): NMKL 111:1985; biotin: JAOAC Vol 93 no.5 – 2010; vitamin B12 (cyanokobalamin): JAOAC 2008, vol 91 No. 4. Organiske miljøgifter (PCDD/F og PCB) ble bestemt ved bruk av interne Eurofins GC-MS/MS metoder.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Utbytte restråstoff

Oppnådd utbytte av hovedprodukt samt vekt av restråstoff og fraksjoner ble registrert under manuell opparbeidelse til hodekappet og sløyd fisk (HG) eller skinn og beinfri filet (filet) (Tabell 1 og 2). For fisk fanget i mars måned ble det, i den grad det var mulig, tatt ut like mange fisk av hvert kjønn. Det ble kun funnet små gonadeanlegg i fisk fanget i oktober måned. Utbytte av hovedprodukt (HG eller filet) stemmer godt overens med offisielle norske omregningsfaktorer (Tabell 3) publisert av Fiskeridirektoratet i 2021. Noe avvik må her påberegnes som følge av manuell opparbeidelse, et lavt antall fisk som inngikk i forsøksoppsettet, og kondisjonsfaktor. Mengde restråstoff varierte mellom 38 % og 74 %. Hodefraksjon var dominerende og utgjorde 58-71 % basert på HG- og 31-44 % for filet-produksjon. All fisk fanget i mars måned hadde gonader, og for HG-opparbeidet torsk utgjorde dette 18,8 % av restråstoffet (Tabell 1). I de fleste tilfeller hadde fisken ingen eller svært lite mageinnhold, samtidig som det ble funnet store forskjeller mellom de fisk som ble opparbeidet. Høyeste nivå ble funnet i sei fanget i mars måned der mageinnholdet utgjorde 4,2 % av restråstoffet samtidig som enkeltfisk fra samme parti hadde tom mage.

Tabell 1 Opparbeidelse av hvitfisk fanget i mars måned. Antall fisk og utbytte (vårvektbasis) av hovedprodukt og restråstoff etter opparbeidelse til henholdsvis hodekappet og sløyd fisk (HG) eller skinn og beinfri filet (filet), og fordeling av hovedfraksjoner i restråstoffet.

	Torsk		Hyse		Sei	
Opparbeidet til	HG	Filet	HG	Filet	HG	Filet
Antall fisk	5	4	8	6	7	6
Hanner	3	2	4	3	4	4
Hunner	2	2	4	3	3	2
Gjennomsnitt vekt (g)	2677	2331	1883	1295	2180	1755
±SD (g)	2502	2044	432	274	596	386
Utbytte hovedprodukt (%) ¹	53,7	25,3	58,0	26,9	61,9	34,0
Utbytte restråstoff (%) ¹	46,3	74,0	42,0	71,7	38,1	65,5
- Hode (%) ²	69,6	42,4	69,8	40,9	70,3	44,1
- Rygg (%) ²	---	21,3	---	28,9	---	28,5
- Skinn (%) ²	---	6,9	---	7,9	---	9,8
- Kutt (%) ²	---	5,4	---	5,0	---	5,1
- Slo (%) ²	30,4	24,0	30,2	17,3	29,7	12,6
- Mage og tarm (%) ³	6,4	4,7	9,5	5,3	16,3	8,7
- Lever (%) ³	5,0	7,6	7,6	4,9	12,0	2,9
- Rogn (%) ³	10,3	4,5	8,2	5,3	1,2	0,6
- Melke (%) ³	8,5	7,2	2,6	1,5	0,2	0,4
- Mageinnhold (%) ²	0,1	0,1	0,2	0,1	4,2	2,2

¹⁾ Utbytte av HG og filet relativt til rundvekt fisk (vårvektbasis)

²⁾ Andel av totalt utbytte restråstoff (vårvektbasis)

³⁾ Inngår i prosent slofraksjon

Tabell 2 Opparbeidelse av hvitfisk fanget i oktober måned. Antall fisk og utbytte (vårvektbasis) av hovedprodukt og restråstoff etter opparbeidelse til henholdsvis hodekappet og sløyd fisk (HG) eller skinn og beinfri filet (filet), og fordeling av hovedfraksjoner i restråstoffet. Det ble kun funnet små gonadeanlegg.

	Torsk		Hyse		Sei	
Opparbeidet til	HG	Filet	HG	Filet	HG	Filet
Antall fisk (kjønn ubestemt)	6	9	7	8	7	8
Gjennomsnitt vekt (g)	3123	3561	1504	1457	1941	1774
±SD (g)	348	269	360	349	499	371
Utbytte hovedprodukt (%) ¹	61,5	29,6	58,1	30,4	61,5	35,5
Utbytte restråstoff (%) ¹	38,5	69,7	41,9	69,0	38,5	64,4
- Hode (%) ²	53,7	43,4	65,9	39,7	53,7	31,5
- Rygg (%) ²	---	21,4	---	20,9	---	22,2
- Skinn (%) ²	---	6,8	---	9,2	---	8,9
- Kutt (%) ²	---	9,6	---	9,3	---	7,8
- Slo (%) ²	46,3	18,8	34,1	20,9	46,3	29,6
- Mage og tarm (%) ³	20,7	11,7	24,4	14,7	20,7	12,6
- Lever (%) ³	25,4	6,8	9,5	6,1	25,4	17,1
- Rogn (%) ³	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
- Melke (%) ³	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
- Mageinnhold (%) ³	3,7	1,3	0,0	0,5	3,7	2,4

¹⁾ Utbytte av HG og filet relativt til rundvekt fisk (vårvektbasis)

²⁾ Andel av totalt utbytte restråstoff (vårvektbasis)

³⁾ Inngår i prosent slofraksjon

Tabell 3 Norske omregningsfaktorer (2021) for torsk, sei og hyse basert på maskin-fremstilt HG og skinnfri filet uten bein og buklapp. Faktorene relaterer til fisk prosessert ombord på fiskefartøy og landanlegg før leveranse til kjøper og anvendes til å beregne levendevekt på prosessert fisk. Prosent utbytte av hovedprodukt og restråstoff er beregnet basert på de respektive omregningsfaktorene.

Art	Omregningsfaktor		Utbytte (%) hovedprodukt		Utbytte (%) restråstoff	
	HG	Filet	HG	Filet	HG	Filet
Torsk	1,74 ¹	3,43 ²	57,5	29,2	42,5	70,8
Hyse	1,69 ¹	3,28 ²	59,2	30,5	40,8	69,5
Sei	1,60 ¹	3,00 ²	62,5	33,3	37,5	66,7

¹⁾ Uten hode og ørebein, maskinelt opparbeidet.

²⁾ Uten skinn, bein og buklapp, maskinelt opparbeidet.

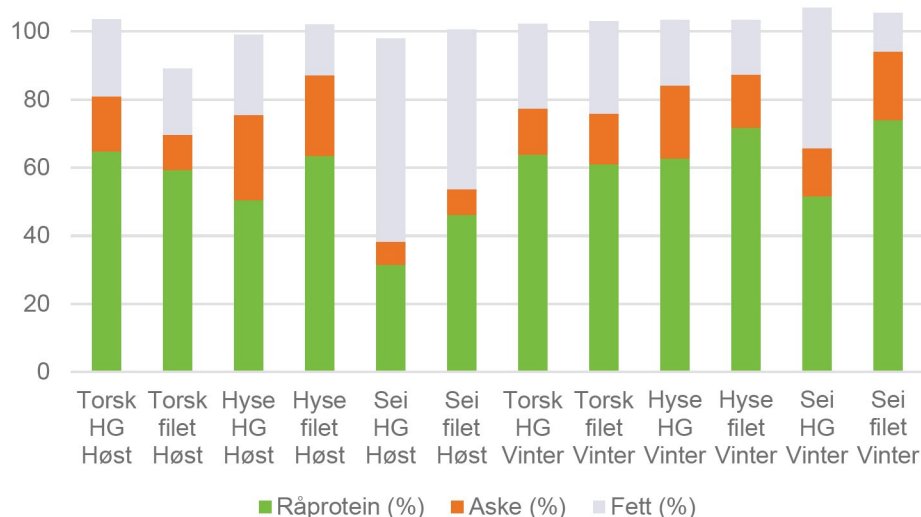
3.2 Sammensetning restråstoff og helmel, og estimerte utbyttestall

Tørrestoffinnholdet i restråstoff varierer mellom 23 % (hyse) og 41 % (sei) (Tabell 4). Mengde lever varierte betydelig og har hatt stor betydning for tørrestoff- og fettnivået i restråstoffet. Høyeste nivå ble funnet for høstfanget torsk og sei og for HG-opparbeidet fisk, der lever utgjorde opptil 25,4 % av restråstoffet (Tabell 2). Mengde og fettnivå i lever vil variere over sesong og mellom fiskeart, og kun for

høstfanget sei er det her funnet et tilsvarende høyt fettnivå i restråstoffet (Tabell 5). For vinterfanget sei er det funnet stor forskjell mellom restråstoff basert på HG og filet. Dette skyldes trolig variasjon mellom fisk og et lavt antall fisk som inngikk i forsøket. Et mer objektivt mål for tørrstoff, protein og aske er å basere dette på fettfritt tørrstoff-basis (FFTs). Variasjonen mellom art og sesong er her betydelig redusert. Basert på FFTs-balansen kan det beregnes et teoretisk utbytte av helmel (inkl. limvann) og olje basert på et gitt nivå fett og vann i melet. Tilsvarende kan det også beregnes nivå protein og aske i helmelet. Beregningene (Tabell 5) viser at det er mulig å oppnå et melutbytte på mellom 19,2 og 25,7 kg/100 kg råstoff med et protein-nivå på 57-73 % og askenivå på 11-28 %. For torsk er det funnet et systematisk høyere protein-nivå i mel basert på HG sammenlignet med filet-produksjon. Utbytte og sammensetning på mel basert på filetert torsk i oktober avviker noe og kan skyldes et avvikende forhold mellom ts, protein og aske (Tabell 4) og en lav ts-basert sum protein+fett+aske (Figur 1). Hyse viser et systematisk høyere melutbytte og proteinnivå i mel basert på filetproduksjon sammenlignet med HG. Sei viser samme trend for melutbytte, men avviker for proteinnivå. Melprøver som inngikk i etablering av NIR-kalibrering (Wold et al., 2023) indikerte et litt høyere proteinnivå i presskake-mel (uten limvannfraksjon) basert på filetproduksjon. Oljeutbyttet viser som forventet et systematisk høyere utbytte per 100 kg restråstoff basert på HG- sammenlignet med filet-produksjon. Et unntak er vinterfanget torsk som viser små forskjeller med motsatt rangering. Høyeste oljeutbytte er funnet for høstfanget sei. Avvik observert i dette studiet, kan skyldes en kombinasjon av at limvannfraksjonen er inkludert og/eller at det er vanskelig å ta ut representative prøver av denne type råstoff grunnet høyt innhold av bein.

Tabell 4 Sammensetning av restråstoff (våttvektbasis) etter opparbeidelse av fisk til HG og filet

Fangst-sesong	Restråstoff	Ts (%)	Protein (%)	Fett (%)	Aske (%)
Høst (oktober)	Torsk HG	25,3	16,4	5,7	4,1
	Torsk filet	27,4	16,3	5,3	2,8
	Hyse HG	23,3	11,8	5,5	5,8
	Hyse filet	22,8	14,5	3,4	5,4
	Sei HG	40,9	12,9	24,4	2,8
	Sei filet	32,5	15,0	15,2	2,5
Vinter (mars)	Torsk HG	25,8	16,5	6,4	3,5
	Torsk filet	26,7	16,3	7,2	4,0
	Hyse HG	23,6	14,8	4,5	5,1
	Hyse filet	23,7	17,0	3,8	3,7
	Sei HG	28,6	14,8	11,8	4,0
	Sei filet	24,0	17,8	2,7	4,8



Figur 1 Sammensetning restråstoff (ts-basis) etter opparbeidelse til HG og skinnfri filet

Tabell 5 Nivå fettfritt tørrstoff (FFTs) i restråstoff etter opparbeidelse av hvitfisk til HG- og filet. Beregnet utbytte og sammensetning av et helmel med 9 % fett og 5 % vann, og oljeutbytte.

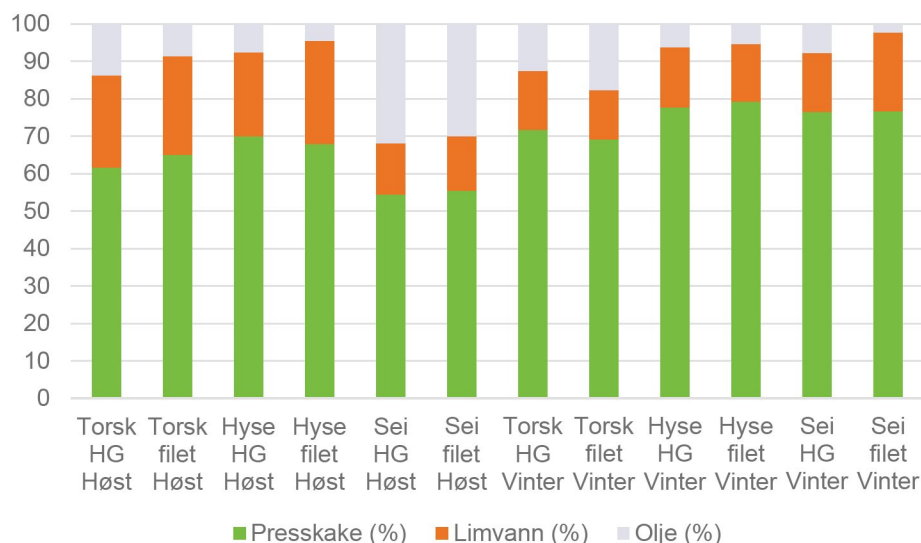
		Fettfritt tørrstoff (%)	Utbytte helmel (%)	Sammensetning helmel ¹⁾		Utbytte olje (%)
Prøve				Protein (%)	Aske (%)	
Høst (oktober)	Torsk HG	19,6	22,8	72,0	18,0	3,6
	Torsk filet	22,1	25,7	63,4	10,9	3,0
	Hyse HG	17,8	20,7	57,0	28,0	3,6
	Hyse filet	19,4	22,6	64,3	23,9	1,4
	Sei HG	16,5	19,2	67,2	14,6	22,7
	Sei filet	17,3	20,1	74,6	12,4	13,4
Vinter (mars)	Torsk HG	19,4	22,6	73,1	15,5	4,4
	Torsk filet	19,5	22,7	71,9	17,6	5,2
	Hyse HG	19,1	22,2	66,6	23,0	2,5
	Hyse filet	19,9	23,1	73,5	16,0	1,7
	Sei HG	16,8	19,5	75,8	20,5	10,0
	Sei filet	21,3	24,8	71,9	19,4	0,5
Gjennomsnitt		19,1	22,2	69,3	18,3	6,0

¹⁾ Basert på helmel med 9 % fett og 5 % vann

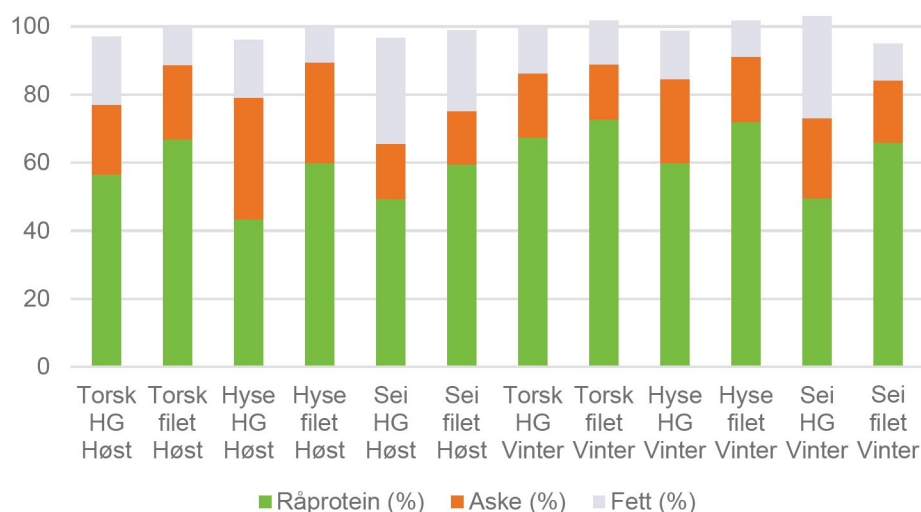
3.3 Masse- og komponentbalanser

Fordeling av totalt tørrstoff (Figur 2) etter varmebehandling, pressing og separasjon av pressvæske påvirkes i stor grad av fettnivået i råstoffet og fettfordeling etter prosessering. Erfaringsmessig vil den anvendte lab-teknikk for kverning, blanding og prosessering av restråstoff gi et noe høyere fett/ts-nivå i presskake og limvann enn det som oppnås i produksjonsskala. I denne forsøksserien ble det i tillegg observert emulsjonsdannelse og problemer med fettseparasjon fra pressvæsken. Kun for høstfanget sei ble det oppnådd en ren olje etter separasjon. Dette skyldes trolig en kombinasjon av ferskt restråstoff og kort tid for autolytiske prosesser under opparbeidelse og oppvarming av råstoffet.

Emulsjonsdannelsen har også gitt til dels svært høye nivå av fett på ts-basis i presskake og limvann (Figur 3 og 4).



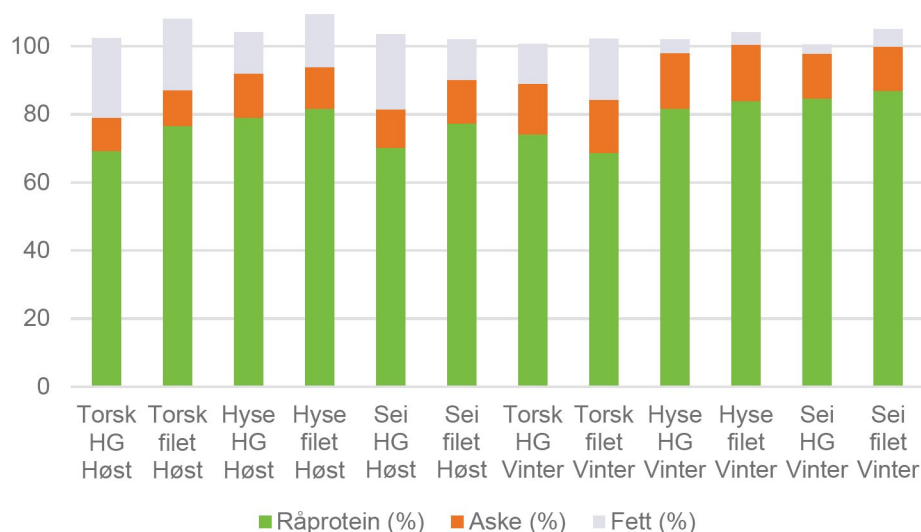
Figur 2 Fordeling av tørrstoff (%) mellom presskake, limvann og olje etter opparbeidelse av restråstoff fra torsk, hyse og sei



Figur 3 Nivå (%) protein, aske og fett på ts-basis i presskake

For å få et mer riktig bilde av ts-fordelingen er den også beregnet basert på FFTs-basis (Tabell 6). Nivåene viser her mye mindre variasjon og gir et mer korrekt bilde av hva som oppnås i et industrielt anlegg om bord i trålerne. Andel fettfritt ts i presskaken varierer mellom 72-85 % og tilsvarende 15-28 % i limvannet. Proteinnivået på FFTS-basis er noe høyere i limvann (81-87 %; gjennomsnitt 85 %) sammenlignet med presskake (55-85 %; gjennomsnitt 73 %). Spesielt høstfanget hyse påvirker dette bildet (Tabell 6) der nivået er 7-12 % høyere i limvannet og reflekterer lavt nivå i råstoffet (Tabell 5). Effekt av dette er at noe mer av proteinet foreligger i limvannfraksjonen sammenlignet med tørrstoff. Limvannet tas ikke vare på om bord i dagens trålerflåte, men vil kunne bidra til et økt proteinnivå i melet for de fleste av de uttestede råstofftyper (Tabell 7). Også her skiller vinterfanget hyse seg ut med

høyeste nivå og dette kan reflektere høyere proteolytisk aktivitet i dette råstoffet med effekt av økt andel protein i limvannfasen.



Figur 4 Nivå (%) protein, aske og fett på ts-basis i limvann

Tabell 6 Fordeling (%) av totalt tørrstoff (TTs), fettfritt tørrstoff (FFTs), protein, vannløselig protein (Vlp) og aske på mellomproduktene presskake (Pk) og limvann (Lv) og olje

		TTs			FFTs		Protein		Vlp		Aske	
		Pk	Lv	Olje	Pk	Lv	Pk	Lv	Pk	Lv	Pk	Lv
Høst (oktober)	Torsk HG	62	25	14	72	28	67	33	26	74	81	19
	Torsk filet	65	26	9	73	27	68	32	27	73	82	18
	Hyse HG	70	22	7	75	25	63	37	23	77	82	18
	Hyse filet	68	27	5	72	28	65	35	21	79	82	18
	Sei HG	55	14	32	78	22	74	26	29	71	80	20
	Sei filet	56	14	30	77	23	75	25	30	70	78	22
Vinter (mars)	Torsk HG	72	16	12	82	18	81	19	37	63	84	16
	Torsk filet	69	13	18	85	15	85	15	50	50	85	15
	Hyse HG	78	16	6	81	19	78	22	31	69	84	16
	Hyse filet	79	15	5	83	17	82	18	40	60	83	17
	Sei HG	77	16	8	78	22	74	26	40	60	84	16
	Sei filet	77	21	2	77	23	74	26	31	69	79	21
Gjennomsnitt		69	19	12	78	22	74	26	32	68	82	18

Estimert protein på FFTs-basis stemmer med få unntak godt overens med tilsvarende tall basert på råstoff sammensetning. I gjennomsnitt er forskjellen kun 2 % og bekrefter at det er mulig å heve proteinnivået i mel basert på restråstoffet til 66,3 % basert på 9 % fett og 5 % vann i melet. Tilsvarende beregninger basert på råstoff sammensetning viser 3 % høyere proteinnivå (69,3 %; Tabell 5), men dette kan primært forklares av et 2 % lavere askenivå i mel basert på denne beregningsmetodikken. Differanse skyldes trolig en kombinasjon av analyseusikkerhet og at det er vanskelig å ta ut representative prøver av denne type prøvemateriell.

Tabell 7 Protein på fettfritt ts-basis (FFTs; %) i råstoff, presskake og limvann. Estimert nivå i helmel basert på andel protein i limvannet (Tabell 6), og effekt på protein-nivå i et helmel sammenlignet med presskakemel (Pk-mel).

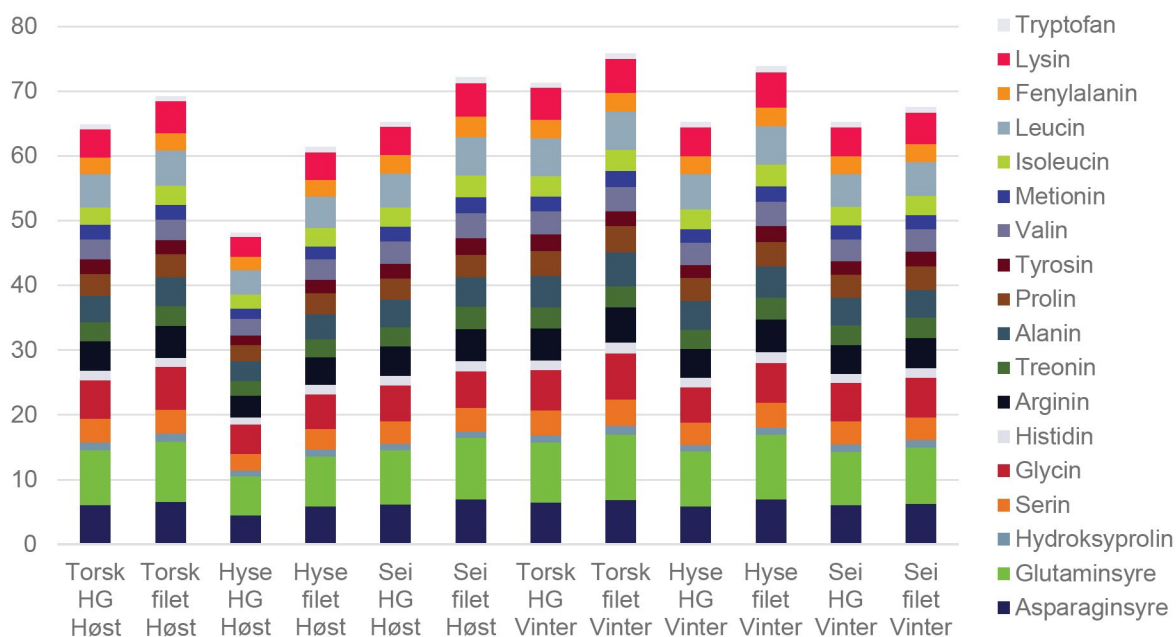
		Protein/FFTs-basis (%)			Estimert	Effekt på
		Råstoff	Presskake	Limvann	helmel	proteinnivå ¹
Høst (oktober)	Torsk HG	80,0	73,5	87,6	78,1	4,6
	Torsk filet	85,3	75,5	87,8	79,4	3,9
	Hyse HG	67,0	54,9	85,9	66,3	11,5
	Hyse filet	72,9	67,1	87,1	74,1	7,0
	Sei HG	82,2	75,2	86,0	78,0	2,8
	Sei filet	85,7	79,1	85,8	80,8	1,7
Vinter (mars)	Torsk HG	82,5	78,2	83,3	79,2	1,0
	Torsk filet	80,3	81,9	81,5	81,8	-0,1
	Hyse HG	74,4	70,9	83,3	73,7	2,7
	Hyse filet	82,1	79,1	83,4	79,9	0,8
	Sei HG	78,7	67,8	86,5	72,7	4,8
	Sei filet	78,8	78,3	86,9	80,6	2,2
Gjennomsnitt		79,2	73,5	85,4	77,1	3,6

¹⁾ Differanse mellom proteinnivå i et helmel sammenlignet med et presskakemel

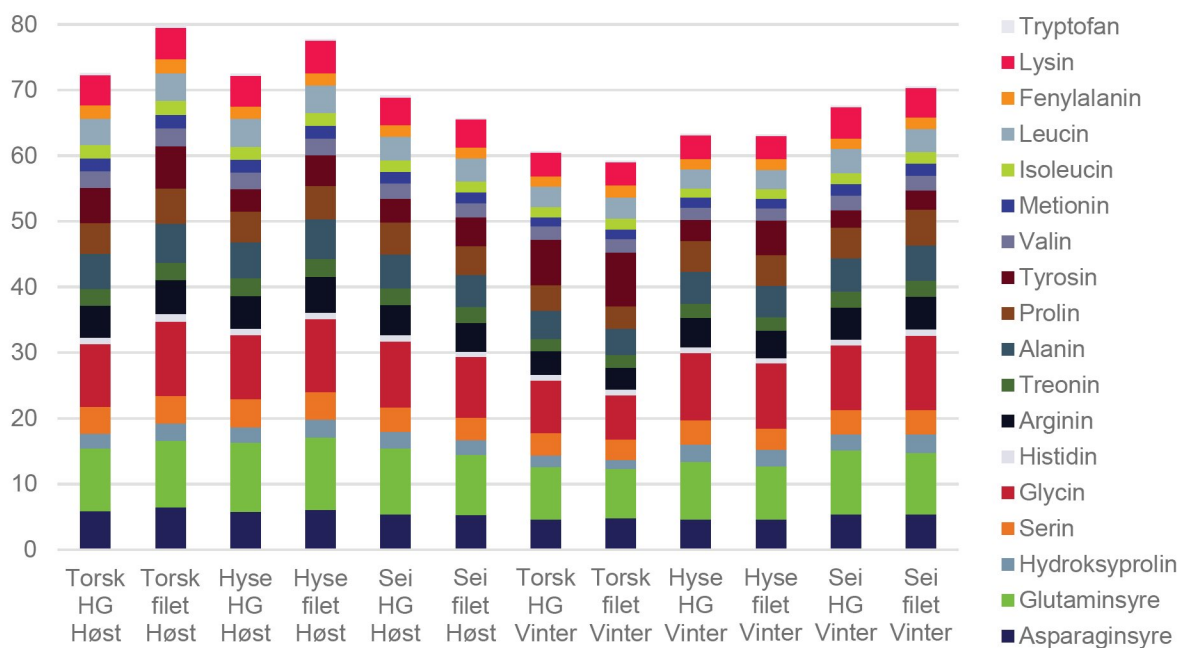
3.4 Aminosyreinnhold

Presskakemelene viste generelt liten variasjon i relativ sammensetning av totale (fritt + proteinbundet) aminosyrer på FFTs-basis (Tabell 7). Innholdet av alle individuelle aminosyrer er lavest i høstfangst hyse, hvilket reflekterer et lavere proteinnivå (Figur 3). På proteinbasis (ikke vist) er aminosyresammensetning omtrent likt i alle presskake-prøvene. Det er størst variasjon mellom Pk-melene for den ikke-essensielle aminosyren glutaminsyre. Proteininnholdet i limvann på FFTs-basis er noe høyere enn for presskake (Tabell 7) og dette bekreftes også av totale aminosyrer som varierer mellom 59 og 80 %. Det er noe større variasjon i den relative aminosyresammensetningen mellom limvannsprøvene, særlig for glutaminsyre, alanin, glycin, hydroksyprolin og prolin. Disse aminosyrene er de fem vanligste aminosyrene i det strukturelle proteinet kollagen, og variasjonen skyldes sannsynligvis ulikt innholdet av skinn, bein og bindevev i råstoffet. Eksempelvis er nivået av prolin høyere i alle limvann når filet sammenlignes med HG for samme fisk og fangsttidspunkt, noe som kan forventes siden restråstoff fra filetoproduksjon inneholder mer skinn enn fra HG (Tabell 1). Sammenlignet med nivå av råprotein (Tabell 7) viser totale aminosyrer noe større variasjon. Dette kan indikere at limvannet inneholder andre ikke-protein N-forbindelser som vil inngå i beregning av råprotein (Nx6,25).

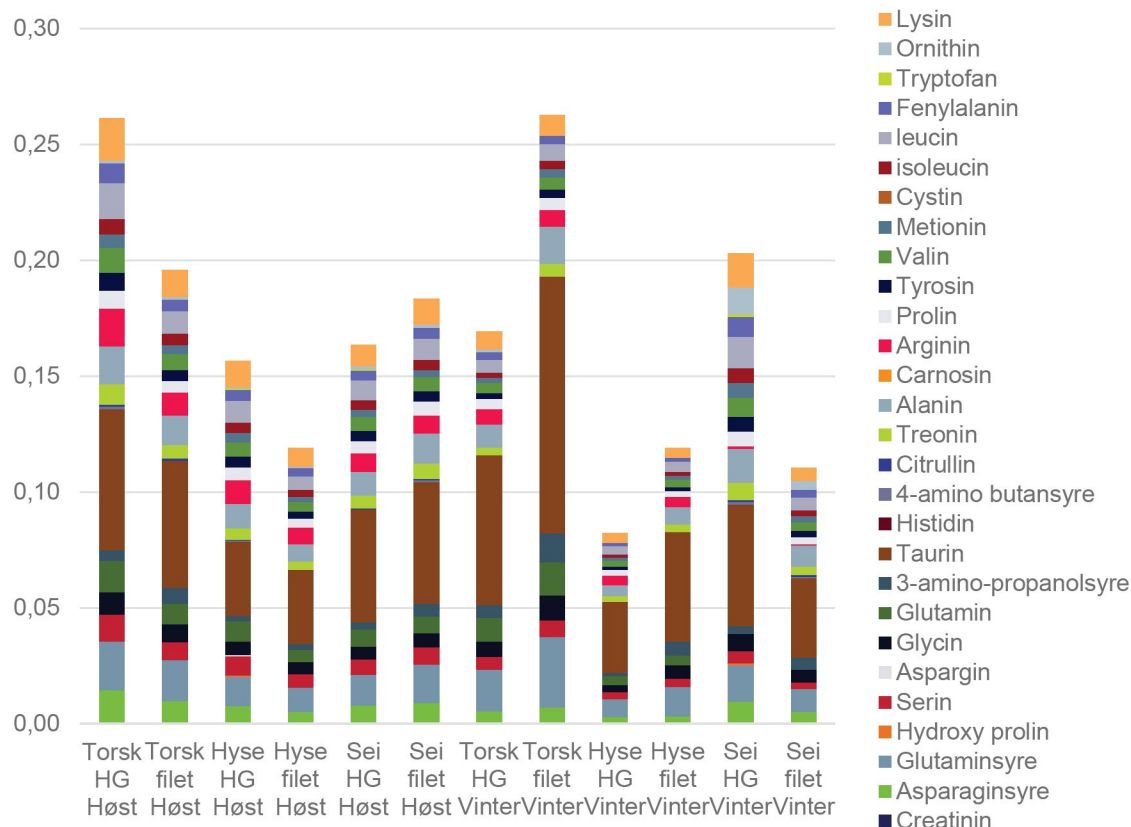
Frie aminosyrer utgjør en svært liten andel av totalt protein i presskaken med nivåer i området 0,08-0,26 g/100 g fettfritt ts (Figur 7). Tilsvarende nivå i limvannet er 8,6-16,6 g/100 g. Variasjonen er stor for mange av aminosyrene, men det er vanskelig å påvise noen klare trender. Taurin er den dominerende komponent i frie aminosyrer både fra limvann og presskake. I limvannsprøvene varierte taurin fra 2,7 % basert på restråstoff fra filetering av vinterfangst sei til 4,5 % fra HG av høstfangst sei. Taurin produseres i stor grad i de fleste pattedyr med unntak av kattedyr, og er viktig for blant annet hjertekarsystemet og nervesystemet, og inngår i kolesterolomsetningen.



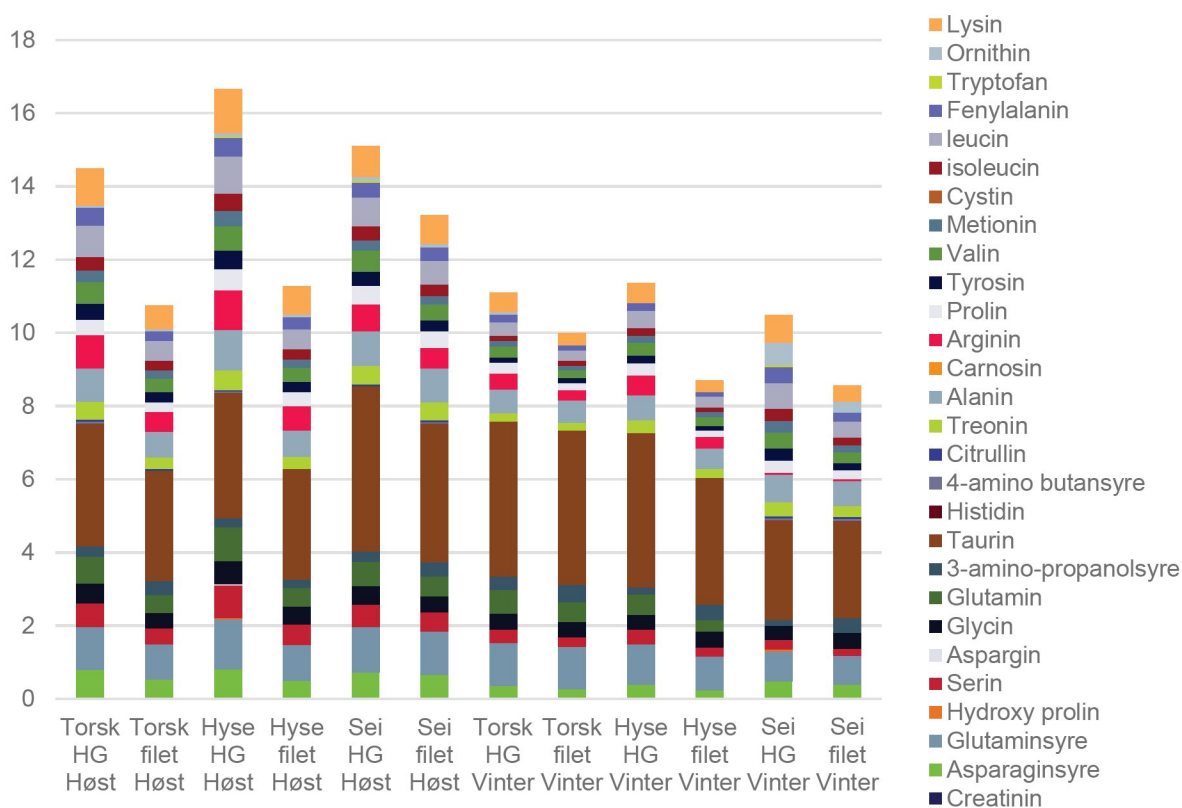
Figur 5 Totale aminosyrer (g per 100 g fettfritt tørrstoff) i presskake



Figur 6 Totale aminosyrer (g per 100 g fettfritt tørrstoff) i limvann



Figur 7 Frie aminosyrer i presskake (g per 100 g fettfritt tørrstoff)



Figur 8 Frie aminosyrer i limvann (g per 100 g fettfritt tørrstoff)

3.5 Mineralinnhold

Det er stor variasjon i mineralinnholdet, men gjennomgående høyere nivåer av natrium, kalsium, magnesium og sink i presskake fra HG sammenlignet med fra filet innad for hver type råstoff tatt på samme årstid (Tabell 8). Dette kan delvis forklares med et høyere innhold av bein i restråstoff fra HG-produksjon. Innholdet av kalsium, magnesium, kobber, jern og jod er høyest i høstfisket hyse, mens innhold av jern er lavest i høstfanget torsk. Sammenlignet med de andre presskake-prøvene er det funnet spesielt høyt jernnivå i høstfanget hyse. Nivåene er reanalysert med samme resultat. Nivåene i limvann er sammenlignbart med de andre råstoffene og det kan her ikke gis noen forklaring på avviket i presskake.

Tabell 8 Mineralinnhold (mg per 100 g fettfritt tørrstoff) i presskake og limvann

		Natrium (Na)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)	Fosfor (P)	Kobber (Cu)	Jern (Fe)	Jod (I)	Mangan (Mn)	Selen (Se)	Sink (Zn)
Presskake												
Høst	Torsk HG	848	691	9518	287	4433	0,4	13	2,0	0,9	0,37	10,3
(oktober)	Torsk filet	740	752	8592	275	4296	0,4	47	1,0	1,0	0,24	8,1
	Hyse HG	728	489	15057	728	4141	0,9	226	3,3	5,0	0,53	11,8
	Hyse filet	683	601	11072	507	4476	0,9	141	2,6	3,7	0,44	11,0
	Sei HG	751	691	8408	285	4204	0,6	24	1,0	1,4	0,39	11,9
	Sei filet	574	765	7377	260	3825	0,6	18	0,8	1,2	0,36	11,2
Vinter	Torsk HG	707	682	7692	211	3846	0,4	6,9	1,6	0,5	0,27	9,8
(mars)	Torsk filet	641	777	6412	197	3329	0,4	5,7	2,2	0,7	0,31	8,3
	Hyse HG	706	483	10533	260	4833	0,4	14	1,0	1,9	0,47	9,7
	Hyse filet	587	695	7545	240	3952	0,3	7,3	0,8	1,6	0,43	7,7
	Sei HG	809	733	10229	290	4428	0,6	23	0,9	1,7	0,34	11,8
	Sei filet	603	709	9338	272	4492	0,4	15	0,5	1,2	0,26	9,1
Gjennomsnitt		698	672	9314	318	4188	0,5	45	1,5	1,7	0,37	10,0
Limvann												
Høst	Torsk HG	2888	2995	118	134	1658	1,2	4,0	7,0	0,05	0,37	2,1
(oktober)	Torsk filet	2581	3387	118	118	1452	0,9	3,5	4,8	0,05	0,27	2,5
	Hyse HG	3696	3113	90	191	1051	1,7	6,6	12	0,08	0,93	1,3
	Hyse filet	2983	3481	105	122	1271	1,3	4,1	9,9	0,11	0,72	1,5
	Sei HG	3090	3652	73	107	1798	2,8	3,2	5,6	0,06	0,34	1,5
	Sei filet	2335	4053	71	97	1894	2,7	1,9	5,3	0,04	0,22	1,4
Vinter	Torsk HG	3285	4015	139	124	2555	1,5	5,5	9,5	0,15	0,29	4,0
(mars)	Torsk filet	3265	4898	136	129	2585	1,8	5,6	15	0,14	0,34	3,9
	Hyse HG	4014	3742	102	102	1701	1,8	5,4	7,5	0,07	0,41	1,8
	Hyse filet	3086	4815	68	111	2037	1,1	3,0	8,0	0,06	0,37	1,4
	Sei HG	2826	3315	82	114	1576	2,0	3,2	3,1	0,05	0,27	0,9
	Sei filet	2365	3892	84	89	1527	1,1	4,1	2,6	0,05	0,25	1,8
Gjennomsnitt		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

En stor andel av vestlige lands befolkning har nivåene av disse elementene som ligger under anbefalingene, og dette øker risiko for tilstander som osteoporose, hjertekarsykdom, mental utviklingshemming og struma, og er nødvendig for et fungerende immunsystem. Opptaket av mineraler fra fiskebein, der eksempelvis kalsium hovedsakelig foreligger i form av hydroksyapatitt, er godt og gir en mindre akutt og mer gunstig økning i kalsiumnivået i blodet sammenlignet med løselige kalsiumsalter som anvendes i kosttilskudd (O’Keefe et al., 2016). Inntak av hydroksyapatitt stimulerer også dannelsen av beinvev. Natriuminnholdet ligger på 0,57-0,85 g/100 g FFTs i presskakene. Til sammenligning inneholder torskefilet rundt 0,37 g per 100 g tørrvekt. Helsedirektoratet anbefaler at inntaket av natrium er under 2 g per dag (tilsvarer 5 g salt/dag).

I limvann ser vi ikke de samme tendensene for mineralsammensetning som i presskake, med unntak av et høyere natriuminnhold i HG sammenlignet med fileten og motsatt for kalium innad for hver type råstoff tatt på samme årstid. 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.

3.6 Fettløselige vitaminer

På grunn av problemer med emulsjonsdannelse og fettseparasjon (jfr. under 3.3), ble fettløselige vitaminer analysert i lipidekstrakter fra presskakene. Tre fettløselige vitaminer ble kvantifisert; retinol (vitamin A), kolekalsiferol (vitamin D) og alfa-tokoferol (vitamin E), og innholdet er beregnet på fettbasis. Innmat, og da særlig lever, er rike kilder til fettløselige vitaminer. De fettløselige vitaminene er viktige for fosterutvikling, immunforsvaret, synet og beinbygningen, og vitamin E fungerer som en antioksidant. Leverinnholdet i råstoffet varierer fra ca. 4-5 % i hyse (HG og fileten) og fileten fra torsk, mens leverinnholdet ligger på 10-11 % i sei (HG og fileten) og torsk-HG (Tabell 1 og 2). Det er stor variasjon mellom fiskeslag, HG/fileten og årstid for alle de tre fettløselige vitaminene. 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 fileten.

Tabell 9 Fettløselige vitaminer i presskake på lipidbasis

		Retinol (vitamin A) (µg/100g)	Cholecalciferol (vitamin D) (µg/100g)	α-tocopherol (vitamin E) (mg/kg)
Høst (oktober)	Torsk HG	450	123	50
	Torsk fileten	692	125	100
	Hyse HG	255	53	51
	Hyse fileten	869	51	100
	Sei HG	77	46	25
	Sei fileten	141	18	27
Vinter (mars)	Torsk HG	1488	146	88
	Torsk fileten	519	75	81
	Hyse HG	274	27	61
	Hyse fileten	1960	260	120
	Sei HG	304	128	29
	Sei fileten	3088	124	98
Gjennomsnitt		843	98	69

Det er betydelig høyere nivå av alle tre vitaminene i sei HG og filet fra mars sammenlignet med oktober. En sammenligning med tabellverdier for filet viser at nivåene av vitamin A og D er høyere i avskjær fra torsk, hyse og sei, som er forventet siden disse vitaminene lagres i innmat (slo).

3.7 Vannløselige vitaminer

Vannløselige vitaminer ble kun analysert i limvannet. Nivå i presskake (Tabell 10) er estimert basert på nivå vannløselig tørrstoff som kan antas å ha samme sammensetning som i limvannet (Tabell 11). 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. Innholdet av vitamin B6 viser mindre variasjon mellom art og sesong med unntak av for hyse HG som er under kvantifiseringsgrensen. Det er variasjon i B-vitaminnivået mellom fiskeartene, med generelt høyeste nivåer i hyse for vitamin B1, B2, B7, og høyeste nivåer av B9 og B12 i sei. Nivåene av B-vitaminer er generelt høyere i vinterfanget fisk. B-vitaminene er sentrale for energiomsetningen og dannelse av DNA, og inngår i sentrale prosesser som blant annet omsetning av aminosyrer. 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.

Tabell 10 Nivå vannløselige vitaminer i presskake på fettfritt ts-basis

		Tiamin (B1) (mg/kg)	Ribo- flavin (B2) (mg/kg)	Niacin (B3) (mg/100g)	Panto- tensyre (B5) (mg/kg)	Pyridoksin (B6) (mg/100g)	Biotin (B7) (µg/100g)	Folat (B9) (mg/kg)	Kobal- amin (B12) (µg/100g)
Høst	Torsk HG	2,6	1,8	2,4	8,1	0,1	1,4	0,5	7,4
(oktober)	Torsk filet	1,2	1,6	2,2	6,0	0,1	1,1	0,3	4,9
	Hyse HG	3,2	2,5	2,3	7,2	<LOQ	3,9	1,0	6,3
	Hyse filet	2,1	2,2	2,7	6,6	0,1	1,7	0,5	4,7
	Sei HG	3,1	2,5	3,4	8,6	0,1	1,7	1,6	10,4
	Sei filet	2,0	2,1	4,7	8,3	0,1	1,4	1,5	10,2
Vinter	Torsk HG	3,5	1,9	2,5	13,9	0,1	3,3	0,3	8,3
(mars)	Torsk filet	4,2	3,0	4,8	17,1	0,1	3,2	0,5	9,2
	Hyse HG	4,4	2,6	2,9	10,1	0,1	7,4	0,6	4,9
	Hyse filet	3,6	3,4	5,3	10,5	0,2	5,6	0,3	4,4
	Sei HG	4,0	4,2	4,9	9,8	0,2	5,2	1,1	20,5
	Sei filet	1,8	3,2	3,4	6,2	0,1	2,0	0,3	7,2
	Gjennomsnitt	3,0	2,6	3,5	9,4	0,1	3,2	0,7	8,2

LOQ – kvantifiseringsnivå

3.9 Tungmetaller

Det finnes ikke egne regelverk i EU for tungmetaller i tørket fisk eller fiskemel, men i Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler (FOR-2015-07-03-870), artikkel 2 står det angitt at det ved anvendelse av grenseverdiene oppført i vedlegget for næringsmidler som er tørket, fortynnet, bearbeidet eller sammensatt av mer enn én ingrediens, skal det tas hensyn til følgende:

- endringer i konsentrasjonen av det forurensende stoffet på grunn av tørking eller fortynning,
- endringer i konsentrasjonen av det forurensende stoffet på grunn av bearbeiding,
- de forholdsmessige andelene av ingredienser i produktet og
- analysens mengdebestemmelse.

Hvitfiskmel produsert på trålerne vil bestå av en blanding av flere råvarer (fiskearter) og vil gjennom fiskemelprosessen bli bearbeidet i form av mekanisk avvanning, fettfraskilling og tørking. Ved dagens produksjonspraksis blir ikke limvannet tatt vare på. Ved anvendelse av grenseverdier for muskelkjøtt fra fisk (Tabell 12) må derfor trolig alle de fire punktene over tas hensyn til i beregning av en grenseverdi for hvitfiskmel. Basert på et utbytte av hvitfiskmel på 20 kg per 100 kg råstoff, kan det som første tilnærming anvendes en konsentrasjonsfaktor på 5 sammenlignet med muskelkjøtt fra fisk. I Tabell 12 er også grenseverdier angitt for kosttilskudd inkludert for sammenligning.

Tabell 12 Grenseverdier for tungmetaller i næringsmidler og førmidler

	Næringsmidler (mg/kg våtvekt) ¹⁾		Førmidler (mg/kg produkt m/12% vann) ²⁾
	Muskelkjøtt fra fisk	Kosttilskudd	Fiskemel
Arsen (As)	---	---	25
Cadmium (Cd)	0,050	1,0	2,0
Kvikksølv (Hg)	0,50	0,1	0,5
Bly (Pb)	0,30	3,0	10

¹⁾ FOR-2015-07-03-870
²⁾ FOR-2002-11-07-1290

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 (Frantzen et al., 2015) som har en betydelig lavere toksisitet (Næss et al., 2020). På FFTs-basis er arseninnholdet nærmere 8x høyere i limvann (gjennomsnitt 87 mg/kg FFTs) sammenlignet med presskake (11 mg/kg FFTs) (Tabell 13). Nivåene i limvann viser i tillegg en betydelig større variasjon sammenlignet med presskake. Laveste nivå er funnet i sei. I førmiddelforskriften (FOR-2002-11-07-1290) er det satt en øvre grense på 25 mg/kg for totalt arsen, hvorav uorganisk skal ligge under 2 mg/kg. Nivå funnet i presskake ligger godt under dette, mens det i limvann er funnet nivå betydelig over. Kobles data for massebalanse og bidrag av FFTs fra presskake og limvann i et helmel (Tabell 8) med nivå arsen i de respektive mellomprodukter, kan det estimeres et nivå i helmel. Analysen viser et gjennomsnittlig arseninnhold i helmel med 9 % fett og 12 % vann på 22 mg/kg. Lave nivå i sei drar imidlertid snittet ned og for torsk og hyse viser analysen nivå i området 16-41 mg/kg. Med unntak av restråstoff fra HG-opparbeidet torsk fanget i mars, gir alle andre helmel basert på torsk og hyse et arsen-nivå over gjeldende grenseverdi. Arsennivå i torsk fanget i nord-østlige del av Atlanterhavet er tidligere undersøkt og viser meget variable nivå i torskemuskel og lever (Julshavn et al., 2013). Gjennomsnittlig arsennivå i muskel varierte mellom 1,7 og 44 mg/kg våtvekt basert på fisk fanget ved 32 lokaliteter. Anvendes en konsentrasjonsfaktor på 5 tilsvarer dette nivåer i øverste område som ligger godt over det som er registrert på FFTs-basis i dette studiet.

Cadmium viser gjennomsnittlig nivå i presskake på 0,17 og i limvann 0,36 mg/kg FFTs (Tabell 13). Nivåene er tilnærmet dobbelt så høye i limvann. Sammenlignet med grenseverdien for muskelkjøtt fra fisk (Tabell 12) korrigert for en konsentrasjonsfaktor på 5 (= 0,25 mg/kg mel), vil dette være hhv. noe under og over grenseverdien. Korrigeres nivåene for 9 % fett og 5 % vann, blir de gjennomsnittlige verdien 0,15 og 0,31 mg/kg mel. Et presskake- og helmel vil derfor ligge godt under den estimerte grenseverdien, mens et rent limvannbasert mel vil i noen tilfeller kunne komme over (Tabell 13). For kosttilskudd og fiskemel til fôr er grenseverdien satt betydelig høyere og korrigert for fett og vann vil alle limvann komme under denne.

Kvikksølv viser omtrent dobbelt så høye gjennomsnittlige nivå i presskake (0,09) sammenlignet med limvann (0,05 mg/kg FFTs) (Tabell 13). Sammenlignet med grenseverdien for muskelkjøtt fra fisk (Tabell 12) korrigert for en konsentrasjonsfaktor på 5 (= 2,5 mg/kg mel), vil alle nivå være godt under estimert grenseverdien, inklusiv de som er angitt for kosttilskudd og fiskemel til fôr.

Tabell 13 Nivå tungmetaller (mg per kg fettfritt tørrstoff) i presskake og limvann

	Prøve	Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Kvikksølv (Hg)	Bly (Pb)
Presskake					
Høst (oktober)	Torsk HG	15,6	0,22	0,10	<LOQ
	Torsk filet	15,5	0,12	0,14	<LOQ
	Hyse HG	11,2	0,45	0,06	0,93
	Hyse filet	11,8	0,31	0,09	0,75
	Sei HG	8,3	0,18	0,11	0,09
	Sei filet	7,5	0,12	0,08	0,08
Vinter (mars)	Torsk HG	7,7	0,07	0,05	0,15
	Torsk filet	16,0	0,10	0,09	0,15
	Hyse HG	13,6	0,11	0,07	0,30
	Hyse filet	13,2	0,05	0,07	0,24
	Sei HG	7,6	0,20	0,09	<LOQ
	Sei filet	3,5	0,14	0,13	0,18
Gjennomsnitt		11,0	0,17	0,09	0,32
Limvann					
Høst (oktober)	Torsk HG	90,9	0,27	0,04	<LOQ
	Torsk filet	107,5	0,11	0,07	<LOQ
	Hyse HG	112,8	1,05	0,05	<LOQ
	Hyse filet	116,0	0,55	0,06	<LOQ
	Sei HG	39,3	0,73	0,03	<LOQ
	Sei filet	15,4	0,26	<LOQ	0,31
Vinter (mars)	Torsk HG	55,5	0,07	<LOQ	<LOQ
	Torsk filet	176,9	0,14	0,05	<LOQ
	Hyse HG	142,9	0,27	<LOQ	<LOQ
	Hyse filet	148,1	0,06	<LOQ	<LOQ
	Sei HG	21,2	0,60	<LOQ	<LOQ
	Sei filet	18,2	0,25	0,04	<LOQ
Gjennomsnitt		87,1	0,36	0,05	---
Ratio Pk/Lv		0,13	0,48	1,94	---

Bly viser et gjennomsnittlige nivå i presskake på 0,32 mg/kg FFTs (Tabell 13). Sammenlignet med grenseverdien for muskelkjøtt fra fisk (Tabell 12) korrigert for en konsentrasjonsfaktor på 5 (= 1,5 mg/kg mel), vil dette være godt under grenseverdien. For limvann er alle nivå med ett unntak under kvantifiseringsgrensen. Det er funnet høyest nivå av bly i høstfanget hyse (Tabell 13), men også disse ligger godt under den estimerte grenseverdien, inklusivt maksimum nivå i kosttilskudd og fiskemel til fôr.

3.10 Persistente organiske miljøgifter (POPs)

Persistente organiske miljøgifter inkluderer pesticider, dioksiner (PCDD/F), polyklorinerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske forbindelser (PAH). I fiskemel og fiskeolje er det spesielt PCDD/F og PCB som har gitt utfordringer relatert til maksimum nivå i næringsmiddel- og fôrlovgivning (Tabell 14). Et lite utvalg av prøver er analysert i dette prosjektet for å sjekke nivåer i fiskemel og olje fra torsk, hyse og sei. Relatert til fôrforskriften viser analysene nivåer godt under alle gjeldende grenseverdier (Tabell 14). For bruk i næringsmidler er det industriell praksis å rense torskeleverolje med bruk av aktivt kull adsorpsjon. Nivå funnet i denne studien for torsk og sei viser nivå under gjeldende grenseverdier med unntak av PCDD/F+DL-PCB i torskeolje, mens olje fra hyse inneholder nivå godt over for både PCDD/F og PCDD/F+DL-PCB.

Sammenlignes nivåene på lipidbasis i presskakemel fra torsk og sei med ren olje separert fra det samme restråstoffet, viser analysene litt høyere nivå i separert olje, spesielt med hensyn på bidraget fra DL-PCB (Tabell 14). Dette er også påvist i andre studier og viser at nivå analysert i olje kan anvendes til å estimere nivået i fiskemel basert på et gitt fettnivå i melet. Med utgangspunkt i 8,3 % fett og 12 % vann (i h.h.t. fôrforskriftene), gir dette nivå i melet godt under fôrforskriftene. Det finnes ikke tilsvarende forskrifter for fiskemel i næringsmiddelovgivningen, men en tilnærming kan baseres på nivå i muskelkjøtt på våtvektbasis. Nivåene på våtvektbasis er her høyere enn tillatte nivå for fiskemel i fôrforskriften, dvs. uansett konsentrasjonsfaktor vil dette ikke gi regulatoriske problemer med næringsmiddel-anvendelse.

Tabell 14 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 (våttvekt) 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.

4 Konklusjon

Rapporten gir en oversikt over innhold av næringsstoffer og uønskede forbindelser i hvitfiskmel fremstilt av restråstoff etter opparbeidelse av torsk, hyse og sei til hodekappet og sløyd fisk (HG) og skinn og beinfri filet. Nivåene er rapportert på basis av fettfritt tørrstoff i presskake og limvann eller på lipidbasis for å kunne sammenligne på tvers av råstoffslag og sesong uten å ta hensyn til variasjon i fett og tørrstoff. Basert på labskalaforsøk er det beregnet massebalanser og fordeling av protein, aske og fett mellom presskake og væskefase i en fiskemelprosess. Dette muliggjør beregning av effekt på utbytte og nivå i mel avhengig av om limvannet inkluderes eller ikke. Nivåene kan enkelt konverteres til et typisk hvitfiskmel med 5 % vann og 9 % fett ved å multiplisere med en faktor på 0,86. Kartleggingen inkluderer følgende næringsstoffer: proteiner og aminosyrer, totale lipider og fettsyrer, aske, vitaminer (A, B, D, E), mineraler (Na, K, Ca, Mg, P, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn), tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb) og organiske miljøgifter (PCDD/F, DL-PCB og NDL-PCB). I denne rapporten påvises forskjeller mellom råstofftyper, sesong (høst vs. vår), prosess (HG vs. filet produksjon) og effekter av tilsetning av limvann på utbytte og sammensetning av hvitfiskmel.

Kartleggingen bekrefter at hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff etter HG- eller filet-produksjon om bord på hvitfisktrålere gir et produkt med høy ernæringsverdi i form av protein, fett, vitaminer og mineraler. Innhold av uønskede komponenter er generelt lavt med unntak av arsen som er kjent fra andre studier på sjømat å kunne foreligge i høye nivå. Organiske miljøgifter ligger godt under gjeldende grenseverdier for hvitfiskmel, men vil i deler av året kunne overstige grenser i fiskeolje; også dette er i samsvar med andre studier på området.

Dagens utnyttelse av restråstoff om bord i industritrålere er basert på fremstilling av et presskakemel der limvannet ikke inkluderes. Limvannet er rikt på vannløselige næringsstoffer og vil, dersom inkludert i hvitfiskmel, bidra til økte nivåer av protein, jod, kalium og vannløselige vitaminer. Limvann-fraksjonen representert i gjennomsnitt 22 % av det fettfrie tørrstoffet og 26 % av proteinet i råstoffet. Sammenlignet med presskakemel tilsvarer dette et økt melutbytte på 25 %. Proteinnivået på fettfritt ts-basis ligger gjennomsnittlig 12 % over presskaken og vil øke proteinnivået i et fiskemel med 3,6 % dersom inkludert.

5 Referanser

- AOCS – American Oil Chemist's Society: <https://www.aocs.org/attain-lab-services/methods>
- Bligh, E. G.; Dyer, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911–917.
- EN – European Standards: <https://www.en-standard.eu>
- FOR-2015-07-03-870: Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler, § 3 Gjennomføring av forordning (EF) nr. 1881/2006. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870>
- FOR-2002-11-07-1290. Forskrift om fôrvarer. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-11-07-1290/KAPITTEL_9#KAPITTEL_9.
- Frantzen, S., Maage, A., Duinker, A., Julshamn, K., Iversen, S.A., 2015. A baseline study of metals in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea, with focus on mercury, cadmium, arsenic and lead. *Chemosphere* 127:164–170.
- ISO - International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standards.html>
- JAOAC – Journal of AOAC International: <https://academic.oup.com/jaoac>
- Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Maage, A., Valdersnes, S., Nedreaas, K., 2013. A baseline study of levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 67, 187–195.
- Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G., 2022. Analyse marint restråstoff 2021. Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring. Sintef rapport 2022:00501.
- Næss, S., Aakre, I., Lundebye, A.K., Ørnsrud, R., Kjellekvold, M., Wik Markhus, M., Dahl, L., 2020. Mercury, lead, arsenic, and cadmium in Norwegian seafood products and consumer exposure. *Food Additives & Contaminants: Part B.* 13:99–106.
- NMKL - Nordic-Baltic Committee on Food Analysis: <https://www.nmkl.org/>
- Norske omregningsfaktorer 2021. For omregning av landet produktvekt av marin fisk og andre marine arter til rund vekt - for fiske i det nordlige Atlanterhavet og i andre farvann. Versjon VII, gjeldende fra 14.01.2021. Fiskeridirektoratet.
- O'Keefe, J.H., Bergman, N., Carrera-Bastos, P., Fontes-Villalba, M., DiNicolantonio, J.J., Cordain, L., 2016. Nutritional strategies for skeletal and cardiovascular health: hard bones, soft arteries, rather than vice versa. *Open Heart* 3:e000325. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4809188/>)
- Wold, J.P., Dankel, K., Oterhals, Å., 2023. Kvantifisering av vann, protein og fett i hvitfiskmel basert på nær-infrarød spektroskopi. Nofima-rapport 21/2023.