

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



1.0 Forord

Endeleg!

Etter sju år som student kan eg til slutt sei meg ferdig med studielivet. Prosessen fram til her eg står i dag har vore lang. Men trass ein litt humpete veg, så er målet nådd: Eg har skrevet og levert ei mastergradsoppgåve med norsk sjømat som tema. I tillegg har eg fått ei spanande og dagsaktuell utdanning.

Først og fremst vil eg takke min alltid like blide og positive rettleiar Odd-Ivar Lekang. Det å rettleie på e-post ned til Sørishavet er det kanskje ikkje alle som er like ivrige etter. Takk!

Even Manseth og Svein Olav Fjæra ved TINE FoU fortener også ei stor takk. Det same gjeld Cecilie Rask og Elin Fløttum ved TINE FoU, samt Arvid Husa ved Bremnes Seashore for god hjelp ved gjennomføring av forsøka.

Mest av alt vil eg takke Tuva Leyser Larsen, Elisabeth Nesvold og mi kjære litesyster Tone for dei fantastiske venninne dei er, og for å ha støtta meg gjennom det siste året. Tusen takk! Det same gjeld Knut og Tuva.

Oslo, Mai 2012

Stine Egeland

2.0 Samandrag

2.1 Samandrag

Formålet med denne oppgåva var å dokumentere kjølekjeda for tørrdistribusjon av fisk med utgangspunkt i kjølekjeda til SALMA, og vurdere om kjølekjeda var optimal. Det blei nytta to ulike kjølemedium, gelice og tørris, samt ein kombinasjon av dei to. Effekten av superkjøling skulle også undersøkjast. Kjølekjeda blei dokumentert ved bruk av temperatursensorar som følgde fiskekassane frå slakteri til butikk. Eit lengre lagringsforsøk blei også gjennomført for å undersøkje temperaturutvikling i kassane over tid, og dermed evna kjølemedia hadde til å kjøle fisken.

Kjølekjeda i butikk blei også undersøkt ved same type temperatursensorar. 15 butikkar i Osloområdet blei undersøkt, der temperatur i kjøledisk i sju av butikkane blei undersøkt over ein tidsperiode på ei veke. Rutinar rundt mottak og kjøling av fisk i butikk blei også undersøkt.

Resultata viste at gelice gav dårleg nedkjøling av fisken, og at temperaturkravet for kjøling av lett bedervelege matvarer i Forskrift for næringsmiddelhygiene ved bruk av gelice åleine var brote. Ved bruk av tørris eller kombinasjonen av gelice og tørris var kjølinga under dei gitte betingelsane innanfor forskriftskravet. Superkjøling av SALMA viste ikkje signifikante forskjellar i drypptap og kvalitetsindeks (QIM) ved samanlikning av kjølemedium. Unntaket var signifikant forskjell i drypptap mellom filettane kjølt med gelice og kombinasjonen gelice tørris. Resultata viste auka mikrobiell vekst ved kjøling med tørris samanlikna med gelice åleine, eller kombinasjonen gelice og tørris. Resultata frå forsøket er svekka som følgje av at ulik total kjølekapasitet for kjølemedia blei nytta, og at kjølinga derfor ikkje direkte kan samanliknast.

Oppgåva har vist at kjølekjeda i butikk dagleg blir broten, og at det i stor grad er rom for forbetring av rutinar rundt kjøling og avriming av kjølediskar. Rutinar for handsaming av fisk i butikkane er også variable, og eit generelt auka kunnskapsnivå om kvalitet, handtering og kvalitetspåverkande aspekt rundt sjømat vil vere fordelaktig for konsumentane.

2.2 Abstract

The purpose of the thesis was to document the cooling chain for dry distribution of fish, based on the cooling chain for SALMA, and consider whether the cooling chain was optimal or not. For cooling purposes were it used two different refrigerants, gelice and dry ice, and a combination of the two. The effect of super-cooling was also examined. The cooling chain was documented by the use of temperature sensors that followed the transportation boxes from the slaughterhouse to the vendor. A longer storage experiment was also conducted to examine the temperature development in the boxes over time, thereby the ability he cooling the media had to cool the fish.

The cooling chain in food stores was also examined with the same type of temperature sensors as used in the cooling chain documentation from slaughterhouse to the vendor. 15 shops in the Oslo area were studied, and the temperatures of the cooling disk in seven of the stores were documented over a period of one week. Routines around receiving and cooling of the fish in the shops were also documented.

The results showed that gelice gave poor refrigeration of fish, and the requirement stated in Forskrift for næringsmiddelhygiene with the use of gelice alone was broken. When using dry ice or the combination of gelice and dry ice, under the given conditions met the regulatory requirements. Super-cooling of SALMA showed no significant differences in drip loss, and quality index (QIM) when comparing the cooling method. The exception was a significant difference in drip loss from fillets chilled with gelice and the combination gelice dry ice. The results showed increased microbial growth by cooling with dry ice compared with gelice alone or the combination gelice and dry ice. There were an increased microbial growth in the fish cooled with dry ice compared with gelice and dry ice alone. The results of the experiment are weakened by the fact that different cooling capacity for the used cooling media were used, therefore the results are not directly comparable.

The thesis has shown that the cooling chain is broken in food stores daily, and there is room for improvement of procedures around the cooling and defrosting of cooling disks. Routines in the stores are also variable, and an increased level of knowledge will be beneficial to the consumers.

3.0 Innholdsliste

1.0 Forord	1
2.0 Samandrag	2
2.1 Samandrag	2
2.2 Abstract	3
3.0 Innholdsliste	4
4.0 Innleiing	6
5.0 Teori	7
5.1 Autolytisk degradering	7
5.1.1 Glykolyse	7
5.1.2 Rigor mortis og spalting av ATP	9
5.1.3 Harskning av feittsyrer	10
5.2 Mikrobiell degradering og vekst	11
5.3 Vassbindingsevne	13
5.4 Kjølekjeda	14
5.4.1 Kjøling før under og like etter slakting	15
5.4.2 Kjøling etter slakting	16
5.4.2.1 Ferskvassis	17
5.4.2.2 Gelice	17
5.4.2.3 Kryogen kjøling	19
5.4.2.4 Utrekning av ismengde for kjøling av fisk	20
5.4.4 Superkjøling	20
5.4.5 Kjøling under transport til og i butikk	21
5.5 Temperaturlogging	22
5.6 Mål på kvalitet - QIM	23
5.7 Statistiske metodar	24
6.0 Material og metode	25
6.1 Forsøk 1 – 5: Metodeutvikling og temperaturlogging	25
6.2 Forsøk 6: Lagringsforsøk	28
6.2.1 Mikrobiologi	29
6.2.2 Drypptap	29

6.2.3 QIM	30
6.3 Forsøk 7: Temperaturprofil i kjøledisk	30
6.4 Forsøk 8: Dokumentering av rutinar vdr. mottak og kjøling av fisk i butikk	30
6.5 Databehandling	31
7.0 Resultat	33
7.1 Forsøk 1: Metodeutvikling og temperaturlogging	33
7.2 Forsøk 2: Metodeutvikling og temperaturlogging	35
7.3 Forsøk 3: Metodeutvikling og temperaturlogging	36
7.4 Forsøk 4: Metodeutvikling og temperaturlogging	37
7.5 Forsøk 5: Metodeutvikling og temperaturlogging	39
7.6 Forsøk 6: Lagringsforsøk	40
7.6.1 Drypptap	42
7.6.2 QIM	43
7.6.3 Mikrobiologi	44
7.7 Forsøk 7: Temperaturprofil i kjøledisk	45
7.8 Forsøk 8: Dokumentering av rutinar vdr. mottak og kjøling av fisk i butikk	48
8.0 Diskusjon	50
8.1 Metodeutvikling	50
8.2 Kjøling av fisk	50
8.3 Drypptap	53
8.4 QIM	54
8.5 Mikrobiologi	54
8.6 Temperaturprofil i kjøledisk	56
8.7 Rutinar i butikk	57
8.8 Vidare arbeid	58
9.0 Konklusjon	59
10.0 Forkortelsar	60
11.0 Kjedeliste	61
12.0 Figurliste	64
13.0 Appendix	65

4.0 Innleiing

Fisk er sunn og næringsrik mat, og har i all tid vore ein sentral del av kosthaldet for folket langs kysten. Ved introduksjon av kjøleskap i det norske hushaldet auka også distribusjonen av ferske fiskevarer, og fokuset blei sakte endra frå konserverande vidareforedling til produksjon av fersk filet. Ved starten av oppdrettseventyret på 1980 talet festa norsk fiskeri og havbruksnæring seg som ein av dei leiande nasjonane, og i dag er Noreg leiande produsent av sjømat i verda. I 2011 eksporterte norske sjømatprodusentar til saman 2.3 millionar tonn fisk og skaldyr til den internasjonale marknaden (*NORSK EKSPORT AV SJØMAT 2011*).

Helsedirektoratet sitt oppdaterte kosthaldsråd frå 2011 anbefaler to til tre fiskemiddagar pr. veke, og at minimum 200 gram bør kome frå feite fiskeslag som sild, makrell, aure eller laks. For at det norske folk skal auke konsumet av fisk generelt, og feit fisk spesielt, er det essensielt at kvaliteten på fisken tilgjengelig i norske butikkar og fiskediskar held så høg kvalitet som mogleg. Noreg har ikkje eit system for differensiering av pris etter kvalitet, som ein til dømes finn i Frankrike. Sidan fisk er eit lett bederveleg næringsmiddel, er temperatur i så måte eit kritisk aspekt for god kvalitet. Fokus på optimal kjøling gjennom heile kjølekjeda bør derfor stå i høgsetet hos både produsent, grossist og forhandlar.

Formålet med denne oppgåva var å dokumentere kjølekjeda for tørrdistribusjon av fisk, frå produsent til forhandlar, og vurdere om ho var optimal. Distribusjonskjeda for SALMA produsert ved Bremnes Seashore på Bømlo, Hordaland, blei undersøkt. I tillegg skulle superkjøling av fisken vurderast, og undersøkje eventuell påverknad det hadde på kvalitet i forhold til kvalitetsindeks, drypptap og mikrobiell vekst samanlikna med filetar kjølt med gelice. Fisk, både villfanga og oppdretta, blir i dag frakta ut til marknaden ved bruk av ulike kjølemedium og isoporkassar, men litteratur som dokumenterer kjøleforløpet føreligg ikkje. Ei dokumentering av kjølekjeda ville kunne avgjere om det er rom for optimalisering, eller om kjølekjeda i dag er perfekt. Som siste ledd i oppgåva skulle ei kartlegging av kjøling og rutinar for handtering av fisk i butikk gjennomførast.

5.0 Teori

Fisk blir samanlikna med animalisk kjøt av rekna som eit lettbederva næringsmiddel med kort haldbarheit. Den mest effektive måten å forlengje haldbarheita på er ved kjølelagring. Grunnen til at fisk frå kjølege farvatn er meir lettbederva enn tropisk fisk og animalisk kjøt er det faktum at fisk er vekselvarme, og dermed tilpassar kroppstemperaturen til havtemperaturen. Fisk frå norske farvatn har ein kroppstemperatur som ligg i kjøleskapstemperaturområdet. Kjøling ved kjøleskapstemperatur, 4 °C, vil i så måte ha ein dårleg effekt med tanke på reduksjon av hastigheita på mikrobiell vekst og autolytiske prosessar.

Degradering av fiskemuskelen vil skje både enzymatisk og bakterielt, og er i stor grad påverka av lagringstemperatur. Faktorar som fiskeslag, handtering og stressnivå under og i forkant av fangst og avliving har påverknad på kvalitet. Ved å redusere temperaturen så mykje som mogleg vil hastigheita på autolytiske prosessar og mikrobiell vekst bli redusert. Dette vil auke haldbarheita (Adams & Moss, 2008; Fellows, 2009; Huss, 1995; Lynum & Rustad, 2005; Strasburg et al., 2008).

5.1 Autolytisk degradering

Graden av enzymatisk degradering er avhengig av hastigheita på enzymatiske reaksjonar. Campell & Farrell (2006a) illustrerer korleis enzymaktiviteten blir auka med aukande temperatur. Ved auke i temperatur vil dei enzymatiske reaksjonane gå raskare, som følgje av auka aktiveringsenergi og dermed eit raskare oppnådd overgangstilstand. Resultatet blir auka enzymatisk aktivitet med aukande temperatur, inntil eit gitt denatureringstemperatur. Når temperaturen er over denatureringstemperaturen for dei gitte enzyma, vil denaturering finne stad og reaksjonane vil opphøyra.

5.1.1 Glykolyse

Fiskemuskelen skil seg frå kjøt ved blant anna å ha eit lågare karbohydratinnhald. Dette har stor påverknad på haldbarheita fisk ved at senka pH i muskel fører til redusert mikrobiell vekst (Adams & Moss, 2008).

Karbohydrat føreligg i muskelceller i form av lange kjeder med glukosemolekyl, glykogen. Levande celler får tilført energi gjennom katabolisme i form av glykolyse. Adenosin trifosfat (ATP) og kreatinfosfat blir danna ved aerob respirasjon, der glykogen frå muskelcellene blir oksidert, via glukose, til karbondioksid og vatn.

Energiomsetninga frå muskelcellene startar ved at glykogen blir fosforylert til glukose-6-fosfat ved hydrolysering av ATP til ADP, som inngår glykolysen. 1 mol Glukose-6-fosfat blir isomerisert til fruktose-6-fosfat, som vidare blir fosforylert til fruktose-1,6-bisfosfat. Også her blir reaksjonen driven vidare ved hydrolysering av ATP til ADP. Vidare skjer det sju steg som fører til at pyruvat og ATP blir danna: Fruktose-1,6-bisfosfat blir spalta til glyceraldehyd-3-fosfat og dihydroxyaceton, som vidare blir isomerisert til glyceraldehyd-3-fosfat, som totalt gjev 2 mol glyceraldehyd-3-fosfat. I neste steg blir glyceraldehyd-3-fosfat oksidert og fosforylert til 2 mol 1,3-bisforfatglycerat og 2 mol NADH ved reduksjon av 2 mol NAD⁺. Ved overføring av fosfatgruppa frå 1,3-bisforfatglycerat til ADP og dermed ei fosforylering av 2 mol ADP til 2 mol ATP finn den første ATP-danninga i glykolysen stad, med 2 mol ATP og 2 mol 3-fosfoglycerat som produkt. 3-fosfoglycerat blir isomerisert til 2 mol 2-fosfoglycerat, som ved avspalting av H₂O omdanna til 2 mol fosfoenolpyruvat. Fosfoenolpyruvat blir ved fosforylering av 2 mol ADP til 2 mol ATP omdanna til 2 mol pyruvat som er utgangspunktet for vidare anaerob glykolyse, aerob oksidasjon og anaerob fermentering. Etter død opphøyrer oksygentilføringa, og glykolysen blir fullført ved anaerob reduksjon av 2 mol pyruvat til 2 mol laktat ved oksidasjon av 2 mol NADH til 2 mol NAD⁺ (Campbell & Farrell, 2006b). Laktat senker pH i muskel og gjev med mellom anna dårlegare livsvilkår for mikrobiell vekst. Pattedyr har større glykogenlagre enn fisk, noko som resulterer i meir glykogen tilgjengeleg for anaerob glykolyse, med påfølgjande danning av laktat, og dermed lågare pH i muskel. Levande muskel for både fisk og pattedyr har ein pH rundt 7,0. Når glykolysen opphøyrer er pH kjøt frå pattedyr 5,4 – 6,0, medan i fiskekjøtet er pH 6,2 – 6,8 (Huss, 1995; Lynum, 2005; Lynum & Rustad, 2005).

Den høgare reduksjonen i pH i kjøt frå pattedyr samanlikna med fisk resulterer i lengre haldbarheit, då livsvilkår for kvalitetsreducerande bakteriar blir vesentleg negativt påverka. Dette reduserer bakteriell vekst og på den måte gjev kjøt frå pattedyr lengre haldbarheit.

5.1.2 Rigor mortis og spalting av ATP

Ved anaerob katabolisme blir det danna vesentleg mindre ATP enn ved aerob katabolisme. Eit mol glukose tilfører ved aerob katabolisme gjennom glykolysen og Krebs syklus 38 mol ATP, medan anaerob katabolisme gjev 6 mol ATP pr. mol glukose. Ved død, og overgang frå aerob til anaerob katabolisme blir det eit overskot av ATP i cellene (Campbell & Farrell, 2006a; Huss, 1995). ATP og kreatinfosfat blir spalta parallelt med glykolysen (Lynum & Rustad, 2005).

ATP blir i løpet av det første døgnet etter død brote ned til adenosin difosfat (ADP), som vidare blir brote ned til adenosin monofosfat (AMP). ATP og ADP blir brote ned ved at ei fosforgruppe blir fjerna. AMP blir vidare brote ned til inosin monofosfat (IMP), med ammoniakk (NH_3) som degrasjonsbiprodukt (Huss, 1995; Lynum & Rustad, 2005; Özoğul et al., 2007). Özoğul et al. (Özoğul et al., 2007) skriv at andelen IMP i muskelen aukar merkbar etter mellom 5 og 24 timar etter død, og deretter blir redusert gradvis. IMP er ein av smakskomponentane som gjev fisken fersk og frisk smak. Ved degradering av IMP til inosin (Huopalahti et al., 2007) og vidare til hypoxanthin (HX) blir den friske smaken erstatta med ein bitter smak. Lynum & Rustad (2005) poengterer at inosin raskt blir degradert til HX, som vidare seint blir brote ned til ribose og urea. Dette medfører opphoping av HX og dermed auka grad av bitter smak. Dei skriv også at HX vil hos islagra fisk bli danna innan to døgn etter slakting, men at ved høgare temperatur vil dette skje raskare. Nedbrytingsprodukta frå HX, ribose og urea, vil ha ein kvalitetsreducerande faktor i form at dårleg lukt (Lynum & Rustad, 2005; Özoğul et al., 2007). Temperaturstyring vil ha ein stor påverknad på hastigheita på nedbrytingsreaksjonane av ATP.

Som eit resultat av at ATP nivåa i muskelcellene blir redusert, stoppar muskelkontraksjonane opp. Muskelcellene er bygd opp av myofibrillar, som er ansvarleg for muskelkontraksjon. Kvar myofibrill er delt opp i sarkomerar, som i hovudsak er bygd opp av proteina myosin og aktin. Ved muskelkontraksjon blir aktomyosinkompleks danna ved at myosin bind seg til aktin. Denne bindinga finn stad som følgje av at myosin spaltar ATP til ADP, på grunn av økt Ca^{2+} konsentrasjon i myofibrillane etter lekkasje frå cellemembranen. Ca^{2+} blir tilført myofibrillane etter nervesignal. ADP og fosfat blir frigjort når myosin bind seg til aktin. Muskelkontraksjonen opphøyrer når nerveimpulsane som starta kontraksjonen stopper opp, og Ca^{2+} iona blir dermed tilbakeført til cellemembranen.

Aktomyosinkomplekset blir brote ned som følgje av stopp i ATP spalting, og muskelen slappar av (Belitz et al., 2009; Huss, 1995; Lylum & Rustad, 2005). Ved død, og dermed stopp i ATP tilførsel vil eit vedvarande aktomyosinkompleks bli danna, og myofibrillane trekk seg saman. Denne tilstanden blir omtala som rigor mortis.

Rigor mortis inntreff i følgje Huss (1995) når nivået av ATP i cellene har blitt redusert frå 7 – 10 $\mu\text{mol/gram}$ til 1 $\mu\text{mol/gram}$, og opphøyrer som følgje av proteolytisk degradering av enkelte myofibrillar.

Ved reduksjon i temperatur, vil hastigheita på dei enzymatiske reaksjonane som bryt ned ATP gå ned. Dette vil medføre forlenga haldbarheit som følgje av at produksjon av nedbrytingsprodukt frå ATP reduksjon blir utsett, rigor mortis inntreff seinare og er mindre hard. Ei utsett og ikkje for samantrekkjande rigor mortis er i følgje Alvarado & Owens (2006) å føretrekkje (Alvarado & Owens, 2006).

5.1.3 Harskning av feittsyrer

Fisk består av variable mengder feitt, og feittmengda varierer både mellom art og sesong. Mager fisk, som torsk, har eit stabilt feittinnhald på om lag 0,5 %. Dette fordi torsk lagrar feitt i levera, og ikkje i muskelen. Feit fisk, som sild og laks, lagrar feittet i muskelen. Dette medfører at feittinnhaldet i filet frå feit fisk varierer med kondisjon og årstid. På det feitaste inneheld sild og laks høvevis 22 og 14 % feitt (Murray et al., 1983). På grunn av at fisk er vekselvarm, og dermed tilpassar seg sjøtemperaturen, har feittsyrene i fisk lågare smeltepunkt enn hos pattedyr. Fisk inneheld derfor langt meir fleirumetta feitt enn pattedyr, men feittet er derfor også meir utsatt for oksidasjon. Ved død opphøyrer tilgangen på antioksidantar, og feittet kan under ugunstige lagringsbetingelsar, som høg temperatur og lyssterke forhold, vere utsett for harskning.

Ein skil mellom hydrolytisk og oksidativ harskning. Hydrolytisk harskning er definisjonen på enzymatisk spalting av triglyserid til glyserol og frie feittsyrer, ved hjelp av lipasar frå fordøyelsesystemet eller av mikrobiologisk opphav (Lylum & Rustad, 2005).

Oksidativ harskning, også omtala som autooksidasjon av feittsyrer, er definisjonen på ei katalysert bryting av dobbeltbindingar i fleirumetta feittsyrer. Fleirumetta feittsyrer er

ustabile, og oksidasjonsprosessen tek til ved at dobbeltbindinga mellom karbon og hydrogen blir brote ned til ei enkeltbinding. I den prosessen blir det danna eit fritt radikal. Det frie radikalet reagerer med oksygen og dannar eit peroksyradikal som reagerer med ei ny fetttsyre. På den måten vil oksidasjonen på driven framover. Under prosessen blir det danna hydrogenperoksid, som vidare blir brote ned til aldehyd, keton og ulike alkoholar. Tungmetall som jern og koppar, i tillegg til lys og varme har prooksidativ effekt, noko som medfører at ved eksponering vil autooksidasjonen går raskare og feittet i fisken blir degradert raskare (Lynum & Rustad, 2005).

5.2 Mikrobiell degradering og vekst

Mikrobiell vekst er den parameteren som har størt negativ påverknad på kvalitet og haldbarheit til fisk. Mikrofloraen i fisk frå norske farvatn er dominert av Gram-negative bakteriar som *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Photobacterium*, *Psychrobacter*, *Vibrio*, *Flavobacterium* og *Cytophaga*, i tillegg til enkelte Gram-positive slekter som *Corynebacterium* og *Micrococcus* (Adams & Moss, 2008). Dette er psykrofile bakteriar, som lev og formeirar seg ved låge temperaturar. Låg prosesserings- og lagringstemperatur er derfor naudsynt for å forlenge nølefasen til bakteriane.

Fiskemuskelen hos heil, frisk, fersk fisk er steril, og kontaminasjon av fiskekjøtet skjer frå bakterievekst på skin, gjeller og mage- og tarmsystem. God hygiene og strenge rutinar rundt slakting er derfor viktig for å unngå kontaminering av fileten (Adams & Moss, 2008; Lynum & Rustad, 2005).

Shewanella putrefaciens er den enkeltbakterien som dominerer i negativ forstand hos islagra fisk. I tillegg er *Pseudomonas* ssp. ei slekt som i stor grad påverkar kvaliteten i negativ retning. Felles for begge er evna til å nytte trimetylaminoksid (TMAO) som elektronakseptor under anaerob katabolisme. TMAO ((CH₃)₃NO) blir då redusert til trimetylamin (TMA ((CH₃)₃N)), som er ein stor bestanddel av karakteristisk ”dårleg fiskelukt”. I saltvassfisk blir TMAO nytta ved osmoseregulering, og innhaldet av TMAO er derfor markant høgare i saltvassfisk enn i ferskvassfisk (Adams & Moss, 2008; Lynum & Rustad, 2005).

Hindring av mikrobiell biokjemisk degradering er avgjerande for kvaliteten. I tillegg til reduksjon av TMAO føregår det ei rekkje andre degraderingar som senker kvaliteten og

produserer illeluktande luktstoffer, mellom anna flyktige sulfid. Reduksjon av aminosyra cystein til svovelsyre (H_2S), og av methionin til methylmercaptan (CH_3SH) og dimetylsulfid ($(CH_3)_2S$) medfører reduksjon i kvalitet som følgje av dårleg lukt. *Shewanella putrefaciens* står i følgje Huss (1995) for den dominerande produksjonen av TMA og H_2S .

Pseudomonas ssp. bryt ned aminosyrene glycin, serin og leucin til keton, aldehyd og estere. Dette medfører i følgje Huss (1995) produksjon av "Fruity, rotten, sulphhydryl odours and flavours". Bakteriell og autolytisk degradering av inosin og IMP til hypoxanthin medfører også betydeleg kvalitetsreduksjon som forklart i avsnitt 5.1.2 Nedbryting av inosin og IMP til hypoxanthin er assosiert med bakteriane *Photobacterium phosphoreum*, *Shewanella putrefaciens* og *Pseudomonas* ssp (Huss, 1995).

Under anaerobe lagringsbetingelsar vil fakultativt anaerobe bakteriar som *Shewanella putrefaciens* og *Photobacterium phosphoreum* dominere fram til TMAO og cystein er fullstendig degradert. Difor vil danning av TMA og H_2S kunne finne stad i vakuumpakka og MAP pakka produkt (Lynum & Rustad, 2005).

Endring i temperatur vil påverke mikrobiell vekst, då ulike bakteriar er tilpassa spesifikke temperaturspenn. Som nemnt er bakteriefloraen i fisk frå norske farvatn dominert av psykrofile bakteriar, som har ein optimumstemperatur på 12 – 15 °C (Adams & Moss, 2008). Alle bakteriar veks best ved optimumstemperatur, men kan har også ein gitt maksimums og minimumstemperatur som tillèt at bakteriane overlever, men oftast ikkje formeirar seg. Blir bakteriane utsett for temperaturar ut over maksimal og minimal temperaturgrense vil dei døy. Adams & Moss (2008) har definert temperaturar mellom -5 °C og + 5 °C som minimumstemperatur, og temperaturar mellom + 15 °C og + 20 °C som maksimumstemperatur for psykrofile bakteriar. Den mikrobielle veksten minkar ved større temperaturmessige avvik frå optimumstemperatur, då endring i temperatur påverkar enzymatiske reaksjonar i bakteriecellene. Adams & Moss (2008) viser til at ved reduksjon i temperatur blir veksthastigheita senka, då redusert temperatur påverkar cellemembranstrukturen som igjen påverkar opptak av næringsstoff. Reduksjon i vekst ved auking i temperatur er eit resultat av proteindenaturering og med det nedbryting av cellemembranen.

Mikrobiell harskning av feitt kan oppstå ut over lagringsperioden. *Pseudomonas* ssp. er mellom anna kjent for lipaseproduksjon, som fører til hydrolytisk spalting av triglyserid og dermed frigjering av frie feittsyrer som gjev dårleg lukt (Lynum & Rustad, 2005).

Mykje vitenskapleg arbeid rundt effekt av kjøling av fisk ser også på effekten på mikrobiell vekst. Duun og Rustad (2007); Duun og Rustad (2008); Erikson et al. (2011); Hansen et al. (2009); Jeyasekaran et al. (2006); Jeyasekaran, Geevarethnam et al. (2008); Jeyasekaran, G. et al. (2008); Jeyasekaran et al. (2010); Liu et al. (2010); Sivertsvik et al. (2003) har alle vurdert ulike former for kjøling av fisk og sjømat, og studert effekten av kjølinga ved ulike parametarar inkludert mikrobiologisk vekst. Alle studia viste at kjøling senker mikrobiell vekst.

5.3 Vassbindingsevne

Ferske næringsmiddel inneheld ei gitt mengde vatn, i form av fritt bunde vatn og fast bunde vatn. Fast bunde vatn blir av DeMan (1999) definert som det vatnet som ikkje frys i eit næringsmiddel ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dette utgjer om lag 10 % av tilgjengeleg vatn, og er bunde til lada grupper på proteina ved sterke dipolare bindingar (Damodaran et al., 2008). Det resterande vatnet føreligg som fritt bunde vatn. Lynum og Rustad (2005) viser til at laks består av 67 – 77 % vatn, i tillegg til 0,3 – 14 % fett og 21,5 % protein. Innhaldet varierer med kjønn, alder, levestad, kondisjon og årstid.

Evna næringsmidlet har til og halde på det fritt bunde vatnet når det blir utsett for ei vassutskiljande kraft er definert som vassbindingsevne (Lynum & Rustad, 2005). Reduksjon i vassbindingsevne fører til tap av vatn, og blir definert som drypptap. Vatnet har stor påverknad på konsistens og tekstur, og det optimale og ynskjelege ved produksjon av filet frå fersk fisk er eit så lågt drypptap som mogleg. Dette fordi tap av vatn er eit direkte tap av produkt, i tillegg til at det medfører ein reduksjon i kvalitet. Faktorar som påverkar vassbindingevna er mellom anna grad av proteindenaturering, pH, saltinnhald og frysing.

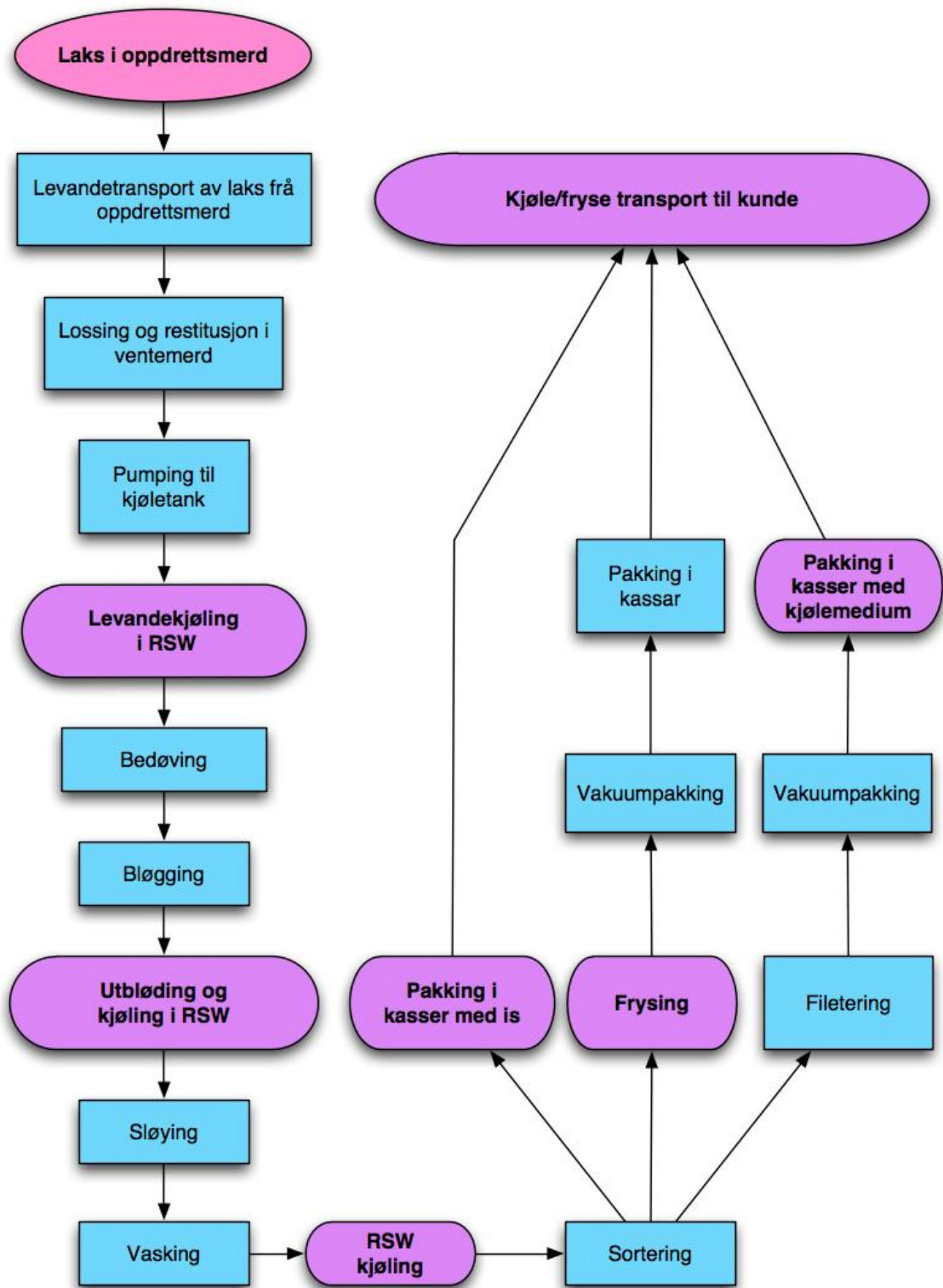
Ved frysing vil danning av iskrystallar kunne føre til cellesprenging. Under opptining lekk vatnet frå cellene, og muskelen tapar vatn i form av drypptap. Proteindenaturering medfører ein opnare proteinstruktur, og dermed auka vassbinding. pH påverkar vassbindinga, då auka pH medfører eit overskot av OH^- ion, og senka pH medfører eit overskot av H^+ ion.

Den auka ladninga medfører auka vassbindingevne som følgje av danning av hydrogenbindingar mellom protein og fritt vatn. Ved det isoelektriske punkt er vassbindinga dårlegast, som følgje av mangel på H^+ eller OH^- ion (Lynum & Rustad, 2005).

Erikson et al. (2011) vurderte effekten av superkjøling på laks (jf. punkt 5.4.4.), og vurderte i den samanheng drypptapet. Resultata viste at ved superkjøling i slurry i 11 dagar hadde fisken eit markant auke i vassinnhald, i motsetning til ved superkjøling i eit eller fire døgn og vidare lagring med is eller utan is. Det blei ikkje påvist signifikante forskjellar mellom filetane som var kjølt med is eller utan is i etterkant av superkjølinga. Sivertsvik et al. (2003) konkluderte med ei signifikant aukiing i drypptap ved auke i lagringstemperatur. Duun og Rustad (2008) undersøkte drypptap i laks superkjølt ved $-1,4\text{ °C}$ og $-3,6\text{ °C}$, og konkluderte med at drypptapet var høgast i filetane lagra ved $-1,4\text{ °C}$, 1,6 % etter 34 dagar. Dei påpekte også at eit drypptap på mellom 1 og 2 % ikkje kunne definerast som eit problem. Resultata viste at drypptapet uavhengig av lagringstemperatur haldt seg under 0,5 % fram til dag 2 av lagringsperioden, og at drypptapet auka med tida for filetane lagra ved $-1,4\text{ °C}$.

5.4 Kjølekjeda

Prosessflyt og kjølekjeda for SALMA laks gjennom produksjonen er illustrert i figur 1. Kjøling av lett bedervelege matvarer som fisk er regulera gjennom § 12 i Forskrift om næringsmiddelhygiene (Næringsmiddelhygieneforskrifta), samt gjennom § 6-3.2 i Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer. Næringsmiddelhygieneforskrifta fastset at lettbedervelege næringsmiddel oppbevarast, transporterast og omsetjast ved 4 °C eller lågare. Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer framhevar i nemnte paragraf at ”Fisk som kjøles i vann, tillates ikke oppbevart i vann utover 3 døgn. Dersom fisken har vært kjølt i vann om bord på fiskefartøy, gjelder 3 døgn som den totale oppbevaringstida i is og vann, jf. § 3-6.5 nr. 3”



Figur 1. Prosessflyt og kjølekjede for SALMA laks ved Bremnes Seashore.

5.4.1 Kjøling før under og like etter slakting

For å oppnå ein best mogleg kvalitet på fisk er det eit mål og halde kjernetemperaturen i fisken så låg som mogleg gjennom heile kjølekjeda, frå slakting til butikk. Sjøtemperaturen

i Noreg kan variere frå $> 15\text{ °C}$ til 0 °C , og inngangstemperaturen på fisken vil i så måte også variere. Levandekjøling er eit omgrep som blir nytta når fisken sin kroppstemperatur blir redusert før slakting. Ved å utnytte det faktum at fisk er vekselvarm og dermed regulerer kroppstemperaturen ved hjelp av blodstraumen gjennom gjellene vil ein kunne redusere kroppstemperaturen betydeleg. Mejdell et al. (2006) viser til at målsettinga med levandekjøling var å senke kroppstemperatur i tillegg til og sedatere fisken gjennom bråkjøling. Vitskaplege arbeid rundt levandekjøling av laks har vist at når laks blir levandekjølt har stressnivået ein avgjerande faktor for kvaliteten på fisken (Skjervold et al., 1999). Skjervold et al. (2001) viste at levandekjølt pre-rigor filetert laks hadde signifikant høgare kvalitet enn når parameteren filetspalting blei vurdert.

Den mest nytta kjølemetoden for levandekjøling av oppdrettsfisk er ifølgje Mejdell et al. (2006) kjøling i mekanisk kjølt sjøvatn (RSW). Prinsippet bak RSW kjøling er mekanisk nedkjøling av sirkulerande sjøvatn. Saltinnhaldet i sjøvatnet senker frysepunktet til sjøvatn, og dette blir nytta til å kunne senke temperaturen i sjøvatnet for å oppnå ein ytterlegare reduksjon kroppstemperatur hos fisk. Skjervold et. al (1999; 2001) viste at kroppstemperaturen til laks blei redusert frå høvesvis $12,4\text{ °C}$ og 8 °C til 4 °C og 1 °C i løpet av 45 min levandekjøling i RSW tank ved 1 °C sjøvasstemperatur.

Under slakteprosessen er det som vist i figur 1 innlagt fleire kjølesteg. Utbløding vil i mange tilfelle skje i ein RSW tank, då ein får dobbelteffekten av kjøling og utbløding. Vidare kjøling før filering og/eller pakking vil også kunne finne stad i ein RSW buffertank. Eit alternativ til RSW kjøling er CSW kjøling. CSW kjøling er nemninga for kjøling i kjølt sjøvatn, der sjøvatnet blir kjølt ved tilsetning av is. Vatnet blir, som ved RSW kjøling, sirkulert for å oppnå best mogleg kjøling.

5.4.2 Kjøling etter slakting

I etterkant av slakting blir fersk laks, filet eller sløyd, pakka i esker og kjølt ned. Det har dei seinare år blitt teke i bruk nye kjølemedium og nye kjøleteknikkar. Trass i det er det pr. i dag tradisjonell ferskvassis som er det mest nytta kjølemediet.

5.4.2.1 Ferskvassis

Den tradisjonelle måten å kjøle fisk på er bruk av smeltende ferskvassis. Historiske data tilbakedaterer bruk av is til tidleg kinesisk og romersk litteratur. Når is smeltar held det ein konstant temperatur på 0 °C. Smeltande is vil også ha ein fuktgivande effekt, som dermed hindre inntørking (Huss, 1995; Lynum, 2005).

Spesifikk smeltevarme for smelting av is er av Fellows (2009) sett til 334 kJ/kg. Fordelen ved å bruke smeltande is som kjølemedium er vissheita om at fiskekjøtet ikkje blir utsett for frysing, samt at ved kjøling av sløyd fisk vil smeltevatnet frå isen ha ein vaskande og drenerande effekt (Lynum & Rustad, 2005). Det blir i industrien nytta ferskvassis i ulike utformingar, mellom anna flakis og blokkis.

Flakis er tynne irregulære flak av is, som blir produsert ved at vatn blir spreia ut over og frose på ei nedkjølt overflate, og deretter skrapa av. Fordelen med flakis er ifølgje Shawyer og Pizzali (2003) stor varmeoverføringsflate, noko som resulterer i raskare nedkjøling av fisken. Spesifikk smeltevarme er 347 kJ/kg flakis. Ulempa med stor overflate er også raskare smelting, noko som vil kunne krevje at ein ved bruk av flakis må nytte større mengde is for å oppretthalde smeltetemperatur over tid.

Blokkis er is frose i metallformer av ulik storleik som blir senka i underkjølt saltlake. Blokkene blir etter frysing løyst frå forma og lagra fram til bruk (Shawyer & Pizzali, 2003). Fordelen med blokkis i forhold til flakis er vesentleg mindre overflate, som fører til ei langsammare smelting.

5.4.2.2 Gelice

Ved kjøletransport av fisk i kassar med is utgjer ismengda 30 – 50 % av vekta (Nordtvedt, 2009). I praksis blir verdiløst vatn frakta frå slakteria og ut til marknaden, og ein reduksjon i dei ekstra transportkostnadane isen utgjer vil kunne forbetre lønnsamheita i næringa. Gelice er eit alternativ til ferskvassis. Gelane er syntetisk framstilte, og består av ulike substansar. Superabsorberande polymerar og andre faseendrande materialar (PCM) som parafin voks er ein mykje nytta substans. Felles for substansane er at dei absorberer og held godt på store mengder vatn, samt at dei har eit smeltepunkt som er høgare enn is. Det

eksisterer ei fleire typar substansar, i ulike kombinasjonar og forpakningar produsert av ei rekkje ulike produsentar.

Felles alle gelitypane er at PCM baserer seg på at materialet har høg spesifikk smeltevarme og dermed kan lagre og frigje større mengder energi ved faseovergangar, i tillegg til tilpassa smeltepunkt. Prinsippet kan nyttast både for oppvarming og nedkjølingsformål, og har eit breitt produktsegment som kan tilpassast dei ulike behova. I næringsmiddelformål blir det nytta material som ved faseovergangen fast flytande frigjer større mengder energi, og dermed er med på å kjøle ned matvarer eller hindre temperaturauke. Fordelen med gelice er at produktet tek mindre plass enn tilsvarande energimengde is, og kan derfor ved optimalt bruk senke transportkostnadane.

Ved distribusjon av SALMA blir det tradisjonelt nytta fire einingar 500 g gelice med luquasorb som kjølemedium pr. kasse. Luquasorb er produktnamnet på polymeren natrium polyacrylate. Natrium polyactylate er ein PCM som er brukt i ei rekkje ulike produkt som følgje av sine svært gode vassbindande eigenskapar. Natrium polyactylate har ein spesifikk smeltevarme på 460 kJ/kg og smeltar ved 0 °C (Lekang 2011, personleg meddeling).

Johnston et al. (2008) nytta PCM i form av 400 g nanostrukturert kalsiumsilikat for å undersøkje effekten det ville gje for å hindre temperaturauke i pakkesker med 2 kg asparges. Resultata frå forsøka viste at temperaturen blei haldt under 10 °C i 5 timer når eskene var eksponert for ein omgivnadstemperatur på 23 °C. Nordtvedt (2009) vurderte bruk av gelice oppimot tradisjonell is for eksport av laks med flyfrakt til den amerikanske marknaden, og konkluderte med at etter fem dagars lagring var det ingen forskjell i kvalitet mellom laks kjølt med gelice i forhold til tradisjonell is. Det blei påpekt at gelice ved transport ut over fem dagar har dårlegare kjølekapasitet enn tradisjonell is. Dette fordi mengda nytta smelta fortare enn tradisjonell is. Ved brot på kjølekjeda, eller det lengre transportperiodar konkluderte forsøket med at det måtte gjennomførast reising ved mottak marknaden både for å sikre låg nok temperatur og for å hindre vekttaap i form av inntørking dersom gelice blei nytta.

5.4.2.3 Kryogen kjøling

Kryogen kjøling er eit alternativ til tradisjonell is. Prinsippet bak kryogen kjøling er utnytting av eigenskapane kjølemedia har til å absorbere varme under faseending. Karbondioksid i fast og flytande form, i tillegg til flytande nitrogen er dei mest nytta kjølemedia. Tørris er fast karbondioksid, og fjernar varme ved sublimering ved $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Under oppvarming av gassen blir også varme fjerna, og den totale spesifikke smeltevarmen for tørris ved sublimering er $571,3\text{ kJ/kg}$. Tørris er ved kjøleformål føretrekt framfor flytande nitrogen, då det har høgare smeltepunkt og høgast entalpi (Fellows, 2009).

Tørris føreligg som pellets, eller i form av snø. Tørrissnø blir produsert ved at flytande karbondioksid blir injisert i luft. Snø har i mange tilfelle erstatta pellets, då det er billigare i produksjon og tryggare for operatørane. Fellows (2009) poengterer at ved bruk av snø vil kjøleeffekten, avhengig av mengde nytta, bli oppretthaldt i 4 – 24 timar.

Jeyasekaran et al. (2006) undersøkte mikrobiologisk kvalitet hos Indian white shrimp (*Penaeus indicus*) som hadde vore lagra i tørris i forholdet 1:1, tørris og is i forholdet 1:0.2:0.5, og is i forholdet 1:1 ved romtemperatur ($33 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$) i 32 timar. Resultata viste at ved lagring i tørris åleine, eller i kombinasjon med is ville haldbarheitstida forlengjast med seks timar. Forsøket blei gjenteke av Jeyasekaran et al. i 2008 og 2010, for høvevis den tropiske fisken *Epinephelus chlorostigma* og akkararten *Loligo duvaucelli*. Forsøksdesignet var i begge forsøka identiske med forsøket frå 2006, berre lagringstemperaturen var ulik, $29 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 36 timar ved lagring av *Epinephelus chlorostigma*, og $32 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 24 timar ved lagring av *Loligo duvaucelli*. Konklusjonen frå begge forsøka var at lagring i tørris eller i kombinasjonen tørris is gav forlenga haldbarheit. På generelt grunnlag blei det råda at ved flyfrakt av sjømat burde kombinasjonen tørris og is nyttast, då den auka haldbarheita ein ville oppnå ved bruk av tørris åleine ikkje vog opp for dei ekstra kostnadane kjøling med berre tørris ville medføre. I 2008 gjennomførte Jeyasekaran et al. eit ytterlegare forsøk, då på fiskearten *Lethrinus ornatus*, ved lagring i is og kombinasjonen tørris og is i 13 dagar ved $5 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ blei undersøkt. Konklusjonen var samanfallande med dei øvre forsøka til forskingsgruppa: Bruk av tørris forlenger haldbarheitstida på sjømatprodukt frå tempererte farvatn.

5.4.2.4 Utrekning av ismengde for kjøling av fisk

På bakgrunn av latent varme for smelting av is kan mengde kjølemedium som er naudsynt for å kjøle ein gitt mengde fisk ned frå ein gitt temperatur til null gradar reknast ut. Huss (1995) nyttar formelen:

$$L \times m_i = m_f \times c_{p_f} \times (T_f - 0)$$

Der L er definert som latent varme for gitt faseovergang til valgt kjølemedium, m_i som mengde is naudsynt for å kjøle m_f kg fisk frå T_f °C til 0 °C. c_{p_f} er definert som spesifikk varmekapasitet til fisk, og er for fisk i følge Huss (1995) 0,80 kcal/kg × °C, eller 3,347 kJ/kg × °C.

5.4.4 Superkjøling

Ved å nytte seg av det faktum at frysepunktet for protein i laksefilet (-1 til -2,5 °C) har lågare frysepunkt enn reint vatn, kan temperaturen i produktet senkast til under 0 °C utan at det medfører cellesprenging, og påfølgjande drypptap som følgje av frysing (Sivertsvik et al., 2003). I industrien blir denne kjølemetoden omtalt som superkjøling, eller skalfrysing. Prinsippet baserer seg på å danne ei partiell frysing av ytterflata av fiskekjøtet, som vil fungere som eit kuldereservoar. Det vil i følge i Nordtvedt (2009) bli danna iskrystallar i dei delane av fiskekjøtet som har lågast frysepunkt. Dette vil auke konsentrasjonen av salt og enzym i dei delane av fiskekjøtet som ikkje er frose, og senke frysepunktet for dei delane. Nordtvedt (2009) konkluderer på bakgrunn av egne studiar med at superkjøla laks pakka i modifisert atmosfære (MAP) er haldbar i 28 dagar.

Fleire forskingsmiljø har sett på effektane ved bruk av superkjøling både for ulike sjømatprodukt og andre animalisk baserte varer, både frå fisk, pattedyr og fjørkre.

Duun og Rustad (2008) konkluderte med at haldbarheitstida på vakuumpakka laksefiletar kunne doblast ved superkjøling ved hhv. -1,4 °C og -3,6 °C samanlikna med iskjøling. Liu et al. (2010) studerte effekten av superkjøling i 30 minutt i 3,3 % saltlake (NaCl) på den asiatiske euryhaline arten *Lateolabrax japonicus*, og konkluderte med at superkjøling under dei gitte betingelsane forlenger haldbarheita på fisken då det blei påvist inhibert vekst av antall mesofile H₂S-produserande bakteriar. Sivertsvik et al. (2003) konkluderte med at

haldbarheita på laks superkjøla ved -2 °C var 3 gonger lengre enn tradisjonelt kjølt laks (7 dagar).

Erikson et al. (2011) viste at ved bruk av saltvasslurry med ein gjennomsnittstemperatur på $-1,93 \pm 0,27\text{ °C}$ blei kjernetemperaturen redusert frå $8,1\text{ °C}$ til 0 °C i løpet av 0,5 til 2 timar. Til samanlikning blei kjernetemperaturen i laks kjølt med konvensjonell is redusert frå $8,1\text{ °C}$ til $0,5 - 1,5\text{ °C}$ i løpet av 0,5 – 3 timar. Resultata frå forsøket konkluderte med at den totale effekten av superkjøling ikkje gav forlenga haldbarheit, men at det er eit ledd i produksjonsprosessen som kan nyttast for å senke hastigheita på dei kvalitetsreducerande prosessane.

Hansen et al. (2009) undersøkte effekten av kombinasjonen av superkjøling og MAP med CO_2 emitter på laksefilet, og konkluderte med at det var signifikant lågare mikrobiell vekst i MAP prøvane, og at den positive effekten av MAP blei forsterka ved superkjøling. Redusert mikrobiell vekst som følgje av superkjøling har også blitt påvist på torsk (*Gadus morhua*) og lårsteik av norsk svin (Duun & Rustad, 2007; Duun et al., 2008)

5.4.5 Kjøling under transport til og i butikk

Årleg blir det eksportert store mengder sjømatprodukt frå Noreg. I 2011 utgjorde eksportverdien på norske sjømatprodukt 53 milliardar norske kroner, og av dette utgjorde oppdrettslaks 58,1 % (*NORSK EKSPORT AV SJØMAT 2011*). Tall frå Statistisk Sentralbyrå viser at fylka Møre og Romsdal, Hordaland og Nordland står for 54,9 % av all sal av slakta oppdrettslaks. Slakteria er naturleg nok lokalisert langs kysten, og 92 % av nettovekta blir i følgje rapporten *Ferskfisktransporter fra Norge til Kontinentet* (Mathisen et al., 2009) transportert med lastebil. Årsrapporten til Norges sjømatråd for 2011 (*NORSK EKSPORT AV SJØMAT 2011*) stadfester at Russland, Frankrike og Danmark er dei største kundemarknadane for norsk sjømat. Når fisk skal fraktast over slike avstandar krev det god kjøling og ei oppretthaldt kjølekjede. For å sikre at kvaliteten på fisken er optimal ved mottak marknaden blir det i dag nytta tradisjonell is, og mellom 30 og 50 % av nettovekta lastebilane er lasta med utgjør verdilaust vatn (Nordtvedt, 2009).

Lite vitenskapleg arbeid har blitt gjort for og undersøkje kjølekjeda for fisk i praksis. Rediers et al. (2009) undersøkte kjølekjeda for salattypen endive frå produsent til ut

haldbarheitstida hos restaurant, totalt sju dagar. For å sikre optimal kvalitet burde temperaturen vere under 5 °C gjennom heile kjølekjeda. Forfattarane konkluderte med at kjølekjeda var oppretthaldt, og viste at det ved brot på kjølekjeda var signifikant auke i mikrobiell vekst, då særleg for koliforme bakteriar.

Akse et al. (2006) vurderte effekt av superkjøling ved transport av torskefilet frå Aker Seafood AS sitt filetanlegg i Hammerfest til Grenaa i Danmark. Temperaturloggane viste temperaturen i eskene med superkjølt filet haldt seg stabil rundt -1,0 °C i løpet av den fire dagar lange transportetappen, det trass i ein auke i omgivnadstemperaturane ved fire anledningar. Rapporten konkluderte med at kjølekjeda ikkje var broten.

Næringsmiddelprodusentane skal kunne ha kontroll med kjølekjeda fram til kunden har motteke varene. For å oppnå best mogleg kvalitet og haldbarheit er det viktig at kundane, butikkar, restaurantar og til slutt konsumentar gjer sitt for og oppretthalde kjølekjeda. Likar og Jevsnik (2006) undersøkte temperatur i kjølediskar og frysediskar i sytten ulike matvarebutikkar i Ljubljana, Slovenia. Temperaturen blei undersøkt for diskar som oppbevarte kylling i emballasje, pølser i emballasje, smør, yoghurt, cottage cheese, kremfløte, iskrem og egg. Forfattarane konkluderte med at kjølekjeda var dårleg oppretthaldt, då særleg for meierivarer og iskrem. Dei var også av den oppfatning at butikkpersonalet prioriterte promotering av varer framfor matvaretryggleiken. Esaiassen et al. (2006) simulerte eit kjølekjede i butikkforsøk, og lagra filet og filetbitar av høvesvis laks og torsk på plastskåler trokke med plastfolie. Prøvane blei lagra ved 0 °C, 4 °C og 7 °C i inntil femten dagar. Resultata viste at fisk lagra ved 4 °C og 7 °C blir forringa ein og ein halv og to gonger raskare enn ved lagring på 0 °C.

5.5 Temperaturlogging

Bruk av temperatursensorar til overvaking av kjølekjeder er blitt meir og meir vanleg i næringsmiddelindustrien, samt i medisinsk og farmasøytisk industri. Det eksisterer mange ulike produsentar og modellar av temperatursensorar.

Rediers et al. (2009) nytta sensortypen Testo T175-T2 i sine undersøkingar. I forsøket blei temperatur registrert kvart minutt gjennom heile kjølekjeda. Sensorane blei plassert i plastkassane endiven blei frakta i, og det blei plassert ein sensor i midten, ein i botn og ein

på toppen av pallen. Resultata avdekte som nemnt i punkt 5.4.5 at kjølekjeda var oppretthaldt, men at det var variasjon mellom dei ulike sendingane og dei ulike restaurantane.

5.6 Mål på kvalitet - QIM

Det har blitt utvikla fleire måtar å kvantifisere grad av kvalitet på. Midt på 1980 talet utviklar forskarar ved Tasmanian Food Research Unit i Australia, det opphavet til det skjemaet som i dag blir omtalt som Quality Index Method scheme (QIM). I 1997 vedtok EU prosjektet "Evaluation of Fish Freshness" at ein rask og effektiv metode for kvalitetsvurdering var naudsynt, då særleg med tanke på in-line prosessar og fiskeauksjonar. Formålet var å sikre konsumentane mot å betale overpris for fisk med nedsett kvalitet (Martinsdóttir et al., 2003).

Prinsippet bak QIM er å bruke sensoriske evner til å vurdere kvaliteten på rå fisk gjennom eit sett definerte sensoriske parameter, auge, skinn, gjeller og lukt. Kvart punkt har ein graderingsskala frå 0 til 3, der 0 indikerer optimal kvalitet. Med utgangspunkt i resultatet kan alder og resterande haldbarheitstid estimerast (Martinsdóttir et al., 2003).

Det har dei seinare åra blitt utvikla QIM-skjema for ei rekkje fiskeslag. Sveinsdottir et al. (2003) utvikla skjema for heil oppdrettslaks, og definerte med det maksimal haldbarheitstid ved lagring på is til 20 – 21 dagar. Skjemaet var opphavleg oppbygd av fem hovudparametrar: Skinn, auge, buk, gjeller og tekstur. Kvar hovudparameter har fleire underparametrar, som maksimalt kan gje 22 poeng. I etterkant har skjemaet blitt utbedra, og inkluderer no også rigorstatus (Sveinsdottir et al., 2002). Maksimal poengsum er i dag 24, noko som indikerer uetande vare. Resultata viste at det var god korrelasjon mellom alder og grad av forringing.

Cardenas Bonilla et al. (2007) utvikla QIM skjema for ferske torskefiletar. Forskjellen på QIM skjema for heil fisk og fillet er eit større fokus på fiskekjøtet, der parametrar som tekstur, farge på blod og kjøt, lukt, grad av lys farge og filetspalting blir vurdert. For torskefilet er maksimal poengsum 18 poeng. NOFIMA Marin, tidlegare Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS, har utvikla eit skjema for vurdering av filet av laks, med

maksimal poengsum på 13 poeng. Dei har valt å definere skjemaet som eit fileindekskjema, men oppsettet er basert på QIM (NOFIMA).

NOFIMA nyttar fileindeksmetoden og QIM ofte i sine arbeid (Akse et al., 2007; Esaiassen et al., 2006; Herland et al., 2009; Joensen et al., 2000). Erikson et al. (2011) nytta QIM i sine undersøkingar på effekten av superkjøling for kvalitet på laks.

5.7 Statistiske metodar

Det finst fleire statistiske metodar for og undersøkje variasjon mellom datasett. I denne oppgåva har para T-test med p-verdi og T-verdi blitt nytta. T-test er den vanlegaste måten å samanlikne datasett frå to grupper på. Formålet med testen er å undersøkje om forskjellane i datasetta er signifikante, eller om det er tilfeldig. Ein nyttar hypotesetesting og definerer eit sett hypotesar:

H_0 : Det er ikkje forskjell mellom gruppene

H_1 : Det er forskjell mellom gruppene

Resultatet blir gitt i form av ein T-verdi og ein p-verdi. Ein kan forkaste nullhypotesen dersom alfaarealet i t-fordelinga si kvantiltabell for gitt signifikansnivå og talet på fridomsgradar er større enn T-verdien, eller dersom p-verdien er mindre enn gitt signifikansnivå (Løvås, 2004).

6.0 Material og metode

6.1 Forsøk 1 – 5: Metodeutvikling og temperaturlogging

For registrering av temperatur blei temperatursensorane Thermo Button frå produsenten Proges, nytta. Sensorane blei programmerte og lest av ved hjelp av dataprogrammet Thermotrack PC V6. Før bruk blei sensorane vakuumpakka i vakuumposar, dette for å unngå fukt og kontaminering av produkt. Vakuumpakking blei nytta for å sikre nøyaktig temperature registrering. Det blei registrert temperatur kvart tiande minutt.

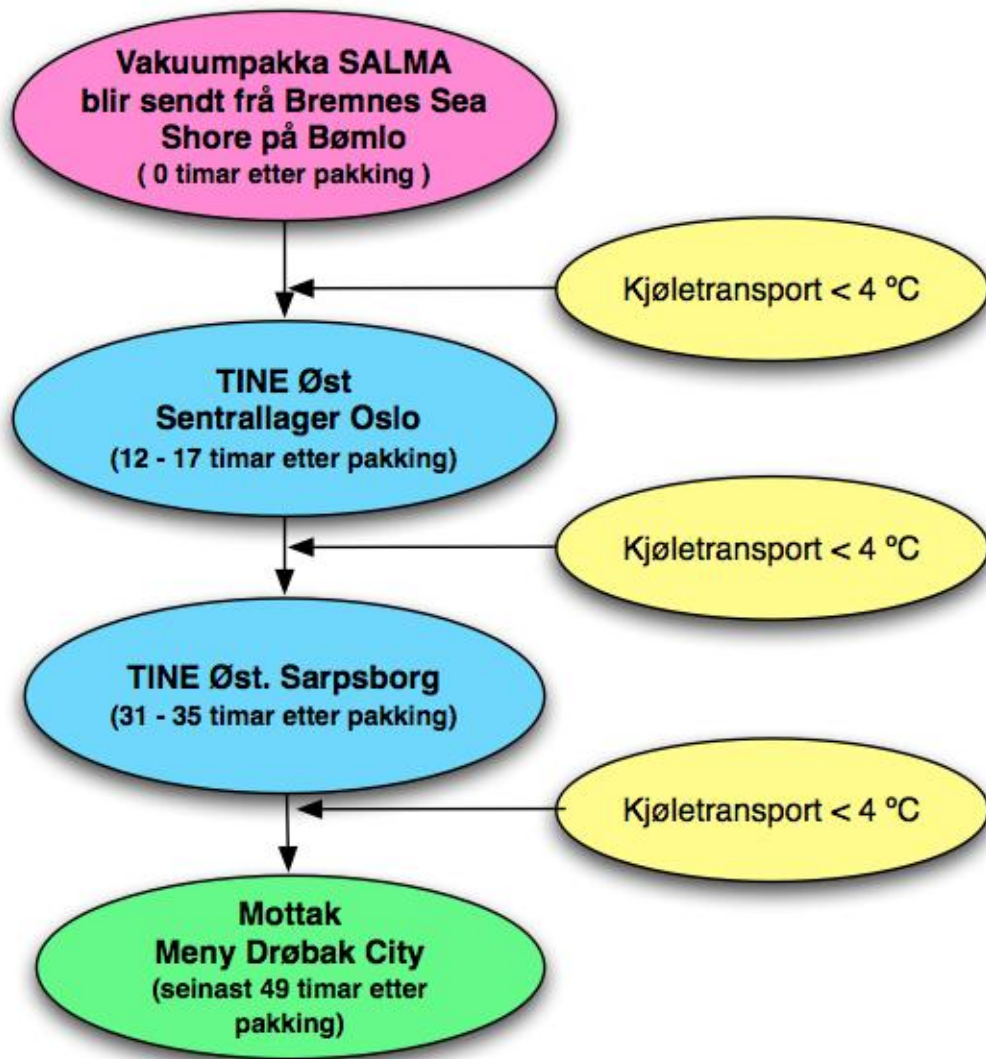
Det blei gjennomført fem forsøk der SALMA blei pakka ved lakseslakteriert Bremnes Seashore på Bømlø i Hordaland og sendt til NorgesGruppen sin butikk Meny Drøbak City. Kvart forsøk blei utført på to kassar med ½ loins SALMA laks, om lag 6 kg laks per kasse. I forsøka blei det nytta to ulike kjølemedier, gelice og tørris, og ein kombinasjon av desse. Oversikt over forsøksdesign med detaljer er vist i tabell 1.

Kvar kasse blei utstyrt med tre temperatursensorar: Ein plassert i botnen, ein på undersida av lokket og på ein oversida av lokket. Sensoren i botnen av kassa blei definert som referanse for kjernetemperatur. Sensoren under lokket blei nytta for og undersøkje kor stor påverknad temperaturen i omgivnadane hadde for maksimaltemperaturen i kassane, og sensoren på oversida av lokket registrerte omgivnadstemperaturane. Dei vakuumpakka sensorane var festa til kassane med sølvteip. Sensorane var nummererte og plasseringa til dei respektive nummera var definert på førehand. Sensorane blei passert i kassane av personalet ved Bremnes Seashore etter angitt instruks.

Ved to høve blei ein fjerde sensor nytta. I forsøk nr. 2 blei ein sensor festa direkte til emballasjen til ein filet. Dette blei gjort ved hjelp av alminneleg kontorteip, og filetene var etter fjerning av sensor egna for sal. I forsøk nr. 4 blei ein sensor plassert i kjernen av fileten før vakuumpakking, dette for å få eit så nøyaktig mål på kjernetemperatur som mogleg. Fileten med sensor vakuumpakka som ordinær vare, men blei tydeleg merke som usalbar vare, og blei fjerna frå kassen i butikk.

Kassane blei tysdag ettermiddag sendt frå Bremnes Seashore til TINEs sentrallager på Kalbakken i Oslo. Derifrå blei kassane frakta til TINE sitt kjølelager i Sarpsborg, før dei torsdag morgon blei frakta med ordinær TINE bil, saman med øvre meieriprodukt, til Meny

Drøbak City. Kjølekjeda frå slakteri til butikk er vist i figur 2. Sensorane blei henta ut frå kassane rundt ankomsttidspunktet, og lest av same dag.



Figur 2. Kjølekjede for SALMA laks frå Bremsnes Seashore til Meny Drøbak City

Tabell 1 – Oversikt over forsøk 1 - 5 med informasjon vdr. mengde kjølemedium, mengde SALMA, mengde is pr. kg SALMA, kjølekapasitet pr. kg SALMA, inngangstemperatur og kommentarer til dei respektive forsøka.

Forsøk	Dato	Kjøle- medium	Mengde kjølemedium	Mengde SALMA	Mengde kjølemedium pr. kg SALMA	Kjølekapasitet pr. kg SALMA	Inngangs- temperatur	Kommentar
1	05.10.2010 - 07.10.2010	Gelice	Kasse 1: 4 stk á 500 gram Kasse 2: 4 stk á 500 gram	Kasse 1: 5,40 kg Kasse 2: 6,10 kg	Kasse 1: 370,37 g Kasse 2: 327,87 g	Kasse 1: 170,37 kJ Kasse 2: 150,82 kJ	8,8 °C	Metodeutvikling Gelice
2	19.10.2010 - 21.10.2010	Gelice	Kasse 1: 4 stk á 500 gram Kasse 2: 4 stk á 500 gram	Kasse 1: 6,80 kg Kasse 2: 7,10 kg	Kasse 1: 294,12 g Kasse 2: 281,69 g	Kasse 1: 135,30 kJ Kasse 2: 129,58 kJ	6,8 °C	Gjentak forsøk 1 + kjernetemperatur
3	02.11.2010 - 04.11.2010	Tørris	Kasse 1: 700 gram Kasse 2: 760 gram	Kasse 1: 5,50 kg Kasse 2: 6,10 kg	Kasse 1: 127,27 g Kasse 2: 124,50 g	Kasse 1: 72,71 kJ Kasse 2: 71,13 kJ	9,3 °C	Metodeutvikling Tørris
4	09.11.2010 - 11.11.2010	Tørris	Kasse 1: 670 gram Kasse 2: 670 gram	Kasse 1: 6,10 kg Kasse 2: 6,70 kg	Kasse 1: 109,84 g Kasse 2: 100,00 g	Kasse 1: 62,75 kJ Kasse 2: 57,13 kJ	8,1 °C	Gjentak forsøk 3 + kjernetemperatur
5	16.11.2010 - 18.11.2010	Gelice + tørris	Kasse 1: 1 stk gelice á 500 gram + 570 gram tørris Kasse 2: 1 stk gelice á 500 gram + 570 gram tørris	Kasse 1: 6,10 kg Kasse 2: 5,90 kg	Kasse 1: 81,97 g gelice + 93,44 g tørris Kasse 2: 84,75 g gelice + 96,61 g tørris	Kasse 1: 91,09 kJ Kasse 2: 94,18 kJ	3,7 °C	Kombinasjonsforsøk Gelice + Tørris

6.2 Forsøk 6: Lagringsforsøk

For å undersøke temperaturutvikling over tid i kassane ved bruk av ulike kjølemedium blei forsøk 6 gjennomført. Seks kassar med om lag 6 kg SALMA, blei pakka ved Bremnes Seashore tysdag 7. desember 2010, og sendt med ordinær kjøletransport til TINE FoU avd. Kalbakken i Oslo, jf. tabell 2. Kvar kasse var utstyrt med tre temperatursensorar, og plasseringa av dei var i samsvar med plasseringa av sensorane i forsøk 1 – 5. Det blei registrert temperatur kvart tiande minutt.

Etter ankomst Kalbakken blei kassane sett på kjølerom i 13 dagar, innstilt på 4 °C. Ein ekstra kasse med fire filetar blei sendt for mikrobielle analysar hos det mikrobiologiske laboratorium ved TINE FoU avd. Kalbakken og blei definert som nullprøve. I lagringsforsøket blei gelice eller tørris, og ein kombinasjon desse nytta som kjølemedium. Filetane sendt for mikrobiologiske analysar blei kjølt med gelice.

Tabell 2 - Oversikt over forsøk 6 med informasjon vdr. mengde kjølemedium, mengde SALMA, mengde kjølemedium pr. kg SALMA, kjølekapasitet pr. kg SALMA for dei respektive kassane.

Kasse	Kjølemedium	Mengde kjølemedium	Mengde SALMA	Mengde kjølemedium pr. kg SALMA	Kjølekapasitet pr. kg SALMA
1	Gelice	4 stk á 500 gram	6,30 kg	317,46 g	146,03 kJ
2			6,70 kg	298,51 g	137,32 kJ
3	Tørris	570 gram	6,40 kg	89,06 g	50,88 kJ
4			6,10 kg	93,44 g	53,38 kJ
5	Gelice + tørris	1 stk gelice á 500 gram + 570 gram tørris	6,70 kg	74,63 g gelice 84,07 g tørris	82,36 kJ
6			6,30 kg	79,37 g gelice 90,48 g tørris	77,20 kJ
Ekstra	Gelice	1 stk á 500 gram	1,30 kg	384,62 g	176,93 kJ

For å registrere temperaturutvikling blei sensorane festa på tilsvarande plasseringar som i forsøk 1 – 5. jf. pk. 6.1. Den ekstra kassen var ikkje utstyrt med sensorar. Kassane blei pakka etter gitt instruks, og sendt frå Bremnes Seashore på ettermiddagen tysdag 7. desember 2010, og ankom TINE FoU avd. Kalbakken natt til onsdag 8. desember 2010.

Kassane blei sett på TINE FoU sitt kjølelager på morgonen same dag. Der blei kassane oppbevart til 20. desember 2010, då dei blei opna og temperatursensorane blei tekne ut og lest av.

6.2.1 Mikrobiologi

Mikrobiologiske analysar blei gjennomført av både fersk og lagra SALMA produsert den 7. desember 2010. Analysar for innhald av totaltal av aerobiske bakteriar og H₂S-produserande bakteriar blei gjennomført av laboratorieingeniørane Cecilie Rask og Elin Fløttum ved TINE FoU avd. Kalbakken. Fire filetar blei analysert som nullprøve den 8. desember 2010. Frå lagringsforsøket blei 4 filetar pr. kasse, totalt 24 filetar analysert, og analysen blei starta like etter kassane blei opna den 20. desember 2010.

Analyse for aerobisk totaltal og H₂S-produserande bakteriar blei gjennomført ved bruk av jernagar (Iron Agar (Lyngbu) utan L-Cysteine) tilsett 0,04 % L-cystein. Laksen blei homogenisert ved hjelp av Stomacher (Smasher. AES Laboratoire) og sterile filterposar (BagFilter. Universal Standard Quality Certified). Prøvane blei fortynna ved hjelp av fortynningspumpa DosiDilutor (ILU Instruments) og sådd ut i to parallellar på fortynningsgrad 10⁻¹ til 10⁻⁷. Petriskålene blei inkubert ved 20 °C i 3 døgn før resultatane blei lest av. Det totale talet på koloniar utgjer totaltalet, medan H₂S-produserande bakteriar framstår på agaren som svarte koloniar.

6.2.2 Drypptap

Drypptap blei undersøkt på seks filetar per kasse, totalt 36 filetar. Kassane bestod av ein miks av belly og back loins. Tre back loins og tre belly loins blei undersøkt frå kvar kasse. Nettovekt på etikett blei notert før veging. Drypptapet blei undersøkt ved å først vege fileten med emballasje og etikett. Deretter blei emballasjen opna, fileten teken ut, og haldt i lufta for avrenning i 2 – 3 sekund før veging. Differansen mellom vekta av komplett vakuumert SALMA og avrent filet minus emballasje blei definert som drypptap. Vekta på emballasjen blei definert på bakgrunn av veging av 10 komplette sett med emballasje, og gjennomsnittet på 17.13 g blei nytta ved utrekning.

6.2.3 QIM

Quality Index Measurements (QIM) blei gjennomført på filetene som blei undersøkt for drypptap. Skjemaet ”*QIM-skjema for klassifisering av laksefilet*” blei nytta under testen, der 0 poeng indikerer prima kvalitet og 13 poeng indikerer svært dårleg kvalitet. Filetene blei randomiserte ved tresifra nummer, og eit panel på seks personar gjennomførte testen. Panelet blei i forkant av testen kalibrert ved å vise eit utval av filetar av bra og dårleg kvalitet. Deltakarane fekk utlevert eit skjema for kvar filet, totalt 36 filetar. Kvar dommar vurderte 18 filetar, og kvar filet blei vurdert av tre dommarar. Fordelinga mellom dommarane var sortert for å sikre at ingen vurderte den same filetsamansetninga.

6.3 Forsøk 7: Temperaturprofil i kjøledisk

For undersøking av temperaturprofilen i kjølediskar blei femten matvarebutikkar i Oslo og Akershus undersøkt. I tillegg blei temperatur målt i kjølediskane og på kjølerom. Til temperaturmåling blei det nytta TENMA 72-828 Digital IR Thermometermhuuel, og det blei målt mellom tre og fem parallellar pr. målestad.

Sju av butikkane blei undersøkt med temperatursensorar over eit tidsperspektiv på ei veke. Det blei nytta to sensorar pr. butikk og temperaturen blei registert kvart tiande minutt og sensorane var programmerte og vakuumpakka som skildra i punkt 6.1 I butikk blei sensorane festa til botnen kjølediskane ved hjelp av teip. Pakkar med SALMA blei lagt over sensorane.

6.4 Forsøk 8: Dokumentering av rutinar vdr. mottak og kjøling av fisk i butikk

Det blei gjennomført ei spørjeundersøking i dei femten butikkane for å kartleggje rutinar rundt behandling av fiske generelt og SALMA spesielt. Spørjeskjemaet bestod av 18 spørsmål (jf. appendix), og var retta mot personale med ansvar i fiskeavdelinga, eller butikksjef. Resultata blei samanfatta i både kvalitativ og kvantitativ form.

6.5 Databehandling

Datamateriale frå temperaturlogging for transportforsøka, langringsforsøket og ved undersøking av kjølediskar i butikk, blei behandla ved bruk av Microsoft Excel. Ved grafisk framstilling av temperaturkurver blei artemisk gjennomsnitt på data nytta. Mikrobiologiske resultat er basert på geometrisk gjennomsnitt av rådata. Statistiske utrekningar blei gjort i Minitab (versjon 15), og para t-test blei nytta med konfidensnivå 95 % ($p < 0,05$).

For forsøk 2 og 4 blei det gjennomført ein hypotesetest med para t-test for og undersøkje om det var signifikante forskjellar mellom sensor i botnen av kassen og rundt filet (forsøk 2) eller inni filet (forsøk 4). Hypotesane som låg til grunn for hypotesetesten var:

*H₀: Det er forskjell i temperatur mellom sensor i
botnen av kassen og sensor tilknytta filet*

*H₁: Det er ikkje forskjell i temperatur mellom sensor i
botnen av kassen og sensor tilknytta filet*

For forsøk 6, blei det gjennomført ein hypotesetest på resultata frå drypptapanalysar og QIM i forhold til dei ulike kjølemedia og filetype. Hypotesen som låg til grunn for hypotesetesten med para t-test for drypptapet var:

H₀: Det er ikkje forskjell i drypptap mellom ulike kjølemedium

H₁: Det er forskjell i drypptap mellom ulike kjølemedium

Hypotesen som låg til grunn for hypotesetesten med para t-test for QIM var:

H₀: Det er ikkje forskjell i QIM resultat for filet kjølt ulike kjølemedium

H₁: Det er forskjell i QIM resultat for filet kjølt ulike kjølemedium

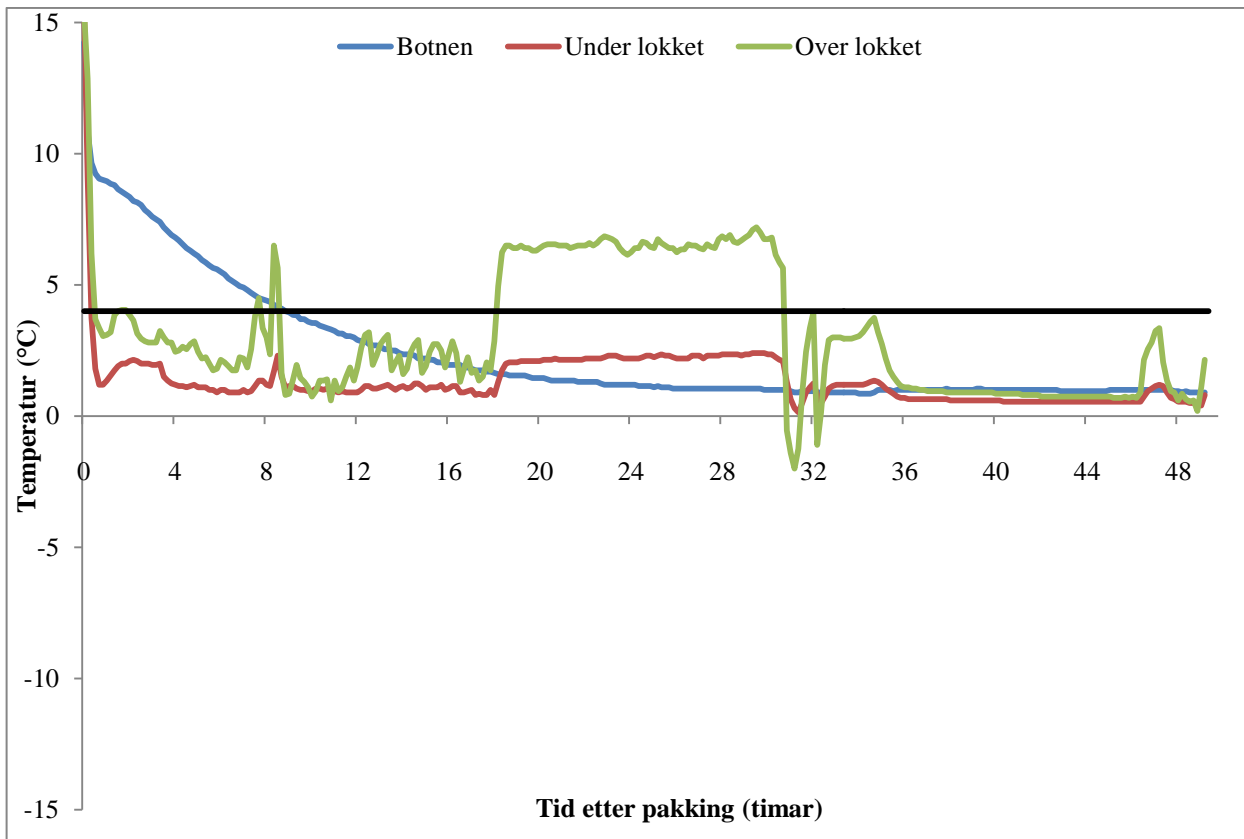
Ved undersøking av temperaturutvikling i samband med avriming av kjøledisk i forsøk 7, blei resultata frå dei første 24 timane av loggingane lagt til grunn. Data blei gjennomgått og ei subjektiv vurdering om når temperaturaukinga byrja blei lagt til grunn for data.

7.0 Resultat

7.1 Forsøk 1: Metodeutvikling og temperaturlogging

Ved bruk av konvensjonell kjølemetode viste forsøk 1 at det tok 8 timar og 50 minutt frå filettane blei pakka til temperaturen i botnen av kassen nådde temperaturgrensa på 4 °C, og ytterlegare 14 timar og 40 minutt før temperaturen stabiliserte seg, jf. figur 3. Etter 17 timar auka temperaturen i omgivnadane, men temperaturen i botnen av kassane heldt seg stabil. Temperaturen under lokket auka parallelt med endring i omgivnadstemperaturane, men heldt seg innanfor gitt øvre temperaturgrense på 4 °C.

Temperaturen i omgivnadane blei registrert i alle seks forsøka. Trenden gjeldane for dei fem første forsøka var at temperaturen i løpet av den første timen etter pakking gjekk ned frå temperaturen i produksjonslokala, >10 °C, til under 4 °C. Ved eit tidrom mellom 4 og 8 timar etter pakking blei det registrert ei endring i omgivnadstemperaturane. Dette tidsrommet er i same tidsrom som laksen blei sendt frå slakteriet og dermed blir flytta frå kjølelager til lastebil. Etter mellom 12 og 17 timar auka temperaturen i omgivnadane merkbar og heldt seg stabil i mellom 11 og 16 timar før temperaturen på nytt blei merkbar endra. Første temperaturstigninga var i det tidsrommet laksen frå kom fram til sentrallageret ved TINE Meieriet Oslo. Når laksen etter mellom 26 og 31 timar blei frakta vidare til TINE Meieriet Sarpsborg blei det registrert endring i omgivnadstemperaturane. Under transporten var temperaturane ujamne, men etter ankomst TINE Meieriet Sarpsborg, etter mellom 31 og 35, timar utjamna temperaturen seg og heldt seg låg fram til utkjøring. Utkjøringa fann stad mellom 41 og 46 timar etter pakking og nådde butikken seinast etter 49 timar.

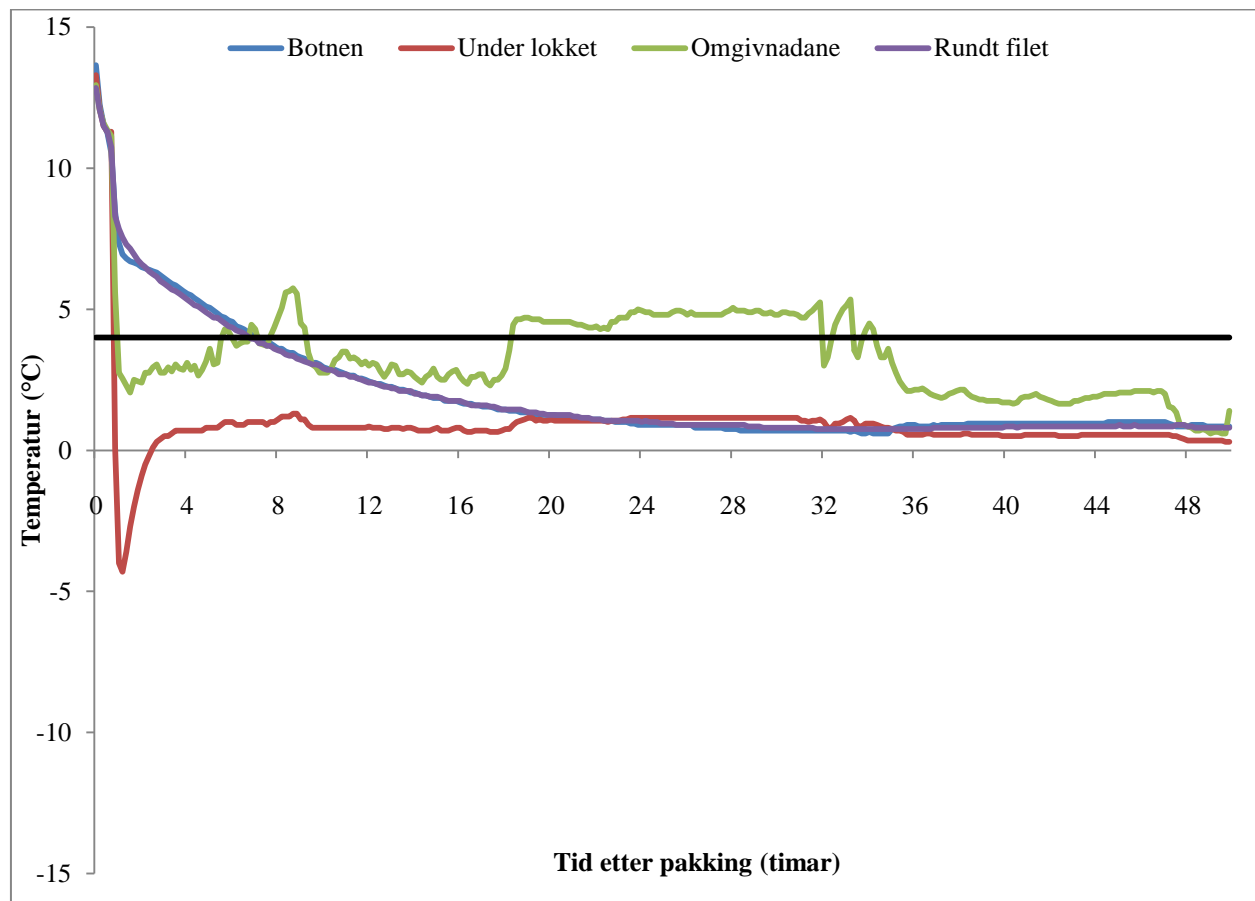


Figur 3. Utvikling i temperatur forsøk 1 ved kjøling med gelice. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

7.2 Forsøk 2: Metodeutvikling og temperaturlogging

Gjentak av forsøk nr. 1 viste same resultat som i forsøk 1, samt at temperaturen i botnen av kassane var proporsjonal med temperaturen målt med sensor festa rundt ein filet (Figur 2). Resultat frå para T-test stadfester, med 95 % konfidensintervall, at temperatur målt i botnen av kassen kan nyttast som mål på temperatur i fileten, då det ikkje er signifikant forskjell mellom temperatur i botnen av kassane og temperaturen målt rundt fileten, jf. tabell 3.

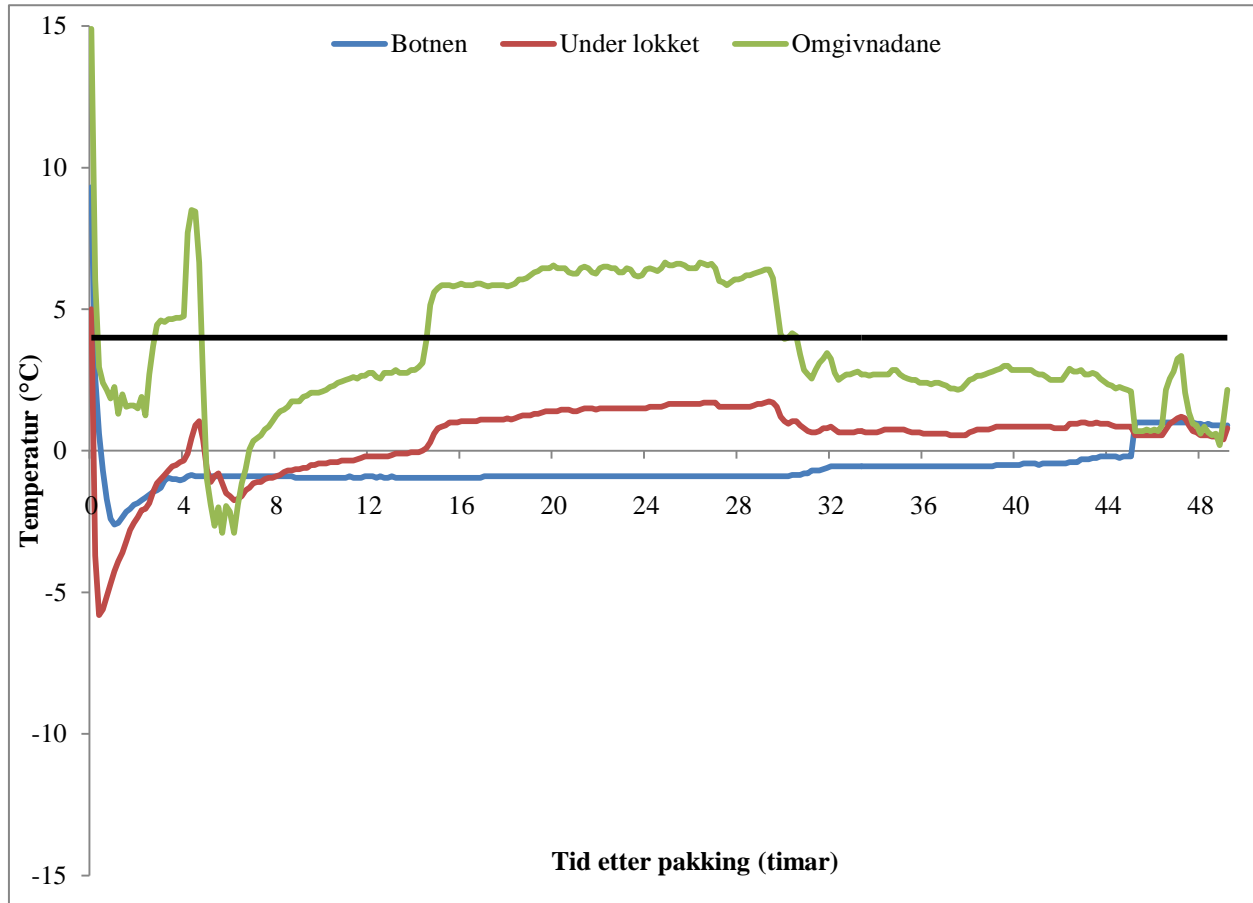
I forsøk 2 nådde temperaturen i botnen av kassane 4 °C etter 7 timar og 10 minutt. Resultata viste at temperaturen i botnen og rundt fileten var jamne. Endring i temperaturen under lokket var parallell med endring i omgivnadstemperatur.



Figur 4. Utvikling i temperatur forsøk 2 ved kjøling med gelice. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, kjønetemperaturen er illustrert med lilla linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

7.3 Forsøk 3: Metodeutvikling og temperaturlogging

Ved bruk av tørris som kjølemedium fall temperaturen til under 4 °C i løpet av dei første 10 minutta etter pakking (Figur 5). Temperaturen holdt seg under 0 °C i 44 timar og 20 minutt, og var i løpet av det gitte tidsrommet i gjennomsnitt -0,8 °C. Temperaturen i botnen av kassane var stabil etter 3 timar. Endring i temperaturen under lokket var parallell med endring i omgivnadstempetur.



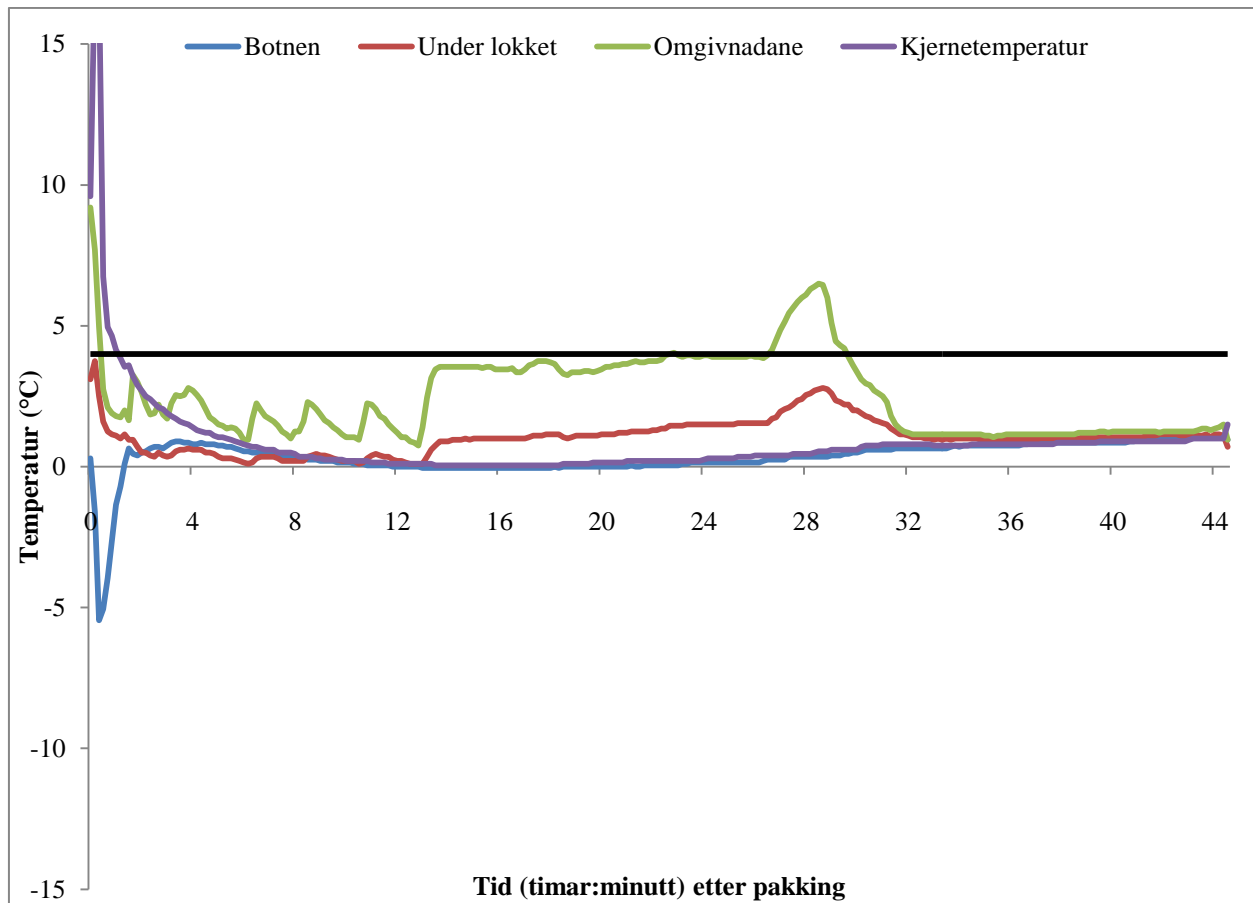
Figur 5. Utvikling i temperatur forsøk 3 med tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

7.4 Forsøk 4: Metodeutvikling og temperaturlogging

Gjentak av forsøk 3 med måling av temperatur som indikasjon på kjernetemperatur viste at kjernetemperaturen i fileten nådde 4 °C etter 70 minutt, og nådde lågast registrerte temperatur på 0.05 °C etter 13 timar og 30 minutt. Kjernetemperaturen var proporsjonal med temperaturen i botnen av kassen etter 4 timar og 10 minutt. Temperaturen i botnen av kassane haldt seg under 4 °C gjennom heile transportperioden, og var under 1 °C i 37 timar og 40 minutt.

Resultat frå para T-test stadfester at temperatur målt i botnen av kassen kan nyttast som mål på kjernetemperatur, då det ikkje er signifikant forskjell mellom temperatur i botnen av kassane og målt kjernetemperatur, jf. tabell 3.

Temperaturen i botnen av kassen fall under 4 °C i løpet av dei første 10 minutta etter pakking, og var under transportperioden i gjennomsnitt 0,3 °C. Etter 18 timar og 20 minutt startar ei svak temperaturauke, der temperaturen aukar frå 0,0 °C til 1,05 °C på 26 timar.



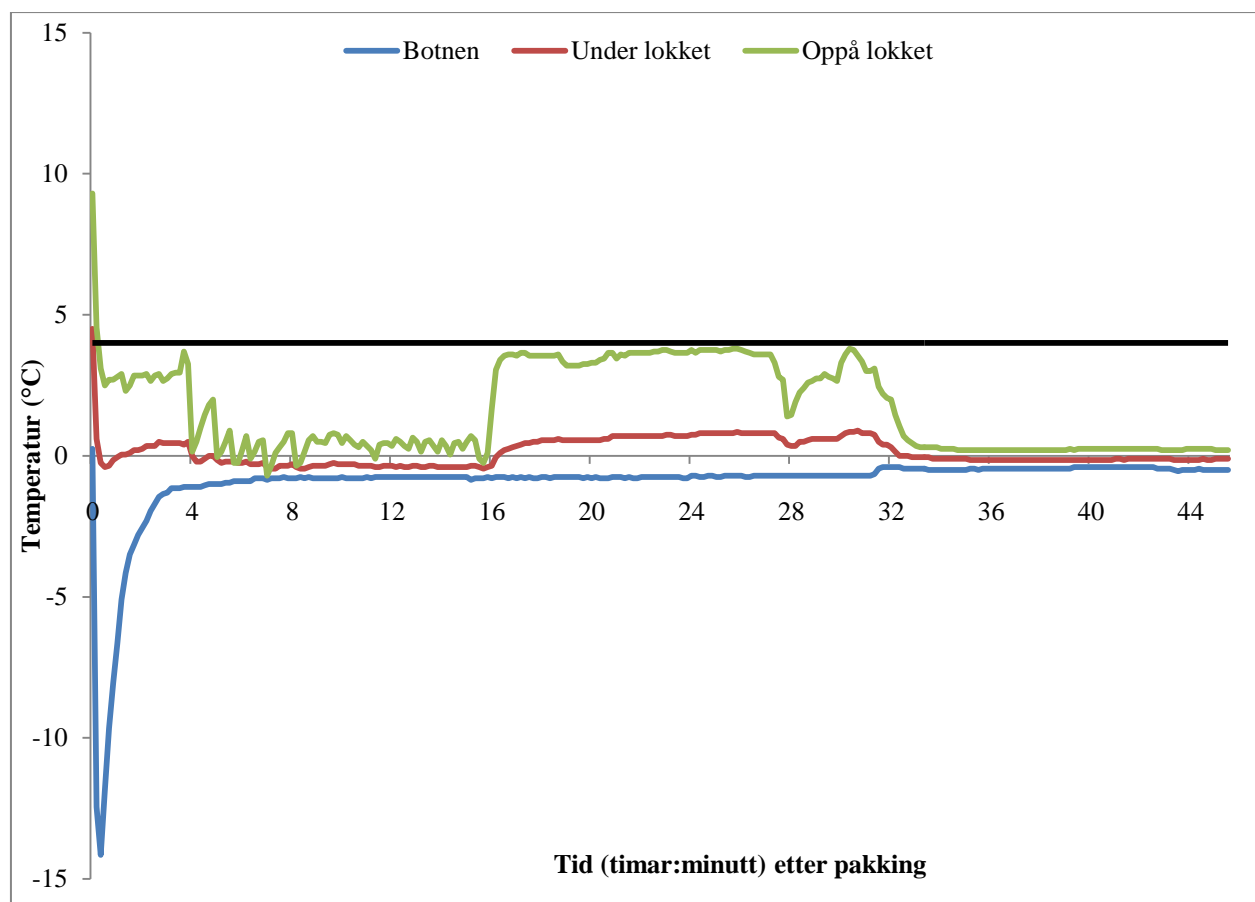
Figur 6. Utvikling i temperatur forsøk 4 med tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, kjernetemperaturen er illustrert med lilla linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grønn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

Tabell 3. Resultat para T-test forsøk 2 og 4

Parameter	Forsøk 2	Forsøk 4
T-verdi	2,90	3,47
p-verdi	0,04	0,01
α -areal (t-fordeling)	1,650	1,651

7.5 Forsøk 5: Metodeutvikling og temperaturlogging

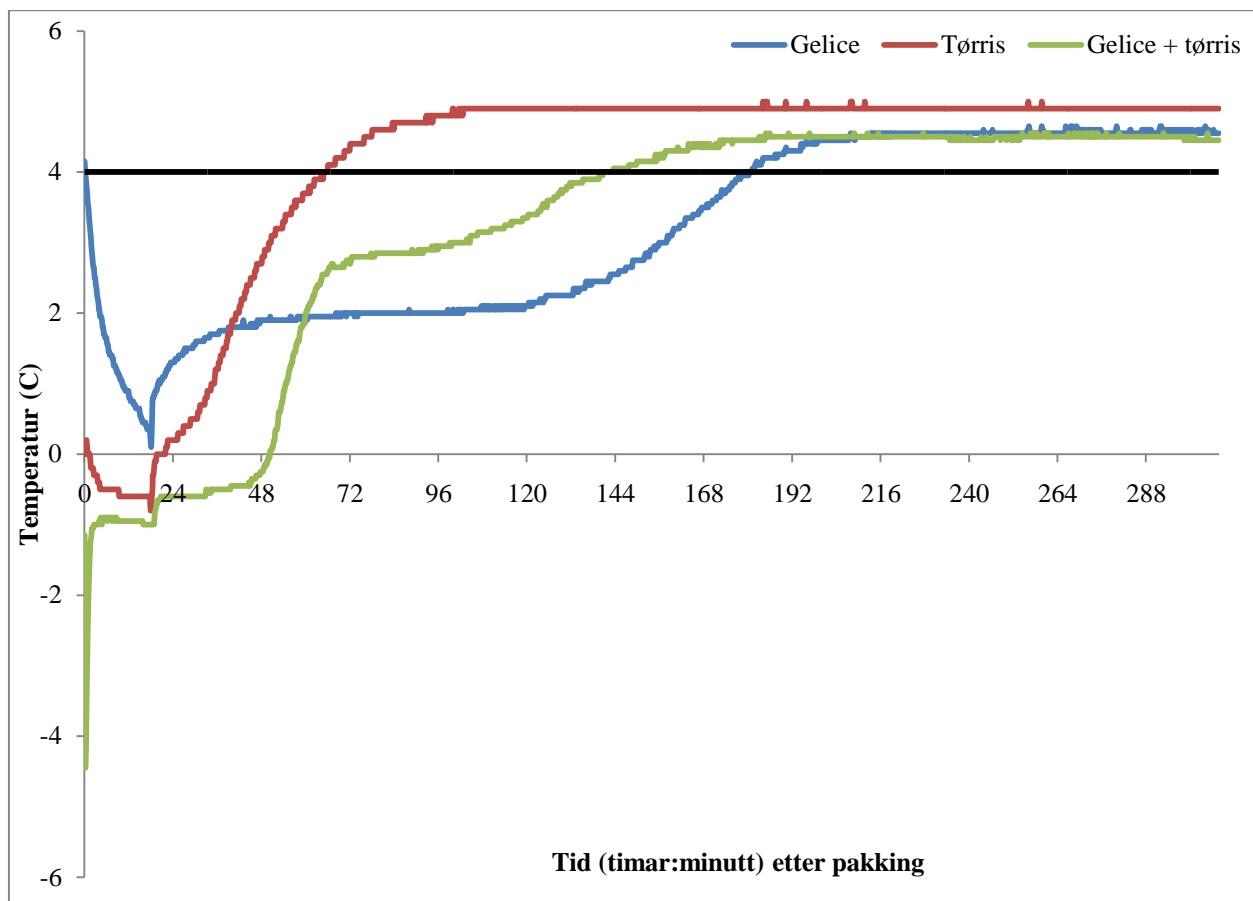
Kombinasjon av tørris og gelice som kjølemedium gav ein omgåande temperatursenking, jf. figur 7. Tempertur i botnen av kassane fall til under 0 °C i løpet av 10 minutt etter pakking, og haldt seg under 0 °C heile transportperioden på 45 timar og 30 minutt. Lågast registrerte temperatur i botnen av kassen var -14,15 °C. Det gjekk 2 timar frå pakking til temperaturen stabiliserte seg. Gjennomsnittleg temperatur frå temperaturen blei stabilisert og ut transportperioden var -0,7 °C. Etter 15 timar og 50 minutt auka temperaturen i omgivnadane i løpet av ein halvtime frå 0,1 °C til 3,6 °C. Auking i temperaturen under lokket følgjer same trend i temperaturmønster.



Figur 7. Utvikling i temperatur forsøk 5 med gelice og tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

7.6 Forsøk 6: Lagringsforsøk

Filetar kjølt ved bruk av gelice brukte i lagringsforsøket (jf. figur 8 og tabell 4) i gjennomsnitt 18 timar før temperaturen i botnen av kassen nådde 0 °C. Ved bruk av tørris eller kombinasjonen gelice + tørris sokk temperaturen i løpet av 10 minutt etter pakking til under 0 °C. Ved bruk av gelice åleine som kjølemedium tok det 19 timar og 50 minutt før temperaturen hadde auka til 1 °C. Tilsvarende temperaturstigning brukte 34 timar og 20 minutt, og 54 timar og 30 minutt for høvevis tørris og kombinasjonen gelice tørris. Den lengste kjøleeffekten hadde gelice, som haldt temperaturen i kassen under 4 °C i 179 timar og 20 minutt. Gjennomsnittleg omgivnadstemperatur var for heile forsøket 4,2 °C, med eit standardavvik på 0,9 °C.

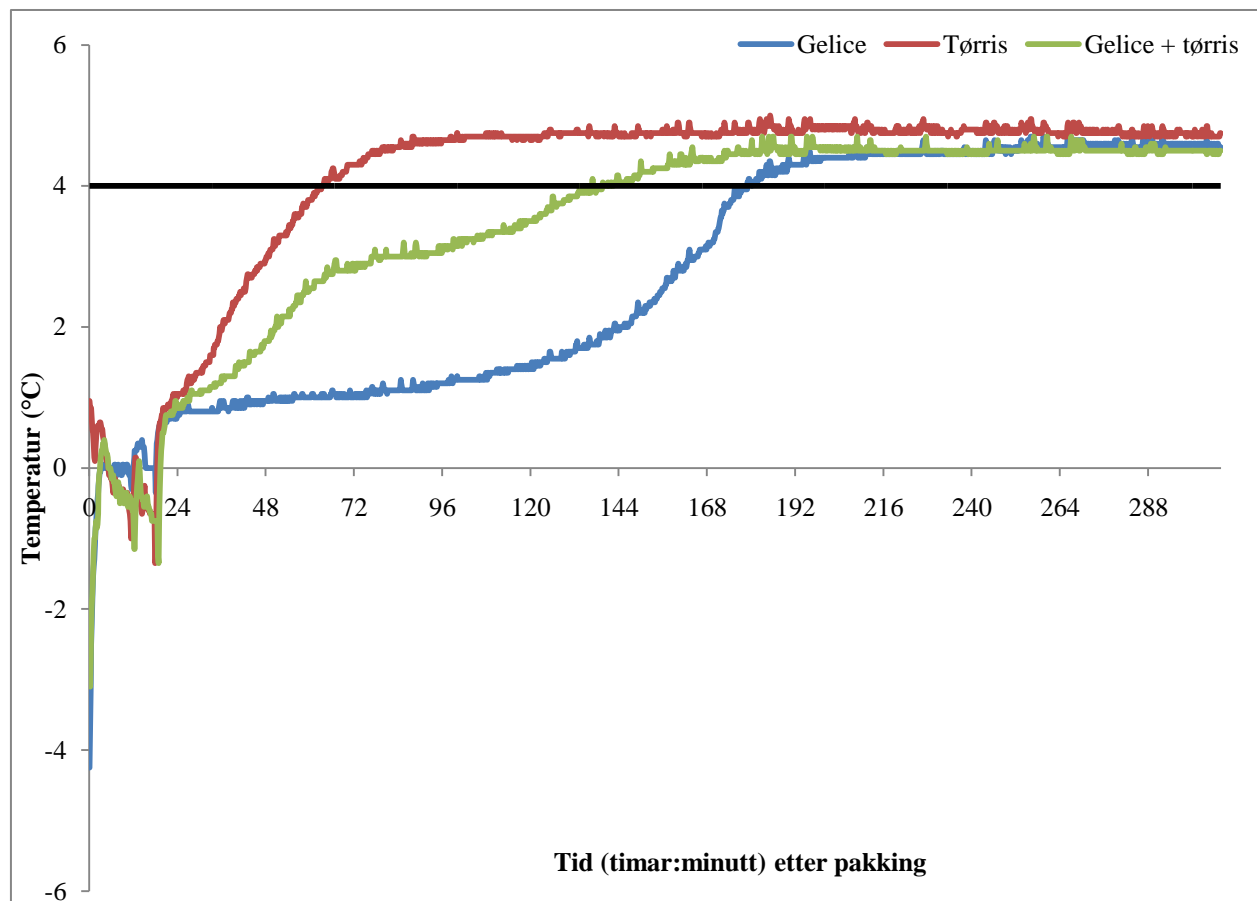


Figur 8. Utvikling i temperatur i botnen av kassane ved bruk av ulike kjølemedium. Gelice er illustrert med blå linje, tørris med raud og kombinasjonen gelice og tørris med grøn. Svart linje indikerer maksimal tillette temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

Tabell 4. Samandrag av utvikling i temperatur ved tid før gitt temperatur i botnen av kassen er nådd

Kjølemedium	Tid før gitt temperatur i botnen av kassen er nådd (t:min)			
	0 °C	1 °C	2 °C	4 °C
Gelice	18:00	19:50	68:10	179:20
Tørris	00:00	34:20	41:00	64:20
Gelice + tørris	00:00	54:30	60:00	140:10

Temperatur målt under lokket på kassane i forsøk 6 (jf. figur 9) stadfester resultatene fra temperaturmålingene fra botn av kassane (jf. figur 8). Gelice var med den gitte mengde det kjølemediet som holdt temperaturen under 4 °C over lengst tid, da det tok 178 timer og 50 minutter før temperaturen nådde 4 °C. Ved bruk av kombinasjonen gelice tørris tok det 135 timer og 50 minutter, og ved bruk av tørris alene tok det 62 timer før temperaturen oversteig 4 °C.



Figur 9. Utvikling i temperatur under lokket i kassane ved bruk av ulike kjølemedium. Gelice er illustrert med blå linje, tørris med raud og kombinasjonen gelice og tørris med grøn. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

7.6.1 Drypptap

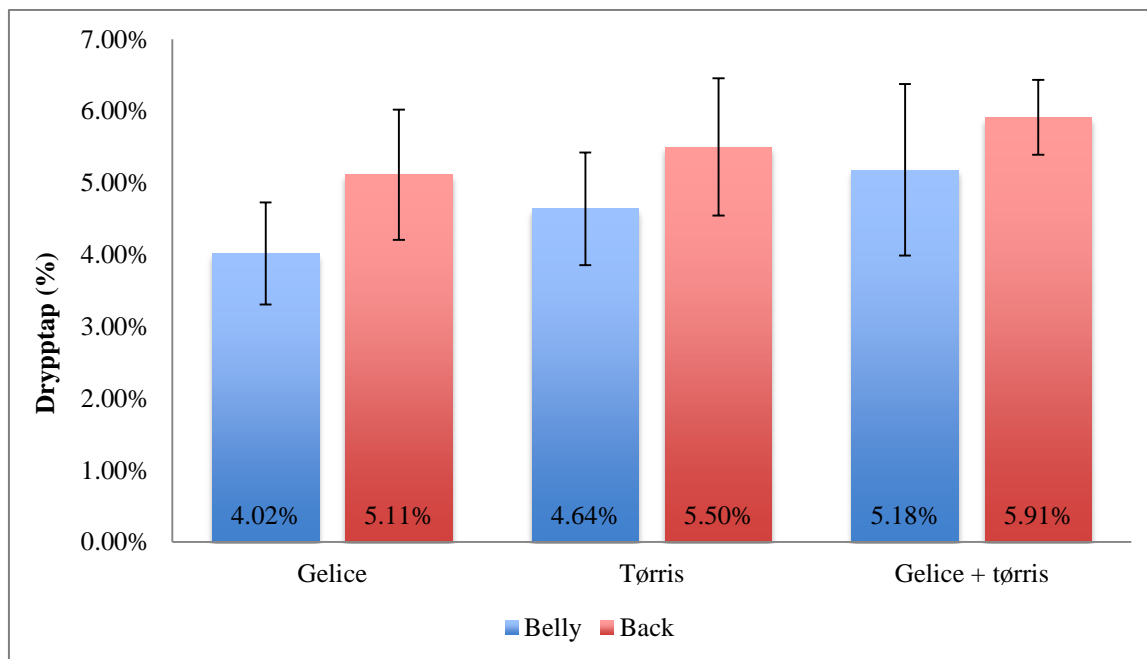
Belly loin hadde eit gjennomsnittleg drypptap, uavhengig av valt kjølemedium, på 4,61 %, jf. figur 10. Back loin hadde tilsvarende gjennomsnittleg drypptap på 5,51 %. Gelice gav lågast drypptap, 4,56 % i gjennomsnitt, medan kombinasjonen gelice tørris hadde eit drypptap på 5,55 % og tørris åleine hadde eit gjennomsnittleg drypptap på 5,07 %. Resultata viste at ved bruk av kombinasjonen gelice tørris får filetene i gjennomsnitt 0,99 % høgare drypptap enn ved bruk av gelice åleine.

Para t-test viste at det er signifikant forskjell på drypptapet når ein samanliknar laks kjølt med gelice mot kombinasjonen gelice tørris, jf. tabell 5. Det er også signifikant forskjell på drypptapet mellom belly loin og back loin uavhengig av kjølemedium og for belly og back loin kjølt med gelice.

Det var ikkje signifikant forskjell på drypptapet mellom belly og backloin kjølt med tørris eller kombinasjonen tørris gelice. Det same gjeld mellom gelice og tørris, mellom tørris og tørris gelice, samt mellom gelice og tørris gelice, uavhengig av filetype.

Tabell 5. Resultat para T-test for drypptap mellom ulike kombinasjonar av kjølemedium og type filet.

Parameter	p-verdi
Belly - Back loin	0,04
Gelice – Tørris	0,20
Gelice – Tørris + Gelice	0,02
Tørris – Tørris + Gelice	0,23
Gelice: Belly – Back loin	0,02
Tørris: Belly – Back loin	0,54
Tørris + Gelice: Belly – Back loin	0,21



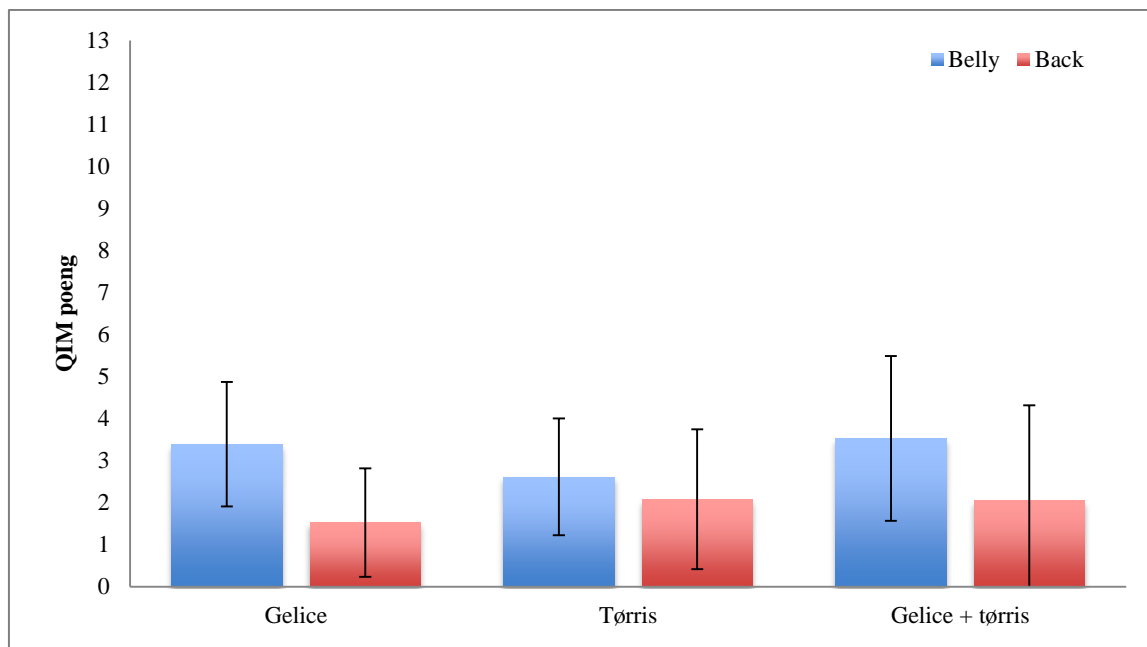
Figur 10. Drypptap frå belly og backloin kjølt med gelice, tørris og kombinasjonen gelice + tørris.

7.6.2 QIM

Belly loin oppnådde høgare totaltpoeng på QIM-skalaen enn back loin, uavhengig av valt kjølemedium. Det var ingen signifikant forskjell i QIM-poeng mellom dei ulike kjølemedia (jf. tabell 6). Belly loin kjølt med gelice og tørris har høgast gjennomsnittlege totalpoeng, 3,53 poeng, medan back loin lagra på gelice har lågast gjennomsnittlege totalpoeng, 1,53 poeng. Ved samanlikning av QIM-poeng mellom belly og back loin blei det funne ingen signifikante forskjellar.

Tabell 6. Resultat para T-test for QIM verdi på laks lagra i 13 dagar kjølt med gelice, tørris og kombinasjonen gelice + tørris.

Parameter	Belly vs. back	Gelice vs. Tørris	Gelice vs. Tørris + Gelice	Tørris vs. Tørris + Gelice
p-verdi	0,13	0,85	0,64	0,53



Figur 11. Resultat QIM for belly og back loin kjøtt med gelice, tørris og kombinasjonen gelice + tørris.

7.6.3 Mikrobiologi

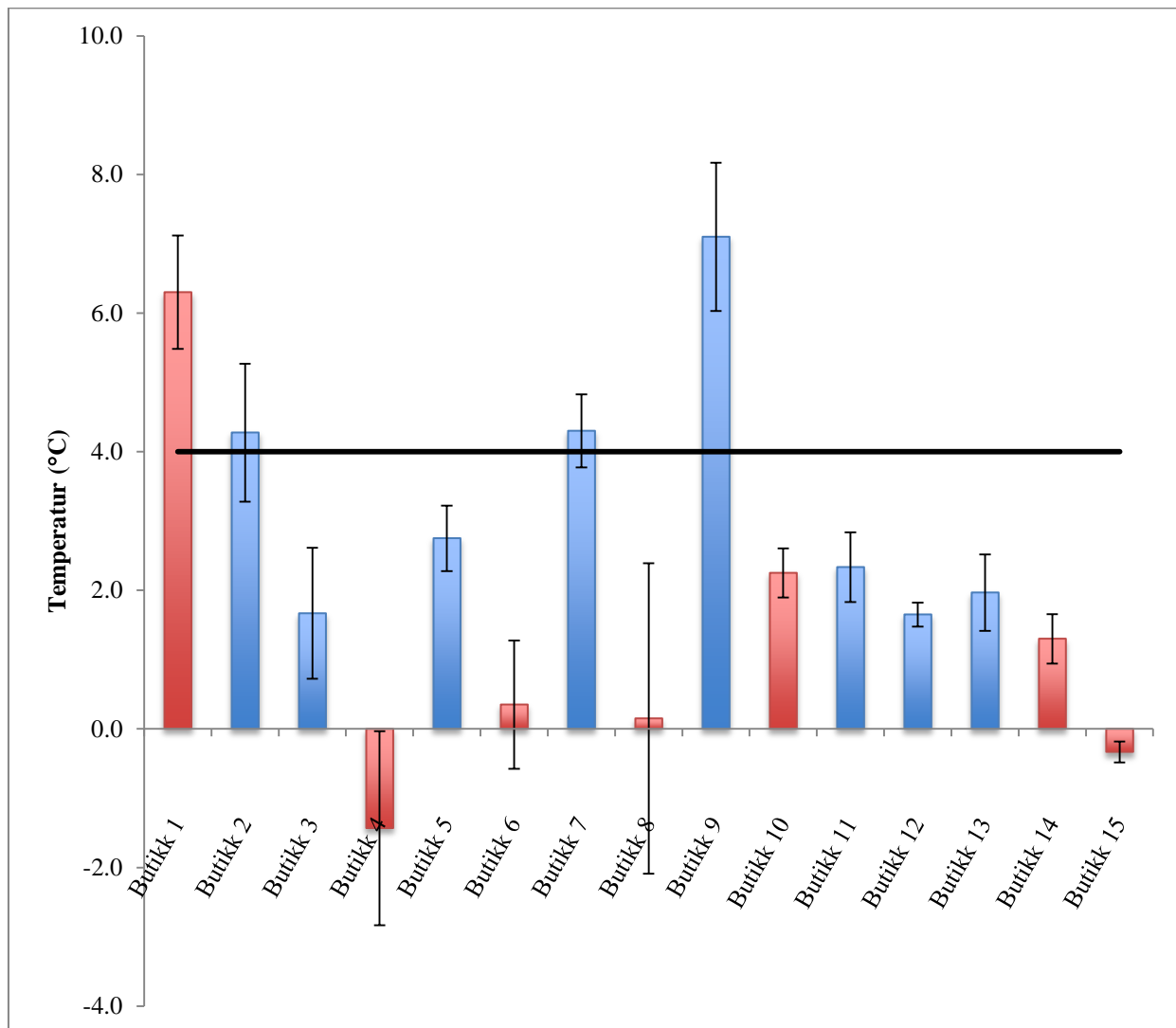
Mikrobiologiske analyser av SALMA viste i løpet av lagringsperioden var både den totale mikrobielle veksten og vekst av H₂S-produserende bakterier størst hos filetar kjølt ved bruk av tørris. Laks kjølt med gelice hadde lågast mikrobiell aktivitet etter endt lagring. Veksten av H₂S-produserende bakterier var ikkje proporsjonal med det totale talet på bakterier.

Tabell 7. Resultat frå mikrobiologiske analysar av fersk og laks lagra i 13 dagar.

	Kjølemedium	Totalt antall aerobe bakteriar (log cfu/g)	H ₂ S-produserende bakteriar (log cfu/g)
Fersk SALMA	Gelice	2,35	<2,00
Lagra SALMA	Gelice	5,51	2,80
	Tørris	6,10	3,69
	Gelice + tørris	6,01	3,12

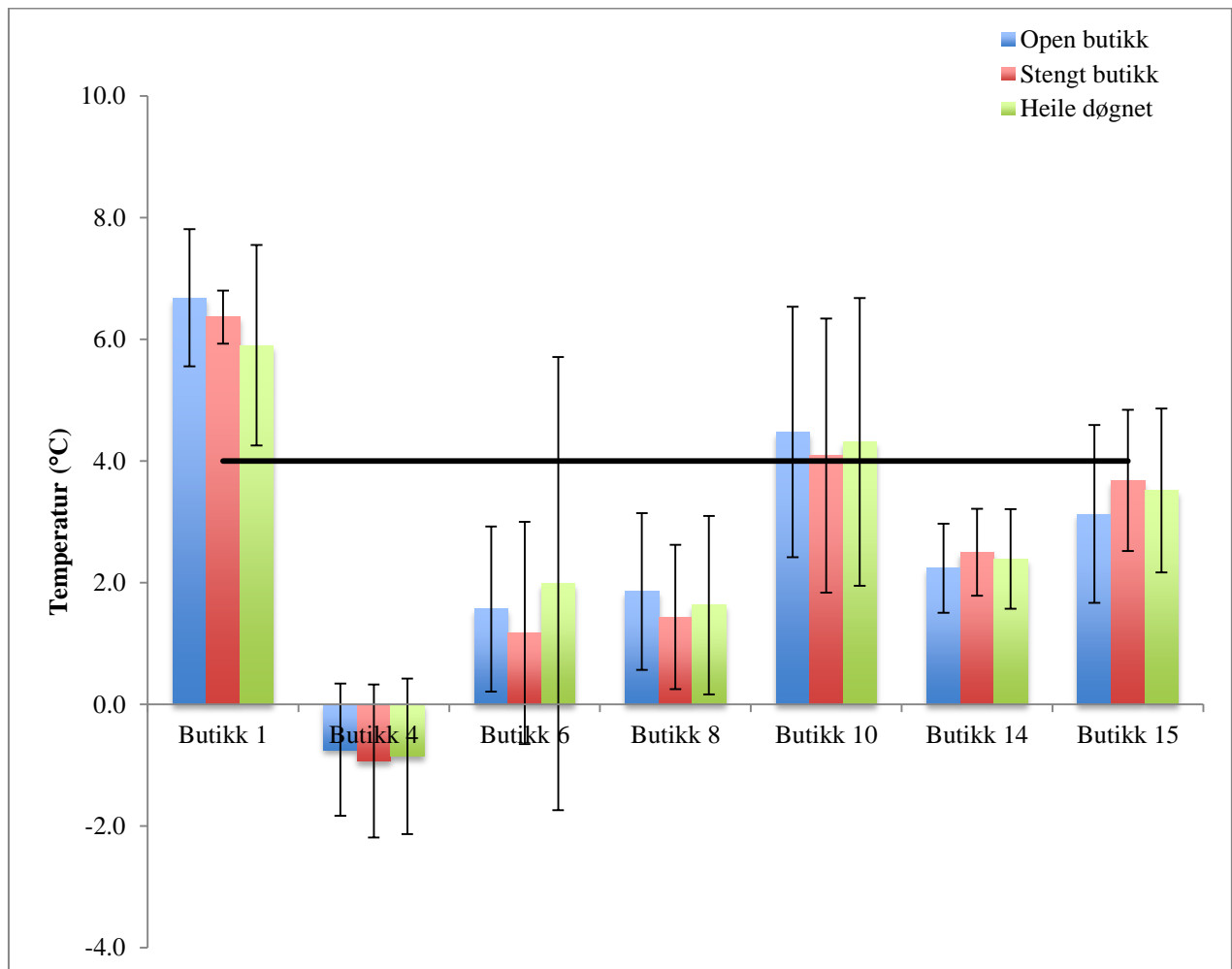
7.7 Forsøk 7: Temperaturprofil i kjøledisk

Målinger av temperatur i kjøledisk for sal av SALMA viser at fire av femten butikkar hadde gjennomsnittstemperatur i kjøledisk på over 4 °C, jf. figur 12. Den høgast registrerte gjennomsnittstemperaturen var 7,1 °C, målt i butikk 9. Den lågaste målte temperaturen var -1,4 °C, målt i butikk 4. Gjennomsnittstemperaturen for alle butikkane var 2,3 °C, som indikert i figur 12.



Figur 12. Gjennomsnittleg temperatur målt i kjøledisk med handhaldt sensor. Raude søyler indikerer butikkar som i tillegg er undersøkt med temperaturloggjarar. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

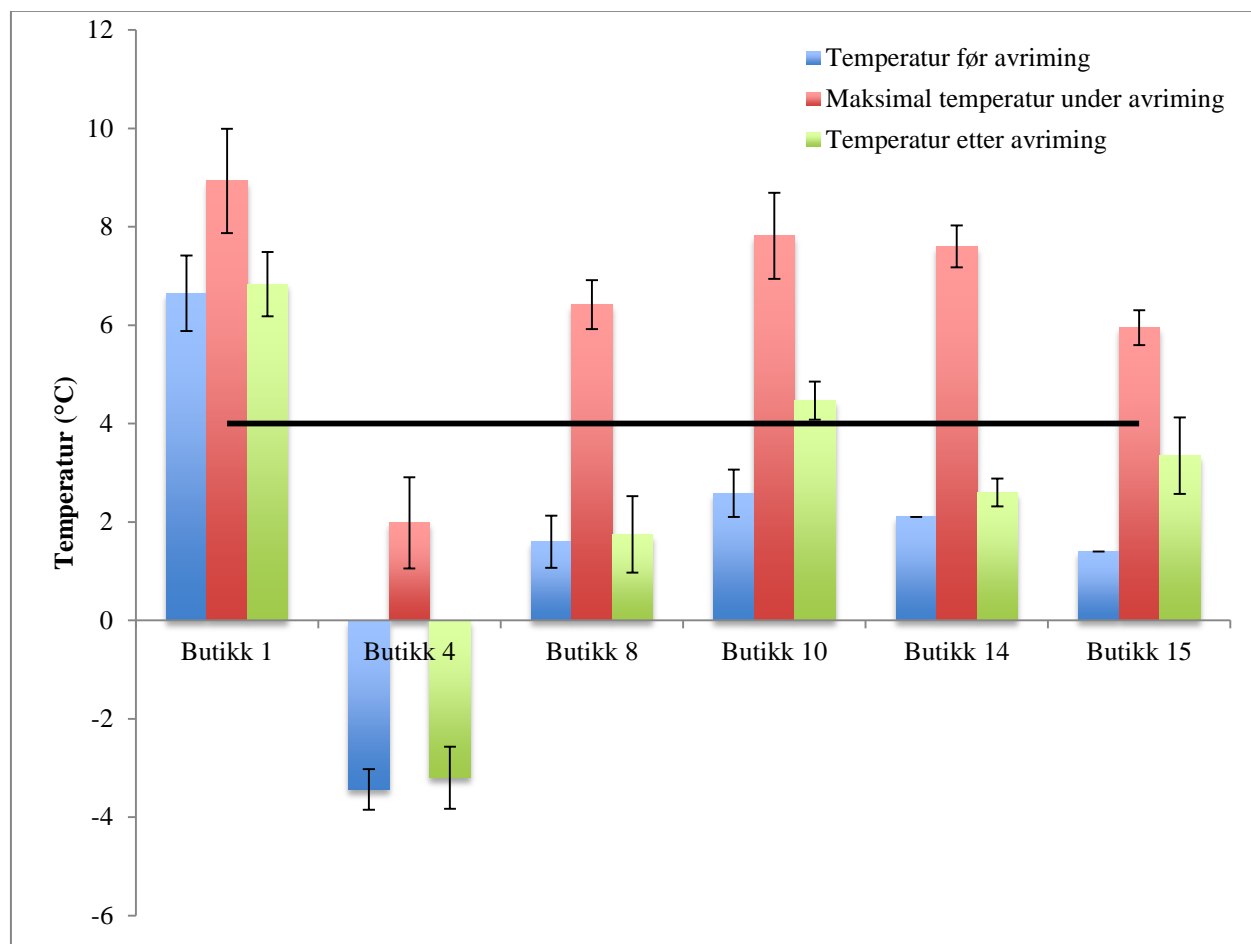
Gjennomsnittleg temperatur i kjøledisk varierte i løpet av døgnet (jf. figur 13). For fire av butikkane, butikk 4, 6, 8 og 10, var temperaturen lågast når butikken var stengt. I dei øvre butikkane var gjennomsnittstemperaturen lågast medan butikken var open. Kjølediskane i to av butikkane, butikk 1 og 10 hadde gjennomsnittstemperaturar på over 4 °C. Dei store standardavvika viste at temperaturen i kjølediskane varierte mykje. Butikk 14 var den butikken som har lågast standardavvik, 0,8 °C, medan butikk 6 hadde størst, 3,7 °C.



Figur 13. Gjennomsnittleg temperatur i kjøledisk fordelt på open og lukka butikk, samt for heile døgnet. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

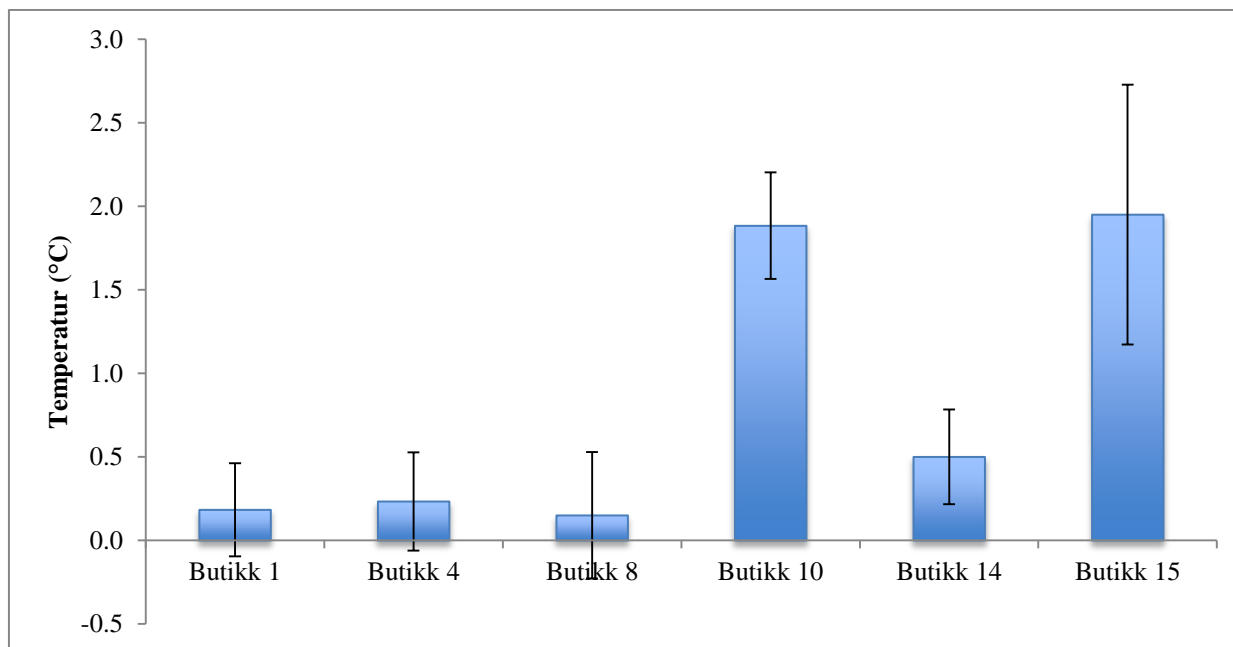
Undersøking av temperaturutvikling i samband med avriming av kjølediskar viste at temperaturen i samtlige undersøkte kjølediskar steig som følgje av avriminga (jf. fig 14). Den høgast målte temperaturen under avriminga varierte mellom 2,3 °C og 5,5 °C for høvesvis butikk 1 og 14. Gjennomsnittleg auke i temperatur var 4,6 °C. Resultata viste også at

maksimumstemperaturen i kjøledisken under avriming hos fem av seks undersøkte butikkane var over 4 °C.



Figur 14. Temperaturutvikling før, under og etter avriming av kjøledisk. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.

Målingane viste at temperaturen totalt sett, etter endt avriming steig. Temperaturaukinga etter avriming var under 0,5 °C for butikk 1, 4, 8 og 14, men er for butikkane 10 og 15 var aukinga vesentleg høgare, 1,9 og 2,0 °C (jf. figur 15)



Figur 15. Maksimal temperaturauke som følgje av avriming av kjøledisk.

7.8 Forsøk 8: Dokumentering av rutinar vdr. mottak og kjøling av fisk i butikk

Av femten undersøkte butikkar hadde tretten eigen fiskeansvarleg i anten heiltid eller deltidstilling. To av tre av butikkane som ikkje hadde eigen fiskeansvarleg hadde ein ferskvarsjef som også hadde fiskeavdelinga som eit av sine ansvarområder. Utdanningsnivået til dei fiskeansvarlege varierte mellom fiskehandlar, kjøtskjerar, butikkslaktar, kokk og servitør. Åtte av butikkane hadde fiskeansvarleg med eit relevant fagbrev, derav to med fagbrev som fiskehandlar.

Rutinar ved mottak av SALMA varierte mellom butikkane. To butikkar mottok leveranse av SALMA ein gong i veka, medan dei øvre tretten butikkane mottok leveranse to gongar pr. veke. Alle butikkane mottok leveranse i arbeidstida saman med øvre leveransar frå TINE SA. Rutinane for temperaturkontroll ved mottak varierte, då åtte av femten butikkar oppgav temperaturkontroll som fast rutine, medan fem butikkar ikkje hadde nokon fast rutine, og to butikkar berre føretok stikkontrollar. Det blei ikkje påpekt korleis temperaturkontrollen blei gjennomført. Sidan leveranse av SALMA kom med meierivarene frå TINE var det i elleve av butikkane

mjølkeansvarlig som mottok varene. I to butikkar var det fiskeansvarleg som mottok leveransen, og i dei to resterande butikkane var denne oppgåva ikkje klart definert ei gitt stilling.

Etter mottak blei alle kassane opna hos 1/3 av butikkane, og laksen blei lagt i kjøledisk. Dei resterande butikkane opna kassane etter behov, og oppbevarte fisken anten på fiskekjøle, kjøtkjøle eller mjølkekjøle. Orsaka til at nokre butikkar valgte å la kassar stå uopna på kjøll var fordi tida laksen låg i kjøledisk var liten som følgje av stort sal, og det var derfor eit behov for meir til påfyll i kjøledisk. Felles for alle butikkane var at etter opning av ei kasse blei kassa tømt og lagt i kjøledisk, og halvfulle kassar stod aldri på kjølerom.

Rutinane rundt handtering av SALMA ved stengning varierte også. For sju av butikkane blei kjøledisken tildekt ved stegning, då anten ved bruk av gardin eller fastmonterte dører. Ein butikk valgte å legge fisken tilbake inn på fiskekjøle ved stenging. I samtlege butikkar som nytta den spesielle SALMA kjøledisken blei disken ikkje tildekt ved stegning. Totalt sju butikkar tildekte ikkje kjølediskane ved stenging, derav tre butikkar som berre nytta SALMA kjøledisk.

8.0 Diskusjon

8.1 Metodeutvikling

For å kartleggje kjølekjeda nytta ved distribusjon SALMA, blei forsøk 1 og 2 gjennomført. I dei to forsøka blei metoden testa ut, og resultatane viste at han fungerte godt. Forsøka kartla også kjølekjeda slik ho var på då verande tidspunkt, og fungerte i så måte som referanse i forhold til forsøk 3 - 6.

I forkant av forsøka blei det ikkje spesifisert kor mykje kjølemedium som skulle nyttast ut i frå kjøleeffekten kjølemedia hadde. Ved eit nytt forsøk vil ein kontroll med kjølekapasitet vere ei styrke for forsøket, då resultatane lettare kan samanliknast.

8.2 Kjøling av fisk

Forsøk 1 og 2 dokumenterte kjølekjede og effekt av kjøling av SALMA med gelice. Resultatane viste at det tok mellom 7 og 9 timar før temperaturen i botnen av kassen var senka til under 4 °C. Det er i strid med Forskrift om næringsmiddelhygiene som krev at lett bedervelege næringsmiddel skal lagrast, fraktast om seljast ved 4°C eller lågare. Resultatane var overraskande, då dette er den metoden som blei nytta ved distribusjon av SALMA frå slakteri og til kunde. Utrekning av spesifikk kjølekapasitet gav ein kjølekapasitet på mellom 130 og 170 kJ/kg SALMA. Variasjonen i kjølekapasitet skuldast variasjon i mengde fisk i kassane, og at den variasjonen ikkje blei teken i betrakning ved tilførsel av gelice.

Gjennom forsøk 3 og 4 blei kjølekjeda og effekten av kjøling med tørris dokumentert. Samanlikning av resultatane frå kjøling med gelice og tørris viser ein mykje raskare og langt meir effektiv kjøling av laks frå prosesseringstemperatur til under 4 °C. Ved kjøling med tørris tok det under 10 minutt å senke temperaturen i botnen av kassane frå over 10 °C til under 0 °C, det trass i at kjølekapasiteten til tørris pr. kg fisk var vesentleg lågare enn gelicen, då det blei nytta mindre mengde tørris enn gelice. Forklaringa på dette ligg truleg i det faktum at tørris har ein temperatur på -78 °C ved sublimering, og medan gelice smelter ved 0 °C. Tørris har høgare spesifikk

smeltevarme enn gelice, og totalt sett vil den lågare temperaturen tørrisen har, kombinert med spesifikk smeltevarme, ha ein positiv effekt på kjølinga på fisken.

Kjøling med ein mindre andel gelice kombinert med tørris blei dokumentert i forsøk 5. Resultata viste at temperaturen i botnen av kassen blei umiddelbart drastisk senka, samanlikna med forsøk 1 og 2. Det stadfestar også resultata frå forsøk 3 og 4, som viser at tørris hadde ein umiddelbar kjølande effekt. Den totale spesifikke kjølekapasiteten pr. kg SALMA til kombinasjonen av tørris og gelice var høgare enn ved kjøling med tørris åleine, men temperaturutviklinga i dei tre forsøka var ganske like. På generelt grunnlag ser ein ein umiddelbar reduksjon i temperatur, med ei påfølgjande stigning til ein stabilisert temperatur på $0 \pm 1^\circ\text{C}$. Temperaturen haldt seg forholdsvis stabil, både med og utan gelice. Forsøk 4 skil seg litt frå forsøk 3 og 5, då det er ein svak temperaturauke etter 18 timar. Dette skuldast truleg det faktum at kjølekapasitet pr. kg SALMA i gjennomsnitt var 16,7 % og 35,3 % lågare i forsøk 4 enn for høvesvis forsøk 3 og 5.

Bruk av tørris åleine, eller i kombinasjon med gelice har ein superkjølande effekt, då temperaturutviklinga viser at temperaturen i forsøk 3 og 5 held seg under frysepunktet gjennom heile kjølekjeda. Lagring ved temperatur under frysepunktet har vitskapleg stadfesta positiv effekt, og det vil derfor vere grunnlag for å påstå at superkjølt SALMA har lengre haldbarheit enn ved ordinær kjøling med gelice, når ein tek alle faktorar som har kvalitetsreducerande effektar i betraktning.

Ved kjøling med gelice, var temperaturnedgangen langsam, og temperaturen blei ikkje stabilisert før etter eit døgn etter pakking. Når temperaturen hadde stabilisert seg haldt han seg, på lik linje som ved kjøling med tørris, tilnærma stabil fram til laksen nådde butikk. Kjølekapasiteten til gelice nytta i forsøk 1 og 2 var totalt sett større enn tørris og kombinasjonen tørris og gelice, då det blei nytta større mengde kjølemedium. Dersom det i forsøksopplegget hadde blitt gjort justeringar for mengder kjølemedium ut i frå ynskja gitt kjølekapasitet pr. kg SALMA, ville mengda tørris måtte blitt justert opp. Ved ordinær kjøling av SALMA blir det i dag nytta 2 kg gelice for kassane som inneheld mellom 5 og 8 kg fisk. Totalt sett gjev ein kjølekapasitet på 920 kJ, noko som i praksis gjev ein stor variasjon i kjølekapasiteten pr. kg fisk. For å oppnå ein total kjølekapasitet på 920 kJ måtte ein tilsett 1,61 kg tørris. Det ville på grunn av den låge

temperaturen ført til frysing av fisken. Ved å nytte formelen til Huss (1995) kan ein rekne ut kor mykje tørris eller is som burde nyttast for å kjøle fisk frå ein gitt temperatur til 0 °C. Ved kjøling av 6 kg fisk frå 10 °C til 0 °C må det nyttast 0,6 kg is eller tørris. Dette vil gje eit ulikt kjøleforløp, då den spesifikke kjølekapasiteten til is og tørris er såpass ulik. Formelen til Huss (1995) er i så måte litt svak, då det ikkje tek høgde for kjølekapasiteten til kjølemediet.

Ved å kombinere gelice og tørris, kunne ein oppnådd 920 kJ ved ulike kombinasjonar av dei to kjølemedia. I forsøk 5 blei det nytta 500 g gelice og 570 gram tørris, noko som gav ein total kjølekapasitet på 555 kJ. For å oppnå tilsvarende kjølekapasitet som 2 kg gelice tilfører fisken, og samtidig å unngå frysing ville ein kombinasjon av 1,5 kg gelice og 400 gram tørris vore optimal. Då ville ein fått den positive, og umiddelbare, reduksjonen i temperatur som tørris gjev, medan mengda gelice ville medført ei god kjøling over tid.

Resultata frå forsøk 6 viste at gelice var det kjølemediet som hadde best kjøleeffekt over tid, men at det som i forsøk 1 og 2 tok tid før temperaturen blei senka. Både temperaturen i botnen av kassen og under lokket haldt seg stabil mellom 1,5 og 2 °C i om lag 5 døgn. Ved bruk av tørris åleine viser figur 6 og tabell 4 at temperaturen i kassen oversteig 4 °C allereie etter 64 timar og 20 minutt. Ved kjøling med kombinasjonen gelice og tørris haldt temperaturen seg innanfor forskriftskravet 76 timar lengre. Dersom den einaste parameteren for krav til valt temperatur i kjølekjeda var innfriing av kravet i Næringsmiddelhygieneforskriften ville både gelice og kombinasjonen av gelice og tørris tilføre nok kjøling til at kjølekjeda blei oppretthaldt i minimum 5 døgn. Men sidan alle kvalitetsforringande prosessar, som autolyse og mikrobiell vekst, blir redusert ved senka temperatur, ville gelice ha vore å føretrekke framfor kombinasjonen av gelice og tørris. I lagringsforsøket, som vist i tabell 2, var kjølekapasiteten pr. kg SALMA variabel i forhold valt kjølemedium. Dette har truleg påverka forsøket, og ein kan på bakgrunn av det ikkje eintydig konkludere med at gelice er det føretrekte kjølemediet. Usikkerheita til forsøket blir stadfesta ved resultata frå temperaturutvikling øvst i kassane. Her ser ein tydelege indikasjonar på at gelice var det kjølemediet som gav lågast temperatur over tid, men sidan systemet var tilført ulike energimengder til resultata ikkje kunne nyttast til trekkje konklusjonar om kva for kjølemedium som er best egna for kjøling av fisk.

Resultata i tabell 6 og 7 gjev også ein god indikasjon på utvikling av temperatur i kassane ved bruk av ordinær kjølemetode, gelice. Sett opp imot resultata frå dei innleiande forsøka, er indikasjonane at gelice er eit kjølemedium som gjev god kjøling over tid, men nyttar for lang tid på å kjøle fisken ned til ynskja temperatur. Ved kjøling for distribusjon med transporttid på under to døgn viser resultata at tørris åleine, eller i kombinasjon med gelice er det best nytta kjølemediet. Ved transporttid over 2 døgn bør ein kombinasjon av tørris og gelice nyttast, og mengda gelice bør veljast ut i frå lengda på transporten. Bruk av gelice som einaste kjølemedium har vist seg å gje god kjøling over tid, men grunna den lange tida det tek før temperaturen i kassane blir senka til under 4 °C er bruk av gelice åleine ikkje tilrådeleg ved dei temperaturane fisken hadde ved pakking. Dersom fisken hadde haldt ein lågare temperatur ved pakking ville resultata vore annleis.

Alle forsøka viste at det frå slakteriet si side var lite kontroll med mengde fisk i kassane i forhold til kjølekapasiteten, og ein føresetnad for å ein optimal kjølekjede må også vere kontroll og standardisering av kjølekapsiteteten pr. fisk. Dette må være særleg viktig ved lengre transportetappar, som til Nord-Norge og den europeiske marknaden.

8.3 Drypptap

Undersøking av drypptap frå SALMA kjølt med tørris, gelice eller kombinasjonen gelice og tørris viste eit gjennomsnittleg drypptap på 5,06%, og at det var signifikant forskjell i drypptapet mellom belly og back loin, uavhengig av kjølemedium men også for gelice spesielt. Para t-test konkluderte med at det ikkje var signifikant forskjell i drypptap mellom dei ulike kjølemedia, med unntak av samanlikning av kjøling mellom gelice og kombinsjonen gelice tørris som viste signifikante forskjellar. Resultata frå forsøket harmonerer delvis med resultata til Erikson et al. (2011). Ei mogleg forklaring på forskjellane kan vere det av ved kjøling med tørris vil partiellfrysinga føre til celledregning ved for mykje tilsetjing av tørris. Dersom det var tilfellet for dette resultatet, burde resultata ha vist signifikante forskjellar også ved samanlikning av gelice og tørris åleine, noko resultata ikkje gjer.

Drypptapet var samanlikna med resultata til Duun og Rustad (2008) etter 13 dagar lagring mykje høgare. Forsøka kan ikkje direkte samanliknast, då hovuddelen av lagringsperioden føregjekk ved

temperaturar mellom 1 og 5 °C. Forsøket til Sivertsvik et al. (2003) blei gjennomført over lengre tid i stabil tempeatur. Resultata frå analyser av drypptap frå SALMA stadfester resultata til Sivertsvik et al. (2003) om at lagringstemperatur påverkar drypptapet.

8.4 QIM

Kvalitetsindeks evaluering (QIM) av filetene frå lagringsforsøket viste ingen signifikante forskjellar i kvalitet på filetene kjølt med ulike kjølemedium, og type filet. Det er derfor ikkje grunnlag for å påstå at superkjøling av fisk gjev signifikant dårlegare eller betre kvalitet. Høgast totalpoeng var 3.53 poeng, noko som ved samanlikning med Hyldig et al. (2007) sin tabell om forholdet mellom EU klassifisering av fiskeprodukt og QIM poeng vil tilsei at laksen var av god kvalitet. Testen blei gjennomført på filetene som var ein del av lagringsforsøket, og varierende kjølekapasitet nytta i forsøket kan tenkjast å ha påverka resultatet.

Erikson et al. (2011) konkluderte med at det ikkje var signifikante forskjellar mellom islagra og superkjølt laks etter 4 dagar lagring. Gjennomsnittleg QIM poeng for islagra og superkjølt laks var i forsøket høvesvis 6,8 og 6,4 poeng. Etter 11 dagar lagring var totalpoengsummen signifikant forskjellig, og hadde auka til 13,0 poeng for iskjølt og 9,6 poeng for superkjølt laks. Resultata til forskningsgruppa frå SINTEF harmonerer ikkje med resultata frå lagringsforsøket i dette studiet. Det kan tenkjast at det faktum at SALMA er vakuumpakka vil ha ein stor påverknad på resultat av kvalitetsmål ved samanlikning med resultat frå heil, islagra laks.

8.5 Mikrobiologi

Mikrobiologiske analysar av laks før og etter 13 dagar lagring viste store, men forventa forskjellar i totalt tal aerobe bakteriar, samt svovelproduserande bakteriar. Etter 13 dagar lagring var det totale talet på bakteriar auka frå 2,35 log cfu/g til mellom 5,51 og 6,10 log cfu/g avhengig av kjølemedium. Aukinga var høgast for filetar kjølt med tørris, og lågast for filetar kjølt på gelice. Ei generell grense for maksimalt totalt aerobt bakterietal er sett til 6,0 log cfu/g. Etter 13 dagar lagring under dei gitte føresetnadane kunne berre SALMA kjølt med gelice nyttast til human føde.

Innhaldet av H₂S produserande bakteriar auka også mest for filetar kjølt med tørris. Med utgangspunkt i ulike kjølekapasitetar til mengde nytta kjølemedium, er det ikkje overraskande at filetar kjølt med tørris har størst total vekst av bakteriar i tillegg til H₂S produserande bakteriar. Temperaturprofilen i kassane for gelice og tørriskjølt SALMA viser at temperaturen etter 64 timar lagring var over 2 °C høgare for kassane kjølt med tørris. Dette vil ha ein direkte påverknad på den mikrobielle veksten. H₂S produserande bakteriar i fisk frå nordlege farvatn, som *Shewanella putrefaciens* er psykoofile bakteriar som har ein optimumstemperatur i same temperaturspenn som kjøleskapstemperatur. Det medfører at når temperaturen aukar, som for SALMA kjølt med tørris samanlikna med gelice, vil livsvilkåra for bakteriane bli markant forbetra, og auka mikrobiell vekst vil bli resultatet. Med utgangspunkt i temperaturutviklinga er resultatata for mikrobiell vekst som venta.

Erikson et al. (2011), Hansen et al. (2009) og Sivertsvik et al. (2003) har alle vurdert mikrobiologisk vekst for superkjølt laks. Resultata viser at ein kan vente at nyslakta laks inneheld rundt 2,0 log cfu/g aerobe bakterier. Det harmonerer godt med resultatata frå dette forsøket, og ein kan på bakgrunn av det konkludere med at hygienen i produksjonsanlegget er bra og at tiltak for å oppnå minst mogleg kontaminering ser ut til å være effektivisert.

Erikson et al. (2011) viste at heil sløyd laks, superkjølt i slurry i 11 dagar hadde eit totalt aerobt bakterieinnhald på 4,38 log cfu/g, i motsetning til iskjølt laks som hadde eit bakterieinnhald på 6,63 log cfu/g. Forsøket viste også at ved superkjøling i eit døgn, før ein simulert transportetappe utan is i tre dagar før reising i 7 dagar gav eit totalt bakterieinnhald på 6,32 log cfu/g. Slurrykjøling over 11 dagar gav eit antatt signifikant lågare totalt bakterietal. Men denne forma for lagring er ikkje tilléten etter Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer av 14. juni 1996, som seiar at kjøling av fisk i vatn kan ikkje strekkje seg ut over 3 døgn. Resultata til Erikson et al. (2011) samsvarer godt med resultatata frå denne oppgåva, og stadfester med det at låg temperatur over tid er avgjerande for låg mikrobiell vekst. Dersom det hadde blitt nytta samanliknbare energimengder for nedkjøling ville forsøka i større grad kunne samanliknast.

8.6 Temperaturprofil i kjøledisk

Av dei femten undersøkte butikkane viste fire butikkar temperaturar i kjøledisk som var brot på krava om 4 °C kjølekjede fastsett i Næringsmiddelhygieneforskrifta. Temperaturane varierte mellom dei ulike butikkane. Målingane blei gjennomført på eit tilfeldig tidspunkt, og informasjon om eventuell pågåande avriming blei ikkje gitt. Med bakgrunn i det faktum og resultatata framstilt i figur 12 er det ikkje grunnlag på for å konkludere med at butikkar bryt forskrifta. Dersom det hadde førelege informasjon vdr. avrimingsyklus ville ein lettare kunne konkludert på bakgrunn av resultatata.

Det resultatata derimot viste var at det blei påvist temperaturar over 4 °C, og at det uavhengig av evt. pågåande avriming er dokumentert brot på gjeldane forskrift. Forskrifta fastset at *”lett bedervelige næringsmidler oppbevares, transporteres og omsettes ved 4 °C eller lavere”*, og opnar med det ikkje opp for at temperaturar over 4 °C kan nyttast i kjøledisk, sjølv under avriming.

Resultata frå dokumentering av temperaturprofil i kjøledisk i sju av femten butikkar stadfester resultatata frå målingane i alle butikkane: Brot på kjølekjeda føreligg i enkelte butikkar. Målingane viste gjennomsnittstemperaturar over 4 °C i to av sju undersøkte butikkar, derav høgast målte gjennomsnittstemperatur var over heile døgnet var 5,9 °C. Dersom ein tek høgde for standardavvika viser figur 11 at ytterlegare ein butikk brøyt temperaturkravet. Resultata samsvarer med resultatata Likar og Jevsnič (2006), då brot på kjølekjeda blei påvist også i Ljubljana, Slovenia. Målingane til denne oppgåva blei gjort over ei veke, og resultatata må derfor vurderast som representative for butikkane.

Undersøking av temperaturutvikling under avriming i dei sju undersøkte butikkane stadfesta at mistanken om at temperatur i kjøledisk er for høg uavhengig av avrimingssyklus. Resultata viser at det for samtlege sju butikkar var ei reel auke i temperatur som følgje av avriming, og at det i seks av sju butikkar var maksimalt målte temperatur under avriming over 4 °C. Særleg urovekkande er ei temperaturauke på om lag 2 °C, i butikk nr. 10 og 15. På bakgrunn av resultatata frå denne oppgåva er det grunnlag for å anta at det i løpet av eit døgn føreligg brot på næringsmiddelhygieneforskrifta som følgje av avriming i svært mange butikkar.

For lett bedervelege matvarer som fisk er ein stabil, låg temperatur essensielt. Med utgangspunkt i resultatata frå arbeida til Esaiassen et al. (2006) vil det vere grunnlag for å påstå at fisk frå butikk nr. 1, 10 og 15 har markant dårlegare kvalitet ved utløpsdato enn fisk kjøpt hos butikk nr. 4. Dei øvre tre butikkane har ei kjølekjede som er fult ut akseptabel, men ein reduksjon i temperaturen vil auke kvaliteten på fiskevarene butikkane har for sal. All teori tilseier at temperatur redusert til rundt 0 °C har ein kvalitetsforlengjande effekt, særleg ved reduksjon frå temperaturar over 4 °C.

8.7 Rutinar i butikk

For å sikre topp kvalitet på ferskvarer i butikk er kunnskap eit nøkkelord. Siste del av denne oppgåva var ei undersøking av rutinar for handtering av fisk i butikk. Resultata viste at det var lite fagutdanna personell tilgjengeleg i butikkane, då berre to av femten butikkar hadde ein fiskeansvarleg med fagbrev som fiskehandlar. Mange hadde fagutdanning i tilsluttande fagområde, som kokk og servitør, noko som er ei god, men ikkje fullgod, erstatning for fagbrev som fiskehandlar. Det er positivt at ein såpass stor andel av dei undersøkte butikkane hadde eigen fiskeansvarleg, då det viser at fiskesegmentet er ein viktig del av butikken. Ein vil kunne anta at eigen fiskeansvarleg kjem kundane til gode, og at ein i butikkar med fiskeansvarleg vil kunne forvente høg kvalitet på varene.

Resultata frå undersøkinga viste ulike rutinar rundt mottak og handtering av SALMA. Det var oppsiktsvekkjande at så mange som ein tredjedel av butikkane ikkje hadde fast rutine for temperaturkontroll av fisken ved mottak. Distributør er også underlagt næringsmiddelhygieneforskrifta, og butikkane skal i så måte kunne krevje at fisken held under 4 °C ved mottak. For å sikre at dei mottek varer med optimal kvalitet bør temperaturkontroll finne stad ved samtlege varemottak på varer som blir definert som lett bedervelege, deriblant fisk. Utan å gjennomføre denne kontrollen kan ikkje butikkane fult ut gå god for kvaliteten til varene dei sel. Frå produsenten si side, burde eit krav om at butikkane føretok temperaturkontroll ved mottak innførast, då det pr. i dag ikkje kan bevisast om ein eventuell klage på produkt er eit resultat av feil handtering eller brot på kjølekjeda frå produsent, distributør eller butikk si side.

Ved stenging av butikk var også rutinane variable, då om lag halvparten av butikkane føretok ei tildekkinga ved stenging og halvparten ikkje. I frå eit kjølemessig og energiøkonomisk perspektiv vil ein tru at det å dekkje til kjølediskane, anten i form av dører eller gardiner vil vere å føretrekke framfor opne kjølediskar. Men det faktum at kundane i opningstida regelmessig vil opne og lukke dører el. vil kunne tenkjast å medføre at innkapslinga har ein redusert effekt.

8.8 Vidare arbeid

Som ei vidareføring av oppgåva bør kjølekjeda undersøkjast nøyare under meir kontrollerte kjøleformer, der mengde kjølemedium nytta blir tilpassa kjølekapasiteten til media slik at fisken blir tilført like store mengder energi.

Ytterlegare arbeid bør gjennomførast som oppfølging av resultata frå temperaturmåling i butikk, og funna i denne oppgåva bør vere eit utgangspunkt for eit opplysningsarbeid rett mot daglegvarehandelen rundt handtering og kjøling av fisk.

9.0 Konklusjon

Funna i denne oppgåva har vist at det ved kjøling av fisk med gelice ved gitte parameter føreligg brot på kjølekjeda, og at kjølinga i eit kvalitetsperspektiv tek for lang tid. Ved bruk av tørris som einaste kjølemedium, har oppgåva vist at kjølekjeda blir oppretthaldt når transportida er avgrensa til i overkant av to døgn. Ved kjøling ut over det mistar tørrisen sin kjølande effekt, og temperaturen i fisken aukar. Ved distribusjon innad i Noreg kan tørris nyttast, så lenge transportperioden ikkje overstig to og eit halvt døgn. For transporttid oppimot seks døgn kan kombinasjonen gelice og tørris nyttast for å oppretthalde kjølekjeda. Kjøling med gelice åleine er ikkje tilrådeleg.

Oppgåva har også vist at mange butikkar ikkje har god nok kontroll med temperaturane i kjøledisk, og at temperatur under avriming er for høg. Det bør frå produsent og butikk si side settast meir fokus på optimal kjøling i butikk. Rutinar for handtering av fisk er stort sett gode, men det er også her rom for utbetring. Auka kunnskapsnivå vedrørande kvalitetspåverkande aspekt ved oppbevaring og sal av fisk vil kunne bidra til å heve den heilheitlege kvaliteten i norske fiskediskar.

10.0 Forkortelsar

AMP	Adenosine monophosphat	Adenosin monofosfat
ADT	Adenosine diphosphat	Adenosin difosfat
ATP	Adenosine triphosphat	Adenosin trifosfat
CSW	Chilled sea water	Iskjølt sjøvatn
IMP	Inosine monophosphate	Inosin monofosfat
HX	Hypoxanthine	Hypoxanthin
H ₂ S	Hydrogen sulfide	Svovelsyre
MAP	Modified atmosfere packaging	Modifisert atmosfærepakking
NADH	Nicotinamide adenine dinucleotide red.	Nikotinamid adenin dinukleotid red.
NAD ⁺	Nicotinamide adenine dinucleotide	Nikotinamid adenin dinukleotid
NH ₃	Ammonia	Ammoniakk
PCM	Phase changing materials	Faseendrande material
RSW	Refrigiated sea water	Mekanisk kjølt sjøvatn
TMA	Trimethylamine	Trimetylamin
TMAO	Trimethylamine oxide	Trimetylaminoksid
QIM	Quality Index Method	Kvalitetsindeksmetoden

11.0 Kjedeliste

- Adams, M. R. & Moss, M. O. (2008). *Food microbiology*. Cambridge: RSC Publ. XIV, 463 s. s.
- Akse, L., Joensen, S. r., Tobiassen, T. & Skøtt, P. (2006). Temperaturstyring ved produksjon av fersk filet - fra fangst til marked. Superkjøling - konsekvenser for holdbarhet og kvalitet under distribusjon og salg, ISBN-13 978-82-7251-599-6: Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS.
- Akse, L., Carlehög, M., Tobiassen, T., Eilertsen, G. & Dahl, R. (2007). Pre-rigor kjølt laksefilet - Sensorisk kvalitet og holdbarhet, ISBN-978-82-7251-619-1. Tromsø, Norway: Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS.
- Alvarado, C. Z. & Owens, C. M. (2006). *Poultry: Chemistry and Biochemistry*. Handbook of food science, technology, and engineering. Boca Raton: Taylor & Francis. 31-1 - 31-13 s.
- Belitz, H.-D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Campbell, M. K. & Farrell, S. O. (2006a). *Biochemistry*. Southbank, Australia: Thomson. XXIII, 689, G-10, A-52, I-16 s. s.
- Campbell, M. K. & Farrell, S. O. (2006b). Glycolysis. I: *Biochemistry*, s. 463-486. Southbank, Australia: Thomson.
- Cardenas Bonilla, A., Sveinsdottir, K. & Martinsdottir, E. (2007). Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. *Food Control*, 18 (4): 352-358.
- Damodaran, S., Parkin, K. & Fennema, O. R. (2008). *Fennema's food chemistry*. Boca Raton: Taylor & Francis. 1144 s. s.
- DeMan, J. M. (1999). *Principles of food chemistry*. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers. vii, 520 s. s.
- Duun, A. S. & Rustad, T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food Chemistry*, 105 (3): 1067-1075.
- Duun, A. S., Hemmingsen, A. K. T., Haugland, A. & Rustad, T. (2008). Quality changes during superchilled storage of pork roast. *Lwt-Food Science and Technology*, 41 (10): 2136-2143.
- Duun, A. S. & Rustad, T. (2008). Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6°C . *Food Chemistry*, 106 (1): 122-131.
- Erikson, U., Misimi, E. & Gallart-Jornet, L. (2011). Superchilling of rested Atlantic salmon: Different chilling strategies and effects on fish and fillet quality. *Food Chemistry*, 127 (4): 1427-1437.
- Esaiassen, M., Joensen, S. r., Akse, L., Tobiassen, T., Eilertsen, G., Dahl, R. & Bjørkevoll, I. (2006). Temperatur i kjøledisk - en kritisk suksessfaktor for brett pakket fersk fisk, ISBN-13 978-82-7251-593-4: Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS.
- Fellows, P. (2009). *Food processing technology: principles and practice*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 1 online resource (xv, 913 s.) s.
- Hansen, A. A., Morkore, T., Rudi, K., Langsrud, O. & Eie, T. (2009). The combined effect of superchilling and modified atmosphere packaging using CO₂ emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (10): 1625-1633.
- Herland, H., Tobiassen, T., Akse, L., Carlehög, M. & Eilertsen, G. (2009). Pre-rigor filetering av oppdrettstorsk. Holdbarhet og kvalitet under kjølelagring, ISBN-978-82-7251-678-8. Tromsø, Norway: NOFIMA Marin.

- Huopalahti, R., Anton, M., López-Fandiño, R. & Schade, R. (2007). *Bioactive Egg Compounds*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO fisheries technical paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. VIII, 195 s. s.
- Hyldig, G., Bremner, A., Martinsdóttir, E. & Schelvis, R. (2007). Quality Index Methods. I: *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*, s. 529-548: Blackwell Publishing.
- Jeyasekaran, G., Ganesan, P., Anandaraj, R., Jeya Shakila, R. & Sukumar, D. (2006). Quantitative and qualitative studies on the bacteriological quality of Indian white shrimp (*Penaeus indicus*) stored in dry ice. *Food Microbiology*, 23 (6): 526-533.
- Jeyasekaran, G., Anandaraj, R., Ganesan, P., Jeya Shakila, R. & Sukumar, D. (2008). Microbiological and biochemical quality of grouper (*Epinephelus chlorostigma*) stored in dry ice and water ice. *International Journal of Food Science & Technology*, 43 (1): 145-153.
- Jeyasekaran, G., Anandaraj, R., Ganesan, P., Shakila, R. J. & Sukumar, D. (2008). Quality of Ornate Emperor (*Lethrinus ornatus*) Packed in a Combination of Dry Ice and Wet Ice and Stored Under Refrigeration. *Food Science and Technology International*, 14 (1): 21-27.
- Jeyasekaran, G., Jeya Shakila, R., Sukumar, D., Ganesan, P. & Anandaraj, R. (2010). Quality changes in squid (<i>Loligo duvaucelli) tubes chilled with dry ice and water ice. *Journal of Food Science and Technology*, 47 (4): 401-407.
- Joensen, S. r., Akse, L. & Sørensen, N. K. (2000). Kjøling av fersk fisk. Effekt på vekt og kvalitet, ISBN-82-7251-461-3. Tromsø, Norway: Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS.
- Johnston, J. H., Grindrod, J. E., Dodds, M. & Schimitschek, K. (2008). Composite nano-structured calcium silicate phase change materials for thermal buffering in food packaging. *Current Applied Physics*, 8 (3-4): 508-511.
- Likar, K. & Jevsnik, M. (2006). Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*, 17 (2): 108-113.
- Liu, S.-L., Lu, F., Xu, X.-B. & Ding, Y.-T. (2010). Original article: Super-chilling maintains freshness of modified atmosphere-packaged *Lateolabrax japonicus*. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (9): 1932-1938.
- Lynum, L. (2005). *Videreforedling av fisk*. Trondheim: Tapir akademisk forl. 556 s. s.
- Lynum, L. & Rustad, T. (2005). *Fisk som råstoff: holdbarhet og kvalitetssikring*. Trondheim: Tapir. 261 s. s.
- Løvås, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Oslo: Universitetsforl. XIII, 489 s. s.
- Martinsdóttir, E., Luten, J. B., Schelvis-Smit, A. A. M. & Hyldig, G. (2003). Developments of QIM - past and future. I: Luten, J. B., Oehlenschläger & J.; Ólafsdóttir, G. (red.) *Quality of Fish from Catch to Consumer: Labelling, Monitoring & Traceability*: Wageningen Academic Publishers.
- Mathisen, T. A., Nerdal, S., Solvoll, G., Jørgensen, F. & Hanssen, T.-E. S. (2009). *Ferskfisktransporter fra Norge til Kontinentet. Transportstrømmer og utfordringer ved bruk av intermodale transportopplegg*. Bodø: Handelshøgskolen i Bodø, Senter for Innovasjon og Bedriftsøkonomi (SIB AS). Tilgjengelig fra: http://brage.bibsys.no/hibo/handle/URN:NBN:no-bibsys_brage_10259 (lest 05.04.2012).
- Mejdell, C. M., Stenevik, I. H., Erikson, U., Akse, L., Midling, K. & Robertsen, R. (2006). Rapport – behandling av laks – viktige momenter relatert til slakting og Pre Rigor produksjon: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF).

- Murray, J., Burt, J. R., Storbritannien. Ministry of Agriculture, F. & Food. (1983). *The composition of fish*: Torry Research Station/FAO Corporate Document Repository. Tilgjengelig fra: <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e00.htm> (lest 31.03.2012).
- NOFIMA. *Kvalitetskontroll*. Ås, Norway: NOFIMA Mat. Tilgjengelig fra: <http://www.nofima.no/mat/forskningsomrade/kvalitetskontroll> (lest 09.04.2012).
- Nordtvedt, T. S. (2009). Superkjøling av fisk - en litteraturstudie og prosjektoversikt, ISBN 9788259433992: SINTEF Energiforskning AS.
- NORSK EKSPORT AV SJØMAT 2011*. (2012). Tromsø: Norges sjømatråd. Tilgjengelig fra: http://www.seafood.no/content/download/48675/536979/file/Sjomatradet_arstall_presentasjon_presse_2011.pdf (lest 05.04.2012).
- Rediers, H., Claes, M., Peeters, L. & Willems, K. A. (2009). Evaluation of the cold chain of fresh-cut endive from farmer to plate. *Postharvest Biology and Technology*, 51 (2): 257-262.
- Shawyer, M. & Pizzali, A. F. M. (2003). *The use of ice on small fishing vessels*. FAO fisheries technical paper, b. 436. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 34 s. s.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T. & Kleiberg, G. H. (2003). Effect of Modified Atmosphere Packaging and Superchilled Storage on the Microbial and Sensory Quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets. *Journal of Food Science*, 68 (4): 1467-1472.
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O. & Østby, P. B. (1999). Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. *Aquaculture*, 175 (1-2): 93-101.
- Skjervold, P. O., Bencze Rørå, A. M., Fjæra, S. O., Vegusdal, A., Vorre, A. & Einen, O. (2001). Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture*, 194 (3-4): 315-326.
- Strasburg, G., Xiong, Y. L. & Chiang, W. (2008). Physiology and Chemistry of Edible Muscle Tissue. I: Damodaran, S., Parkin, K. & Fennema, O. R. (red.) *Fennema's food chemistry*, s. 924-1049. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., Jørgensen, B. & Kristbergsson, K. (2002). Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science*, 67 (4): 1570-1579.
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jørgensen, B. & Kristbergsson, K. (2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14 (3): 237-245.
- Özoğul, F., Özoğul, Y. & Kuley, E. (2007). Nucleotide degradation in sardine (*Sardina pilchardus*) stored in different storage condition at 4°C. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 1 (1): 13-19.

12.0 Figurliste

Figur 1. Prosessflyt og kjølekjede for SALMA laks ved Bremnes Seashore.	15
Figur 2. Kjølekjede for SALMA laks frå Bremnes Seashore til Meny Drøbak City	26
Figur 3. Utvikling i temperatur forsøk 1 ved kjøling med gelice. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	34
Figur 4. Utvikling i temperatur forsøk 2 ved kjøling med gelice. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, kjernetemperaturen er illustrert med lilla linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	35
Figur 5. Utvikling i temperatur forsøk 3 med tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	36
Figur 6. Utvikling i temperatur forsøk 4 med tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, kjernetemperaturen er illustrert med lilla linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	38
Figur 7. Utvikling i temperatur forsøk 5 med gelice og tørris. Temperatur i botnen av kassen er illustrert med blå linje, temperaturen øvst i kassen med raud linje og omgivnadstemperaturen med grøn linje. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	39
Figur 8. Utvikling i temperatur i botnen av kassane ved bruk av ulike kjølemedium. Gelice er illustrert med blå linje, tørris med raud og kombinasjonen gelice og tørris med grøn. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	40
Figur 9. Utvikling i temperatur under lokket i kassane ved bruk av ulike kjølemedium. Gelice er illustrert med blå linje, tørris med raud og kombinasjonen gelice og tørris med grøn. Svart linje indikerer maksimal tillete temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	41
Figur 10. Drypptap frå belly og backloin kjølt med gelice, tørris og kombinasjonen gelice + tørris.	43
Figur 11. Resultat QIM for belly og back loin kjøt med gelice, tørris og kombinasjonen gelice + tørris.	44
Figur 12. Gjennomsnittleg temperatur målt i kjøledisk med handhaldt sensor. Raude søyler indikerer butikkar som i tillegg er undersøkt med temperaturloggarar. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	45
Figur 13. Gjennomsnittleg temperatur i kjøledisk fordelt på open og lukka butikk, samt for heile døgnet. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	46
Figur 14. Temperaturutvikling før, under og etter avriming av kjøledisk. Svart linje indikerer maksimal tillate temperatur gitt i Næringsmiddelhygieneforskrifta.	47
Figur 15. Maksimal temperaturauke som følgje av avriming av kjøledisk.	48

13.0 Appendix

Rådata nytta i denne oppgåva er grunna storleiken på datasetta vedlagt på CD.