

Modning og lagring av tørrfisk

Sesongene 2006-2008

Even Tidemann





Nofima er et næringsrettet forsknings-konsern som skal øke konkurranse-kraften for matvareindustrien, herunder akvakulturnæringen, fiskerinæringen og landbruksnæringen. Konsernet omfatter tidligere Akvaforsk, Fiskeriforskning, Matforsk og Norconserv, og har ca. 430 ansatte. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no



Nofimas samfunnsvitenskapelige forretningsområde tilbyr økonomiske analyser, perspektiv- og foresight-analyser, forbrukerforskning, markeds-analyse og strategisk rådgivning. Videre arbeides det med informasjons-logistikk og sporbarhet. I tillegg til å betjene industrien vil området jobbe tett opp mot de naturvitenskapelige forretningsområdene i Nofima.

Nofima Marked
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: marked@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

 ISBN:978-82-7251-696-2 (trykt)
 ISBN:978-82-7251-697-9(pdf)

 Rapportnr.:
 27/2009

 Tilgjengelighet:
 Åpen

Tittel:

**Modning og lagring av tørrfisk
 Sesongene 2006-2008**

 Dato:
 19.06.09

 Antall sider og bilag:
 31

Forfatter(e):

Even Tidemann

 Prosjektnr.:
 20276

Oppdragsgiver:

Norges forskningsråd og Tørrfiskforum

Oppdragsgivers ref.:

Tre stikkord:

Tørrfisk, modning, lagring

Sammendrag: (maks 200 ord)

Rapporten er en sammenfatning av et treårig prosjekt der målsettingen har vært å avklare hvordan håndteringen av fisk fra hending til pakking og utvanning påvirker tørrfiskens egenskaper. Videre har arbeidet har fokusert på å avklare optimale lagrings og pakkebetingelser for tørrfisk, der parametrene er vanninnholdet i fisken, lagringstemperatur, og emballasjevalg målt opp mot sensorisk og mikrobiell kvalitet.

I og med at prosjektet har hatt en varighet på tre år, har også effekten av klimatiske variasjoner og deres innvirkning på tørrfiskkvaliteten inngått i arbeidet. Gjennom arbeidet er det funnet at det er en bakteriegruppe som dominerer i modningsprosessen (*Psycrobacter*). Det er videre påvist og identifisert grupper av flyktige komponenter som er dannet både mikrobiologisk og kjemisk og som bidrar til fiskens lukt og smak.

Fiskens kvalitet påvirkes sterkt av klimatiske betingelser i minst 60 døgn etter hending fordi kjernen fortsatt har høy fuktighet. Funnene i undersøkelsen tilsier videre at tørket fisk bør lagres kjølt, med kontrollert luftfuktighet. Videre viser undersøkelsen at tørket fisk tåler å lagres i tett emballasje. Konsekvensen er at fisken kan pakkes og selges med fast vekt.

English summary: (maks 100 ord)

Stockfish is dried outdoors, and the ripening process and the quality of the dried product depend strongly on climatic conditions during drying. The quality is also influenced by the storage conditions of the dried fish. We found that one group of bacteria (*Psycrobacter*) dominate in the ripening of stockfish, and we have identified groups of volatile components that are produced both chemically and microbiologically through the drying and storage of the fish.

Even after more than 60 days of drying the fish is sensitive to weather conditions as the core still is moist. The findings indicate that the fish should be stored at low temperature and in controlled air humidity. The dried fish may be packed in air tight packages without quality degradation provided that the fish is properly dried and that the storage conditions are stable.

Forord

Prosjektet er finansiert gjennom Norges forskningsråd og Fiskeri og havbruksfondet.

I dette arbeidet har også seks bedrifter i området Røst – Stamsund deltatt, i tillegg til en emballasjeprodusent.

Ved gjennomføringen av prosjektet er det også benyttet kompetanse fra Norges fiskerihøgskole (NFH) innen mikrobiologi, og fra Fiskeriforsknings avdeling i Bergen headspace analyser for å identifisere flyktige komponenter.

Verdifull erfaring er også fremkommet gjennom det nære samarbeidet som har vært ved alle kvalitetsvurderinger som har vært gjennomført i nært samarbeid med produsentene.

I tillegg er det hentet viktig informasjon gjennom de møtene som har vært gjennomført med produsenter av bearbeidet tørrfisk i Nord- og Sør-Italia, samt i Kroatia.

Innhold

1	Bakgrunn.....	1
2	Gjennomføring av hengeforsøk	3
2.1	Hengeforsøk sesongen 2006	3
2.2	Hengeforsøk sesongen 2007	3
2.3	Hengeforsøk sesongen 2008	4
3	Resultater for 2006	5
3.1	Klimatiske forhold.....	7
3.2	Tørkeprosessen	7
3.3	Lagringsforsøk	8
3.4	Flyktige komponenter i tørrfisk	9
3.4.1	Første del av sesongen	9
3.4.2	Siste del av sesongen.	9
4	Resultater for 2007	11
4.1	Klimatiske forhold.....	11
4.2	Tørkeprosessen	12
4.2.1	Hengeretning.....	13
4.3	Lagringsforsøk	15
4.4	Analysen av bakteriefloraen i tørrfisk.....	15
5	Resultater for 2008	17
5.1	Klimatiske forhold.....	17
5.2	Lokalitet og tørking.....	17
5.3	Kvalitet og råvareegenskaper	18
5.3.1	Hannfisk vs. Hunnfisk	18
5.3.2	Tørking av fisk med og uten svømmeblære	18
5.4	Emballasjetesting	19
5.4.1	Fisk pakket etter 70 døgns tørketid	20
5.4.2	Fisk pakket etter 90 døgns tørketid	21
5.4.3	Fisk pakket etter 105 døgns tørketid	22
5.4.4	Fisk pakket etter 120 døgns tørketid	23
5.4.5	Fisk pakket i tett emballasje og utsatt for temperaturvariasjoner	24
5.5	Sammenfatning emballasjeforsøkene	25
6	Diskusjon	27
6.1	Klima og kvalitet	27
6.2	Lagring av tørrfisk	28
6.3	Mikrobiologi og flyktige komponenter	28
6.4	Emballasje.....	28
7	Referanser	31

1 Bakgrunn

Tørrfisk er et produkt som gjennom naturtørkeprosessen får sine karakteristiske egenskaper. Disse egenskapene skyldes en kombinasjon av kjemisk (blant annet oksidasjon) og mikrobiell påvirkning. Ved å følge fisken fra henging til pakking er vi bedre i stand til å forstå denne prosessen, og samtidig sikre at vi oppnår et sluttprodukt med god kvalitet, og et optimalt produksjonsutbytte.

Vi vet at ved naturtørking av sløyd fisk får produktet en "rikere" smak enn industrielt tørket fisk. Tilsvarende er egenskapene fra naturtørket rotskjært fisk (hvor deler av ryggbeinet er fjernet) forskjellige fra tørrfisk som er produsert fra rund fisk (ryggbeinet følger fisken). Tidligere undersøkelser har indikert at ulike typer gjærsopp kan bidra til å gi tørrfiskens dens karakteristiske smak. Denne hypotesen er ikke bekreftet gjennom en tilstrekkelig dokumentasjon av hvilke reaksjoner som skjer i muskelen gjennom selve tørkeprosessen.

Lagringsstabiliteten avhenger av vannaktiviteten i fisken. Tørkede produkter er normalt lagringsstabile ved vannaktivitet på 0,6, men det er kjent at xerofile sopp kan vokse også ved lavere vannaktivitet. I og med at det er direkte sammenheng mellom vanninnholdet i fisken og vannaktiviteten er det viktig å avklare under hvilke betingelser fisken er lagringsstabil. Tørrere fisk gir et lavere produksjonsutbytte, og vil også ha forskjellige bearbeidingssegenskaper enn fisk med høyere vanninnhold.

Det er mulig å oppnå lagringsstabile produkter også ved vannaktivitet opp til 0,8, som regnes som en nedre grense for soppvekst. Dette betinger at fisken lagres under stabile betingelser for å unngå svingninger i temperatur, og tilsvarende fare for kondens på overflater – enten på selve fisken eller på emballasjen.

Det er også kjent at andre produkter er lagret ved vannaktiviteter opp mot 0,95 dersom produktene pakkes i modifisert atmosfære.

De økonomiske konsekvensene av tørking til ulikt vanninnhold (og tilsvarende ulik vannaktivitet) er store. En vannaktivitet på 0,5 tilsvarer vanninnhold på mellom 6 % og 8 %, mens vannaktivitet i det øvre sjiktet tilsvarer vanninnhold på ca 30 %. Med en tørrfiskpris på 150 kr pr kilo gir dette store forskjeller i utbytte og dekningsbidrag.

Ved videreutvikling av næringen er det viktig å ta utgangspunkt i at tørrfisk er et naturprodukt. Produktets spesielle egenskaper er en konsekvens av tørkemethoden, hvor lave temperaturer, lang tørketid, perioder med oppfukning som følge av regn etc. bidrar til å gi produktet de funksjonelle egenskapene som markedet etterspør – i motsetning til industrielt tørket fisk som blant annet har en mer nøytral og "identitetsløs" smak. Dette er et konkurransefortrinn som næringen ønsker å bevare. Dette konkurransefortrinnet kan beholdes ved at naturtørking videreføres som i dag, men da må det særdeles viktige mellomstadiet fra fisken tas ned fra hjell til den pakkes, gjennomføres på en kontrollert måte, slik at kvalitet og produktutbytte er optimalt. Dette medfører at tørkeprosessen må gjennomføres på en mest mulig kontrollert måte slik at samspillet mellom de mikrobiologiske modningsprosessene og de kjemiske endringene blir optimale.

Tørrfisk lagres og transporteres i Norge normalt ved temperaturer mellom 10 °C og 25 °C avhengig av utetemperaturen, mens tørrfiskens ved ankomst til Italia lagres mellom 2 °C og 3 °C etter de målingene som er utført av Fiskeriforskning. Så langt har all transport og håndtering vært basert på at fisken er pakket enten i jutesekker, eller i åpne esker i massiv papp. Dermed har svingninger i temperatur og tilsvarende i vannaktivitet kunne kompenseres for ved at emballasjen har hatt en viss ventileringssevne. Dette har medført at fiskens vekt har

varierte avhengig av lagringsbetingelsene. Ulempen med denne åpne emballasje er at fisken kan være eksponert for biller, fluer, og mus (som kan passere åpninger med diameter 8 mm).

2 Gjennomføring av hengeforsøk

2.1 Hengeforsøk sesongen 2006

Arbeidet fra sesongen 2006 er rapportert separat (ref. 1), og vil derfor ikke bli gått gjennom i detalj i sluttrapporten. Fisk ble hengt ved Glea på Røst. Arbeidet fokuserte på tørkebetingelsene til fisken, og hvordan disse har påvirket tørkehastighet og kvalitet gjennom tørkeprosessen. For å få et innblikk i hvordan de klimatiske betingelsene påvirket tørkehastighet og kvalitet ble fisken fulgt fra hengingstidspunktet 10. mars og ut året. Etter en første hengeperiode på tre uker ble 12 fisk tatt ut for ettertørking i klimaskap. Tilsvarende prøveuttak ble deretter gjort med ca 14 dagers mellomrom for tilsvarende ettertørking og stabilisering. Fisken ble videre kvalitetsvurdert før henging, og ferdigvaren og mellomprodukter er vurdert av erfarne vrakere etter avsluttet tørking.

Sesongen ble delt inn i 7 perioder. Disse var: Perioden 10.3-7.4, perioden 7.4-25.4, perioden 25.4-5.5, perioden 5.5-24.5, perioden 24.5-21.6, perioden 21.6-5.7 og perioden 5.7 -21.8.

I tillegg til analyse av tørkehastighet, sammenligning av kvalitet og utbytteforhold, ble det gjennomført omfattende målinger for å identifisere hvilke flyktige komponenter som ble dannet under tørkeprosessen. Som råmateriale ble fisk med ulik tørrhetsgrad og kvalitet benyttet. Disse målingene er også rapportert separat (ref. 2), og vil derfor ikke gås gjennom i detalj i denne rapporten.

2006 sesongen ble av næringen vurdert som en god sesong fordi tørkebetingelsene var gunstige, med rask tørking av fisken.

2.2 Hengeforsøk sesongen 2007

Ved forsøkene i 2007 ble det hengt fisk ved tre anlegg. Ved disse forsøkene ble det gjennomført en serie tester der også hengeretningen på fisken inngikk. Bakgrunnen for dette var at vi ønsket å undersøke hvorvidt en uønsket oppvarming som resultat av solinnstråling kunne oppstå. Videre ble fisk tatt inn i tilsvarende perioder som i 2006, med unntak av at starten på sesongen ble forskjøvet med 20 dager for å få med effekten av høyere temperaturer i tidlig fase av tørkingen. I tillegg valgte vi å foreta ettertørkingen i klimaskap med moderat høyere luftfuktighet (80 %) sammenlignet med 2006 hvor luftfuktigheten ble holdt på 70 % i første del av sesongen.

Hovedfokus ved prøveuttak og senere analyser ble satt på to områder:

Vi ønsket å se på hvordan bakteriefloraen i fisken utviklet seg gjennom sesongen. Dette ble gjennomført i samarbeid med "mucoso – prosjektet". Dette arbeidet er også rapportert separat (ref. 3). I tillegg ønsket vi å få et bedre innblikk i hvordan tørkeforløpet utviklet seg på de ulike delene i fisken med hensyn på å få innblikk i hvordan tørkebetingelsene påvirket kvaliteten på sluttproduktet.

Ved å gjennomføre oppfølgingsforsøkene sesongen 2007 og sammenligne med sesongen 2006, fikk vi også et bedre datamateriale for å kunne vurdere effekt av klimatiske variasjoner på fiskens kvalitet.

Hengeretningen på fisken påvirker også tørkeforløpet. Ryggen på fisken er mørkere enn buken, og dermed mer utsatt for oppvarming gjennom solstråling. Denne sesongen ble det

derfor også gjennomført målinger der vi vurderte hvorvidt det kunne være gunstigere å henge fisken med ryggen mot nord.

Denne sesongen ble av næringen vurdert som en forholdsvis dårlig sesong som følge av høye temperaturer og mer nedbør enn normalt.

2.3 Hengeforsøk sesongen 2008

Hovedfokuset for siste års forsøk var å avklare under hvilke betingelser tett emballasje kunne benyttes for tørrfisk, og hvorvidt tett emballasje påvirker fiskens lukt og smak. Disse forsøkene ble gjort i henhold til prosjektplanen.

Samtidig ble det gjennomført tilsvarende forsøk som under sesongene 2006 og 2007 for å få med treårs variasjoner i klima.

Ut fra erfaringene som ble gjort i 2006 og 2007 ble også målingene utvidet, og omfattet totalt 9 bedrifter. Disse målingene gikk samtidig inn i et forprosjekt der næringen var opptatt av å få et bedre underlagsmateriale for å kunne iverksette tiltak for å dempe uønskede effekter som var påvist i det prosjektet som rapporteres her. Målingene og analysene fokuserte på klimatiske forhold, og på endringer i fisken gjennom tørkeprosessen. I og med at vi hadde registrert at svømmeblæren synes å redusere tørkehastigheten, og dermed kan medføre økte problemer med mucoso, ble det gjennomført forholdsvis omfattende forsøk der svømmeblæra på fisken ble fjernet før tørking. Svømmeblæra danner en naturlig barriere mot vanntransport, og dersom denne fjernes vil det gjøre tørkingen lettere.

Etter ønske fra næringen, ble det gjennomført forsøk for å avklare hvorvidt hannfisk og hunnfisk hadde ulike egenskaper i form av produksjonsutbytte, kvalitet, bløyteegenskaper, og sensoriske egenskaper.

Fisken ble hengt forholdsvis tidlig sesongen 2008. Sesongen ble av næringen vurdert som god fordi tørkebetingelsene var gode. Tidlig i sesongen var det imidlertid store problemer med frost, og fare for fryseskader på fisken. Den øvrige tørkesesongen var nærmest ideell, uten for høye temperaturer, med moderat nedbør og hvor også oppvarmingen av fisken gjennom solstråling var moderat.

3 Resultater for 2006

Denne sesongen ble tørkeprosessen fulgt på Røst og videre fulgt opp gjennom kontrollert ettertørking i Tromsø. De viktigste funnene gjennom sesongen var:

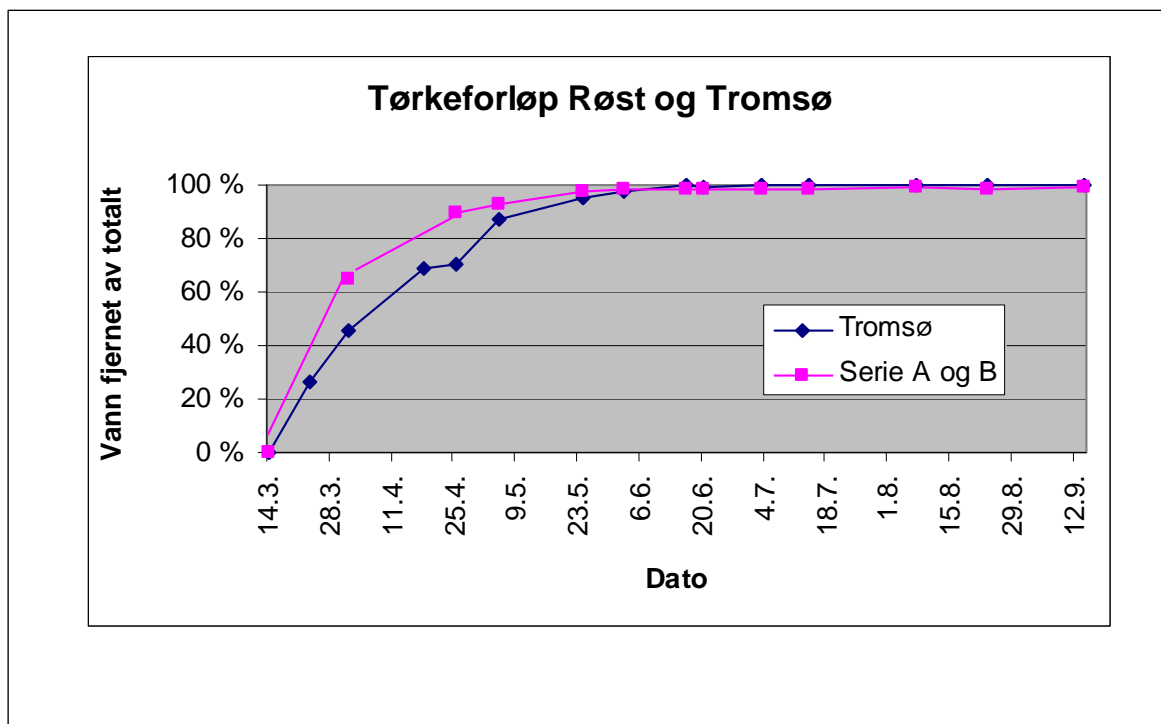
- Kontrollert ettertørking ga et produksjonsutbytte på 26,8 %. 23 % regnes normalt
- Det ble ikke registrert problemer med soppangrep på prøvene, selv om tørking og lagring ble gjennomført ved luftfuktigheter på 80 %.
- Det ble ikke registrert frostskaadet fisk, selv om temperaturen var nede i -5 °C.
- Det var mucosaindikasjoner på referansefisken og fisk som var hentet inn for ettertørking i april. Felles for disse fiskene var at de ikke hadde vært utsatt for temperaturer over 15 °C, men at tørkingen foregikk langsomt.
- 70 % av vannet var fjernet etter en måned, mens 90 % av vannet som skulle fjernes var tatt ut av fisken etter seks uker.
- Kunstig tørket fisk ble mørk i skinnet og utviklet en annen lukt. Denne fisken ble vraket ned.
- Ettertørking av fisk som ble tatt inn 4 uker etter hending og ferdigtørket i klimaskap ga redusert kvalitet, mens fisk som ble hentet inn etter seks uker fikk en positiv kvalitetsvurdering.

For detaljer vises til rapport fra sesongens forsøk (ref. 1) Sesongen 2006 var hovedvekten av analysene lagt på å få et innblikk i hvordan klimatiske betingelser påvirket kvaliteten på tørrfisk, samt å få et innblikk i hvilke flyktige komponenter som ble dannet under selve tørkeprosessen (ref. 2).

For hver periode ble fisk hentet til Tromsø for analyse og for ettertørking i klimaskap. Her ble det benyttet en fast temperatur (3 °C) gjennom hele perioden, mens luftfuktigheten ble holdt på 70 % frem til fisken ble ansett som ferdig tørket. Deretter ble luftfuktigheten holdt på 80 %.

Selv om luftfuktigheten ble holdt forholdsvis lav ved ettertørkingen i Tromsø (70 %), tørket fisken langsommere enn fisken som ble hengt på Røst.

Det vises her til figur 1.



Figur 1 Fjerning av vann ved naturtørking sammenlignet med kunstig tørking.

Serie A. og B. representerer de to første uttakene av fisk, hvor 16 fisk i hver serie ble ettertørket under kontrollerte betingelser. Utgangspunktet for tabell 1 er at fisk som har et vanninnhold på 24 % er ferdig tørket, og dermed at 100 % av vannet (som skal fjernes) er fjernet.

Figuren viser at det var ca 14 dagers forskjell i tørketid mellom den naturtørkede fisken og den kunstig tørkede fisken. Som figuren viser var ca 70 % av det vannet som skulle fjernes, tørket etter tre uker. 20 april ble luftfuktigheten ved kunstig tørking økt fra 70 % til 80 %. Det medførte at fisken tørket langsommere denne perioden.

Tabell 1 Gjennomsnittsmålinger av lufttemperatur og luftfuktighet, samt oversikt over restmengde vann i fisken ved avslutning av hver periode.

Periode	Middel-temperatur	Middel-fuktighet	Vann kg/kg tørrstoff Røst	Vann kg/kg Tromsø
10.03 - 07.04	2,6	67 %	1,4	1,8
07.04 - 25.04	5,3	77 %	0,69	1,2
25.04 - 05.05	9,3	71 %	0,59	0,8
05.05 - 24.05	8,2	72 %	0,37	0,5
24.05 - 21.06	10,2	79 %	0,44	0,35
21.06 - 05.07	13,3	79 %	0,27	0,3

Tidspunktene reflekterer prøveuttak. Ettørtøkingen foregikk ved 3 °C og med luftfuktighet 70 % frem til 25. april. Deretter ble fisken ettertørket ved 3 °C og 80 % luftfuktighet.

Etter avsluttede lagringsforsøk ble fisken kvalitetsvurdert gjennom tradisjonell vraking, i tillegg til at det ble gjennomført analyser med sikte på å finne utviklingen av sopp på fisken. Vanninnholdet i den tørkede fisken ble også målt, og sammenlignet med et beregnet vanninnhold ut fra vektreduksjonen av fisken gjennom tørkeprosessen.

Det ble her funnet en systematisk forskjell mellom beregnet og målt vanninnhold, der det målte vanninnholdet var 4,3 % høyere enn det tilsvarende beregnede vanninnholdet. Prøveuttak ble gjort på 22 fisker hvor det beregnede vanninnholdet varierte mellom 18,8 % og 33,7 %, mens det målte vanninnholdet varierte mellom 23,9 % og 39,4 %. Forskjellene kan forklares ut fra det svinnet som oppstår gjennom selve modningsprosessen av fisken, hvor flyktige komponenter dannes.

Ved kvalitetsvurderingene var det en klar tendens til at fisk som ble naturtørket lengre enn 6 uker ble vurdert til å ha bedre kvalitet både med hensyn til lukt og farge sammenlignet med fisk som ble naturtørket i fire uker eller mindre.

3.1 Klimatiske forhold

Fra produsentenes side ble det opplyst at tørkebetingelsene tidlig i sesongen var svært gode, og med en tilsvarende rask tørking. Dette fremgår også av tabell 1, hvor gjennomsnittsverdiene i luftfuktighet økte moderat fra 67 % først i perioden til 72 % frem til 24. mai. I rapporten fra forsøkene (1), er også nedbørsmengder angitt. De var moderate i hele perioden.

3.2 Tørkeprosessen

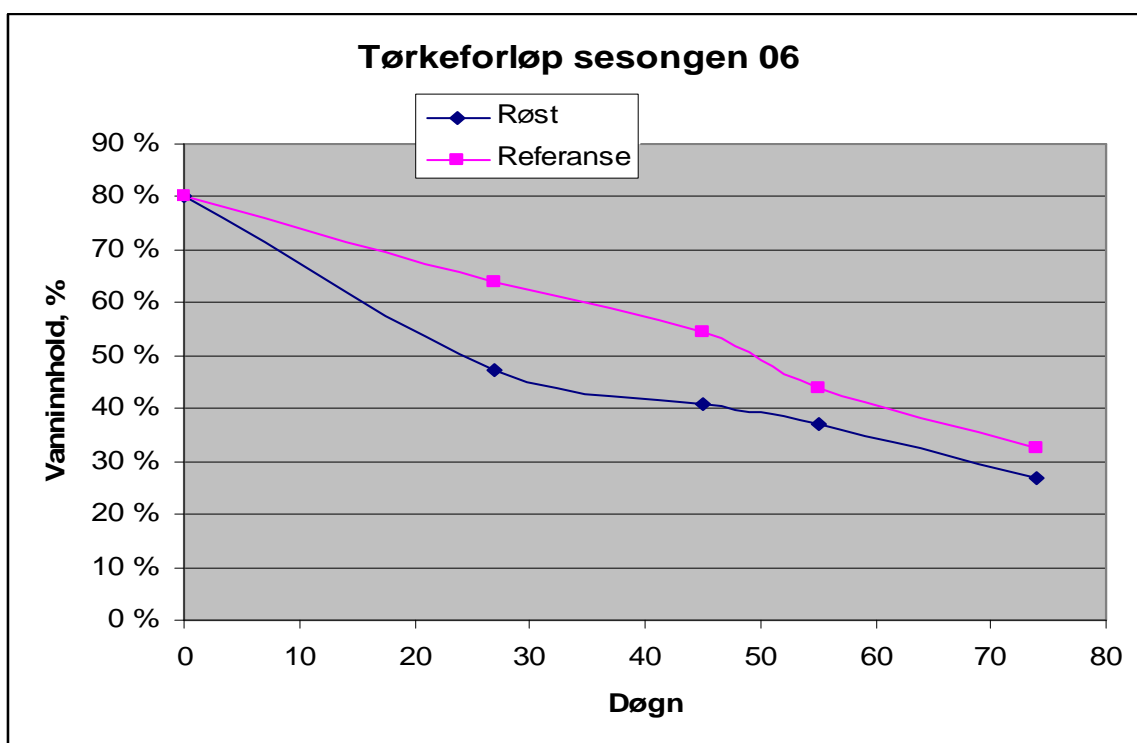
Hensikten med forsøkene dette året var å få et bedre innblikk i hvordan tørkeprosessen forløp gjennom sesongen, hvor denne ble oppdelt i perioder på 14 døgner, og sammenligne disse funnene med hvordan de klimatiske betingelsene påvirket kvaliteten gjennom sesongen.

Målingene viste at den tidlige fasen av tørkeprosessen er svært viktig. 60 % av vannet som skal ut av fisken ble fjernet i løpet av 14 dager, mens 80 % av vannet ble fjernet i løpet av seks uker. Fisken som ble ettertørket i klimaskap hadde en forsinkelse i utviklingen på 14 dager sammenlignet med fisken som ble naturtørket, og oppnådde også dårligere kvalitet.

Målingene viste at det var store døgnvariasjoner i temperatur og luftfuktighet. Temperaturen synker om natten, mens luftfuktigheten øker tilsvarende til 100 % fuktighet. Dette medfører at fisken tørker best om dagen, og at den har en hvilefase med oppfukning av overflaten om natten.

Målingene viste også hvor viktig solen er for å oppnå god kvalitet i form av rett farge. Solen bleker overflaten på fisken og gir den et lyst og delikat utseende. Denne prosessen tar ca 6 uker.

Fig. 2 viser hvordan det gjennomsnittlige vanninnholdet i fisken utviklet seg sesongen 2006 ved hengeforsøkene på Røst sammenlignet med kontrollforsøkene i Tromsø.



Figur 2 Endring i vanninnhold gjennom sesongen 2006.

Referansetørkingen ble gjennomført i klimaskap hos Nofima Marin i Tromsø.

3.3 Lagringsforsøk

Fisk som ble tatt inn for stabilisering, ble lagret i klimaskap ved 3 °C og luftfuktighet 70 %. 20 april ble luftfuktigheten endret til 80 % for å stabilisere fisken og unngå overtørking. Disse lagringsbetingelsene synes å være ideelle for tørrfisk. Det ble ikke registrert soppvekst på fisken, og lagringsbetingelsene medførte at fiskens vanninnhold ble stabilisert på et forholdsvis høyt nivå. Analysene viste at vanninnholdet varierte mellom 25 % og 28 % for samtlige uttak. Kvalitetsvurderingene indikerte også at fisken som ble tatt inn etter to måneders tørking hadde best kvalitet, mens fisk som ble tatt inn tidlig, og sist i sesongen hadde noe lavere kvalitet. Det vises her til tabell 2.

Tabell 2 Kvalitetsvurdering på uttak av fisk gjennom sesongen.

	Prima	Sekunda	B
Referanse	0 %	50 %	50 %
10.03 - 07.04	67 %	27 %	6 %
07.04 - 25.04	61 %	39 %	0 %
25.04 - 05.04	80 %	20 %	0 %
05.05 - 24.05	60 %	40 %	0 %
24.05 - 21.06	50 %	50 %	0 %
21.06 - 05.07	47 %	47 %	6 %
05.07 - 15.08	52 %	46 %	2 %

Vurderingene ble basert på uttak av 20 fisk for hver serie, med unntak av referanseciklene hvor to fisk ble tørket kunstig for sammenligning med øvrige uttak.

Forklaringen på kvalitetsvariasjonene kan være at fisk fra de to første uttakene ble tørket over lengre tid sammenlignet med senere uttak, og at fisk som ble tatt inn etter 20. mai ble eksponert for høyere temperaturer som følge av høyere lufttemperaturer kombinert med ekstra oppvarming gjennom solstråling.

3.4 Flyktige komponenter i tørrfisk

Det ble gjennomført headspaceanalyser av flyktige komponenter i fisken gjennom sesongen, med ulikt vanninnhold og med ulik kvalitet på fisken. Betydningen av de ulike komponentene, deres dannelse, og effekten på sluttproduktet er rapportert separat (ref 4).

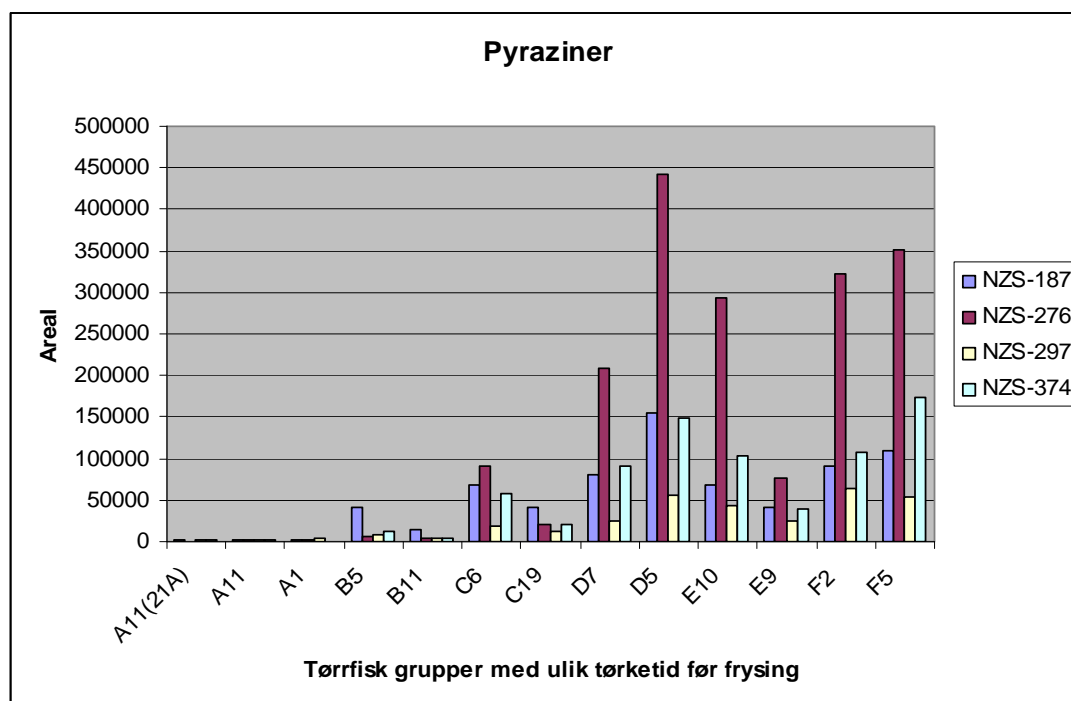
Det ble funnet 87 flyktige komponenter i tørrfiskprøvene hvorav ca 80 % ble identifisert.

3.4.1 Første del av sesongen

Tidlig i sesongen dominerte utviklingen av aminosyrer og svovelforbindelser. De forbindelsene som ble funnet i denne fasen vurderes som typisk for mikrobielle modningsprosesser.

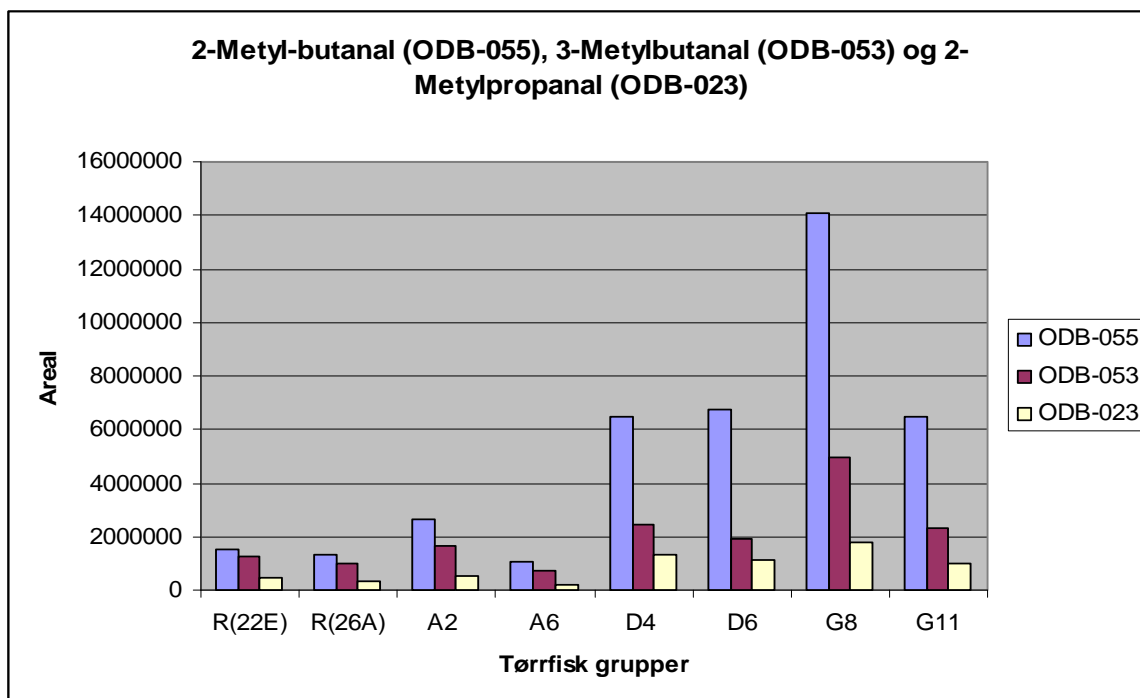
3.4.2 Siste del av sesongen.

I siste del av sesongen endret bildet seg ved at andre grupper av komponenter dominerte, mens aminosyrer og svovelforbindelsene ble sterkt redusert (figur 3 og figur 4).



Figur 3 Pyrazin-forbindelser i prøvene. NZS-187 = dimetylpyrazin, NZS-276=C4-pyrazin, NZS-297=C5-pyrazin og NZS-374=2,3,5-trimetylpyrazin.

Pyrazinforbindelsene ble mer markante etter hvert som fisken tørket. Disse forbindelsene er sannsynligvis dannet ved kjemisk påvirkning.



Figur 4 Srecker-aldehydene i tørrfiskprøvene.

Strecker aldehydene syntes å dannes sent i tørkeprosessen. Ut fra vanninnholdet i fisken er det sannsynlig at disse komponentene er dannet gjennom kjemiske reaksjoner.

4 Resultater for 2007

Hensikten med forsøkene i 2007 var å få bedre innblikk i følgende forhold:

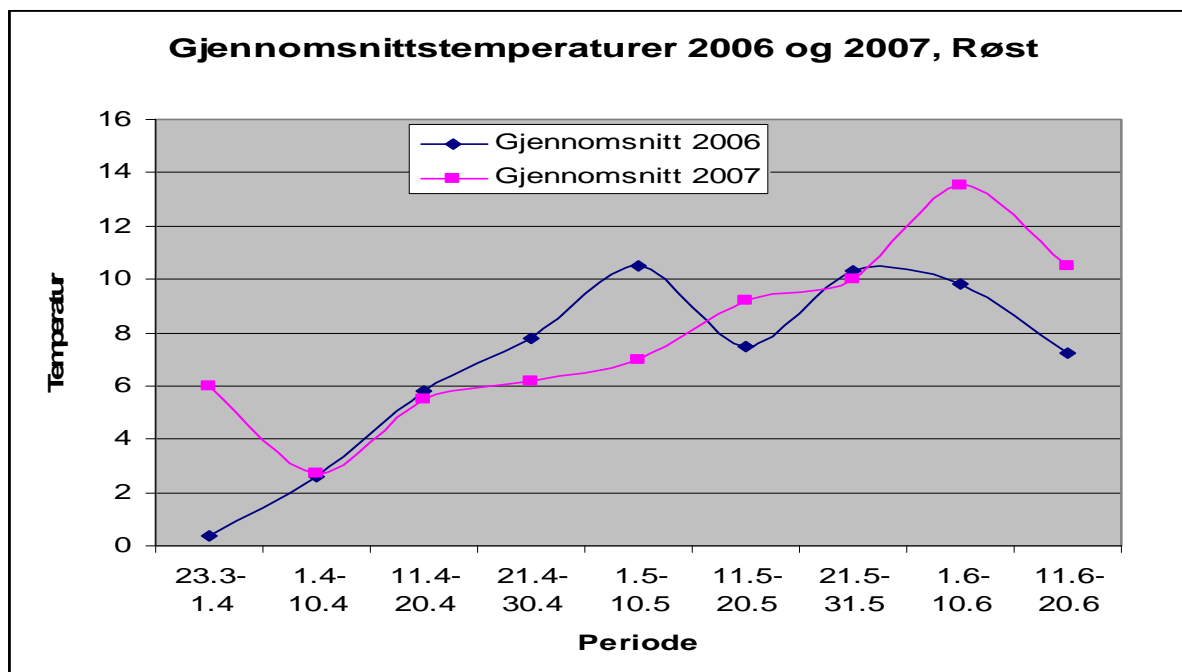
- Forsøkene i 2007 fokuserte på å avklare om hengeretningen påvirket kvaliteten på fisken, som følge av at fisken varmes opp gjennom solstråling
- Det var også en målsetting å få et bedre innblikk i hvordan variasjoner i klima påvirket fisken.
- Ved kontrollforsøkene ble fisken ettørtørket ved høyere luftfuktighet sammenlignet med sesongen 2006 for å undersøke hvordan en langsommere tørking påvirket kvaliteten.
- Det ble gjennomført analyser for å avklare hvilke bakterier som vokser i fiskekjøttet, og avklare hvorvidt disse påvirket kvaliteten på fisken.
- Som en del av arbeidet ønsket vi også å få et bedre innblikk i hvordan tørkeforløpet utviklet seg gjennom tverrsnittet av fisken, det vil si den tykkeste delen av fisken.

Sesongen ble av næringen vurdert som forholdsvis dårlig som følge av høye temperaturer og mer nedbør enn normalt.

4.1 Klimatiske forhold

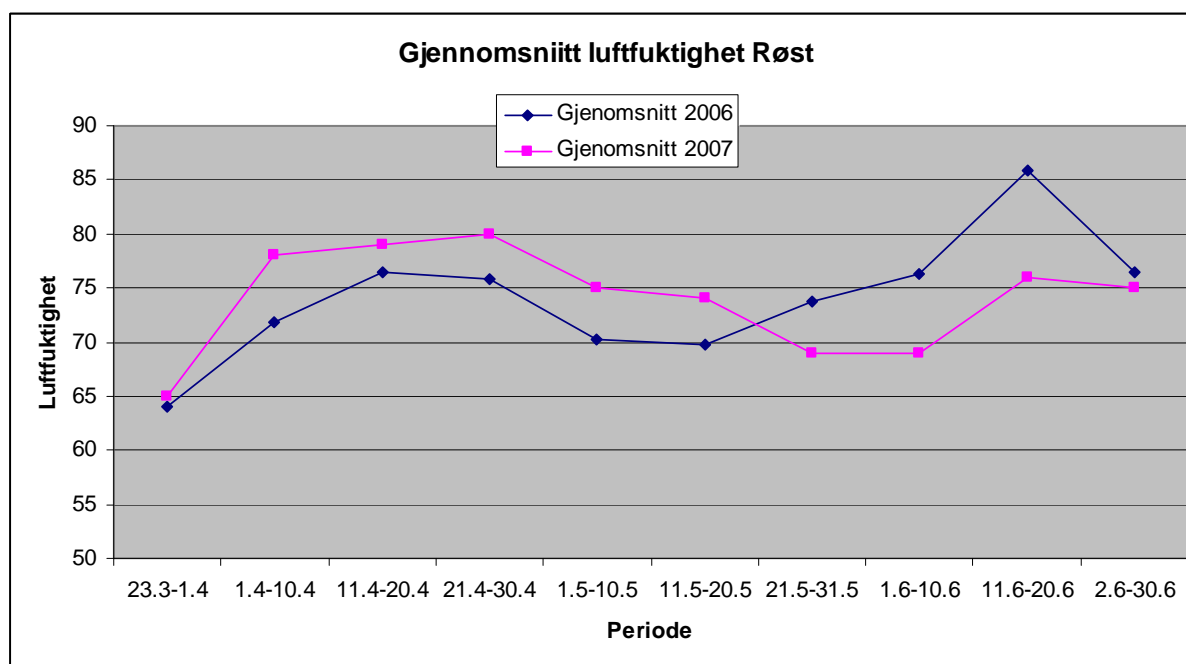
Sesongen 2007 ble klimadata analysert både på Røst, Værøy og Ballstad for både å få geografiske sammenligninger, og for å få sammenlignet sesongvise variasjoner.

Effekten av sesongvariasjoner ble vurdert på Røst spesielt.



Figur 5 Endringer i gjennomsnittlig lufttemperatur ved hjellen sesongene 2006 og 2007.

Figuren viser at det spesielt tidlig i sesongen 2007 var en periode med høyere temperatur sammenlignet med 2006. I og med at temperaturen var høyere tidlig i sesongen, er det naturlig å forvente at en i denne perioden får en god tørkeprosess, som reduserer faren for mikrobiell degradering. Her påvirkes tørkingen av luftfuktigheten spesielt.



Figur 6 Sammenligning av luftfuktigheten på Røst for sesongene 2006 og 2007.

Figuren viser at luftfuktigheten gjennomgående var høyere frem til slutten av mai gjennom hele sesongen 2007 sammenlignet med 2006. En luftfuktighet lavere enn 75 % kombinert med vind og lufttrekk gir gode tørkebetingelser. Tilsvarende medfører luftfuktigheter over 80 % dårlige tørkebetingelser. I og med at luftfuktigheten var høyere i 2007 sammenlignet med 2006 kan en forvente at kvaliteten på sluttproduktet blir mindre god i 2007 sesongen.

4.2 Tørkeprosessen

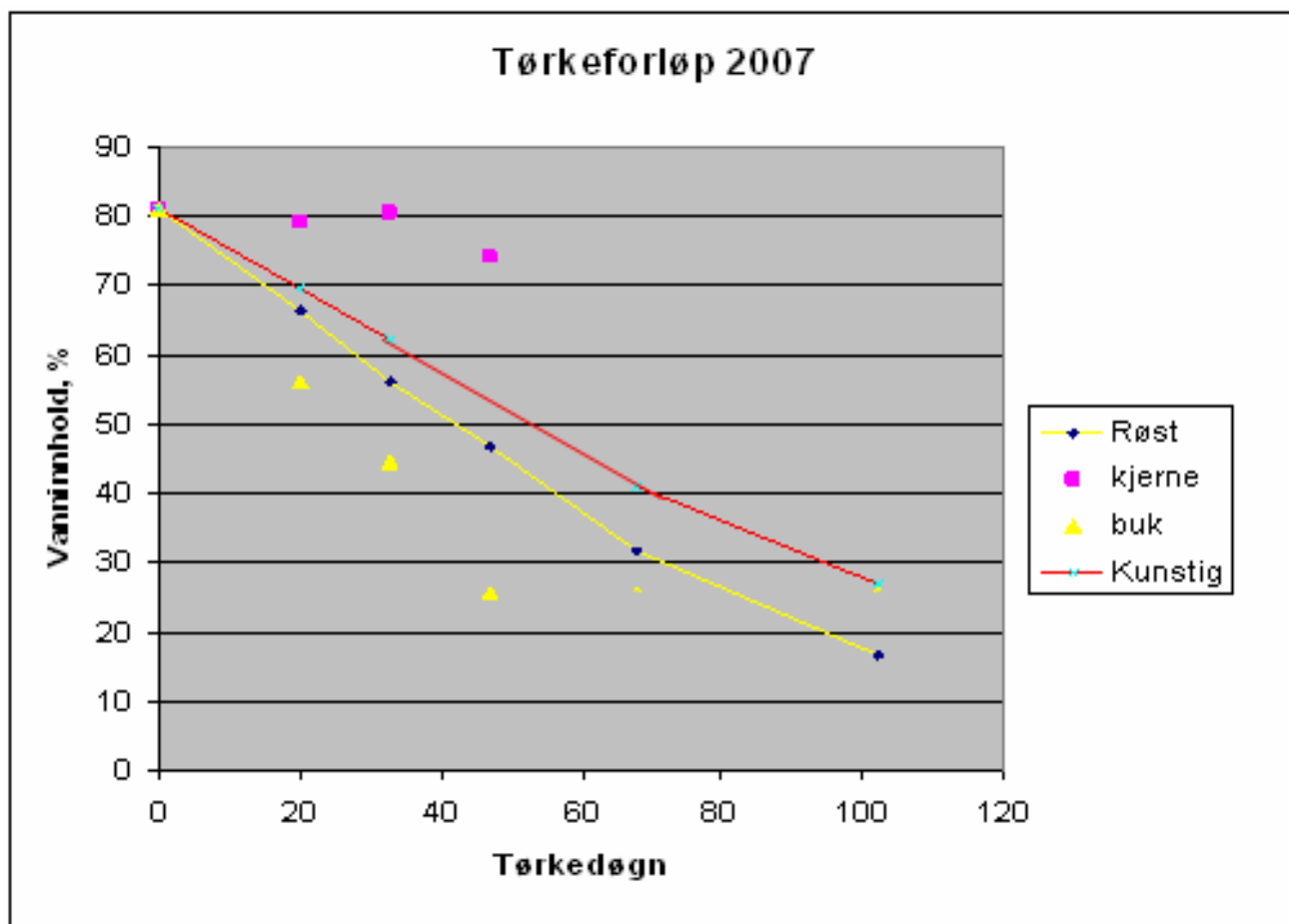
De ulike sonene på fisk tørker ulikt. Buker er tynne, og tørker raskt, mens tykkfisken naturlig nok tørker langsomt fordi transporten av vann fra sentrum av fisken til overflaten foregår langsommere.

Ved målingene ble det lagt vekt på å registrere tørkegradienter gjennom sesongen. Dette er vist i fig. 7. Mens bukene i løpet av de første 50 tørkedøgnene er ferdig tørket, har den tykkeste delen av fisken så vidt begynt å tørke. Etter 40 døgn var vanninnholdet i den tykkeste delen av fisken uforandret, mens vanninnholdet var sunket fra 80 % til 75 % etter 50 døgn.

I og med at vannaktiviteten er høy ved vanninnhold over 35 %, vil fisken fortsatt være utsatt for mikrobiell påvirkning i denne perioden.

Fjerning av vann skjer fra overflaten, og påvirkes av vindforhold, temperatur og luftfuktighet. Sesongen 2007 analyserte vi utviklingen av tørkeprosessen ved å analysere tverrsnittet av fisken. Resultatet er vist i fig. 7 hvor også gjennomsnittsverdier (Røst og Tromsø) er angitt.

Figuren viser også tørkeforløpet på Røst sammenlignet med modelltørkingen i Tromsø.



Figur 7 Tørkeforløpet i den tykkeste delen av fisken sammenlignet med tynnere partier.

Ved å sammenligne tørkeforløpet for 2006 sesongen (fig. 2) med 2007 sesongen ser vi at den største forskjellen oppstår tidlig i sesongen. Etter 25 døgn var vanninnholdet i fisken sunket til 45 % i 2006 mens det tok nesten 50 døgn før dette skjedde i 2007 sesongen. Ved den kunstige tørkingen i klimaskapene tok det tilsvarende 60 døgn i 2007 og 55 døgn i 2006 før det gjennomsnittlige vanninnholdet var redusert til 45 %.

En mer langsom tørking kombinert med høyere temperatur medførte at kvaliteten på fisken var mindre god i 2007 sammenlignet med 2006.

4.2.1 Hengeretning

Sesongen 2007 ble det gjennomført forsøk der fire fisk ble hengt med ryggen mot sør, og tilsvarende ble fire fisk hengt med ryggen mot nord. Bakgrunnen for forsøkene var at vi ønsket å vurdere hvorvidt temperatureksposeringen på fisken ble påvirket av hengeretningen. Ryggen på fisken er mørkere enn bukpartiet; og kan dermed være mer utsatt for oppvarming. Under forsøkene ble temperaturen målt i lufta, og i selve tykkfiskens bak ryggbeinet.

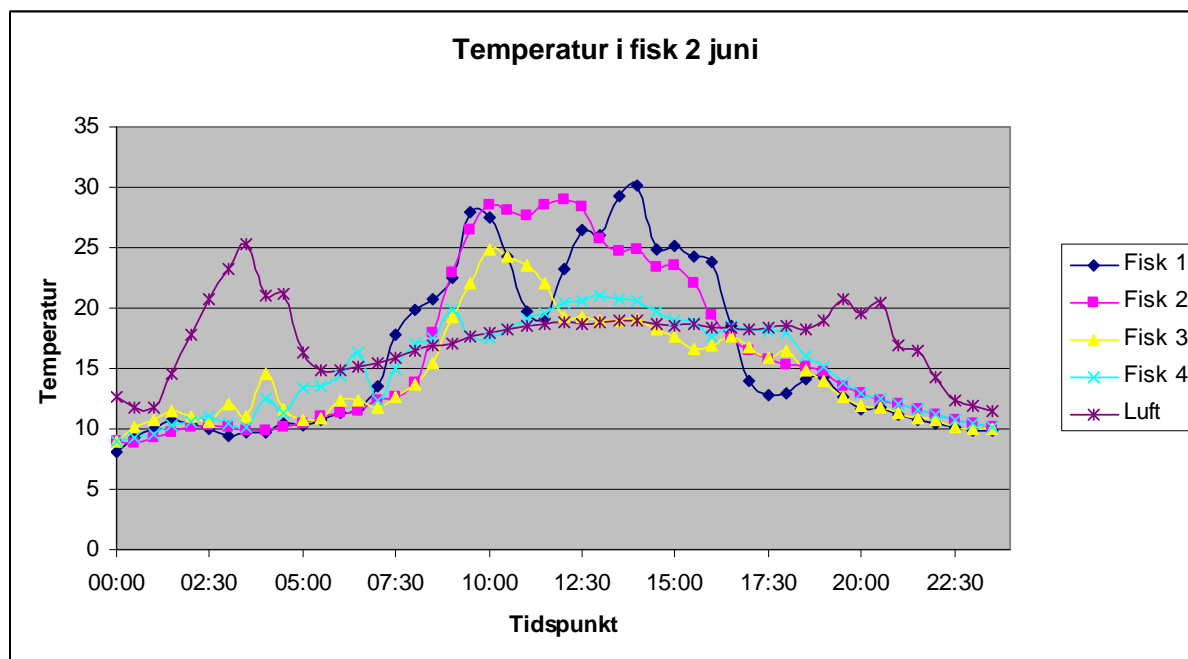
Resultatet av målingene er vist i tabell 3. Som tabellen viser ble de høyeste temperaturene funnet i fisken hvor ryggen ble hengt mot sør. Tilsvarende ble de laveste temperaturene funnet i fisken som hang med ryggen mot nord. En annen effekt som ble registrert under

testene var at skinnet på fisken som hang med ryggen mot nord ble bleket ujevnt, og fikk en mørk side, og en lys side. Dette var en følge av ujevn soleksponering.

Tabell 3 Effekt av ulik hengeretning.

Rygg mot sør	Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3	Fisk 4
Høyeste temperatur	-2,6	-2,6	-2,5	-2,5
Laveste temperatur	31,2	26,1	27,6	37,1
Gjennomsnitt	7,8	7	7,5	9,1
Rygg mot nord	Fisk 5	Fisk 6	Fisk 7	Fisk 8
Høyeste temperatur	-3,7	-1,9	-2,3	-2,6
Laveste temperatur	33,2	30,8	29,1	22,5
Gjennomsnitt	9,1	10,9	10,2	8,3

Ved de samme målingene ble det vist at effekten av oppvarming fra solskinn var betydelig. Det vises her til fig. 8, hvor målingene referer til serien med fisk som ble hengt med ryggen mot nord.



Figur 8 Temperaturmålinger i fisk og luft.

Det ble benyttet egen termaturlmålur for luft. Denne var hengt nordvendt, og målingene mellom 02:00 og 04:30 skyldes sannsynligvis oppvarming fra solskinn. Mellom klokken 08:00 og 20:00 kommer effekten av oppvarmingen av fisken klarere frem. Her ble det registrert temperaturer inne i fisken som lå opp mot 15 °C over lufttemperaturen. Forskjellene mellom de enkelte fiskene skyldes lys/skyggeeffekter, hvorvidt fisken henger fremst på hjellen (fisk 1 og 2), eller er skjult av den første rekken (fisk 3 og 4).

4.3 Lagringsforsøk

Fisk som ble tatt inn for stabilisering, ble lagret i klimaskap ved 4 °C og luftfuktighet 80 %. Det ble ikke registrert soppvekst på fisken, og lagringsbetingelsene medførte at fiskens vanninnhold ble stabilisert på et forholdsvis høyt nivå. Det ble tatt ut 20 fisk for hvert uttak. Kvalitetsvurderingene er vist i figur 9 som viser flere interessante forhold.


For det første er andelen av prima fisk lavere sammenlignet med sesongen 2006, uansett uttak. Dette stemmer godt med at tørkingen foregikk langsommere sesongen 2007, og at ettertørkingen også gikk svært langsomt.

Den dårligste kvaliteten ble funnet på fisk som var tatt inn tidlig i sesongen og ettertørket (De to første uttakene, etter 17 døgn og etter 32 døgn).

Den beste kvaliteten ble funnet på de tre neste uttakene, med inntil 98 døgns hending på hjell. Dette samsvarer med de funnene som ble gjort i 2006.

Andelen av dårlig fisk (typo B) var høyest på de to første uttakene, men økte også på de to siste uttakene hvor fisken ble eksponert for sterkere varme. Dette samsvarer også med de funnene som ble gjort i 2006.

De to referanseciskene som ble tørket i klimaskap ved 4 °C hadde et tilsvarende langsommere tørkeforløp. Disse fiskene ble vurdert til B henholdsvis BB, med sterke innslag av mucoso. Dette var forventet i og med at tørkeutviklingen hadde et forløp som tilsvarte 15 døgns lengre tørketid enn fisken som hang på hjell.



Røst	Uttak 1 17dager	Uttak 2 32dager	Uttak 3 46dager	Uttak 4 65dager	Uttak 5 98dager	Uttak 6 118dager	Uttak 5 159dager
Prima	14	35	43	43	55	33	38
Sekunda	57	40	52	48	45	46	46
Typo B	29	25	5	10	9	21	17
Hengedøgn til 28 % vann	120	81	70	75	75	75	75
Vann% ved mottak	66	56	47	31	17	18	13

Figur 9 Kvalitet på tørrfisk fra sesongen 2007.

4.4 Analyser av bakteriefloraen i tørrfisk

Analysene er gjennomført i samarbeid med "mucosoprojektet" og er rapportert separat. (ref. 3). Vurderingene baseres på fire forskjellige uttak, hvor fem fisk ble tatt ut og analysert i hvert uttak. Resultatet av målingene er derfor ikke gått gjennom i detalj i sluttrapporten. Analysene ble utført ved Norges fiskerihøgskole.

Et interessant funn i arbeidet var at det var en bakterieklasse som dominerte gjennom hele modningsprosessen.

Med kun to unntak viste sekvensene seg å stamme fra bakterier innen klassen *Psychrobacter*. Unntakene var to isolater fra gatt med mucoso-preg. Det ene isolatet ble klassifisert som en *Pseudomonas*, det andre som en gram-positiv bakterie av slekten *Arthrobacter*.

Det interessante med de funnene som ble gjort var at den viktigste forskjellen mellom såkalt mucosovev, og friskt vev var at bakterienivået i mucosovev var to log enheter høyere enn i friskt vev.

Målingene tyder på at slekten *Psychrobacter* dominerer i utviklingen av tørrfisk, og at det er mengden som avgjør hvorvidt det dannes en god fisk eller en mucoso skadet fisk.

5 Resultater for 2008

Hovedfokuset for siste års forsøk var å avklare under hvilke betingelser tett emballasje kunne benyttes for tørrfisk.

I tillegg ble det gjennomført en serie analyser der målet var å:

- Gjennomføre en mer omfattende kartlegging av hvordan valg av lokalitet og hengestrategier innvirker på tørkebetingelsene.
- Undersøke hvorvidt kvaliteten på stor fisk kan bedres ved å fjerne svømmeblæra før tørking.
- Undersøke hvorvidt det er forskjeller i kvalitet og egenskaper på tørrfisk fra henholdsvis hannfisk og hunnfisk

5.1 Klimatiske forhold

Sesongen 2008 hadde en lengre periode med sterk frost, hvor det i mars ble registrert temperaturer mellom -5°C og -10°C i mars. Det ga frostskaider på deler av fisken. Sammenligning av sesongene 2006 og 2008 med utgangspunkt i målingene på Røst viser at gjennomsnittstemperaturen gjennomgående lå to til tre grader lavere i 2008, og at luftfuktigheten gjennomgående lå mellom to og ti prosent høyere. Det vises her til tabell 4.

Tabell 4 Klimatiske betingelser på Røst i 2008 sammenlignet med 2006.

Periode 2006	Middel-temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Middel-fuktighet (%)	Periode 2007	Middel-temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Middel-fuktighet (%)
10.03 - 07.04	2,6	67	15.03 - 31.03	-0,1	79,8
08.04 - 25.04	5,3	77	01.04 - 15.04	3,0	79,3
26.04 - 05.05	9,3	71	16.04 - 30.04	5,1	82,3
06.05 - 24.05	8,2	72	01.05 - 15.05	6,6	85,7
25.05 - 21.06	10,2	79	16.05 - 31.05	7,7	83,4
22.06 - 05.07	13,3	79	01.06 - 15.06	9,7	86,9

Når vi sammenligner målingene for disse to årene ser vi også at luftfuktigheten gjennomgående var høyere i 2008 sammenlignet med 2006.

5.2 Lokalitet og tørking

I 2008 ble det gjennomført omfattende målinger ved ulike lokaliteter for å avklare hvordan tørkeforholdene varierte i hjellene og mellom ulike hjeller. Dette er rapportert separat (ref. 5). Disse målingene viste små forskjeller i gjennomsnittsverdier i temperatur ved ulike hjell i samme område, men det ble registrert forskjeller i maksimumstemperaturer. I tillegg var luftfuktigheten gjennomgående høyere inne i hjellene enn i utkanten av hjellene.

5.3 Kvalitet og råvareegenskaper

5.3.1 Hannfisk vs. Hunnfisk

Totalt 32 hannfisk og hunnfisk ble hengt på Værøy og Ballstad for å sammenligne utviklingen av tørkeprosessen, av sluttutbyttet ved etterlagring, og etter bløyting. Fisken som ble hengt veide mellom 3 og 4 kilo.

Fisken ble tatt inn for kontrollert ettertørking etter 40 døgn, etter 70 døgn og etter 105 døgn.

Fisken ble ettertørket ved 7 °C ved 79 % luftfuktighet frem til kvalitetssortering, 240 døgn etter hending.

Tabell 5 Tørking av hannfisk og av hunnfisk.

Vektutbytte	40 døgn Vektutbytte (%)	70 døgn Vektutbytte (%)	105 døgn Vektutbytte (%)	240 døgn Vektutbytte (%)	Etter bløyting Vektutbytte (%)	Kvalitet P-S-B (%)
Hannfisk, Værøy	41	28	24,2	24,1	64	64-14-21
Hunnfisk, Værøy	40	26	23,1	23,0	62	78-22-0
Hannfisk, Ballstad	-	31,5	27	25,7	60	54-38-8
Hunnfisk, Ballstad	46	27	25,2	23,5	59	21-79-0

Ved målingene fant vi at det var en forskjell på 1 % i produksjonsutbytte mellom hannfisk og hunnfisk, der hannfisken ga det høyeste produksjonsutbyttet.

Det er stor spredning i vurderingene av kvalitet mellom gruppene. Fisken fra Ballstad ble gjennomgående vurdert til lavere kvalitet enn fisken fra Værøy. Det skyldes at vi tidlig i sesongen hadde en lengre periode med sterk frost på Ballstad, slik at fisken fikk frostskafer. Frostsprengt fisk tar normalt mindre vann enn fisk som ikke er frostsprengt. Forskjellene i vektutbytte etter bløyting mellom fisken fra Ballstad og fra Værøy er mellom 3 % og 4 %, som sannsynligvis skyldes forskjellig frostpåvirkning.

5.3.2 Tørking av fisk med og uten svømmeblære

Forsøkene som ble gjennomført i 2006 og 2007 viste at den dårligste kvaliteten ble funnet på fisk som tørket saktest. Vi har også sett at det tar mellom 50 og 60 døgn før vanninnholdet i tykkfisken begynner reduseres. Svømmeblæren danner en naturlig barriere mot uttransport av vann, og det ble derfor gjennomført forsøk der svømmeblæren på stor fisk ble fjernet før fisken ble hengt. Ved uttakene ble denne fisken sammenlignet med fisk som ble hengt med svømmeblære.

Første uttak av fisk fra Røst, Værøy og Ballstad ble gjennomført 17. april. Fisken hadde en gjennomsnittsvekt på 5 kilo og hadde hengt i 40 døgn.

Totalt 12 fisk ble vurdert, hvorav 6 fisk med svømmeblære og 6 fisk uten svømmeblære. Det gjennomsnittlige vanninnholdet i fisken med svømmeblære var 46,7 %, mens vanninnholdet i fiskene hvor svømmeblære var fjernet var 43,1 %.

Andre uttak ble gjort i perioden 16 til 20. mai. Dette tilsvarer en hadde hengetid på 70 døgn. Vanninnholdet i fisk uten svømmeblære var 29 % mens det tilsvarende for fisk med svømmeblære ble funnet et vanninnhold på 30 %.

Tredje uttak ble gjennomført 24. juni. Fisken var hengt i 105 døgn. På dette tidspunktet var det ikke forskjell i vanninnholdet i fisk med og uten svømmeblære. Begge gruppene hadde et vanninnhold på 25 %.

Tabell 6 Kvalitet på tørrfisk, tørket med og uten svømmeblære.

Kvalitet	Antall uten Svømmeblære	Andel, %	Antall med svømmeblære	Andel, %
P	61	50	47	37
S	58	48	69	54
B	3	2	11	9
BB	0	0	1	1

Som det fremgår av tabellen har fjerning av svømmeblæren før fisken ble tørket hatt positiv effekt på sluttproduktet. 50 % av fisken uten svømmeblære ble vurdert som primafisk ved sorteringen, mens 37 % ble vurdert som primafisk når fisken ble tørket med svømmeblære.

Tilsvarende var bare 2 % av fisk uten svømmeblære vurdert til å være typen B eller lavere, mens 10 % av fisken som ble tørket med svømmeblære ble vurdert til å være typen B eller lavere.

På tre av fiskene med svømmeblære ble det registrert mucoso (2,5 %). Tilsvarende ble det ikke registrert mucoso i fisk uten svømmeblære.

5.4 Emballasjetesting

Forsøkene ble gjennomført ut fra vurderinger som ble gjort ut fra to forhold: Lagringsforhold ved tradisjonelle tørrfisklagre, og lagring tilsvarende distribusjon i kjølekjeder.

Forsøkene ble gjennomført som følger:

- Lagring av fisk ved 4 °C i åpen og tett emballasje.
- Lagring av fisk ved 7 °C i åpen og tett emballasje
- Lagring ved 15 °C i åpen og tett emballasje
- Lagring av fisk hvor temperaturen varierte mellom 3 °C og 15 °C.

Det ble benyttet fisk med fire ulike vanninnhold. Dette ble gjort ved at fisk som ble hengt 10. mars ble tatt inn for pakking/lagring på fire ulike tidspunkt:

- Ett inntak 20. mai (tørketid 70 døgn). Beregnet gjennomsnittlig vanninnhold 28 %.
- Ett inntak 10. juni (Tørketid 90 døgn). Beregnet gjennomsnittlig vanninnhold 24,7 %.
- Ett inntak 23. juni (tørketid 103 døgn). Beregnet gjennomsnittlig vanninnhold 25 %.

- Ett inntak 7. juli (Tørketid 120 døgn) Beregnet gjennomsnittlig vanninnhold 23 %.

Fisken ble lagret frem til 20. november, hvor emballasjen ble fjernet om kvelden. Vrakingen ble gjennomført neste morgen.

Ytterligere kvalitetskontroll ble gjennomført ved bløyting av fisk for vurdering av lukt og utseende på bløytet fisk.

Fiskens lagringsevne er vurdert ut fra hvor lenge fisken hadde hengt på hjell før den ble pakket.

5.4.1 Fisk pakket etter 70 døgns tørketid

Ved starten av målingene hadde fisken et vanninnhold på 27,5 %, med en beregnet variasjon mellom 25 % og 29 %.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 15 °C

44 % av fisken ble vurdert som primafisk, 56 % av fisken ble vurdert som sekunda. En fisk viste antydning til mucoso. Ved bløyting av denne fisken ble det funnet at den var brun og misfarget ved ryggbeinet, og at fisken hadde en kraftig boknalukt, som imidlertid ikke var ubehagelig.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakklukt ved uttak av fisken etter 185 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,3 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukt, med verdi 5 på en skala fra 1 til 10.

Fisken fra dennes serien ble ved bløyting funnet å være rødlig ved beinet, og med til dels kraftig boknafisklukt. Lukten var ikke ubehagelig. Fisken som det ble funnet soppflekker på, og hvor det ble konstatert ammoniakklukt på når emballasjen ble åpnet, hadde et vanninnhold på 29 %.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 4 °C

40 % av fisken ble vurdert som primafisk, 50 % av fisken ble vurdert som sekunda, 10 % av fisken ble vurdert til typen B. Det ble ikke funnet mucoso på denne fisken. Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Det var ikke antydning til ammoniakklukt på noen av fiskene etter 185 døgns lagring.

En fisk hadde ubetydelig med soppflekker,

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,8 en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukt, med verdi 5,7 en skala fra 1 til 10.

Fisken fra denne serien ble ved bløyting funnet å være rødlig ved beinet, og med til dels kraftig boknafisklukt. Lukten var ikke ubehagelig.

Fisk pakket i tett emballasje ved 15 °C

45 % av fisken ble vurdert som primafisk, 50 % av fisken ble vurdert som sekunda, 5 % av fisken ble vurdert til typen B. Det var antydning til mucoso på en fisk. Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Halvparten av fisken hadde soppflekker i nakke og buk. Ved vrakingen ble det kommentert at denne soppen lett kunne kostes av. De luktet kraftig ammoniakk av fisken som var befestet med sopp da emballasjen ble åpnet. Ved den påfølgende vrakingen ble det kommentert at fisken virket tung, men det ble ikke kommentert ubehagelig lukt. Ammoniakkluften forsvant etter 12 timers åpen lagring ved romtemperatur.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 5,4 en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,4 en skala fra 1 til 10.

Fisken fra dennes serien ble ved bløtting funnet å være rødfarget eller brunlig i tykkfisken, og med boknafiskluft. Lukten var svak og ikke ubehagelig.

Fisk pakket i tett emballasje ved 4 °C

40 % av fisken ble vurdert som primafisk, 55 % av fisken ble vurdert som sekunda, 5 % av fisken ble vurdert til typen B. Det var antydning til mucoso på en fisk. Den bløtete fisken hadde normal lukt, uten misfarging.

Det var antydning til soppdannelse med tilsvarende ammoniakkluft på 20 % av fiskene. Ved vrakingen ble det kommentert at fisken virket tung og mørk fordi den var tatt tidlig inn. Det ble ikke kommentert ubehagelig lukt. Ammoniakkluften var ikke merkbar etter 12 timers åpen lagring ved romtemperatur.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 5,1 en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,4 en skala fra 1 til 10.

En av fiskene fra dennes serien ble ved bløtting funnet å være rødfarget i tykkfisken, men uten boknafiskluft.

5.4.2 Fisk pakket etter 90 døgns tørketid

Ved starten av målingene hadde fisken et vanninnhold på 25,3 %, med en beregnet variasjon mellom 23 % og 27 %.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 15 °C

80 % av fisken ble vurdert som primafisk, 20 % av fisken ble vurdert som sekunda. En fisk viste antydning til mucoso.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakkluft ved uttak av fisken etter 165 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,1 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 4,7 på en skala fra 1 til 10.

Den bløtete fisken var lys og fin. Ved bløttingen fant vi noe mucoso i gattet på en fisk, men ikke på den som ble vurdert som mulig mucosoangrepet.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 4 °C

35 % av fisken ble vurdert som primafisk, 35 % av fisken ble vurdert som sekunda, mens 30 % ble vurdert som typen B. Nedvrakingen skyldtes ytre skader.

Det var ikke antydning til ammoniakkluft på noen av fiskene etter 165 døgns lagring.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakkluft ved uttak av fisken etter 165 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,1 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 4,8 på en skala fra 1 til 10.

Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Fisk pakket i tett emballasje ved 15 °C

20 % av fisken ble vurdert som primafisk, 80 % av fisken ble vurdert som sekunda.

Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Halvparten av fisken hadde moderat med soppflekker i nakke og buk.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,6 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 4,8 på en skala fra 1 til 10.

En fisk fra denne serien ble ved bløyting funnet å være moderat brunlig ved ryggeinet. Lukten var svak og ikke ubehagelig.

Fisk pakket i tett emballasje ved 4 °C

95 % av fisken ble vurdert som primafisk, 5 % av fisken ble vurdert som sekunda. Det var antydning til mucoso på en fisk. Den bløytete fisken hadde normal lukt, uten misfarging.

Det var antydning til prikker med sopp på en fisk. Fisken luktet godt når emballasjen ble åpnet. Ved vrakingen ble det kommentert at et fåtall fisk luktet svakt syrlig.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,5 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,4 på en skala fra 1 til 10.

Etter bløyting ble fisken vurdert som fin, med godt utseende, og uten lukt.

5.4.3 Fisk pakket etter 105 døgns tørketid

Ved starten av målingene hadde fisken et vanninnhold på 25,6 %, med en beregnet variasjon mellom 23 % og 28 %.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 15 °C

40 % av fisken ble vurdert som primafisk, 60 % av fisken ble vurdert som sekunda.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakkluft ved uttak av fisken etter 150 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,4 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,1 på en skala fra 1 til 10.

Den bløytete fisken var lys og fin. Det ble registrert en svak boknafiskluft på en fisk.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 4 °C

45 % av fisken ble vurdert som primafisk, 55 % av fisken ble vurdert som sekunda.

Det var ikke antydning til ammoniakkluft på noen av fiskene etter 150 døgns lagring.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakkluft ved uttak av fisken etter 150 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,5 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,5 på en skala fra 1 til 10.

Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Fisk pakket i tett emballasje ved 15 °C

60 % av fisken ble vurdert som primafisk, 40 % av fisken ble vurdert som sekunda.

Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Det ble registrert lukt i nakken på enkelte fisk når emballasjen ble åpnet. Det ble ikke registrert sopp på denne fisken.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,7 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,8 på en skala fra 1 til 10.

En fisk fra denne serien ble ved bløyting funnet å kraftig rød ved ryggbeinet. Øvrige bløytet fisk var lytefri.

Fisk pakket i tett emballasje ved 4 °C

75 % av fisken ble vurdert som primafisk, 25 % av fisken ble vurdert som sekunda. Det var antydning til mucoso på en fisk. Den bløytete fisken hadde normal lukt; en fisk hadde moderat bruning i tykkfisken etter bløyting..

Fisken var fri for sopp, og luktet godt når emballasjen ble åpnet. Ved vrakingen ble det kommentert at et fåtall fisk luktet svakt syrlig.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,5 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfiskluft, med verdi 5,6 på en skala fra 1 til 10.

Etter bløyting ble fisken vurdert som fin, med godt utseende, og uten lukt.

5.4.4 Fisk pakket etter 120 døgns tørketid

Ved starten av målingene hadde fisken et vanninnhold på 23,6 %, med en beregnet variasjon mellom 21 % og 26 %.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 15 °C

60 % av fisken ble vurdert som primafisk, 30 % av fisken ble vurdert som sekunda, 10 % av fisken ble vurdert som typ B.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakkluft ved uttak av fisken etter 135 døgns lagring. Fisken luktet godt.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukkt, med verdi 4,6 på en skala fra 1 til 10.

Den bløytete fisken var lys og fin, uten lukt.

Fisk pakket i åpen emballasje ved 4 °C

65 % av fisken ble vurdert som primafisk, 35 % av fisken ble vurdert som sekunda, 5 % av fisken ble vurdert som typo B.

Det var ikke antydning til ammoniakklukt på noen av fiskene etter 135 døgns lagring. Fisken luktet godt.

Fisken hadde ingen soppflekker, og det var ikke antydning til ammoniakklukt ved uttak av fisken etter 135 døgns lagring.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,6 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukkt, med verdi 5,1 på en skala fra 1 til 10.

Den bløytete fisken var luktsvak, og med god lukt.

Fisk pakket i tett emballasje ved 15 °C

55 % av fisken ble vurdert som primafisk, 40 % av fisken ble vurdert som sekunda, 5 % av fisken ble vurdert som typo B.

Fisken luktet godt når emballasjen ble åpnet, det var ingen tegn til soppdannelse, og den bløytete fisken hadde normal farge og lukt.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,7 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukkt, med verdi 5,8 på en skala fra 1 til 10.

Fisk pakket i tett emballasje ved 4 °C

75 % av fisken ble vurdert som primafisk, 25 % av fisken ble vurdert som sekunda. Det var antydning til mucoso på en fisk. Den bløytete fisken hadde normal lukt; en fisk hadde moderat bruning i tykkfisken etter bløyting..

Fisken var fri for sopp, og luktet godt når emballasjen ble åpnet. Ved vrakingen ble det kommentert at et fåtall fisk luktet svakt syrlig.

Ved vrakingen ble fisken vurdert til å være luktsvak, med verdi 4,6 på en skala fra 1 til 10, og med god tørrfisklukkt, med verdi 5,2 på en skala fra 1 til 10.

Etter bløyting ble fisken vurdert som fin, med godt utseende, og uten lukt.

5.4.5 Fisk pakket i tett emballasje og utsatt for temperaturvariasjoner

Forsøkene ble gjennomført med fisk som ble tatt inn 23. juni og 10. juli. Denne fisken hadde hengt i 105 henholdsvis 120 døgn.

Fisken ble pakket i tett emballasje, og lagret vekselvis ved 15 °C og ved 3 °C. Vanninnholdet i fisken var gjennomsnittlig 24,8 % med en variasjon mellom 23,3 % og 26,8 %. Lagringstiden var en uke ved høy henholdsvis lav temperatur hvor fisken ble flyttet mellom lagrene i en periode på to måneder.

Ved overføring til kaldt lager oppsto det kondens på innersiden av emballasjen. Kondensvannet forsvant i løpet av få timer ved at det ble absorbert i fisken.

Det ble kun registrert antydning til hvitaktig soppdannelse på fisken med høyest vanninnhold (28,4 %), og moderat luktdannelse i nakken på en fisk.

5.5 Sammenfatning emballasjeforsøkene

Forsøkene viste at fisk kunne pakkes i åpen emballasje allerede etter 70 døgn, men at det vil være fare for soppdannelse dersom fisken lagres ved 15 °C.

Derimot kunne ikke fisken pakkes i tett emballasje etter 70 døgns hending. Selv ved lagring ved 4 °C er det fare for soppdannelse.

Etter 90 døgns hending kunne fisken pakkes i tett emballasje selv om den ble lagret ved 15 °C. Fisken tålte også å lagres i tett emballasje dersom lagringstemperaturen ble holdt på 4 °C.

Etter 105 hendedøgn kunne fisken fortsatt ikke pakkes i tett emballasje også ved 15 °C fordi det var fare for moderat soppdannelse på enkelte fisk.

Etter 120 hendedøgn kunne fisken pakkes i tett emballasje uansett lagringsbetingelser.

Når fisken ble utsatt for temperaturvariasjoner mellom 3 °C og 15 °C oppstod det kondens i en kort periode på innersiden av emballasjen. Fisk som hadde hengt i 120 døgn eller mer tålte også disse lagringsbetingelsene.

Vrakernes vurdering av luktstyrke og tørrfisklukt indikerte at fisken som var pakket i tett emballasje gjennomgående hadde høyere score enn fisk som var pakket i åpen emballasje.

6 Diskusjon

Arbeidet i prosjektet har dekket et vidt område. Gjennom prosjektet er effekten av klimatiske betingelser, (lufttemperatur, luftfuktighet, sol) vurdert, likeledes hvordan lagringsbetingelsene påvirker kvaliteten på tørrfisk, hvilke bakterier som vokser i tørrfisk, hvilke flyktige komponenter som dannes i fisken gjennom tørkeprosessen, og hvordan lagringsbetingelsene påvirker sluttkvalitet og produktutbytte.

Arbeidet har bidratt til ny kunnskap som har medført at det er bygd nye lagre for tørrfisk, og næringen har tatt initiativ til å tilpasse naturtørkeprosessen gjennom styrt utetørking.

Undersøkelsene som ble gjort under sesongen 2006 og sesongen 2007 er rapportert separat (ref 1, ref. 2). Det samme gjelder undersøkelsene av bakterievekst i tørrfisk (ref. 3), og karakterisering av flyktige komponenter i tørrfisk (ref. 4). Resultatene fra disse tidligere arbeidene vil bli kort oppsummert i diskusjonen for å få frem helheten i arbeidet.

6.1 Klima og kvalitet

Sesongen 2006 ble fisken hengt 10 mars. Gode klimatiske forhold medførte rask tørking gjennom hele sesongen. Den dårligste kvaliteten fikk vi på fisk som ble tatt til Tromsø tidlig, og ettertørket langsommere enn fisken som hang på hjell. Vi fant også at fisken som ble tatt ned etter første juni hadde redusert kvalitet sammenlignet med fisk som ble tatt ned mellom 60 og 90 døgn etter henging.

Det samme gjentok seg i 2007. Denne sesongen ble fisken hengt rundt 20. mars. De klimatiske forholdene medførte noe langsommere tørking enn sesongen 2006. Samtidig styrte vi ettertørkingen slik at den gikk enda langsommere enn i 2006. Vi fant at andelen av fisk med mucoso økte sterkt, også i fisk som ble tatt inn tidlig. Vi fant her at fisken som ble tatt inn etter første juli hadde redusert kvalitet.

Målingene viste at vanninnholdet i tykkfisken først begynte å synke etter mellom 50 og 60 døgn. Fisken er dermed fortsatt eksponert for kvalitetsreduksjoner dersom den varmes opp både fordi det høye vanninnholdet gir grunnlag for fortsatt mikrobiologisk aktivitet, og fordi proteinene er utsatt for termisk denaturering. Målingene som ble gjort viste at temperaturen inne i fisken kunne øke til ca 35 °C, eller ca 15 °C over lufttemperaturen som følge av oppvarming gjennom solstråling.

Det synes langt på vei som om tørrfiskens kvalitet avgjøres i løpet av den første måneden etter henging fordi mesteparten av vannet fjernes i denne perioden. Gode tørkebetingelser vil etter det vi har funnet, være lufttemperaturer mellom 0 °C og 10 °C, god lufttrekk, og luftfuktighet på 70 % eller lavere. Direkte solskinn på fisken kombinert med vindstille synes uheldig.

Spesielt på stor fisk har dannelse av mucoso vært et problem. Vi gjennomførte derfor forsøk der svømmeblæren på storfisk ble fjernet, og hvor innholdet av mucoso i den tørkede fisken ble sammenlignet med fisk som ble hengt med svømmeblæren i fisken. Svømmeblæren danner sammen med ryggbeinet en barriere mot uttørking, og bidrar til å redusere tørkehastigheten. Vi fant ikke mucoso i fisk som ble tørket uten svømmeblære, mens det tilsvarende ble funnet mucoso i fisk som ble tørket med svømmeblære.

6.2 Lagring av tørrfisk

Tørrfisk avgir vann når luftfuktigheten synker, og når temperaturen øker. Ved de målingene som vi har gjort er det funnet at fisken tåler å lagres ved 80 % luftfuktighet når temperaturen er lav. Vi fant at ved likevekt vil vanninnholdet i tørrfisk være ca 27 % dersom fisken lagres ved 3 °C, mens det tilsvarende vil være ca 20 % dersom fisken lagres ved 20 °C ved 80 % luftfuktighet. Dersom luftfuktigheten synker til 70 % vil vanninnholdet ynke til mellom 17 % og 19 % avhengig av lagringstemperaturen, mens en ved en luftfuktighet på 60 % vil komme ned i vanninnhold under 15 %. Det optimale tørrfisklageret er klimastyrt til 80 % luftfuktighet, og med lagringstemperaturer under 5 °C.

6.3 Mikrobiologi og flyktige komponenter

Det er identifisert ca 80 ulike flyktige komponenter fra tørrfisk. Disse bidrar på ulik måte til å gi det tørkede produktet dets karakteristiske lukt og smak.

Bakteriegruppen *Psycrobacter* dominerer ved tørking av fisk. Ved de ulike uttakene av fisk er det vist at det er to hovedgrupper av flyktige forbindelser som dominerer i den tidlige fasen av tørkeprosessen. Det er ulike ammoniumforbindelser og sulfidforbindelser som dominerer frem til ca 50 døgns hending og som sannsynligvis er dannet av bakteriene i fisken. I siste del av tørkeprosessen øker innholdet av pyraziner og streckeraldehyder. Dette er oksidasjonsprodukter hvor mengden som dannes påvirkes av solstråling, temperatur og tørrhet i fisken, og som sannsynligvis ikke er dannet gjennom fortsatt bakterieaktivitet.

Sammenhengen mellom dannelsen av disse komponentene og tørkebetingelsene er ikke undersøkt.

6.4 Emballasje

Ved målinger i ulike tørrfisklagre er det funnet store variasjoner i lagringstemperaturer. I og med at vanninnholdet i tørrfisk påvirkes sterkt av temperaturen ble det ved lagringsforsøkene gjort målinger med lagring i tett og åpen emballasje ved lav temperatur (3 °C – 4 °C), ved forhøyet temperatur (15 °C) og hvor temperaturen svingte mellom 15 °C og 3 °C for at erfaringene fra undersøkelsene skulle være anvendbare for flest mulig anlegg.

Ut fra de målingene som er gjort synes det som om tørrfisk tåler å lagres i tett emballasje uten at kvaliteten påvirkes negativt av dette. Forutsetningen er imidlertid at fisken er lagringsstabil når den emballes. Tidspunktet for dette påvirkes av lagringsbetingelsene.

Ut fra målingene synes det som om fisk som ble tatt ned fra hjellene rundt 20. juni eller senere, tilsvarende 200 dogn etter hending, kunne lagres i tett emballasje uten at det påvirket tørrfiskens kvalitet negativt, uavhengig av lagringsbetingelser. Fisk som ble pakket etter 90 døgns hengetid tålte godt å lagres i tett emballasje når den ble lagret kjølig, mens den ikke tålte å lagres i tett emballasje ved 15 °C.

For tidlig pakket fisk, dvs. fisk som hadde hengt mindre enn 90 dogn utviklet sopp på overflaten, og fikk et rødaktig skjær i kjøttet i tykkfisken etter bløyting.

Den fisken som ble tatt ned tidlig i mai, etter 70 hendedøgn utviklet amoniakkluft, og var rødaktig i tykkfisken. Ammoniakkluften var imidlertid forsvunnet etter en natts åpen lagring, og den bløytete fisken hadde en mild, behagelig lukt uansett hvordan lagringsbetingelsene hadde vært før bløyting.

Ved vrakingen av fisken syntes det som om fisken som ble pakket i tett emballasje og lagret ved 4 °C henholdsvis 15 °C utviklet best tørrfisklukt sammenlignet med tørrfisk som ble lagret ved 4 °C og 15 °C i åpen emballasje.

Tørrfisk kan pakkes og lagres i tett emballasje. Fordelen med dette vil være at fisken kan selges med konstant vekt, den kan vinterlagres uten uttørking, og den kan transporteres og distribueres som et luktsvakt produkt uten fare for å infiseres av for eksempel insekter eller biller.

7 Referanser

1. Tidemann E.; Rapport Fiskeriforskning, 2007 (Konf.) *Modning og lagring av tørrfisk – Sesongen 2006.*
2. Tidemann E.; Rapport Nofima Marin, 2008 (Konf.); *Modning og lagring av tørrfisk – Sesongen 2007.*
3. Bjørkevoll, I.; *Landfald, B.; *Ernstsen, M. H.; Joensen, S.; Tidemann, E.; Rapport Nofima Marin 8/2008; *Bakterievekst under naturtørking av tørrfisk. Sammenligning av normal- og mucosovev.*
4. Solvang M., m.fl.; Rapport Fiskeriforskning 2007 (Konf.); *Flyktige komponenter i tørrfisk.*
5. Tidemann E. og Joensen S.; Rapport Nofima Marin 23/2009.; *Tørrfisk på hjell.*

