SINTEF A26862 - Åpen

Rapport

Mulighetene for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisk

Sak nummer 2014/105636

Forfattere
Leif Grimsmo
Ana Carvajal, Ekrem Misimi, Rasa Slizyte, Maitri Thakur, Bendik Toldnes, Robert Wolff

Foto: L. Grimsmo, SINTEF Fiskeri og havbruk

SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Råstoff og prosess
2015-04-07

SINTEF

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701

fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Mulighetene for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisk

Sak nummer 2014/105636

EMNEORD:
Restråstoff, hvitfisk, utviklingstrekk, risiko, teknologi, muligheter

VERSJON
2

DATO
2015-04-07

FORFATTER(E)
Leif Grimsmo
Ana Carvajal, Ekrem Misimi, Rasa Slizyte, Maitri Thakur, Bendik Toldnes, Robert Wolff

OPPDRAGSGIVER(E)
Innovasjon Norge, Marit Valseth

OPPDRAGSGIVERS REF.
Sak nummer 2014/105636

PROSJEKTNR
6021637

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
40

SAMMENDRAG
Rapporten gir en evaluering av mulighetene for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisk i Norge med hovedfokus på raffinering av proteinfraksjonen. De viktigste anbefalte satsingsområdene er;

- Utvikling av ny- eller implementering av eksisterende teknologi for automatisert sortering av restråstoff om bord.
- Forskning på industriell utvikling av prosessteknologi
- Produkt- og markedsutvikling.
- Forskning på funksjon og helsemessige effekter av marine proteiner.
- Målrettet industriell satsing i regioner hvor det i dag landes mye hvitfisk og på klynger hvor det gjøres et systematisk arbeid for å integrere verdikjeden fra fiskeri til industri og marked.

I tillegg bør det vurderes tiltak som gir fiskeflåten incitamenter til å prosessere eller ta i land restråstoff for videre foredling.

UTARBEIDET AV
Leif Grimsmo

SIGNATUR
Leif Grimsmo

KONTROLLERT AV
Hanne Digre

SIGNATUR
Hanne Digre

GODKJENT AV
Marit Aursand

SIGNATUR
Marit Aursand

RAPPORTNR
SINTEF A26862

ISBN
978-82-14-05876-5

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	Velg dato	[Tekst]

Det vises til tilbudsinnbydelse: Sak nummer 2014/105636, oppdragsbeskrivelse og kontrakt mellom Innovasjon Norge og SINTEF Fiskeri og havbruk primo desember 2014 på oppdraget; "Mulighetene for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisk". Dette er rapporten fra SINTEF Fiskeri og havbruk i forbindelse med oppdraget.

SINTEF

Innholdsfortegnelse

1 Innledning og hvordan oppdraget er løst 5

2 Marin ingrediensindustri og fiskeflåte 6

2.1 Utviklingstrekk og status for norsk marin ingrediensindustri 7

2.2 Restråstoff av hvitfisk fra kyst- og havfiskeflåten 8

3 Logistikk, utfordringer i forsyningskjeden og utvikling av fisket 9

3.1 Fangst, landingssted og sesong 9

3.2 Effektivisering av fisket og kvantumsutvikling 12

3.3 Island og Færøyene 14

4 Regelverk og kvalitet på restråstoff av hvitfisk 15

4.1 Regelverk for kvalitet på restråstoff 15

4.2 Restråstoffets kvalitet og kvalitetskriterier 16

4.3 Markedets krav til kvaliteten på restråstoff 16

4.4 Mulighetsrom for utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk 18

4.5 FHFs satsing på økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk 19

4.6 Lakseforedling: fra avfallsproblem til lønnsom industri 20

5 Utvikling av teknologi og kompetanse i prosesseringsleddet; hydrolyse, membranteknologi og vannfjerning 20

5.1 Hydrolyse 20

5.2 Membranteknologi 23

5.3 Vannfjerning 24

5.4 Kompetanse i prosesseringsleddet 25

6 Sorteringsteknologi 26

7 Råstoff og marked 30

7.1 Hva krever markedet? 30

7.2 Markedet for produkter av marint restråstoff og mulig verdiskapingspotensial 31

7.3 Forslag til tiltak 34

8 Inntektspotensialer for fangstledd og industri som grunnlag for innovasjon og investering 35

9 Oppsummering og anbefalte satsingsområder 38

10 Referanser 39

BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

1 Innledning og hvordan oppdraget er løst

Oppdraget som ligger til grunn for denne rapporten er å *utrede mulighetene for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisksektoren, med hovedfokus på raffinering av proteinfraksjonen*.

Bioteknologisk foredling av råvarer, spesielt råvarer fra marin sektor, er et prioritert område i Regjeringens bioteknologistrategi. Et viktig mål er å stimulere til fremvekst av et bærekraftig næringsliv basert på økt verdiskapning av marine ressurser, herunder restråstoff. Den norske fiskeflåten dumpet mer enn 220.000 tonn restråstoff fra hvitfisk i 2013. Dette kan betraktes som tapt verdiskapning.

For å utrede mulighetene for økt utnyttelse av restråstoff går rapporten også inn på *årsakene til hvorfor restråstoffet i dag blir dumpet*. Dette er en er en kompleks oppgave, og for å få et bilde av dette gis innledningsvis en oversikt over utviklingstrekk og status for norsk marin ingrediensindustri samt en beskrivelse av utvikling av det norske fisket etter hvitfisk de siste 15 årene. Det gis videre en oversikt over regelverk og kvalitetskrav for restråstoff, teknologi- og kompetanse i prosesseringsleddet og utfordringer i forsyningsleddet.

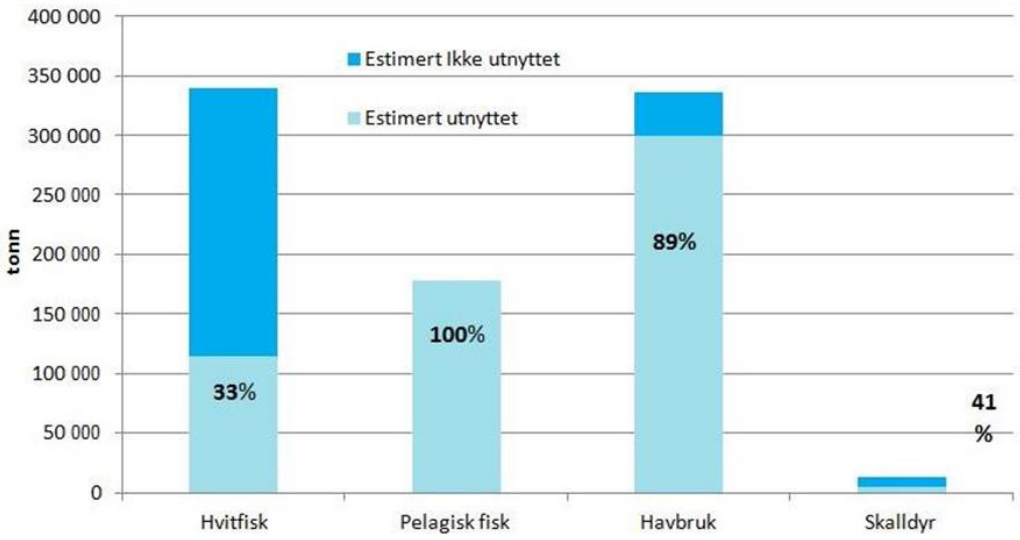
Rapporten gir en oversikt over FoU-satsing og forskning på muligheter for foredling og produkter fra restråstoff med hovedfokus på raffinering av proteinfraksjonen fra hvitfisk samt en gjennomgang av relevant FoU på sorteringsteknologi. Avslutningsvis kommer betraktninger rundt verdipotensial, markeder, inntektspotensial, samt teknologisk- og markedsmessig risiko. Til slutt pekes det på anbefalte satsingsområder og tiltak for å øke verdiskapningen av restråstoff fra hvitfisk.

Resultatene er fremkommet ved gjennomgang av forskningsrapporter, vitenskapelige artikler, tilgjengelig statistikk, markedsrapporter, intervjuer med potensielle råvareleverandører (fiskeflåte), utstyrsleverandører, fiskeindustri og biomarin industri.

2 Marin ingrediensindustri og fiskeflåte

Restråstoff fra fisk defineres som den delen av fisken som ikke utgjør fileten. Restråstoffet som utnyttes går i hovedsak til ensilasje eller oppmaling og fôranvendelse i form av fiskemel eller olje, en liten andel går direkte til konsummarkeder som rogn, lever, hoder, rygger, buklister etc. Dette er veletablerte verdikjeder og grunnlaget for at norsk marin ingrediensindustri hadde en omsetning fra *norsk* restråstoff på vel 2,5 milliarder kroner i 2013 (Richardsen, 2014). Det aller meste av restråstoffet anvendes imidlertid som fôringredienser og bare så lite som 9 % av volumet går til konsum- og sjømatprodukter (Olavsen *et al*. 2014).

I 2013 ble 867 000 tonn restråstoff generert fra fiskeri- og havbruksnæringen, hvorav 340 000 tonn var fra hvitfisksektoren. Av tilgjengelig *hvitfiskrestråstoff* var det kun 113 800 tonn som ble benyttet, noe som gir en utnyttelsesgrad på kun 33 %. I rapporten "Verdiskapning basert på produktive hav i 2050" (Olafsen *et al*. 2012) forventes det at restråstoffet som i dag dumpes blir tatt vare på og utnyttes til produksjon av verdifulle ingredienser. Figur 1 nedenfor gir en oversikt over utnyttelsesgraden av restråstoff fordelt på sektor for 2013.



Figur 1. *Oversikt over utnyttelsesgraden av restråstoff fordelt på sektor for 2013 (Olafsen et al. 2014).*

Som vist i figur 1 ligger det desidert største potensialet for økt utnyttelse av restråstoffvolum i hvitfisksektoren, mens potensialet for økt verdiskapning fra pelagisk-, laks-, og skalldyrsektoren ligger i høyere andel produkter til humant konsum.

For økt utnyttelse av hvitfiskrestråstoff vil det kunne kreves regelverksendringer (spesielt teknisk utforming av fiskefartøy), nye innovasjoner hvor restråstoffet oppstår, utvikling av logistikkløsninger, utvikling av ny prosessteknologi og utvikling av marked og distribusjon. Lønnsom produksjon basert på marint restråstoff krever kostnadseffektiv tilførsel av restråstoff av riktig kvalitet. I FHF forprosjektet (FHF#900949); "Råstoffbehandling og -kvalitet for marin ingrediensindustri" var målsettingen å avklare FoU-utfordringer og FoU-behov knyttet til råstoffbehandling og – kvalitet for marin ingrediensindustri. Prosjektet konkluderte med at: *det er et stort behov for å teste ut nye metoder og teknologiløsninger for råstoffbehandling og logistikk for både laks, pelagisk og hvitfisk for å ivareta råstoffkvaliteten slik at dette råstoffet i større grad kan benyttes til produksjon av produkter til humant konsum*.

Utnyttelsesgrad, sammen med teknologistatus og hvor potensialene ligger for økt verdiskapning fra restråstoff, er skissert i Tabell 1 nedenfor (etter Digre *et al*. 2014).

Tabell 1. *Utnyttelsesgrad, teknologistatus og hvor potensialene ligger for økt verdiskapning fra restråstoff. (etter Digre et al. 2014).*

Sektorer	Hvitfisk	Pelagisk	Havbruk	Skalldyr
Ikke utnyttet (%)	77%	0%	11%	59%
Prosessering: Båt= B, Land = L	B, L	L	L	L
Teknologistatus: G = gammel, N = nyere	G, + nisje	G	G, N	G
Hvor ligger potensialet?				
Økt utnyttelse	X	-	-	X
Økt verdi av biprodukter (økt konsumandel)	X	X	X	X
Utvikling av ny- og implementering av eksisterende teknologi	X	X	X	X

Restråstoff fra hvitfisk oppstår både i fiskeindustrien (på land) og om bord i fiskefartøy. Det aller meste av restråstoffet fra hvitfisk som ikke blir utnyttet dumpes på havet av fiskefartøy. Dette gjelder spesielt de havgående fiskefartøyene (d.v.s. fartøy over 28 meter) da disse i dag ikke finner det lønnsomt å ta vare på restråstoffet for eventuelt salg til videre prosessering.

2.1 Utviklingstrekk og status for norsk marin ingrediensindustri

I slutterklæringen fra FN-toppmøtet om bærekraftig utvikling, Rio +20, er havet pekt på som en viktig ressurs for framtidig matproduksjon og videre at (oversatt til norsk);
"… grønn økonomi i sammenheng med bærekraftig utvikling og fattigdomsreduksjon vil forbedre vår evne til bærekraftig forvaltning av naturressurser med lavere negative miljøvirkninger samt øke ressurseffektiviteten og redusere avfall." (Rio, 2012 / s.11 avsnitt 62).

I følge Olafsen *et al.* 2012 vil Norge i 2050 inneha en sterk posisjon innen marin ingrediensindustri og produsere produkter inn mot de globale markedene for næringsmiddel-, functional food-, helsekost- og farmasi. Drevet av helsemessige utfordringene knyttet til overvekt og livsstil er disse markedene i sterk vekst. Marine proteiner av restråstoff fra hvitfisk, gjerne hydrolyserte og fraksjonerte (peptider og aminosyrer) kan virke som antioksidanter og gi blodtrykksregulerende eller vektregulerende effekter. Det er, som vist senere i denne rapporten, imidlertid et godt stykke igjen fra lovende produkter til etablering av en industri som kan utnytte (alt) restråstoff av hvitfisk på en lønnsom måte.

Den norske marine næringen er en eksportrettet næring avhengig av globale utviklingstrekk hvor internasjonale trender er avgjørende for markedspotensialet for produkter basert på restråstoff av hvitfisk. Selv om Norge rent geografisk kan ha en fordel i utvikling av industri for foredling av restråstoff fra hvitfisk vil nasjonal verdiskapning fra slik industri være avhengig av målrettet satsing på FoU, langsiktig kompetanseoppbygging sammen med andre tiltak av forvaltningsmessig og regulatorisk art.

Verdiskapning fra marin ingrediensindustri har hatt en positiv utvikling de senere år. Den norske industrien har delvis utviklet seg som en integrert del av sjømatnæringen, spesielt i havbruksindustrien, og delvis som spesialisert kompetanseindustri med en betydelig forsknings- og utviklingsaktivitet (Richardsen, 2014). De vanligste produktene er fôringredienser, helsekost, smakstilsetninger, ingredienser til kosmetikk og lavmolekylære forbindelser til bioteknologisk eller farmasøytisk anvendelse. Gjennom videre

industrialisering, teknologi- og produktutvikling har norsk marin ingrediensindustri et betydelig potensial til videre utvikling.

Ensilasjeindustrien er den desidert største avtageren av marint restråstoff (40 % i 2013). Den hadde en svak nedgang fra året før noe som sannsynligvis skyldes økt konkurranse fra andre anvendelser som mel- og oljeproduksjon samt at restråstoffprodusentene ser en økt verdi av selv å utnytte eget restråstoff. I følge Richardsen (2014) var det i 2014 60 selskaper innenfor norsk marin ingrediensindustri som hadde produksjonsvirksomhet i Norge. Det største antallet selskaper (17) var innen produksjon av marine enzymer, peptider og biokjemikalier. Omsetningen i denne gruppen er beskjeden, mens forsknings- og utviklingsaktiviteten er høy. Mange er i ferd med å utprøve sine produkter kommersielt, men få har lykkes markedsmessig og økonomisk.

2.2 Restråstoff av hvitfisk fra kyst- og havfiskeflåten

Hvitfisk er i norsk sammenheng villfisk fra torskefamilien (hovedsakelig; torsk, sei og hyse) som fiskes av fartøyer av ulik størrelse, med ulik driftsform. Restråstoff oppstår når fisken videreforedles og de mest kjente restråstoff*produkter* er hoder, tunger, lever, rogn og melke. Annet aktuelt restråstoff er bl.a. avskjær, skinn, bein, rygger, mager, tarmer og svømmeblære. Innledende studier viser også svært interessante helsemessige effekter av marine proteiner, og her antas det å ligge et stort potensial til verdiøkning (Hystad *et al.* 2013).

Hvor restråstoffet "oppstår" er avhengig av driftsform til det enkelte fiskefartøyet. Driftsform er i hvert tilfelle en teknisk og økonomisk tilpasning til kvotegrunnlag, tekniske reguleringer som fartøy- og redskapsutforming samt regulert av ulike politiske virkemidler for blant annet å ivareta bestemte driftsformer og historiske kvoterettigheter.

I sesongfiskeriene på gytemoden torsk har den minste kystfiskeflåten[1] de senere årene i økt grad levert bløgget og rund fisk slik at restråstoffet blir tilgjengelig når fisken i etterkant blir prosessert på land. Fiskeindustrien utnytter mye av dette restråstoffet til som tørkede hoder, rogn og tranproduksjon av lever humant konsum, mens noe ensileres og går til fôranvendelse.

I den havgående flåten blir det aller meste av restråstoffet, som består av hoder og innmat, dumpet på havet og knapt 7 % av restråstoffet utnyttet. Tabell 2 (etter Olafsen et al. 2014) nedenfor gir en oversikt over restråstoff hvitfisk og fordeling mellom kyst- og havgående flåte.

Tabell 2. *Oversikt over restråstoff hvitfisk (tonn) og fordeling mellom kyst- (fiskefartøy under 28 meter)og havgående flåte (fiskefartøy over 28 meter) i år 2013 etter Olafsen et al. 2014.*

	Kystflåte	Havgående flåte	Totalt
Oppstått restråstoff	180.000	160.000	340.000
Ikke utnyttet	77.200	149.000	226.000
Utnyttet	102.800	11.000	113.800

Som vist i tabell 2 stammer 149.000 tonn, eller ca. 66 % av ikke utnyttet restråstoff fra den havgående flåten.

[1] Kystfiskefartøyer defineres i denne rapporten, og i Fiskeridirektoratets statistikkbank, som fartøyer under 28 m og havfiskefartøyer er over 28 m.

Tabell 2 ovenfor og andre forhold rundt driftsmønster nevnt i dette kapitlet tilsier at det er mest nærliggende å fokusere på hvordan en større andel av restråstoff av hvitfisk fra den havgående fiskeflåten kan utnyttes. Dette er også spesielt nevnt i Oppdragsbeskrivelsen.

Det er tre vesentlige forhold som er avgjørende når en skal vurdere mulighetene for økt foredling av restråstoff fra hvitfisk fra den eksisterende fiskeflåten;

- De fleste fartøy i kystflåten har ikke frysekapasitet om bord og fisken blir levert fersk, med eller uten is. Hvis fisk sløyes og hodekappes om bord vil restråstoffet være ferskt når det kommer til land, men kapasitet (plass og tid) til å ta vare på restråstoffet om bord er svært begrenset.

- Leveransene fra kystflåten er sterkt sesongavhengig (se kapittel 3 figur 5).

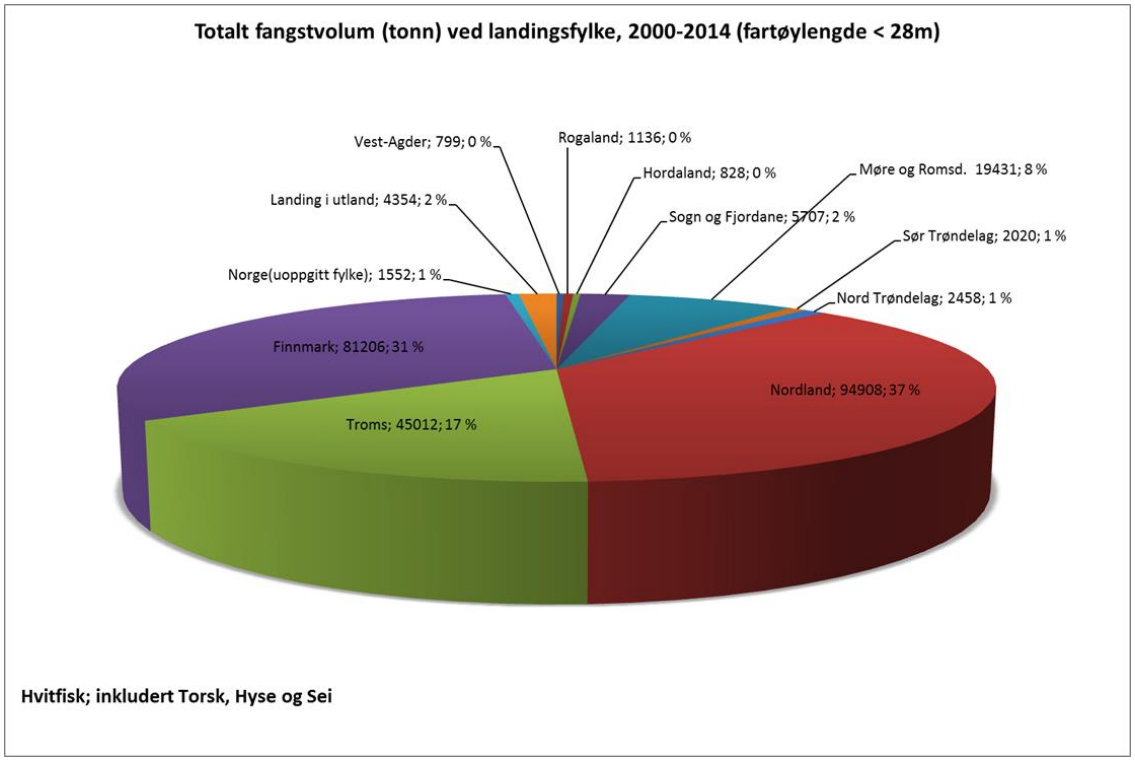
- Det meste av havfiskeflåten sløyer og hodekapper fisk om bord, og sløyd og hodekappet fisk blir i hovedsak fryst før den blir levert på land. Her er frysekapasitet, hvis restråstoffet skal fryses, plass om bord og tid samt økonomisk incitament til å ta vare på restråstoffet en utfordring.

3 Logistikk, utfordringer i forsyningskjeden og utvikling av fisket

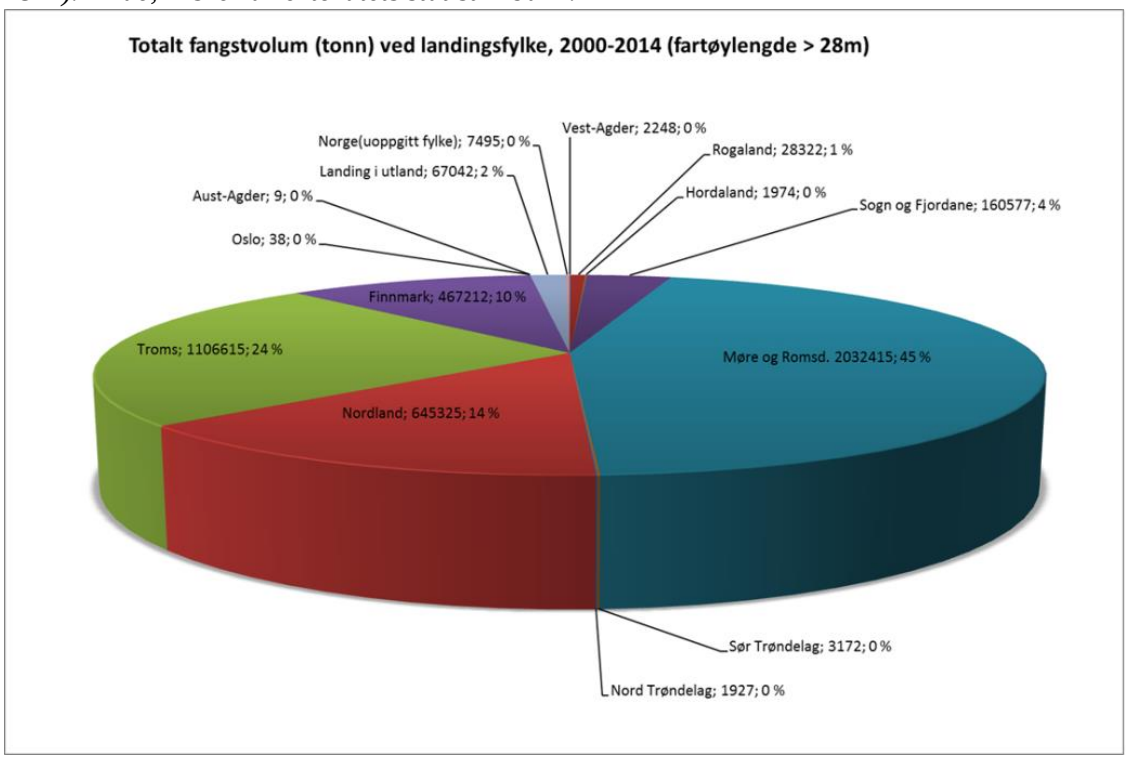
Logistikk er kunnskapen om å planlegge, administrere og organisere vare- og informasjonsstrøm. For å sikre tilstrekkelig kvalitet av hvitfiskrestråstoff kreves det at kvaliteten av restråstoffet ivaretas fra det oppstår frem til prosessering samtidig som det stabiliseres på en slik måte at det får tilstrekkelig holdbarhet hele veien frem til videre foredling, salg, distribusjon og detaljistsalg.

3.1 Fangst, landingssted og sesong

For å etablere fremtidige logistikkløsninger for restråstoff fra hvitfisk til landindustrien er det viktig å ta hensyn til hvor og når hvitfisken landes, hvilke fiskefartøy (størrelse) som lander i disse områdene, og gjerne i hvilken form fisken landes som for eksempel fryst sløyd og hodekappet eller bløgget rund. I figur 2 og 3 nedenfor er det laget en oversikt over hvor hvitfisken (torsk, hyse og sei) har vært landet i årene 2000 - 2014 og fordelingen mellom kystfiskefartøyer og havfiskefartøyer definert som fiskefartøy henholdsvis under og over 28 meter.



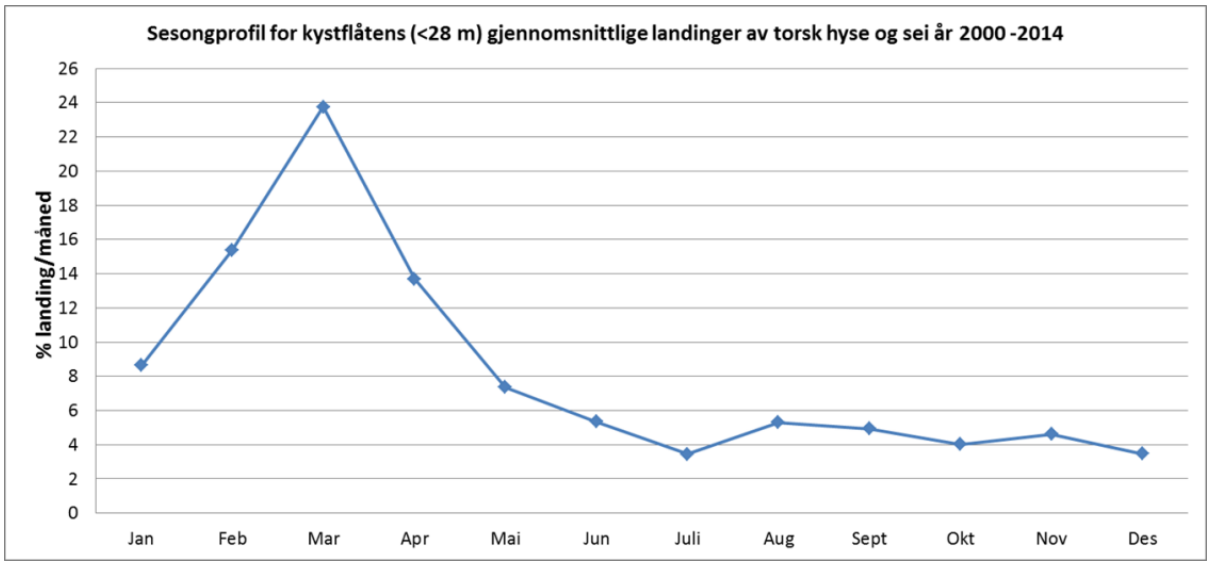
Figur 2. *Oversikt over landinger av hvitfisk; torsk, hyse og sei, for årene 2000 - 2014 for kystfiskefartøyer (< 28 m). Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*



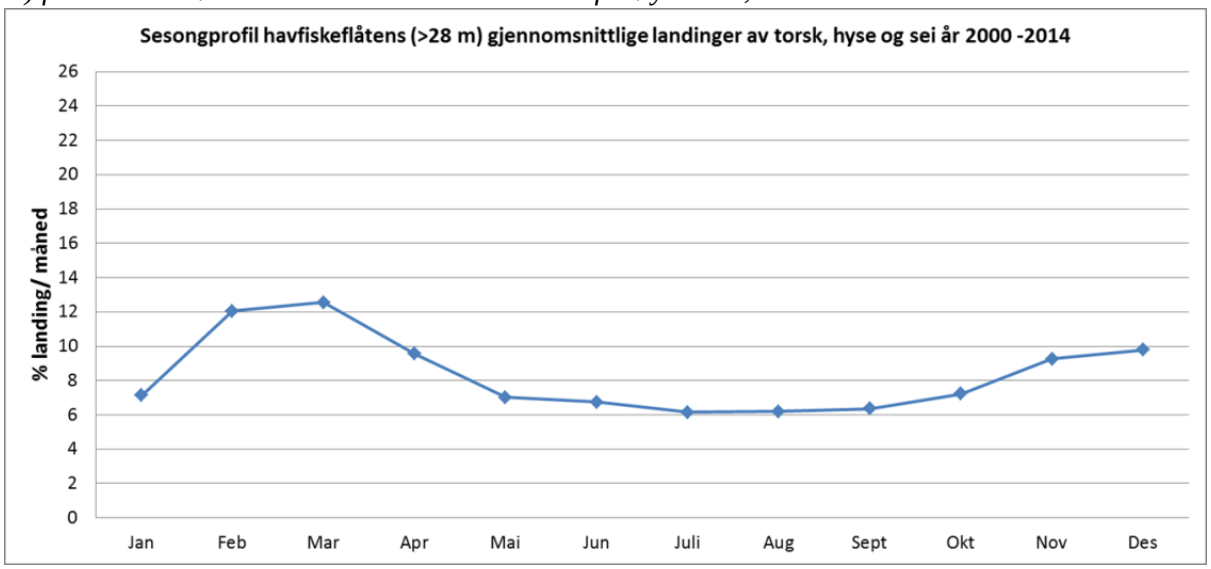
Figur 3. *Oversikt over landinger av hvitfisk; torsk, hyse og sei, for årene 2000 - 2014 for havfiskefartøyer (> 28 m). Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*

Figur 2 ovenfor viser at Nordland (37 %), Finnmark (31 %) og Troms (17 %) er de dominerende fylkene for landing av torsk, hyse og sei for fartøy under 28 m, mens figur 3 viser at Møre og Romsdal (45 %) og Troms (24 %) er de dominerende landingsfylkene for havfiskeflåten.

Som grunnlag for å etablere fremtidige logistikkløsninger for restråstoff av hvitfisk til landindustrien er det også viktig å vite *når* fisken landes. I figur 4 og 5 nedenfor er det laget en oversikt over månedlig levering som % av fartøygruppens landinger av hvitfisk (torsk, hyse og sei) i perioden 2000-2014 for kystflåten (< 28 m) og havfiskeflåten (> 28 m). Det gjennomsnittlige årlige fangstkvantumet av hvitfisk for kystflåten var i perioden 2000-2014 var på 259 787 tonn, mens det for havfiskeflåten var på 298 629 tonn.



Figur 4. *Oversikt over levering (%) av hvitfisk (torsk, hyse og sei) i perioden 2000-2014 for kystflåten (< 28 m) fisket i norsk økonomisk sone landet av norske fartøy. Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*



Figur 5. *Oversikt over levering (%) av hvitfisk (torsk, hyse og sei) i perioden 2000-2014 for havfiskeflåten (> 28 m) fisket norsk økonomisk sone landet av norske fartøy. Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*

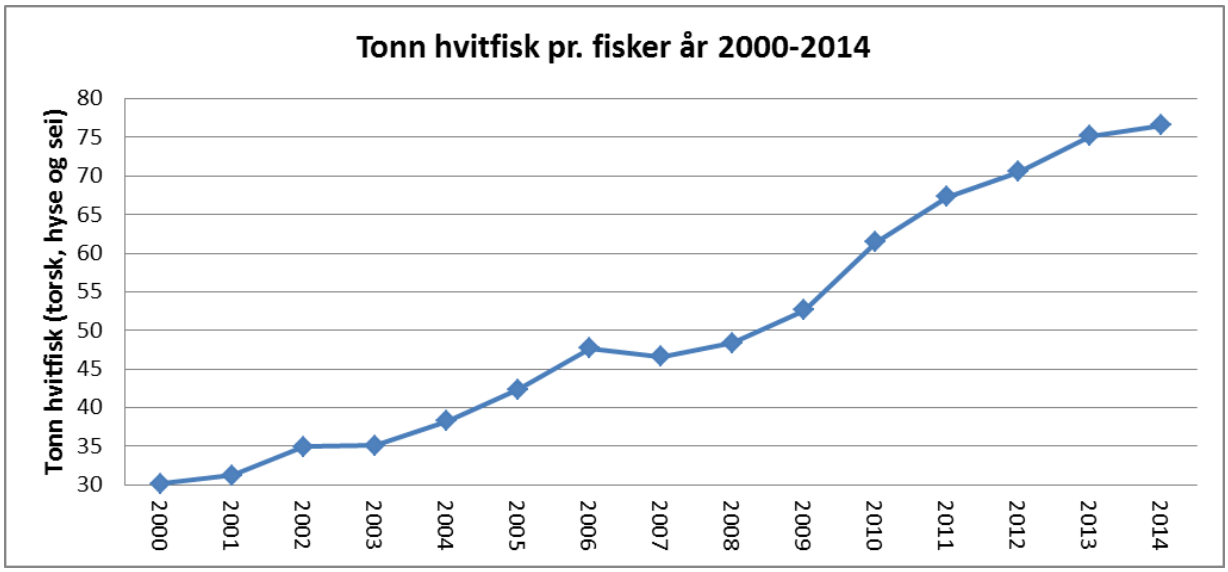
I perioden januar til april landes ca. 62 % av kystflåtens andel av hvitfisk (fig. 4). I tillegg er leveransene fra kystflåten i stor grad avhengig av fiskens tilgjengelighet og værforhold slik at variansen i leveranse som vises på månedsnivå vil være enda større fra uke til uke og dag til dag. Variansen i landingene fra kystfiskeflåten forsterkes ytterligere fordi fangstkapasiteten pr. fartøy de siste årene har økt grunnet utvikling av ny fangstteknologi, spesielt utvikling av mer effektivt snurrevadfiske. Som vi ser av figur 5 ovenfor er det imidlertid en langt jevnere tilførsel av hvitfisk gjennom året fra havfiskeflåten.

Det et logistisk paradoks at en større andel av restråstoffet blir utnyttet fra kystflåten enn fra havgående flåten da forutsetningene for jevnere restråstofftilgang ligger langt bedre til rette for den havgående flåten, både sesongmessig og geografisk. Forklaringen på dette er at kystflåten i stor grad leverer ferskt råstoff til fiskeindustrien hvor denne fisken blir foredlet og restråstoff fra foredlingen blir utnyttet både direkte til konsumprodukter og dels til ensilasje. Det er også slik at eksisterende havfiskeflåte, som for eksempel kunne ha fryst inn restråstoffet, av tekniske og økonomiske årsaker pr. i dag ser ikke ser lønnsomhet i dette.

Hvis en ser på havfiskeflåtens relative jevne leveranser gjennom året (fig.5) og hvor de leverer mesteparten av fisken (fig.3) vil potensialet for leveranse av fryst restråstoff, samtidig med leveranse av hovedprodukt, være størst i Møre og Romsdal, med 45 % av leveransene fra havfiskeflåten. I denne regionen, nærmere bestemt ytre Sunnmøre) fins også den største konsentrasjonen av norsk fiskeindustri som foredler fryst hvitfisk hovedsakelig til salt- og klippfiskproduksjon, samt flere bedrifter innen biomarin ingrediensindustri. *I forhold til logistikk og eksisterende kompetanse ville det derfor vært naturlig med en økt industriell satsing på prosessering av fryst restråstoff fra hvitfisk i denne regionen.*

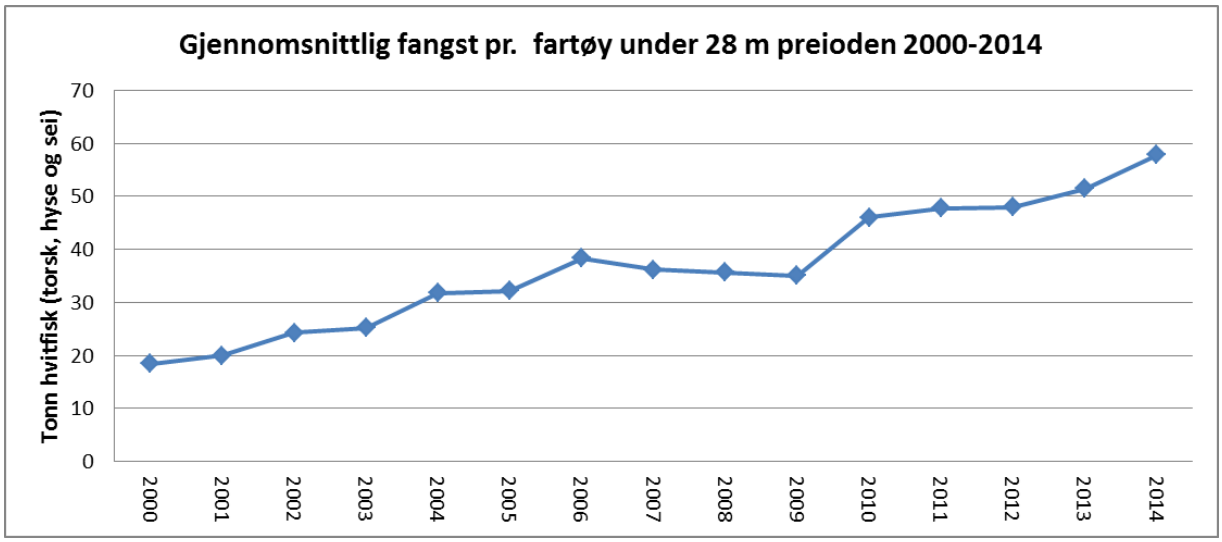
3.2 Effektivisering av fisket og kvantumsutvikling

I følge Fiskeridirektoratets statistikkbank var det i 1983 22.456 personer med fiske som hovedyrke, mens det i 2015 var 8.942 heltidsfiskere. Dette er en reduksjon i antall fiskere på mer enn 60 % på vel 30 år. Samtidig har fangstteknologien blitt mye mer effektiv og antall fiskefartøyer har gått ned. Hvis en ser på kvantumsutviklingen for de viktigste hvitfiskartene (torsk, hyse og sei) for perioden 2000-2014 og sammenholder dette med antall heltidsfiskere i samme periode, så ser en at en fisker i gjennomsnitt (både kyst- og havfiskeflåte) måtte håndtere 30 tonn hvitfisk pr. år i 2000 mens fiskeren i snitt måtte håndtere 77 tonn i 2014 (Fig 7).



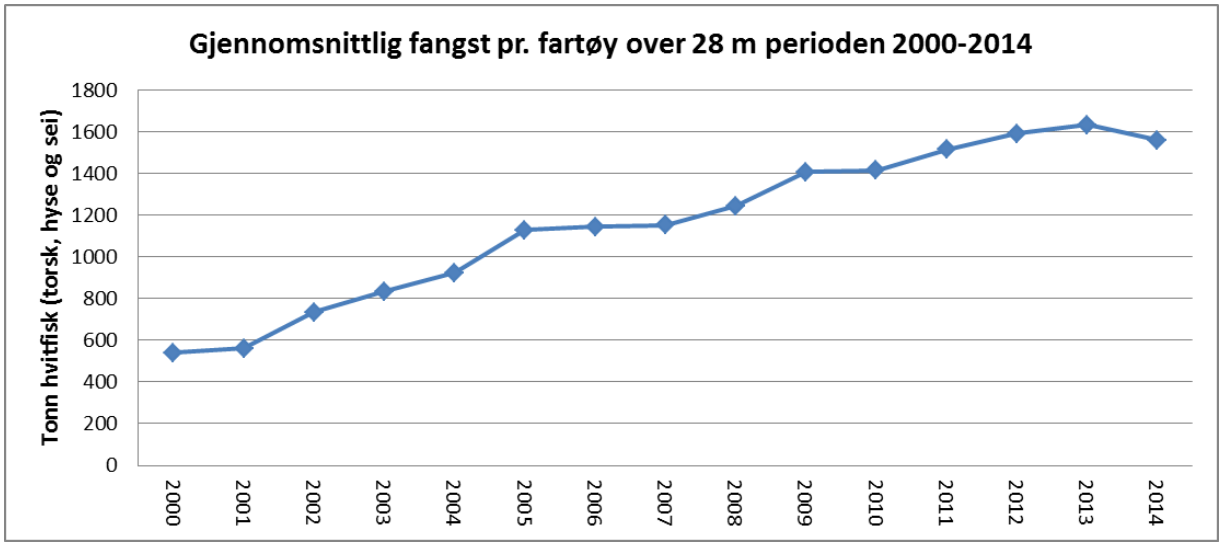
Figur 6. *Utvikling i mengde hvitfisk (torsk, hyse og sei) hver fisker årlig må håndtere i perioden 2000-2014. Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*

Figur 6 ovenfor viser at en heltidsfisker i 2014 måtte håndtere mer enn 2,5 ganger mer hvitfisk pr. år enn 15 år tidligere. Kvotene for hvitfisk har økt de siste 15 årene, samtidig har antall fiskere gått ned og vi har hatt en reduksjon i antall fiskefartøy. Hvis en tar hensyn til kvoteutvikling og reduksjon i antall fartøy ser en at fiskefartøy under 28 m i 2014 (fig. 7) gjennomsnittlig fisket rundt 60 tonn hvitfisk årlig, mens de i årene 2000-2001 i snitt lå på rundt 20 tonn, m.a.o. en tredobling av hvitfiskkvantum pr. fiskefartøy.



Figur 7. *Gjennomsnittlig fangst av hvitfisk (torsk, hyse og sei) i perioden 2000-2014 for fiskefartøy under 28 m. Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*

For fiskefartøy over 28 meter ser vi den samme utviklingen i gjennomsnittlig fangst av hvitfisk pr. fartøy som for kystflåten under 28 meter (fig. 8). Fiskefartøy over 28 m fisket de siste tre årene rundt 1.600 tonn årlig, mens fartøy innenfor samme gruppe fisket under 600 tonn i årene 2000 og 2001. Dette er også nesten en tredobling.



Figur 8. *Gjennomsnittlig fangst av hvitfisk (torsk, hyse og sei) i perioden 2000-2014 for fiskefartøy over 28 m. Kilde; Fiskeridirektoratets statistikkbank.*

Oppsummering

- Det har vært en sterk reduksjon i antall fiskere de siste 30 årene.
- Fiskeredskap har blitt mer effektive de siste 15-20 årene.
- Hver fisker måtte i 2014 håndtere mer enn 2,5 ganger så mye hvitfisk som 15 år tidligere
- Gjennomsnittlig årlig fangst av hvitfisk pr. fiskefartøy var tre ganger så stor i 2014 sammenliknet med år 2000. Denne økningen i fangst pr. fartøy gjelder både for kystflåten og havfiskeflåten.

EFFEKTIVISERING AV FISKET OG KVANTUMSUTVIKLING

- Reduksjon i antall fiskere de siste 30 årene.
- Fiskeredskap har blitt mye mer effektive
- Hver fisker måtte i 2014 håndtere mer enn 2,5 ganger så mye hvitfisk som 15 år tidligere
- Årlig fangst av hvitfisk pr. fiskefartøy var tre ganger så stor i 2014 som 15 år tidligere

Effektivisering av fisket, økte hvitfiskkvoter, samt regelverk for deltagelse i fiskeri og bygging av fiskefartøy, har ført til en nedprioritering i å ta vare på restråstoff fra hvitfisk.

Den dramatiske økningen i hvitfiskkvantum, både pr. fisker og pr. fartøy, de siste 15 årene har medført at det teknologiske hovedfokus for fiskeflåten har vært utvikling av effektive fiskeredskap og dels effektivesing av fangstbehandlingen, mens prosessutstyr ombord ikke har hatt den samme utviklingen. Dette har, selv om fiskefartøyene i gjennomsnitt har blitt noe større, medført at tilgjengelig plass om bord til prosessutstyr og lagring (inkl. innfrysing) av fisk har blitt en begrensning i driften. Samtidig er det også regulatoriske begrensninger når det gjelder maksimal tillatt båtstørrelse (lengde, tonnasje og lastekapasitet) innenfor geografiske områder og for deltagelse i ulike fiskerier som gjør fiskefartøyene enda "trangere" i forhold til det fiskekvantum som skal håndteres.

Hvis en tar i betraktning de forhold som er nevnt her, mht. effektivisering av fisket samt regelverk for deltagelse i fiskeri og bygging av fiskefartøy, så vil det å ta vare på restråstoff av hvitfisk, forutsatt at det har mindre verdi enn hovedproduktet, måtte bli nedprioritert.

3.3 Island og Færøyene

Island har tradisjonelt vært flinkere enn Norge med utnyttelse av restråstoff av hvitfisk. En større andel av hvitfiskkvantumet landes også ferskt her. Tørkede hoder til humant konsum er det største enkeltproduktet fra hvitfisk restråstoff i Island, og all fersk hvitfisk som blir landet i Island leveres med hode. Det har også vært et ønske om økt tilgang til hoder og annet restråstoff fra frysetrålere og i den forbindelse kom en forskrift i 2011 som bl.a. pålegger frysetrålere (som sløyer, hodekapper og fryser fisk) å bringe på land lever og hoder. Det har imidlertid vært motstand fra islandske fiskere mot denne reguleringen da den i utgangspunktet har påført fiskerne ekstra kostnader i drift og investering.

ISLAND OG FÆRØYENE: RESTRÅSTOFF SKAL TAS I LAND

Den Islandske havfiskeflåten som hodekapper, sløyer og fryser fisk fått påbud (i 2011) om å ta restråstoffet til land for videreforedling.

Landsstyret (tilsv. regjering) på Færøyene diskuterer også (mars 2015) tiltak for å sikre mer restråstoff fra hvitfiskflåten ut fra en erkjennelse av at utkast er et tap for nasjonal verdiskapning.

Faroe Marine Products er et selskap i Færøyene som tørker hoder og ryggbein fra hovedsakelig torsk. Bedriften har en produksjonskapasitet på 15.000 tonn/år og tar årlig i mot ca. 11.500 tonn restråstoff som foredles og går til humant konsum (se: https://www.youtube.com/watch?v=7fg2aZxB4sQ)

Bedriften sysselsetter rundt 50 personer. I disse dager (mars 2015) er det en politisk diskusjon også i Færøyene om å iverksette tiltak for å få i land mer av restråstoffet fra hvitfisk. Dette vil i så fall gi Faroe Marine Products økt tilgang til råstoff.

Aktørene i en potensiell forsyningskjede for restråstoff av hvitfisk er pr. i dag ikke koordinerte. Samtidig kan det virke som om den prisen eksisterende industri er villige til å betale for dette råstoffet er for lav til at fiskerne ser det som interessant å fryse inn (evt. kjøle ned) og lagre dette om bord under fiske. I tillegg er lagerkapasiteten i fiskefartøyene en faktor som bestemmer hvorvidt det i hele tatt er mulig å lagre dette restråstoffet ombord i løpet av en fisketur. Store kvoter, spesielt av torsk, de siste årene hav medført at laste- og frysekapasiteten i stor grad blir fullt utnyttet til hovedproduktet som for de fleste havgående hvitfiskfartøy i dag er sløyd og hodekappet fisk (se også i kapitlet ovenfor).

Den norske foredlingsindustrien for restråstoff er villig til å betale +/- 2 kr/kg for fryst restråstoff fra hvitfisk (se kap. 8). En viktig årsak til en såpass lav prissetting kan være at kvantaene fra restråstoff av hvitfisk er såpass lave at de må inngå som bi-råstoff i forhold til eksisterende hovedproduksjon som enten er basert på ferskt restråstoff fra laks eller fra filetproduksjon av sild. Dette gir ingen incitament til en eventuell mer-pris for restråstoff fra hvitfisk, snarere tvert i mot. Med såpass usikker tilgang til restråstoff som en har i dag er det heller ikke grunnlag for å etablere en egen industriell produksjon basert på fryst restråstoff av hvitfisk.

Det norske fisket etter hvitfisk er større enn både det færøyske og det islandske, men bare en svært liten andel av hoder og rygger fra de norske fiskeriene etter hvitfisk gjøres tilgjengelig for prosessering på land. Ivaretagelse av alt råstoff fra fiskerinæringen har historisk sett vært lovregulert med bakgrunn i samfunnsmessig behov; I Kong Christian IV´s [2]forordning av 1639 står det at: "*Den som med forsett kaster sild utfor brygga eller fra båt eller i andre måder vanærer Herrens Velsignelse, straffes etter loven ...*".

Det anbefales på bakgrunn av dagens situasjon å gi fiskeflåten virkemidler som stimulerer til å prosessere eller ta i land restråstoff for videre foredling.

4 Regelverk og kvalitet på restråstoff av hvitfisk

I Oppdragsbeskrivelsen er det bedt spesifikt om å frembringe informasjon om hva som vil kreves av kvaliteten på restråstoff for å produsere de ulike proteinproduktene som markedet etterspør. Restråstoff fra hvitfisk er svært uensartet, og ulike restråstoffraksjoner blir ofte blandet sammen hvor det oppstår. Sortering eller sammenblanding har stor betydning for kvalitet og holdbarhet, og ikke minst for hvilke produkter man ønsker å produsere og hvilke applikasjoner disse skal anvendes i. Håndtering, herunder kjøling, frysing/tining og andre former for konservering, av det aktuelle restråstoffet (blandet eller sortert) har også avgjørende betydning for kvaliteten.

4.1 Regelverk for kvalitet på restråstoff

Regelverket for kvalitet på restråstoff, hygiene, bruk av tilsetningsstoffer og tekniske hjelpestoffer for produksjon av marine ingredienser til humant konsum gjennomgås grundig i rapporten: Råstoffbehandling og kvalitet for marin ingrediensindustri: Forprosjekt FHF # 900949 (2014). Det mest relevante regelverket fins i tre forskrifter;

- *Næringsmiddelhygieneforskriften*, som gjennomfører EU-forordning nr. 852/2004, har bestemmelser som gjelder all matproduksjon og gir bestemmelser og krav til lokaler, utstyr, transport, personlig hygiene, renhold m.v.

[2] Kong Christian IV var konge av Danmark og Norge og hertug av Slesvig og Holsten fra 1588 til 1648

- *Animaliehygieneforskriften* (EU-forordning nr. 853/2004) gir spesielle bestemmelser for fiskerivarer hvor det blant annet fastsettes at ferske fiskevarer, inkludert evt. restråstoff til marine ingredienser, skal oppbevares, lagres og transporteres i temperatur som nærmer seg smeltende is. I tillegg oppgis diverse grenseverdier for nedbrytningsstoffer.
- *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer* har i § 12 bestemmelser som gjelder råstoffkrav til produksjon av fiskemel, fiskeproteinhydrolysat, fiskeolje, tran og andre marine ingredienser til humant konsum.

Et viktig prinsipp i regelverket for kvalitet er at det kun er tillatt å anvende restråstoff egnet til humant konsum for fremstilling av marine ingredienser. M.a.o. skal restråstoff både være egnet til mat og behandles som mat hele veien.

4.2 Restråstoffets kvalitet og kvalitetskriterier

I likhet med annen sjømat så har også restråstoff av hvitfisk begrenset holdbarhet. Når fisken dør skjer en serie nedbrytningsprosesser; i første fase vil endogene enzymer[3] som fins i enhver levende celle, og spesielt i mage- og fordøyelsessystem, frigjøre næringsstoffer som gir grobunn for bakterievekst. Disse bakteriene vil sammen med enzymene føre til nedbryting av fiskevev og opphopning av uønskede sluttprodukter som gir uønsket farge, lukt, smak og i noen tilfeller kan være giftige. Hastigheten på disse nedbrytningsprosessene er avhengig av råstoffets egenskaper (slik som mageinnhold, fiskeslag og sesong), behandling (evt. konservering) og spesielt temperatur.

Kvaliteten av restråstoff kan bedømmes sensorisk (lukt, smak, farge, konsistens) eller ved instrumentelle og kjemiske metoder. Sensorisk bedømmelse av kvalitet på fisk kan være subjektiv og vanskelig å relatere til kvantitative standarder og grenseverdier. Kjemiske, instrumentelle eller mikrobiologiske metoder som korrelerer med sensoriske egenskaper kan være egnet for gradering av kvalitet og klassifisering av råstoffet i forhold til myndighetskrav eller kundekrav. Slike analysemetoder er i dag imidlertid tidkrevende og derfor lite egnet til prosesstyring. I de senere år er det utviklet hurtige, non-destruktive spektroskopiske metoder for bestemmelse av ferskhet og kvalitet i ulike matvarer, inkludert fisk som har potensiale til også kunne anvendes i prosesstyring (Nilsen *et al*. 2014).

Hovedutfordringen for å ivareta kvaliteten på restråstoff vil være så hurtig som mulig å redusere hastigheten på nedbrytningsprosessene slik at kvaliteten ivaretas på en måte som sikrer ønsket kvalitet på restråstoffet inntil prosessering til aktuelle (ferdig)produkter. For å forsinke nedbrytningen kan restråstoffet konserveres og den mest aktuelle metoden for konservering av restråstoff fra hvitfisk er kjøling, frysing eller tørking. Det finnes imidlertid andre alternativer for å ta vare på restråstoff av hvitfisk om bord og de mest aktuelle er melproduksjon av samfengt ferskt restråstoff, ensilering (oppmaling av restråstoff og tilsetting av syre) samt enzymatisk hydrolyse – fraksjonering – avvanning og evt. konservering. Før konservering og etterfølgende foredling vil det imidlertid være viktig å sortere/fraksjonere restråstoffet. På land gjøres dette stort sett manuelt, men krav til rasjonell drift gjør at sortering av restråstoff, spesielt i havfiskeflåten som har lengre fisketurer, bør automatiseres (se kap. 8).

4.3 Markedets krav til kvaliteten på restråstoff

Sammenhengen mellom kvaliteten på restråstoffet og den endelige kvaliteten i sluttproduktet, er vist i flere studier bl.a. Carvajal *et al.* (2014). Kvalitet er en relativ parameter, og i stor grad en subjektiv størrelse spesielt når det er snakk om sensorisk bedømmelse. Et tradisjonelt produkt som fiskemel, som i stor grad

[3] Enzymer er betegnelse på forskjellige biologiske katalysatorer som er virksomme i alle levende organismer og spiller en avgjørende rolle i livsprosessene. De fleste enzymer kan klassifiseres kjemisk som enkle eller sammensatte proteiner.

anvendes i fôrmarkedet, har ikke samme krav til sensorisk kvalitet som proteinprodukter i sportsernæring- og helsekostmarkedet som helst skal være lukt- og smakfrie.

Fiskemel eller andre proteinprodukter av fisk inneholder en viss mengde lipider (fettstoffer), og er utsatt for oksidasjon (harskning), noe som leder til kvalitetsforringelse i form av lite attraktiv smak. Lipidoksidasjon gir oftest smakskomponenter med sterk karakteristisk smak og oppfattes negativt av forbruker. Dersom produktene skal benyttes i applikasjoner for direkte humant konsum, må man sørge for at fettinnholdet er vesentlig redusert. Ved å hydrolysere råstoffet kan man oppnå en større grad av separasjon av lipider fra proteinfasen. Dette vil følgelig gi produkter som er mindre utsatt for oksidasjon, og dermed kunne gi en bedre sensorisk forbrukeropplevelse. Det er ikke bare oksiderte lipider som gir dårlig smak til produktene. Smaksreseptorer i munnhulen påvirkes også av aminosyrene i maten. For å unngå peptider (kortere kjeder av aminosyrer) som gir bitter smak er det viktig å kontrollere hydrolysegraden og å velge rett type enzymer (se kap. 5). I tillegg har utvikling av dårlig lukt og smak sammenheng med dannelse av andre kjemiske forbindelser, blant annet Trimetylamin (TMA).

Markedets krav til kvalitet er altså avhengig av hvilke del av verdikjeden man ser på, hvilket segment man tilbyr produktet sitt i og hvilke applikasjoner produktene anvendes (se kap 7). Dersom produktet benyttes til fôrmarkedet, vil man akseptere andre sensoriske kvalitetsparametere enn hvis produktene benyttes innenfor konsummarkedet. De siste 10-15 årene har det vært lansert mange produkter (functional food[4]) hvor man har tilsatt fiskeolje for å gi næringsmidler en økt helse- og ernæringsmessig verdi eller funksjon. Markedet har mottatt dette med noe skepsis, da den karakteristiske fiskesmaken ofte har vært framtredende i enkelte produkter. Erfaring fra bruk av fiskeolje er nok også noe som gjør at man har en utfordring dersom man ønsker å introdusere marine proteiner i dette segmentet. Oppsummert er; smak, lukt og opplevd sensorisk kvalitet, helt avgjørende for markedsmulighetene for produkter fra hvitfiskrestråstoff.

Krav til sporbarhet av produkter er viktig både i regelverket (matsikkerhet) og for markedet. Markedet har i økende grad fokusert både på sporbarhet og på bærekraft. For utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk er sporbarhet et krav samtidig som bærekraft, j.fr. full utnyttelse av fornybare ressurser, kan være en mulighet for merkevarebygging.

Krav til kvaliteten på restråstoff kan oppsummeres i følgende punkter:

- Restråstoffet som benyttes til direkte eller indirekte humant konsum, må tilfredsstille gjeldende regelverk.
- Det må være en ubrutt kjølekjede ved transport av fersk/fryst restråstoff. Temperatur og tid er avgjørende faktorer for kvalitet.
- Utvikling av teknologi for automatisert sortering/fraksjonering av restråstoffet om bord, spesielt hvor restråstoffet skal fryses om bord og tines etterpå, anses som vesentlig.
- Riktig kvalitet er avhengig av hvilke applikasjoner og anvendelsesområder sluttproduktene inngår.
- Det er viktig å opparbeide kunnskap om kjemisk sammensetning og stabilitet av restråstoff og for aktuelle produkter.
- Smaksnøytrale produkter, og utvikling av teknologi for dette, er avgjørende for produkter som skal inngå i matvarer, helsekost eller sportsernæring.
- Sporbarhet og bærekraft er viktige markedskrav og gir mulighet for merkevarebygging

[4] "Functional food" er en modifisert matvare som hevdes å gi en positiv helseeffekt eller annen positiv virkning ut over effekten av de naturlige næringsstoffene i matvaren (Kilde: http://www.medicinenet.com)

4.4 Mulighetsrom for utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk

Figur 9 nedenfor gir en overordnet oversikt over noen av mulighetene for utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk fra produksjon av sløyd og hodekappet fisk om bord (HG produksjon) og fra filetproduksjon om bord.

HG produksjon	Underprodukter	Anvendelse	Samfengt	Underprodukter	Anvendelse
Hoder	Tunger	Konsum		Mel	Konsum
	Kjaker	Konsum			Fôr
	Hele	Tørking/konsum			Ingredienser
Lever	Olje/tranproduksjon	Foredling/konsum			Ekstraksjon PPL
	Hel	Tran (torsk)	Mel/ensilasje		
	Sortert (art/kvalitet)	Hermetikk, tran	hydrolyse	Fiskebein (hydrolyse)	Fosforkilde
Mager (vasket)	Hel	Enzym(kaviakprod.), konsum			Gelatin
Rogn	Samfengt	Kaviar			Kalsiumkilde
	Sortert (art/kvalitet)	Dir. konsum, kaviar		Olje (ensilasje)	Fôr
Isel (melke)	Hel	Konsum			
Filetproduksjon	**Underprodukter**	**Anvendelse**	**Samfengt**	Olje (mel og hydrolyse)	Konsum
Buklist	Hele	Konsum			Fôr
	Farse	Fiskematproduksjon			
Ryggbein	Hel	Konsum, fiskematproduksjon		Konsentrat (ensilasje)	Fôr
	Farse/skrapekjøtt	Fiskematproduksjon	Mel/ensilasje		
Filetavskjær	Hel	Konsum, fiskematproduksjon	hydrolyse	Konsentrat (hydrolysat)	Konsum
	Farse	Fiskematproduksjon			Ingredienser
Skinn	Hel	Gelatin			Spesialfôr
Nakker	Hel	Konsum			

Figur 9. *Oversikt over noen av mulighetene for utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk ved produksjon av sløyd og hodekappet fisk om bord (HG produksjon) og fra filetproduksjon om bord.*

Figur 9 viser at det er mange muligheter som oppstår etter bløgging av fisk. I tekstboksen til venstre er bedriften Tobø Fisk AS som er en filetbedrift tatt med som et eksempel for å vise hvordan denne bedriften tar vare på alt restråstoff i sin filetproduksjon.

Tobø Fisk AS i Havøysund (Finnmark) tar imot et årlig råstoffkvantum tilsvarende 2-3 havgående hvitfiskfartøy. I følge Tobø Fisk AS er det lagt ned et stort arbeid i å finne rett anvendelse og riktig pris på restråstoff, og salg av restråstoff utgjør i dag en viktig del av driften. Kunder som kjøper hovedprodukt (filet, evt. HG fisk) etterspør i noen tilfeller også andre produkter fra restråstoff. Dette gjør at en vil kunne tilby et bredere sortiment hvis en også lager produkter av restråstoff. *I prinsippet har bedriften laget en kontinuerlig slaktelinje der råstoffet (i hovedsak bløgget rund hvitfisk) går gjennom flere trinn hvor restråstoffet systematisk blir tatt vare på der det det oppstår og foredlet/pakket etterhvert.*

En slik slaktelinje har i dag en rekke manuelle operasjoner og krever relativt stor plass. For å gjennomføre en slik produksjon om bord kreves automatisering av slike operasjoner og utvikling av kompakt teknologi. I kapittel 6 nedenfor gjennomgås eksempler på slik teknologi.

SLAKTELINJE MED 100 % UTNYTTELSE AV FRESKT RÅSTOFF

Pers.medd. Tor Bjarne Stabell Tobø Fisk AS;

Tobø Fisk AS tar imot rund bløgget fisk hovedsakelig fra snurrevad- og juksa og lineflåten. De stiller strenge krav til kvalitet på levert fisk. Hovedproduktet er filet av torsk, hyse og sei. Av en total omsetning i 2014 på ca 120 mill NOK utgjorde biproduktene ca 13 mill (rundt 11 %).

Fisken blir først sløyd, og lever, rogn, isel og mager(blir vasket), pakket og solgt. Hodet blir tatt vare på hvor en først skjærer ut tunger deretter blir hodene pakket og solgt for tørking. Skinn, rygg og buker blir pakket for seg, fryst og solgt. Alt avskjær og kapp ellers fra filetproduksjon blir utnyttet.

Å ta vare på biproduktene innebærer mye manuelt arbeid, men slaktelinjene på Tobøfisk er designet spesielt med tanke på 100 % utnyttelse av fisken.

4.5 FHFs satsing på økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk

Økt lønnsomhet og utnyttelse av restråstoff er et prioritert område for Fiskeri og Havbruksnæringens Forskingsfond (FHF) og det er utført og pågår flere prosjekter for utvikling av flere anvendelser. Her er noen av de mest aktuelle med relevans for økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk.

- *Ensilasjeproduksjon om bord i havfiskeflåten* (#900853). I 2013 ble det i et prosjekt (SINTEF og Hordafôr) vist at ensilasjeproduksjon om bord i havfiskeflåten under visse forutsetninger kan gi et inntektspotensial til rederi og lott til mannskap på 3-3,5 MNOK pr år. Plass om bord i eksisterende fartøy til prosess- og lagertanker er pekt på som utfordringer.
  Ensilasjeproduksjon på tråler blir nå testet ut i pilotskala (#901078).

- *Fryst restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser* (#900858). I dette prosjektet (INAQ og MRB) ble det gjennomført 3 tester med ilandføring av fryst samfengt (hoder og slog) restråstoff i land for testproduksjon i eksisterende marin ingrediensindustri. Det ble også gjennomført testproduksjon av rene hoder. Samtidig ble det utarbeidet produksjonskostnadsanalyser for eventuell innfrysning og leveranse av dette restråstoffet for ett rederi. Kostnadene knyttet til å fryse inn restråstoffet ble stipulert til mellom 3 og 3,50 kr/kg som ga et prisestimat på 4-5 kr/kg for at det skal være regningssvarende å ta vare på restråstoffet.

  Ellers så ble det vist at tining av restråstoff var en kvalitetsutfordring for bedrifter som til daglig bruker ferskt restråstoff da de ikke har egnede tinefasiliteter, spesielt ga tining av samfengt restråstoff kvalitetsutfordringer, beinansamlinger i eksisterende prosessutstyr var også en utfordring. Proteinutbyttet fra rene hoder ble bra og bedriften BIOMEGA mener at hydrolyse av rene hoder kan gi produkter innenfor "human nutrition" med salgspris som kan gi grunnlag for en høyere råstoffpris.

- *Melproduksjon om bord i trålere* (#900972). I dette prosjektet (Møreforskning) ble det gjennomført et arbeidsseminar med, hvitfiskmel produsenter (havfiskefartøy), marine ingrediensbedrifter, FoU og fôrindustri hvor fokuset var å kartlegge FoU-utfordringer for økt lønnsomhet for fartøy som har melproduksjon om bord av restråstoff fra hvitfisk. For økt anvendelse til humant konsum står utvikling av teknologi for reduksjon av lukt og smak samt økt dokumentasjon av helseeffekt sentralt.

- *Tunger og kjaker fra havfiskeflåten* (#900920). Ved levering av torsk med hode til fiskeindustrien blir ofte tunger skjært ut av lokal skoleungdom. Havfiskeflåten har ikke denne muligheten og rederiet Havfisk og Møreforskning har medvirket til at en utstyrsleverandør har videreutviklet en maskin (Mesa 900 Tongue and cheek machine) for kjake og tungeskjæring. Rederiet er nå i klar til fullskala uttesting av maskinen med støtte fra FHF.

Som vist ovenfor satser FHF ganske bredt på økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk. Dette er en bevisst strategi da ingen ennå har funnet noen "nøkkel" for å hindre utkast og etablere et økonomisk incitament til å ta vare på en økt andel av dette restråstoffet.

I følge Stein Ove Østvik (fagsjef marint restråstoff FHF) vil FHF i 2015 satse på å stimulere til økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisksektoren. Dette har vært og vil være en viktig satsing. Det vil også være et fokus på å utvikle ombordproduksjon basert på restråstoff og konserveringsmetoder som kan muliggjøre distribusjon og øke tilgjengelighet fra primære verdikjeder til ingrediensindustri.

4.6 Lakseforedling: fra avfallsproblem til lønnsom industri

Utnyttelse av restråstoff hos lakseslakteriene er et eksempel på at det som først var et problem med høye kostnader ved deponering og destruksjon av restråstoff samt utslippsproblematikk, nå representerer en betydelig og økende verdiskapning (se tekstboks) gjennom industriell utvikling av nye produkter og nye anvendelser. Restråstoff fra lakseslakteriene har gått fra å være en ren utgiftspost til å bli produkter med sterkt økende etterspørsel.

På samme måte kan en tenke om utnyttelse av restråstoff av hvitfisk som i dag dumpes; *hvis det først utvikles en teknologi og en anvendelse som gjør det marginalt lønnsomt å ta vare på det som dumpes fra fiskeflåten, kan dette føre til at flere tar vare på restråstoffet, noe som gir tilgang til mer restråstoff og gi (råstoff)grunnlag for utvikling av ny industri spesialisert for foredling av restråstoff fra hvitfisk.*

LAKSEFOREDLING: FRA AVFALLSPROBLEM TIL LØNNSOM INDUSTRI

Lakseslakteriene hadde i utgangspunktet en betydelig kostnad med å bli kvitt det som først ble kalt avfall fra fiskeforedling. Dumping av "avfallet" ble forbudt. Løsningen ble ensilering av restråstoffet og etablering av en betydelig ensilasjeindustri som fikk "gratis" råstoff. I de senere årene har det parallelt vokst frem industriell utnyttelse av restråstoff fra havbruksnæringen hvor det produseres flere fraksjoner/produkter også til human anvendelse.

5 Utvikling av teknologi og kompetanse i prosesseringsleddet; hydrolyse, membranteknologi og vannfjerning

Hvis ikke restråstoff fra hvitfisk tas ut som det er, evt. konserveres, og selges som konsumprodukter eller til annen anvendelse, må det prosesseres. Slike prosesser innebærer gjerne sortering, homogenisering (oppmaling), tilsetting av prosesshjelpestoffer (for eksempel syre, base eller enzymer), tilsetting av vann, fraksjonering, og fjerning av vann (mekanisk, inndamping, filtrering eller inndamping). Prosesseringen kan være relativt enkel og rimelig, som for eksempel ensilering, eller ganske teknisk komplisert og relativt kostbar som enzymatisk hydrolyse.

Ensilering, enzymatisk hydrolyse, collagen/gelatinekstraksjon, utvinning av protein ved bruk av pH skift og mekanisk separering kan nevnes som de viktigste prosesseringsmetoder for industriell utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk. Utvikling av kompetanse og teknologi for energieffektiv vannfjerning vil også være sentralt for økt industriell utnyttelse av marint restråstoff herunder restråstoff fra hvitfisk. I dette kapitlet gjennomgås de industrielle mulighetene for hydrolyse, molekylær separasjon og vannfjerning i forbindelse med prosessering av marint restråstoff med spesiell vekt på proteinfraksjonen.

5.1 Hydrolyse

Restråstoff fra hvitfisk inneholder proteiner som kan hydrolyseres, separeres, oppkonsentreres og tørkes. Ulike former for hydrolyse kan være aktuelle slik som syrehydrolyse (ensilering), basisk hydrolyse, bruk av industrielle- og/eller naturlige endogene enzymer som finnes i råstoffet i kombinasjon med eller uten pH-regulering.

Ensilering er en enkel og billig prosess hvor restråstoff blandes med syre og massen brytes ned ved hjelp av lav pH (3,5 – 4,5), endogene enzymer og temperatur over 5°C. Maursyre benyttes som oftest under ensilering, noe som gjør at produkter produsert ved ensilasje kun kan benyttes til fôrproduksjon. Ved ensilering kan de fleste uorganiske og organiske syrene benyttes, slik som: saltsyre, svovelsyre, salpetersyre, fosforsyre, maursyre, propionsyre og eddiksyre. Generelt må pH senkes ned til en lavere verdi ved bruk av uorganiske syrer enn med bruk av organiske syrer for å oppnå samme antimikrobielle effekt. Bruk av hver enkelt syre må derfor optimaliseres med hensyn til lagringsstabilitet og mikrobiologisk kvalitet på produktet (RUBIN, 1993).

Ved bruk av eddiksyre til ensilering av restråstoff vil produktene kunne benyttes til humant konsum. Men det er ingen forskning som viser kvalitet på produktene eller utbytter ved bruk av eddiksyre. Oulavallickal (2010) viste at bruk av maursyre og eddiksyre (50:50) resulterte i ensilasje med høyere tørrstoffutbytte sammenlignet med ensilasje hvor det kun var benyttet maursyre.

Ensilering av hvitfiskrestråstoff ved bruk av syrer og antioksidanter som er tillat til humant konsum (for eksempel eddiksyre) bør undersøkes med fokus på kvalitet på både olje og proteiner samt prosesslønnsomhet.

Enzymatisk hydrolyse med bruk av kommersielle enzymer er en mer avansert prosess som kan styres ved type og mengde tilsatt enzym, hydrolysetid og hydrolysetemperatur, samt mengde av tilsatt vann. Fiskeproteinhydrolysat (FPH, vannløselig komponenter), sedimenter (uløselige proteiner, lipider evt. bein) og fiskolje er hovedfraksjoner etter enzymatisk hydrolyse. Fiskeproteinhydrolysat er kjent for å ha gode funksjonelle egenskaper (Shahidi *et al*., 1995; Kristinsson, 2007) og høy næringsverdi (Shahidi *et al*., 1991; Slizyte *et al.*, 2005a). I tillegg til en balansert aminosyresammensetning har FPH en rekke bioaktive egenskaper som antioksidanter, senking av blodtrykk - og immunmodulatoraktivitet (Kim & Mendis, 2006). Videre er det vist at FPH kan gi lavere blodkolesterol, bedre nyrefunksjon, samt er gunstig mht. fedmerelaterte sykdommer i forhold til hjerte/karsykdommer og galleblæresykdom (RUBIN, 2008). Det betyr at fiskeprotein ikke bare er en næringsrik og gunstig proteinkilde, men også kan ha en helsefremmende effekt.

Selv om det er en rekke publikasjoner på hydrolyse av fisk og restråstoff fra fisk er det er ikke mange som i dag produserer fiskeproteinhydrolysat til humant konsum (Kristinsson & Rasco, 2000). For vellykket industrialisering av produksjon av fiskeproteinhydrolysat må prosessen være (1) lønnsom og (2) produktet må tilfredsstille regelverk og markedskrav (Kristinsson & Rasco, 2000b). Kostbar prosessering og usikker tilgang til råstoff er hovedfaktorene som hindrer vellykket industrialisering av hydrolyse. Det industrielle hovedfokuset bør derfor være på teknologiutvikling og prosessoptimalisering med hensyn på å redusere prosesskostnader (Liaset, Nortvedt, Lied, & Espe, 2002).

Valg av prosess parametere og enzymer kan gjøres basert på: (1) sammensetning og kvalitet av restråstoffet og (2) krav til sluttprodukt. Selv om torsk og annen hvitfisk er magert kan en del av restråstoffet inneholde høy andel lipider. Ryggbein fra torsk har bare 0,3 % olje (Gildberg, Arnesen, & Carlehog, 2002), men innmat kan inneholde 21-32 % olje (Slizyte *et al*., 2005b; Slizyte *et al.*, 2005). Den store variasjon i mengde olje i restråstoffet viser at riktig teknologisk løsning må velges basert på kjemisk sammensetning og krav til sluttproduktet.

Restråstoff kan benyttes samfengt eller fraksjoneres, lagres og videreforedles av landbasert industri. Ulike fraksjoner har ulike kjemisk og enzymatisk aktivitet, noe som gir forskjellig nedbrytningshastighet, nedbrytningsprodukter og ulikt utbytte etter prosessering (Kristinsson & Rasco, 2002). Ved sortering av restråstoff før prosessering får man et mer homogent restråstoff som gjøre prosessen enklere å styre. Tester med restråstoff fra sild har vist at hydrolyse av restråstoff med høyt fettinnhold gir dårligere oljekvalitet enn tradisjonell utvinning ved oppmaling, varming og dekantering (Carvajal *et al*., 2014). Disse resultatene tyder på at tradisjonell utvinning av olje bør velges når oljen er hovedproduktet og markedet krever høy oljekvalitet..

To-stegs hydrolyse av restråstoff; først termisk oljeutvinning og deretter hydrolyse, kan benyttes for fettrikt råstoff (APROPOS, 2013). To-stegs hydrolyse kan gi to høykvalitetsprodukter (både olje og proteiner) og krever mindre energi under hydrolyseprosessen da et lavere råstoffvolum skal hydrolyseres og mindre vann fjernes.

Fersk vs. fryst restråstoff. Hvitfiskrestråstoff som leveres til land for prosessering kan enten være ferskt eller frosset. Lagringstid på fersk restråstoff, frysing- og tiningsteknologi påvirker både kvalitet, sammensetning og egenskaper (Arason *et al*., 2009; Slizyte *et al*., 2009). Ved lagring- og prosessering av restråstoff er

enzymatiske prosesser viktig. Utnyttelse av restråstoff til høykvalitets og dermed godt betalte produkter er betinget av at man finner frem til konserveringsmetoder for restråstoff-fraksjonene som i størst mulig grad hindrer nedbrytning av proteiner og fett. For å finne frem til optimale lagrings- og konserveringsmetoder for biprodukter er det viktig å vite hvordan de enzymatiske prosessene i restråstoff-fraksjonene er avhengige av temperatur, pH, lagringstid. *De er viktig å vurdere kjøle- og konserveringsteknologi for å finne optimal løsning for stabilisering av råstoffet før prosessering.*

Proteinutbytte i hydrolysatet, som er hovedproduktet fra proteinhydrolyse beskriver hvor effektiv hydrolyseprosessen er (Mohr, 1977). Både tilstand- og sammensetning av råstoff påvirker hydrolysen. Det er kjent at inaktivering av endogene enzymer før hydrolyse og tilsats av kommersielle enzymer gir en mer kontrollert prosess. Samtidig denaturerer proteiner ved inaktivering og er vanskeligere å hydrolysere (Mohr, 1980; Slizyte, Rustad, et al., 2005; Šližytė, Van Nguyen, Rustad, & Storrø, 2004).

Aktive endogene enzymer kan brukes som "gratis" enzymer i hydrolyseprosessen og er i noen tilfeller mer aktive enn kommersielle enzymer når man har utbytte som hovedmål i prosessen (Slizyte, Rustad, et al., 2005; Šližytė et al., 2004). Fordøyelsesenzymer fra fisk fra kalde farvann er mer aktive ved relativt lave temperaturer sammenlignet med liknende enzymer fra pattedyr, termofile organismer og plantekilder. Prosessering ved lavere temperaturer gir flere fordeler, som for eksempel lavere energibehov til oppvarming, substrat og/eller produkt vil bli mindre utsatt for nedbrytning, muligheter for sidereaksjoner reduseres og ødeleggelse av andre stoffer assosiert med råstoffet hemmes.

Bruk av ***kommersielle enzymer*** for å hydrolysere proteiner gir bedre kontroll på prosessen og egenskapene til produktene som dannes. Hydrolyse kan ivareta de fysikalsk-kjemiske, funksjonelle og sensoriske egenskapene til de native proteinene som kan modifiseres eller forbedres uten at det går ut over de ernæringsmessige egenskapene. Selv om kommersielle enzymer gir bedre kontroll på hydrolysen, må de vurderes med hensyn til utbytte, kvalitet, produktegenskaper og prosesskostnader.

Mengde av tilsatt vann er en faktor som spiller en viktig rolle for både hydrolyseprosessen og egenskapene til sluttproduktet. Mindre vann krever mindre energi til oppvarming, inaktivering og vannfjerning, men viskositeten på hydrolysatet bør være på et nivå som sikrer at enzymer kan fordeles jevnt i råstoffet, samt at blandingen er homogen og pumpbar både før og etter hydrolyse. (Slizyte, Rustad, et al., 2005; Šližytė et al., 2004). For lite vann kan også redusere utbytte av hydrolysat da andelen av små peptider øker og kan bremse reaksjonshastighet (Mohr, 1977). *Hvor mye vann som tilsettes råstoffet må derfor optimaliseres ved hensyn til hydrolysetutbytte og prosesskostnader.*

Funksjonelle og sensoriske egenskaper. De funksjonelle egenskapene til fiskeproteinhydrolysatene er viktige dersom disse skal brukes som ingredienser i næringsmidler eller i sport- og helsekost. Funksjonelle egenskaper til proteiner kan i denne sammenheng defineres som de egenskapene som påvirker prosessering, lagringsstabilitet og sensorisk kvalitet i det næringsmidlet de er tilsatt. Viktige funksjonelle egenskaper er; løselighet, vannbindingsevne samt evne til å stabilisere skum og emulsjoner. Det er også vist at FPH kan ha god antioksidantaktivitet (Arason *et al*., 2009; Slizyte *et al*., 2009). FPH og fiskeproteiner har også et potensiale innen ”weight management”, som helsekost (nutraceuticals), innen sportsernæring, måltidserstatninger og som spesialfôr til hund og katt (AltavidaAS, 2010; Mehlin & Wahren, 2011).

Farge og smak er viktig når FPH brukes som ingredienser i mat, helsekost og farmasøytiske produkter. Markedet krever proteiner som har konkurransedyktig pris, dokumenterte helseeffekter, god smak og tilstrekkelig holdbarhet (AltavidaAS, 2010). Smak og tilstrekkelig holdbarhet er en utfordring for FPH-produsenter. FPH har ofte bitter smak (Dauksas, Slizyte, Rustad, & Storro, 2004) og uønsket fiskelukt og -smak (Yarnpakdee, Benjakul, Kristinsson, & Maqsood, 2012). Råstoffsammensetning (Dauksas et al., 2004), ferskhet (Yarnpakdee, Benjakul, Nalinanon, & Kristinsson, 2012) samt prosessbetingelser og bruk av ulike kommersielle enzymer (InaqAS, 2014; Kristinsson, 2007) kan påvirke de sensoriske egenskapene til hydrolysatene. Uønsket smak og lukt kan hindre vellykket bruk av hydrolysater i mange produkter (InaqAS,

2014). *Derfor er det viktig å undersøke hvordan sammensetning og ferskhet av restråstoff, samt prosessbetingelser og bruk av enzymer påvirker de funksjonelle og sensoriske egenskaper.*

Den ***uoppløselige fraksjonen*** (sedimentfraksjonen) etter hydrolyse av marint restråstoff er en næringsrik fraksjon rik på essensielle aminosyrer (Slizyte, *et al*., 2005a) og på marine fosfolipider (Carvajal *et al*., 2014; Dauksas, *et al.* 2005; Slizyte, Rustad, *et al*., 2005). *Valg av riktig prosess samt av utnyttelse av den uoppløselige fraksjonen etter hydrolyse kan øke lønnsomheten på hydrolyseprosessen.*

Ytterligere prosessteg etter hydrolyse som filtrering, fraksjonering, bleking, avfetting og behandling med trekull øker de totale prosesskostnadene og prisen på sluttproduktet. Det er viktig å vurdere hvilke prosessteg som er nødvendig med hensyn til pris, kvalitet og produktegenskaper. Stabilisering av FPH er imidlertid et prosessteg som må utføres for å sikre produktstabilitet ved lagring og videre bruk. Dette kan gjøres ved oppkonsentrering av hydrolysatet, pH-reduksjon (ved tilsetning av syrer) eller tørking.

Fjerning av vann i hydrolysatet utføres på forskjellige måter og de mest vanlige er: mekanisk separasjon (sentrifugering), molekylær separasjon (filtrering), inndamping og tørking. For hver av disse teknologiene fins det flere forskjellige løsninger. Med hensyn til energieffektivitet og investeringsbehov er det som regel en kombinasjon av ulike avvanningsteknologier som vil være det optimale. Valg av riktig totalløsning avhenger også av hydrolysatets sammensetning slik som fettinnhold, nivå av emulsjon, hydrolysegrad etc.

Det er også utviklet en ny teknologi for produksjon av smaksnøytrale proteiner fra marint restråstoff (Mozuraityte, *et al*. 2012; Rubin, 2011). Teknologien er utviklet basert på lakserestråstoff og bør testes på restråstoff fra hvitfisk.

Gelatin. Restråstoff fra hvitfisk (fra skinn og bein) kan være en kilde for produksjon av marint gelatin (Arason et al., 2009; Eysturskarð, 2010). Gelatin fra kaldtvannsfisk har andre egenskaper enn pattedyrsgelatin, og gir andre muligheter til applikasjoner innen mat, helsekost og farmasøytisk industri. Likevel er det i dag ikke mye industriell produksjon av gelatin fra hvitfiskrestråstoff og det er behov for økt kompetanse på modifisering av gelatinegenskaper ved hensyn og anvendelse som ingredienser til mat og farmasøytiske produkter (Arason et al., 2009).

5.2 Membranteknologi

Under hydrolyse blir restråstoffet en viskøs blanding med skjell, beinpartikler og skinnrester (hvis restråstoff inneholder disse). Bein, skjell og større partikler kan separeres ved hjelp av sil eller ved sentrifugering/dekantering. Ved sentrifugering kan olje, FPH og sedimentfraksjon separeres. To-stegs sentrifugering er vanlig når fettrikt restråstoff hydrolyseres. Først separeres væskefraksjonen fra sedimenter (uløselig fraksjon) og deretter sentrifugeres væskefraksjonen for å separere olje og vannløselig protein (Kristinsson & Rasco, 2000b). Et ytterligere sentrifugeringssteg (polering) kan introduseres hvis det er nødvendig med en bedre separasjon av proteiner fra oljefraksjonen eller for å separere emulsjon som kan dannes ved blanding av olje og væske.

Membranteknologi kan benyttes både for å fraksjonere hydrolysat i ulike fraksjoner basert på molekylstørrelse, oppkonsentrere ulike fraksjoner og til fjerning av vann. Membranteknologi kan også benyttes for å oppkonsentrere bioaktive fraksjoner, samt fjerne uønskede komponenter som salt, frie fettsyrer og komponenter som bidrar til lukt og bittersmak (Akin, Temelli, & Koseoglu, 2012; Taheri, Farvin, Jacobsen, & Baron, 2014). Klassifisering av membraner samt deres egenskaper og driftstrykk er presentert i Tabell 3.

Tabell 3. *Membranteknologi for separering og fraksjonering (fra Akin et al., 2012)*

Filtreringsmetode	**Produkt**	**Driftstrykk (bar)**
Revers Osmose (RO)	Små molekyler som oppløst salt, metall ioner.	15–100
Nanofiltrering (NF)	Små organiske molekyler like laktose, antibiotika, små peptider, divalente ioner. Mw: 300D-2kD	10–50
Ultrafiltrering(UF)	Store molekyler som proteiner, enzymer og polysakkarider. Mw: 2kD-500kD	2–15
Mikrofiltrering (MF)	Partikler, fettdråper, celler, bakterier, svevepartikler, osv.(>0,2 µm)	0,2–4

Innenfor biomarin prosessindustri er det varierende erfaringer med bruk av molekylærseparasjon av proteiner med membranteknologi, noe som dels kan tilskrives at biomarine produkter har stor varians i sammensetning og dermed egnethet for membranfiltrering. Råstoffegenskaper kan også variere fra dag til dag på tilsynelatende likt råstoff. Denne teknologien har imidlertid betydelig anvendelse innen farmasøytisk industri, næringsmiddelindustri og prosessindustri.

5.3 Vannfjerning

Stabilisering av fiskeproteinhydrolysat mot mikrobiell forringelse er et viktig industrielt steg. Synkende vannaktivitet[5] minsker den mikrobielle aktiviteten og øker den kjemiske stabiliteten. Redusert vannaktivitet i hydrolysatet kan oppnås med avdampning av vann ved inndamping og tørking og/eller tilsats av lavmolekylære komponenter. For å stabilisere hydrolysatet ytterligere kan syre benyttes for å senke pH, temperatur kan senkes og oksygen elimineres.

Ved hydrolyse av fiskeprotein tilsettes vann, vanligvis i forholdet en del råstoff og en del vann. For at hydrolysatet skal stabiliseres må vann fjernes og hydrolysatet oppkonsentreres til 40-60 % tørrstoff (Bekkevold & Olafsen, 2007) eller tørkes. Dette er energikrevende prosesser som krever investeringer i riktig og optimalisert prosessutstyr.

Spraytørking er den vanligste tørkemetoden som brukes industriell for tørking av FPH konsentrat (Gildberg, 1993; Kristinsson & Rasco, 2000b), mens vakuum frysetørking blir benyttet ved hydrolyseforsøk i labskala (Jeon, Byun, & Kim, 2000; Kristinsson & Rasco, 2000a; Slizyte, Dauksas, et al., 2005b). Det er vist at tørkemetode påvirker de fysisk-kjemisk og funksjonelle egenskaper samt oksidasjon av lipider i hydrolysat (Šližytė, Alves-Filho, Falch, & Rustad, 2003). Dette arbeidet viste at vakuumfrysetørket FPH hadde de beste fettabsorberende egenskapene, mens spraytørket FPH ga best skummeegenskaper. Spraytørking ga FPH pulver med mindre oksidert olje sammenlignet med vakuumfrysetørket FPH.

For å oppnå høyt utbytte og høykvalitetsprodukter av hvitfiskrestråstoff må følgende faktorer vurderes:

- Hvilken fraksjon av restråstoff benyttes
- Tilstand på restråstoffet
- Sammensetning av restråstoff
- Enzymatisk aktivitet av endogene enzymer

[5] Vannaktiviteten defineres som: damptrykket av vann i et stoff dividert med damptrykket i rent vann med samme temperatur.

- Mengde av tilsatt vann ved hydrolyse
- Enzymvalg og mengde
- Prosessbetingelser – temperatur og hydrolysetid
- Optimal fraksjonering og oppkonsentrering
- Stabilisering (konserveringsmiddel, avvanning/tørking) av proteiner og hydrolysater
- Utvikling eller bruk av andre teknologiske løsninger (enn hydrolyse) for utvinning av marine proteiner og peptider

Det er ikke gjort mye forskning i retning av å fraksjonere, isolere og beskrive funksjonelle egenskaper på peptider fra hvitfiskrestråstoff. Dette er etterspurt kunnskap både innenfor fôringredienser, for humane applikasjoner både som ernæringsingrediens og til helse/sport. Flere studier viser imidlertid interessante effekter av marine proteiner, og her ligger et stort potensial til verdiøkning. *I forhold til den omfattende litteraturen som er produsert på effekter av marine oljer gjenstår mye dokumentasjonsarbeid mht. funksjon og helsemessige effekter av marine proteiner* (se også kap.7).

Andre teknologiske løsninger i tillegg til hydrolyse med endogene og/eller kommersielle enzymer, som gelatinekstraksjon og utvinning av protein med pH skift bør også utvikles videre, testes og optimaliseres for produksjon av marine proteiner fra hvitfiskreststoff.

5.4 Kompetanse i prosesseringsleddet

For kostnadseffektiv produksjon av til dels høyverdige biomarine produkter er det behov for moderne prosessteknologi tilpasset det aktuelle produktet. Dette krever profesjonelle og kompetente aktører i hele kjeden fra; kunde, foredlingsbedrift, driftspersonell og utstyrsleverandører. Etter hvert som næringen må over på mer moderne prosessteknologi, så vil det parallelt være behov for kompetanseheving i alle ledd.

Med få unntak går proteindelen av norsk marint restråstoff i dag til fôringredienser. Utvikling av kompetanse i prosesseringsleddet i prosesser som involverer hydrolyse, molekylær separasjon og vannfjerning skjer i stor grad hos den enkelte produsent. Produksjon av høyverdige produkter innenfor helsekost, spesialkjemikalier og kosmetikk krever spesialisert kompetanse og mange av disse produksjonsteknikkene er patentbeskyttet eller holdt strengt hemmelige.

En hovedutfordring er at mange fabrikker, og spesielt anlegg innenfor biomarin prosessindustri, kapasitetsmessig er relativt små, slik at produksjonskostnad pr. kg produkt blir høyere enn i fabrikker med store volumer. Det samme kan imidlertid også gjelde større fabrikker, hvor de høyverdige ”små-volum” produktstrømmene skal oppkonsentreres i eget utstyr.

Den norske utstyrsleverandøren EPCON utvikler og leverer avvanningsutstyr til prosessindustrien og da spesielt energieffektive inndampere. Selskapet har vært en ledende leverandør til den norske meieriindustrien og har historisk levert et stort antall anlegg til fiskemel og oljeindustrien både nasjonalt og internasjonalt. For noen år siden utviklet EPCON en standardisert kostnadseffektiv inndamper, EPCOVAP-MVR med kapasitet oppad til 2500 kg/h avdamp, tiltenkt blant annet ”små-volum” segmenter noe som gir gir nye muligheter for biomarin prosessindustri.

I følge Kjetil Evenmo (senioringeniør ved EPCON) et det et stort utviklingsbehov i forhold til muligheten for å kjøre representative og repeterbare småskala pilottester, både i forsøkssammenheng/screening tester samt til produksjon av vareprøver som i sin tur går til sluttbrukere for utprøving. EPCON har per i dag pilot-inndampere som kan benyttes til formålet, dog er disse primært tiltenkt å fremskaffe termisk designunderlag for fullskala inndampere. For utviklingsarbeid og utprøving av høyverdige produkter, som nevnt over burde biomarin prosessindustri hatt tilgang til en mer dedikert inndamper, for eksempel av type EPCOVAP-MVR. For EPCON sin del er utviklingsbehovet også å systematisere og øke erfaringsbasen for vannfjerningstrinnet i de ulike anvendelser.

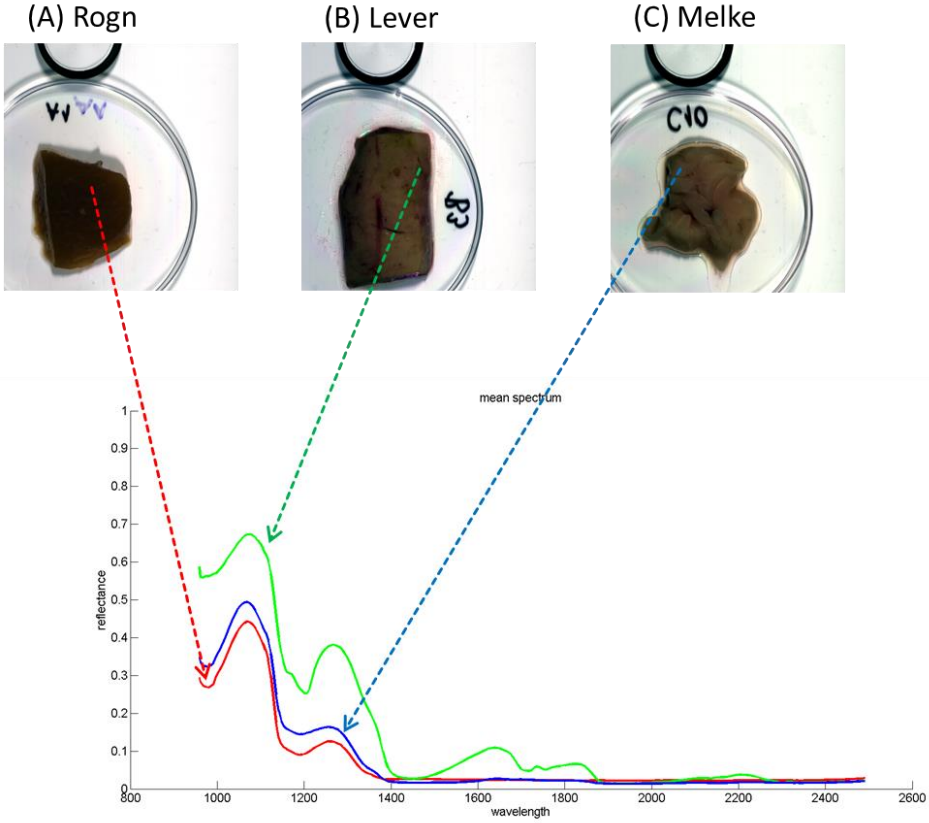
For å produsere fiskeproteiner fra hvitfiskrestråstoff til et godt betalt marked vil produksjonen også måtte ta hensyn til bærekraft og økonomi. Det foreligger grunnkompetanse innen produksjon av fiskeproteiner fra ulike fiskearter, men det er behov for økt industriell kunnskap om utnytelse av hvitfiskrestråstoff til produksjon av høykvalitets fiskeproteiner og hydrolysater. Offentlige støtteordninger bør kunne bistå og stimulere til anskaffelse av moderne og energieffektiv vannfjerningsteknologi, men utfordringen for næringen kan være å kjenne til muligheter og begrensninger i slike ordninger.

6 Sorteringsteknologi

Teknologien som muliggjør deteksjon og identifikasjon av fraksjoner fra hvitfisk råstoff samt fysisk sortering/separasjon har utviklet seg i de siste årene og har oppnådd en modenhetsgrad som tilsier at det er fullt mulig å få til en deteksjon og sortering av hvitfiskfraksjoner med stor grad av renhet.

Avbildning ved bruk av nær infrarød (NIR) teknologi, er kjente deteksjonsmetoder som er brukt tidligere innenfor blant annet pelagisk sektor. SINTEF har i prosjektet "*Teknologi for fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra sild*" benyttet seg av noen av disse erfaringene, og undersøkt teknikkene nærmere. SINTEF konkluderte med at belysning med lasere i NIR spekteret (0,7 – 1,4 µm bølgelengde) ga meget god separasjon mellom rogn og melke.

I CYCLE prosjektet (Paluchowski *et al.*, 2015) er det gjennomført en komplett spektral karakterisering av rogn, melke og lever fra torsk i både VNIR (Visuell og Nær Infra-Rød, båndbredde: 400-1000 nm) samt SWIR (Short-Wavelenght Infrared, bølgelengde: 960 – 2500 nm) (figur 10). Målet med den spektrale karakteriseringen var å identifisere de bølgelengder som er optimale for å kunne skille mellom de overnevnte fraksjoner.



Figur 10. *Spektral karakterisering av rogn, lever og melke fra torsk*

Behovet for teknologiutvikling i nærmeste framtid når det gjelder sortering basert på resultatene fra Paluchowski *et al.* (2015) og SINTEF prosjektet "*Teknologi for fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra sild*", besår i å kunne utvikle konsepter for automatisk sortering basert på de optimale bølgelengdene som fremhever differensiering mellom rogn, melke og lever samt andre potensielle restråstoff-fraksjoner.

Resultatene viser at ved å kombinere bølgelengder i både SWIR og VNIR kan man få nesten 100 % klassifisering av rogn, melke og lever (figur 11). I VNIR regionen det er flere bølgelengder som peker seg ut som veldig effektive og som muliggjør en klassifisering med nøyaktighet rundt 97-98 %.

Figur 11. *Klassifisering av rogn, melke og lever fra torsk*

Etter identifikasjon av aktuelle restråstoff-fraksjoner kreves utvikling av sorteringsteknologi figur 12 nedenfor illustrerer uttak av ulike restråstoffraksjoner ved filetering av sild, og hvor disse genereres og kan tas ut i forbindelse med Baader filetmaskin (Ref. Baader, presentasjon FHF strategisamling mai 2011).

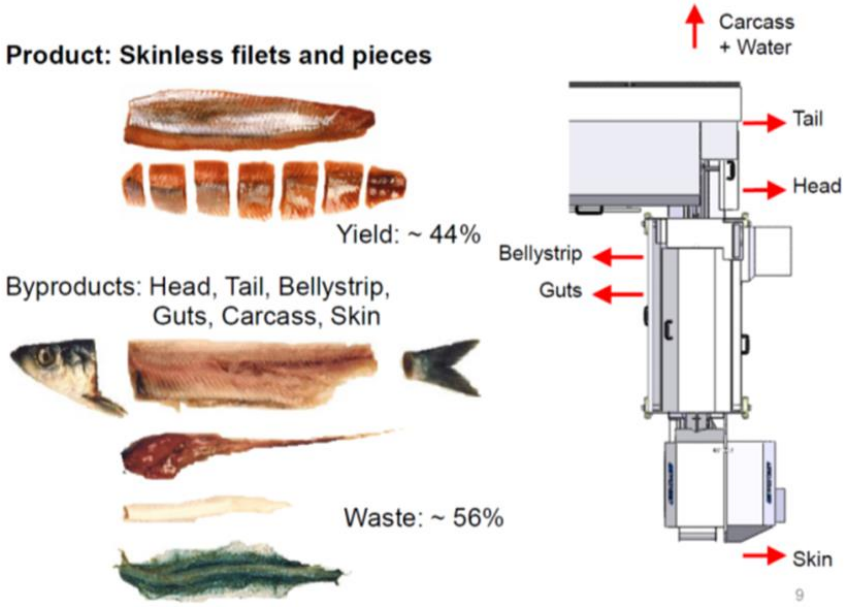
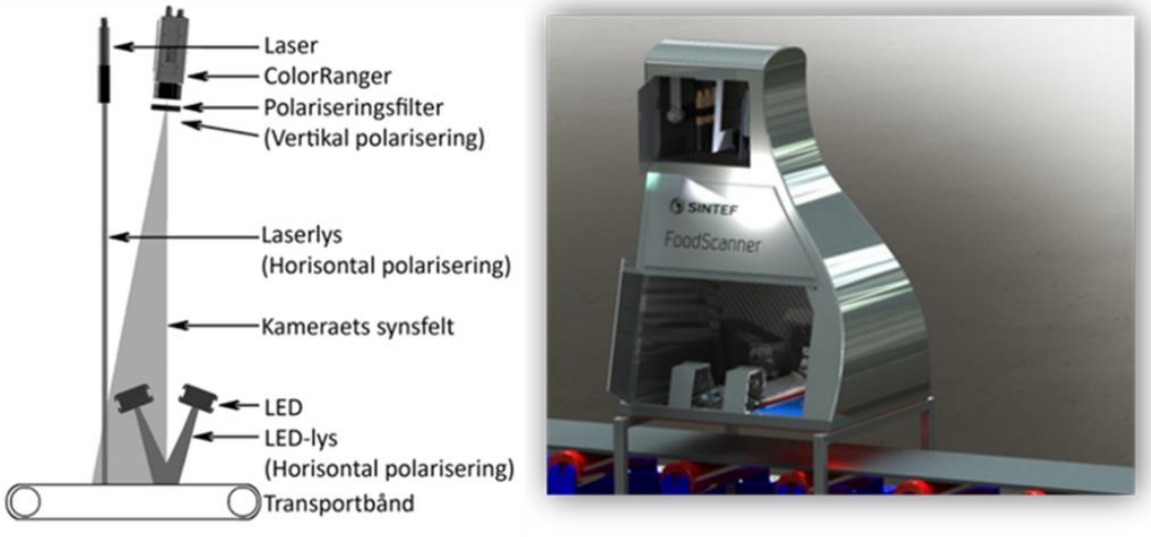


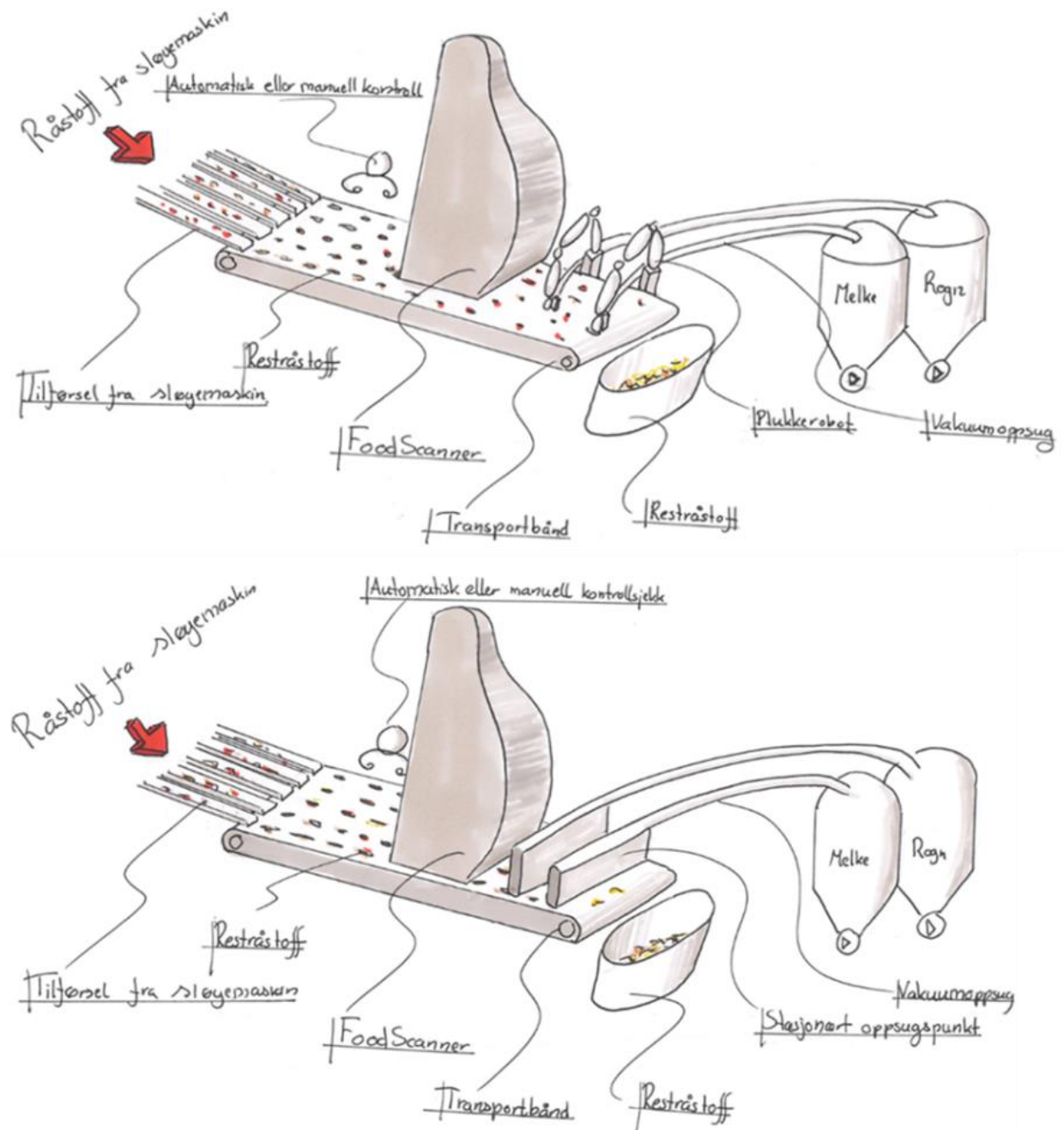
Fig 12. *Ulike restråstoffraksjoner ved filetering av sild, og hvor disse genereres og kan tas ut i forbindelse med Baader filetmaskin (Ref. Baader, presentasjon FHF strategisamling mai 2011).*

For automatisk uttak av de ulike fraksjonene av restråstoff har SINTEF Fiskeri og havbruk jobbet med flere konsepter basert på deteksjonsteknologi integrert i FoodSkanner (se figur 13) nedenfor.



Figur 13. *Deteksjonsteknologi integrert i FoodSkanner (SINTEF Fiskeri og havbruk).*

SINTEF Fiskeri og havbruk har også jobbet med ulike teknologiprinsipper og konsepter for integrert automatisert deteksjon, sortering og plukking. Figur 14 nedenfor viser to konsepter på dette.



Figur 14. *To integrerte konsepter for automatisert deteksjon, sortering og plukking av restråstoff: Øverst "RoboVac" nederst "StationVac" (SINTEF Fiskeri og havbruk).*

Figur 14 viser eksempler på to integrerte konsepter for automatisert deteksjon, sortering og plukking av restråstoff. Disse konseptene er spesielt tiltenkt til bruk for pelagisk restråstoff, men teknologien kan også være relevant for automatisert deteksjon, sortering og plukking av restråstoff fra hvitfisk.

7 Råstoff og marked

Som omtalt i innledningen er årlig volum av restråstoff fra hvitfisksektoren estimert til rundt 340 000 tonn (2013). Ca. 33 % av dette utnyttes i dag, noe som tilsvarer i overkant av 110 000 tonn. Potensialet er i altså i overkant av 220 000 tonn som ikke utnyttes. Av denne andelen er det havfiskeflåten som står for majoriteten og det dumpede volumet er estimert til rundt 150 000 tonn pr år. Volumet vil selvsagt variere over tid, og avhenge av kvotegrunnlag. Mengden produsert restråstoff vil videre være avhengig av hvilken prosessering som benyttes, samt kvotefordeling mellom de ulike fartøygruppene. En stadig større grad av strukturering i flåteleddet (mulighet for større kvoteandeler pr. fiskebåt), sammen med en økning i kvotene på torsk som vi har sett de siste årene, har ført til kontrahering av flere nye båter i bransjen. De siste årene har en stadig større del av produksjon i havfiskeflåten vært i form av såkalt hodekappet og sløyd (HG) fisk. Noen av de nyere båtene har installert mel- og oljefabrikk ombord.

Dersom flåteleddet hadde hatt mulighet for en høyere bearbeidingsgrad gjennom filetproduksjon, ville dette generert mer restråstoff ombord. Ryggbein, trim og avskjær ville da kunne bidratt til økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk. For de få trålerne som driver filetproduksjon om bord utgjør leveranse av fiskemel en betydelig inntektskilde (se kapittel 8).

Råstoffet kan håndteres på ulikt vis. Avhengig av hvilke produkter man ønsker å tilby markedet, bør man separere ulike deler som lever, melke, rogn, hoder og ryggbein. I tillegg er man avhengig av teknologi for å pre-prosessere og stabilisere råstoffet. Innfrysing, syrekonservering, hydrolyse eller konvensjonelle mel- og oljefabrikker, eller en kombinasjon av disse, kan derfor vurderes i de enkelte tilfellene (se kap. 5). Teknologien som i dag tas i bruk er velkjent og nye teknologi er ikke utviklet i vesentlig grad. Dette vil kreve systematisk FoU-innsats over tid. Begrensende faktorer blir også i hvilken grad aktørene gis mulighet gjennom regelverk til å gjennomføre nødvendige investeringer for utnyttelse av restråstoffet. Areal- og volumutnyttelse er som kjent en krevende øvelse når man skal optimalisere for prosessering av fisk ombord i fiskebåter. Det bør derfor legges til rette for de aktørene som ønsker å investere i avansert restråstoffutnyttelse, samtidig som man satser på innovativ teknologiutvikling.

Prosesser – hvilke produkter kan man forvente seg ut av dette?

Som tidligere nevnt er håndtering av restråstoff komplekst. Kompromisset mellom å sortere alt eller delvis og valg av pre-prosessering, må vurderes nøye. Økt fleksibilitet for å møte ulik og varierende etterspørsel i markedet krever store investeringer i flåteleddet. Utstyr er plasskrevende og dersom man ønsker å oppnå stor fleksibilitet vil dette kreve bred kompetanse og vil sannsynlig være arbeidsintensivt noe som kan gå ut over lønnsomheten. En inngående studie for å optimalisere håndtering og pre-prosessering av restråstoff ombord og deretter sette dette samme med videre avansert og mer komplekse fraksjoneringer i landanlegg bør derfor gjennomføres.

Marked

Det er gjort flere undersøkelser og skrevet mange rapporter om markedspotensialer for restråstoff fra hvitfisk de siste 20 årene. RUBIN (http://rubin.no/index.php/no/) har vært en viktig aktør i å fremme kunnskap på dette området. I denne rapporten vil vi konsentrere oss om markedet innenfor peptider og spesialproteiner for humant konsum.

7.1 Hva krever markedet?

Den aller største utfordringen for markedet for marine proteiner til humant konsum er sensorisk opplevelse. Dette er uten tvil den parameteren som må kontrolleres for at markedet skal kunne akseptere dette til konsum. Bildet kompliseres av at markedet har ulike preferanser, og dette er selvsagt avhengig av hvilke applikasjoner man ønsker å tilby produktene sine i. I det asiatiske markedet er fisk og fiskesmak foretrukket

og akseptert i flere produktsegmenter. For de norske aktørene som Firmenich og Seagarden er konservering og smak og lukt en forretningsmessig nøkkelfaktor. Produktene deres blir i stor grad benyttet for å sette smak eller aroma til næringsmiddelprodukter, som supper, buljonger og sauser.
I tillegg til akseptabel smaks- og luktprofil, har markedet de siste årene blitt langt mer bevisst på spørsmålet om bærekraft og etisk utnyttelse av naturressursene.

Omega-3 produkter har den fordelen at produktene nå kan markedsføres med såkalte helsepåstander (helth claims). For at man skal kunne gjøre dette, må man legge til grunn kliniske data. Forskning på effekt av marine proteiner og peptider har gitt mange lovende resultater, men det er ingen helsepåstander som i dag er godkjent for bruk i dette segmentet. Det forskes derimot en del på dette området i flere miljøer. Det viktigste kriteriet i markedet ser likevel ut til at man må tilfredsstiller en smaks- og luktnøytral profil.

7.2 Markedet for produkter av marint restråstoff og mulig verdiskapingspotensial

Markedet for produkter av marint restråstoff generelt, og proteiner spesielt, er svært komplekst. Dette er også forsøkt illustrert i figur 9 i delkapittel 4.4. Potensialet- og variasjonen av ulike sluttprodukter er stort. Hvilke sluttprodukter som (kan)produseres er avhengig av mange faktorer, slik som; råstoffhåntering og grad av fraksjonering/sortering i tidlig fase av prosessen, hvilket marked man tilbyr produktene og hvordan bi-strømmer som oppstår underveis i prosessen blir håndtert. Bi-strømmene vil igjen kunne gi opphav til nye produkter. Hele dette bildet blir selvsagt komplisert ved at man ikke har en logistikk, slik man i langt større grad har kunnet bygge opp i havbruk- og i landbruksektoren. I denne delen av rapporten vil vi forsøke å gi et bilde av markedet for produkter av marint restråstoff og mulig verdiskapingspotensial.

Hva ønsker markedet?
Markedet for peptider og spesialproteiner for humant konsum er svært differensiert. Markedet kan beskrives som et bevegelig mål, hvor produktetterspørsel, utbytte og fortjeneste på relativt kort sikt alltid vil være det som er gjeldende for investeringene i bransjen.

Prisingen i markedet er avhengig av hvilket segment i markedet man retter seg inn mot og hvilke produkter man tilbyr. Markedet for hydrolyserte produkter er relativt nytt og umodent, spesielt sammenlignet med omega-3 markedet. Aktørene virker i stor grad til å være i en posisjoneringssituasjon. Det finnes få eller ingen markedsstandarder utenom det som kundene selv ønsker. Høyt proteininnhold og hydrolysegrad ser ut til å være prisdrivende. Det vil kreve stor innsats og en samlet bransje for eventuelt å finne standarder man kan benytte.

Helse og ernæring
En viktig global utvikling er at en økende andel konsumenter løftes inn i middelklassen med økt bevissthet omkring egen helse og velvære, mer tid til trening hvor de etterspør helsebringende produkter og rask energitilførsel.

Det er pekes ofte på tre trender innenfor markedet for peptider og spesialproteiner for humant konsum:

- Nye og innovative ingredienser og produkter med dokumenterte effekter for muskelbygging og restitusjon.
- Helsefremmede produkter og personlig velvære.
- Overvektsreduksjon og andre helsegevinster.

Spesialfôr
Markedet for konvensjonelt fôr er relativt stabilt og prisene i dette segmentet er styrt av prisene på verdensmarkedet for vegetabilske og animalske råvarer. Fra 2010 ble det forbudt å benytte fiskemel og fiskeensilasje i fôr til drøvtyggere. Imidlertid kan dette benyttes til unge drøvtyggere, enmagede dyr (fjørfe, svin og fe), fisk og til karnivore kjæledyr, samt til pelsdyr.

Kvalitetskravene til fôr er basert på råvaresammensetning og reseptoptimering. Ønsket i bransjen er å produsere fôrblandinger med optimale egenskaper til en lavest mulig pris. I den siste tiden har vi sett en sterk økning i markedet innenfor Petfood. Markedet er villig til å bruke stadig større midler til kjæledyr. I følge Felleskjøpets Fôrutvikling er trendene i markedet at man ser en økende andel av små raser. I Norden, og Norge spesielt, brukes det svært mye penger på kjæledyr, og markedet er økende. Økningen er årlig på mellom 2 og 3 %, hvor fôr til hund er den store driveren. I tillegg ser det ut til at premiummarkedet vil øke. Markedet kjennetegnes med høy kompetanse hos forbrukeren, aksept for høy pris, hvor kun det beste er godt nok og hvor fôret har visse funksjonelle egenskaper. Også i dette segmentet forventes en viss dokumentasjon av effekt, men ikke i samme grad som til humant konsum.

Det bør også nevnes at man i fremtiden også forventer langt større etterspørsel etter marine råstoff til havbruksnæringen. Det er estimert en forventet vekst i havbruksnæringen på nærmere 400 % frem til 2050. For å møte behovet til fôr, må også større volum fra hvitfiskfangsten tas vare på.

Helse- og ernæringskost
Innenfor segmentet helse- og ernæringskost ligger ulike produkter som vi betegner som sportsernæring, kosttilskudd, funksjonell mat og drikkevarer. Kjennetegnet for dette segmentet er stort utvalg av ulike applikasjoner og matrikser for å tilføre helsemessige funksjoner til produktene. Her er dokumenterte egenskaper viktig. Spesielt gjelder dette innenfor sportsernæring og restitusjon. Marine proteiner gir rask muskeloppbygging og har også vist lovende resultater ved postoperasjonell behandling. Produkter som vi finner i dette segmentet spenner over ulike drikker, mat i form av proteinbars og kosttilskudd. For å kunne komme inn på markedet gjelder det tidligere er antydet, nemlig at man tilbyr markedet et smaks- og luktnøytralt produkt.

For å kunne hevde at produktene har effekt kreves det at man kan dokumentere virkningen. Flere aktører gjennomfører eller har gjennomført kliniske studier. Dette er noe vi vil se langt mer av fremover. Markedet for sportsernæring og tilskudd er i dette tilfellet spesielt interessant. Marine proteiner må i dette markedet konkurrere med vegetabilske og animalske proteinkilder. Markedet er sterkt økende, og på volumbasis er det rapportert om en årlig vekst på 5 %.

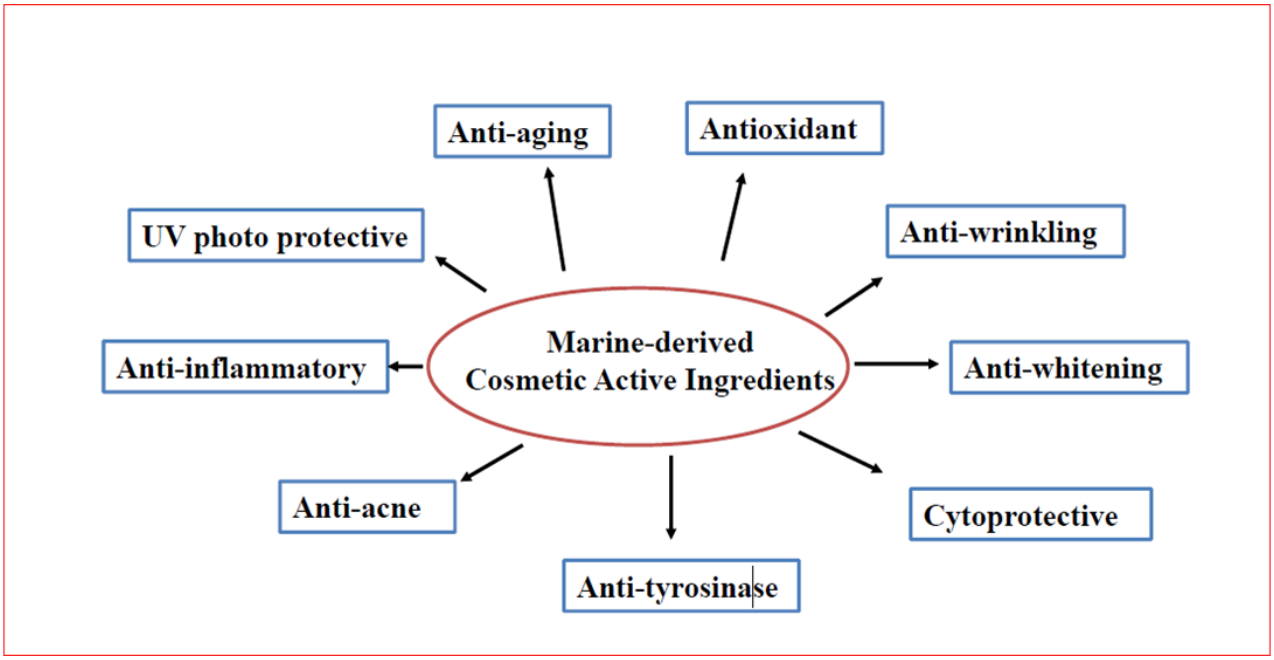
Flere studier som er gjort i de siste årene, viser til positive helseeffekter ved inntak av marine proteiner. Studier som er gjort av Hystad *et al.* (2013) viser at inntak av små mengder av marine proteiner kan ha positiv effekt på personer med lett overvekt. Blant annet gav dette positiv effekt på innholdet av glukose og LDL-kolesterol i blodet. I tillegg inneholder proteinkilder fra marine råstoff en gunstig sammensetning av blant annet næringsstoffer som marint omega-3, vitamin D, jod, selen som det ikke finnes så mye av i annen mat. I tillegg bidrar sjømat med lett fordøyelige proteiner.

Såkalt bioaktive peptider, er peptider som kan påvirke organismen, for eksempel gjennom en farmakologisk eller toksikologisk virkning. Helsemessig er det rapportert om flere lovende resultater. Dette kan dreie seg om effekter som påvirker blodtrykk eller immunforsvaret. Det ligger store potensialer for verdiskaping innenfor dette området.

Spesialkjemikalier
Proteiner og lipider er de dominerende næringsstoffene i marine råstoff. Med dagens teknologi og priser på råstoffet, er det vanskelig å utnytte dette til annen enn spesialprodukter innenfor disse segmentene. Det finnes likevel en rekke andre stoffer med interessante egenskaper i marint restråstoff. For at dette skal kunne utnyttes kreves det at man finner teknologi for først å separere råstoffet for deretter å separere eller ekstrahere ut interessante stoffer. Dette kan dreie seg om spesielle enzymer blant annet fra innmat, kollagen fra fiskeskinn eller andre substrater som kan utnyttes kommersielt for spesielle formål innenfor næringsmiddelindustrien og farmasi. Det må gjennomføres mer systematisk forskning på dette området for å finne industriell teknologi for slik utnyttelse.

Kosmetikk (Marine cosmeceuticals)
Kosmetikkindustrien har i det siste vist økende interesse for bruk av aktive ingredienser med marin opprinnelse på grunn av de mange gunstige effekter slike ingredienser kan ha på menneskelig hud helse. Kosmetikk er i denne sammenhengen definert som produkter som forbedrer utseende uten å gi uønskede (bi)virkninger på helse og funksjon. Noen av produktene hevder også å ha positiv virkning på helse og diverse kroppsfunksjoner. Forbrukerne ønsker i økende grad å ha produkter av "naturlig" opprinnelse og restråstoff fra bærekraftig forvaltet og høstet hvitfisk vil kunne ha et fortrinn som kilde for utvinnelse av slike bioaktive ingredienser.

Kim (2014) gir en oversikt over funksjonelle virkninger og industriell interesse for kosmetiske produkter utvunnet av marine ingredienser (marine cosmeceuticals). Fig. 15 nedenfor gir en oversikt over mulige helseeffekter av kosmetiske produkter utvunnet av marine ingredienser på hud.



Figur 15. *Potensielle helseeffekter av kosmetiske produkter utvunnet av marine ingredienser på hud, etter Kim, S (2014).*

Bioaktive peptider (typisk bestående av 3-20 aminosyrer) kan produseres av hvitfiskrestråstoff gjennom enzymatisk hydrolyse. Slike bioaktive peptider har en funksjon ut over sin ernæringsverdi og kan ha fysiologiske- og hormonliknende egenskaper med antatte eller påståtte effekter for hudhelse.

Priser og volum
Som nevnt tidligere er dette et svært komplekst og differensiert marked. Det er derfor ikke enkelt å si noen om priser og etterspørsel. Markedet er dynamisk og etterspørselen vil drives av flere faktorer. I dag er volummarkedet innenfor proteiner og olje. Fokus i denne rapporten er proteinfraksjonen, og vi har konsentrert oss om dette.

Det er to faktorer som i dag er drivende i dette markedet. Dette er i første rekke smak og luktprofil. Deretter er prisregimet som i dag styres av tilbudet på markedet. Skal marine proteiner penetrere og eventuelt erstatte vegetabilske og animalske proteiner, vil prisene i dette markedet være styrende. Faktorer som kan kompensere for dette, er dokumenterte helse- og ernæringseffekter. Markedet blir mer kompetent, en større andel av befolkningen løftes inn i middelklassen og sammen med en økende helsebevissthet, vil dette være en driver i markedet. I tillegg vil hvert segment, altså hvilke marked man tilbyr produktene være helt avgjørende.

Generelt kan dette oppsummeres i følgende:
- Fôr: 1 - 2,5 USD/kg
- Petfood: 3 - 4 USD/kg
- Hydrolysat (konsentrat): 5 - 9 USD/kg
- Hydrolysat (isolat/pulver): + 10 USD/kg

Volum
Fôrmarkedet innenfor petfood og husdyrfôr er svakt økende. Innenfor petfoodmarkedet er det en trend hvor vi ser større etterspørsel etter spesialprodukter og det vi kaller premium-markedet. I Norge har det vært en salgsøkning på 2 - 3 prosent årlig innenfor tørr- og våtfôr, og spesielt gjelder dette til hunder.
Det mest interessante markedet ser ut til å være innenfor sportsernæring og måltidserstatninger. Dette volumet at vist en stor vekst de siste årene. Det er rapportert om en årlig økning tilbake i 2007-2008 på rundt 10 % i det største markedet, som er USA. Verdien i dette markedet ble rapportert til å være i overkant av 5 mrd USD. I dette segmentet finner vi produkter som proteinrike drikker, energirike sportsbar og kosttilskudd. De store volumene innenfor dette segmentet kommer fra soya og myseprotein. Her utgjør soyaprotein 134 000 tonn og ulike myseprotein produkter i overkant av 70 000 tonn.

7.3 Forslag til tiltak

Som tidligere antydet er markedsbildet innenfor marine proteiner svært differensiert og ganske komplisert.. Med det menes at man har svært ulike markeder, fra lavverdi fôr til høyverdiprodukter innenfor helsekostmarkedet. Verdikjeden fra råstoffeier og frem til kunden er i liten grad integrert og for å kunne ta ut hele verdiskapingspotensialet i restråstoff fra hvitfisk må man satse på en sterkere verdikjedeintegrasjon fra råstoffet, via foredling og prosessering, frem til et spisset markedsarbeid. For å få til dette må man prioritere og støtte regioner eller klynger hvor det gjøres et systematisk arbeid for å integrere verdikjeden i sterkere grad.

Det er et helt avgjørende at man øker kompetansen gjennom hele verdikjeden, slik at fokus og forståelse av kvalitet både i råstoffhåntering og prosessering blir ivaretatt. Videre må man etablere logistikk mellom flåteledd og eventuell spesialindustri på land. I dette ligger å utvikle ny teknologi for håndtering, fraksjonering (se kap.6) og stabilisering av råstoffet. Man må også gjennomføre mer grundige studier og forsøk for å utvikle egnet teknologi som ivaretar den kvaliteten som markedet krever.

For å kunne ta ut høyere pris i markedet, må man dokumentere helse- og ernæringsmessige fordeler i marine produkter. Dette krever en systematisk satsing på studier for å dokumentere slike effekter. Det bør videre gjennomføres en større og mer grundig markedsundersøkelse for å samle kunnskap om globale megatrender, forbrukeradferd, volum og priser. Dette bør sees i sammenheng med prosess- og produksjonstekniske kunnskap og kompetanse.

Følgende punkter forslås som fokusområder for å øke verdiskapingen i næringen:

- Verdikjedeintegrasjon fra råstoff til marked
- Teknologiutvikling innenfor prosess- og produksjonsteknologi
- Økt kompetanse i alle ledd
- Støtte aktører og miljøer som har naturlige komparative fortrinn

Innledende studier viser svært interessante effekter av marine proteiner, og her ligger et stort potensial til verdiøkning, men det kreves økt dokumentasjon av funksjon- og helsemessige effekter av marine proteiner – på lik linje med den omfattende litteratur som er produsert for effekter av marine oljer.

8 Inntektspotensialer for fangstledd og industri som grunnlag for innovasjon og investering

For utvikling av en "ny" industri basert på restråstoff fra hvitfisk kreves et økonomisk incitament for aktørene i hele verdikjeden fra fiskere/redere til produsenter av ferdige produkter.

For effektiv avvikling av sesongfisket etter torsk er det vanlig at fiskere i kystflåten betaler for tjenesten "sløying av fisk". Fisker slipper da å sløye om bord og kan konsentrere seg om fiskeriet samtidig som fiskemottaket får tilgang til "gratis" restråstoff som gir verdiskapning for fiskemottaket. Incitamentet for fiskeren et ikke verdiskapning av restråstoffet, men altså effektivisering av fisket.

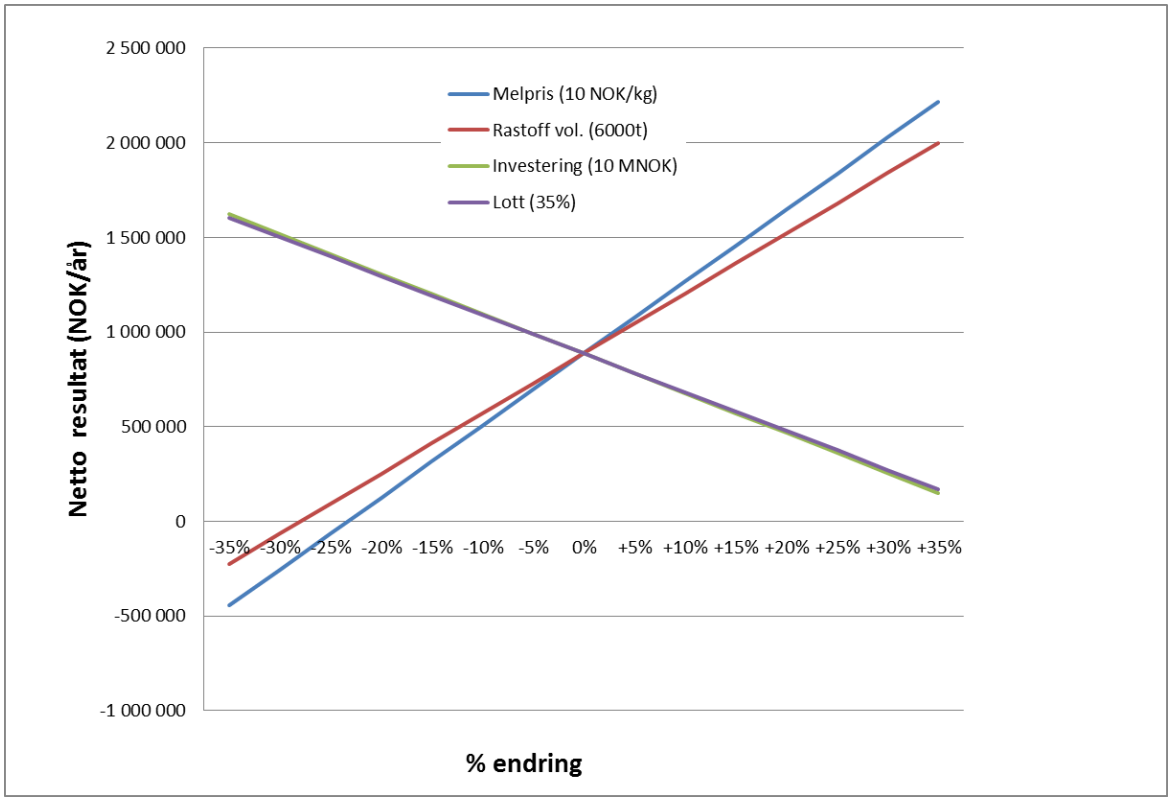
BETALER FOR Å "GI FRA SEG" RESTRÅSTOFF

Fiskekjøperne tar betaling for sløying av fisk når fiskeren leverer bløgget rund fisk. Dette gir effektiv avvikling av fisket. Betalingen kan være fra 50-60 øre og opp til kr 1,50.- pr kilo.

På den måten får fiskeindustrien "gratis" restråstoff.

I Norge fins bedrifter (mel- og oljeprodusenter og bedrifter som baserer seg på hydrolyse) som potensielt kan nyttiggjøre fryst samfengt hvitfiskrestråstoff fra den havgående fiskeflåten til sin produksjon. Gjennom kontakt med flere av disse bedriftene er det antydet et prisleie på +/- 2 NOK/kg for fryst restråstoff av hvitfisk. I rapporten til Sigurdsson *et al.* (2014) blir det stipulert at produktprisen på fryst restråstoff minst må være 4-5 NOK/kg for at dette skal bli regningssvarende å ta vare på for mannskap, dette er såpass høyt at det for fiskebåtene ville være en ren utgiftspost å levere slik råvare.

Flere norske hvitfisktrålere har installert fiskemelfabrikker for restråstoff om bord og for de få trålerne som driver filetproduksjon om bord utgjør leveranse av fiskemel en betydelig inntektskilde, mens lønnsomheten i fiskemelproduksjonen for de fartøyene som sløyer og hodekapper fisk er mer marginal. Figur 16 nedenfor viser en driftskalkyle for produksjon av fiskemel i havgående fartøy (fabrikktrål) som driver filetproduksjon om bord.



Figur 16. *Driftskalkyle for produksjon av fiskemel i havgående fartøy (fabrikktrål) som driver filetproduksjon om bord med +/- 35 % variasjon i: melpris, råstoffvolum, investeringskostnader og lott.*

Følgende forutsetninger ligger til grunn for kalkylen i figur 16:

Grunndata	
Fangstmengde rund vekt	6 000
Døgn i sjø	290
Melpris kr/kg	10,00
Råstoff for mel, % av rund fangst	65
Utbytteprosent ferdig mel i vekt av restråstoff	15
Dampkonsum kg/pr tonn restråstoff	425
Kg damp pr kg olje	15
Elektrisitet kwh/tonn restråstoff	35
El.pris kr/kwh	2,00
Oljepris kr/l	3
Emballasjepris kr/tonn mel	115
Fabrikkkapasitet tonn/døgn	20-25
Investering inkl installasjon	10 000 000
Vedlikehold kr/år fast	57 500
Vedlikehold driftsavhengig pr driftsdøgn	242
Diverse variable kostnader pr driftsdøgn	207
Lott % etter fradrag for emballasje	35
Avskrivningskostnad lineær pr år %	10
Forsikringer fast	100 000
Kalkulasjonsrente på investering %	10

Driftskalkyle		
Melproduksjon tonn pr år		**585**
Produksjonsverdi pr år		**5 850 000**
Variable kostnader		
Vedlikehold driftsavhengig/år	70 035	
Olje til damproduksjon/år	355 179	
Strøm	273 000	
Emballasje	67 275	
Div var. Kostn	60 030	
Lott 35% (prod. Verdi-emballasje)	1 980 225	
Sum variable kostnader		**2 805 744**
Faste kostnader		
Vedlikehold fast	57 500	
Forsikringer fast	100 000	
Avskrivninger (lineær)	1 000 000	
Sum faste kostnader		**1 157 500**
Resultat før kalkulasjonsrente		1 886 756
Kalkulasjonsrente		1 000 000
Netto resultat		**886 756**

Figur 17. *Forutsetninger som ligger til grunn for kalkyle for produksjon av fiskemel i havgående fartøy (fabrikktrål) som driver filetproduksjon om bord*

I driftskalkylen for produksjon av fiskemel i havgående fartøy (fabrikktrål) som driver filetproduksjon om bord (fig. 17) er det lagt inn en melpris på 10 kr/kg. Dette er et forsiktig anslag og fiskemel av anchoveta fra Peru har våren 2015 blitt omsatt for priser mellom 12 og 16 kr/kg.

For industrien er det vanskeligere å anslå inntektspotensialene for restråstoff av hvitfisk da pr. i dag ikke er etablert større industri for utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk med unntak av noen bedrifter som satser på uttak av konsumprodukter fra hvitfisk på land samt noen som satser på tørking av hoder.

For å vurdere inntektspotensialer og risiko for fangstledd og industri som grunnlag for innovasjon og investering i prosessering av biprodukter fra hvitfisk vil det være avgjørende å gjennomføre en grundig evaluering av markeds- og teknologiutfordringene. Figur 18 nedenfor kan illustrere hvordan en systematisk kan vurdere mulighetene og risiko for foredling og produkter av restråstoff fra hvitfisk med hensyn til marked og teknologi.

Teknologi		Prosess/produksjon	
	A. Eksisterende prosess	B. Ny delprosess	C. Helt ny prosess
1. Anvendt teknologi	A1. Eksisterende prosess anvendt teknologi	B1. Ny delprosess anvendt teknologi	C1. Helt ny prosess anvendt teknologi
2. Eksisterende teknologi	A2. Eksisterende prosess eksisterende teknologi	B2. Ny delprosess eksisterende teknologi	C2. Helt ny prosess eksisterende teknologi
3. Ny teknologi	A3. Eksisterende prosess ny teknologi	B3. Ny delprosess ny teknologi	C3. Helt ny prosess ny teknologi

Marked		Produktspekter	
	A. Nåværende produktspekt	B. Utvidet produktspekter	C. Helt nytt produktspekter
1. Eksisterende marked	A1. Eksisterende produkter tilbys eksisterende marked	B1. Et utvidet produktspekter tilbys eksisterende marked	C1. Et nytt produktspekter tilbys et eksisterende marked
2. Utvidet marked	A2. Eksisterende produkter tilbys et utvidet marked	B2. Et utvidet produktspekter tilbys et utvidet marked	C2. Et nytt produktspekter tilbys et utvidet marked
3. Nytt marked	A3. Eksisterende produkter tilbys et helt nytt marked	B3. Et utvidet produktspekter tilbys et helt nytt marked	C3. Et nytt produktspekter tilbys et helt nytt marked

Figur 18. *Muligheter og risiko for foredling og produkter fra restråstoff fra hvitfisk med hensyn til marked (øverst) og teknologi (nederst). Grønne felt indikerer lav risiko, gule felt moderat risiko og røde felt høy risiko.*

Figur 18 ovenfor viser at markeds- og teknologi status er avgjørende for å vurdere investeringsrisiko ved økt utnyttelse av restråstoff. *Et viktig poeng her er at en må se marked og teknologi i sammenheng.* Blir både marked og teknolog vurdert til å være i "grønn" kategori er risikoen lav, men her vil også inntektspotensialet være lavt. Kombinasjoner hvor både marked og teknologi er "røde" har svært høy risiko. For å redusere risiko, og derigjennom å øke inntektspotensialet, kreves markedsarbeid samt forskning på teknologi og prosess.

Tidligere erfaringer og bedriftsetableringer har vist mange eksempler på interessante produkter og anvendelser fra restråstoff av hvitfisk, men mange av disse initiativene (hvis kommersielt interessant

produkt) har strandet på manglende tilgang til restråstoff i forhold til de enkelte markeders behov/etterspørsel for større volum og leveringssikkerhet.

9 Oppsummering og anbefalte satsingsområder

Hvitfiskflåten og spesielt den havgående, tar i liten grad vare på restråstoff. Dette skyldes flere forhold hvor de viktigste er;

- Totalkostnadene med å ta vare på restråstoffet (som det er) overstiger forventet markedspris til dagens potensielle kjøpere
- Fokuset ved bygging av nye fiskefartøy er effektiv og minst mulig arbeidskraftsintensiv produksjon av hovedprodukt. Dette er også motivert av struktureringsordningene og kondemneringsordningene for fiskeflåten som har ført til sterk reduksjon i antall fartøy og mer kvote på hvert enkelt fartøy. Det er samtidig strenge tekniske reguleringer for fartøybygging mht. lengde og tonnasje og plass til biprodukthåndtering ombord da nedprioritert.
- Det er mangel på utstyr og teknologi som gjør biprodukthåndteringen effektiv.
- Arbeidskraft om bord er kostbar og inntekten/lønn fra fiskeri er basert på etablerte lott-systemer hvor fangstinntekt fordeles mellom rederi og mannskap slik at ekstra mannskap blir en tilleggskostnad både for rederi og mannskap. Slik blir bare den "mest lønnsomme" produksjonen om bord prioritert.

Anbefalte satsingsområder for økt utnyttelse og verdiskapning av restråstoff fra hvitfisk er;

- Utvikling av ny- eller implementering av eksisterende teknologi for automatisert sortering av restråstoff om bord.
- Forskning på industriell utvikling av prosessteknologi
- Produkt- og markedsutvikling.
- Forskning på funksjon og helsemessige effekter av marine proteiner.
- Målrettet industriell satsing i regioner hvor det i dag landes mye hvitfisk og på klynger hvor det gjøres et systematisk arbeid for å integrere verdikjeden fra fiskeri til industri og marked.

I tillegg bør det vurderes tiltak som gir fiskeflåten incitamenter til å prosessere eller ta i land restråstoff for videre foredling.

10 Referanser

Akin, O., Temelli, F., & Koseoglu, S. (2012). Membrane Applications in Functional Foods and Nutraceuticals. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(4), 347-371.

AltavidaAS. (2010). uligheter for marine proteiningredienser i det amerikanske helse- og ernæringsmarkedet: RUBIN.

APROPOS. (2013). Two stages processing of salmon co-streams for the high quality products and more profitable and sustainable production. http://www.euapropos.eu/news/52-apropos-newsletter-published-in-november.

Arason, S., Karlsdottir, M., Valsdottir, T., Slizyte, R., Rustad, T., Falch, E., et al. (2009). Maximum resource utilisation – Value added fish by-products: Nordic Innovation Centre.

Bekkevold, S., & Olafsen, T. (2007). Marine biprodukter: Råvarer med muligheter.

Carvajal, A. K., Šližytė, R., Storrø, I., & Aursand, M. (2014). Production of high quality fish oil by thermal treatment and enzymatic hydrolysis from fresh Norwegian spring spawning herring by-products. Journal of Aquatic Food Product Technology in press.

Dauksas, E., Falch, E., Slizyte, R., & Rustad, T. (2005). Composition of fatty acids and lipid classes in bulk products generated during enzymic hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products. Process Biochemistry, 40(8), 2659-2670.

Dauksas, E., Slizyte, R., Rustad, T., & Storro, I. (2004). Bitterness in fish protein hydrolysates and methods for removal. Journal of Aquatic Food Product Technology, 13(2), 101-114.

Digre, H., Skjøndal Bar, E. M., Mathiassen, J.R., Standal, D., Grimsmo, L., Henriksen, K., Romsdal, A. (NTNU) og Asche, F (UIS) (2014). Lønnsom foredling av sjømat i Norge - Med fokus på teknologiutvikling og økt automatisering.

Eysturskarð, J. (2010). Mechanical Properties of Gelatin Gels; Effect of Molecular Weight and Molecular Weight Distribution. Norwegian University of Science and Technology, NTNU.

Gildberg, A. (1993). Enzymatic Processing of Marine Raw-Materials. Process Biochemistry, 28(1), 1-15.

Gildberg, A., Arnesen, J. A., & Carlehog, M. (2002). Utilisation of cod backbone by biochemical fractionation. Process Biochemistry, 38(4), 475-480.

Hystad, H. T., Steinsbekk, S., Ødegård, R., Wichstrøm, L., Gudbrandsen, O. A. (2013). A randomised study on the effectiveness of therapist-led v. self-help parental intervention for treating childhood obesity. British Journal of Nutrition. 110: 1143-1150. Publisert 2013-02-06.

InaqAS. (2014). Fryst hvitfisk restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser: FHF.

Jeon, Y. J., Byun, H. G., & Kim, S. K. (2000). Improvement of functional properties of cod frame protein hydrolysates using ultrafiltration membranes. Process Biochemistry, 35(5), 471-478.

Kim, S (2014). Marine cosmeceuticals. Journal of Cosmetic Dermatology, 13, 56-67. Wiley Periodicals, Inc.

Kristinsson, H. G. (2007). Aquatic food protein hydrolysates In F. Shahidi (Ed.), Maximising the Value of Marine By-Products: Woodhead Publishing Ltd

Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000a). Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (Salmo salar) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(3), 657-666.

Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000b). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(1), 43-81.

Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2002). Fish protein hydrolysates and their potencial use in the food industry. In Recent Advances in Marine Biotechnology (Vol. 7, pp. 157-181). Plymouth Science Publishers, Inc.

Liaset, B., Nortvedt, R., Lied, E., & Espe, M. (2002). Studies on the nitrogen recovery in enzymic hydrolysis of Atlantic salmon (Salmo salar, L.) frames by Protamex (TM) protease. Process Biochemistry, 37(11), 1263-1269.

Mehlin, B., & Wahren, R. (2011). Internasjonal markeds- og industrianalyse for marine ingredienser.: RUBIN.

Mohr, V. (1977). Fish protein concentrate production by enzymic hydrolysis. Paper presented at the FEBS Federation of European Biochemical Societies 11th Meeting, Copenhagen.

Mohr, V. (1980). Enzymes technology in the meat and fisheries industries. Process Biochemistry, 15(6), 18-21, 32.

Mozuraityte, R., Grimsmo, L., & Storrø, I. (2012). Proteins with neutral taste from salmon backbones (SINTEF rapport A23364): SINTEF

Nilsen, H., Esaiassen, M., Østli, J., Nøstvold, B. H., Pleym, I. E., Reynisson, E., Skjelvareid, M. H. og Heia, K. (2014). Verktøy for å måle fiskekvalitet – basert på forbrukernes oppfatning (Fase 1 – forprosjekt) NOFIMA rapport 42/2014.

Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøl, R., Strandheim, & G., Kosmo, J.P. (2014). Analyse av marint restråstoff, 2013 – Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge. SINTEF-rapport A26097.

Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., Skjermo, J. (2012). Verdiskaping basert på produktive hav i 2050 DKNVS/NTVA, ISBN: 9788277190743.

Oulavallickal, T. (2010). Using Koi Carp to Produce Fish Silage. The University of Waikato

Paluchowski, L., Misimi, E., Randeberg, L.L. (2015). Hypersectral characterization of roe, milt and liver from cod (ghadus morhua). Submitted to Computers and Electronics in Agriculture.

Richardsen R. (2013). Norsk marin ingrediensindustri. Struktur, økonomi og utviklingstrekk 2007-2013. SINTEF-rapport A26402.

Rio (2012). Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil 20–22 June 2012

Rindahl, L., Richardsen, R. og Grimsmo, L. (2013) Ensilering av restråstoff fra hvitfiskflåten. SINTEF-rapport A24644, FHF #900853.

RUBIN. (1993). Håndbok i ensilering.

RUBIN. (2008). Dokumentasjon av helsegevinst ved bruk av proteinhydrolysat av laks.

RUBIN. (2009). Pereddiksyre som alternativt konserveringsmiddel i fiskeensilasje.

Rubin. (2011). Utvikling av konkurransedyktig prosessering av marint biråstoff til smaks og luktfrie fiskeproteiningredienser. Forprosjekt. Rapport nr. 204 (No. Rapport nr. 204).

Sigurdsson, F., Pedersen, J., Blakstad, F., Gjerde, B. og Grønnevedt, L. (2014). Fryst hvitfisk restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser. INAQ Rapport, FHF#900858.

Šližytė, R., Alves-Filho, O., Falch, E., & Rustad, T. (2003, June 25-27th, 2003). The influence of drying processes on functional properties of fish protein hydrolysates from cod (Gadus morhua) by-products. Paper presented at the 2nd Nordic Drying Conference, Copenhagen, Denmark.

Slizyte, R., Dauksas, E., Falch, E., Storro, I., & Rustad, T. (2005a). Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (Gadus morhua) by-products. Process Biochemistry, 40(6), 2021-2033.

Slizyte, R., Dauksas, E., Falch, E., Storro, I., & Rustad, T. (2005b). Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products. Process Biochemistry, 40(3-4), 1415-1424.

Slizyte, R., Mozuraityte, R., Martinez-Alvarez, O., Falch, E., Fouchereau-Peron, M., & Rustad, T. (2009). Functional, bioactive and antioxidative properties of hydrolysates obtained from cod (Gadus morhua) backbones. Process Biochemistry, 44(6), 668-677.

Slizyte, R., Rustad, T., & Storro, I. (2005). Enzymatic hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products - Optimization of yield and properties of lipid and protein fractions. Process Biochemistry, 40(12), 3680-3692.

Šližytė, R., Van Nguyen, J., Rustad, T., & Storrø, I. (2004). Hydrolysis of cod (Gadus morhua) by-products: influence of initial heat inactivaton, concentration and separation conditions. Journal of Aquatic Food Product Technology, 13 (2), 31-48.

Taheri, A., Farvin, K. H. S., Jacobsen, C., & Baron, C. P. (2014). Antioxidant activities and functional properties of protein and peptide fractions isolated from salted herring brine. Food Chemistry, 142, 318-326.

Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Kristinsson, H. G., & Maqsood, S. (2012). Effect of pretreatment on lipid oxidation and fishy odour development in protein hydrolysates from the muscle of Indian mackerel. Food Chemistry, 135(4), 2474-2482.

Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Nalinanon, S., & Kristinsson, H. G. (2012). Lipid oxidation and fishy odour development in protein hydrolysate from Nile tilapia (Oreochromis niloticus) muscle as affected by freshness and antioxidants. Food Chemistry, 132(4), 1781-1788.

SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no