

www.sintef.no



**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

Optimal lagring av saltfisk

SAKSBEARBEIDER(E)

Ingrid Camilla Claussen, Turid Rustad, Ola M. Magnussen

OPPDRAKSGIVER(E)

FHL

TR NR. TR F6795	DATO 2009-02-27	OPPDRAKSGIVER(E)S REF. Finn Arne Egeness	PROSJEKTNR. 16X799
EL. ARKIVKODE 0901051068	RAPPORTTYPE	PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran	GRADERING Fortrolig
ISBN NR. -		FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	OPPLAG SIDER 19
AVDELING Energiprosesser	BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1D		LOKAL TELEFAKS 73593950

RESULTAT (sammendrag)

Prosjektets mål har vært å kartlegge årsakene til endring i farge under prosessering og lagring av saltfisk ved å utføre innledende målinger og analyser av dagens produksjonsprosess og kvalitetsanalyser av ferdig saltfisk.

Den gule misfargingen i saltfisk skyldes ikke mikrobiell vekst i fisken. Det ser ut til at lagring ved høy temperatur fører til noe økt misfarging, men skader i vevet ser ut til å ha større betydning. Misfarging er trolig knyttet til oksidasjon av fett og protein. Innhold av ioner i vann og saltlake/salt kan være med på å fremme oksidasjonen.

Tidligere forskning har dokumentert at optimal temperatur for utbyttet ved flekking av fisk for klippfiskproduksjon er i området 0 °C til -1,5 °C i hele fisken. Målingene viser at temperaturen i de tynne partiene som buk og spord var i snitt mellom 1,2 °C og 4,2 °C. Det er nettopp disse partiene som ved høy temperatur gir feilskjæringer og spalting, og dermed dårligere utbytte. Temperaturen i fisken ved ilegging i salttekar var mellom 3,2 °C og 4,5 °C i henholdsvis tynn- og tykkere deler av fisken. Målinger viser at det tar i snitt 3 dager før temperaturen er under 2 °C selv ved ett relativt godt kjølt lager.

Ved produksjon av saltfisk vil det være en fordel at produksjonstemperaturen holdes så lav som mulig. Ved flekking vil en lavere temperatur medføre økt utbytte og mindre kvalitetsfeil. I salteprosessen vil en lavere temperatur samt færre skader i fiskekjøttet minke faren for misfarging under prosessering. Dette prosjektet har vist at misfarging trolig er knyttet til oksidasjon av fett og protein i fisk og ikke mikrobiell vekst, i tillegg til ioner i vann og saltlake/salt.

STIKKORD

EGENVALGTE	Saltfisk	Temperatur
	Oksidasjon	Lagring

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1	INNLEDNING 3
	KVALITETSANALYSER AV SALTFISK 4
2	BAKGRUNN 4
3	MATERIALE OG METODER 5
3.1	FORSØKSOPPSETT 5
3.1.1	Analyse av karbonylgrupper – Forsøk 1 5
3.1.2	Lagringsforsøk ved 5 °C og 15 °C – Forsøk 2 5
3.1.3	Lagringsforsøk ved ulike temperaturer – Forsøk 3 5
3.2	ANALYSEMETODER 5
3.2.1	Mikrobiologi 5
3.2.2	Karbonylgrupper 5
3.2.3	Farge 6
3.2.4	Fett og fettoksidasjon 6
4	RESULTATER OG DISKUSJON 7
4.1	ANALYSE AV KARBONYLGRUPPER – FORSØK 1 7
4.2	LAGRINGSFORSØK VED 5 °C OG 15 °C – FORSØK 2 7
4.2.1	Analyser av mikrobiologi 8
4.2.2	Analyser av karbonylgrupper 8
4.3	LAGRINGSFORSØK VED ULIKE TEMPERATURER – FORSØK 3 9
4.3.1	Analyser av farge 9
4.3.2	Analyse av karbonylgrupper 10
4.3.3	Fettoksidasjon 11
5	OPPSUMMERING 12
	TEMPERATURMÅLINGER VED PROSESSERING AV SALTFISK 13
6	BAKGRUNN 13
7	MATERIALER OG METODER 14
8	RESULTATER 15
8.1	TEMPERATURFORLØP FØR SALTING 15
8.2	TEMPERATURFORLØP VED SALTING 15
9	OPPSUMMERING 17
10	KONKLUSJON 18
11	REFERANSER 18

1 INNLEDNING

Prosjektet mål har vært å kartlegge årsakene til kvalitetsfeil som misfarging og filetspalting, under prosessering og lagring av saltfisk ved å utføre innledende målinger, registrering av produksjonsforhold og analyser av dagens produksjonsprosess samt kvalitetsanalyser av ferdig saltfisk.

Saltfiskmarkedet er svært viktig for bransjen og utgjør en svært stor del av omsetningen for mange av bedriftene. Markedene i mellomeuropa utgjør det største markedet, og er viktigst for hvitfisk med god betalingsvilje for høykvalitets varer. Under prosjektets innledende møter med bransjen og besøk ved bedrifter ble problemet med at fisken i mange tilfeller utvikler gulbrun misfarging belyst. Misfarging medfører reklamasjoner fra kundene, retur av varer og store økonomiske tap hos produsentene. Årsaken til fargeendringene var uklar, noen kunder og underleverandører mente at dette fenomenet skyldes bakterielle angrep av salttolerante mikroorganismer og at dette kunne tilbakeføres til saltet. Det har også vært undersøkt om misfargingen kunne skyldes kobberioner i vannet fra messingdeler i vannsystemet, uten at dette har gitt resultat. I noen tilfeller er det registrert noe harsk lukt fra enkelte partier som er kommet i retur. Problemer rundt misfarging ser ut til å være størst om sommeren og høsten, og spesielt ved høy sjøvannstemperatur. Diskusjonen førte til at mistanken om harskning på grunn av høy temperatur under prosessering og lagring kunne være en viktig årsak, og etteravtale med Bacalao Forum ble prosjektfokus endret mot mer fokus på gulningsproblemene.

KVALITETSANALYSER AV SALTFISK

2 BAKGRUNN

Det er kjent at gulning og dannelse av brun misfarging ofte skyldes oksidasjonsreaksjoner, både enzymatiske og ikke-enzymatiske (1). Lauritzen et al (2005) har listet opp faktorer av betydning for ikke-enzymatisk lipidoksidasjon. Av disse er det lys (særlig kortbølget), tilgang på oksygen og høy temperatur ($>0^{\circ}\text{C}$) som fremmer lipidoksidasjon. I tillegg vil tilstedeværelse av pro- og antioksidanter ha betydning. Prooksidanter som er viktige i fisk er overgangsmetaller ($\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$ og $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) samt hemoglobin og myoglobin. Det er allment akseptert at jern er sentralt når det gjelder å katalysere oksidative endringer i vev. Jern initierer lipidoksidasjon ved å generere radikaler som er i stand til å fjerne et proton fra umettede fettsyrer. Ulike former for jern har vært foreslått å delta i initieringen, men bidraget fra de ulike formene for jern i levende biologisk vev eller i mat er ikke klarlagt. Baron og Andersen (2002) har skrevet en oversiktsartikkel om myoglobin-indusert lipidoksidasjon (2). Thanonkaew et al. (2006) fant imidlertid at proteiner kan binde kobberioner mer effektivt enn jern, noe som kan indusere stedsspesifikk (*site specific*) oksidasjon av proteiner i nærvær av hydroperoksider (3). I deres arbeid førte kobber hovedsaklig til oksidasjon av proteiner, mens jern førte til oksidasjon av lipid. Dette er vist i studier av lipidoksidasjon, farge og fysikalsk-kjemiske egenskaper ved fryse- og tinebehandling (gjentatte sykler) av blekksprut.

Proteiner og aminosyrer blir oksidert av reaktive oksygenforbindelser slik som superoksid anion, hydroksyperoksidradikal og hydrogenperoksid, vesentlig av hydroksyradikalet og singlet oksygen. I tillegg kan aminosyrer og proteiner reagere med fettsyreradikaler og produkter fra fettsyreoksidasjonen. Superoksidanion reagerer selektivt med jern/svovelinneholdende proteiner og ødelegger deres biologiske aktivitet. Proteinoksidasjon ved hydroksyradikal fører til at det dannes kryssbundne forbindelser og karbonylforbindelser. Hydroksyradikalet kan fjerne hydrogen fra proteiner og danne proteinradikaler. Proteinradikaler kan igjen reagere med nye proteiner og danne kryssbundne systemer.

Dannelse av forbindelser mellom oksidert lipid og protein kan påvirke de sensoriske egenskapene på ulik måte. Det kan føre til endringer i farge, og bruningsreaksjoner er de mest vanlige. Det kan dannes komplekser enten med lipid hydroperoksider eller med deres sekundære produkter, *Schiff baser*, noe som kan føre til dannelse av brunfargede pigmenter. Det kan også ha effekt på tekstur og fører til økt seighet og reduserte gelningsegenskaper. Dette skyldes denaturering av proteiner og/eller dannelse av kryssbindinger som kan føre til redusert løselighet og fordøyelighet.

Antioksidanter som tokoferol, sitronsyre og askorbinsyre vil hemme oksidasjon. Ytre faktorer som lys, temperatur og oksygentilgang vil fremme oksidasjonsprosessen. Surhetsgrad (pH) i fisken samt hvor mye fett og fettets sammensetning vil også kunne ha betydning.

Joensen et al. (4) sammenlignet klippfisk fra stillehavstorsk, oppdrettstorsk og kjølt og fryst tråltorsk. De fant at klippfisk fra kjølt tråltorsk var hvitest og hadde lavest gul farge, mens oppdrettstorsken hadde mest harsk lukt og harsk smak og lavest hvithet. I sin kandidatoppgave ved NFH sammenlignet Olsen (5) kvalitet på saltfisk fra oppdrettet torsk med villfanget, oppforet torsk og villfanget torsk. Han fant at når det gjaldt fargen på råstoffet var oppdrettet torsk minst gul, men den var også minst lys. Saltfisk fra oppdrettsfisk var langt harskere enn villfanget torsk og villfanget oppforet torsk. Klippfisk fra oppdrettstorsk ble også gulere enn klippfisk fra villfanget torsk.

Tidligere analyser av torsk og brosme har vist at fettinnholdet og fettsammensetning i avskjær (som tilsvarer fettinnhold og -sammensetning i muskel) er nokså lik i torsk og brosme (6).

3 MATERIALE OG METODER

Det ble gjort målinger av gulfarge, mikrobiologi og proteinoksidasjon for å prøve å kartlegge faktorer av betydning for gulfarging av saltfisk.

Det er analysert saltfisk laget fra torsk og brosme.

3.1 FORSØKSOPPSETT

3.1.1 Analyse av karbonylgrupper – Forsøk 1

I forsøksrunde 1 ble karbonylgrupper i gul og ikke gul fisk som ble levert laboratoriet i juni 2008, analysert. Analysene ble utført av Kristin Langtinn.

3.1.2 Lagringsforsøk ved 5 °C og 15 °C – Forsøk 2

Fem filéter av torsk ble mottatt 2008-08-25 ved NTNU Bioteknologi. Filéene ble avfotografert før lagring ved 5 °C og 15 °C. Dato for analyse av mikrobiologi og prøveuttak for bestemmelse av proteinoksidasjon var 2008-09-01 og 2008-10-07, det vil si henholdsvis 7 dager og 43 dager etter oppstart lagring.

3.1.3 Lagringsforsøk ved ulike temperaturer – Forsøk 3

I alt 16 saltfisk filéter av brosme ble benyttet i dette forsøket. Filéene ble lagret ved 5 °C, 10 °C, 15 °C og 20 °C på brett innpakket i plastsekker. Det ble lagret 4 filéter ved hver temperatur. Første prøveuttak var dag 1 (2008.11.07), 3 dager etter uttak fra lager. På grunn av feil med fargemåler ble ikke farge analysert denne dagen. Farge ble målt 10. nov., 18. nov., 5. des. og 15. des., henholdsvis 3, 11, 28 og 38 dager etter oppstart lagringsforsøk. Det ble også skåret ut prøver for senere analyser av proteinoksidasjon. Ved siste prøveuttak (dag 38) ble det tatt ut prøver for analyser av fettoksidasjon.

3.2 ANALYSEMETODER

3.2.1 Mikrobiologi

Totalkim ble utført etter NMKL metode 91 (7). Metoden ble brukt for uttak av prøve av overflateflora, mens NMKL metode 86 (8) ble brukt for medium og inkubasjon.

Til uttak ble det brukt 10 cm² steril sjablong, skalpell og pinsett. Det ble tilsatt 100 mL fortynningsvæske (sterilt saltvann = 0,8 % (w/v) NaCl og 0,1 % (w/v) pepton) i stomacherpose med filter. Dette ble homogenisert i 2x30 sek på 230 rpm (*rotation per minute*). Det ble laget fortynninger i sterilt saltvann, og det ble utført utplating av tre fortynninger (inkludert ufortynnet) i triplikat på petriskåler med kommersiell plate count agar (Difco).

Platene ble satt til inkubering ved 25°C i 72 ±3 timer.

3.2.2 Karbonylgrupper

Karbonylgrupper ble bestemt ved reaksjon mellom hydrazin og karbonylgrupper. Dette resulterer i dannelse av et hydrazon som kan måles spektrofotometrisk. Karbonylgrupper ble bestemt som angitt av Morzel et al. (2006) (9).

3.2.3 Farge

Filétens farge ble bestemt ved å måle lyshet (L^*), rødhets (a^*) og gulhet (b^*) ved bruk av X-rite 948 fargemåler på overflaten av filéten. Apparatet vektet filétens farge i de tre komponentene sort/hvitt (L^*), rødt/grønt (a^*) og gul/blått (b^*). Det ble målt fire punkter på hver filét.

3.2.4 Fett og fettoksidasjon

Fett ble ekstrahert med modifisert Bligh and Dyer metode (10). Fettoksidasjon ble målt som peroksidverdi som angitt av The International Dairy Federation (11), modifisert av Ueda et al. (1986) (12) og Undeland et al. (1998) (13).

4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 ANALYSE AV KARBONYLGRUPPER – FORSØK 1

Tabell 1 viser resultatet fra analyse av karbonylgrupper i gul og ikke gul saltfisk av torsk levert SINTEF/NTNU juni 2008.

Tabell 1

Karbonylgrupper gitt i uM/mg protein for gul og hvit saltfisk av torsk

Prøve	Karbonylgrupper [uM/mg protein]	
	VL*	Homogenat
Gul fisk	0,160	0,123
”Hvit” fisk	0,033	0,131

* vannløselig proteinfraksjon

Resultatene viser at den gule fisken hadde høyere innhold av karbonylgrupper i den vannløselige proteinfraksjonen mens innholdet i homogenatene var nokså likt i de to fiskene. Det høyere innholdet av karbonylgrupper i de vannløselige proteinene tyder på større grad av proteinoksidasjon i denne fisken.

4.2 LAGRINGSFORSØK VED 5 °C OG 15 °C – FORSØK 2

Ved starten av forsøket (2008-08-25) ble det tatt bilder av filéene. Disse er vist i Figur 1. Filét A, C og E ble lagret ved 5 °C mens filét B og D ble lagret ved 15 °C.





Figur 1 Bilder av saltfisk som ble brukt i lagringsforsøk. Filét A, C og E ble lagret ved 15 °C, mens filét B, og D ble lagret ved 5 °C.

4.2.1 Analyser av mikrobiologi

Det ble ikke funnet kolonier på noen av platene – selv ikke de som ble strøket direkte fra stomacherposen. Det er derfor ikke trolig at dannelsen av gule flekker skyldes bakteriell aktivitet.

4.2.2 Analyser av karbonylgrupper

Tabell 2 viser resultatet fra analysen av karbonylgrupper i saltfisk av torsk lagret ved 5 °C og 15 °C. Det er forventet at innholdet av karbonylgrupper øker ved oksidasjon av proteiner.

Tabell 2

Karbonylgrupper (nM/mg protein) i fisk lagret ved 5°C og 15°C

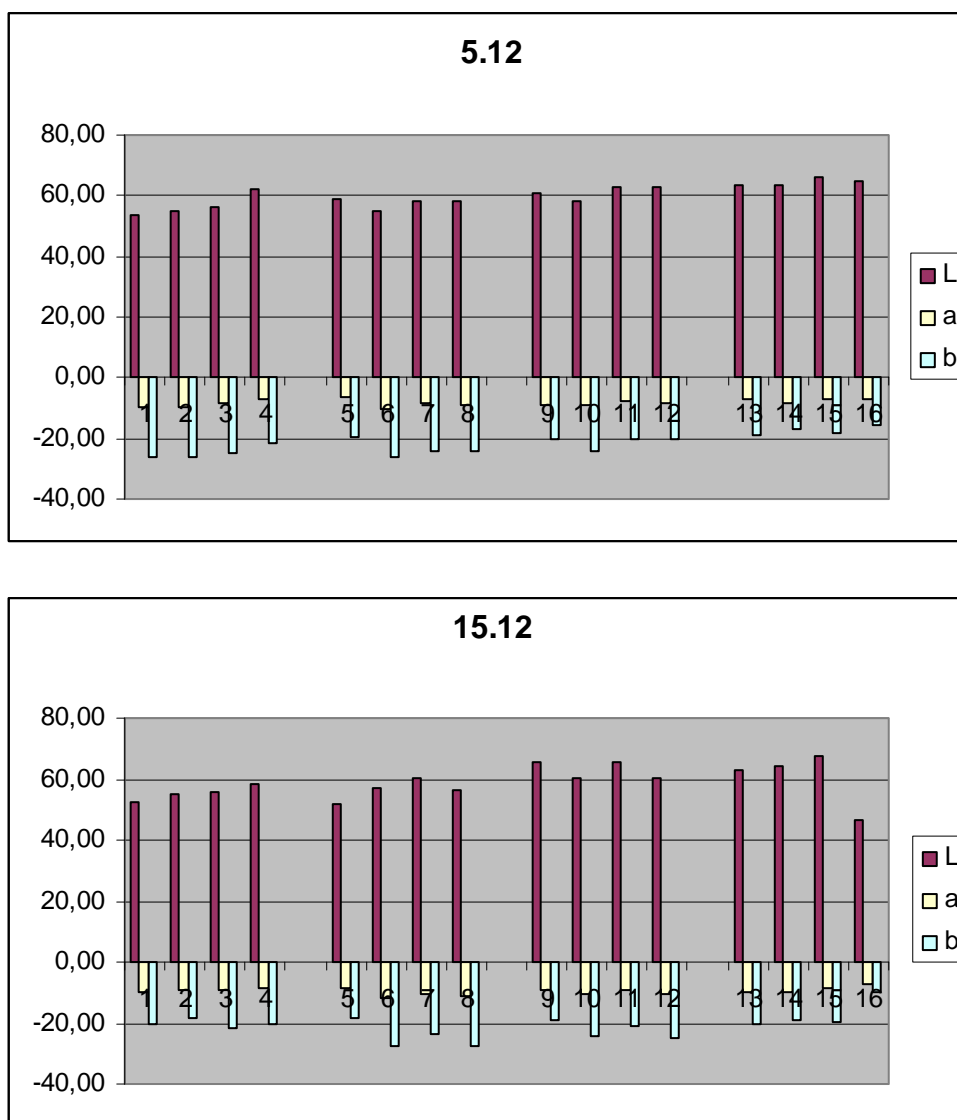
Prøve	Lagringstemperatur [°C]	Karbonylgrupper [nM/mg protein]	
		VL	Homogenat
Fisk A	5	32,28	19,06
Fisk B	15	26,21	34,44
Fisk C	5	39,20	11,47
Fisk D	15	28,84	15,47
Fisk E	5	16,82	13,75

I dette forsøket er det ingen klare forskjeller mellom fisken som er lagret på 5 og 15 °C. Den laveste verdien for den vannløselige fraksjonen er i fisk E som ble lagret ved 5 °C, mens den høyeste verdien for homogenatet er for fisk B som ble lagret ved 15 °C.

4.3 LAGRINGSFORSØK VED ULIKE TEMPERATURER – FORSØK 3

4.3.1 Analyser av farge

Det var en del problemer med kalibrering av fargemåleren slik at ikke alle resultatene er til å stole på. Ved de to siste måleseriene (5.12 og 15.12) var imidlertid kalibreringsverdiene i overensstemmelse med det som var oppgitt for den hvite platen slik at for disse to måletidspunktene kan resultatene for de ulike lagringsbetingelsene sammenlignes.



Figur 2 Lyshet (L*), rød/grønn (a*) og gul/blå (b*) verdi for saltfisk lagret i henholdsvis 28 og 38 dager.

Det er ikke store forskjeller mellom de ulike gruppene. Det er en viss tendens til at fisken som er lagret ved høyest temperatur (15 og 20 °C) har mindre negativ b-verdi enn de to andre gruppene. Mindre negativ b-verdi indikerer gulere fisk. Det ble også gjort noen målinger direkte på gule områder og f.eks for gult område på fisk 14 den 2008-12-15 ble det målt et gjennomsnitt på -12,10 for b-verdien – mens gjennomsnittet langs filéten var -18,83.

Det ble også observert at der det ble skåret ut prøve til analyse av karbonylgrupper ble fisken gul i snittflaten og tett opp til snittflaten. Dette tyder på at dannelse av gule flekker kan ha sammenheng med skader i vevet og dermed bedre tilgang på oksygen.

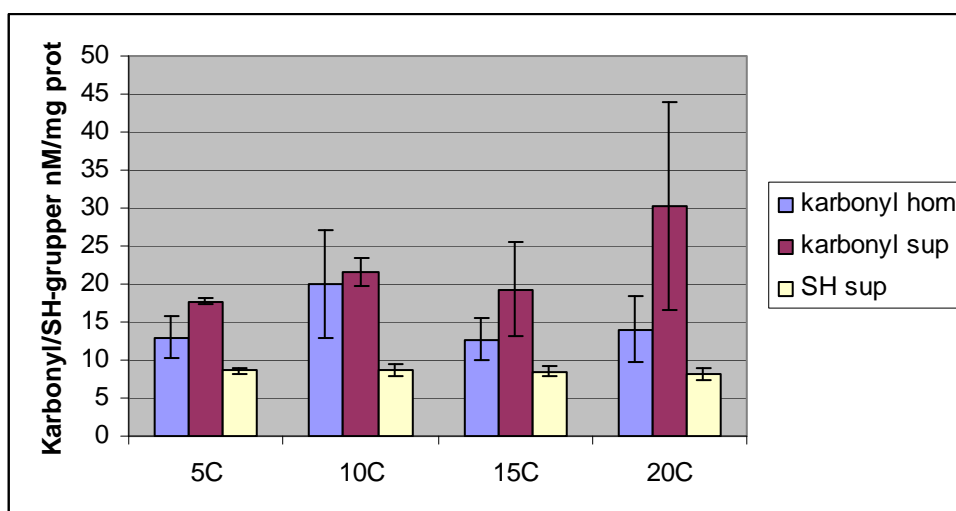
4.3.2 Analyse av karbonylgrupper

Tabell 3 viser resultatet av målinger av karbonylgrupper etter 11 dagers lagring ved 5 °C, 10 °C, 15 °C og 20 °C.

Tabell 3
Karbonylgrupper (nM/mg protein) i uttak 18.11.08

Prøve	Lagringstemperatur [°C]	Karbonylgrupper [nM/mg protein]	
		VL	Homogenat
Fisk 1	5	17,96	10,00
Fisk 2	5	17,10	12,18
Fisk 3	5	17,65	16,68
Fisk 4	5	17,96	12,94
Fisk 5	10	18,89	13,46
Fisk 6	10	22,77	17,89
Fisk 7	10	22,12	18,56
Fisk 8	10	22,86	29,99
Fisk 9	15	23,27	12,26
Fisk 10	15	19,43	16,57
Fisk 11	15	10,58	10,01
Fisk 12	15	23,84	11,98
Fisk 13	20	48,73	11,71
Fisk 14	20	15,49	20,25
Fisk 15	20	27,69	10,51
Fisk 16	20	29,13	13,79

Gjennomsnittsverdier og standardavvik for innhold av karbonylgrupper og SH-grupper (*sulfhydryl-grupper*) for gruppene lagret ved de forskjellige temperaturene er vist i Figur 3 nedenfor.



Figur 3 Karbonylgrupper i homogenat og supernatant samt innhold av SH-grupper for gruppene lagret ved 5 °C, 10 °C, 15 °C og 20 °C. Hom er homogenat – dvs alle proteinene i muskelen mens sup er supernatant – dvs de vannløselige proteinene i muskelen.

Figur 3 viser at det ikke er noen forskjell på innhold av SH-grupper. Det er forventet at mengde SH-grupper går ned når proteinene oksideres. Det ser ut til at det er høyere innhold av karbonylgrupper i de vannløselige proteinene i fisken som er lagret ved 20 °C, men denne gruppen har også størst spredning i verdiene. Grunnen til at det ikke kan ses noen forskjell i homogenatene, som altså er alle proteinene i fisken, kan være at når proteinene reagerer videre til

gul-fargede forbindelser er det karbonylgruppene som er involvert i reaksjonene. Disse gruppene er derfor ikke lenger tilgjengelige fordi det blir dannet kryssbindinger mellom proteinene, eventuelt mellom oksiderte proteiner og lipider. Dette fører til at proteinene blir uløselige samt at karbonylgruppene reagerer videre til andre forbindelser som ikke kan bestemmes.

Det ble også gjort analyser av utvalgte prøver fra prøveuttaket etter dag 28. I dette prøveuttaket ble det skåret ut to biter av fiskene, en med gul snittflate og en uten gul snittflate.

Tabell 4 viser resultatet for målinger av karbonylgrupper og SH-grupper ved uttak dag 28. (2008-12-05).

Tabell 4

Karbonylgrupper (nM/mg protein samt i uM/g våtvekt) og SH-grupper (nM/mg protein) i uttak 2008-12-05.

		Karbonyl [nM/mg prot]		Karbonyl [uM/g vvekt]		SH-grupper [nM/mg prot]
		Hom	Supern	Hom	Supern	
Saltfisk 7	Hvit	9,02	12,68	0,09	0,37	8,55
Saltfisk 7	Gul	9,38	17,98	0,11	0,50	7,88
Saltfisk 8	Hvit	14,40	10,90	0,15	0,27	10,58
Saltfisk 8	Gul	12,30	9,51	0,12	0,27	10,11
saltfisk 13	Hvit	14,43	17,34	0,13	0,34	11,13
saltfisk 13	Gul	11,15	15,72	0,14	0,34	7,61
saltfisk 14	Gul	19,80	4079,55	0,17	0,25	8,66
saltfisk 14	Hvit	17,65	2405,84	0,16	0,51	8,40

Resultatene bekrefter resultatene fra uttaket dag 11. Det er bare små forskjeller mellom gule og hvite prøver fra samme fisk. Der hvor det er forskjeller, for fisk 7 og 14, er det i de vannløselige proteinene vi ser forskjeller – med høyere karbonylinnhold i supernatanten i den gule fisken.

4.3.3 Fettoksidasjon

Fett ble ekstrahert fra noen utvalgte prøver av saltfisk og det ble bestemt innhold av peroksider i fett. Resultatene av disse analysene viser at peroksidverdiene er meget høye (30-50) i fisk som ble lagret ved høy temperatur (15 og 20 °C). Dessverre ble fettprøvene fra fisken lagret ved lavere temperatur tapt under opparbeidelsen. De høye peroksidverdiene er en indikasjon på at fettoksidasjonen er implisert i dannelse av gul misfarging.

5 OPPSUMMERING

Den gule misfargingen i saltfisk skyldes ikke mikrobiell vekst i fisken. Det ser ut til at lagring ved høy temperatur fører til noe økt misfarging, men skader i vevet ser ut til å ha større betydning. Misfargingen er trolig knyttet til oksidasjon av fett og protein. Innhold av ioner i vann og saltlake/salt kan være med på å fremme oksidasjonen.

TEMPERATURMÅLINGER VED PROSESSERING AV SALTFISK

6 BAKRUNN

Produksjons- og lagringstemperaturen, sammen med råstoffkvalitet, påvirker sluttkvaliteten av saltfisk. Saltfisk selges enten som den er eller prosesseres videre til klippfisk. Både saltfisk og klippfisk er tradisjonelle produkter med store og markante svingninger både i råstofftilgang og i etterspørsel. Konkurransen i eksportmarkedene krever stabil og høy produktkvalitet, i tillegg til markedsriktige produkt. For bedriften er utbyttet i form av ferdig salgsvare avgjørende for lønnsomheten.

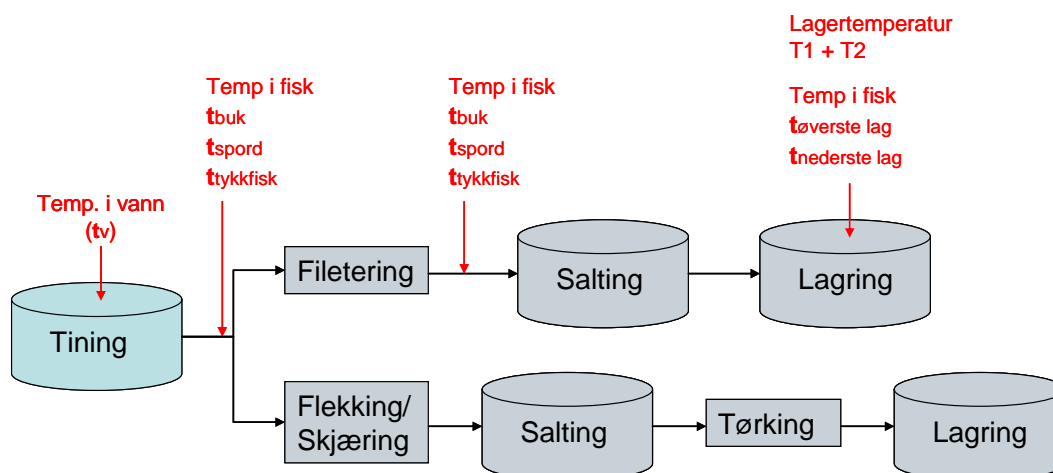
De fleste store produsenter av saltfisk og klippfisk har helårlig og kontinuerlig prosessering av råstoffet som i hovedsak er sløyd og hodekappet fisk. For å ha kontinuerlig tilgang på fisk av blant annet markedskrav om fiskeslag og størrelse, må bedriftene i hovedsak basere seg på frosset råstoff. Et viktig resultat av dette er at råstoffet må tines, noe som er en arbeidskrevende og vanskelig prosess om en skal oppnå et godt resultat. De fleste større bedrifter har i dag store tinetanker, ofte med tinevolum i størrelsen 20 – 40 tonn pr døgn. Tinetemperaturen og styring av denne er svært kritisk for effektivitet og kvaliteten videre i foredlingsprosessen. De fleste anlegg synes å starte med temperaturer i området 10 – 12 °C om sjøtemperaturen tillater dette. Ved lavere sjøvannstemperatur vinter og vår tar tiningen lengre tid. Et hovedproblem med de store tinetankene og rask innmating på samme sted, er at enkeltblokker faller oppå hverandre i vannet og fryser sammen til storblokker som vil tine svært langsomt. Høy temperatur ved gi rask stigning av blokkenes overflatetemperatur og resultere i mindre sammenfrysing. Ved lang innmatingstid kan en få store tineforskjeller mellom første og siste innfylte blokk, og fortrinnsvis må en da sikre først inn – først ut. Dette er vanskelig å styre i store tanker.

Styringen av temperaturen i tanken for å oppnå et godt resultat med jevn og lav temperatur på hele fisken må temperaturen reduseres slik at tynne parti som buk og spord ikke får for høy temperatur i lang tid. Det mest utfordrende er å avslutte varmetilførselen når det er nok is igjen i fisken til å kjøle ned vann og varme parti i fisken. Denne temperaturutjevning går i tillegg svært sent på grunn av dårlig varmetransportevne for tint fisk. Resultatet er oftest en vanskelig balanse mellom å få mye fisk med for stor ismengde ved skjæring, og mye fisk med for høy temperatur.

Et større forskningsprosjekt innen tining som førte til en dr. grad (14) gjennomførte et stort måleprosjekt i en salt-/klippfiskbedrift. Resultatene dokumenterte at tining i mange 1000 l kar gav svært varierende temperaturer i råstoffet til skjæring. De fleste av anleggene hadde temperaturer i tynne parti som buk og spord på 2,5 til 8 °C, og stor forekomst av kvalitetsdefekter og generelt lavt utbytte. En fant at optimal temperatur for utbytte ved flekking av fisk for klippfiskproduksjon er i områder 0 til -1,5 °C i hele fisken. Målingene viste også at partier med høy temperatur og bløt/dårlig kjølt fisk gir feilskjæring og spalting i filéene. Godt kjølte filéer hadde betydelig bedre og hvitere utseende.

7 MATERIALER OG METODER

En skisse som viser vanlige operasjoner ved produksjon av saltfisk og klippfisk er vist i Figur 4. For å få en god oversikt over temperaturforholdene ved produksjonen er det under testene i hovedsak gjennomført målinger etter tining/før skjæremaskinene, etter eventuell vasking/sortering og før salting. Videre er det foretatt stikkprøvemålinger av temperatur etter karsalting og et forsøk med temperaturlogging under salteprosessen i kjølelager. Det ble gjort målinger hos 4 store salt-/klippfisk bedrifter som utfører tining, skjæring og salting av råstoff før tørking.



Figur 4 Flytskjema for produksjon av saltfisk

Tinetankene er enten rektangulære tanker (Stette/Prosessindustri) eller sirkulære tanker (Tendos) hvor sjøvann blir pumpet inn i tankene. Pumper øker intern sirkulasjon av vannet slik at vann temperaturen holder seg relativt jevn. Rektangulære tanker har i tillegg bølgegenerator for å hindre sammenfrysing, samt tankdeler for å skille mellom parti av fisk. Anleggene er beregnet for tining med vann i forholdet 1:1 (vann:fisk). Anleggene er utstyrt med temperaturmålere for inngående sjøvann og vanntanktemperatur.

Etter tining går fisken til flekking/skjæring/filétering. Høy temperatur i fiskekjøttet etter tining vil medføre dårlig utbytte i dette prosesstrinnet. Før salting går filéten inn i en laketank med temperatur rundt $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8 RESULTATER

8.1 TEMPERATURFORLØP FØR SALTING

Tabell 5 viser målte temperaturer i tinevann og fisk før flekking ved fire forskjellige saltfiskanlegg. Temperaturen i fisken ble målt i buk, spord og tykkfisk.

Tabell 5
Målte temperaturer i tinevann og fisk før flekking

Bedrift	Tinevannstemperatur, T_v [°C]	Temperatur før flekking, T [°C]		
		buk	spord	tykkfisk
A (n=6)	3,0	2,4 ± 0,22	2,9 ± 0,34	0,3 ± 1,30
B (ettermiddag) (n=3)	4,0	4,2 ± 0,06	4,0 ± 0,06	3,9 ± 0,10
B (morgen) (n=3)	2,5	2,0 ± 0,39	1,2 ± 0,35	1,5 ± 0,53
C (n=3)	-1,1	3,1 ± 0,35	2,5 ± 0,31	1,9 ± 0,12
D (n=3)	3,8	3,7 ± 0,17	3,7 ± 0,49	2,4 ± 0,87

Resultatet viser at det er stor forskjell i tinevannstemperatur i forhold til når på døgnet målinger ble foretatt. Hos bedrift B er det en økning i vanntemperatur fra 2,5 °C til 4,0 °C målt henholdsvis klokken 10 og 16 samme dag. Dette gir utslag i målte temperaturer i fisken, hvor en ser betydelig økning i temperatur både i buk, spord og tykkfisk. Tidligere forskning har dokumentert at optimal temperatur for utbyttet ved flekking av fisk for klippfiskproduksjon er i området 0 °C til -1,5 °C i hele fisken. Målingene viser at temperaturen i de tynne partiene som buk og spord var i snitt mellom 1,2 °C og 4,2 °C. Det er nettopp disse partiene som ved for høy temperatur gir feilskjæringer og spalting, og dermed dårligere utbytte.

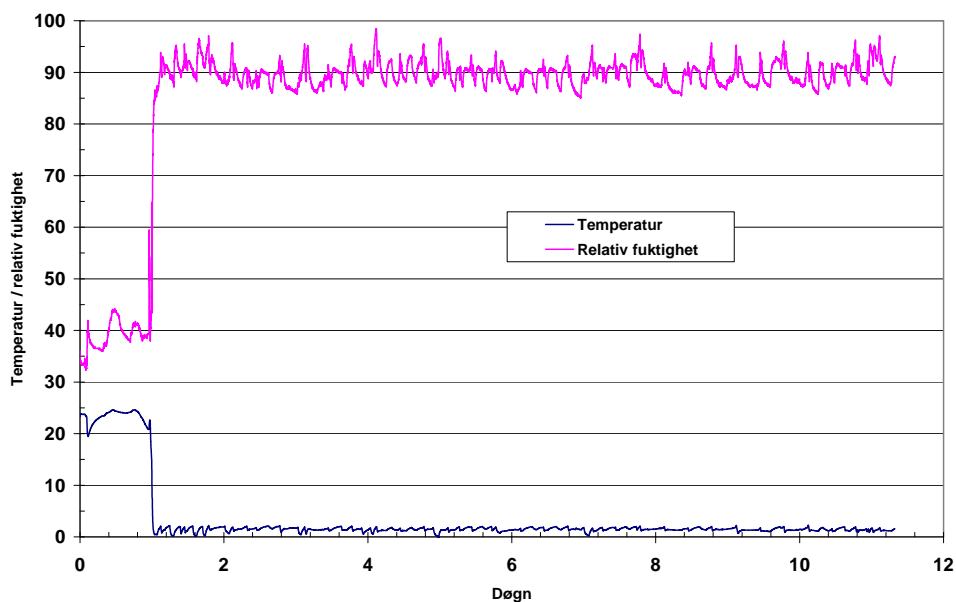
8.2 TEMPERATURFORLØP VED SALTING

Tabell 6 viser målte temperaturer i fisk ved ilegging i saltekar. Resultatet viser at temperaturen er relativt jevnt mellom 4,3 °C og 4,5 ° i buk, 4,3 °C i spord og mellom 3,2 °C og 4,1 °C i tykkfisk ved 3 forskjellige bedrifter.

Tabell 6
Målte temperaturer i fisk ved ilegging i saltekar

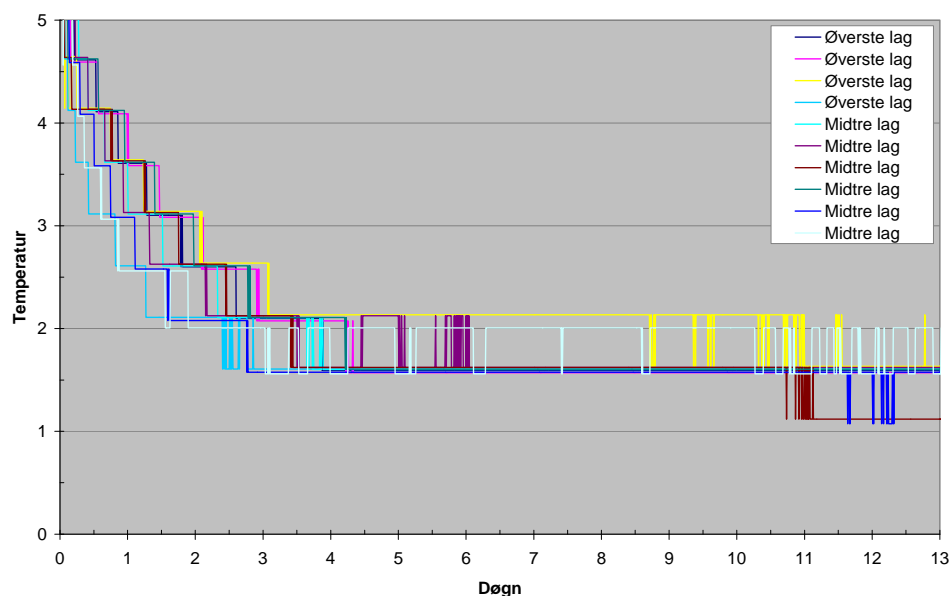
Bedrift	Temperatur saltekar, T [°C]		
	buk	spord	tykkfisk
A (n=3)	4,5 ± 1,21	4,3 ± 1,01	4,1 ± 0,98
B (ettermiddag) (n=2)	4,3 ± 0,14	4,3 ± 0,14	4,1 ± 0,14
C (n=3)	4,3 ± 0,15	-	3,2 ± 0,06

Temperatur og relativ fuktighet i kjølelager ved bedrift A ble registrert ved kontinuerlig logging. Resultatet er vist i Figur 5. Målingen viser konstante og lave temperaturer og høy fuktighet i lager.



Figur 5 Temperatur og fuktighet på kjølerom ved bedrift A under saltingen

Figur 6 viser temperaturutviklingen i fisken under selve salteprosessen. Nedkjøling av fisk gikk noe raskere enn forventet. Dette skyldes trolig store mengder salt og etter hvert lake, som leder varme godt.



Figur 6 Kjerne- og overflate temperatur i flekket torsk lagt til salting i kar 2008-11-04

Som Figur 6 viser så tar det omkring 3 dager før temperaturen i fisken i saltet kar er $< 2^{\circ}\text{C}$.

9 OPPSUMMERING

Tidligere forskning har dokumentert at optimal temperatur for utbyttet ved flekking av fisk for klippfiskproduksjon er i området 0 °C til -1,5 °C i hele fisken. Målingene viser at temperaturen i de tynne partiene som buk og spord var i snitt mellom 1,2 °C og 4,2 °C. Det er nettopp disse partiene som ved for høy temperatur gir feilskjæringer og spalting, og dermed dårligere utbytte.

Temperaturen i fisken ved ilegging i saltekar var mellom 3,2 °C og 4,5 °C i henholdsvis tynn- og tykkere deler av fisken.. Målinger viser at det tar i snitt 3 dager før temperaturen er under 2 °C selv ved ett relativt godt kjølt lager.

10 KONKLUSJON

Ved produksjon av saltfisk vil det være en fordel at produksjonstemperaturen holdes så lav som mulig. Ved flekking vil en lavere temperatur medføre økt utbytte og mindre kvalitetsfeil. I salteprosessen vil en lavere temperatur samt færre skader i fiskekjøttet minke faren for misfarging under prosessering. Dette prosjektet har vist at misfarging trolig er knyttet til oksidasjon av fett og protein i fisk og ikke mikrobiell vekst i fisken. Innholdet av ioner i vann og saltlake/salt kan være med å fremme oksidasjonen.

11 REFERANSER

1. Lauritzsen, K., I. Bjørkevoll, A. Sivertsen, and B. Gundersen. 2005. Misfarging av klippfisk fra sei. Fiskeriforskning, Tromsø.
2. Baron, C.P., and H.J. Andersen. 2002. Myoglobin-Induced Lipid Oxidation. A Review. *J. Agric. Food Chem.* 50:3887-3897.
3. Thanonkaew, A., S. Benjakul, W. Visessanguan, and E.A. Decker. 2006. The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. *Food Chemistry* 95:591-599.
4. Joensen, S., M. Carlehög, K. Lauritzsen, G. Eilertsen, and M. Esaiassen. 2006. Smak, lukt og konsistens på klippfisk - Effekter av ulike typer råstoff og saltmodningstemperatur. Fiskeriforskning, Tromsø.
5. Olsen, T.E. 2005. Kvalitet av saltfisk produsert fra oppdrettet torsk (*Gadus morhua* L.). Misfarging og effekt av dårlig utblødning. Universitetet i Tromsø, Tromsø.
6. Falch, E., T. Rustad, R. Jonsdottir, N.B. Shaw, J. Dumay, J.P. Berge, S. Arason, J.P. Kerry, M. Sandbakk, and M. Aursand. 2006. Geographical and seasonal differences in lipid composition and relative weight of by-products from gadiform species. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:727-736.
7. NMKL. 2002. Sampling and pre-treatment of foods and animal feedstuffs, for quantitative microbiological examination. Oslo.
8. NMKL. 1999. Aerobic microorganisms. Determination in foods. Oslo.
9. Morzel, M., P. Gatellier, T. Sayd, M. Renerre, and E. Laville. 2006. Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins. *Meat Science* 73:536-543.
10. Bligh, E.G., and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol* 37:911-917.
11. 74A, I.I.S. 1991. In International Dairy Federation:. Belgium.
12. Ueda, S.H., M.; Namiki, M. 1986. Effect of ascorbic acid in a model food system. *Agric. Biol. Chem.* 50:1-7.
13. Undeland, I.S., M.; Lignert, H. 1998. Influence of skinning on lipid oxidation in different horizontal layers of herring (*Clupea harengus*) during frozen storage. *J. Sci. Food Agric.* 78:441-450.
14. Haugland, A. 2002. Industrial thawing of fish - to improve quality, yield and capacity. In Department of Energy and Process Engineering. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. 191.

SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00