

RSW-, CSW- og iskjøling av råstoff (torsk), konsekvenser for filetkvaliteten

Forsøk 2011

Leif Akse, Torbjørn Tobiassen, Pål Anders Wang, Mette S. W. Breiland, Reidun W. Dahl





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

Nofima har om lag 470 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

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

Rapport

ISBN: 978-82-7251-915-4 (trykt)
ISBN: 978-82-7251-916-1 (pdf)

Rapportnr.:
38/2011

Tilgjengelighet:
Åpen

Tittel:

RSW-, CSW- og iskjøling av råstoff (torsk), konsekvenser for filetkvaliteten - forsøk 2011

Dato:

31. oktober 2011

Antall sider og bilag:
25

Forfatter(e): Leif Akse, Torbjørn Tobiassen, Pål Anders Wang, Mette S. W. Breiland, Reidun W. Dahl

Prosjektnr.:
20966

Oppdragsgiver:

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

Oppdragsgivers ref.:
FHF # 900429

Tre stikkord:

Kjøling, ferskfilet, kvalitet

Sammendrag:

I forsøket ble torsk bløgget, utblødd i vann, sløyd og vasket på en identisk måte og deretter kjølt som hel fisk i 1, 2 og 3 døgn i henholdsvis RSW, CSW eller iset i kasser. Målet var å undersøke om disse kjøle metodene for råstoffet resulterte i ulik kvalitet på filetene.

Filetkvaliteten ble vurdert sensorisk, muskelfargen ble målt instrumentelt, vann og salt ble analysert. Etter lagring av fileter frem til dag 10 *p.m.* ble det utført analyser av mikroflora og TVN.

Hovedkonklusjonen er at tørr ising av råstoff i kasser gav bedre kvalitet på filetene enn tilsvarende lang kjøling av råstoff i sjøvann (RSW og CSW). Særlig tydelig var dette i fileter som ble lagret kjølt etter skjæring, frem til 10 døgn etter at fisken ble slaktet. At tradisjonell tørr ising av torsk i kasser eller kar gir bedre filetkvalitet enn kjøling av råstoffet i vann er et resultat som bør tas med i vurderingen av hvordan fisk bør kjøles ombord på fiskefartøy, for å oppnå best mulig kvalitet på råstoffet.

Forord

Dette prosjektet var finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Prosjektansvarlig hos FHF var Frank Jakobsen, Faggruppe for Filet Kvitfisk.

Forsøket som rapporteres her er en videreføring av et industriforsøk som ble utført i det samme prosjektet i 2010, og som er rapportert i Nofima-rapport nr 34/2010.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	De viktigste resultatene i 2010	2
1.2	Videreføring i 2011.....	2
2	Material og metode.....	4
2.1	Gjennomføring av forsøket.....	4
2.2	Råstoff.....	5
2.3	Analysemetoder	5
2.3.1	Temperatur	5
2.3.2	Filetindeks	5
2.3.3	Fargemåling.....	6
2.3.4	Vekt	6
2.3.5	Vann	6
2.3.6	Salt	7
2.3.7	Mikrobiologi	7
2.3.8	TVN	7
2.4	Statistikk.....	7
3	Resultater og diskusjon.....	8
3.1	Temperaturer under lagring	8
3.2	Vektutvikling, vann- og saltopptak under lagring som hel fisk.....	12
3.3	Råstoffkvalitet etter lagring som hel fisk.....	14
3.4	Vekttap, kvalitet og holdbarhet i løpet av lagring som filet	19
3.4.1	Drypptap under lagring av filet.....	19
3.4.2	Filetindeks og fargemåling.....	20
3.4.3	Mikrobiologi og TVN	21
4	Konklusjon.....	24
5	Referanser.....	25

1 Innledning

I norsk fiske er bruk av mekanisk kjølt sjøvann (RSW) til kjøling av store mengder fisk i tanker best kjent fra fiske etter pelagiske arter som sild, makrell og brisling. Sjøvannet i RSW-tankene blir da gjerne kjølt til rett under 0 °C. Mange anlegg har kapasitet til å kjøle til lavere temperaturer enn dette ($\pm 1,5$ til ± 2 °C), men temperaturen i RSW-tankene bør ikke være så lav at fisken fryser.

Også RSW-kjøling av fisk som torsk, hyse og sei har etter hvert fått et stort omfang på snurrevad- og notfartøy (sei), som en rasjonell løsning for kjøling av fangst ombord.

I Fiskeridirektoratets tidligere "Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer" (2001) het det m.a. om kjøling av fisk i is eller kjølt vann (RSW og CSW):

- *Fisk skal kjøles i is eller kjølt vann snarest og innen en én time etter opptak. Uansett kjølemåte skal temperaturen i fisken bringes ned mot og holdes så nær 0 °C som mulig, helst i området mellom 0 °C og ± 1 °C.*
- *Kjøles fisken i vann skal den oppbevares i rent, kjølt vann. Slik kjølemåte skal ikke strekke seg utover 3 døgn om bord.*
 - o *Vannmengden skal, uansett kjølemåte, være minst 20 % av tankens volum. Nytt iskjølt vann (CSW) skal ismengden være minst 20 % av volumet.*
 - o *RSW eller CSW vannet skal være avkjølt til ca 0 °C før innlasting. Blandingen av fisk og vann skal være nedkjølt til under 3 °C innen 6 timer etter oppfylling av fisk og til 0 °C innen 16 timer.*

RSW som er godt nedkjølt før fangsten tilføres i tankene, er en effektiv kjølemetode, som gir hurtig og homogen temperatursenking i råstoffet. Slurves det derimot med nedkjøling av sjøvannet på forhånd, er RSW en lite effektiv metode til kjøling av fisk, sammenlignet med vanlig tørr ising i kasser eller kar. Altfor lav temperatur i RSW eller CSW, slik at råstoffet fryser, kan imidlertid gi uheldige effekter på kvaliteten når fisken tiner igjen. Tidligere forsøk har vist at kjøling av fisk i sjøvann (RSW, CSW) gir opptak av vann og salt (Joensen & Sørensen 1998, Akse 2008). Om dette har negativ effekt på råstoffkvaliteten er ikke godt dokumentert. I RSW-prosjektet, som ble initiert av FHF i 2010 og utført av Nofima i 2010 og 2011, ønsket man å undersøke eventuelle kvalitetseffekter av å kjøle fisk i kjølt sjøvann, sammenlignet med tradisjonell "tørr" iskjøling.

Problemstillingen i RSW prosjektet er å påvise om kjøling av torsk i RSW, CSW eller is gir ulik kvalitet på fersk filet. I 2010 ble det utført et industriforsøk i tilnærmet kommersiell skala, der torsk som var kjølt i RSW eller is ombord på en snurrevadbåt ble testet i filetproduksjon. I dette forsøket var det også andre faktorer enn kjølemetoden som var ulike mellom prøvepartiene, som fangstvolum, pumping/ikke pumping, bløggetidspunkt og sløyemetode. Dette gjorde det vanskelig å isolere eventuelle effekter av kjølemetoden alene.

For å utfylle fjorårets forsøk er det i 2011 gjort kontrollerte, småskalaforsøk med de aktuelle kjølemetodene. I forsøkshallen hos Nofima i Tromsø ble torsk kjølt på ulike måter i inn til tre

døgn etter slakting. Andre faktorer utenom kjølemetoden, som håndtering, bløgging og sløyning av fisken, var identiske i alle prøvepartiene, slik at forsøket kunne gi kunnskap om effekter av kjølemetoden alene.

1.1 De viktigste resultatene i 2010

Forsøket i 2010 påviste stor forskjell i filetkvalitet avhengig av om råstoffet ble direktesløyd og deretter kjølt i RSW; eller om fisken ble bløgget/utblødd før sløyning og deretter iset (tørt) i konteiner ombord på båten. Det ble også påvist dårligere kvalitet på fisk fra et ekstra stort snurrevadhål, enn fra et mindre (Akse mfl. 2010):

- Råstoff (torsk) som var bløgget/utblødd før sløyning og iset (tørt) i konteiner ombord på båten, var det klart beste utgangspunktet med hensyn til resultat i filetproduksjonen. Torsk som var direktesløyd og RSW-kjølt var dårligere egnet til filetproduksjon, med fisk fra et stort snurrevadhål som den klart dårligste.
- Muskelfargen var det som mest differensierte kvaliteten på fileter fra prøvepartiene i 2010. Mens filet av råstoff som var godt utblødd før sløyning og iset (tørt) i kar hadde en lys og hvit grunnfarge, så hadde fileter av råstoff som var direktesløyd og kjølt i RSW en tydelig rød grunnfarge i muskelen. Filetene fra et stort snurrevadhål der fisken ble pumpet og direktesløyd flere timer etter opptak og deretter kjølt i RSW, var dårligst med hensyn til rødfarge.
- Filetene fra direktesløyd, RSW-kjølt råstoff var bløtere enn filetene fra råstoff som var bløgget og iset i kar. Kjøling i vann (RSW) kontra tørr ising kan være en forklaring på dette. Bløtere konsistens i RSW-kjølt råstoff ble også påvist av Digre mfl. (2010).
- Filetene av råstoffet som var bløgget, sløyd og iset i kar var mindre spaltet enn filetene av råstoff som var direktesløyd og kjølt i RSW. En forklaring kan være at fastere konsistens gjør at iset råstoff tåler fysisk belastning i filet- og skinnemaskinen bedre enn RSW-kjølt råstoff.

I forsøket i 2010 var det som nevnt flere faktorer enn kjølemetoden som varierte mellom prøvepartiene. Forsøket gir derfor ikke grunnlag for å vurdere sikkert om kjøling av torsk i sjøvann isolert sett fører til rødere filet, bløtere konsistens og mer spalting, sammenlignet med tradisjonell "tørr" ising i kasser eller kar ombord på fangstfartøyet.

1.2 Videreføring i 2011

For å utfylle resultatene fra storskala forsøket i 2010 ble det satt opp et forsøk i mindre skala for å undersøke filetkvalitet, vannopptak, saltopptak og holdbarhet, avhengig av om råstoffet var kjølt i sjøvann (RSW, CSW) eller iset i kasser, når slakting, håndtering, bløgging og sløyning av fisken ble utført identisk.

I 2010 forsøket var temperaturen i RSW vannet ombord på snurrevadbåten + 0,5 °C. Etter det vi vet er dette en RSW-temperatur som ofte brukes til kjøling av torsk og annen hvitfisk på snurrevadfartøy. Det er grunn til å anta at RSW-temperaturen gjerne bør være lavere slik

at fisken raskt blir kjølt til ≤ 0 °C (Nordtvedt mfl. 2009, Akse mfl. 2010). I forsøket i 2011 er det derfor benyttet to ulike vanntemperaturer i RSW- og CSW-forsøkene, i området fra $\pm 1,5$ °C til $+1,5$ °C.

Forsøket i 2011 er utført hos Nofima i Tromsø. Råstoffet er snurrevadfanger torsk som ble tatt inn levende til Havbruksstasjonen i Tromsø og satt i merd der. Etter restitusjon ble fisk slaktet ut på en kontrollert måte og overført til de aktuelle kjølemetodene (RSW, CSW og is). Etter 1, 2 og 3 døgns kjølelagring av råstoffet er det tatt ut prøver som er filetert og kontrollert med hensyn til kvalitet og vekt under lagring. Skinnfrie fileter er ved hvert fileteringstidspunkt iset og lagret videre for kontroll av kvalitetsutvikling og holdbarhet.

2 Material og metode

2.1 Gjennomføring av forsøket

Kjøleforsøkene og analysene ble gjennomført i august/september 2011. Som råstoff ble det brukt torsk, fisket levende med snurrevad utenfor Øst-Finnmark i mai 2011 og satt i merd på sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø i juni. Fisken ble foret med lodde og var ved forsøksstart medio august begynt å spise normalt. I de første ukene etter innsett i merd hadde imidlertid fisken som ble brukt i forsøkene vært gjennom en periode uten forinntak, noe som gjorde at muskelkvaliteten ved uttakstidspunktet ennå ikke var typisk for åtesprengt loddetorsk.

For å gjøre forsøket realistisk i forhold til praksis i næringen ble RSW- og CSW-kjøling kjørt med en "lav" og en "høy" vanntemperatur. Også ising i kasser ble kjørt to ganger, men her ble kjøletemperaturen som ventet identisk (0 °C) begge ganger. I databehandlingen er resultatene fra lav og høy temperatur i noen tilfeller slått sammen til et samlet gjennomsnitt som representerer fisk kjølt innenfor det totale temperaturområdet i forsøket.

Torsken ble slaktet på Sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø. Der ble den bløgget, utblødd i vann, sløyd, hodekappet og iset i kasser, som umiddelbart ble transportert til Nofimas forsøkshall. Her ble fisken straks fordelt tilfeldig på de aktuelle kjøle metodene, mindre enn 2 timer etter avliving. Ved ankomst Nofima ble det tatt ut en 0-prøve. Resten av fiskene ble veid enkeltvis og individmerket før overføring til kjøle metodene.

"Sjøvann" med riktig saltholdighet til RSW og CSW ble laget ved å løse uvasket sjøsalt i rent vann, til saltholdighet 3,5 %. Saltholdigheten ble kontrollert nøyaktig med refractometer. Temperaturen ble logget kontinuerlig i alle tre kjøle metodene, med følere plassert i fisken og i det kjølte vannet eller i isen.

Lagringstiden for hel fisk i de tre kjøle metodene var 3 dager, med prøveuttak hver dag. I tillegg ble noen få fisker på dag 3 tatt ut fra CSW og RSW og iset videre i kasser i ytterligere 3 døgn (CSW/RSW i 3 døgn + 3 døgn tørr ising). Før kjøling og ved hvert prøveuttak under kjøling blir følgende utført og registrert:

- Vekt på hver enkelt fisk, som grunnlag for å beregne vannopptak. Etter veiing ble fiskene filetert.
- Venstre filet ble brukt til registrering av Filetindeks (sensorisk kvalitetsvurdering), instrumentell fargemåling (Minolta) og analyse av vann og salt i muskelen.
- Høyre filet ble ved hvert uttakstidspunkt veid, individmerket, svøpt i plast og iset i esker frem til 10 døgn etter slakting, da alle filetene ble tatt ut til kontroll av drypptap, kvalitet (lukt, spalting, farge, konsistens), mikrobiologi (total kim, Schewanella) og totalt flyktig nitrogen (TVN).

Tabell 1 Forsøksoppsettet i hovedtrekk.

	Dag 0	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 10
0-prøve (n=6)	RSW - lav (n= 20)	Uttak (n=11 høy+lav) Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (høy+lav n=11) Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (n=11 høy+lav) Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Kontroll av filetkvalitet og dryppløp. Mikrobiologi og TVN
	RSW - høy (n=20)				
	CSW - lav (n=20)	Uttak (n=11 høy+lav) Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (n=11 høy+lav): Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (n=11 høy+lav) Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	
	CSW - høy (n=20)				
	Is 1 (n=20)	Uttak (n=11): Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (n=11 høy+lav): Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	Uttak (n=11): Kontrollert, filetert og iset frem til dag 10	
	Is 2 (n=20)				

RSW: Sjøvann som i forsøket med lav temperatur ble kjølt til ca ± 1 °C og i forsøket med høy temperatur til ca 0 °C. Kjølningen til den laveste temperaturen ble utført i en kjøletank der temperaturen kunne senkes under 0 °C. Vannet i tanken ble sirkulert ved hjelp av en liten pumpe. I forsøket med høy temperatur (ca 0 °C) ble sjøvannet kjølt ned til riktig temperatur før det ble overført til et kar (500 liter), som ble satt på kjølerom med lufttemperatur 0 °C.

CSW: "Sjøvann" og ferskvanns is ble blandet i et kar (500 l). Lav og høy temperatur i CSW-blandingen ble oppnådd ved å justere tilført mengde is. Under lagring fløt noe av isen opp slik at temperaturen ble lavest i øvre del av karet. I det kaldeste forsøket var temperaturen så lav at fisk som fløt oppe i isen ble delvis frosset ($< \pm 1$ °C).

Ising i kasser: Sløyd, hodekappet fisk ble iset på ordinær måte, med ferskvanns is i plast fiskekasser som ble oppbevart på kjølerom.

2.2 Råstoff

Snittvekt torsk sløyd uten hode (n=120): 1302 g, ± 364 g. Fisken ble avlivet, bløgget, utblødd i vann, sløyd, vasket og iset i kasser på Sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø, identisk for alle kjøle metodene. Deretter ble råstoffet transportert til Nofima og overført til kjøle metodene <2 timer etter avliving, mens fisken ennå var pre-rigor.

2.3 Analysemetoder

2.3.1 Temperatur

Temperatur i fisk og kjølemedium ble logget hver time, kontinuerlig gjennom kjølingen av hel fisk i tre døgn i de aktuelle kjølemediene. Loggingen ble i hver av kjøle metodene utført med en fire kanals Testo 176T4 logger, to følere i hver sin i fisk og to følere i kjølemediet.

2.3.2 Filetindeks

I hvert prøveuttak ble filetkvaliteten vurdert sensorisk av tre dommere, i forhold til kvalitetsparameterne som inngår i Filetindeks skjemaet, som er vist på neste side.

Parameter	Skala og beskrivelse	Score
Lukt	0: Frisk lukt av sjø, blodfersk 1: Nøytral 2: Fiskelukt 3: Ammoniakk, sur	
Spalting	0: Ingen spalting 1: Begynnende spalting 2: Noe spalting, løs filet 3: Mye spalting, usammenhengende	
Farge	0: Fileten har en ensartet fersk, hvit farge 1: Fileten har en melkehvit farge 2: Fileten har grå / gul / rødlig farge	
Konsistens	0: Naturlig konsistens 1: Fileten er litt bløt 2: Fileten er bløt 3: Fileten er meget bløt	
Overflate	0: Fast overflate 1: Noe oppløst overflate 2: Løs/oppløst overflate	
Filetindeks-score (sum enkeltscore, maksimalt 13)		

Metoden beregner en samlet indeks score som et uttrykk for filetenes "sensoriske" kvalitet. Metoden gir imidlertid også anledning til å vurdere score for viktige parametere som lukt, farge, spalting og konsistens hver for seg. Antall fileter vurdert ved hvert prøveuttak var 11, samlet for både lav og høy lagringstemperatur.

2.3.3 Fargemåling

Fargen på fileter ble målt med Minolta CR300, som måler lyshet (L; svart=0, hvitt=100), rødt/grønt (a; >0 indikerer rødhet, <0 indikerer grønnhet) og gult/blått (b; >0 indikerer gulhet, <0 indikerer blåhet). I tillegg ble verdier for hvithet beregnet etter formelen $W=L^*-3b^*$. Denne formelen, som er utledet for bruk på torsk, gir verdier for hvithet mer i samsvar med sensorisk vurdering. Farge ble målt i tre punkter på hver filet, spredt langs loins området fra nakken til bak bukhulen.

2.3.4 Vekt

Før veiing ble hel fisk tatt ut av CSW og RSW og lagt til avrenning ca ½ minutt. Veiingen av hel fisk og fileter ble utført på en laboratorievekt med nøyaktighet ± 2 gram.

2.3.5 Vann

Vanninnhold i muskel ble målt under lagring av hel fisk i tre døgn og etter lagring av filetene. Venstre filet ble kuttet på tvers i tre deler. Delen i midten, som omfattet bakre del av loins og fremre del av spordstykket, ble homogenisert og det ble veid ut prøver for vannanalyse. Vanninnholdet ble beregnet som vekttap etter tørking ved 105 °C over natten.

2.3.6 Salt

Resten av filetene, som ikke ble brukt til vannanalyse, ble brukt til analyse av saltinnhold. Det ble laget samleprøver av 5 fisker fra hver av kjølemetodene. Saltinnhold i samleprøvene ble målt ved titrering. Saltinnhold ble kun målt etter 3 døgn lagring i RSW, CSW og is.

2.3.7 Mikrobiologi

Totalkim (TVC) og *Schewanella Putrefaciens* ble analysert 10 døgn etter slakting av fisken, på fileter av fisk som først hadde vært lagret hel 3 døgn i de aktuelle kjølemetodene (is, CSW og RSW) og deretter i 7 døgn som skinnnet filet kjølt i is. Analysen ble utført individuelt på 6 fileter fra hver av kjølemetodene. Prøvene ble tatt ut ved hjelp av sterilteknikk. Passende fortyndinger ble valgt for beregning av totalkim og antall *S.putrefaciens*. To paralleller ble plattet ut på skåler med jernagar og cystein. Skålene ble inkubert ved 12 °C, og avlest etter 5 dager. Totalt antall kolonier på skålene ble telt, og det ble beregnet gjennomsnitt av de to parallelle skålene.

2.3.8 TVN

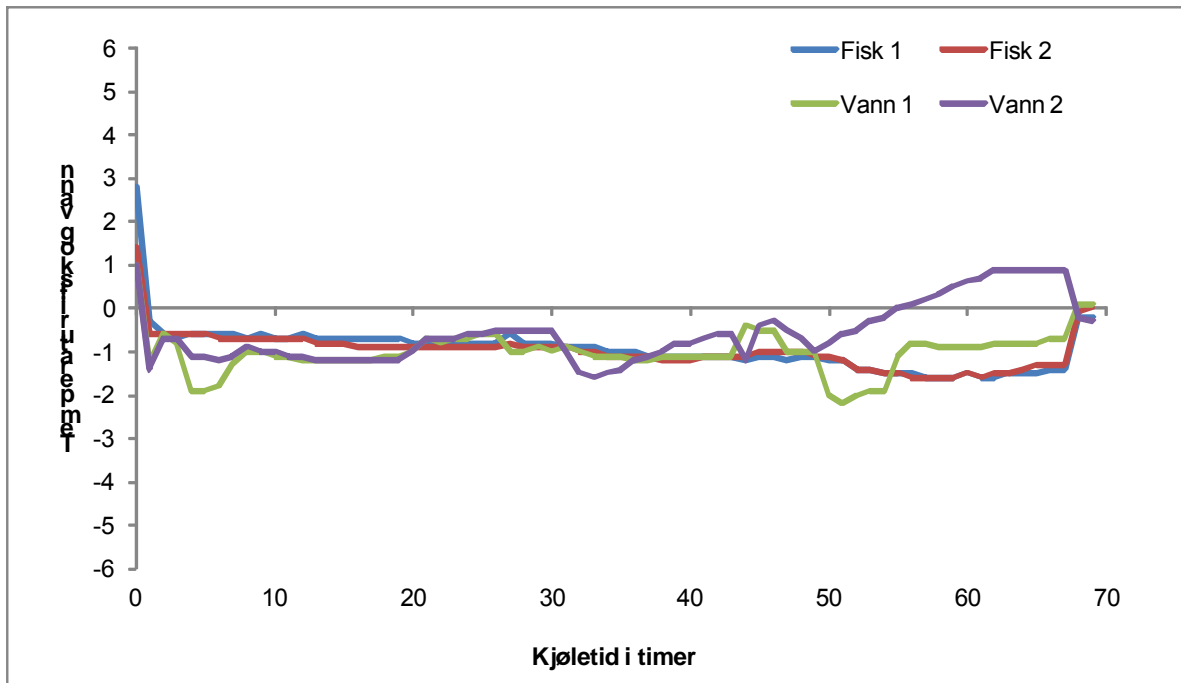
Total flyktig nitrogen (TVN) ble målt på dag 10 etter slakting, i muskel av fisk som først lå 3 døgn i de aktuelle kjølemetodene (RSW, CSW, is) og deretter 7 døgn som iskjølt filet uten skinn. TVN målingene ble utført individuelt i muskelprøver fra 11 fisker i hver kjølemetode. Total flyktig nitrogen ble bestemt ved hjelp av Kjeltech, som (mgN/100g prøve).

2.4 Statistikk

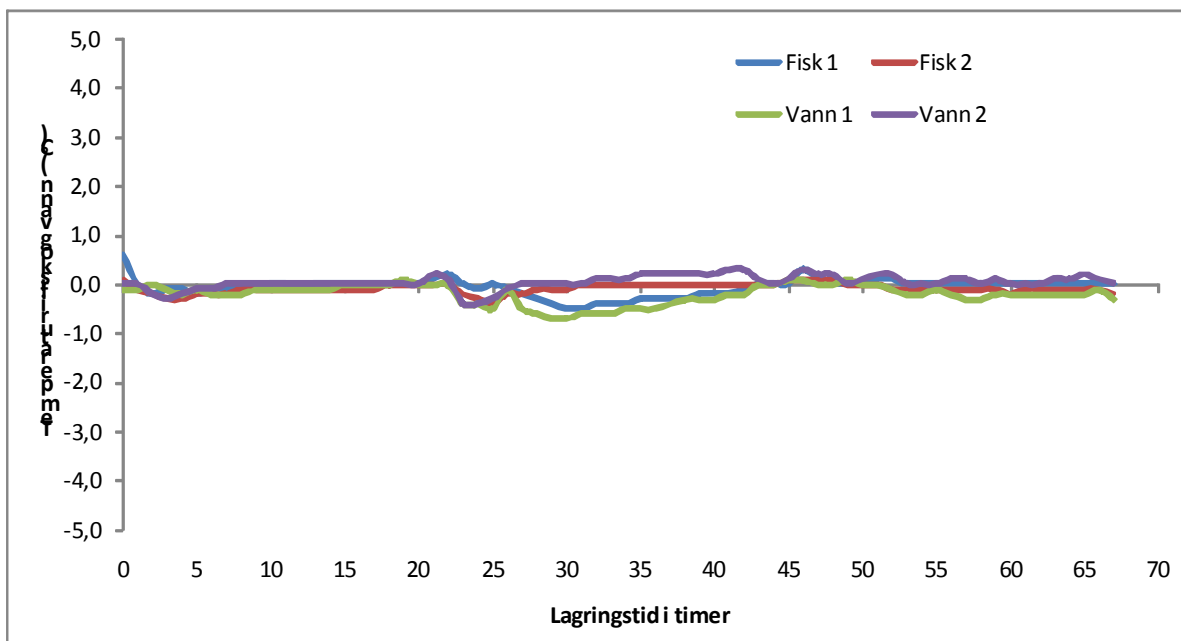
Evaluering av resultatene fra de ulike kjølemetodene ble gjort ved bruk av Students T-test. Signifikansnivå $P < 0,05$.

3 Resultater og diskusjon

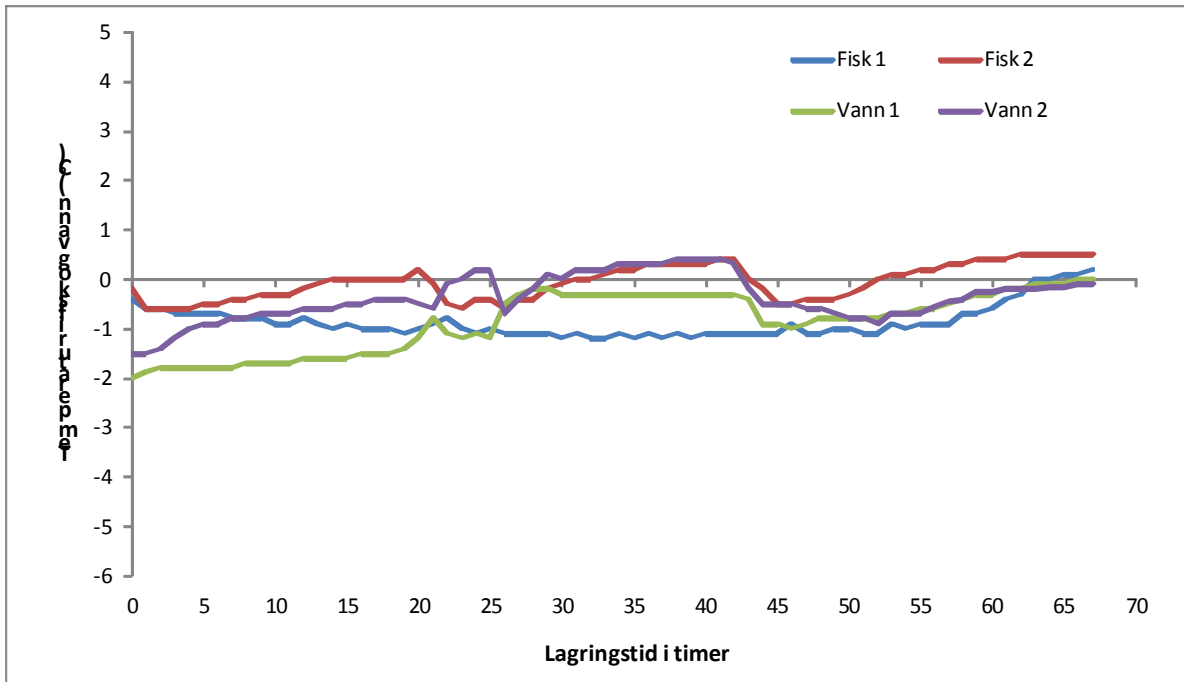
3.1 Temperaturer under lagring



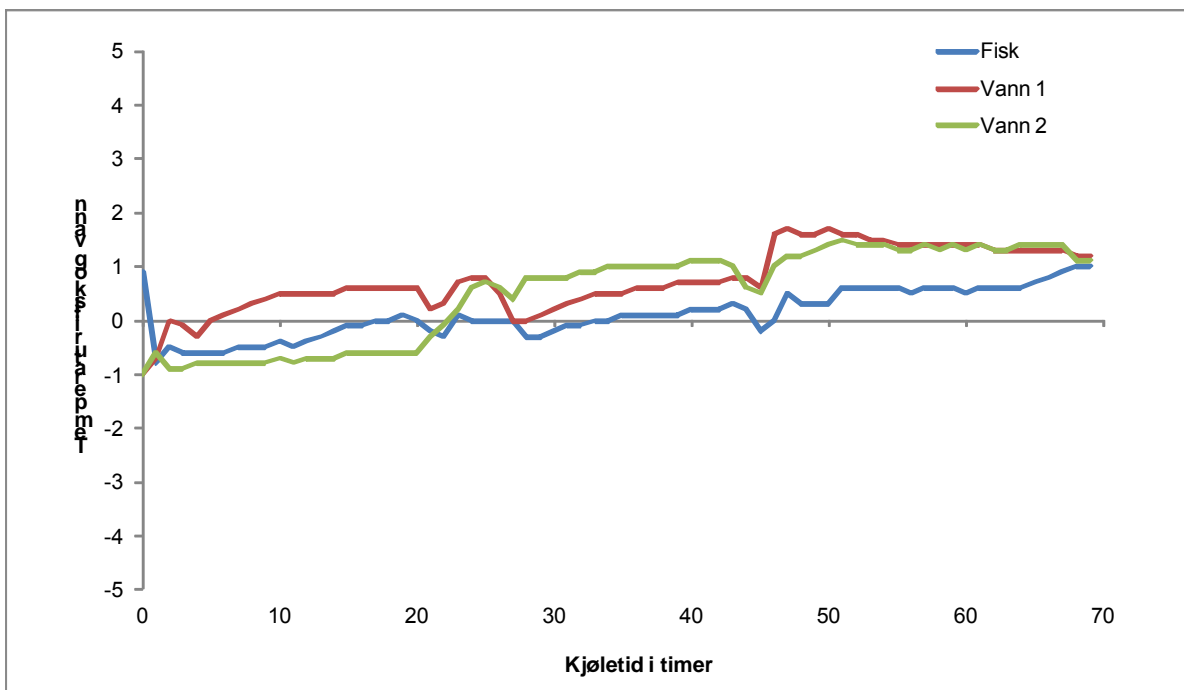
Figur 1 Temperaturlogg fra RSW forsøket med lav vanntemperatur.



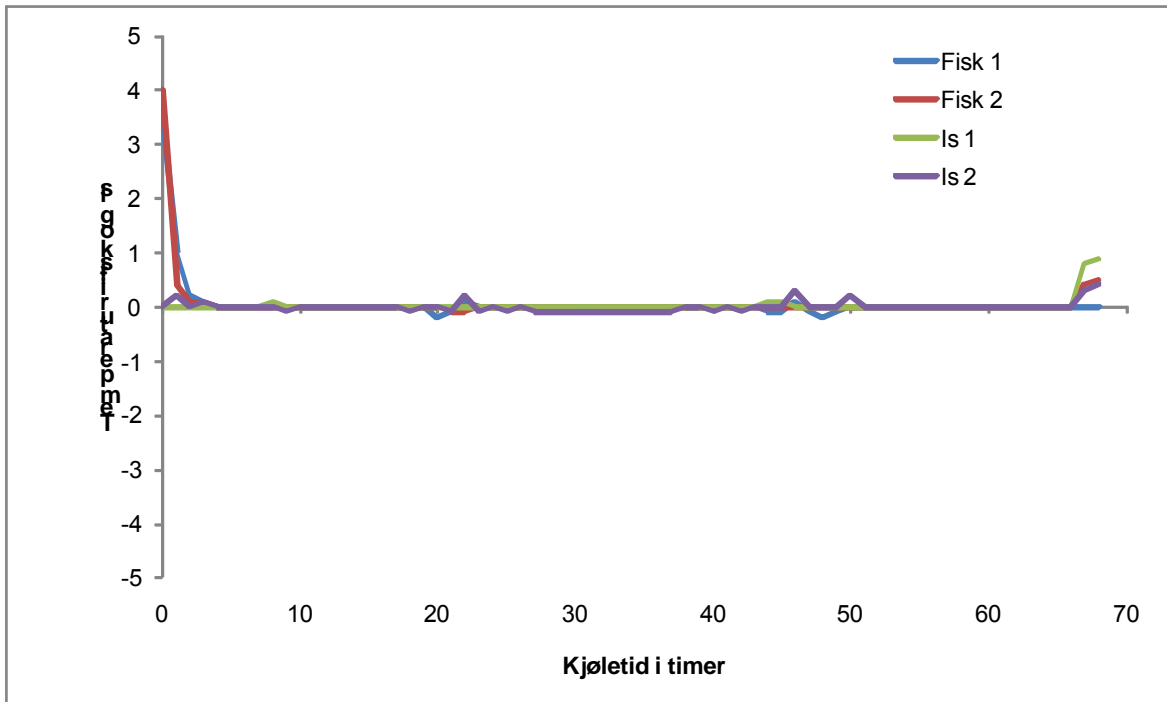
Figur 2 Temperaturlogg fra RSW forsøket med høy vanntemperatur.



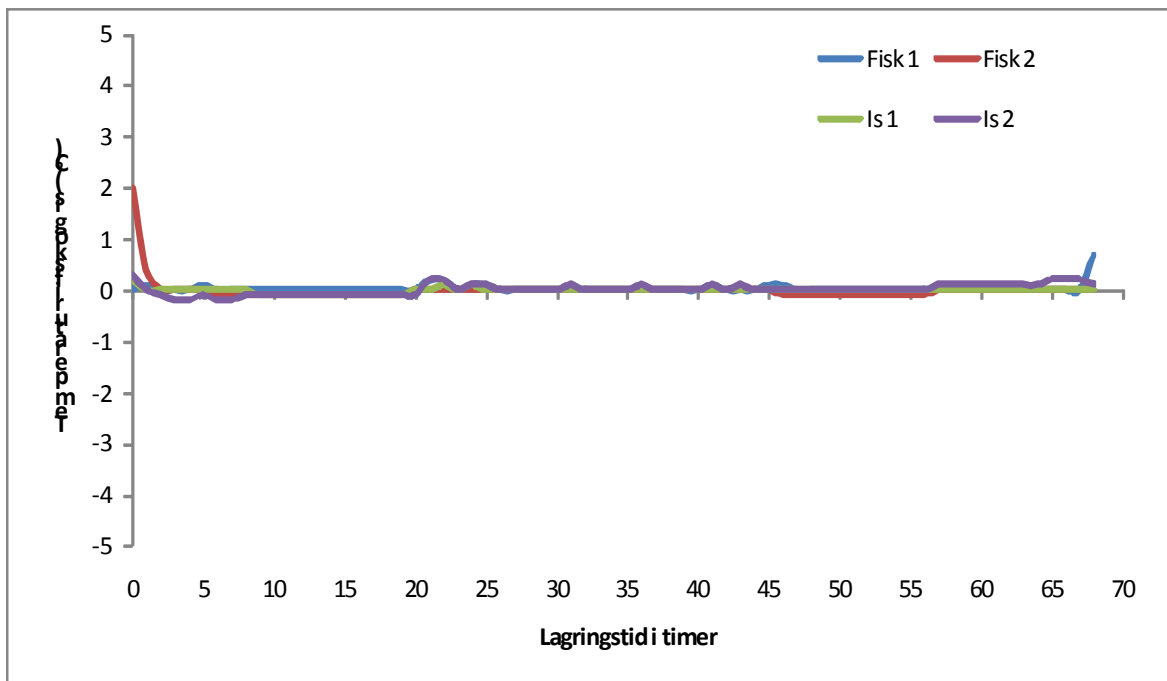
Figur 3 Temperaturlogg fra CSW forsøket med lav vanntemperatur.



Figur 4 Temperaturlogg fra CSW forsøket med høy vanntemperatur.



Figur 5 Temperaturlogg fra lagring iset i kasser i det første kjøleforsøket.



Figur 6 Temperaturlogg fra lagring iset i kasser i det andre kjøleforsøket.

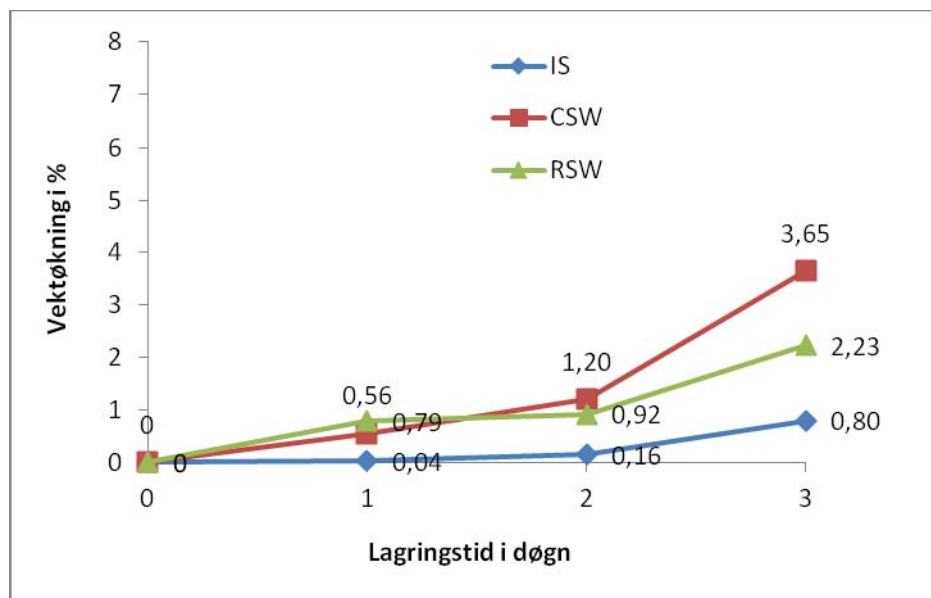
I Fiskeridirektoratets tidligere "Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer" (2001) het det m.a. om kjøling av fisk i vann: Kjøles fisken i vann skal den oppbevares i rent, kjølt vann. Vannmengden skal, uansett kjølemåte, være minst 20 % av tankens volum. Om iskjølt vann (CSW) benyttes, skal ismengden være minst 20 % av volumet. RSW- eller CSW-vannet skal være avkjølt til ca 0 °C før innlasting. Blandingen av fisk og vann skal være nedkjølt til under 3 °C innen 6 timer etter oppfylling av fisk og til 0 °C innen 16 timer.

Figur 1 og 2 viser at både lav og høy temperatur i RSW-forsøket holder seg innenfor de tidligere forskriftskravene til kjølehastighet og temperatur i fisken under kjøling i vann. I forsøket med lav temperatur ble RSW-vannet litt for kaldt, slik at temperaturen i fisken på slutten av forsøket droppet til under +1 °C (figur 1). Dette førte til noe superkjøling med isdannelse i fiskemuskel. I forsøket med "høy" RSW temperatur var temperaturene både i sjøvannet og i fisken stabile, rundt 0 °C gjennom hele lagringstiden på 3 døgn (figur 2).

Figur 3 og 4 viser at også begge temperaturene i CSW-forsøket gav kjølehastighet og temperaturnivå som ligger innenfor de tidligere forskriftskravene. Også her ble den laveste vanntemperaturen for kald, særlig i øverste del av karet der isen fløt opp (figur 3). Fisk som lå oppe i isen ble så kald at den frøs (ref fisk 1 i figur 3). I CSW-forsøket med høy temperatur varierte både vanntemperaturen og temperaturen i fisken fra under 0 °C i første del til over +1 °C i siste del av lagringstiden (figur 4). Dette er et temperaturområde som samsvarer med det man kan finne i CSW-konteinere ombord på fiskefartøy. I siste del av kjøletiden var det meste av isen smeltet og temperaturen steg over +1 °C i vannet, men ikke i fisken.

Figur 5 og 6 viser at ising av fisken i kasser gav både hurtig temperatursenking og stabil temperatur på 0 °C i fisken gjennom hele lagringstiden på 3 døgn.

3.2 Vektutvikling, vann- og saltopptak under lagring som hel fisk



Figur 7 Vektutvikling (%) på grunn av opptak av vann og salt under kjølelagring av torsk 3 døgn i RSW, CSW eller iset tørr i kasser. Figuren viser samlet gjennomsnitt av lav og høy temperatur, n = 11.

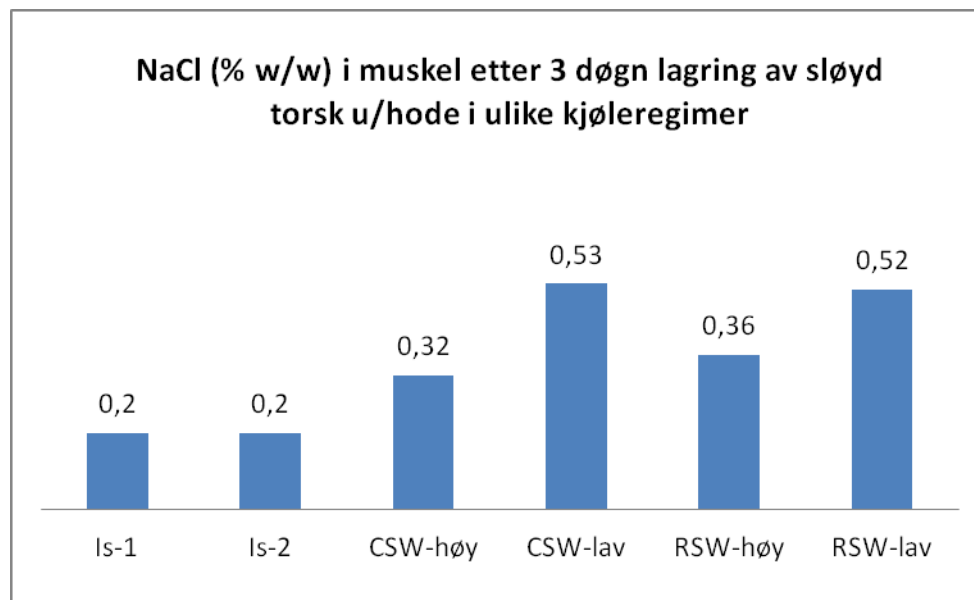
Tabell 2 Vanninnhold målt i muskelen under kjølelagring av hel fisk i 3 døgn. CSW-L: lav temperatur (n=5), CSW-H: Høy temperatur (n=6), RSW-L: Lav temperatur (n=6), RSW-H: Høy temperatur (n=5).

	0 t	24 t	48 t	72 t
Is - 1	83,2 ±1,11	83,2±1,11	83,6±0,33	83,6±0,28
Is - 2	82,1 ±0,89	82,1±0,89	82,5±0,87	82,2±1,02
CSW-L	82,1 ±0,89	81,9±0,93	82,5±0,98	82,3±1,60
CSW-H	83,2 ±1,11	83,0±0,34	83,5±1,56	83,1±0,51
RSW-L	83,2 ±1,11	82,8±0,82	83,0±0,64	82,3±0,52
RSW-H	82,1 ±0,89	81,6±0,84	82,6±0,61	82,7±0,66

Figur 7 viser at torsk som ble kjølt inn til 3 døgn i CSW og RSW tok opp vann og salt, som resulterte i økt vekt. Det var ikke signifikant forskjell i vektøkning mellom RSW og CSW etter 1 og 2 døgn, men etter 3 døgn hadde fisk lagret i CSW økt signifikant ($p < 0,05$) mer i vekt enn fisk lagret i RSW. Også fisk iset i kasser økte litt i vekt mot slutten av lagringen, men signifikant mindre ($p < 0,05$) enn fisk kjølt i vann (RSW, CSW).

Vektøkningen og dermed vannopptaket i vårt forsøk var noe lavere enn det som tidligere er vist av Joensen & Sørensen (1998), som fant at små torsk hadde økt i vekt med 5,9 og 7,1 % etter lagring to døgn i henholdsvis is-slurry og CSW.

Tabell 2 viser at vanninnholdet i muskelen var relativt høyt før lagringen begynte (0-prøven). Selv om fisken tok opp vann som gav vektøkning fremkommer ikke dette som signifikante forskjeller i relativ andel vann (% w/w) i prøvene, verken mellom kjølemetodene eller utover under lagringstiden. Dette er noe overraskende i og med at vektøkningen var såpass stor som 2,2 % til 3,7 % etter 3 døgn. En forklaring kan være at vannopptaket skjer i overflaten og i tynne deler av muskelen. Prøven til vannanalyse ble tatt fra tykkmuskel i bakerste del av loin og fremre del av spordstykket. Det er neppe sannsynlig at vannopptaket hadde trengt inn til senter av tykkmuskelen. En annen forklaring er at selv om fisken lå til avrenning før veiing, var fortsatt noe av vannet som gav vektøkning løst vann på overflaten eller under hinner i bukhulen.



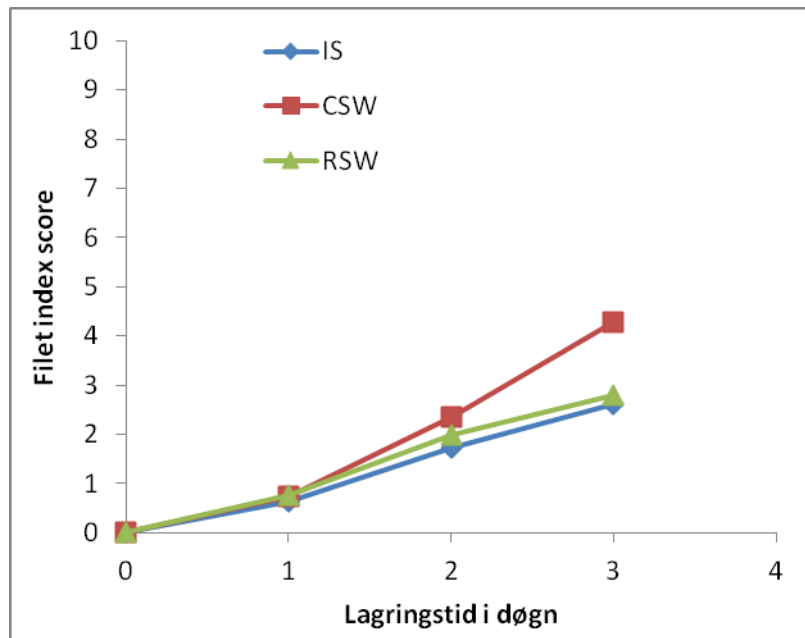
Figur 8 Saltinnhold i samleprøver av fileter fra fem fisker, etter 3 døgn lagring av hel torsk sløyd uten hode i CSW, RSW eller iset i kasser. Temperaturen i is-1 og is-2 var identisk (0 °C). Lav temperatur i CSW og RSW var \approx 1 °C. Høy temperatur i CSW og RSW var 0 til 1,5 °C.

Figur 8 viser at torsk som ble lagret i RSW og CSW tok opp salt i muskelen. Dette samsvarer med det som tidligere er vist av Joensen & Sørensen (1998) for kjøling av hel torsk og filet i sjøvann eller slurry. NaCl nivåene etter 3 døgn kjøling i vårt forsøk er imidlertid noe lavere enn det de fant i sine forsøk, som var 0,91 – 0,93 % salt i hel fisk.

Figur 8 viser lavere opptak av salt i torsk lagret i CSW og RSW med høy temperatur (0 til +1,5 °C), enn i torsk lagret ved lav temperatur (\approx \pm 1 °C). I de lave temperaturene var fisken superkjølt (delvis fryst) under deler av lagringstiden. Det er ikke noen åpenbar forklaring på

hvordan dette eventuelt kan ha ført til mer opptak av salt i muskelen, sammenlignet med like lang kjøling i CSW og RSW med noe høyere temperatur, men med samme saltholdighet i vannet.

3.3 Råstoffkvalitet etter lagring som hel fisk



Figur 9 Filetindeks score under kjølelagring av hel fisk i 3 døgn, iset i kasser, kjølt i CSW eller kjølt i RSW. Figuren viser gjennomsnitt filetindeks av høy og lav temperatur samlet (n=11). Lave indeksverdier indikerer god kvalitet, høye dårlig kvalitet. Maksimal oppnåelig indeksverdi = 13.

Tabell 3 Filetindeks under lagring av hel fisk i 3 døgn ved lav eller høy vanntemperatur i RSW og CSW. Kolonnen 3+3 døgn viser filetindeks etter lagring av hel fisk først 3 døgn i de aktuelle kjølemetodene og deretter 3 døgn iset i kasser.

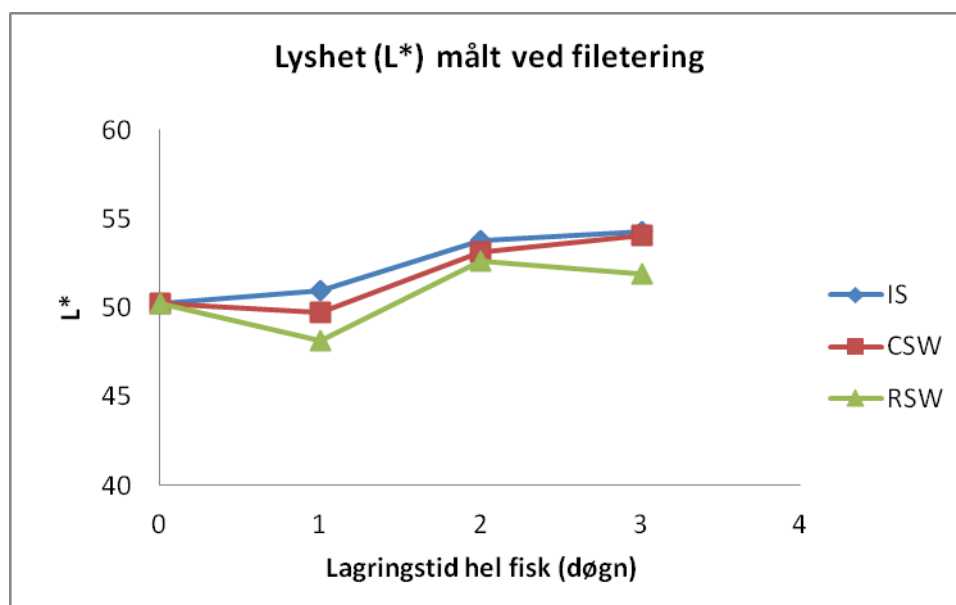
	1 d	2 d	3 d	3 + 3 d
Is 1 (n=6)	1,17 ± 0,8	2,25 ± 0,9	2,42 ± 0,5	4,10 ± 1,1
Is 2 (n=5)	0,00 ± 0,0	1,10 ± 1,5	2,83 ± 0,4	n.d.
CSW – lav (n=5)	0,20 ± 0,4	3,00 ± 1,9	5,30 ± 1,9	n.d.
CSW – høy (n=6)	1,17 ± 0,4	1,83 ± 1,0	3,50 ± 2,2	4,30 ± 0,8
RSW – lav (n=6)	1,33 ± 0,5	1,83 ± 0,8	2,42 ± 0,8	4,00 ± 0,7
RSW – høy (n=5)	0,10 ± 0,2	2,20 ± 1,0	3,23 ± 1,2	n.d.

Figur 9 viser filetindeksen vurdert rett etter filetering, under lagring av hel fisk i 1, 2 og 3 døgn. Høy filetindeks indikerer dårlig kvalitet. Figur 9 og tabell 3 viser at uansett kjølemetode så øker filetindeksen i løpet av tre døgn lagring, noe som indiker redusert råstoffkvalitet. Økningen er moderat i alle kjølemetodene (oppnåelig indeksverdi = 13), men størst i CSW.

Ikke ved noe tidspunkt var det signifikant forskjell i filetindeks mellom fisk som ble kjølt i RSW eller iset i kasser (figur 9). Etter 1 og 2 døgn lagring var det heller ikke signifikant forskjell når fisken ble kjølt i CSW. Etter 3 døgn lagring var indeksverdien for fisk lagret i CSW signifikant dårligere (høyere) enn for tilsvarende lang lagring i is ($p=0,009$) og i RSW ($p=0,02$).

De kvalitetskriteriene som slo dårligst ut for CSW-kjølt fisk, sammenlignet med tørr ising i kasser, var lukt, spalting og konsistens. Mer spalting og bløt konsistens indikerer tilsvarende forskjell mellom tørr ising og kjøling i vann som det man fant i forsøket i Båtsfjord 2010 (Akse mfl 2010). I det forsøket var filet av torsk som var kjølt i vann ombord på båten bløtere og mer spaltet enn filet av torsk som ble iset i kar.

Tabell 3 viser ingen entydig sammenheng mellom indeksscore og høy eller lav temperatur i RSW og CSW. Både ved lav og høy vanntemperatur kommer den CSW-kjølte fisken ut med dårligere score etter 3 døgn, enn fisk som var lagret i RSW eller iset i kasser.

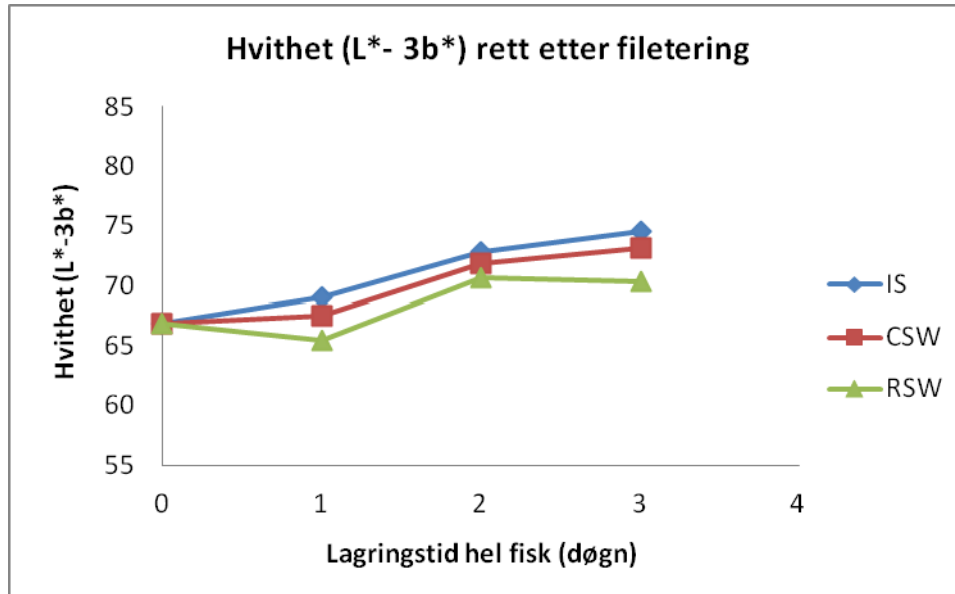


Figur 10 Lyshet (L^*) målt instrumentelt på filet under kjølelagring av hel fisk 0, 1, 2 og 3 døgn, henholdsvis iset i kasser, kjølt i CSW med to ulike temperaturer og RSW med to ulike temperaturer ($N = 11$). Målingene er utført ved filetering umiddelbart etter opptak av fisken fra kjølemediet. (L^* ; svart=0, hvitt=100).

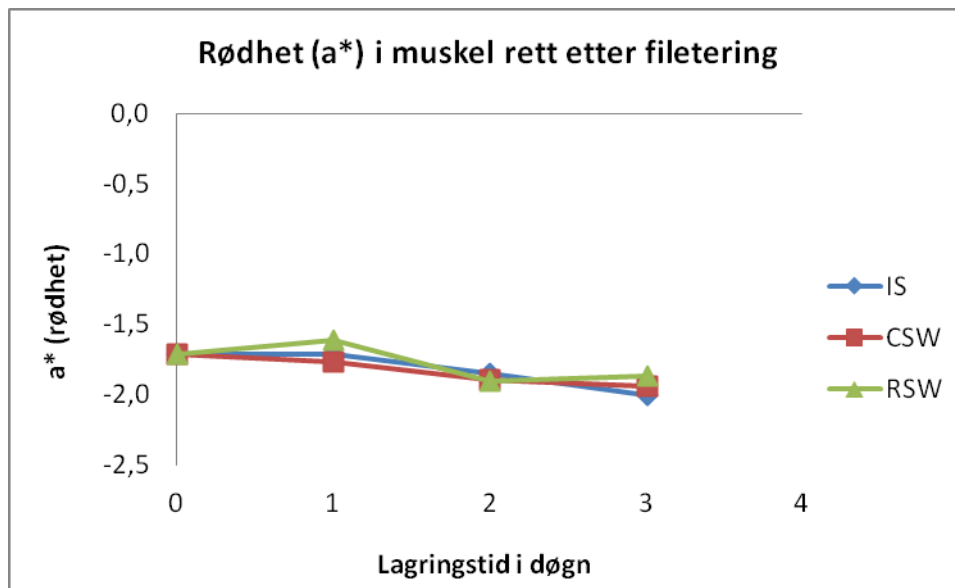
Fargemålingene viste forskjeller i målt L^* verdi og beregnet hvithet, under tre døgn lagring av hel fisk i is, CSW eller RSW. Gjennom hele lagringsperioden hadde fileter av råstoff lagret i RSW lavere målte L^* verdier (mørkere), enn fileter av råstoff som var iset i kasser (figur 10). Filetene av råstoff som ble kjølt i CSW plasserte seg mellom disse ytterpunktene. Figur 11 viser tilsvarende forskjeller også i beregnet hvithet på filetene.

Figur 12 viser at det ikke til noe tidspunkt under kjølingen av hel fisk i tre døgn var signifikant forskjell i rødhets (a^*) mellom fileter fra de tre kjølemetodene. Det ble ikke funnet tegn til

tilsvarende kraftig rødfarget filet som det man fant i storskala forsøket i Båtsfjord 2010 (Akse mfl 2010). Dette viser at rødfarging av filetene i 2010 ikke kom av RSW-kjøling, men derimot av dårlig blodtapping som følge av at fangstmengden var så stor at det tok altfor lang tid før fisken ble bløgget ombord på båten.



Figur 11 Hvithet (L^*-3b^*) beregnet for filet under kjølelagring av hel fisk 0, 1, 2 og 3 døgn, henholdsvis iset i kasser, kjølt i CSW med to ulike temperaturer og RSW med to ulike temperaturer ($N = 11$). Fargemålingen ble utført på filet umiddelbart etter opptak av fisken fra kjølemediet.



Figur 12 Rødhet (a^*) målt instrumentelt på filet under kjølelagring av hel fisk 0, 1, 2 og 3 døgn, henholdsvis iset i kasser, kjølt i CSW med to ulike temperaturer og RSW med to ulike temperaturer ($N = 11$). Målingene er utført på filet umiddelbart etter opptak av fisken fra kjølemediet. $a^* > 0$ indikerer rødhet, < 0 indikerer grønnhet.



Bilde 1 Kjøletanken som ble benyttet til RSW-kjøling.



Bilde 2 Eksempel på hel fisk kjølt i henholdsvis RSW (de to fiskene til venstre), CSW (de to fiskene i midten) eller iset i kasser (de to fiskene til høyre).

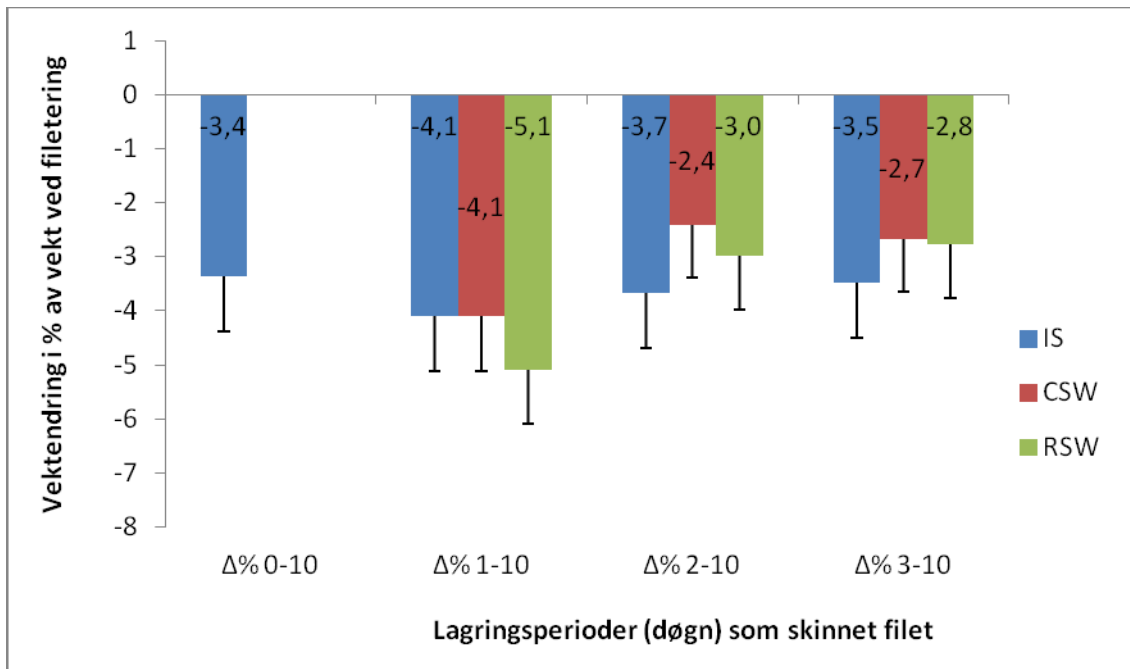


Bilde 3 Fileter rett etter filetering (før lagring som filet) av råstoff som hadde vært kjølt iset i kasser (øverst), CSW (midten) eller RSW (nederst).

3.4 Vekttap, kvalitet og holdbarhet i løpet av lagring som filet

Før lagring og en gang hvert døgn i løpet av 3 døgn kjøling av hel fisk i de ulike metodene, ble det skåret filet som ble veid, svøpt i plast og lagret videre, iset i isoporesker, frem til 10 døgn etter slakting av fisken. Da ble drypptap, sensorisk kvalitet, mikrobiologi og TVN-målt.

3.4.1 Drypptap under lagring av filet



Figur 13 Vektendring (drypptap %) under kjølelagring av filet uten skinn, etter filetering av fisk lagret 0, 1, 2 og 3 døgn i ulike kjølemedier. Δ0-10 ble skåret rett etter slakting og lagret som filet i 10 døgn. Δ1-10 ble skåret etter 1 døgn kjøling av råstoffet og lagret videre som filet i 9 døgn. Δ2-10 ble skåret etter 2 døgn kjøling av råstoffet og lagret videre som filet i 8 døgn. Δ3-10 ble skåret etter 3 døgn kjøling av råstoffet og lagret videre som filet i 7 døgn. N = 11 pr. gruppe.

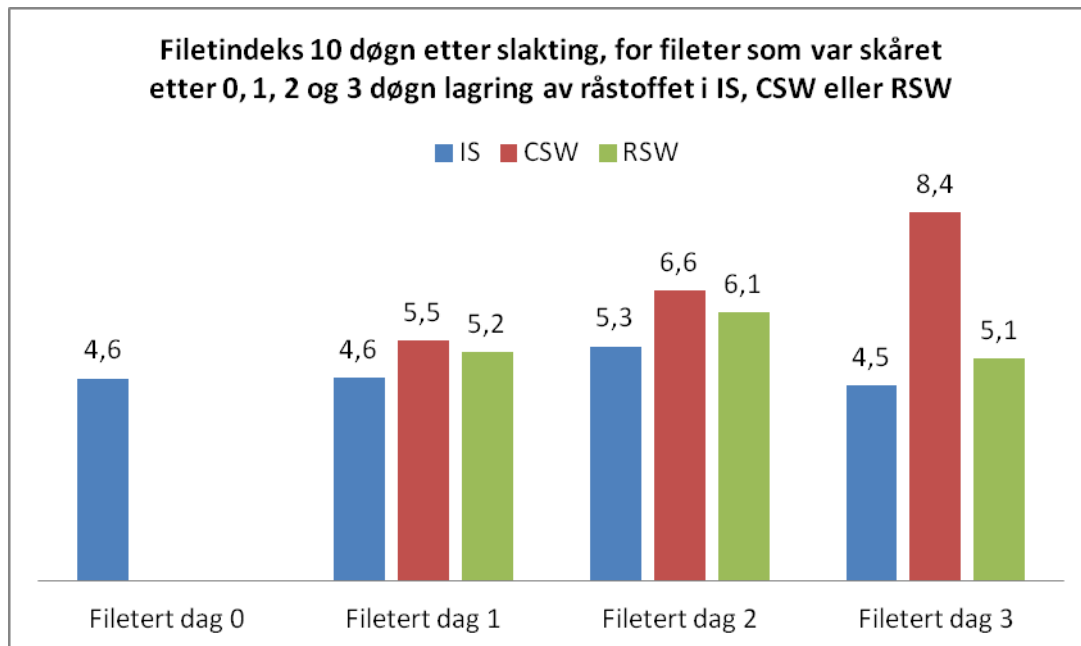
Tabell 4 Vanninnhold i filetene før og etter lagring (n=5).

Lagring av råstoff	0-prøve		Filetert dag 1		Filetert dag 2		Filetert dag 3	
	Ved filetering	Etter lagring	Ved filetering	Etter lagring	Ved filetering	Etter lagring	Ved filetering	Etter lagring
IS	82,3	82,0	82,1	81,6	82,5	82,0	82,2	81,7
RSW			81,6	81,0	82,6	81,9	82,7	82,6
CSW			81,9	81,4	82,5	82,0	82,3	81,8

Vektutviklingen vist i figur 13 viser at alle filetene taper vann under lagring som filet. Filetene av 0-prøven, som ble skåret pre-rigor, taper minst vekt selv om den hadde ligget lengst som

filet. Bortsett fra dette unntaket viser figur 13 at filetene med lengst lagringstid som filet har høyest drypptap (vekttap). Internt i hvert av fileteringstidspunktene var det ingen signifikant forskjell i drypptap, avhengig av om råstoffet hadde vært kjølt i CSW, RSW eller iset i kasser (figur 13). Individvariasjonen var stor. Tabell 4 viser vann i filetene før og etter lagring. Heller ikke her var det forskjell av betydning avhengig av hvordan råstoffet hadde vært lagret.

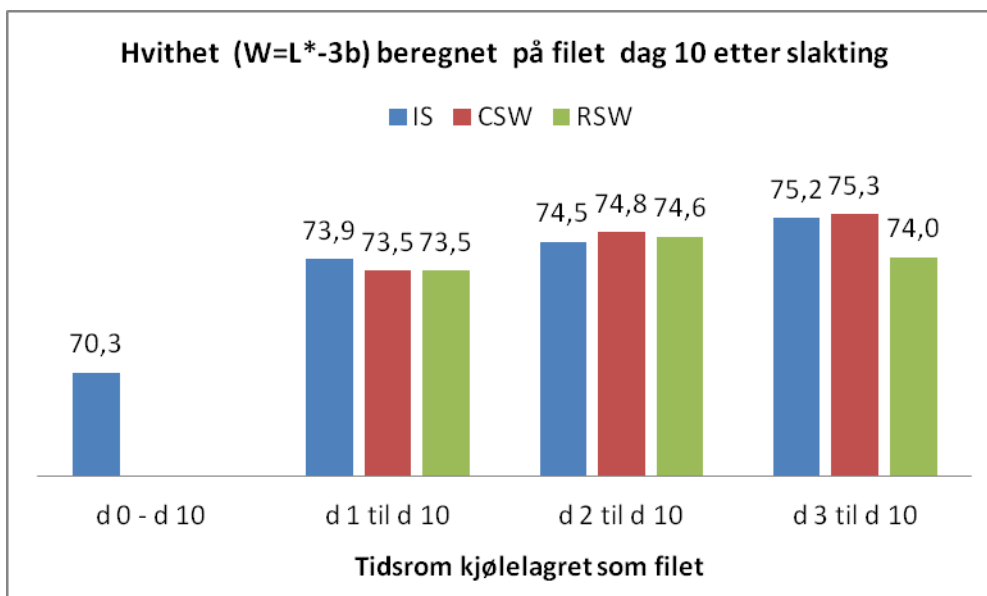
3.4.2 Filetindeks og fargemåling



Figur 14 Filetindeks score målt 10 døgn etter slakting. N=11: Filettert dag 0: Fileter skåret samme dag som fisken ble slaktet og deretter lagret som filet uten skinn i 10 døgn. Filettert dag 1: Filet skåret etter 1 døgn lagring av råstoffet i de ulike kjølemediene og deretter lagret som filet uten skinn i 9 døgn. Filettert dag 2: Filet skåret etter 2 døgn lagring av råstoffet i de ulike kjølemediene og deretter lagret som filet uten skinn i 8 døgn. Filettert dag 3: Filet skåret etter 3 døgn lagring av råstoffet i de ulike kjølemediene og deretter lagret som filet uten skinn i 7 døgn.

Figur 14 viser at uansett om råstoffet ble filetert etter 1, 2 eller 3 døgn lagring i ulike kjølemedier så kommer filetene av råstoff som ble kjølt i vann (RSW, CSW) ut med dårligere indeksscore for kvalitet, enn fileter av råstoff som var kjølt like lenge iset i kasser. Særlig kommer filetene av råstoff som hadde vært lagret 3 døgn i CSW før filetering dårlig ut.

De kvalitetsfaktorene som gir størst negativt utslag for fileter av råstoff som hadde vært kjølt i vann, er spalting, konsistens og lukt. Også ved vurdering rett etter filetering kom filetene av CSW kjølt råstoff dårlig ut kvalitetsmessig (figur 9). Etter lagring som filet frem til dag 10 etter slakting var denne kvalitetsforskjellen enda større mellom filet av råstoff kjølt i vann og filet av råstoff som var iset tørt i kasser (figur 14).



Figur 15 Hvithet beregnet basert på fargemåling av filet etter lagring frem til dag 10 etter slakting. Kategori d0-d10 er filet skåret pre-rigor av 0-prøven samme dag som fisken ble slaktet og deretter lagret som filet i 10 døgn (n=6). Kategori d1-d10 er filet skåret av råstoff kjølt i 1 døgn, og deretter lagret som filet i 9 døgn (n=11). Kategori d2-d2 er filet skåret av råstoff kjølt i 2 døgn, og deretter lagret som filet i 8 døgn (n=11). Kategori d3-d10 er filet skåret av råstoff kjølt i 3 døgn, og deretter lagret som filet i 7 døgn (n=11).

Figur 15 viser beregnet hvithet ($W=L^*-3b$) dag 10 etter slakting, på fileter som ble skåret av råstoff som hadde vært lagret ulikt lenge i kjølt vann (RSW, CSW) eller iset i kasser:

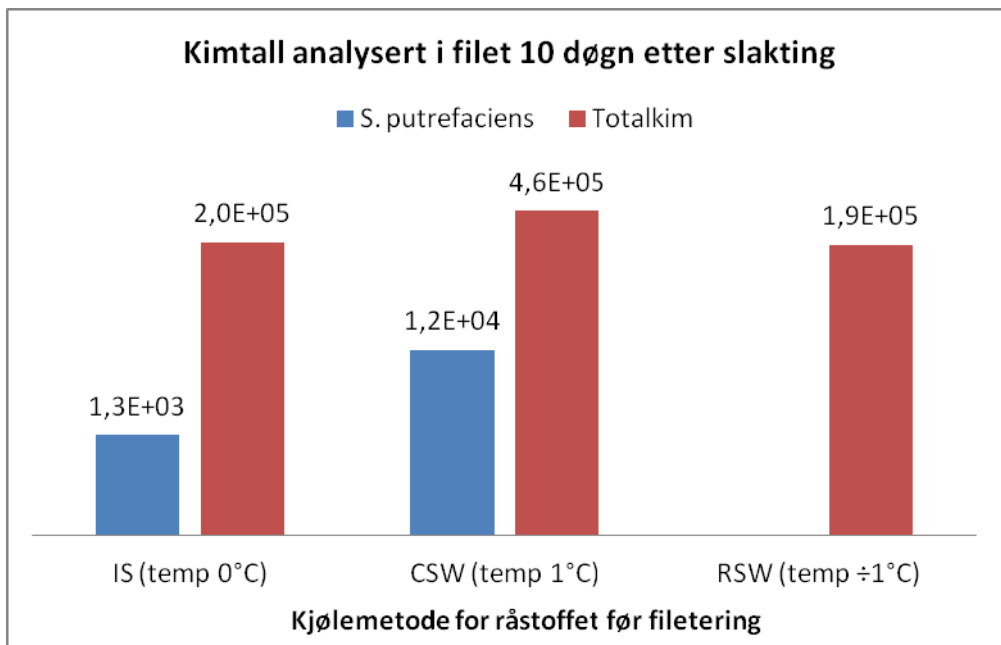
Filet som ble skåret pre-rigor (0-prøven) samme dag som fisken ble slaktet var signifikant mindre hvit ($p=0,002$) enn filet skåret post-rigor av råstoff som hadde vært kjølelagret i 1, 2 eller 3 døgn før filetering. Filet av råstoff som hadde vært lagret 3 døgn i RSW var signifikant mindre hvit ($p=0,02$) enn filet av råstoff som hadde vært lagret like lenge i CSW eller iset i kasser. Utenom dette var det ikke signifikante forskjeller i beregnet hvithet.

Fargemålingen av filet på dag 10 viste lave verdier for rødhets (a^*). Det var ikke signifikant forskjell i rødhets avhengig av hvordan råstoffet hadde vært lagret før filetering (data ikke vist). Dette er i samsvar med tilsvarende fargemåling på filet rett etter filetering, som heller ikke viste forskjell i rød farge på filetene (figur 12).

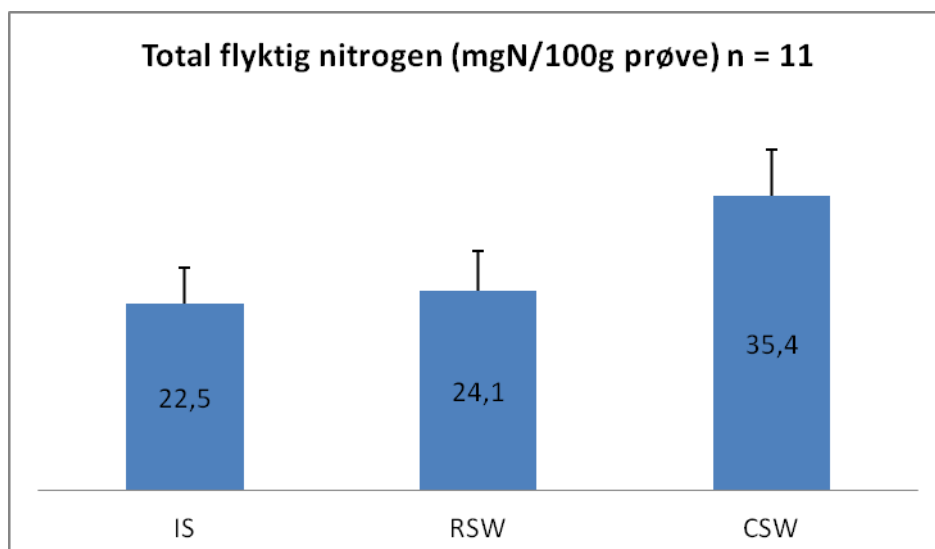
3.4.3 Mikrobiologi og TVN

Figur 16 viser totalt kimtall (TVC) og *S. Putrefaciens* analysert i fileter skåret av råstoff som hadde vært kjølelagret i 3 døgn i henholdsvis RSW, CSW eller iset i kasser. Etter filetering og skinning ble filetene svøpt i plast og lagret videre iset i isoporkasser, frem til 10 døgn etter slakting av fisken. Nivåene for totalt kimtall var som forventet i kjølt torskefilet 10 døgn etter at fisken ble avlivet. Det var heller ingen forskjell av betydning avhengig av om råstoffet hadde vært kjølt i vann eller iset tørt i kasser. Imidlertid viser figur 16 at det ble funnet detekterbart nivå av *Shewanella Putrefaciens* i filet av råstoff kjølt i is ved 0 °C, og enda

høyere nivå i filet av råstoff kjølt i CSW ved 1 °C. Det ble ikke detektert *S.putrefaciens* i filetene av råstoff som var kjølt i RSW lav temperatur, ved ca ±1 °C.



Figur 16 Totalt kimtall og *Schewanella Putrefaciens* analysert i filet 10 døgn etter slakting. Filetene var skåret av råstoff som hadde vært lagret 3 døgn henholdsvis iset i kasser (temp 0 °C), kjølt i CSW (temp 1 °C) eller kjølt i RSW (temp ±1 °C). Etter filetering ble filetene fra de tre kjølemetodene lagret kjølt i 7 døgn, svøpt i plass og iset i styropor esker. Analysene ble utført på enkeltfileter (n=6).



Figur 17 Total flyktig nitrogen (TVN) i filet skåret av torsk som hadde vært lagret 3 døgn i henholdsvis is, CSW og RSW. Filetene ble svøpt i plast og lagret 7 døgn iset i kasser, frem til analysen ble utført 10 døgn etter slakting av fisken (n = 11).

Ved analyse 10 døgn etter slakting ble det målt signifikant høyere TVN-verdier i fileter av torsken som hadde vært lagret 3 døgn i CSW før filetering ($p=0,001$), enn i fileter av torsk som hadde vært lagret 3 døgn i RSW eller iset i kasser. Det var en liten men ikke signifikant tendens til høyere TVN-verdi i fileter av råstoff som hadde vært lagret 3 døgn i RSW, sammenlignet med fileter av råstoff som hadde vært iset 3 døgn i kasser (figur 17).

TVN innholdet i filetene av råstoffet som hadde vært kjølt 3 døgn i CSW før filetering hadde 10 døgn etter slakting passert nivået som i Fiskeridirektoratets tidligere Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer (2001) ble satt som grenseverdi for anvendelse til humant konsum (35 mgN/100g prøve). Filetene av råstoff som hadde vært iset i kasser eller kjølt i RSW hadde fortsatt et stykke igjen før de nådde denne holdbarhetsgrensen. Dette samsvarer godt med den sensoriske kvalitetsvurderingen av filetene som er vist i figur 14.



Bilde 4 *Fileter dag 10 etter slakting av fisken. Til venstre fileter av råstoff som var lagret tre døgn iset i kasser. I midten fileter av råstoff som var lagret tre døgn i CSW. Til høyre fileter av råstoff som var lagret tre døgn i RSW. Etter filetering ble filetene iset og lagret i sju døgn som filet*

4 Konklusjon

I forsøket er torsk bløgget, utblødd i vann, sløyd og vasket på en identisk måte og deretter kjølt som hel fisk i 1, 2 og 3 døgn; i henholdsvis RSW, CSW eller iset i kasser. Målet var å undersøke om de tre kjølemetodene for råstoffet resulterte i ulik kvalitet på filetene.

Etter 1, 2 og 3 døgn kjøling av råstoffet ble filetkvaliteten vurdert sensorisk, fargen ble målt og opptak av vann og salt ble analysert. Ut fra disse målingene kan det trekkes følgende konklusjoner om råstoffkvaliteten rett etter uttak:

- Råstoff som ble kjølt i RSW og CSW tok opp vann og salt og økte mer i vekt under tre døgn lagring, enn råstoff som var iset i kasser.
- Etter lagring som hel fisk i 3 døgn hadde fileter av råstoffet som var kjølt i CSW dårligere sensorisk kvalitet enn fileter av råstoff som var iset i kasser eller kjølt i RSW. Filetene av torsken som var iset tørr i kasser hadde best sensorisk kvalitet.
- Muskelfargen var litt mørkere i råstoffet som ble lagret i RSW, enn i råstoffet som var iset i kasser, eller kjølt i CSW.
- Muskelen på råstoff som var kjølt i sjøvann (RSW, CSW) var ikke mer rødfarget enn muskelen på råstoff som var iset i kasser. Dette viser at rød misfarging av muskelen hos torsk ikke kommer av kjølemetoden (RSW), men derimot av dårlig bløgging og utblødning.

Etter kjøling i 1,2 og 3 døgn som hel fisk ble torsken filetert og filetene ble kjølelagret videre frem til 10 døgn etter slaktning av fisken, da filetkvaliteten på nytt ble vurdert sensorisk, fargen ble målt og mikroflora og TVN ble analysert. Ut fra disse målingene kan det trekkes følgende konklusjoner om råstoffkvaliteten 10 døgn etter at fisken ble avlivet:

- Det var ikke signifikant forskjell i drypptap (vekttap) under lagring som filet, avhengig av om råstoffet var kjølt i RSW, CSW eller iset i kasser.
- Filetkvaliteten (lukt, spalting, konsistens) var dårligere på filet av råstoff som hadde vært kjølt i sjøvann (RSW og CSW) enn på filet av råstoff som hadde vært iset i kasser. Dette var særlig tydelig for fileter av råstoff som hadde vært kjølt 3 døgn i CSW.
- Det var høyere nivå av totalt flyktig nitrogen (TVN) i fileter av råstoff som hadde vært kjølt 3 døgn i CSW enn i fileter av råstoff som hadde vært kjølt 3 døgn i RSW eller iset i kasser. Lavest TVN nivå var det i fileter av iset råstoff.

Hovedkonklusjonen er at tørr ising av råstoffet i kasser gav bedre kvalitet på filetene enn tilsvarende lang kjøling av råstoffet i sjøvann (RSW og CSW). Særlig tydelig var dette når filetene ble kjølelagret etter skjæring, frem til 10 døgn etter at fisken ble slaktet. At tradisjonell tørr ising av torsk i kasser eller kar gir god filetkvalitet, bedre enn kjøling i vann, er også vist i tidligere forsøk (Akse mfl. 2010). Dette er et resultat som bør tas hensyn til i vurderinger av hvordan fisk bør kjøles om bord på fiskefartøy, for å sikre best mulig råstoffkvalitet.

5 Referanser

- Akse L. (2009) Fangstbehandling, kjøling og bearbeiding - en prosjektoversikt. Nofima rapport nr 18/2009.
- Akse L., Joensen S., Tobiassen T., Martinsen G., Midling K., Breiland, M.S.W. (2010) Torsk kjølt i RSW – råstoffkvalitet til filet og salting. Direktesløyd, RSW kjølt torsk og bløggga/sløyd torsk iset i kar. Nofima rapport nr 34/2010.
- ANON (2001) Kvalitetsforskrift for Fisk og Fiskevarer. Fiskeridirektoratet juni 2001.
- Digre, H., Aursand, I. G., Aasjord, H., Gjeving Holmen, I. (2010) Fangstbehandling i snurrevadflåten, sluttrapport. Sintef Fiskeri & havbruk AS, Rapport SFH80 A105002.
- Joensen S., Sørensen N.K. (1998) Bruk av issørpe, - forsøk ved Melbu Fiskeindustri. Oppdragsrapport Fiskeriforskning 1998.
- Nordtvedt T.S. (2009) Temperaturstyring av fangst fra trålere. Teknisk rapport TRA 6796, Sintef Energiforskning mars 2009.
- Sørensen N.K., Akse L., Helgason J.G. (1998) Kjølelagring av hel fisk. Vektendringer ved lagring av torsk i is og is-vann blandinger. Fiskeriforskning, rapport nr 21/1998.

