

Framtidens konsumprodukter av norsk salt- og klippfisk

H02. Pakketeknologi og holdbarhet

Tone Mari Rode, Bjørn Tore Rotabakk, Aase Vorre Skuland, Lene Øverby og Oddvin Sørheim





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

Tittel: Framtidens konsumprodukter fra norsk salt- og klippfisk H02. Pakketeknologi og holdbarhet	ISBN: 978-82-8296-580-4 (pdf) ISSN 1890-579X
Title: Convenience products from salted fisk and clipfish	Rapportnr.: 3/2019
Forfatter(e)/Prosjektleder: Tone Mari Rode, Bjørn Tore Rotabakk, Aase Vorre Skuland (del 1), Lene Øverby og Oddvin Sørheim (del 2)	Tilgjengelighet: Åpen
Avdeling: Nofima ved avdelingene Prosessteknologi og Trygg og holdbar mat	Dato: 31. januar 2019
Oppdragsgiver: Brødrene Sperre	Ant. sider og vedlegg: 28
Stikkord: Saltfisk, klippfisk, pakking, høytrykksprosessering (HP), MAP, frysing	Oppdragsgivers ref.: NFR-prosj 256467
Sammendrag/anbefalinger: Ferdig utvannet salt- og klippfisk har en relativt kort holdbarhet som ferskt produkt. For å oppnå forlenget holdbarhet på et slikt produkt er det flere alternativer. En kan f.eks. fryse produktet, benytte ulik pakketeknologi eller prosessere på annen måte, ved f.eks. bruk av høytrykksprosessering (HP). Denne rapporten gir en oversikt over forsøk som er gjort i arbeidspakke 02 i prosjektet «Fremtidens konsumentprodukter av norsk salt- og klippfisk». Råstoffet som er benyttet er saltfisk, lombos med skinn og bein, og skinn- og beinfri klippfiskloin. I prosesseringsforsøkene er det gjort forsøk med ulike trykk (400, 500 og 600 MPa) og ulike holdetider (2, 5 og 10 min). I tillegg er det benyttet ulik pakketeknologi (vakuum og modifisert atmosfære) enten alene eller i kombinasjon med HP. Resultatene viste at man kan oppnå en holdbarhet for utvannet salt- og klippfisk på 49 dager eller mer dersom man prosesserer utvannet produkt ved 600 MPa ved 5 min. Dersom man kombinerer HP med pakking av produkt i modifisert atmosfære eller med bruk av CO₂-emitter oppnår man en enda bedre holdbarhet enn bare HP av vakuumpakket produkt. Fryse-tine forsøk av utvannet saltfisk viste at dersom den utvannede saltfisk ble CO₂-mettet etter utvanning og deretter pakket i vakuum og frosset, så hadde dette en bakteriehemmende effekt på det tinte produktet. Den tinte fisken kunne dermed få noen dager ekstra holdbarhet etter tining sammenlignet med utvannet saltfisk kun pakket i vakuum og frosset etter utvanning.	
English summary/recommendation: Desalted cod (salted cod and dried-salted cod) has a relatively short shelf life after the desalting process. To increase the shelf life the product can e.g. be frozen, packed in different ways and processed by high pressure processing (HPP). This report gives an overview of the work done in the project: "Fremtidens konsumentprodukter av norsk salt- og klippfisk", work package 02. The desalted cod has been treated by HPP at different pressure levels (400, 500 and 600 MP) and different holding times (2, 5 and 10 min). Combining HPP and different packaging regimes have also been done. The results showed that a shelf life om minimum 49 days can be obtained by treating the desalted cod by HPP. Freezing-thawing experiments of desalted cod showed that exposing the desalted fish to CO₂ before freezing gave a better shelf life after thawing compared to only freezing and then thawing.	

Innhold

1	Innledning.....	1
2	Mål	3
2.1	Hovedmål	3
2.2	Delmål.....	3
3	Materialer og metoder	4
DEL 1	Høytrykksprosessering og pakkemetoder	4
3.1	Råstoff	4
3.1.1	Klippfisk	4
3.1.2	Saltfisk	4
3.2	Utvanning og lagring.....	4
3.2.1	Forforsøk saltfisk	4
3.2.2	Hovedforsøk klippfisk	5
3.2.3	Hovedforsøk saltfisk	5
3.3	Pakking	6
3.3.1	Klippfisk	6
3.3.2	Saltfisk	6
3.4	Høytrykksprosessering	6
3.5	Uttak	6
3.6	Analysemetoder	7
3.6.1	Vektøkning og vekttap.....	7
3.6.2	Gassmåling.....	7
3.6.3	Farge	7
3.6.4	Tekstur	7
3.6.5	Sensorisk bedømmelse.....	7
3.6.6	Saltinnhold.....	8
3.6.7	Mikrobielle analyser	8
3.6.8	Utbytteberegning	9
3.6.9	Statistisk metode.....	9
DEL 2	Frysing og tining	9
3.7	Råstoff	9
3.8	Utvanning	9
3.9	CO ₂ -behandling.....	9
3.10	Pakking	10
3.11	Frysing/tining og lagring	10
3.12	Uttak	10
3.13	Analyser	10
3.13.1	Vektøkning og vekttap.....	10
3.13.2	Saltinnhold.....	10
3.13.3	Gassmåling.....	11
3.13.4	Mikrobiell analyse	11
3.13.5	Sensorisk bedømmelse.....	11
4	Forsøksoppsett	12
4.1	Utvannet saltfisk prosessert ved ulike trykk og holdetider – forforsøk	12

4.2	Utvannet klippfisk prosessert ved ulike trykk – Lagringsstudie	12
4.3	Utvannet saltfisk pakket ved ulike pakkemetoder og eventuelt trykkbehandlet – Lagringsstudie.....	13
4.4	Utvannet saltfisk mettet med CO ₂ før innfrysing med lagringsstudie etter tining.....	14
4.4.1	Forforsøk	14
4.4.2	Hovedforsøk	14
5	Resultater og Diskusjon	15
5.1	Utvannet saltfisk prosessert ved ulike trykk og holdetider.....	15
5.2	Utvannet klippfisk prosessert ved ulike trykk	16
5.2.1	Vektendring under utvanning	16
5.2.2	Saltinnhold og pH	16
5.2.3	Væskeslipp under lagring	16
5.2.4	Farge	17
5.2.5	Tekstur	17
5.2.6	Mikrobiologi	18
5.2.7	Sensorisk vurdering	18
5.3	Utvannet saltfisk pakket med ulike pakkemetoder og prosessert ved 600 MPa	21
5.3.1	Gass, pH og saltinnhold	21
5.3.2	Vektendring under utvanning	21
5.3.3	Væskeslipp under lagring	22
5.3.4	Mikrobiologi	22
5.4	Utvannet saltfisk mettet med CO ₂ før innfrysing med lagringsstudie etter tining.....	23
5.4.1	Saltinnhold.....	23
5.4.2	Forbehandling med CO ₂	24
5.4.3	Registrering av utbytte	24
5.4.4	Mikrobiologi	24
5.4.5	Vurdering av kvalitet	25
6	Oppsummering og konklusjon	27
7	Referanser	28

1 Innledning

Klippfisk er ett av Norges mest kjente eksportprodukter, og i 2014 var eksportverdien av salt- og klippfisk på mer enn 5 milliarder kroner. Næringen står i dag overfor store utfordringer grunnet økende konkurranse fra lavkostland som videreforedler råstoffet til nye produkter som er etterspurt i markedet. Kunder ønsker i større grad bekvemmelighetsprodukter (convenience) som forenkler matlagingen i hverdagen. Dette inkluderer spise- og gryteklare produkter med økt holdbarhet, og produkter og ingredienser med nye eller forbedrede egenskaper som vil bidra til bedre ressursutnyttelse og økt verdiskaping. For å øke konkurransekraften og motvirke tap av markedsandeler, er hovedmålet for næringen å utvikle innovative konsumentprodukter rettet mot de viktigste markedene for norskprodusert saltfisk og/eller klippfisk. Dette målet skal nåes gjennom målrettet og tverrfaglig forskning som dekker verdikjeden fra bedre utnyttelse av råstoffet og utvikling av innovativ prosesseteknologi, til dokumentasjon av produktkvalitet og gjennomføring av lønnsomhetsanalyser. Det finnes også et stort uutnyttet potensial for bruk av ny teknologi for økt verdiskaping innen sjømatindustrien. Økt kunnskap om dette og videreforedling av marint råstoff vil være viktig kompetansebygging for Norge som sjømatnasjon og prosjektet vil skape verdier for råstoffleverandører, landbasert marin prosessindustri og leverandører av teknologi. Dette vil bidra til at Norge i større grad enn før kan beholde og utnytte sitt marine råstoff for videreforedling i landet.

I de senere årene har markedsandelene av hel salt- og klippfisk falt, og det er nå et stort behov for å fornye produksjon og produktsortiment for å møte morgendagens forbrukerkrav. Økt salg av «convenience-products» (CoPro), kan forklare tapet.

Det er et ønske om å lage produkter basert på råstoff fra klippfisk og/eller saltfisk produsert i Norge av norske bærekraftige bioressurser for å skape fortrinn og bygge merkevare og bidra til å oppnå Norges strategi om å bli en globalt ledende sjømatnasjon. Nye produkter vil kunne snu trenden med tapte markedsandeler i eksisterende markeder, åpne nye markeder, nå nye forbrukergrupper og skape grunnlag for økt verdiskaping og mer robuste bedrifter. Produksjon av CoPro skal tilfredsstille kvalitetskrav for mattrygghet, være energieffektiv og bærekraftig, og bidra til et mer attraktivt produktsortiment for fremtidens forbrukere globalt. Dette medfører behov for utvikling av helt ny kompetanse og kunnskap om teknologi og prosesser som kan implementeres i produksjonen. Det vil bli behov for å utvikle skånsomme metoder for bearbeiding av råstoffet ved automatisert utvanning og nye kombinasjoner av pakkemetoder og emballasje. Det er en utfordring at utvannet produkt av salt- og klippfisk har relativt kort holdbarhet. Ved bruk av ulike pakkemetoder, som modifisert atmosfærepakking (MAP), CO₂ emitter og vakuumpakking, vil en enten alene eller i kombinasjon med f.eks. høytrykksprosessering (HP) kunne finne de(n) ultimate kombinasjonene for holdbarhet og kvalitet for CoPro. Frysing av utvannet produkt vil også være et alternativ. Frysing kan brukes i kombinasjon med for eksempel ulik pakketeknologi.

Emballeringsteknologi og pakkemetoder må tilpasses det enkelte produktet med hensyn på valg av teknologi og mengde produkt per pakningsvolum for å oppnå ønskelig holdbarhet, kvalitet og pakningsutseende. Emballasjemateriale må ha egenskaper egnet for langtidslagring, sammenlignet med dagens emballering som benyttes for relativt kort holdbarhetstid av tradisjonelle ferske fiskeprodukter. I tillegg må emballasjen tåle annen prosessering som høytrykksprosessering om det er aktuelt. Utvanningsforsøk på saltfisk viser at sluttproduktet har et relativt høyt vanninnhold (70–85 %),

lavt saltinnhold (0,9–4,0 %) og høy vannaktivitet (0,98) (Bjørkevoll *et al.*, 2003). Dette gir gode vilkår for bakteriell vekst under kjølelagring. Bakterievekst i saltfisk kan hemmes ved bruk modifisert atmosfærepakking (MAP) hvor pakkegassen karbondioksid (CO₂) benyttes med eller uten innblanding av oksygen eller nitrogen (Rotabakk *et al.*, 2009). Ulike bakterier hemmes ved ulike modifiserte atmosfærer og effekten kan undersøkes ved DNA-teknikker (Hovda *et al.*, 2007). Bruk av emittere som skiller ut CO₂ gass ved tilførsel av fuktighet fra produktet, kan også utnyttes for kvalitetsbevaring og holdbarhetsforlengelse i ferdig emballasje (Hansen *et al.*, 2007). Gjennomførte forsøk på saltfisk viser at MAP-teknologi kan gi en reduksjon i bakterievekst gjennom hele lagringen, og at den bakterielle holdbarheten mer enn fordobles (Magnússon *et al.*, 2006; Rotabakk *et al.*, 2009). Uttesting av ulike gassblandinger har også positiv effekt på en kvalitetsparameter som drypptap, mens forbehandling med fosfatlake eller damp, ikke gir tilsvarende effekt på hverken drypptap eller mikrobiologisk vekst (Rotabakk *et al.*, 2009).

Høytrykksprosessering (HP) er en teknologi for industriell, skånsom behandling av mat og kan benyttes for å oppnå forbedret kvalitet, lengre holdbarhet, økt mattrygghet, sunnere og friskere mat og/eller økt ressursutnyttelse (Campus, 2010). Bruk av HP for produksjon av sjømatprodukter er ennå lite utviklet og fokuset har hovedsakelig vært på østers og skjell (LaBail, A., M. de-Lamballerie-Anton, 2004). Dermed kan innovasjonsgraden være høy, da det kan åpne for nye produkter med for eksempel forbedret/endret smak og utseende, bedret ferskhetspreg, endret tekstur og bruk av færre tilsetningsstoffer. Med en stadig økende andel av sjømat som spises rå eller mildt prosessert er det spesielle utfordringer knyttet til holdbarhet og ferskhet til sjømat. HP gir potensiale for betydelig redusert svinn av lettbederverlig mat på grunn av økt holdbarhetstid. Optimal bruk av HP kombinert med andre teknologier for emballering og pakking (Sterr *et al.*, 2014) gir et bredt grunnlag for innovasjon og verdiskaping og dertil et stort markedspotensial for norske bedrifter som ønsker å videreutvikle og hente ut en større gevinst fra sine produkter for salg i inn- og utland.

Denne rapporten oppsummerer det arbeidet som er gjort for å undersøke hvordan ulike teknologier (emballering og prosessering) kan bidra til økt holdbarhet på utvannet produkt i prosjektet «Fremtidens konsumprodukter av norsk salt- og klippfisk» finansiert av Norges forskningsråd. Overordnet målsetting er å vinne markedsandeler i nye segmenter ved å utvikle nye og innovative CoPro med lang holdbarhet og med samme sensoriske produkttegenskaper som tradisjonelt utvannet klippfisk.

2 Mål

2.1 Hovedmål

Hovedmålsettingen i prosjektet er å utvikle ferdig utvannede og konsumferdige produkter av salt- og klippfisk som er mer tilpasset dagens markedsetterspørsel enn de mer tradisjonelle produktene av hel salt- eller klippfisk.

2.2 Delmål

Prosjektet er inndelt i to aktiviteter, hvor den første omhandler utvanning.

Hovedaktivitet 2 skal undersøke hvordan ulike teknologier (emballering og prosessering) kan bidra til økt holdbarhet på utvannet produkt. Ulike pakkemetoder, som MAP ($\text{CO}_2/\text{N}_2/\text{O}_2$) alene eller kombinert med CO_2 -emitter vil bli undersøkt. HP alene eller i kombinasjon med MAP og CO_2 -emitter vil også bli benyttet for å oppnå produkter med forlenget holdbarhet.

Følgende arbeidsoppgaver (O) skal undersøkes i Hovedaktivitet 2:

H2.1: Høytrykksprosessering for økt holdbarhet og kvalitet av utvannede produkter

O2.1.1: Effekten av ulike trykk og holdetid skal undersøkes for å oppnå lang holdbarhet og god kvalitet på nylig utvannet produkter av klippfisk/saltfisk med forskjellige utvanningsregimer.

O2.1.2: Produktkvalitet og holdbarhet vil bli evaluert med flere analyser.

H2.2: Emballeringsteknologi, kvalitet og holdbarhet på nylig utvannet og tinte produkter

O2.2.1: Undersøke hvordan emballert produkt bevarer kvaliteten ved frysing og deretter tining for videre kjølelagring (som tilsvarer lagring ut mot sluttbruker).

O2.2.2: Effekten av emballeringsmetoder og fryselagring sammenlignet med «ferskt» produkt vil bli undersøkt med hensyn til mikrobiologisk kvalitet og holdbarhet.

H2.3: Kombinasjon av emballering og høytrykksprosessering

O2.3.1: Undersøke hvordan ulike pakkemetoder, fortrinnsvis med modifisert atmosfærepakking ($\text{CO}_2/\text{N}_2/\text{O}_2$), kan bidra til forlenget holdbarhet på nylig utvannede produkter av klippfisk/saltfisk.

O2.3.2: Undersøke hvordan ulike emballeringsmetoder, valg av emballasje, HP, og kombinasjonen av disse best mulig kan bidra til forlenget holdbarhet og produkter med god kvalitet.

O2.3.3: Sammenligne og bedømme holdbarhet og kvalitet av de ulike produktene gjennom visuell bedømmelse, vurdering av tekstur, billedtaking, væskeslipp, enkel sensorisk og mikrobiologisk analyse.

O2.3.4: Påvise bakterier som overlever ulik type emballering og prosessering, samt hvilken effekt de har på sensorisk holdbarhet ved bruk av tradisjonelle dyrkingsmetoder.

Arbeid gjort i H2.1 og 2.3 er oppsummert i Del 1 av rapporten, mens Del 2 omhandler frysing og pakking av utvannet produkt (H2.2).

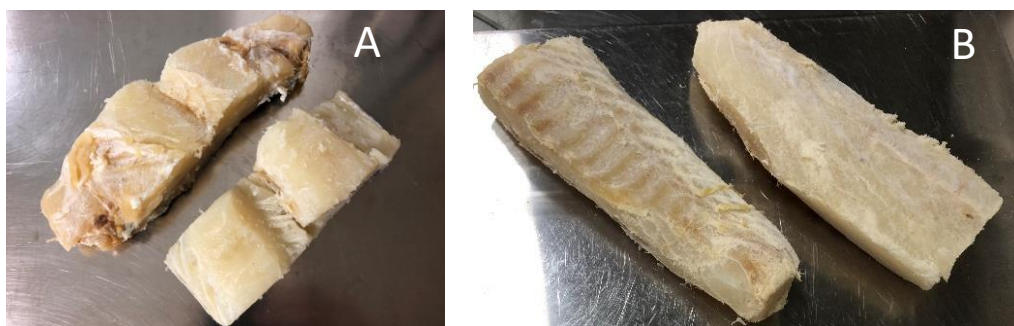
3 Materialer og metoder

DEL 1 Høytrykksprosessering og pakkemetoder

3.1 Råstoff

3.1.1 Klippfisk

Råstoffet var klippfisk fra Bacalaofabrikken, skinn- og beinfri klippfiskloin, Bilde 1. Fisken ble deretter fraktet til Nofima Stavanger med kjøletransport i september 2018, og videre lagret ved 1 °C før bruk i forsøk. Fiskeloinen var av ulik størrelse (lengde-bredde), og hadde en vekt fra cirka 300–450 g. Loinen ble delt i tre før utvanning. Fiskestykkene hadde en vekt fra cirka 100–150 g.



Bilde 1 Råstoff benyttet i forsøkene (A) lombos av saltfisk og (B) skinn- og beinfri klippfisk loin

3.1.2 Saltfisk

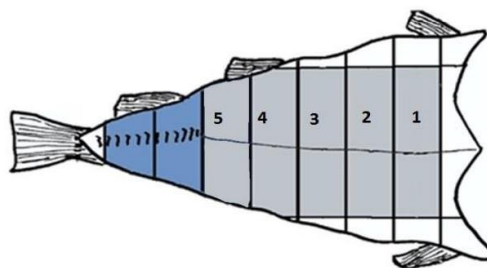
Råstoffet til forsøkene var saltfisk fra Brødrene Sperre AS. Fisken var produsert av linefanget torsk som ble ombordfrosset på båt. Fisken ble tint på fryselager, og deretter flekket, saltet og modnet på kjølerom. Saltfisken ble deretter kuttet opp i lombos stykker på bedriften. Fisken ble fraktet til Nofima Stavanger med kjøletransport i april og september 2018, og videre lagret ved 1 °C før bruk i forsøk.

3.2 Utvanning og lagring

Utvanning foregikk i kar ved 4 °C. Et lokk ble lagt over karene for å redusere ytre påvirkning i form av temperatursvingninger og redusere en eventuell fordamping. Det ble notert vekt før, under og etter utvanning for minimum åtte fiskestykker. Det ble tatt ut vannprøver for saltanalyse, med refraktometer. For klippfisk etter 6, 11, 24 og 48 timer, og for saltfisk etter 24, 48, 72 og 96 timer.

3.2.1 Forforsøk saltfisk

Lombos (Figur 1) ble utvannet i «Gilde-kasser» i forholdet 1 : 9 (fisk : vann) ved å legge bitene direkte i kar med vann som holdt 4 °C (Bilde 2). Det ble foretatt omrøring en gang i døgnet; etter 24, 48 og 72 timer. Total utvanningstid var 96 timer. Utvanningsregime basert på resultater fra Hovedaktivitet 1. Fiskestykkene i forforsøk hadde en gjennomsnittlig bredde på cirka 6 cm og lengde cirka 21 cm. Etter utvanning ble fiskestykkene delt i to på langs. Vekt på de delte fiskestykkene var fra 203–310 g.



Figur 1 Illustrasjon av skjæremønster utført med en Marel StripCutter. De grå bitene er lombos mens de blå erostas. De hvite områdene er nakke, buk og spord. Kun lombos ble benyttet i forsøkene knyttet til Arbeidspakke 2.



Bilde 2 Utvanning av Saltfisk lombos i forforsøk

3.2.2 Hovedforsøk klippfisk

Stykker av skinn- og beinfri loin ble utvannet i to 50 L kar, i forholdet 1 : 6 (fisk : vann). Bitene ble først skylt, og deretter lagt direkte i kar med vann som holdt 4 °C (Bilde 3). Det ble foretatt omrøring og skifte av vann etter 6, 11 og 24 timer. Alt vann ble skiftet. Total utvanningstid var 48 timer. Utvanningsregime etter innspill fra Bacalaofabrikken. Fiskestykkene hadde en vekt fra 91,3–162 g.



Bilde 3 Utvanning av klippfisk

3.2.3 Hovedforsøk saltfisk

Lombos ble utvannet i to 300 L kar i forholdet 1 : 9 (fisk : vann). Bitene ble lagt i kasser med store hull for god gjennomstrømning, som igjen ble lagt i kar med vann som holdt 4 °C (Bilde 4). Det ble foretatt omrøring en gang i døgnet; etter 24, 48 og 72 timer. Da ble kassene løftet opp og ned flere ganger, og i tillegg ble det rørt om i selve karene. Total utvanningstid var 96 timer. Utvanningsregime basert på

resultater fra Hovedaktivitet 1. Fiskestykkene hadde en gjennomsnittlig bredde på cirka 5 cm og lengde cirka 21 cm. Vekt fra 231–412 g.



Bilde 4 Utvanning av saltfisk lombos i hovedforsøk i 300 L kar

3.3 Pakking

3.3.1 Klippfisk

Ferdig utvannet klippfisk ble etter avrenning pakket i 99 % vakuum og lagret ved 4 °C.

3.3.2 Saltfisk

Ferdig utvannet saltfisk ble etter avrenning lagt i pose uten forsegling (1); vakuumpakket med 99 % vakuum (2); pakket i pose sammen med CO₂-emitter (3) eller pakket i modifisert atmosfære (MAP) med 60 % CO₂ (4). Disse prøvene ble etter pakking lagt direkte på kjøll og lagret ved 4 °C. I tillegg ble det pakket prøver som etter pakking i vakuum (5); vakuum og CO₂-emitter (6) og MAP (7) ble høytrykksprosessert. Alle prøvene ble etter pakking og eventuell prosessering lagret ved 4 °C.

CO₂-emitter som ble benyttet produserte 245 ml CO₂ ved absorpsjon av 55 ml tilsatt vann.

3.4 Høytrykksprosessering

Klippfisk ble prosessert ved ulike trykk, 400, 500 og 600 MPa med 5 minutter holdetid. I tillegg ble noen prøver også prosessert ved 600 MPa i 2 og 10 minutter. Saltfisk ble prosessert ved 600 MPa i 5 minutter. Høytrykksbehandlingen ble gjort i romtemperatur for klippfiskprøvene, mens saltfisk ble prosessert ved kjølte betingelser (8–9 °C) i en QFP 2L-700 (Avure Technologies Inc., Columbus, USA).

3.5 Uttak

Utvannet klippfisk og saltfisk ble analysert dag 0, både før og etter prosessering. I tillegg ble det gjort uttak dag 14 og 49 for klippfisk. Utvannede saltfiskprøver ble analysert dag 0, 5, 11 og 15 for de som bare var pakket uten videre prosessering. For saltfiskprøver som i tillegg var høytrykksprosessert, ble det gjort uttak dag 0, 15, 30, 40 og 50.

En rekke forskjellige analyser ble foretatt de ulike dagene.

3.6 Analysemetoder

3.6.1 Vektøkning og vekttap

Vektøkning ble fulgt for totalt 8 fiskestykker under utvanning. Vekttap i form av væskeslipp ble gjort ved veiing av fiskestykkene. Stykkene ble veid før og etter prosessering og det ble også gjort under lagring. Tre parallelle prøver ble analysert.

3.6.2 Gassmåling

Konsentrasjon av CO₂ og O₂ ble målt i prøvene som var pakket i MAP. Det var ikke mulig å foreta målinger av prøver som ble pakket med CO₂-emitter. Det ble gjort målinger i poser som skulle brukes for mikrobiell analyse med et CheckMate 9900 gass-instrument (PBI Dansensor, Ringsted, Danmark).

3.6.3 Farge

Overflatefargen (L^* , a^* , b^*) av stykkene ble målt med et kalibrert fargemålingssystem (Digieye, VeriVide, Ltd, Leicester, UK). Stykkene ble plassert i en standardisert lyskasse med dagslysbelysning (6400 K), og fotografert med et kalibrert kamera (Nikon D80, 35 mm linse, Nikon Corp., Japan). Bildene ble analysert med DigiPix (VeriVide, Ltd, Leicester, UK), og de ulike fargeparametrene kvantifisert. L^* beskriver lyshet ($L^*=100$ =hvit, $L^*=0$ =svart), a^* beskriver intensiteten av fargen i rød-grønn akse ($a^*<0$ =grønn, $a^*>0$ =rød), mens b^* beskriver intensiteten i gul-blå akse ($b^*<0$ =blå, $b^*>0$ =gul).

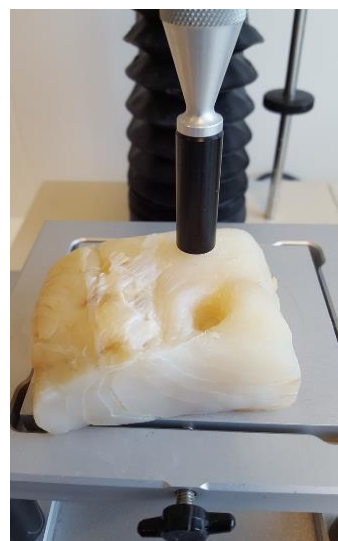
3.6.4 Tekstur

Teksturanalysen ble utført med en TA.XTplus utstyrt med en 50 kg veiecelle og programvaren Exponent ver: 6.1.16.0 (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Det ble brukt en flat sylinderprobe med diameter 1/2" (12,7 mm), Type P/0.5. Proben ble trykket ned til 80 % av prøvens høyde med en hastighet av 1 mm/sekund. Bilde 5 viser flat sylinderprobe og avtrykk på fiskestykke etter første analyse. Teksturanalyse ble foretatt dag 0, 14 og 49 på utvalgte prøver. For hver type prøve ble det gjort analyse på 3 fiskestykker. Hver prøve ble penetrert to ganger med en avstand på cirka 10–15 mm mellom målepunktene.

3.6.5 Sensorisk bedømmelse

Sensorisk vurdering ble gjort ved bruk av profileringstest (QDA, ISO 13299:2016[E]) av trenet panel fra Nofima, Stavanger. Panelet er trent i henhold til ISO 8586:2012[E]), som inkluderer utvelgelse, deteksjon og gjenkjenning av karakteristiske egenskaper for klippfisk.

To parallelle prøver fra hver forsøksbetingelse ble analysert. Klippfisken ble vurdert etter utvanning; prøvene ble lagret på kjøll (4 °C) og vurdert etter 2 dager (kalt 'dag 0'). Dette ble gjort for å sikre en god salt utjevning etter utvanning. Prøvene som ble vurdert dag 0 (0 + 2) var ubehandlet kontrollprøve og prøver utsatt for HP; 400, 500 og 600 MPa. Ved dag 14 ble kun prøver utsatt for HP vurdert, og etter



Bilde 5 Teksturanalyse av klippfisk med bruk av flat sylinderprobe

49 dagers lagring ble HP600-prøver vurdert mot frossen utvannet kontrollprøve. Sensorisk vurdering dag 0 ble gjort av både rått og varmebehandlet produkt. Dag 14 og 49 ble bare varmebehandlet produkt vurdert. Kriteriene som ble benyttet med sensorisk vurdering kan sees i Tabell 1 og 2.

Ved preparering av kokte prøver ble klippfisken delt i 1,5 cm tykke skiver, en skive per dommer. Prøvene ble lagt i poselensskåler med lokk, påført en tresifret kode. Varmebehandling ble gjort i kombidamper, 100 °C damp i 10 minutter. Frem til vurdering ble prøvene holdt varme ved 60 °C, tørr varme. Prøvene ble servert en og en i randomisert rekkefølge.

Vurdering av rå prøve ble gjort på 0,5 cm tykke skiver. Disse ble lagt i kodede plastbeger dekket med aluminiumsfolie og lagret kjølig (4 °C) fram til 10–15 minutter før vurdering. Da ble prøvene satt ut for temperering i romtemperatur (20 ± 2 °C). Prøvene ble vurdert i randomisert rekkefølge.

Data fra de sensoriske vurderingene ble samlet inn ved bruk av programvaren EyeQuestion versjon 4.10.4 (Logic8 BV, Wageningen, Nederland).

Tabell 1 Egenskaper som ble benyttet ved vurdering av kokt klippfisk.

Lukt	Smak	Tekstur	Utseende
Total luktintensitet	Moden smak	Hardhet	Sammenhengbarhet
Moden lukt	Salt smak	Saftighet	
Syrlig lukt	Syrlig smak	Fiberdannelse	
Harsk lukt	Harsk smak	Tyggemotstand	
		Skumming	

Tabell 2 Egenskaper som ble benyttet ved vurdering av rå klippfisk.

Lukt	Smak	Tekstur	Utseende
Frisk lukt	Frisk smak	Hardhet	Perlemor
Fremmed lukt	Salt smak	Saftighet	Misfarging
	Fremmed smak	Tyggemotstand	

3.6.6 Saltinnhold

Saltkonsentrasjon i fisk ble bestemt ved en modifisert metode av ISO 5943-2006 IDF88:2006 med små avvik på innveid prøve (cirka 1 g) og tilsatt vann (50 ml, 55 °C). Mengden NaCl ble bestemt ved å analysere Cl-innholdet.

Saltkonsentrasjon i vann ble målt i hvert kar som ble benyttet for utvanning. Prøveuttak ble gjort før et eventuelt vannskifte. Det ble først gjort god en omrøring før en prøve ble tatt ut. Saltkonsentrasjon i vann ble målt ved bruk av refraktometer.

3.6.7 Mikrobielle analyser

Mikrobiell vekst ble analysert i ytterkant av klippfiskbitene. For klippfisk og saltfisk ble det gjort uttak opp til dag 49 etter ferdig utvanning. Utplating for klippfisk på Long & Hammer (L&H), Tryptone Soya Agar, (TSA, Oxoid) tilsatt 2 % NaCl og Jernagar. L&H medium ble kun benyttet dag 0 da resultatene var tilnærmet identiske med dem en fikk fra utplating på TSA. Etter uttak ble det kjørt en 1 : 5 (dag 0) eller 1 : 10 fortykning ved bruk av peptonvann. Prøvene ble deretter fortynnet 10 ganger. Ferdige agarplater

ble inkubert ved 15 og 20 °C, for henholdsvis TSA og L&H, og jernagar. Skålene ble avlest etter 3–5 dager. Analyse basert på NMKL 184.

3.6.8 Utbytteberegning

Utbytte ble beregnet som prosentvis vektøkning under og etter utvanning. Utgangspunktet er produkt før utvanning om blir satt til 0 %. Resultatene blir vist som gjennomsnittlig utbytte der flere enn en prøve ble målt.

3.6.9 Statistisk metode

Varians analyse (GLM) ble kjørt ved bruk av Minitab (Ver. 18, Minitab Ltd., Coventry, UK), med konfidensintervall på 95 %. Oppgitte data er gjennomsnittsverdier av minimum 3 verdier hvor variasjonene vises som standardavvik, hvis ikke noe annet er sagt.

DEL 2 Frysing og tining

3.7 Råstoff

Saltfisk i stykker av type lombos fra Brødrene Sperre AS. Fiskestykkene veide cirka 300 g og var med skinn og bein. Fisken ble transportert ved 4 °C til Nofima i Ås 16. oktober 2018.

3.8 Utvanning

Forholdet saltfisk: vann var 1 : 9. Fiskestykkene ble lagt i plastkasser med store hull i bunnen av to store stålkar. Utvanningstiden ved 4 °C var 4 døgn, uten utskifting av vann, og med omrøring av vannet cirka en gang per døgn. Bilde 6 viser stålkar, der fiskestykkene er plassert i åpne plastkasser for utvanning. Fiskestykkene ble lagt på en rist til avrenning/opptørking i cirka 1 time før videre behandling. I et lite tilleggssforsøk ble 8 fiskestykker utvannet ved 1 °C, også i 4 døgn.



Bilde 6 Utvanning av saltfisk i kar

3.9 CO₂-behandling

Metting med CO₂ ble gjort på ferdig utvannet fisk med en forenklet metode som bestod av at de utvannede fiskestykkene ble lagt i samleposer (30 x 50 cm), av type polyetylen/polyamid (PE/PA), 90

my, OTR cirka 30 cm³, Maske-gruppen, Vinterbro), som ble fylte med 100 % CO₂. Det ble lagt 5 fiskestykker per pose, til sammen 10 poser. Fiskestykkene ble lagret ved 4 °C i 2 døgn, til nærmest fullstendig metning med gassen. Stykkene ble så tatt ut av samleposene, og vakuumpakket en og en.



Bilde 7 Forbehandling av utvannet saltfisk med CO₂ i samlepose (t.v.), og vakuumpakking av utvannet fisk (t.h.)

3.10 Pakking

Utvannede fiskestykker, med og uten CO₂-metting, ble singel-pakket i vakuum på en Intervac kammermaskin med tykkere vakuumposer (PA/PE, 20 x 40 cm, 145 my, OTR < 40 cm³, Niederwieser, Campogalliano, Italia).

3.11 Frysing/tining og lagring

Alle de vakuumpakkede fiskestykkene, med og uten CO₂-behandling, ble både fryst inn og fryselagret ved -20 °C i cirka to uker. Deretter ble pakkene tint ved 4 °C i 24 timer. De tinte pakkene ble oppbevart ved 4 °C mørkt i 10 døgn.

3.12 Uttak

Tinte og kjølelagra varer ble analyserte for væskeslipp, bakterietall og lukt/farge etter 0, 2, 5, 7 og 9 dagers lagring ved 4 °C.

3.13 Analyser

3.13.1 Vektøkning og vekttap

Veiing av fiskestykkene i de forskjellige prosesstrinnene ble foretatt for å bestemme opptak/tap av væske.

3.13.2 Saltinnhold

Totalt ble 5 stykker saltfisk og 5 stykker utvannet saltfisk ble analyserte for saltinnhold ved metode for klorid-titrering. Prøvematerialet var omtrent halve fiskestykket, uten skinn og bein.

3.13.3 Gassmåling

Konsentrasjon av CO₂ og O₂ i 10 samleposer med utvannet fisk ble målt ved start og etter 2 døgns lagring med et Checkmate 3 gass-instrument (Dansensor, Ringsted, Danmark).

3.13.4 Mikrobiell analyse

Det ble gjort uttak for mikrobiell analyse for utvannet saltfisk som var frossent og tint. Denne utvanningen hadde skjedd ved 4 °C. Uttak ble gjort ved dag 0, 2, 5, 7 og 9. Dag 0 er dagen prøvene var tint. Det ble gjort utplating på jernagar, som ble inkubert ved 15 °C i 5 døgn.

I tillegg ble det foretatt analyse av 8 prøver saltfisk som hadde vært utvannet ved 1 °C. Det ble også gjort mikrobiell analyse av 5 prøver av saltfisk som ikke hadde vært utvannet.

3.13.5 Sensorisk bedømmelse

Sensorisk bedømmelse ble gjort med 3 egenskaper for sur/bedervet lukt, moden/harsk lukt og farge. Anonymiserte prøver ble vurdert. Et internt trenet panel med 6 deltakere, alle ansatt på Nofima ble benyttet. En nytint prøve ble brukt som referanse ved alle uttaksdager.

4 Forsøksoppsett

Hvert av hovedforsøkene beskrevet i 4.2 og 4.3 ble gjentatt to ganger med 2 paralleller for hver prøve for sensorisk vurdering, og 3 paralleller for alle andre analyser.

4.1 Utvannet saltfisk prosessert ved ulike trykk og holdetider – forforsøk

Målet med forforsøket var å undersøke effekten av høytrykksprosessering ved ulike trykk og holdetider på utvannet saltfisk. Utvannet saltfisk ble etter utvanning vakuumpakket og høytrykksprosessert ved ulike trykk; 0 (kontroll), 400, 500 og 600 MPa i 5 minutter. I tillegg ble det også foretatt trykkbehandling ved 2 og 10 minutter ved 600 MPa. Prøver ble analysert ved ulike tidspunkt i en lagringsstudie. Analyser som væskeslipp, mikrobiell analyse og smaking på produkt ble foretatt på utvalgte prøver ved dag 0, 21 og 35. Prøvene ble lagret ved 4 °C i lagringsperioden.

4.2 Utvannet klippfisk prosessert ved ulike trykk – Lagringsstudie

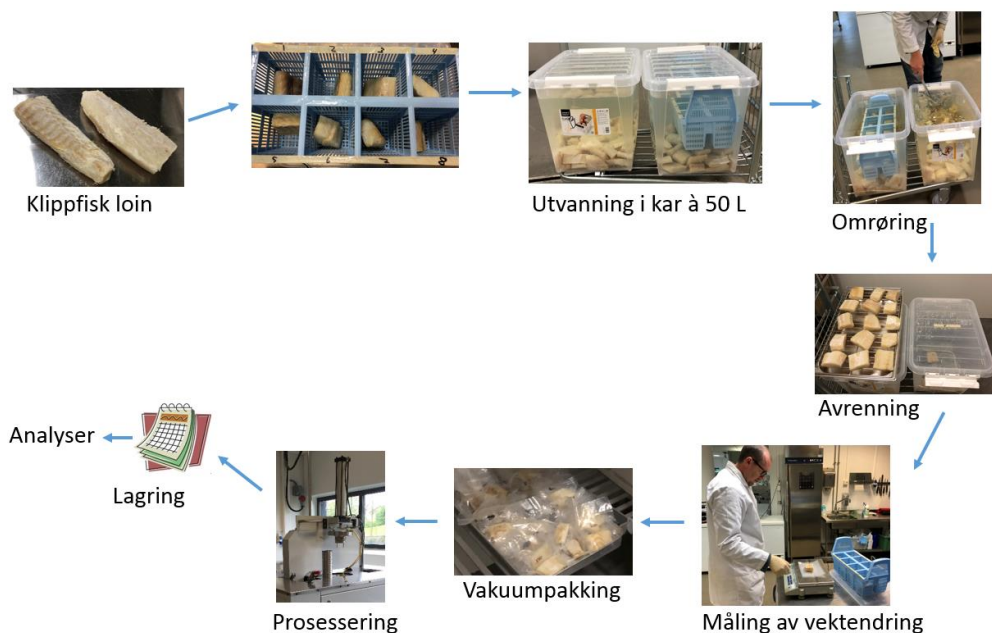
Målet med studien var å undersøke effekten av høytrykksprosessering ved ulike trykk av utvannede klippfisk loin. Flytskjema over prosessen kan sees i Bilde 8. Klippfisk ble etter utvanning vakuumpakket og høytrykksprosessert ved ulike trykk; 0 (kontroll), 400, 500 og 600 MPa i 5 minutter. Deretter ble prøvene analysert ved ulike tidspunkt i en lagringsstudie (Tabell 3), og en rekke analyser ble foretatt. Analyser ble foretatt på utvalgte prøver ved dag 0, 14 og 49. Prøvene ble lagret ved 4 °C i lagringsperioden.

Analyser av utvannet klippfisk:

- Visuell bedømmelse
- Måling av headspace-gass
- Væskeslipp
- pH
- Farge
- Mikrobiell analyse, Se Tabell 3
- Tekstur
- Smaking/sensorikk (rå/oppvarmet produkt)

Tabell 3 Oversikt over hvordan prøvene ble prosessert, hvilke dager klippfiskuttak ble gjort og hvilke prøver som ble analysert de ulike dagene, og hvilke skåler som ble benyttet ved mikrobiell analyse.

Dag	Prøver (prosessert ved x MPa)	Mikrobiell analyse		
		L&H	TSA	Jernagar
0	0, 400, 500, 600	x	x	x
4	0		x	x
14	400, 500, 600		x	x
49	600		x	x



Bilde 8 Flytskjema som viser de ulike trinnene i prosessen fra tørket klippfisk til utvanning, pakking, prosessering og analyse

4.3 Utvannet saltfisk pakket ved ulike pakkemetoder og eventuelt trykkbehandlet – Lagringsstudie

Målet med forsøket var å undersøke effekten av ulike pakkemåter og eventuelt høytrykksprosessering av utvannet saltfisk (lombos). Utvannet saltfisk ble pakket på 7 forskjellige måter, se Tabell 4. Deretter ble cirka halvparten av prøvene (#5–7, Tabell 4) høytrykksprosessert ved 600 MPa i 5 minutter. Ved gitte tidspunkt (dag 0, 5, 10, 15, 30, 40 og 50) i en lagringsstudie ble de utvalgte prøvene veid for å få et mål på væskeslipp og pH. Mikrobiell analyse ble også foretatt. Prøvene ble lagret ved 4 °C i lagringsperioden. Flytskjema over prosessen kan sees i Bilde 9.

Tabell 4 Oversikt over ulike pakkemetoder og eventuell høytrykksprosessering (HP), hvordan de ble pakket og mengde CO₂ i pakkene

	Pakkemethode	HP (600MPa/5min)	Type pakking	CO ₂ -gradient
1	Luft	-	-	~0
2	Vakuum	-	99,9 % vakuum	0
3	Vakuum + emitter	-	99,9 % vakuum	100
4	MAP	-	60:40 CO ₂ og N ₂	60
5	Vakuum	x	99,9 % vakuum	~0
6	Vakuum + emitter	x	99,9 % vakuum	100
7	MAP	x	60:40 CO ₂ og N ₂	60



Bilde 9 Flytskjema som viser de ulike trinnene i prosessen fra utvanning, pakking, prosessering og analyse av saltfisk.

4.4 Utvannet saltfisk mettet med CO₂ før innfrysing med lagringsstudie etter tining

4.4.1 Forforsøk

Et enkelt forforsøk ble gjennomført for å teste utvanningsprosedyre basert på resultater fra Arbeidspakke 1, samt å teste metoder for CO₂-metning (to alternativer), vakuumering og kjølelagring ved 4 °C. Basert på erfaringer fra forforsøket ble hovedforsøket gjennomført i november – desember 2018.

4.4.2 Hovedforsøk

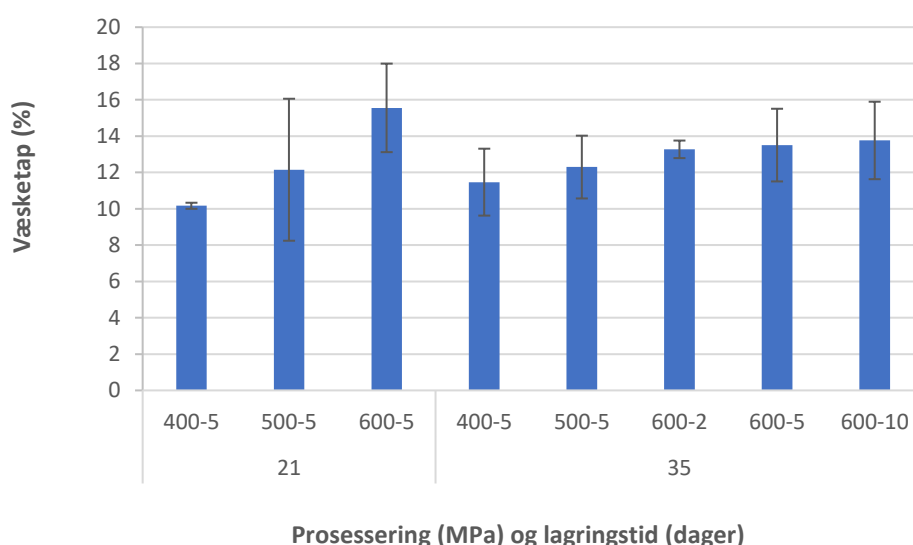
Forsøket bestod i hovedsak av utvannet saltfisk som enten var direkte vakuumpakket eller som først var forbehandlet med CO₂ før vakuumering. Det ble laget 10 prøver per serie og uttakstid (5 prøver til lukt/mikrobiologi + 5 prøver til vekttap). Dette ga vakuum + CO₂: 5 + 5 = 10 x 2 = 20 prøver per uttak. Med 5 uttak ble dette 100 prøver.

I tillegg var det behov for 5 fryste/tine prøver som referanse til lukt, 8 prøver til utvanning ved 1 °C, samt 10 prøver reserve til CO₂-lagring, sum 23 ekstra. Totalt 123 prøver.

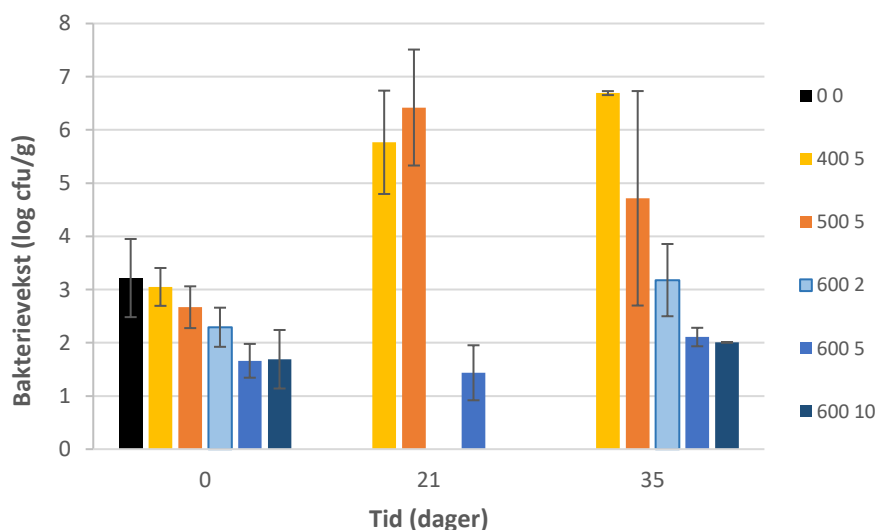
5 Resultater og Diskusjon

5.1 Utvannet saltfisk prosessert ved ulike trykk og holdetider

Forforsøk med saltfisk viste at prøver som hadde vært lagret ved 35 dager hadde et gjennomsnittlig væskeslipp på 12,8 %. Ved dag 35 så man en tendens til økende væskeslipp med økende trykkbehandling, men det var ingen signifikante forskjeller, Figur 2. Mikrobiell analyse viste at ved dag 0, rett etter utvanning, hadde man et start-bakterietall på cirka 3 log cfu/g. Analyser dag 21 viste høye bakterietall for prøver prosessert ved 400 og 500 MPa. Prøver prosessert ved mer enn 5 minutter ved 600 MPa hadde svært lave bakterietall, cirka 2 log cfu/g (Figur 3).



Figur 2 Væskeslipp etter 21 og 35 dager for utvalgte saltfiskprøver prosessert ved 400, 500 og 600 MPa ved ulike holdetider (2, 5 og 10 min).



Figur 3 Bakterievekst i utvannede saltfiskprøver prosessert ved ulike trykk og holdetider, og lagret i 21 og 35 dager. I tillegg er ubehandlet kontroll (svart) og prøver rett etter prosessering (dag 0) inkludert.

En dag etter prosessering ble prøvene vurdert i forhold til farge og det ble foretatt en enkel smaksvurdering. Generelt ser man at fisken blir litt hvitere med økt trykkbehandling (Bilde 10). Teksturen var fastere i prosesserte produkter, men etter oppvarming og smaking på kokt produkt, var det overraskende små forskjeller mellom de ulike fiskestykkene.

5.2 Utvannet klippfisk prosessert ved ulike trykk

Ferdig utvannet klippfisk ble etter avrenning pakket i 99 % vakuum og høytrykksprosessert ved ulike betingelser. En rekke analyser ble foretatt.

5.2.1 Vektendring under utvanning

Gjennomsnittlig vektøkning for totalt 16 vilkårlige fiskebiter (fordelt på 2 gjentak) som ble fulgt under utvanning (48 t) var på $21,0 \pm 2,8$ g, noe som tilsvarte en vekstøkning på $17,7 \pm 1,1$ %. Høyest vektendring ble observert etter de første 6 timene, hvor man fikk en økning på 7,3 %. Videre så man en gjennomsnittlig økning ved de ulike intervallene (0, 6, 11, 24 og 48 t) på cirka 2,5; 4,2 og 2,7 % etter henholdsvis 11, 24 og 48 timer.

5.2.2 Saltinnhold og pH

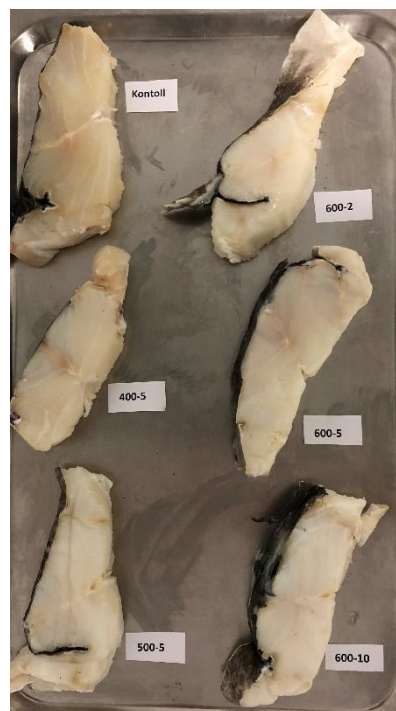
Saltinnholdet i utvanningsvannet var etter 6 t på $0,9 \pm 0,18$. Videre ble saltnivå avlest etter 11, 24 og 48 timer. Dette var på henholdsvis $0,5 \pm 0,08$, $0,5 \pm 0,12$ og $0,5 \pm 0,10$. Siden det ble foretatt relativt hyppige vannskifter, så er det ikke så overraskende at saltinnholdet i utvanningsvannet var relativt lavt.

Saltnivået i utvalgte fiskebiter etter utvanning og prosessering ble også målt. Resultatene viste at det var relativt store forskjeller i saltnivå. Gjennomsnittlig nivå var på 3,8 %, men det varierte fra 1,7 til 5,3. Resultatene viste at det var relativt store forskjeller i saltnivå. Klippfiskbitene lå oppå hverandre under utvanning, men det var god sirkulering av vann på grunn av hyppige vannbytter, og ved tømning av utvanningskar ble det også til en viss grad omgruppering av fiskebitene. Det var en forskjell i vekst og fasong på fiskebitene, og dette kan forklare noe av årsaken til ulik utvanningsgrad.

Det var små variasjoner i pH ved dag 14 for de høytrykksprosesserte prøvene, hvor pH var $6,47 \pm 0,02$. Dag 49 ble det bare tatt uttak for prøver prosessert ved 600 MPa. Denne var da $6,26 \pm 0,05$.

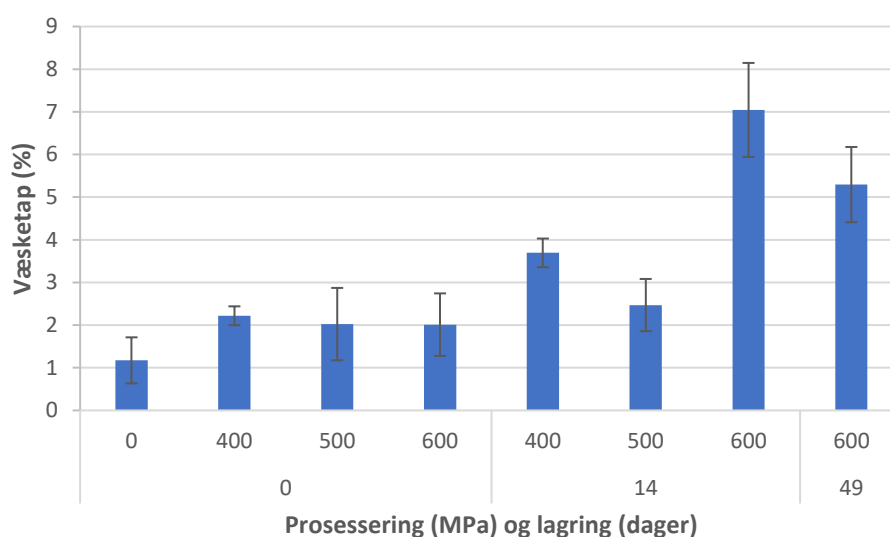
5.2.3 Væskeslipp under lagring

Klippfiskprøver som hadde blitt høytrykksprosessert hadde et væskeslipp på rundt 2 %. Kontrollprøvene dag 0 hadde et væskeslipp på 1,2 %. Dette viser at man rett etter høytrykksprosessering får et relativt beskjedent væskeslipp på under 1 %, om man trekker fra ubehandlet kontrollprøve. Etter utvanning ble fiskestykkene lagt på rist for avrenning. Det at en fikk væskeslipp for ubehandlet kontrollprøve viser at man fikk et ytterligere væskeslipp etter avrenningsperioden.



Bilde 10 Utvannet saltfisk prosessert ved ulike trykk (0, 400, 500, 600 MPa) og ved ulik tid (2, 5, 10 min) ble vurdert ved å smake på fisken etter 1 dags lagring ved 4 °C.

Etter lagring i 14 dager ble det observert en relativt stor forskjell i væskeslipp for de prosesserte prøvene. Prosessering ved 400 og 500 MPa gav en liten økning, mens prosessering ved 600 MPa gav 7 % væskeslipp. Etter 49 dagers lagring var væskeslippen på cirka 5,3 %.



Figur 4 Væskeslipp til trykkbehandlede (0, 400, 500, 600 MPa) klippfiskprøver lagret i opp til 49 dager

5.2.4 Farge

Det ble målt farge på klippfisken gjennom lagringsperioden ved alle uttak. Høytrykksbehandling hadde ingen signifikant ($p > 0,285$) påvirkning på noen av fargeparameterne, men alle tre ble signifikant ($p < 0,001$) endret over tid, der stykkene ble mørkere, rødere og gulere fra dag 0 til dag 14, mens ingen signifikant ($p > 0,005$) endring er påvist ved videre lagring (Tabell 5).

Tabell 5 Gjennomsnittlig¹ fargeverdi (L^* , a^* , b^*) på klippfisk lagret i 0, 14 og 49 dager

	L^*	a^*	b^*
Dag 0	$76,3 \pm 2,9^a$	$2,5 \pm 1,5^a$	$17,6 \pm 4,1^a$
Dag 14	$73,1 \pm 2,8^b$	$4,9 \pm 4,2^b$	$22,8 \pm 25^b$
Dag 49	$72,7 \pm 3,2^b$	$5,9 \pm 2,6^b$	$25,8 \pm 2,3^b$

¹Gjennomsnitt med standardavvik. Tall med forskjellig opphøyd bokstav i hver kolonne er signifikant forskjellige i henhold til Tukey's sammenligningstest med 95 % konfidensintervall.

Det er tidligere vist at fisk kan endre farge som effekt av at trykkbehandling ved at aktinet i fiskemuskelen denaturerer. Når det gjelder klippfisk så ser det ut til at proteinet i fisken allerede har blitt denaturert i tilstrekkelig grad slik at man ikke ser noen fargeendring.

5.2.5 Tekstur

Teksturen ble signifikant ($p < 0,05$) høyere etter trykkbehandling målt ved 20, 40 og 60 % nedtrykk av totalhøyden. Dette gjaldt 500 og 600 MPa (Tabell 6). Det ble også påvist at teksturen ble signifikant ($p > 0,05$) lavere gjennom lagringsperioden, der dag 49 var lavere enn dag 0 og 14 ved 20, 40 og 60 % nedtrykk av totalhøyden.

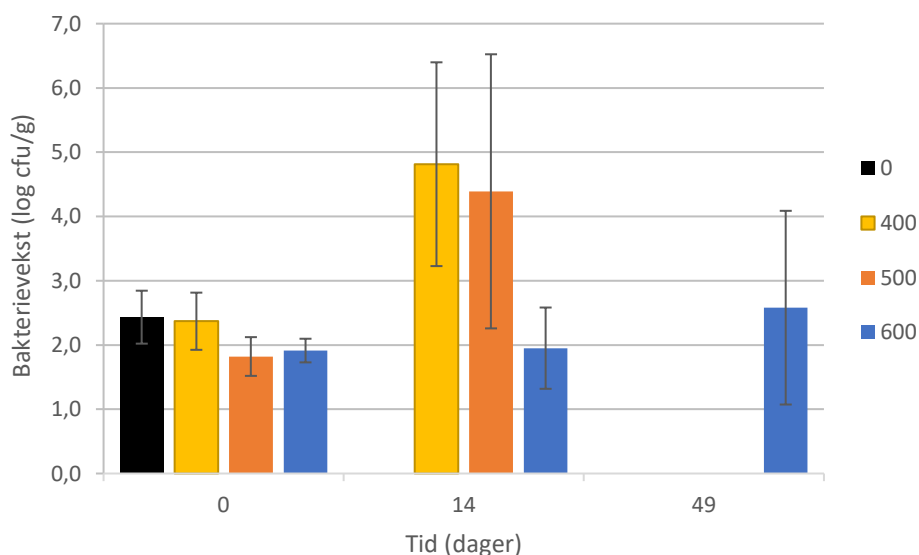
Tabell 6 Gjennomsnittlig kraft (g) som ble brukt for å trenge en 12,7 mm probe henholdsvis 20 %, 40 %, 60 % eller 80 % av prøvehøyden ned i prøven

Nedtrykk (%)	0	400	500	600
20	767 ± 110	1290 ± 388	1514 ± 437	1312 ± 452
40	2222 ± 266	3182 ± 792	4116 ± 1057	3174 ± 1017
60	3496 ± 659	4487 ± 865	5334 ± 1167	4461 ± 1217
80	4325 ± 804	5287 ± 1117	5644 ± 1224	5183 ± 1217

Dette viser at bruken av høytrykk påvirker teksturen i produktet, og at en kan oppleve fisken som hardere å tygge. Nedgangen i tekstur over tid henger som regel sammen med nedbryting av fiskemuskelen gjennom lagring av bakteriell vekst. Teksturanalysen ble foretatt på rå klippfisk. For sensorisk vurdering av klippfisken, inkludert vurdering av tekstur, se kapittel 5.2.7.

5.2.6 Mikrobiologi

De mikrobielle analysene viste at nivået av bakterier i utvannet klippfisk lå på $2,4 \pm 0,4$ log cfu/g. Ved dag 0 så man relativt liten effekt av høytrykksprosessering, men årsaken her er det lave startnivået av bakterier. Etter 14 dagers lagring ser man tydelig effekt av de ulike trykkbehandlingene. For prøver prosessert ved både 400 og 500 MPa ser man at noen av prøvene allerede har nådd et bakterietall som er over 6 log cfu/g. Ubehandlet prøve ble kun analysert ved dag 0. Basert på resultater fra innledende studier (ikke vist), så ble kun prøver prosessert ved 600 MPa lagret og analysert etter 49 dager. Resultatene viser at selv etter så lang tids lagring, så har man et gjennomsnittlig bakterietall på $2,6 \pm 1,5$ log cfu/g. Basert på resultatene fra bakteriell analyse, så vil et slikt fiskeprodukt prosessert ved 600 MPa i 5 minutter fortsatt har god holdbarhet.



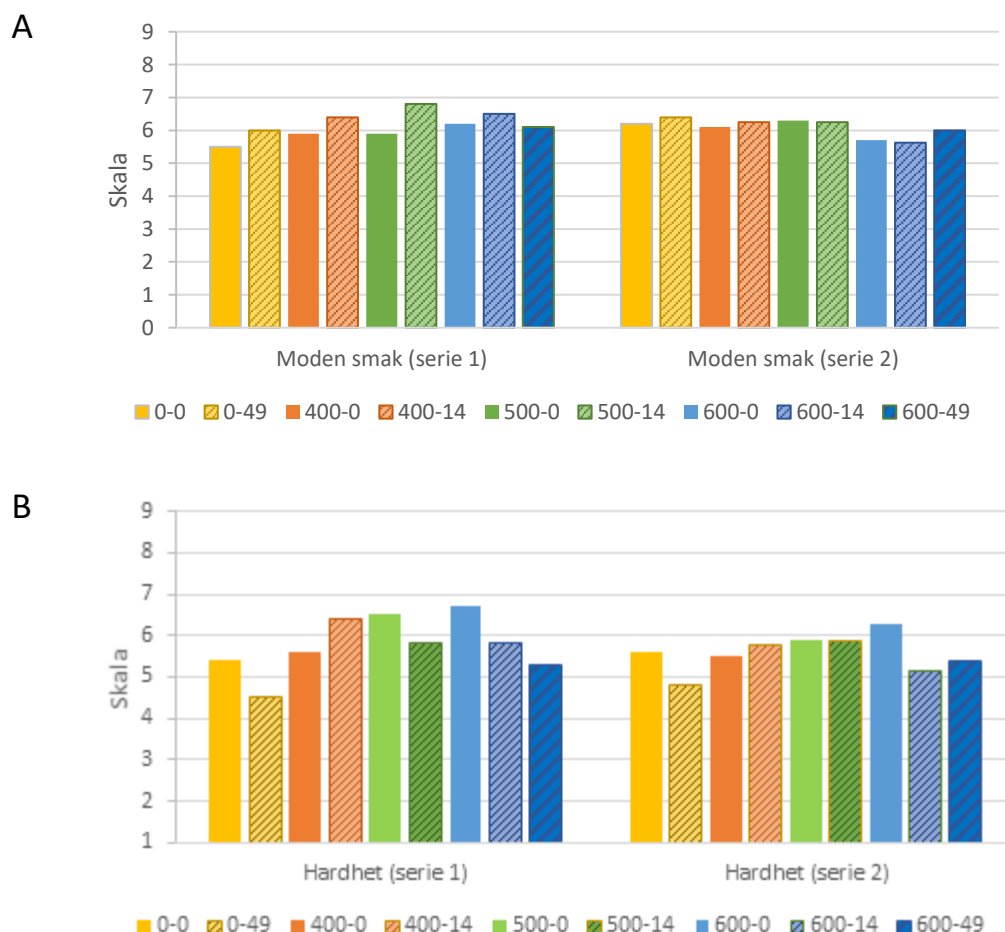
Figur 5 Bakteriell vekst i prøver utplatet på TSA tilsatt 2 % NaCl.

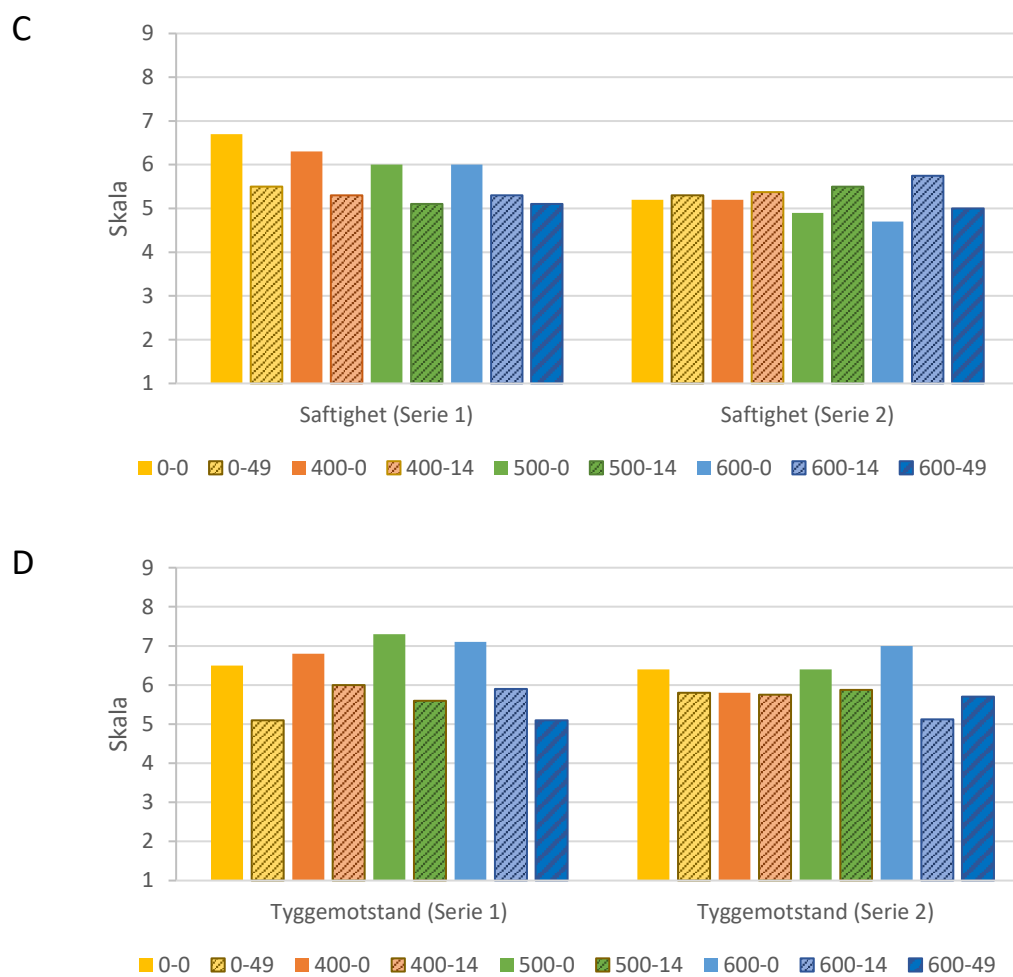
5.2.7 Sensorisk vurdering

Den sensoriske vurderingen av et trent panel viste at det generelt var små forskjeller mellom de ulike prøvene. Rå prøve ble kun vurdert dag 0, og kokt prøve dag 0 (alle prøver), dag 14 (HP; 400, 500 og 600 MPa, 5 min) og dag 49 (HP 600 MPa, 5 min og frossen/tint kontrollprøve). De signifikante

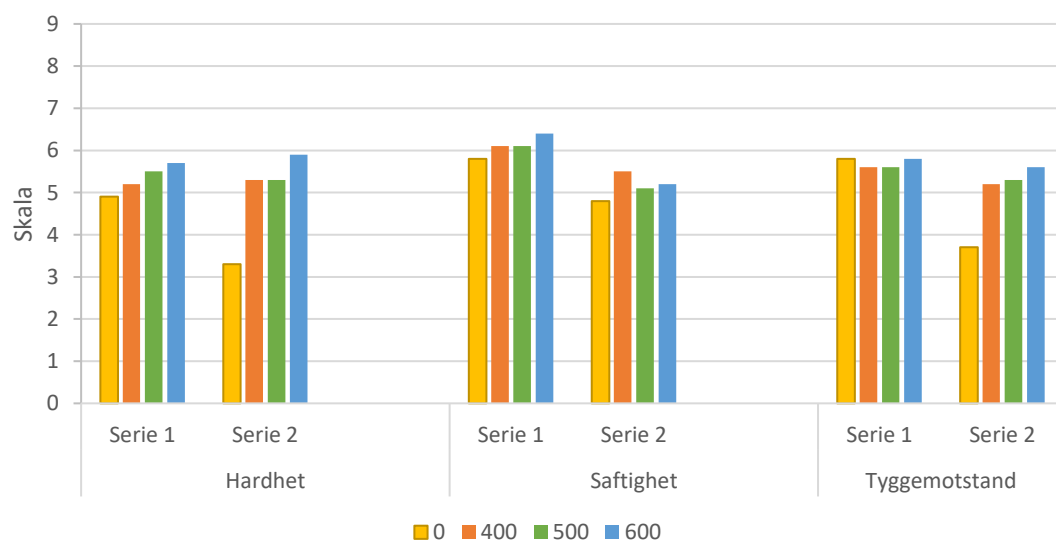
forskjellene en så var hovedsakelig relatert til lagring. Figur 6 gir en oversikt over den sensoriske vurderingen som ble gjort for fire av parameterne (Tabell 1) for vurdering av kokt prøve. Vurderingen av de fire parameterne er to-delt, slik at vurderingen av de to gjentakene vises i to delfigurer. Resultatene viste at det var små forskjeller, hovedsakelig en justering opp/ned på 0,5 poeng. Det kan se ut til at forskjellene for de lagrede prøvene var litt større for serie 1 sammenlignet med serie 2.

Ut fra resultatene ser en tendens til at lagrede prøver oppnår en score for 'moden smak' (Figur 6A) som er tilnærmet lik den vurderingen som dag 0 prøvene oppnådde, og det er små forskjeller for de ulike trykkene. Ved vurdering av 'hardhet' (Figur 6B), så man at høytrykksprosesserte prøver dag 0 generelt ble oppfattet som hardere enn ubehandlet prøve, og at det var en oppfattelse av økt hardhet med økende trykk. Det er interessant å observere at alle prøver, med unntak av prøver prosessert ved 400 MPa, fikk en lavere score ved vurdering etter 14 dager. Disse resultatene gjenspeiler de resultatene man fikk ved teksturmåling av rå prøver, hvor det ble påvist at teksturen ble signifikant ($p > 0,05$) lavere gjennom lagringsperioden. Ved vurdering av 'saftighet' (Figur 6C) var det en generell nedgang etter lagring i serie 1, men denne tendensen kunne man ikke se for serie 2, hvor det heller tenderte til å være motsatt. Vurdering av 'tyggemotstand' (Figur 6D) gav noen av de største utslagene, og man så en generell nedgang under lagring.





Figur 6 Sensorisk vurdering av kokte prøver. (A) Moden smak, (B) Hardhet, (C) Saftighet og (D) Tyggemotstand, score gitt fra 1–9



Figur 7 Sensorisk vurdering av rå prøver. (A) Hardhet, (B) Saftighet, (C) Tyggemotstand, score gitt fra 1–9

Vurdering av kokt prøve ble bare gjort dag 0. For hardhet ble prøvene vurdert som mye mer forskjellige i serie 2 enn det man gjorde i serie 1 (Figur 7). Dette gjenspeilte seg også i vurderingen av tyggemotstand. Det en kan trekke ut fra den sensorisk vurderingen er at det ser ut til å være små forskjeller på den sensoriske oppfattelsen av høytrykksprosessert og ikke-prosessert prøve.

5.3 Utvannet saltfisk pakket med ulike pakkemetoder og prosessert ved 600 MPa

Basert på resultatene fra forsøket med klippfisk, hvor ulike trykk og holdetider ble benyttet, ble det i forsøket med saltfisk vurdert at 600 MPa i 5 minutter var gunstige prosessbetingelser. Etter å ha blitt pakket på ulike måter; vakuum, vakuum og CO₂-emitter og MAP, ble cirka halvparten av prøvene høytrykksprosessert ved nevnte betingelser.

5.3.1 Gass, pH og saltinnhold

Konsentrasjon av CO₂ og O₂ ble målt i prøvene som var pakket i MAP. Ved dag 0 lå CO₂-nivået på $61,8 \pm 0,8$ % og O₂ under 0,01 %. Etter 5 og 15 dagers lagring så man en nedgang til 36 og 32 % CO₂. Videre lagring viste en mer enn halvering i CO₂-nivå. Ved dag 30, 40 og 50 var CO₂-nivåene på henholdsvis 24,2; 23,2 og 19,6 %. I denne perioden (> 30 dager) lå O₂-verdier rundt 1,14 %.

Måling av pH viste at prøver pakket med CO₂, enten i form av emitter eller MAP generelt hadde en lavere pH sammenlignet med prøver som bare var pakket i vakuum, Tabell 7. For høytrykksprosesserte ble det observert en tendens til generell økning i pH fra dag 15 til dag 40, men ved dag 50 var pH lavere enn dag 40. Dette var gjeldene for alle pakkemetoder.

Tabell 7 Måling av pH i utvalgte prøver i lagringsperioden

	Pakkemethode	0	5	15	30	40	50
1	Luft	$6,12 \pm 0,05$	-	-	-	-	-
2	Vakuum	-	$6,37 \pm 0,08$	$6,28 \pm 0,07$	-	-	-
3	Vakuum + emitter	-	$6,21 \pm 0,04$	$6,15 \pm 0,06$	-	-	-
4	MAP	-	$6,06 \pm 0,11$	$6,18 \pm 0,05$	-	-	-
5	Vakuum	$6,23 \pm 0,07$		$6,36 \pm 0,06$	$6,40 \pm 0,07$	$6,65 \pm 0,03$	$6,33 \pm 0,02$
6	Vakuum + emitter	$6,30 \pm 0,04$		$6,11 \pm 0,12$	$6,13 \pm 0,07$	$6,24 \pm 0,13$	$6,11 \pm 0,07$
7	MAP	$6,18 \pm 0,01$		$6,08 \pm 0,07$	$6,20 \pm 0,01$	$6,33 \pm 0,06$	$6,20 \pm 0,05$

Saltinnhold i utvannet saltfisk lå mellom 2,32–3,70 %, med et gjennomsnitt på 2,79 %. Saltinnholdet i utvanningsvannet var etter 24 t på $1,4 \pm 0,08$. Videre ble saltnivå avlest etter 48, 72 og 96 timer. Dette var på henholdsvis $2,0 \pm 0,05$, $2,1 \pm 0,0$ og $2,3 \pm 0,08$. Det ble ikke gjennomført vannbytte, og man ser i løpet av de 48 første timene blir saltet raskt transportert ut av fiskemuskelen, men etter dette går det forholdsvis sakte.

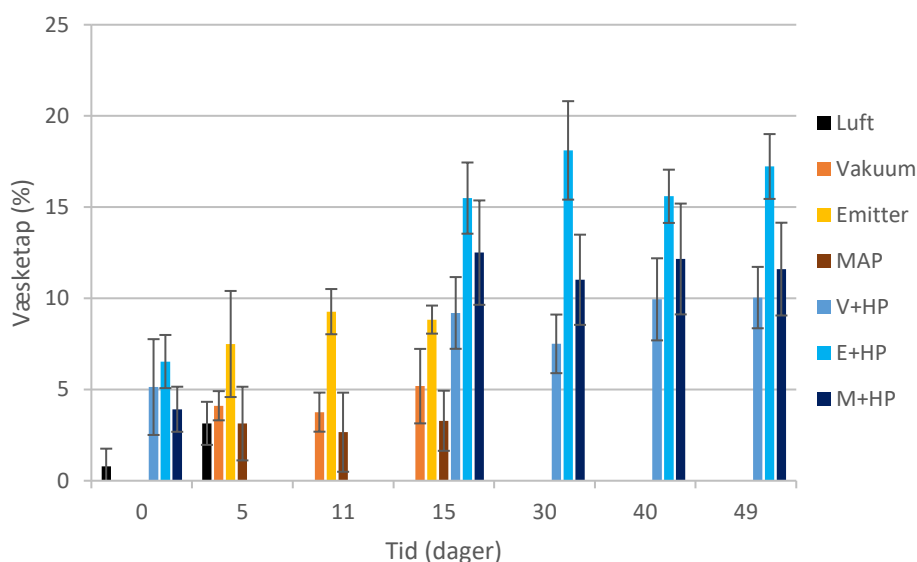
5.3.2 Vektendring under utvanning

Gjennomsnittlig vektøkning for 16 vilkårlige fiskebiter (2 gjentak) som ble fulgt under utvanning (96 t) var på $71,7 \pm 6,1$ g, noe som tilsvarte en vekstøkning på $23,7 \pm 2,7$ %. Høyest vektendring ble observert etter de første 24 timene, hvor man fikk en gjennomsnittlig økning på 14 %. Videre så man en

gjennomsnittlig økning ved de ulike intervallene, 24–48 timer, 48–72 timer, 72–96 timer, på henholdsvis 4,1; 2,4 og 1,7 %.

5.3.3 Væskeslipp under lagring

Saltfiskprøver som hadde blitt høytrykksprosessert hadde et gjennomsnittlig væskeslipp fra 3,9–6,5 %. Ubehandlet kontrollprøve hadde nivå på 0,8 %. For prøver som ikke var høytrykksprosessert var det relativt små forskjeller i væskeslipp opp til dag 15. Prøver pakket med CO₂-emitter hadde væskeslipp på rundt 9 %, og det var et signifikant høyere væsketap enn de som var pakket i vakuum eller MAP. For de to sistnevnte hadde relativt lik mengde væsketap. For prøver som var høytrykksprosessert etter pakking, så man et høyt væsketap for de prøver som var pakket med emitter. Ved endt lagringstid hadde man et væsketap på cirka 17 %, mens man for prøver pakket i vakuum og MAP lå nivåene på cirka 10 %. En årsak til det høye væskeslippet ved bruk av denne CO₂-emitteren er trolig at denne ikke har vært helt optimal for størrelsen av fiskestykkene som er benyttet. En har også tidligere sett at man kan få høyt væsketap ved pakking av torsk i CO₂. Men man observerte ikke høyere væsketap for prøver pakket i MAP sammenlignet med vakuum.



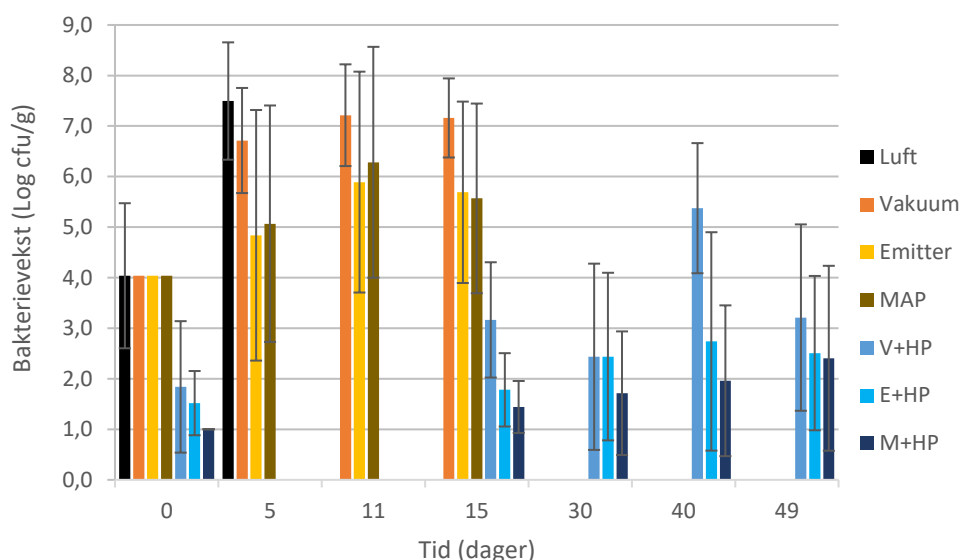
Figur 8 Væskeslipp under lagring for utvannede saltfiskprøver pakket med ulike pakkemåter og med eventuelt påfølgende høytrykksprosessering

5.3.4 Mikrobiologi

Mikrobiell analyse av utvannet saltfisk dag 0 viste bakterietall på 4 log for kontrollprøver (Figur 9). Standardavvikene var relativt høye. Hovedårsaken er at det var store forskjeller i bakterievekst mellom de to gjentakene. Det første forsøket hadde et relativt lavt bakterietall på 2,7 log cfu/g. Gjentak 2 viste betydelig høyere bakterietall, hvor man fikk 5,6 log cfu/g. Det var små forskjeller i de tre parallellene i hvert av forsøkene. Utvanningskarene var nøye rengjort før bruk, men etter grundig vask ble ulike desinfeksjonsmidler benyttet. En mulig forklaring på det høye bakterietallet kan være at det ha vært rester av biofilm på karveggen som kan ha bidratt til høy bakterievekst i gjentak 2. En annen forklaring kan være at det er store variasjoner i samme råvareparti.

Etter 5 dagers lagring ved 4 °C hadde man et høyt bakterietall for prøver som bare hadde ligget i luft eller vakuum, cirka 7 log cfu/g. Fiskeprøver pakket med CO₂-emitter og MAP hadde en tendens til lavere bakterietall, men her var det store forskjeller i bakterietall i de ulike prøvene.

For prøver som var høytrykksprosessert etter pakking så man en god effekt ved dag 0, da bakterietallene lå fra cirka 1–2 log cfu/g. Etter 15 dagers lagring var det små forskjeller i bakterievekst sammenlignet med dag 0, og det var ikke signifikante forskjeller i bakterievekst mellom prøver pakket i vakuum, med emitter eller i MAP. Ved dag 49 så man det gjennomsnittlige bakterietallet lå på cirka 3 log cfu/g. I en enkelt prøve pakket i vakuum før trykkbehandling fant en bakterietall på 5 log cfu/g. De resterende prøvene hadde 4 log cfu/g eller lavere. Resultatene viser at høytrykksbehandling har en svært god effekt på inaktivering og hemming av bakterier i utvannet saltfisk. Det er litt overraskende at en ikke oppnår bedre tilleggseffekt av CO₂, enten i form av pakking med CO₂-emitter eller med MAP. En årsak til dette kan være at det var forskjell i vekt på fiskebitene, da MAP ikke kunne optimaliseres slik at forhold mellom gass og vekt av fisken var best mulig. Det samme gjelder for bruk av CO₂-emitter.



Figur 9 Bakterievekst i utvannede saltfiskprøver pakket og evt. høytrykksprosessert. Uttak ved ulike dager (0–49), men ikke alle prøver ble analysert alle dager. For dag 0 uten høytrykk er kun prøver pakket i luft (kontroll) analysert. Bakterietall for prøver pakket i vakuum, med emitter og MAP er antatt å ha likt bakterietall ved dag 0 som kontrollen.

5.4 Utvannet saltfisk mettet med CO₂ før innfrysing med lagringsstudie etter tining

Utvannet saltfisk ble etter utvanning (1) vakuumpakket og frosset, eller (2) mettet med CO₂ i 48 timer og deretter pakket i vakuum og frosset. Etter frysing i cirka 2 uker ble prøvene tint og lagret ved 4 °C.

5.4.1 Saltinnhold

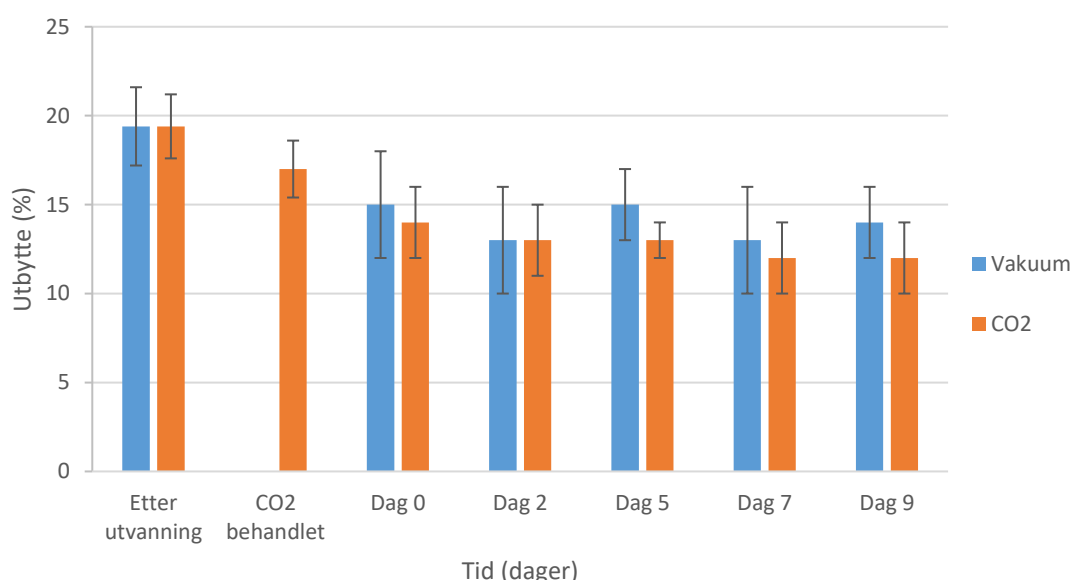
Innholdet av NaCl i saltfisk før utvanning var i gjennomsnitt 19,3 % (min. 17,2 og maks. 20,5 %). Etter 4 dagers utvanning hadde inneholdt fisken i gjennomsnitt 3,7 % NaCl (min. 2,4 og maks. 4,3 %). Vekt og tykkelse på fiskestykkene varierte, og det kan forklare noe av variasjonen i saltinnhold.

5.4.2 Forbehandling med CO₂

Ti poser med 5 utvannede fiskestykker hver ble fylt med CO₂ og oppbevart i 48 timer, til en nærmest fullstendig metning av fisken med CO₂. Innholdet av gasser i posene ved start på lagringen var i snitt henholdsvis 96,9 % CO₂ (min. 95,9 og maks. 97,7) og 0,3 % O₂ (min. 0,09 og maks. 0,46), og ved avslutning 93,6 % CO₂ (min. 88,9 og maks. 96,0) og 0,9 % O₂ (min. 0,43 og maks. 1,8). Den svake nedgangen i CO₂ skyldes opptak av gass i fisken, som syntes ved krymping av posene. Rest-O₂ økte noe, på grunn av frigiving av O₂ fra fisken og delvis små lekkasjer i posene.

5.4.3 Registrering av utbytte

Fiskestykkene ble veid i ulike prosess-trinn, og utbytte i prosent av vekt av saltfisk er vist i Figur 10. Vektøkningen etter 4 dager utvanning var cirka 19 %. Fisken som ble behandlet med CO₂ tapte cirka 2 % vekt etter denne behandlingen. Utbytte for fiskestykkene mellom 0 og 9 dager lagring var stabilt, uten vesentlig økning i vekttap over tid. Resultatene viser en tendens (ikke signifikant) til noe lavere utbytte for CO₂-behandlet fisk på 1–2 %. Denne forskjellen synes oppstå ved CO₂-behandlingen og vedvarte gjennom lagringen. Det høye standardavviket viser at utbytte varierte mye mellom fiskestykker innen de to gruppene og på de ulike uttakstidene.



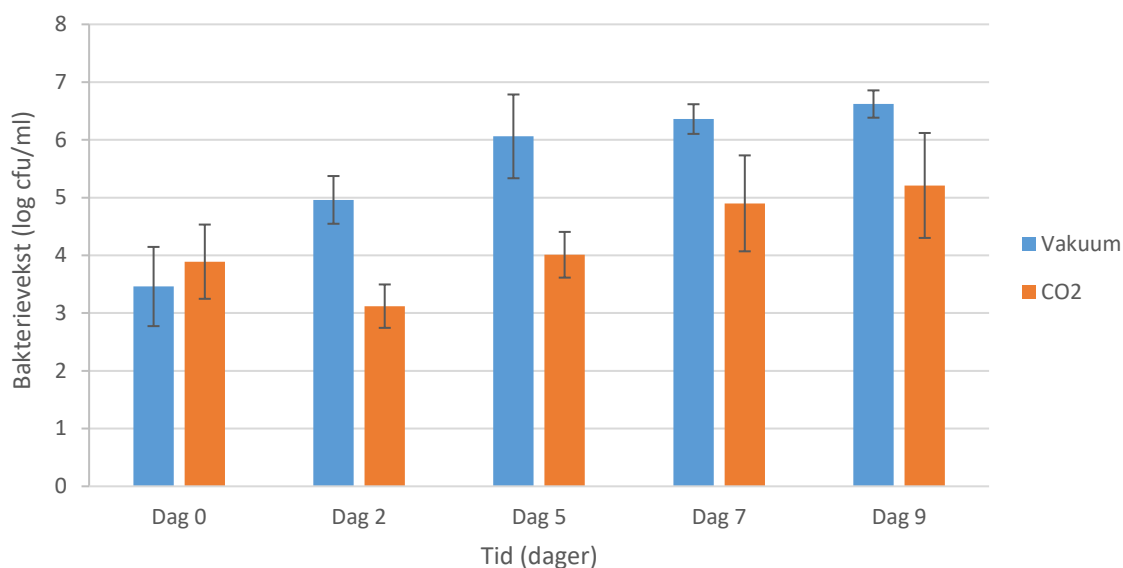
Figur 10 Utbytte i ulike trinn av behandling og lagring av utvannet saltfisk, uttrykt som prosent av opprinnelig vekt av saltfisk.

5.4.4 Mikrobiologi

Totalkimtall for utvannet saltfisk under lagring ved 4 °C er vist i Figur 11. Bakterietall ved start på lagringen i dette forsøket var i gjennomsnitt på knapt log 4 (min. log 2,7 og maks. log 4,8). Analyser under forforsøket viste enkelte prøver av utvanna saltfisk med log 6. Dette viser en stor variasjon i mikrobiologisk standard innen samme råvareparti.

Under kjølelagring økte bakterietallene fra dag 2 til 9, opp til knapt log 7 for vakuumpakket fisk uten CO₂-behandling ved dag 9. Fiskestykker som var forbehandlet med CO₂ hadde cirka 2 log lavere bakterietall enn ubehandlet vare mellom dag 2 og 9. Ved avslutning av forsøket hadde CO₂-behandlet fisk cirka log 5 i bakterietall. CO₂ er kjent for å ha en bakteriehemmende effekt, og ulike metoder for

forbehandling, bruk av CO₂-emitter eller pakking av fisk med CO₂ har tidligere gitt lavere bakterietall og lenger mikrobiologisk holdbarhet.



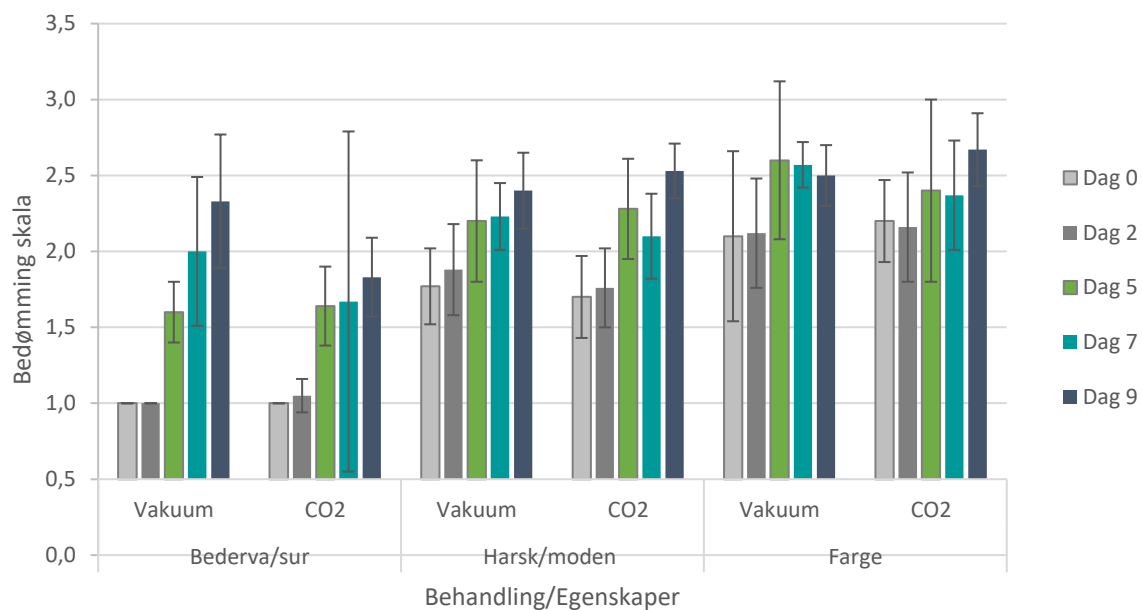
Figur 11 Totalkim i utvannet saltfisk under lagring ved 4 °C i 9 dager

Det ble også foretatt mikrobiell analyse av 5 saltfiskprøver (ikke utvannet). Alle disse prøvene hadde et bakterietall under log 2.

I hovedforsøket ble utvanning gjort ved 4 °C. Som en liten test ble det gjort et lite utvanningsforsøk hvor totalt 8 fiskestykker ble utvannet ved 1 °C, også i 4 døgn. Disse prøvene hadde alle bakterietall under log 2 rett etter utvanning, altså betydelig lavere enn ved utvanning ved 4 °C. Ut fra disse tallene, så vil det være mye å hente på å senke utvanningstemperaturen.

5.4.5 Vurdering av kvalitet

Egenskapene sur/bedervet lukt, moden/harsk lukt og farge ble bedømt gjennom lagringsperioden på 9 dager; se Figur 12. Resultatene viste et betydelig standardavvik. Karakterene for sur/bedervet lukt synes å øke mindre under lagringsperioden for CO₂-behandlet fisk (ikke signifikant), men karakterene er likevel under aksept-grensen på 3 på alle tidspunkt for begge typer fisk, også for bare vakuumpakket fisk. Tendens til mer sur/bedervet lukt samsvarer med høyere bakterietall for bare vakuumpakket fisk. Harsk/moden lukt økte noe under lagringen for begge kategorier fisk, uten forskjell mellom fisketypene. Fargen hadde en tendens til å bli noe gulere/brunere under lagring, men uten forskjeller mellom de to fisketypene. For farge var det en variasjon mellom ulike stykker saltfisk i råvarepartiet.



Figur 12 Bedømming av sur/bedervet lukt, moden/harsk lukt og farge på utvannet saltfisk. Skala for de to lukteegenskapene: 1 – ingen, 3 – middels, 5 – sterk. Skala for farge: 1 – hvit, 3 – litt gul/brun, 5 – mye gul/brun.

6 Oppsummering og konklusjon

Det arbeidet som er gjort på pakking, prosessering og frysing av utvannet klipp- eller saltfisk viser at en vil kunne øke holdbarheten fra dager til flere uker, avhengig av hvilke pakke- og prosessbetingelser som benyttes. For å sikre en stabil og lengst mulig holdbarhet, er det viktig at fisken behandles hygienisk gjennom hele verdikjeden fra fangst til ferdig vare i butikk. Variasjonen i bakterietall på log 3–6 i utvannet fisk tilsier at det er rom for forbedring av hygiene på råvaren.

Utvanning ved 1 °C kan være en enkel måte å øke holdbarhetstiden på. Ved utvanning med vann fra springen, ofte på 6–8 °C, vil det ta lang tid å få ned temperaturen i vannet i store kar på kjølerom ved typisk 4 °C. Tilsetning av «ren» is i vannet kan være et nyttig hjelpemiddel. Før en iverksetter en eventuell utvanning ved 1 °C, er det viktig å undersøke om metoden gir samme grad av utvanning og saltreduksjon som den som har vært testet ved 4 °C. I tillegg til temperatur, så er utvanningstid en viktig parameter. Det er gjerne en sammenheng mellom økt utvanningstid og økt antall bakterier i utvannet produkt. Utvanningstid må også sees i sammenheng med størrelsen på de fiskestykkene som skal utvannes. Innledende forsøk ble gjort med fiskestykker som hadde en bredde på cirka 6 cm, mens det i hovedforsøkene ble benyttet stykker som er 5 cm. Noen av disse hovedforsøkene viste at det er mulig å oppnå bakterietall ned mot 3 log for utvannet saltfisk, og dette vil være et svært godt utgangspunkt og vil i stor grad påvirke holdbarheten til et utvannet produkt.

Høytrykksprosessering av utvannet klipp- og saltfisk har vist seg å gi svært lang holdbarhet, minst 49 dager vil man kunne oppnå om man prosesserer ved 600 MPa i 5 minutter. Denne type prosessering kan gi endringer i både tekstur og farge på et rått produkt, men sensoriske vurderinger fra arbeid i denne studien med klippfisk har vist at det er relativt små forskjeller på et kokt produkt. I tillegg ser man at drypptapet er noe høyt under lagring, men dette kan en eventuelt løse med bruk av en absorbent i forpakningene.

Forsøk med å kombinere ulike pakkemetoder og påfølgende høytrykksbehandling viste liten ekstra effekt av å pakke med CO₂ tilstede. Dette er overraskende, da en fra tidligere forsøk har sett en positiv synergieffekt av å kombinere CO₂ og høytrykk. Men dersom man skulle gjøre dette i en større studie/kommersielt, så burde man ha en fast vekt, for eksempel 1 kg pakninger med utvannet fisk hvor man da hadde optimalisert både pakkegass for MAP og CO₂-emitter for bruk på utvannet saltfisk.

Forsøk med utvannet saltfisk som ble vakuumpakket, frosset og deretter tint og oppbevaring på kjølerom ved 4 °C viste at dersom man foretok en forbehandling av utvannet fisk med CO₂ ville man kunne få en holdbarhet på 9 dager. Dersom man bare vakuumpakket prøvene før innfrysning lå bakterietallet på cirka 6 log etter 5 dager. Forbehandling med CO₂ hadde god effekt i å senke bakterietall med cirka log 2. En liknende effekt kan ventes av å pakke og lagre fisk direkte i en atmosfære med høyt innhold av CO₂. En ulempe med forbehandlingen er et ekstra prosesstrinn, arbeid og tidsforbruk. I tillegg kan utbytte med CO₂-behandling bli noe redusert.

Ut fra arbeidet som er gjort i CoPro i arbeidspakke 2, så kan en konkludere med at det er mange tiltak som kan gjøres, både relatert til utvanningsbetingelser og pakkemåter og prosessering som kan bidra til å øke holdbarheten til utvannet klipp- og saltfisk.

7 Referanser

- Bjørkevoll, I., R.L. Olsen & O.T. Skjerdal (2003). Origin and Spoilage Potential of the Microbiota Dominating Genus *Psychrobacter* in Sterile Rehydrated Salt-Cured and Dried Salt-Cured Cod (*Gadus Morhua*). *International Journal of Food Microbiology*, **84**:2, pp. 175–87.
- Campus, M. (2010). High Pressure Processing of Meat, Meat Products and Seafood. *Food Engineering Reviews*, **2**:4, pp. 256–73.
- Hansen, A.A., T. Mørkøre, K. Rudi, E. Olsen & T. Eie (2007). Quality Changes during Refrigerated Storage of MA-Packaged Pre-Rigor Fillets of Farmed Atlantic Cod (*Gadus Morhua* L.) Using Traditional MAP, CO₂ Emitter, and Vacuum. *Journal of food science*, **72**:9, pp. M423–30.
- Hovda, M.B., M. Sivertsvik, B.T. Lunestad, G. Lorentzen & J.T. Rosnes (2007). Characterisation of the Dominant Bacterial Population in Modified Atmosphere Packaged Farmed Halibut (*Hippoglossus Hippoglossus*) Based on 16S rDNA-DGGE. *Food Microbiology*, **24**:4, pp. 362–71.
- ISO 13299:2016 [E] Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.
- LaBail, A., M. de-Lamballerie-Anton, M. Hayert & D. Chevalier (2004). High Pressure Processing of Seafoods. I *Seafood Quality and Safety - Advances in the New Millennium.*, F.S. Shahidi (ed.). St. John's, Canada: ScienceTech Publishing Co.
- Magnússon, H., K. Sveinsdóttir, H.L. Lauzon, Á. Thorkelsdóttir & E. Martinsdóttir (2006). Keeping Quality of Desalted Cod Fillets in Consumer Packs. *Journal of Food Science*, **71**:2, pp. M69–76.
- NMKL nr 184, utgave (2006). Kimtal og spesifikke fordærvelsesbakterier i fisk og fiskevarer.
- Rotabakk, B.T., M Sivertsvik & S. Birkeland (2009). Microbiological Quality of Desalted Cod in Consumer Packages—Effects of Storage Atmospheres and Pretreatments. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **18**:1-2, pp. 18–31.
- Sterr, J., B.S. Fleckenstein & H.-C. Langowski (2014). The Effect of High-Pressure Processing on Tray Packages with Modified Atmosphere. *Food Engineering Reviews*, **7**:2, pp. 209–21.

