

SLUTTRAPPORT

Råstoffbehandling og -kvalitet for marin ingrediensindustri: Forprosjekt

Utarbeidet av en arbeidsgruppe oppnevnt av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningfond (FHF)
30.6.2014

Prosjektnummer 900949/gradering åpen



FORORD

Initiativet til foreliggende prosjekt ble tatt av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Målsettingen for forprosjektet var å avklare FoU-utfordring og FoU-behov knyttet til råstoffbehandling og –kvalitet for marin ingrediensindustri. Videre definere og beskrive innhold, aktivitet og deltakelse i påfølgende hovedprosjekt, herunder:

- Identifisere relevante parametre og beskrive deres korrelasjonen i forhold til kvalitet.
- Definere ønsket kvalitet i forhold til kundekrav og produkt
- Definere minimumskvalitet i forhold til regelverk

Råstoffkvalitet i denne forbindelse er:

- Kvalitet for anvendelse til fôr
- Kvalitet til human anvendelse (næringsmiddel)

Dette skal oppnås gjennom:

- Gjennomføring av innledende tester (med analyser) av råstoffbehandling og kjøling - med bidrag fra bedrift og FoU-personell (i hovedsak ved Biomega AS)
- Engasjement av sammensatt team av FoU-personer og representanter fra næring for definering av videre arbeid (hovedprosjekt); forberedelse, diskusjon og definering av aktivitet gjennom workshops samt beskrivelse av hovedprosjekt

Fra forprosjektet skal det leveres rapport med resultater fra innledende tester og komplett beskrivelse av hovedprosjekt(er). Foreliggende rapport er arbeidsgruppens svar på oppgavene gitt fra FHF.

Arbeidsgruppens har vært sammensatt av Stein Ove Østvik (FHF) og Gunn Harriet Knutsen (FHL), Halvor Nygaard (Nofima), Rasa Slizyte, Leif Grimsmo, Ana Karina Carvajal, Tom Ståle Nordtvedt (alle Sintef), Ola Flesland (Vedde), Tore Remman (Nutrimar) samt Jan Arne Vevatne (Biomega) og Kjartan Sandnes (Biomega/Alkymar). Andre ressurspersoner fra nevnte institusjoner har vært konsultert etter behov.

Prosjektet har hatt en styringsgruppe sammensatt av Flesland, Remman og Sandnes, med Østvik og Knutsen fra FHF som observatører.

Kjartan Sandnes har vært leder for prosjektet.

INNHold

1	BAKGRUNN	5
1.1	Innledning	5
1.2	Regelverk: Hygienekrav, kvalitetskrav, tilsetningsstoffer, tekniske hjelpemidler	5
1.2.1	Hygieneregelverket	6
1.2.2	Kvalitetsregelverket	7
1.2.3	Tilsetningsstoffer til næringsmidler og bruk av tekniske hjelpestoff	8
1.2.4	Næringsmiddelenzymer	9
1.2.5	Tilsetningsstoffer og tekniske hjelpemidler ved produksjon av marine ingredienser til fôr	10
1.2.6	Referanser	10
1.3	Kvalitet og kvalitetskriterier	11
1.3.1	Konservering/kjøling	11
1.3.2	Autolyse	12
1.3.3	Bakteriell bederving	12
1.3.4	Fettoksidasjon	13
1.3.5	Kvalitetskriterier	14
1.3.6	Referanser	14
2	INNLEDENDE TESTER FRA FORPROSJEKTET	16
2.1	Innledende kjøleforsøk	16
2.1.1	Kjøling av slo med gass	16
2.1.2	Kjøling av hoder og ryggbein med gass	18
2.1.3	Kjøling av slo med bruk av varmevekslere	18
2.1.4	Kjøling med flakis	18
2.1.5	Kjøling av innmat og avskjær med issørpe/slurry	19
2.2	Kjemisk konservering	19
2.2.1	Konservering av avskjær fra sild	20

2.2.2	Konservering av innmat fra laks	25
3	FORSLAG TIL FOU-INNSATS	29
3.1	Overordnet mål	29
3.1.1	Problemstillinger og løsningsforslag	29
3.2	Case studies	31
3.2.1	Case: laks	31
3.2.2	Case: pelagisk	32
3.2.3	Case: hvitfisk	33
3.2.4	Oppsummering forslag til FoU-innsats	34

1 BAKGRUNN

1.1 Innledning

Fra sjømatnæringen i Norge var det tilgjengelig 930 000 tonn restråstoff i 2012, noe som utgjør ca 30 % av råstoffgrunnlaget. I pelagisk sektor og innen havbruk er det tilnærmet full utnyttelse mens det fra hvitfisk er bare 38 % av restråstoffet som utnyttes. Mesteparten av råstoffet utnyttes av norsk marin ingrediensindustri, hvor det produseres ulike proteinprodukter og olje. Det meste anvendes som ingredienser i fôr og noe selges som konsum- og sjømatprodukter (ca. 9 %) (Olavsens et. al. 2013, FHF-prosjekt 900855). Marin ingrediensindustri er mangfoldig og representerer en omsetning på ca. 8 mrd. NOK. Ca. 1/3 av dette er basert på norsk restråstoff fra sjømatnæringen (Richardsen 2013, FHF-prosjekt 900837).

Mange bedrifter innen marin ingrediensindustri ønsker å øke andelen av produksjon til human anvendelse. Også for anvendelse til fôr ønskes bedring og sikring av råstoffets kvalitet. Samtidig ønsker bedriftene å utvide tilgangen til råstoff, både geografisk, kvantitetsmessig og spekteret av råstofftype. Sjømatnæringen ønsker å øke restråstoffets bidrag til lønnsomhet gjennom å utvide anvendelse og markedsmulighetene for det råstoff de besitter, og/eller egenproduksjon.

Det er behov for mere kunnskap, nye metoder og teknologi for å gjøre behandling og logistikk av råstoff mer robust for ivaretagelse av kvalitet frem til videre prosessering. Både gjennom forprosjektet og gjennom påfølgende hovedprosjekt (forslag) vil det bli vektlagt utprøving av nye metoder i samspill med bedrifter.

De aktuelle varestrømmene er:

1. Hvitfisk restråstoff fra havfiskeflåte, kystflåte og fra prosesseringsanlegg
2. Lakseråstoff fra prosesseringsbedrift/slakteri
3. Pelagisk råstoff fra prosesseringsanlegg

Hver av disse varestrømmene vil ha noe ulike utfordringer med tanke på god kvalitet. Samtidig vil det innenfor hver av disse varestrømmene ligge produkter med helt ulike sammensetninger og muligheter for effektiv håndtering, herunder kjøling og andre former for konservering. Et eksempel på dette er laks, der hoder og rygg er direkte deler av fisken, men sloet vil være kvernet og flytende.

1.2 Regelverk: Hygienekrav, kvalitetskrav, tilsetningsstoffer, tekniske hjelpemidler

Dette kapitlet omhandler relevant regelverk for produksjon av marine ingredienser til human konsum.

1.2.1 Hygieneregelverket

Den generelle næringsmiddelhygieneforskriften har bestemmelser som gjelder for all matproduksjon, inkludert produksjon av sjømat og marine ingredienser. Forskriften gjennomfører EU-Forordning nr. 852/2004, og i vedlegg II er det gitt nærmere bestemmelser og målkrav til de såkalte grunnforutsetningene som krav til lokaler, utstyr, transport, personlig hygiene, renhold m.m.

§§ 11 og 12 gir utfyllende nasjonale temperaturkrav om at lettbederverlige næringsmidler skal oppbevares, transporteres og oppbevares ved 4 °C eller lavere. Denne nasjonale bestemmelsen overstyrer ikke temperaturkrav for produkter der det er gitt egne bestemmelser i annet regelverk, se nedenfor.

Animaliehygieneforskriften gjennomfører EU-Forordning nr. 853/2004, som i vedlegg III, avsnitt VII har særskilte bestemmelser for fiskerivarer. Ferske fiskerivarer, også råstoff til marine ingredienser skal oppbevares ved en temperatur som nærmer seg temperaturen i smeltende is. Samme temperaturkravet gjelder for transport og lagring.

Det er gitt grenseverdier for innhold av histamin og totalt flyktig basisk nitrogen (TVBN) i uforedlede fiskerivarer. Det vil også gjelde for råstoff til marine ingredienser. Grenseverdiene for TVBN er:

- a) 25 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene *Sebastes* spp., *Helicolenus dactylopterus*, *Sebastichthys capensis*.
- b) 30 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene tilhørende familien *Pleuronectidae* (unntatt kveite: *Hippoglossus* spp.).
- c) 35 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene *Salmo salar*, arter tilhørende familien *Merlucciidae*, arter tilhørende familien *Gadidae*
- d) 60 mg nitrogen/100 g hele fiskerivarer som brukes direkte i framstillingen av fiskeolje til konsum som nevnt i avsnitt VIII kapittel IV del B nr. 1 annet ledd i vedlegg III til forordning (EF) nr. 853/2004. Når råvarene etterkommer del B nr. 1 bokstav a), b) og c) i nevnte kapittel, kan imidlertid medlemsstatene fastsette høyere grenseverdier for visse arter, i påvente av at det fastsettes særlig fellesskapsregelverk. (se nedenfor)

Grenseverdien på 200 mg/kg for histamin gjelder kun for fiskearter som forbindes med store mengder histidin (særlig familien *Scombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae* mv.).

Av særlig interesse for marin ingrediensindustri er bestemmelsene for fiskeolje til humant konsum.

B. Krav til fiskeolje beregnet på konsum

1. Råvarer som brukes i framstillingen av fiskeolje beregnet på konsum skal:

- a) komme fra virksomheter, herunder fartøyer, som er registrert eller godkjent i henhold til forordning (EF) nr. 852/2004 eller til denne forordning,
- b) komme fra fiskerivarer som er egnet til konsum og som er i samsvar bestemmelsene i dette avsnitt,

- c) transporteres og lagres under hygieniske forhold,
- d) kjøles så snart som mulig og beholde den temperaturen som er fastsatt i kapittel VII
(*Kommentar: det vil si temperatur som nærmer seg temperaturen i smeltende is*).

Som unntak kan en unnlate å kjøle fiskerivarene når hele fiskerivarer brukes direkte i framstillingen av fiskeolje beregnet på konsum, og råvaren bearbeides innen 36 timer etter lasting, forutsatt at kriteriene for ferskhets er oppfylt og verdien av totalt flyktig basisk nitrogen (TVBN) i de ubearbeidede fiskerivarene ikke overstiger grenseverdiene fastsatt i avsnitt II kapittel I nr. 1 i vedlegg II til kommisjonsforordning (EF) nr. 2074/2005 (*kommentar: se teksten ovenfor om grenseverdier*).

Det fremgår ikke direkte av regelverket at det er tilsvarende unntak fra temperaturbestemmelsene når fisken ikke lenger er hel, dvs. for marint restråstoff. Men ser en på avsnittene for gelatin og kollagen i samme forordning, så er det der gitt følgende unntak fra temperaturkravene for råstoff som foredles/prosesseres innen 24 timer etter at det er sendt.

"Råstoff skal transporteres og lagres kjølt eller fryst, med mindre det skal foredles innen 24 timer etter at det er sendt."

Dersom det kan fremlegges dokumentasjon om at hygienien og kvaliteten er ivaretatt i alle ledd i verdikjeden, at produktet er trygt, og at det er god styring og kontroll i alle ledd, har det vært mulig å få aksept for tilsvarende unngåelige, korte perioder med høyere temperaturer ved transport av råstoff til marin ingrediensindustri.

1.2.2 Kvalitetsregelverket

Den nye forskriften om kvalitet på fisk og fiskevarer har eget kapittel med kvalitetskrav til råstoff til ulik anvendelse. Råstoffkrav til produksjon av fiskemel, fiskeproteinhydrolysat, fiskeolje, tran og andre marine ingredienser til humant konsum er angitt i § 12. Til framstilling av marine ingredienser kan all fisk og alle fiskevarer som er egnet til humant konsum brukes. Dette omfatter også hel fisk og restråstoff som oppstår etter bearbeiding og foredling av fiskevarer, såfremt de fortsatt er egnet til humant konsum. Til framstilling av tran kan bare lever av torsk, sei eller hyse, eventuelt i blanding, brukes. Lever som er gått i oppløsning, skal ikke brukes til framstilling av tran.

Den viktigste endringen er at følgende fisk og fiskevarer som i henhold til § 14 første ledd bokstavene c) til j) ikke kan omsettes til humant konsum, allikevel kan anvendes som råstoff til marine ingredienser. Det gjelder råstoff som er

- fryse- eller tørkebrent,
- buktært eller har betydelige lever- og/eller galleflekker,
- oppdrettsfisk med sår, misdannelser, grove behandlingsfeil eller indre kvalitetsfeil
- oppdrettsfisk med tydelig kjønnsdrakt
- blodsprenget eller oppløst i fiskekjøttet eller har avvikende lukt,
- har påviselig rødmidd, svartmidd eller brunmidd eller er betydelig jordslått,
- er forurenset av stoffer i konsentrasjoner som gir fisk og fiskevaren unormale sensoriske egenskaper; det må dokumenteres at disse stoffene ikke vil være til stede i sluttproduktet.
- har høyere verdier av trimetylaminnitrogen enn 10 mg/ 100g fiskekjøtt i gjennomsnitt

1.2.3 Tilsetningsstoffer til næringsmidler og bruk av tekniske hjelpestoff

Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler regulerer både tilsetning av tilsetningsstoffer i et næringsmiddel og indirekte via definisjonen også bruken av tekniske hjelpestoffer i produksjonsprosessen. Dette selv om artikkel 2 i EU -forordning 1333/2008 fastslår at den ikke gjelder for tekniske hjelpestoff.

Definisjoner:

a) «tilsetningsstoff i næringsmiddel» ethvert stoff som vanligvis ikke inntas som et næringsmiddel i seg selv, og som vanligvis ikke brukes som en typisk ingrediens i næringsmidler, uansett om det har en næringsverdi eller ikke, som dersom det bevisst tilsettes næringsmidler med et teknisk formål i forbindelse med framstillingen, foredlingen, bearbeidingen, behandlingen, emballeringen, transporten eller lagringen av slike næringsmidler, fører til eller med rimelighet kan forventes å føre til at tilsetningsstoffet eller dets biprodukter direkte eller indirekte blir en bestanddel i slike næringsmidler.

Dette etterfølges av en lang liste over hva som ikke er et tilsetningsstoff.

b) «teknisk hjelpestoff» ethvert stoff som

- i) ikke inntas som et næringsmiddel i seg selv,
- ii) med hensikt brukes ved bearbeiding av råvarer, næringsmidler eller ingredienser i disse, for å oppfylle et bestemt teknisk formål under behandlingen eller bearbeidingen, og
- iii) kan resultere i en utilsiktet eller teknisk uunngåelig forekomst av restmengder av stoffet eller dets derivater i sluttproduktet, forutsatt at restmengdene ikke utgjør noen helserisiko eller virker teknisk inn på det ferdige produktet,

Hovedforskjellen er at alle tilsetningsstoffer som benyttes både skal stå på en liste over godkjente tilsetningsstoffer, samt at de skal være godkjent til anvendelse på produktet/produktkategori. Det er krav om merking når tilsetningsstoffer brukes.

Det er tillatt å bruke tekniske hjelpestoff i all næringsmiddelproduksjon, herunder i alle prosesstrinn i sjømatproduksjonen. Det er ingen godkjenningsordning for tekniske hjelpestoffer tilsvarende den godkjenningsprosedyren vi har for tilsetningsstoffer, ei eller noen plikt til å varsle om at man starter opp med å bruke hjelpestoff. Bedrifter som ønsker å bruke teknisk hjelpestoff i produksjonen, må legge bruken inn i sin løpende dokumentasjon og rutinebeskrivelser for produksjonsprosessen. Mattilsynet vil i forbindelse med vanlige tilsynsbesøk vurdere om det og øvrige bruk av teknisk hjelpestoffet er gjort i henhold til regelverket. Det er ikke krav om merking ved bruk av tekniske hjelpestoffer eller varsling til Mattilsynet om at produsenten tar slike hjelpestoff i bruk.

Det sentrale her, er at man i egenkontrollsystemet skriftlig beskriver hensikten med bruken av et gitt stoff i en nærmere beskrevet produksjon av de aktuelle produkter. Dersom men kan godtgjøre at det ikke er noen rester av hjelpestoffet i produktet, er det ikke behov for mer dokumentasjon. Dersom det imidlertid er "en utilsiktet eller teknisk uunngåelig forekomst av restmengder av stoffet eller dets

derivater i sluttproduktet" må man kunne godtgjøre/ dokumentere at de restene som er igjen i produktet når det sendes på markedet, ikke har noen teknologisk effekt i produktet. Dette kan gjøres ved at man dokumenterer at hjelpestoffet er omdannet i løpet av prosessen slik at det ikke lenger kan ha noen teknologisk funksjon, at de på annen måte er inaktivert i løpet av produksjonen og derfor ikke lenger har noen effekt eller at konsentrasjonene er så lave at de ikke har noen effekt i sluttproduktet. Hvordan slik dokumentasjon skaffes vil selvfølgelig variere avhengig av stoffet og produksjonsprosessen, men ofte vil leverandørene kunne dokumentere dette. Det som er viktig er at bruken (konsentrasjoner, virketid osv) er i samsvar med det som er angitt i dokumentasjonen man har. Det kan også hende man må gjennomføre analyser basert på egne produksjonsrutiner for å dekke kravet til dokumentasjon. Man må selvfølgelig også dokumentere at eventuelle rester ikke utgjør noen helseisiko.

Det er dessuten grunn til å være oppmerksom på at man kan bruke stoffer som er godkjent som tilsetningsstoff som teknisk hjelpestoff dersom man oppfyller kravene i definisjonen over. Videre kan man bruke andre stoffer som teknisk hjelpestoff enn de som er godkjent som tilsetningsstoff.

1.2.4 Næringsmiddelenzymer

Forskrift om næringsmiddelenzymer gjennomfører EU- forordningen nr. 1332/2008 om næringsmiddelenzymer. Den regulerer bruk av næringsmiddelenzymer i næringsmidler, inkludert enzymer som brukes som tekniske hjelpestoffer. Forordningen inneholder bestemmelser for godkjenning og bruk av næringsmiddelenzymer, herunder om opprettelsen av en fellesskapsliste over godkjente næringsmiddelenzymer, bruksbetingelser mv. og merkeregler.

Næringsmiddelenzymer defineres som et produkt som er framstilt av planter, dyr eller mikroorganismer eller produkter av disse, herunder et produkt som framstilles gjennom en fermenteringsprosess med mikroorganismer. Næringsmiddelenzymer katalyserer en bestemt biokjemisk reaksjon og tilsettes næringsmidler. Tilsetting av næringsmiddelenzymer skal ha et teknologisk formål under foredlingen, bearbeidingen, behandlingen, emballeringen, transporten eller lagringen av næringsmidler.

Definisjonen på et «næringsmiddelenzympreparat» er en utforming som består av ett eller flere næringsmiddelenzymer og som er iblandet stoffer som f.eks. tilsetningsstoffer i næringsmidler og/eller andre næringsmiddelingsredienser for å forenkle lagring, salg, standardisering, fortykning eller oppløsning.

Kun næringsmiddelenzymer som står oppført på en fellesskapsliste over godkjente næringsmiddelenzymer kan omsettes som sådan og brukes i næringsmidler. Men det harmoniserte EU regelverk for næringsmiddelenzymer er så nytt, at fellesskapslisten ikke er opprettet ennå.

EU forordning No 1331/2008 beskriver godkjenningprosedyrene som er felles for tilsetningsstoffer, enzymer og aromastoffer som benyttes i næringsmidler. Fristen for å levere søknader om godkjenning som skal vurderes av EFSA er satt til 42 måneder fra 11. september 2011, dvs. 11. mars 2015. Deretter skal søknadene vurderes av EFSA før fellesskapslisten fastsettes av EU Kommisjonen.

Inntil da gjelder nasjonale bestemmelser, dvs. at de enzymer som allerede er i bruk fortsatt kan brukes. Det er eksplisitt nevnt i fortalen til forordningen av etableringen av fellesskapslisten for

næringsmiddelenzymer skal gjennomføres på en smidig måte slik at eksisterende handel og produksjon ikke blir skadelidende.

1.2.5 Tilsetningsstoffer og tekniske hjelpemidler ved produksjon av marine ingredienser til fôr

Forskrift om tilsetningsstoffer i fôrvarer implementerer EU- forordning nr. 1831/2003 med tilhørende lister over tilsetningsstoffer som kan brukes i fôrvarer.

På samme måte som for tilsetningsstoffer for næringsmidler, så er det kun tillatt å bruke tilsetningsstoffer i fôrvarer når de står oppført på listen, bruksbetingelsene er oppfylt og merkereglene følges. På samme måte er tekniske hjelpemidler ikke regulert av forordningen. Tekniske hjelpemidler må ikke være godkjent og må heller ikke stå på en liste.

Her er definisjon for tilsetningsstoff og tekniske hjelpestoff fra forordningen:

(a) 'feed additives' means substances, micro-organisms or preparations, other than feed material and premixtures, which are intentionally added to feed or water in order to perform, in particular, one or more of the functions mentioned in Article 5(3);

(h) 'processing aids' means any substance not consumed as a feedingstuff by itself, intentionally used in the processing of feedingstuffs or feed materials to fulfil a technological purpose during treatment or processing which may result in the unintentional but technologically unavoidable presence of residues of the substance or its derivatives in the final product, provided that these residues do not have an adverse effect on animal health, human health or the environment and do not have any technological effects on the finished feeds

Alle tilsetningsstoffer som er brukt i et fôrmiddel må selvfølgelig merkes, på samme måte som for næringsmidler.

Den store forskjellen fra regelverket for næringsmidler er bestemmelsene med hensyn til tekniske hjelpestoffer. I henhold til forskrift av merking m.m av forvarer så kan det ikke være rester av tekniske hjelpestoff i det ferdige fôrmiddelet. Dersom det er teknologisk uunngåelige rester igjen, så må det det kun brukes godkjente tilsetningsstoff som teknisk hjelpemiddel og det må merkes tilsvarende.

1.2.6 Referanser

- Forskrift nr 1623 av 22.12.2008 om næringsmiddelhygiene (næringsmiddelhygieneforskriften) http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-12-22-1623?q=hygiene**

- Forskrift nr 1624 av 22.12.2008 om særlige hygieneregler for næringsmidler av animalsk opprinnelse (animaliehygieneforskriften) http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-12-22-1624?q=hygiene**
- Forskrift nr 844 28.6.2013 om kvalitet for fisk og fiskevarer http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-28-844?q=kvalitetsforskriften*
- Forskrift nr 668 6.6.2011 om tilsetningsstoffer til næringsmidler http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-06-06-668?q=tilsetningsstoff**
- Forskrift nr 667 6.6.2011 om næringsmiddelenzymer <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-06-06-667>
- Forskrift nr 319 12.4.2005 om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-04-12-319>
- Forskrift om merking og omsetning av fôrvarer
- <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-04-02-360>
- EU- forordning nr. 1831/2003 med tilhørende lister over tilsetningsstoffer som kan brukes i fôrvarer.
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1831&from=EN>

1.3 Kvalitet og kvalitetskriterier

Fisk er en lett bederelig råvare. Når fisken dør starter en serie nedbrytningsprosesser. I første fase skyldes kvalitetstapet hovedsakelig biokjemiske reaksjoner forårsaket av endogene enzymer. Denne autolysen frigjør næringsstoffer som utnyttes av en voksende bakterieflora. Bakterievekst fører i neste omgang til bederving ved nedbrytning av fiskevev og opphoping av flyktige og/eller giftige endeprodukter. Endringene som skjer varierer avhengig av fiskeslag, lagringsbetingelser, o.a. (Nielsen, 1995).

Kvaliteten av fisk forringes under lagring pga ulike biokjemiske og mikrobielle nedbrytningsprosesser, hastigheten avhenger av fiskens egenskaper samt av behandling og lagringsbetingelser, herunder temperatur.

1.3.1 Konservering/kjøling

Konservering kan forsinke nedbrytningen slik at holdbarheten øker. Konsumfisk blir i dag konservert hovedsakelig ved ulike kjølemetoder som senker både biokjemiske og mikrobiologiske prosesser.

Biologiske, kjemiske eller fysiske konserveringsmetoder kan ytterligere bidra til holdbarhetsøkning (Ghanbari et al., 2013, Sanjuas Rey et al., 2012).

Hver av varestrømmene nevnt i kap. 1.1 vil ha ulike utfordringer med tanke på god kjøling. Samtidig vil det innenfor hver av disse varestrømmene ligge produkter med helt ulike sammensetninger og muligheter for effektiv kjøling. Et eksempel på dette er laks, der hoder og rygg er direkte deler av fisken, men sloet vil være kvernet og flytende.

Når det gjelder kjøling generelt, må man ha fokus på alle ledd i kjeden. Dette innbefatter:

- Håndteringsoperasjoner
- Lagring før transport
 - På land (primært)
 - På sjø (i bevegelse)
- Transport
- Lagring etter transport (før anvendelse)
- Metode og teknologi for kjøling før/under/etter transport og lagring

1.3.2 Autolyse

Når fisken dør stopper tilførselen av oksygen til muskulaturen. Ved oksygenmangel brytes glykogen ned til melkesyre som gir fall i pH.

ATP som er viktigste energikilde for metabolske reaksjoner brytes hurtig ned. Lavt ATP nivå utløser rigor mortis (dødsstivhet) og hindrer vedlikehold av cellenes fysiske integritet. ATP brytes ned via ADP, AMP,

IMP, inosin til hypoxanthin. Det er vist at sensoriske endringer korrelerer med graden av ATP-nedbrytning (Saito et al., 1959, Hattula, 1997).

Proteaser som finnes i bl.a. muskelvev, organer og fordøyelseskanaal løser opp proteiner og frigjør derved peptider og aminosyrer som i neste omgang gir vekstgrunnlag for bakterier.

Lipaser (hovedsakelig fra innvoller) fører til dannelsen av frie fettsyrer ved at de spalter triglycider til diglycider og frie fettsyrer (FFA). Dannelsen av FFA fører til redusert kvalitet og stabilitet på råstoffet. Studier har vist at lagring av restråstoff (Aidos et.al, 2003, Carvajal, 2013) fra sild og pollack (Wu and Bechtel, 2009) før prosessering har ført til økt dannelse av FFA og lavere kvalitet på den produserte oljen.

1.3.3 Bakteriell bederving

Bakterier finnes på alle overflater og i tarmen på levende og nyfanget fisk. Antallet varierer fra 10^2 til 10^7 CFU/cm² på skinn og fra 10^3 til 10^9 CFU/g på gjeller og i tarm. Floraen i fisk fra rent, kalt sjøvann i tempererte havområder ligger i nedre del av området.

Bakteriefloraen i fisk fra tempererte havområder har minimumstemperatur for vekst på ≤ 0 °C og optimumstemperatur 15-25 °C. Floraen er i utgangspunktet dominert av Gram-negative bakterier fra slektene *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Shewanella*, *Flavobacterium*, *Photobacterium* og *Vibrio* (Gram, 1995). Nyere molekylærbiologiske metoder har vist at floraen også inneholder bakterier som ikke detekteres med konvensjonell dyrkingsbasert metodikk (Austin, 2006).

Under lagring går bakteriefloraen i fisk fra tempererte havområder umiddelbart inn i eksponentiell vekst og kan nå et maksimum (10^7 - 10^9 CFU/g) innen 1 døgn ved 25 °C eller 2-3 uker ved is-lagring. Floraens sammensetning endres drastisk under lagringen. Ved lagring på is og i nærvær av luft blir *Shewanella* spp. og *Pseudomonas* spp. dominerende, mens ved høyere lagringstemperaturer blir *Vibrio*-lignende arter dominerende (Gram, 1995). Noen bakterietyper spiller en særlig viktig rolle når fisken blir bedervet. «Special Spoilage Organisms» (SSO) er hovedansvarlige for produksjon av lukt- og smaksstoffer som forbindes med bederving. *Shewanella putrefaciens* og *Shewanella baltica* har blitt identifisert som viktigste SSO ved is-lagring av fisk i luft, mens *Photobacterium phosphoreum* er viktigst ved lagring i CO₂ atmosfære (Gram and Dalgaard, 2002).

Fremvekst av oksygen-forbrukende bakterier fører tidlig til anaerobe forhold i fiskemassen. I fravær av oksygen kan noen bakterier benytte TMAO som alternativ elektronakseptor i anaerob respirasjon. Dette gir TMA som er en av hovedkomponentene i "total flyktig N" (TVN). TMA er en dominerende luktkomponent i bedervet fisk. Når all TMAO er redusert til TMA, fortsetter TVN å stige på grunn av NH₃ fra aminosyre-nedbrytning. Biogene aminer (histamin, m.fl.) som dannes ved dekarboksylering av visse aminosyrer inngår også i TVN. Bakteriell omsetning av nukleotider fører til dannelsen av bl.a. hypoxanthin.

Av flyktige svovel-forbindelser dannes H₂S fra cystein, mens methyl-mercaptan og dimethyl-sulfid dannes fra methionin. Forbindelsene er svært luktsterke og kan kjennes selv i lave konsentrasjoner.

Aldehyder, ketoner, estere dannes ved bakteriell omsetning av aminosyrer (glycine, serine, leucine).

Ved lenger tids lagring kan en anaerob bakterieflora gjøre seg sterkt gjeldende med ammoniakk-dannelse og akkumulering av lavere fettsyrer som eddik-, propion- og smørsyre.

1.3.4 Fettoksidasjon

Marint restråstoff inneholder en høy andel av de langkjedede flerumettede fettsyrene (EPA, DHA og DPA) som er i høy grad utsatt for oksidasjon, noe som gjør lipidoksidasjon til en av de fremste årsakene for kvalitetsforringelse i råstoffet. Lipidoksidasjon er en reaksjon mellom oksygen og umettede fettsyrer og fører til dannelsen av primære oksidasjonsprodukter (peroksider) som kan brytes ned til sekundære oksidasjonsprodukter. Sistnevnte bidrar til blant annet uønsket lukt og smak. Lipidoksidasjon er en dynamisk prosess hvor dannelsen og nedbrytningen av uønskede oksidasjonsprodukter skjer samtidig, og påvirkes av flere faktorer som oksygentilgang, lagringstemperatur, lys, samt prooksidanter og antioksidanter.

Når fisken dør starter en serie enzymatiske prosesser som kan føre til dannelsen av oksidasjonsprodukter. I tillegg til dannelsen av frie fettsyrer forårsaket av lipaser og fosfolipaser kan

lipoxygenaser katalysere dannelsen av lipidperoksider. Nedgangen i pH forårsaket av post mortem vil føre til at hemoglobinet blir en mer effektiv prooksidant som gir økt oksidasjonshastighet. Restråstoff inneholder høye konsentrasjoner av blod, og det er dermed viktig å kunne kontrollere hemoglobinmediert oksidasjon i råstoffet.

1.3.5 Kvalitetskriterier

Kvaliteten av fisk kan bedømmes enten ved sensoriske eller ved instrumentelle/kjemiske metoder. Sensorisk bedømmelse av kvalitet på fisk kan være subjektiv og vanskelig å relatere til kvantitative standarder og grenseverdier. Objektive kjemiske, biokjemiske eller mikrobiologiske metoder som korrelerer med sensoriske egenskaper er egnet for gradering av kvalitet og klassifisering av fisken i forhold til myndighetskrav eller kundekrav.

Konvensjonelle analysemetoder er imidlertid tidkrevende og lite egnet i on-line rutinekontroll og prosessstyring. I de senere år er det utviklet hurtige, non-destruktive spektroskopiske metoder for bestemmelse av ferskhet og kvalitet i ulike matvarer, inkludert fisk.

1.3.6 Referanser

- Aidos, I., Van Der Padt, A., Boom, R.M, and Luten, J., 2003, Quality of Crude Fish Oil Extracted from Herring By-products of Varying States of Freshness, *Journal of Food Science*, **68 (2)**, 458 – 465
- Austin, B. (2006). The bacterial microflora of fish, Revised. Review article. *The Scientific World Journal*, **6**, 931-945
- Carvajal, A. K. (2013). Utilization of by-products from Norwegian spring spawning herring for human consumption. Department of Biotechnology. Trondheim, The Norwegian University of Science and Technology. PhD.
- Dalgaard, P. (1995). Quality changes and shelf life of chilled fish. *In*: Huss, H.H. (ed.). Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome, FAO.
- Ghanbari, M., Jami, M., Domig, K.J., and Kneifel, W. (2013). Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. *LWT-Food Science and Technology*. **54**. 315-324.
- Gill, T. (1995). Postmortem changes in fish. Autolytic changes. *In*: Huss, H.H. (ed.). Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome, FAO.
- Gram, L. (1995). Postmortem changes in fish. Bacteriological changes. *In*: Huss, H.H. (ed.). Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome, FAO.
- Gram, L. and Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, **13**: 262-266.
- Hattula, T. (1997). Adenosine triphosphate breakdown products as a freshness indicator of some fish species and fish products. Academic dissertation, University of Helsinki, VTT Publications 297.
- Nielsen, J. (1995). Postmortem changes in fish. Sensory changes. *In*: Huss, H.H. (ed.). Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome, FAO.
- Saito, T., K. Arai, and M. Matsuyoshi (1959). A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **24**, 749-50.

- Sanjuas Rey, M., Garcia-Soto, B., Fuertes-Gamundi, J.R., Aubourg, S. and Barros-Velazquez, J. (2012). Effect of natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *LWT-Food Science and Technology*. **46**. 217-223.
- Wu, T. H. and P. J. Bechtel (2009). Quality of Crude Oil Extracted from Aging Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) Byproducts. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society* **86**(9): 903-90.

2 INNLEDENDE TESTER FRA FORPROSJEKTET

2.1 Innledende kjøleforsøk

Ved Biomega AS hentes restråstoff fra laksefisk inn som fersk vare med mål å kunne prosessere næringsmidler. Det er gjennomført innledende tester av ulike metoder for konservering av råstoff gjennom en studentoppgave ved Høgskolen i Bergen (Kjølesystemer for kvalitetsbehandling av restråstoff fra fiskeindustrien, Djupevåg, Franzen og Sylta, 2013), samt forsøk med gasskjøling ved bruk av CO₂ og N₂ (AGA/Linde Gas - pilotskala). Samtidig har en ved Biomega lagt vekt på oppfølging gjennom dokumentasjon/kjemiske analyser av råstoffet i samarbeid med Nofima. Kort kan nevnes oksidasjon, dannelse av frie fettsyrer, mikrobiologi (anaerobe sulfittreducerende bakterier og kimtall), nitrogenholdige nedbrytningsprodukter etc.

Det bør vurderes å gjennomføre et fullskala forsøk med bruk av slurry (sjøvann med innhold av is) i et påfølgende hovedprosjekt.

Aktuelle kjølemetodene som er undersøkt:

- CO₂ kjøling av innmat og avskjær som mix.
- Kjøling av innmat og avskjær med slurry.
- Kjøling av innmat og avskjær med issørpe.
- Kjøling av avskjær med slurry, og kjøling av innmat med varmeveksler.

I forprosjektet har restråstoff fra lakselakterier vært i fokus. I og med at dette innbefatter både hode, rygg og slo, så kan man kjøleteknisk sett forvente gode korrelasjoner til både pelagisk og hvitfisk.

2.1.1 Kjøling av slo med gass

Gjennom studentoppgaven ble det gjennomført forsøk med gasskjøling av slo ved bruk av pilotanlegg fra Yara Praxair. Testriggen bestod av et blandekar med mikser for omrøring, og to tidsstyrte injeksjonsdyser for gassen. CO₂ gassen ble matet inn støtvis, og pulstiden var 1 sekund, med en pause på 6 sekunder mellom pulsene. Det ble ikke registrert isdannelse i produktet eller rundt dysene.

I forprosjektet er det i tillegg til studentoppgaven gjennomført et forsøk på kjøling av innmat (flytende) fra laks med bruk av CO₂ og N₂. Forsøket ble gjennomført av AGA/Linde Gas, BioMega og SINTEF Energi.

Forsøket ble gjennomført i pilotskala, innledningsvis med kjøling av vann, før slo ble forsøkt nedkjølt. Linde Gas har patentert en løsning for kjøling av flytende produkter (som bl.a. supper). Sentralt i dette er en spesielt utviklet dyse; LiX shooter valve. Det er tenkt at denne løsningen også kan være aktuell for kjøling av flytende restråstoff. Det var ikke mulig i denne omgang å få installert LIX-shooter dysen. I stedet ble det benyttet to ulike løsninger, den ene der tynt rør ble klemt sammen til oval åpning og

stukket inn i nedre del av tanken, den andre der rør ble påført hull jevnt fordelt over lengden som var satt i vinkel.

Innledende forsøk indikerte at forbruk av CO₂ til kjøling av vann ble beregnet å være 0,012 kg CO₂ pr kg vann pr grad. Til sammenligning ble forbruk av CO₂ til tre forsøkskjølinger av vann under studentoppgaven beregnet å være hhv. 0,036, 0,021 og 0,024 kg CO₂ pr kg vann pr grad. Det ble her funnet at virkningsgraden på gassen var rundt 50 %. I tillegg er erfaringstall fra Yara Praxair opplyst, og etter beregninger med disse er forventet forbruk av CO₂ satt til 0,011 kg CO₂ pr kg vann pr grad.

Forbruk av N₂ til kjøling av vann ble beregnet å være 0,0105 kg N₂ pr kg vann pr grad.

Forsøkene med kjøling av slo lyktes ikke, da trykket fra gassen ikke gav sirkulasjon i tanken. Det ble lokal frysing av produktet rundt dysene, samt at gassen gikk i kanaler opp gjennom produktet og ut i tanken. Man fikk dermed frosset et lokk på overflaten av produktet

Et andre forsøk på gasskjøling (både CO₂ og N₂) av flytende restråstoff ble gjennomført ved Biomega. Forsøket ble også her gjennomført av AGA/Linde Gas, Biomega og SINTEF Energi og SINTEF Fiskeri og havbruk.

Forsøket ble på nytt gjennomført i pilotskala, men denne gangen ble det benyttet en spesielt utviklet dyse; LiX shooter valve (se Figur 1 nedenfor). Samtidig var det installert røreverk.



Figur 1. Nedkjøling av innmat med CO₂ og N₂ ved BIOMEGA 31. mars 2014.

Forsøket gikk svært godt, og 4-700 liter restråstoff ble avkjølt med 3-7 grader på 6-9 minutter. Det er ikke kjent hvor stort gassforbruk som gikk med under forsøkene pga. manglende tabeller. Det videre arbeid bør bestå i design av tank, røreverk, hygienisk design, gassforbruk og kostnader, samt bestemmelse av optimal dyseplasseringer, antall og pulstidspunkt.

2.1.2 Kjøling av hoder og ryggbein med gass

Å benytte gass til kjøling av hele hoder og rygg synes å være en mindre god løsning. Det vil være fare for frysing på overflaten, mens kjernen fortsatt vil ha høy temperatur. Dette fører til at man må tilføre gassen sakte, slik at temperaturen kan utjevnes uten frysing. Det ble i studentoppgaven gjennomført forsøk på gasskjøling av kvernet hode og rygg. Denne massen har mye høyere viskositet enn slo.

I motsetning til innmat der gass kan bobles direkte inn i den flytende massen, vil dette kunne gi utfordringer for kvernet hode og rygg. En større andel gass vil kunne unngå å avgi kjøleeffekt til råvarene. Forsøk ble utført med bruk av Yara Praxair sitt utstyr der gass blåses direkte inn på det kvernedede produktet under mekanisk røring. Ut fra leverandør-opplysninger kreves det 0,13 kg gass/kg produkt ved systemet til Yara Praxair.

Forsøkene viste derimot at gassbehovet var lavere enn ved kjøling av slo, og innledende forsøk indikerte et gassforbruket på hhv. 0,022, 0,016 og 0,010 kg CO₂ pr kg produkt pr grad. En årsak til dette kan være at gassen blir "låst" inne under produktet pga. den høye viskositeten, og at gassen dermed får bedre tid til å avgi kuldekapasiteten.

2.1.3 Kjøling av slo med bruk av varmevekslere

Til å kjøle innmatten kan det være aktuelt å bruke varmevekslere, der det flytende produktet strømmer gjennom en varmeveksler og avkjøles. Kjølingen kan skje ved bruk av direkte ekspansjon av kuldemedium eller helst mot en glykolkrets som er knytte til et eget kjøleanlegg.

Biomega har fått dimensjonert en rør-i-rør varmevekslere til råstoffkjøling ved slakteri. Denne er konstruert for å gi en turbulent strømning slik at segregering unngås. Segregering vil si at partikler skiller seg fra en homogen blanding, og faller til bunnen. Bunnfallet kan samle seg og gi plugging i rørene. Dette problemet er aktuelt ved oppvarming av innmat, men er sannsynligvis mindre kritisk ved kjøling da segregering foregår saktere ved lave temperaturer.

2.1.4 Kjøling med flakis

Alle slakteriene har god tilgang på flakis gjennom egne ismaskiner, og det er derfor viktig å få undersøkt kjøleeffekten ved bruk av flakis.

Når det gjelder kjøling av flytende slo, vil det være nødvendig at innblanding av is skjer med omrøring for å sikre rask og jevn kjøling. Forsøk med dette ble utført i studentoppgaven. Tilsats av is ble beregnet ut fra start temperaturene på råstoffet. Det ble beregnet at 13 % is innblandet var tilstrekkelig for å få temperaturen ned til 2 °C før all isen var smeltet. Temperaturen gikk relativt raskt ned, men med denne metoden vil vanninnholdet i produktet øke.

2.1.5 Kjøling av innmat og avskjær med issørpe/slurry

En variant av kjøling med is er bruk av issørpe. Dette er ispartikler fra 0,1 til 1 mm i diameter som er blandet i vann. Dette kalles også for «flow ice» eller «fluid ice». Når andelen væske er minst 30 % så er sørpen godt pumpbar, og kan nyttes som kjølemedia enten direkte på eller indirekte i produktet.

Issørpe har små ispartikler som smelter raskere enn flakis og gir mer effektiv kjøling. Den flytende konsistensen sørger for god kontakt med produktet. Kjøleeffekten kan forbedres ved bruk av saltvann som gir et lavere frysepunkt for blandingen. Da kalles sørpen for «slurry». Sjøvann inneholder ca. 3,5 % salt (NaCl) og er en naturlig vann/saltløsning. Temperaturen til isslurry av sjøvann vil være avhengig av saltkonsentrasjonen. Etter hvert som rent vann fryser ut vil det fryste vannet danne iskrystaller, og saltkonsentrasjonen i det gjenværende vannet øker. Dette gir det oppkonsentrerte vannet et lavere frysepunkt.

Når en bruker slurry av sjøvann direkte i innmat for å kjøle, vil salt i seg selv kunne skape noen problemer i prosessen. En bivirkning er økning av salt i ferdigprodukt, som kan føre til trekk i pris. Et annet kjent problem er at utstyr i prosesseringsanlegg ikke er beregnet for saltvann. Gropkorrosjon eller pitting er en type korrosjon som kommer av saltinnhold i sjøvann, som igjen fører til dannelser av små hull i metallet. Denne korrosjonsfaren øker drastisk på rustfrie rør ved temperaturer over 40°C. Derfor er titan eller kobbernikkel anbefalt på sjøvann ved høyere temperaturer.

Nøyaktig dosering av slurry er en utfordring fordi både ismengden og temperaturen i blandingen kan variere. Dermed vil kjøleeffekten i en gitt mengde slurry også variere mye. En mulig løsning er å måle saltinnholdet i den flytende laken, og regne ut isprosenten ut fra dette.

2.2 Kjemisk konservering

I 2011 og 2012 gjennomførte Nofima noen laboratorieforsøk for Biomega AS med sikte på å finne effektive næringsmiddelgodkjente konserveringsmidler for lakseslo. Det ble funnet at eddiksyre og Na-disulfitt ga minst like god konserveringseffekt som et kommersielt maursyrebasert middel. Na-disulfitt hadde også god antioksidanteffekt og ga en lysere olje. Eddiksyre hadde negativ effekt på oksydasjon, mens kombinasjonen eddiksyre/CO₂ ga både god konserveringseffekt og oksydasjons-beskyttelse.

En av de avtalte leveransene til FHF-prosjekt 900949 var gjennomføring av tilsvarende forsøk med pelagisk råstoff, fortrinnsvis sild og makrell. Makrell lot seg ikke skaffe.

Et konserveringsforsøk med sildeavskjær ble startet 06.02.2014. Her ble det tatt i bruk mikrobiologiske analysemetoder som fanger opp den kuldetilpassede bakteriefloraen som kan føre til bederving av kjølelagret fisk.

Et konserveringsforsøk med helt fersk lakseinmat ble startet 31.03.2014. Råstoff ble tatt ut fra sløyelinjen hos Sekkingstad AS, samtidig med at det ble gjort et pilotskala kjøleforsøk på Biomega AS med flytende CO₂ og N₂. Konserveringsforsøket fokuserte på effekt av CO₂ og N₂ kombinert med eddiksyre.

2.2.1 Konservering av avskjær fra sild

Analysemetoder

Kimtall på 3M Petrifilm, 30 °C (Afnor 3M 1/1-9/89, Aerobic count plate). Kimtall på Jern Agar, 22,5 °C (NMKL 184, Aerobic counts and specific spoilage organisms in fish and fish products). H₂S produserende bakterier på Jern Agar, 22,5 °C (NMKL 184, Aerobic counts and specific spoilage organisms in fish and fish products). Kimtall på Long & Hammer Agar, 15 °C (NMKL 184, Aerobic counts and specific spoilage organisms in fish and fish products). Melkesyrebakterier på MRS Agar, 22,5 °C (ISO 15214, Mesophilic lactic acid bacteria). Anaerobe sulfittreduserende bakterier, 37 °C (ISO 15213, Sulfite reducing bacteria growing under anaerobic conditions). TVN, TMA, TMAO etter Conway's mikrodifusjonsmetode (Intern metode). FFA (AOAC Ca 5A-40), Peroksid-tall (AOAC Cd 8b-90), Anisidin-tall (AOAC Cd 18-90).

Forsøksopplegg

Sildeavskjær ble sendt fra Fosnavåg Pelagic 04.02.2014 og mottatt ved Nofima dagen etter. Fisken lå ikke på kjølerom under transport som avtalt. Temperatur ved mottak var 9 °C. Råstoffet ble nedkjølt til 0-1 °C med isposer, og malt på kjøttkvern med hullskive 8 mm neste morgen. Det oppmalte råstoffet hadde TS: 26,0 %, protein: 16,1 %, fett: 9,1 %, aske: 2,4 %.

Det oppmalte råstoffet hadde fast konsistens og det var ikke mulig å blande inn konserverings-midler ved risting. Blanding ble derfor gjort i en blandecelle med elektrisk røreverk. CO₂ gass ble tilsatt gjennom glassrør som ble stukket ned i ulike deler av farsen. Prøvene ble lagret ved 0 og 5 °C i 7 dager.



Figur 1. Sildeavskjær før oppmaling



Figur 2. Boks til inkubering av prøver. Lokket har hull for flushing med CO₂

Etter endt inkubering ble prøver tatt ut til analyse. Prøvemateriale til analyse av FFA, anisidin- og peroksid-tall ble frosset ned ved -80 °C. På grunn av farsens konsistens var det ikke mulig å separere ut olje ved sentrifugering. Olje ble derfor ekstrahert vha. Bligh & Dyer metode.

Etter forsøksstart ble det oppdaget at Na-disulfitt stamløsningen som ble brukt i forsøket hadde konsentrasjon 3 % og ikke 30 % som tilsiktet. Dette ga 0,02 % i farsen isteden for 0,2 %. Et forsøk med rett dosering av Na-disulfitt ble startet på nytt med farse som hadde blitt frosset og tint opp igjen før bruk. Råstoffet var derfor ikke identisk og resultatene ikke direkte sammenlignbare.

Tabell 1. Oppmalt sildeavskjær ble tilsatt konserveringsmidler som vist under. Prøvene ble inkubert ved 0 eller 5 °C i 7 dager. Prøvene som var konserverert med sulfitt ble senere startet på nytt (Tabell 2) da det ble oppdaget at sulfitt stamløsningen kun hadde 1/10 av ønsket konsentrasjon.

	Fisk	Eddik	CO ₂	HCl	Na-disulfitt	Fishform
		30 %	99,9 %	10 %	30 %	100 %
Ukonserverert	700 g	-	-	-	-	-
Eddik	700 g	4,67 ml	-	-	-	-
Eddik/CO ₂	700 g	4,67 ml	Flush	-	-	-
Na-disulfitt ^{**)}	700 g	-	-	25 ml	4,67 ml	-
KMM ^{*)}	700 g	-	-	-	-	1,4 ml

^{*)} KMM: Kommersielt maursyrebasert middel.

^{**)} Ved en feil ble det dosert 1/10 av tilsiktet mengde Na-disulfitt

Tabell 2. Oppmalt sildeavskjær (frosset og tint) ble tilsatt konserveringsmidler som vist under. Prøvene ble inkubert ved 0 eller 5 °C i 7 dager.

	Fisk	Eddik	CO ₂	HCl	Na-disulfitt	Fishform
		30 %	99,9 %	10 %	30 %	100 %
Ukonserverert	700 g	-	-	-	-	-
Na-disulfitt	700 g	-	-	25 ml	4,67 ml	-

Resultater

Anaerobe sulfittreduserende bakterier på TSC agar ved 37 °C og kimtall på 3M Petrifilm ved 30 °C er standardmetoder for kvantifisering av hhv anaerobe og aerob bakterier i næringsmidler. Resultatene (Tabell 3) viser at disse metodene ikke fanger opp den dominerende flora i kjølelagret fisk.

Kimtall og H₂S-produserende bakterier på Jern agar ved 22,5 °C er metoder tilpasset for deteksjon av aerobe bakterier og spesifikke bedervingsbakterier i kjølt og aerobt lagret fisk, f.eks. *Shewanella* spp. Resultatene viser at denne floraen har vokst både ved 5 °C og 0 °C, men har likevel ikke nådd et nivå etter 7 dager lagring som kan forklare TVN/TMA utviklingen.

Kimtall på Long & Hammer agar ved 15 °C brukes til bestemmelse av aerobe bakterier i fisk. Kimtallet inkluderer kuldetolerante og varmfølsomme bakterier og spesielt *Photobacterium phosphoreum* som er CO₂ resistent og ofte dominerende i kjølt, CO₂ konservert fisk. Denne metoden gir desidert høyest tellinger og detekterer derfor størst andel av totalfloraen. Størrelsen på denne kuldetolerante floraen i de ulike prøvene står i godt forhold til prøvenes TVN/TMA-innhold.

Tabell 3. Konsentrasjon av mikroorganismer (CFU/gram) målt med ulike metoder i råstoffet ved forsøksstart, og i råstoff konservert med ulike midler etter inkubering i 7 dager ved 5 og 0 °C.

Prøve		Ana-bakt	Kimtall	Kimtall	H ₂ S-bakt	Kimtall	MS-bakt
		TSC-37,0°C	3M-30,0°C	JA-22,5°C	JA-22,5°C	LH-15,0°C	MRS-22,5°C
Ukonservert	0 dg	<10	25 000	24 000	10 000	230 000	160
Ukonservert	7 dg, 5 °C	40 000	180 000	4 900 000	140 000	89 000 000	210 000
Eddik	7 dg, 5 °C	<10	46 000	2 900 000	4 000	2 300 000	3 500 000
Eddik + CO ₂	7 dg, 5 °C	1 100	35 000	1 400 000	2 200	1 100 000	1 100 000
Sulfitt ¹⁾	7 dg, 5 °C	5 500	17 000	3 400 000	7 000	43 000 000	4 500
KMM	7 dg, 5 °C	4 500	52 000	3 700 000	26 000	81 000 000	97 000
Ukonservert	7 dg, 0 °C	100 000	220 000	1 500 000	500 000	62 000 000	310
Eddik	7 dg, 0 °C	3 300	23 000	20 000	7 000	42 000	300
Eddik + CO ₂	7 dg, 0 °C	1 600	4 000	14 000	5 000	31 000	330
Sulfitt ¹⁾	7 dg, 0 °C	1 400	15 000	600 000	6 000	50 000 000	160
KMM	7 dg, 0 °C	1 600	31 000	2 700 000	23 000	23 000 000	330

1) Det ble ved en feil dosert 1/10 av tilsiktet Na-disulfitt konsentrasjon.

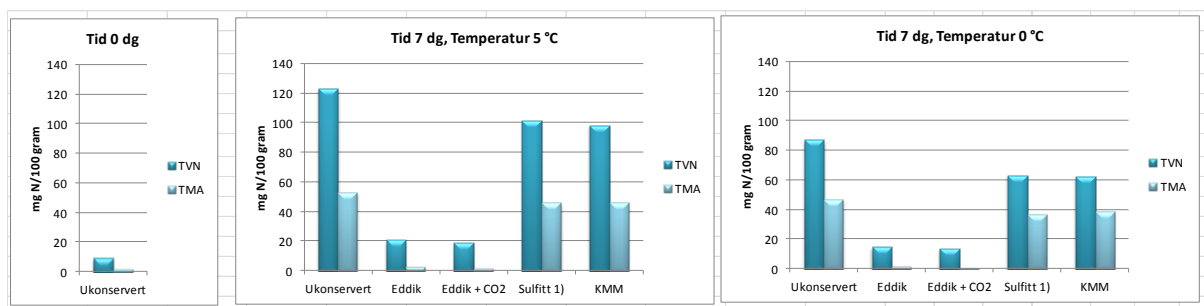
Tabell 4. Konsentrasjon av mikroorganismer (CFU/gram) målt med ulike metoder i råstoffet ved forsøksstart, og i råstoff konservert med Na-disulfitt etter inkubering i 7 dager ved 5 og 0 °C (NB! Dette råstoffet hadde vært frosset og tint opp igjen og resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare med Tabell 3).

Prøve		Ana-bakt	Kimtall	Kimtall	H ₂ S-bakt	Kimtall	MS-bakt
		TSC-37,0°C	3M-30,0°C	JA-22,5°C	JA-22,5°C	LH-15,0°C	MRS-22,5°C
Ukonservert	0 dg	<10	5 000	4 800	200	6 200	150
Sulfitt	7 dg, 5 °C	<10	15 000	80 000 000	13 000	170 000 000	920
Sulfitt	7 dg, 0 °C	<10	7 000	7 000	1 200	60 000	75

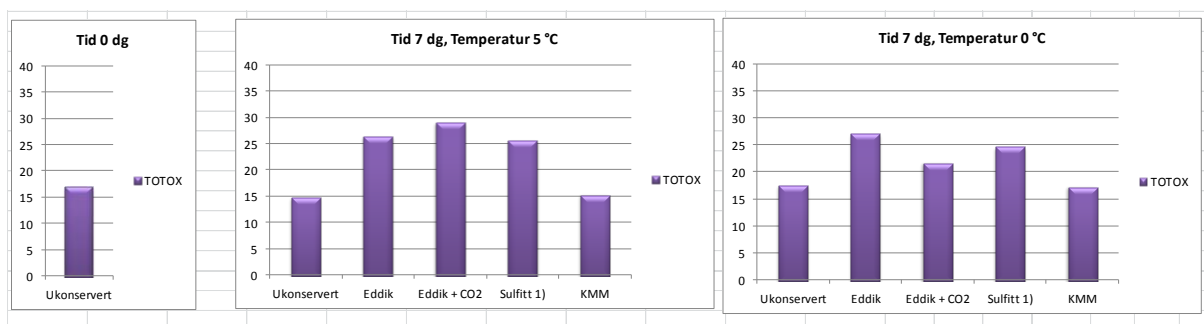
Resultatene i Tabell 3 viser at eddiksyre effektivt hemmer oppvekst av bakterier, bortsett fra de syre-tolerante melkesyrebakteriene som vokser ved 5 °C men ikke ved 0 °C. Floraen som ble detektert på Jern agar og Long & Hammer agar i eddikkonservert råstoff lagret ved 5 °C er ikke bedervingsbakterier men de samme melkesyrebakteriene som også ble påvist spesifikt på MRS agar.

Sulfitt, som var underdosert ved en feil, hadde liten effekt på mikroorganismene (Tabell 3). Med rett sulfitt-dosering (Tabell 4) var effekten god ved laveste lagringstemperatur. Direkte sammenligning av verdiene i Tabell 3 og 4 er imidlertid vanskelig siden råstoffet ikke ble behandlet på identisk måte.

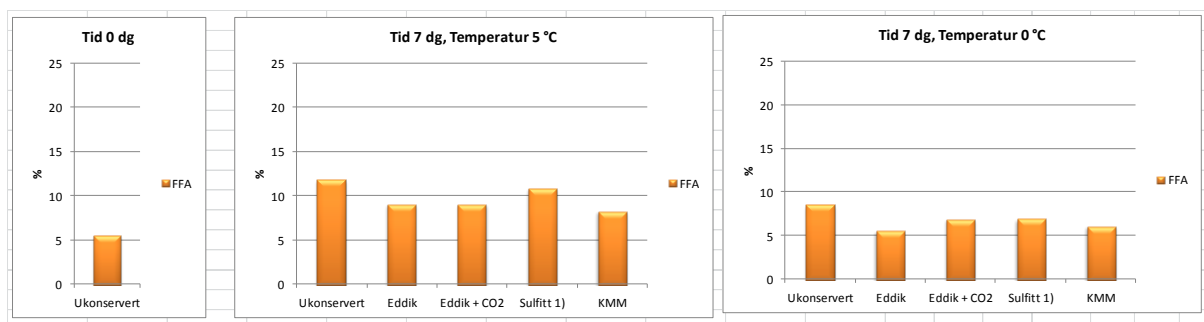
Det kommersielle maursyrebaserte middelet (KMM) hadde langt mindre effekt enn eddik som var dosert til samme konsentrasjon.



Figur 3. TVN og TMA (mg N pr 100 g råstoff) i råstoff ved tid 0 (venstre) og etter 7 dager lagring ved 5 °C (midten) og ved 0 °C (høyre).



Figur 4. Totox (AV + 2xPV) i BI&D ekstrakt av råstoff ved tid 0 (venstre) og etter 7 dager lagring ved 5 °C (midten) og ved 0 °C (høyre).



Figur 5. FFA i BI&D ekstrakt av råstoff ved tid 0 (venstre) og etter 7 dager lagring ved 5 °C (midten) og ved 0 °C (høyre).

TVN/TMA innholdet i prøvene etter 7 dager lagring (Figur 3) viser at konserveringseffekten av eddiksyre er svært god, mens sulfitt (underdosert) og KMM hadde ubetydelig effekt. TVN/TMA innholdet i de ulike prøvene står i godt forhold til kimtallene på Long & Hammer agar.

Totox-verdiene (Figur 4) bekrefter tidligere funn at eddiksyre har negativ effekt på fettoksydasjon. CO₂ motvirket ikke denne effekten slik som vist i tidligere forsøk.

FFA-verdiene (Figur 5) bekrefter tidligere funn at eddiksyre har en viss hemmende effekt på dannelse av FFA. Det samme gjelder KMM.

Tabell 5. Kjemiske analyser i råstoffet ved forsøksstart, og i råstoff konserverv med Na-disulfitt etter inkubering i 7 dager ved 5 og 0 °C. (NB! Dette råstoffet hadde vært frosset og tint opp igjen og resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare med figur 3, 4 og 5).

Prøve		TVN mg N/100 g	TMA mg N/100 g	TMAO mg N/100 g	FFA %	Totox
Ukonserverv	0 dg	26	16	16	5,9	21,6
Sulfitt	7 dg, 5 °C	61	37	0	8,4	22,4
Sulfitt	7 dg, 0 °C	37	23	11	6,7	18,7

Resultatene i Tabell 5 viser at råstoffet har blitt endret som følge av frysing og opptining. TVN har økt fra 9 til 26, hovedsakelig pga. TMAO reduksjon. FFA er uendret, mens Totox har økt fra 17 til 21,6.

Korrekt dosert Na-disulfitt (Tabell 5) har bra konserveringseffekt, vurdert ut fra TVN utvikling. Effekten på Totox er svært god, som vist tidligere, mens effekten på FFA er liten.

2.2.2 Konservering av innmat fra laks

Analysemetoder

Jfr. 2.2.1

Forsøksopplegg

Lakseinnmat ble hentet ut fra slaktelinje hos Sekkingstad AS den 31.03.2014. Innmaten ble vakuumpakket og kjølt på is før videre bearbeiding på laboratoriet hos Nofima.

På laboratoriet ble innmaten malt på kjøttkvern med 8 mm hullskive. Farsen ble kjølt på is under all videre bearbeiding. Porsjoner à 600 gram ble tilsatt konserveringsmidler som vist i Tabell 2. Gass ble boblet gjennom massen i 3 minutter. Farse med tilsetninger ble fordelt på prøveposer, flatklemt for å presse ut luft og lukket med hurtiglås før lagring ved 2 °C i kjøleinkubator. Prøvene ble satt i inkubator fire timer etter uttak fra slaktelinjen.

Prøver til mikrobiologi og Conway analyse ble analysert direkte etter ulike lagringstider mens prøver til FFA, anisidin- og peroksidtall ble vakuumpakket og frosset ned til -80 °C. Olje ble ekstrahert med Bligh & Dyer metode etter optining.

Det oppmalte råstoffet hadde TS: 55,8 %, protein: 9,4 %, fett: 45,2 %, aske: 0,8 %.

Tabell 6. Oppmalt lakseinnmat ble tilsatt konserveringsmidler som vist under. Prøvene ble deretter fordelt i mindre porsjoner i lukkede prøveposer og lagret ved 2 °C i 3 dager.

	Innmat	Eddik (30 %)	CO ₂ (99 %)	N ₂
Ukonservert	600 g	-	-	-
Eddik	600 g	6 ml	-	-
Eddik + CO ₂	600 g	6 ml	Flush	-
Eddik + N ₂	600 g	6 ml	-	Flush
CO ₂	600 g	-	Flush	-
N ₂	600 g	-	-	Flush

Resultater

Det ble kun brukt Long & Hammer agar og Jern agar til kvantifisering av bedervingsbakterier i dette forsøket, siden forsøket med sildeavskjær (Kap 2.2.1) hadde vist at disse mediene fanger opp størst andel av floraen i kjølt fisk.

Tabell 7 og 8 viser at Long & Hammer agar ved 15 °C i dette forsøket fanget opp en langt større del av floraen enn Jern agar ved 22,5 °C. Når forskjellen mellom metodene er større enn i forsøket med sildeavskjær så indikerer det på at floraen her er mer dominert av varmfølsomme bakterier som ikke overlever dyrking ved 22,5 °C.

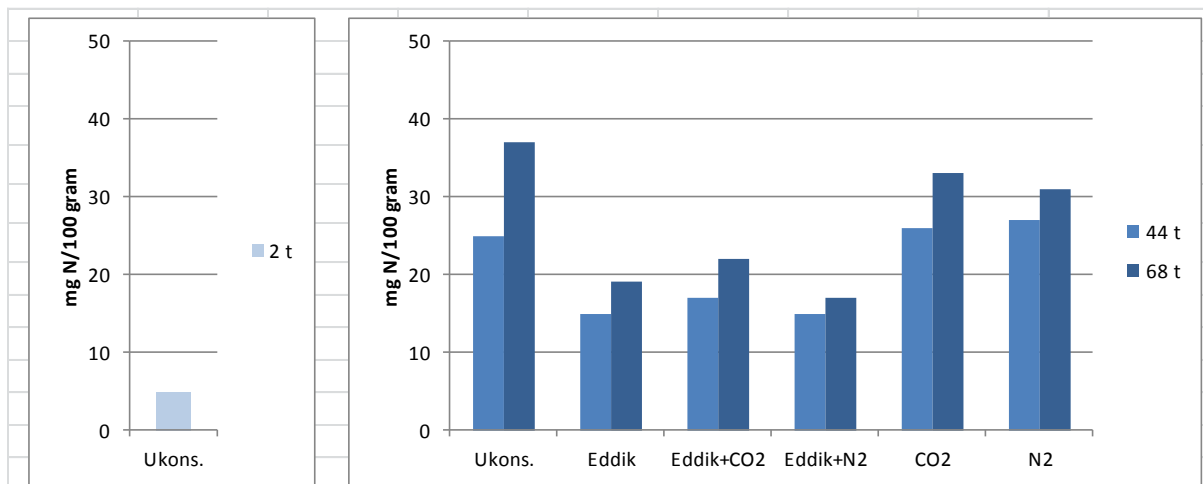
Figur 6 viser at eddik har god konserveringseffekt og at TVN utviklingen i prøvene står i godt forhold til størrelsen på floraen som detekteres på Long & Hammer agar.

Tabell 7. Kimtall på Long & Hammer Agar (CFU/gram) i innmat fra laks etter lagring ved 2 °C

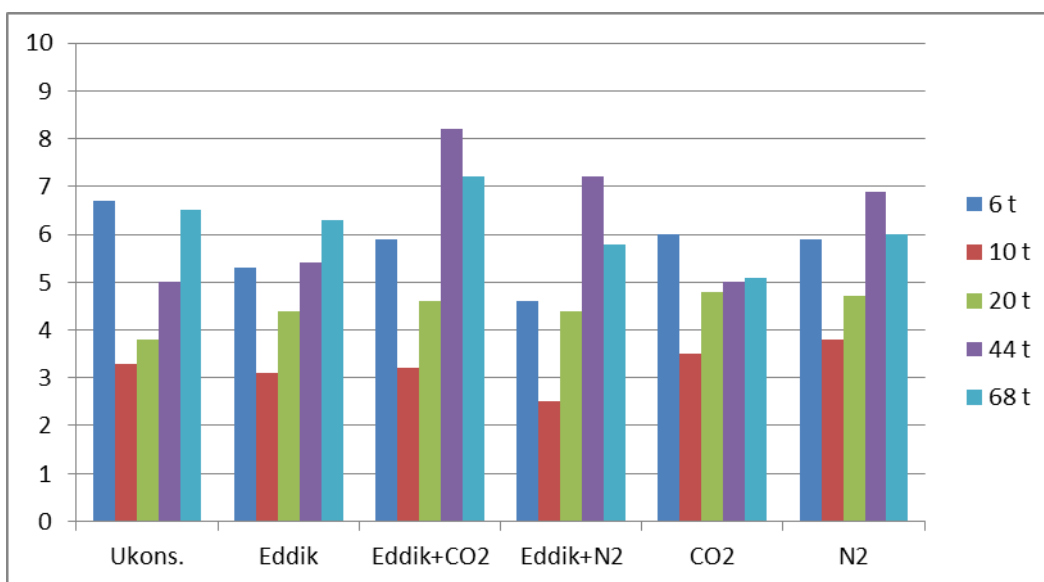
Prøve	2 timer	44 timer	68 timer
Ukonservert	82.000	570.000	3.400.000
Eddik		<100	<100
Eddik + CO ₂		<100	<100
Eddik + N ₂		100	<100
CO ₂		370.000	880.000
N ₂		250.000	4.200.000

Tabell 8. Kimtall på Jern Agar (CFU/gram) i innmat fra laks etter lagring ved 2 °C. H₂S produserende bakterier inngikk ikke i floraen.

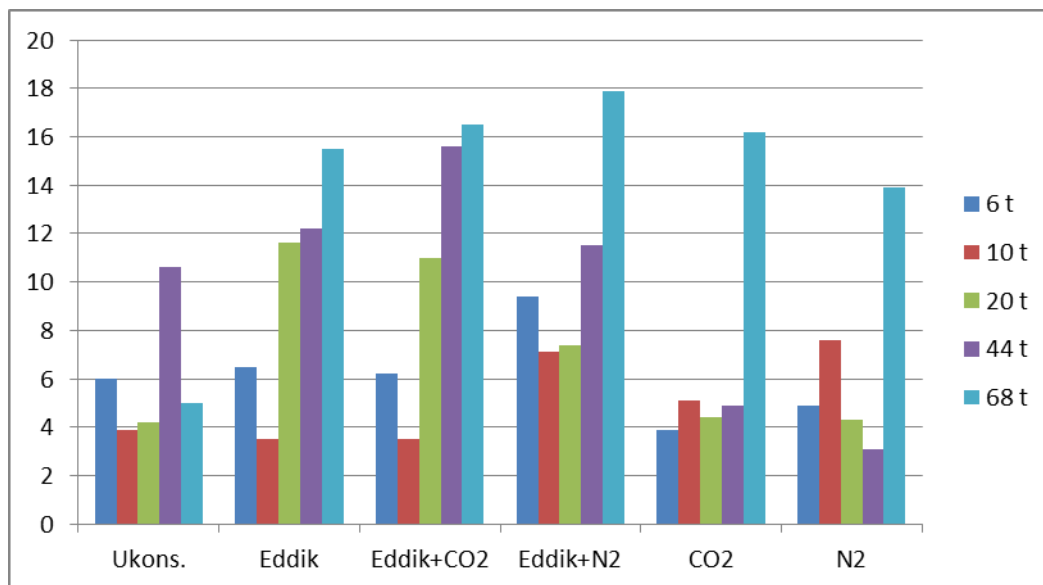
Prøve	2 timer	44 timer	68 timer
Ukonservert	140	70	280
Eddik		15	10
Eddik + CO ₂		15	10
Eddik + N ₂		20	15
CO ₂		650	160
N ₂		880	1.000



Figur 6. TVN (mg N/100 gram) i innmat fra laks etter lagring ved 2 °C.



Figur 7. FFA (%) i innmat fra laks etter lagring ved 2 °C



Figur 8. Totox (AV + 2xPV) i innmat fra laks etter lagring ved 2 °C

Analysene som er plottet i Figur 7 og 8 viser dessverre ikke klare utviklingstrekk over tid for FFA og Totox i nærvær av de ulike konserveringsmidlene. Vi vet ikke årsaken til dette. Alle prøver uttatt fra inkubator samtidig ble vakuumpakket sammen og fryselagret ved - 80 °C. De 5 seriene (6, 10, 20, 44, 68 t) ble tint, ekstrahert og analysert på ulike dager. Hvis årsaken til sprikende resultater er ulik håndtering av prøveseriene før analyse, så kan forskjellene i FFA og Totox innen samme serie si noe om effekten av midlene.

Resultatene i Figur 7 indikerer at ingen av konserveringsmidlene påvirker FFA utviklingen nevneverdig.

Resultatene i Figur 8 indikerer at eddik har negativ effekt på fettoksidasjon, som vist tidligere, og at CO₂ og N₂ i dette forsøket ikke motvirker denne effekten.

Resultatene av forsøket viser klart behovet for å undersøke effekt av behandlingsmåter (frysing/tinging, oppmaling, etc.) på stabiliteten til kvalitetsparametre som FFA, AV og PV i fiskeråstoff.

3 FORSLAG TIL FOU-INNSATS

3.1 Overordnet mål

Restråstoff skal bringes fra kilde/der det oppstår til anvendelse i ingrediensprosess, med kvalitet og betingelser som gir anledning til bruk i næringsmiddelproduksjon.

3.1.1 Problemstillinger og løsningsforslag

Det er viktig å bevare råstoffkvaliteten mest mulig slik den er der råstoffet oppstår (på slakteri eller bearbeidingsanlegg). For å finne hva som er potensialet i ulike råstofftyper må en karakterisere helt ferske råstoff mhp sammensetning og kvalitet, samt karakterisere produktene fra prosessering av slikt råstoff.

- Karakterisere helt ferskt råstoff av ulike kategorier (laks, pelagisk, hvitfisk) og ulike fraksjoner. Ta ut råstoff der det oppstår og stanse nedbrytningsprosesser ved vakuum-pakking, innfrysing vha tørris/flytende N₂ og fryselagring ved -80 °C. Evt analysestart på uttaksstedet (TCA ekstraksjon til TVN). Aktuelle analyser: Protein, fett, TS, aske, TVN, TMA, TMAO, ATP, ADP, AMP, IMP, Inosin, Hypoxanthin, FFA, anisidintall, peroksidtall, totale/frie aminosyrer, peptid molekylvektfordeling, hydrolysegrad.
- Produsere olje/protein fra helt ferskt råstoff av ulike kategorier ved varmebehandling eller enzymatisk hydrolyse. Dette kan gjennomføres i pilotskala eller i labskala ved at hel fisk transporteres til forsøksstedet, fileteres og prosesseres innen kort tid (< 1 time). Bruk av pilotanlegg krever mest ressurser, men ligner mest en industriell produksjon og gir mulighet for flushing med N₂ i tank og separator. Aktuelle analyser: FFA, PV, AV, massebalanse.

Råstoffet endrer seg over tid avhengig av utgangspunktet og behandlingsmåten. Autolyseprosessen er avhengig av enzyminnholdet i råstoffet men også av faktorer som pH, temperatur og fysisk behandling. Bakteriell bederving er påvirket av de samme faktorene, samt av konserveringsmidler, atmosfære, o.a. Som mulig hurtigmetode for å måle autolyse (enzymaktivitet) er det testet en måleteknikk basert på ATP-luminometer. Prinsippet for måleteknikken er at mengde ATP (adenosintrifosfat) i prøven måles ved hjelp av luciferase (enzym), som produserer 1 foton (1 lysenhet) per ATP molekyl. Hvis det er enzymer fra råstoffet i prøven (proteaser) vil disse kunne bryte ned luciferasen og derfor hemme lysproduksjon. Lysintensitet vil derfor være et indirekte mål for enzymaktiviteten i råstoffprøven.

Det er flere virkemidler som kan brukes for å hemme de naturlige degraderingsprosessene. Kjøling vil hemme både kjemiske, biokjemiske og bakteriologiske prosesser. Oppmaling vil stimulere biokjemiske (autolytiske) og bakterielle prosesser men samtidig øke effekten av kjemiske konserveringsmidler. Konservering med organiske syrer kan gi effektiv hemming av den bakteriefloraen som normalt fører til bederving, men kan føre til anrikning av syretolerante melkesyrebakterier. Disse bakteriene vokser relativt langsomt og kan ofte stoppes helt dersom temperaturen holdes under 5 °C. Syrekonservering

kan imidlertid føre til økt jern- og hemoglobinmediert oksidasjon ettersom disse reaksjonene har lavt pH optimum.

Kombinasjon av virkemidler som oppmaling, kjøling, konserveringsmidler og antioksidant kan gi god totaleffekt. Effekten vil likevel variere avhengig av råstoffets egenskaper. Kunnskap om effektene av ulike behandlingsmåter vil kunne resultere i bedre metoder for å bevare utgangskvaliteten til ulike råstofftyper. Ingrediensindustriens krav til råstoffkvalitet vil variere avhengig av anvendelse. Hvilke råstoffegenskaper som tillegges prioritet vil bestemme valg av behandlingsmåte. En må undersøke effekt av råstoffbehandling på kvalitet og holdbarhet av råstoffet, samt effekt på produktene etter prosessering av råstoffet. Sensitiv og avansert teknikk - nuclear magnetic resonanse (NMR) - er testet for å følge kvalitetsendringer i lakseråstoff samt dannelse av bioaktive komponenter som er av interesse for industrien. Ulike råstoff-fraksjoner, lagringstid og temperatur samt kverning av råstoff før lagring og hvordan dette påvirker kvalitetsendringer er utprøvd med metodikken.

- Undersøke effekt av fysisk behandling på kvalitet og holdbarhet av råstoff. Grovutting eller kverning av råstoff fremmer kontakt enzym-substrat, bakterie-substrat, bakterie-konserveringsmiddel. Fortynning av råstoff fremmer diffusjon som er viskositetsavhengig (enzym, næringsstoffer, konserveringsmidler). Frysing/tining gir celledestruksjon og frigjøring av lett nedbryt-bare næringsstoffer. Bevegelse, som ved transport, fremmer enzymatiske og mikrobielle prosesser. Gamma-bestråling av råstoff gjør det mulig å undersøke enzymatiske prosesser uten interferens fra samtidige mikrobielle prosesser. Aktuelle analyser: *Autolytisk aktivitet, NMR, Protein, fett, TS, aske, TVN, TMA, TMAO, ATP, ADP, AMP, IMP, Inosin, Hypoxanthin, FFA, anisidintall, peroksidtall, totale/frie aminosyrer, peptid molekylvektfordeling, hydrolysegrad, kimtall på Jernagar og Long & Hammer agar.*
- Undersøke effekt av konserveringsmidler på kvalitet og holdbarhet av råstoff. Screening av aktuelle konserveringsmidler. Optimalisering av konsentrasjoner/kombinasjoner under ulike lagringsbetingelser og med ulike råstofftyper. Følge opp tidligere forsøk; konserveringseffekt og antioksidanteffekt av Na-disulfitt, avdrivning av SO₂ under varmebehandling og restkonsentrasjon av sulfitt i ferdigvarer. Aktuelle analyser: *Protein, fett, TS, aske, TVN, TMA, TMAO, ATP, ADP, AMP, IMP, Inosin, Hypoxanthin, FFA, anisidintall, peroksidtall, totale/frie aminosyrer, peptid molekylvektfordeling, hydrolysegrad, NMR, kimtall på Jernagar og Long & Hammer agar, MiSeq analyse i mikrobiota prøver, Sanger sekvensiering av bakterieisolater, svovelsyrling (sulfitt, SO₂).*
- Produsere olje/protein fra lagret kvernet/ukvernet råstoff ved varmebehandling eller enzymatisk hydrolyse. Aktuelle analyser: *FFA, PV, AV, massebalanse.*
- Produsere olje/protein fra råstoff med/uten tilsatt syre og lagret ved ulike temperaturer/tider ved varmebehandling eller enzymatisk hydrolyse. Jern- og hemoglobinmediert oksidasjon har pH optimum hhv 4,5-5,5 og 5,0-6,0. Aktuelle analyser: *FFA, PV, AV, massebalanse.*
- Produksjon av olje/protein fra råstoff med/uten tilsatt antioksidanter. Bruk av antioksidanter før produksjon er vist å resultere i en olje med lavere oksidasjonsstatus og høyere kvalitet

(Carvajal¹, Breivik²). To antioksidanter til bruk i råstoff under lagring skal velges for videre testing etter screening av aktuelle kandidater. Antioksidanter med effekt mot hemoglobin-mediert oksidasjon er aktuelle siden råstoffet inneholder en god del blod. Aktuelle analyser: FFA, PV, AV, massebalanse.

- Undersøke effekt ved bruk av urene lagringstanker o.l. på råstoffets holdbarhet. Ved gjentatt bruk av tanker o.l. til lagring av samme materiale, selekteres en flora av bakterier tilpasset de aktuelle lagringsbetingelsene. Urene tanker forventes å resultere i redusert holdbarhet av råstoffet. Aktuelle analyser: Kimtall på Jernagar, Long & Hammer agar og MRS agar, MiSeq analyse i mikrobiota prøver, Sanger sekvensiering av bakterieisolater.
- Undersøke effekt av «temperature abuse» på råstoffets holdbarhet. Kortvarig temperatursvikt kan føre til betydelig redusert holdbarhet av råstoffet. Det foreslås undersøkt effekt av 10 °C i 4 og 8 timer og 18 °C i 4/8 h før videre lagring ved 2 °C. Aktuelle analyser: TVN, TMA, TMAO, ATP, ADP, AMP, IMP, Inosin, Hypoxanthin, kimtall på Jernagar og Long & Hammer agar.

3.2 Case studies

Følgende bedrifter har meldt sin interesse for å delta i et hovedprosjekt:

Laks:	Bremnes Seashore, Sotra Fiskeindustri, Biomega
Pelagisk:	Fosnavåg Fiskeindustri, Vedde
Hvitfisk:	Råvareaktør(er), Biomega

3.2.1 Case: laks

Biomega AS mottar i dag innmat fra tankbil som samler opp dette råstoffet fra ulike leverandører (lakseslakterier). Avskjær fra filetproduksjon, dvs. i hovedsak hoder og rygger, blir samlet opp i egne kar og transportert til anlegget med bil.

Fabrikken til Biomega er godkjent for produksjon av næringsmidler, men det er fortsatt forbedringspotensialer for produktene og da i hovedsak vil andel frie fettsyrer (FFA) i oljene sannsynligvis kunne reduseres ved kjøling, mindre tilgang til oksygen og bruk av hjelpestoffer (antioksidanter). Sammen med senkning av pH (for eksempel med eddiksyre) vil dette også gjøre råstoffet mer stabilt i forhold til mikrobiologi.

Det er gjennomført flere innledende forsøk med kjøling av restråstoff hos BIOMEGA. Studentene ved Høgskolen i Bergen, linje allmenn maskinteknikk, Djupevåg, O. A., Frantzen, T. og Sylta, K. gjennomførte sitt hovedprosjekt "Kjølesystemer for kvalitetsbehandling av restråstoff i fiskeindustrien" ved BIOMEGA. De så på kjøling med is, CO₂ og bruk av varmeveksler og gjennomførte forsøk med CO₂ og flakis. Arbeidet gir grunnlag (økonomi, kjøleeffekt etc.) for design av ferdig system for nedkjøling av restråstoff for installasjon på slakteriene.

¹ Carvajal, A. K., R. Mozuraityte, et al. (accepted). "Antioxidants in fish oil production for improved quality." Journal of the American Oil Chemists' Society.

² Patent: Fremgangsmåte ved stabilisering av umettede oljer. Norsk patent no 312371.

I foreliggende FHF prosjekt (nr 900949) *Råstoffbehandling og –kvalitet for marin ingediensindustri: Forprosjekt* er det også gjennomført kjøleforsøk ved bruk av pilotanlegg- og hjelp fra Yara Praxair (AGA) for nedkjøling av innmat med CO2 og N2

På sikt kan tenke seg at all transport av restråstoff inn til Biomega skjer med tankbil. Dette vil kunne forenkle innsamling av råstoff og drift betraktelig. Dette innebærer at hoder og rygger må kvernes hos slakteriene. Noe som gir flere utfordringer med hensyn til valg av nedkjølingsstrategi, mikrobiologi, biokjemi og logistikk.

Det foreslås gjennomført forsøk for å kartlegge konsekvenser ved oppmaling av avskjær mht.

- ***kverning (teknologi, pumpbarhet etc.)***
- ***kjøling (metodikk/strategi)***
- ***biokjemi (oksidasjon, FFA etc.)***
- ***mikrobiologi***
- ***bruk av hjelpestoffer/antioksidanter***
- ***logistikk***

3.2.2 Case: pelagisk

I dag får Vedde AS restråstoff fra pelagisk industri til sin produksjon av mel/olje. De ønsker å se på muligheten for å oppgradere transporten og behandlingen slik at den kan tilfredsstille kravene for anvendelse til humant konsum.

Fosnavaag Pelagic produserer 20 000 tonn avskjær i løpet av 6 måneder (september til mars). Mengden med biråstoff varierer mye gjennom sesongen, men i gjennomsnitt blir det produsert 160 tonn avskjær i døgnet (fordelt på 25 uker og 5 dagers arbeidsuke). Det meste av dette biråstoffet mellomlagres i dag på en lekter som ligger ved kai ved anlegget. Lekteren er relativt liten og den blir derfor tømt to ganger i døgnet av en brønnbåt. Brønnbåten leverer da biråstoffet til Vedde AS der det foredles til mel og olje. I perioder blir også deler av biråstoffet lagret i kar.

Hos Fosnavaag Pelagic kjøres avskjæret gjennom et lukket system ut til mellomlagringen. Det medfører at det ikke trengs store endringer i systemet før man kan tilfredsstille hygienekrav for næringsmiddel. Temperaturen på fisken når den kommer på RSW tanker fra båt ligger mellom -2 og 2 °C. Gjennom prosessen vil man få en temperaturøkning slik at temperaturen i avskjæret vil ligge mellom 4 til 10°C når det går ut i den uisolerte lekteren.

I tidligere arbeider (Rubin rapport 177 "*Effektiv transport av kjølt marint biråstoff*") er det skissert en ny transportløsning med isolerte tanker på bil hvor restråstoffet kommer direkte fra fabrikken gjennom dagens rørløsning.. For å få til en slik løsning er det nødvendig med kjøling på fabrikken Fosnavaag Pelagic kan se for seg at rørene som normalt går til lekteren kobles om og over til tankbil når den kommer. I tillegg kan man ha en liten tank som tilsvarer volumet på tanken til tankbilen som man kan fylle dersom tankbilen ikke er på plass. Råstoffet må på forhånd være godt kjølt og mellomlagringstanken må være godt isolert slik at kvaliteten opprettholdes.

Utfordringen er å få til en god og billig kjøling hos Fosnavåg Pelagic slik at hygienekravene kan tilfredsstilles.

Det foreslås forsøk som omfatter kartlegging av kvalitetsaspekter og andre konsekvenser ved kjøling restråstoff fra pelagisk industri mht.

- **teknologi, pumpbarhet etc.**
- **kjøling (metodikk/strategi)**
- **biokjemi (oksidasjon, FFA etc.)**
- **mikrobiologi**
- **bruk av hjelpestoffer/antioksidanter**
- **logistikk**

3.2.3 Case: hvitfisk

Det største ikke-utnyttede potensialet for restråstoff i Norge er fra hvitfisk. Gjennom foreliggende prosjekt er det uttrykt ønske fra Biomega AS for å få evaluert og testet denne type råstoff med sikte på «high-end» produkter til næringsmidler. Videre er det kommet konkrete forslag til FHF angående bruk av lever til tranproduksjon knyttet til kvalitet og holdbarhet. Det er ikke kartlagt andre spesifikke ønsker og behov innen næringsmiddelfokusert prosessindustri, men Seagarden AS anvender slikt råstoff i dag, og Hofseth Biocare AS har signalisert interesse for slikt råstoff. Mange råvareaktører kan være aktuelle, og i et oppfølgende hovedprosjekt legges det til grunn at det avklares hvilke aktører – både innen råstoff og prosessering - som ønsker å delta.

Rapporten «Analyse marint restråstoff, 2013 (FHF, 2014) viser til at det fra norske fiskerier basert på hvitfisk i 2013 oppstod totalt 340 000 tonn restråstoff. 280 000 tonn av dette oppstår til havs eller ved landing/mottak. 60 000 tonn oppstår som rygger eller avskjær fra produksjon av saltfisk/klippfisk/filet på land. Av totalt oppstått restråstoff er det beregnet at 226 000 tonn ikke ble utnyttet. Restråstoff som er utnyttet er beregnet til 113 800 tonn.

Den største andelen av restråstoff består av hoder. Denne utgjorde i 2013 36 % av alt restråstoff som oppstod fra hvitfisk. Lever og slo utgjorde henholdsvis 15 % og 18 % mens rygger og avskjær (inkludert skinn) fra foredling utgjorde 19 %. Det er beregnet at rogn og melke til sammen utgjorde ca. 12 % i 2013. Rogn og melke er beregnet i tillegg til annen slo i 3 – 4 måneder av året rundt den tiden de ulike fiskeslag gyter.

Den største andelen av restråstoffet blir separert fra fisken til havs eller nær/på landanleggene. Det blir landet mest fisk i månedene januar – april under torskefiskeriene nordpå. I den perioden oppstår det mer restråstoff av typen slo, lever, hoder og rogn enn ellers i året. Volumene er på sitt høyeste i mars måned. Det er også i perioden januar - april at fisken(torsken) produserer rogn og melke.

Rygger fra saltfisk/klippfisk produksjon og avskjær fra filetproduksjon utgjorde i 2013 ca. 66 000 tonn. Dette er inkludert avskjær fra ombordproduksjon av filet. Dette restråstoffet oppstår gjennom hele året, men er størst i tilknytning til sesongtoppene i fisket, nærmere bestemt i februar og mars, og senere i oktober- november.

Av de 340 000 tonn restråstoff som oppstod fra fiskeriene av hvitfisk i 2013, oppstod ca. 180 000 tonn i kystfiskeflåten mens 160 000 tonn oppstod i havfiskeflåten. Ca. 77 200 tonn er beregnet ikke utnyttet fra kystflåten mens 149 000 tonn er beregnet ikke utnyttet i havfiskeflåten i 2013. Nesten 103 000 tonn restråstoff ble utnyttet fra kystflåten mens

ca. 11 000 tonn ble utnyttet fra havfiskeflåten. Dette utgjør til sammen 113 800 tonn.

Som det framgår av ovennevnte er utnyttelse av restråstoff fra hvitfisksektoren mindre utviklet sammenlignet med laksefisk og pelagisk sektor, men potensialet er stort.

Det foreslås gjennomført forsøk for å kartlegge kvalitet og holdbarhet av restråstoff fra hvitfisk - både proteinrike (hoder, rygger) og fettholdige (lever) fraksjoner - mht.

- *kverning, teknologi, pumpbarhet etc.*
- *kjøling (metodikk/strategi)*
- *biokjemi (oksidasjon, FFA etc.)*
- *mikrobiologi*
- *bruk av hjelpestoffer/antioksidanter*
- *logistikk*

Før forsøk initieres bør det gjøres en videre kartlegging av aktører som ønsker å delta.

3.2.4 Oppsummering forslag til FoU-innsats

Med hovedmålet som bakgrunn - ***Restråstoff skal bringes fra kilde/der det oppstår til anvendelse i ingrediensprosess, med kvalitet og betingelser som gir anledning til bruk i næringsmiddelproduksjon*** – gir Tabell 9 en overordnet oppsummering av arbeidsgruppens forslag til videre FoU-innsats. Gjennom kommende hovedprosjekt må oppgavene innenfor de enkelte «Case» i større detalj målsettes og formuleres. Det er imidlertid arbeidsgruppens oppfatning at tilnærmingen til problemstillingen som er beskrevet gjennom foreliggende forprosjekt er relevant og nyttig som inngang til hovedprosjektet.

Tabell 9. Skisse - forslag til videre FoU-innsats.

	LAKS	PELAGISK	HVITFISK
Mål/hypotese	Produktmål under ivaretagelse av regelverk		
Karakterisering	Karakterisere råstoffet kjemisk og mikrobielt, herunder fraksjoner av kommersiell interesse		
Fysisk behandling	Eksempelvis kverning, hel slo, fraksjoner		
Kjølemetode	Eksempelvis gass, is, slurry		
Temperatur	Variere temperaturregime, optimalisere		
Kjemisk konservering	Næringsmiddelgodkjente konserveringsmidler - eksempelvis eddiksyre, karbondioksid, sulfitt etc.		
Antioksidant	Teste relevante næringsmiddelgodkjente alternativer		
Effektmåling	Ønsket produktkvalitet – protein, olje etc.		