

**Slakting og *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk i
industrien.
Filetkvalitet og kvalitetsforandringer under islagring av
fileter.**

av

Thomas Johnsen

Masteroppgave i fiskerifag
Studieretning marine næringsmidler (60 stp)

Institutt for marin bioteknologi
Norges fiskerihøgskole
Universitetet i Tromsø
Mai 2009



Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført ved Institutt for Marin Bioteknologi ved Norges fiskerihøgskole og i samarbeid med Codfarmers ASA. Oppgaven markerer slutten på fem fantastiske år i Nordens Paris. Gjennom masterstudiet har det faglige og sosiale miljøet ved IMAB vært en inspirasjonskilde for å komme i mål med masteroppgaven. Det er derfor mange som fortjener takk for sitt bidrag. Først og fremst vil jeg takke professor Ragnar L. Olsen. Uten din veiledning, gode råd og tålmodighet hadde min tid som masterstudent blitt desto vanskeligere. TAKK! Til Hanne K. Mæhre og Victoria Paulsen rettes en stor takk for opplæring på laboratoriet, hjelp med metoder og utrettelig tålmodighet. For faglige innspill og korrekturlesing rettes en stor takk til Birthe Vang, Ida Jensen og Stein H. Olsen.

Til Kull 2004! Tusen takk for fem fantastiske år!

Til Asbjørn Torrissen og Stian Amble i Codfarmers ASA! Takk for samarbeidet!

Til slutt vil jeg rette min evige takknemlighet til min samboer for støtte og motivasjon, og min familie for støtte, motivasjon og økonomisk støtte! Uten dere hadde dette blitt særdeles vanskelig!

Thomas Johnsen

Tromsø, mai 2009.

Sammendrag

Atlantisk torsk (*Gadus morhua* L.) har tradisjonelt vært en av de viktigste kommersielle artene i norske fiskerier. Ved oppdrett av torsk får markedet en jevn tilgang av ferskt råstoff året rundt og man unngår spørsmål om bærekraftige bestander. Etter tusenårsskiftet har oppdrett av torsk i kommersiell skala økt både i kvantum og eksportverdi. Dette skyldes blant annet de mange fordelene med oppdrett av torsk sammenlignet med det tradisjonelle torskefisket, og at noen kostnadsrelaterte problemer i oppdrett og produksjon har blitt løst. Kvalitetsparametere forbundet til industriell produksjon av oppdrettstorskprodukter er likevel ikke godt dokumentert.

Denne masteroppgaven er gjennomført i samarbeid med Codfarmers ASA, og uttaket til forsøkene (3 forsøk) ble utført i produksjonslokalene til datterselskapet Cod Processing AS på Halså, Nordland fylke. Hovedformålet med oppgaven var å studere problemstillinger relatert til industriell *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk. Dette innebar å sammenligne sløye- og filetutbyttet mellom manuell og maskinell prosessering, hvordan lettsalting av bukklapper og sporstykker påvirker ulike kvalitetsparametre, samt undersøke mikrobielle forandringer under islagring av fileter produsert med og uten skinn ved maskinell og manuell prosessering.

Basert på rund vekt var sløyeutbyttet av torsk med hode 80 % og filetutbyttet med skinn og med reinskjæring 32 %. Sløyeutbyttet vil variere avhengig om fisken er kjønnsmoden eller ikke. Tilsvarende tall ved produksjon av oppdrettslaks er 83 % og 56 %. Uten skinn var filetutbyttet for torsk ca 30 %. Ved lagring mister fileter vekt gjennom drypptap. Etter 11 dagers islagring var vekttapet i maskinelt produserte *pre-rigor* fileter uten skinn, høyere (5,2 %) enn hos fileter med skinn (3,7 %). Dette er til dels et betydelig lavere vekt tap enn hva andre har funnet hos manuelt filletert *pre-rigor* torskefilet, men høyere enn det man finner hos oppdrettslaks. Sannsynligvis vil laking i en kortere periode med en svak saltlake (2 %) kunne bidra til mindre vekttap hos fileter under videre lagring på is. Lavere grad av filetpalting, større lengdereduksjon og mindre vekttap ble registrert i sporstykker etter laking i økende NaCl-konsentrasjon (0-3 %) og etter 9 dagers lagring på is. Dette samsvarer med andre studier gjort på området. Antall svarte blodårer i sporstykker var høyere enn i bukklapper.

Maskinell filetering ga raskere vekst både av totalt antall bakterier (TVC) og spesifikke forråtnelsesbakterier (SSO) i filetene enn ved manuell filetering. Det var ingen forskjell i verdiene funnet hos fileter med og uten skinn. I følge regelverket er grenseverdiene for holdbarheten i fersk fisk satt til TVC lik 5×10^6 CFU/g og for totalt flyktig nitrogen (TVN) satt til 35 mg N/100g. Etter 16 dagers islagring etter slakting hadde maskinelt produserte fileter TVC lik 10^7 CFU/g og TVN lik 42 mg N/100g.

Summary

Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) has traditionally been one of the most important species in Norwegian fish industry. Farming of cod provides the markets with stable delivery all-year around and questions about sustainability are avoided. After the new millennium cod farming in a commercial scale has increased both in quantity and export value due too the many benefits with cod farming compared to the traditional cod fisheries. Some cost related problems in farming and production have also been solved. Quality parameters in industrial production of farmed cod products are however still not fully documented and understood.

This master thesis was carried out in cooperation with Codfarmers ASA, and all the sampling for the experiments (3 experiments) was carried out at the production facilities of the daughter company Cod Processing AS, located at Halså, Nordland County. The main goal of this thesis was too study problems related to industrial *pre-rigor* filleting of farmed cod. Gutted and fillet yields when processing mechanically and manually, and how light brining of tails and belly-flaps affected different quality parameters, were determined. Microbial changes during ice storage of fillets produced with and without skin when processing manually or mechanically, were also investigated.

Based on round weight the gutted yield of cod with head attached was 80 % and the fillet yield with skin after clean cutting 32 %. Gutted yield will vary depending on if the fish sexually mature or not. Corresponding values for farmed salmon are 83 % and 56 %. Without the skin the cod fillet yield was ca 30 %. After 11 days of ice storage the weight reduction in mechanically produced *pre-rigor* fillets without skin, was higher (5,2 %) compared too fillets with skin (3,7 %). This is a considerable lower weight loss compared to what others have found in manually filleted *pre-rigor* cod fillets, but higher then what is found in farmed salmon. Dipping fillets in low concentrations of brine (2 % NaCl) may result in a lower weight reduction during ice storage. A lower degree of gaping, greater length reduction and a lower weight reduction, when brining in increasing NaCl-concentrations (0-3 %), was observed in the tail piece after 9 days of ice storage. This concurs with other studies on the subject. The number of black blood vessels was greater in tails than in belly flaps.

Mechanical filleting resulted in a more rapid bacterial growth, both regarding total viable count (TVC) and specific spoilage organisms (SSO), than in fillets processed manually. The sett of rules regarding the limit of TVC in fresh fish is 5×10^6 CFU/g and for total volatile nitrogen (TVN), 35mg N/100g. After 16 days of ice storage after gutting the mechanically produced fillets had a TVC value of 10^7 CFU/g and the TVN value was 42 mg N/100g.

Innholdsfortegnelse

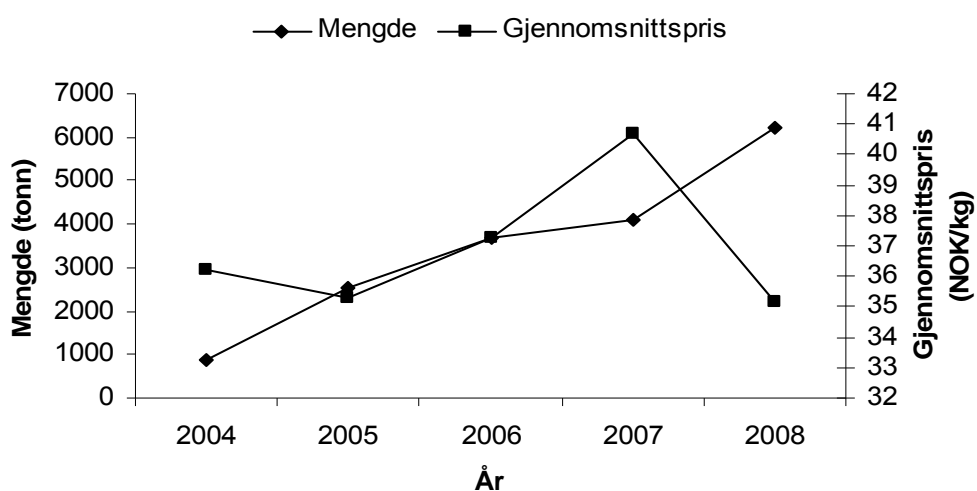
Forord	III
Sammendrag	V
Summary	VII
1.0 Introduksjon	1
2.0 Generell Bakgrunn	5
2.1 Generell muskeloppbygging	5
2.2 Struktur av det kontraktile systemet	6
2.3 Lettsalting og saltets innvirkning på det kontraktile systemet	8
2.4 Kvalitet av torsk	9
2.5 Kjølelagring av oppdrettstorsk	10
2.6 Filetering og utbytte	11
2.7 Mikrobiologisk degradering av fisk	13
3.0 Materialer og metoder	16
3.1 Råstoff og prosessering	16
3.3 Biologiske data	18
3.4 Vekttap og lengdeendringer	18
3.5 Filetspalting og antall svarte blodårer	18
3.6 Mikrobiologisk analyse	19
3.7 Totalt flyktig nitrogen (TVN)	20
3.8 pH i muskel	20
3.9 Kloridinnhold	20
3.10 Statistisk analyse av resultater	21
4.0 Resultater	22
4.1 Biologiske data og prosessutbytte	22
4.1.1 Forsøk 1	22
4.1.2 Forsøk 2	23
4.2 Vekttap og lengdeendring under islagring av <i>pre-rigor</i> produserte fileter	25
4.3 Lettsalting av <i>pre-rigor</i> produserte bukklapper og sporstykker	27
4.3.1 Saltkonsentrasjon i bukklapper og sporstykker ved lettsalting	27
4.3.2 Vektforandringer	27
4.3.3 Lengdeendringer	29
4.3.4 Filetspalting i sporstykker	30
4.3.5 Svarte blodårer i bukklapper og sporstykker	30
4.4 Mikrobielle forandringer ved islagring av filetert produsert <i>pre-rigor</i>	31
4.4.1 Totale kimtall	32
4.4.2 Sulfidproduserende bakterier	32
4.4.3 Totalt flyktig nitrogen	33
4.4.4 Utvikling i pH under islagring av <i>pre-rigor</i> filetert oppdrettstorsk	34
5.0 Diskusjon	36
Referanseliste	43

1.0 Introduksjon

Tradisjonelt har atlantisk torsk (*Gadus morhua* L.) vært en av de viktigste kommersielle artene i norske fiskerier. På verdensbasis er flere torskestammer utrydningstruet eller på vei til å bli nedfisket (Cook *et al.*, 1997; Hutchings, 2000). En viktig årsak er ukontrollert fiske og i noen tilfeller for høye kvoter. Oppdrett av torsk gjør det mulig å forsyne markedet med ferskt råstoff året rundt i motsetning til villfanget torsk som er sesongbasert.

Det har vært gjort flere forsøk på å oppdrette torsk. Første gang var i 1880. Forsøket den gang gikk ut på å øke torskestammen i havet ved å slippe ut millioner av nyklekkede torskelarver. Disse forsøkene ble ikke dokumentert, og ikke før på 1970 tallet ble forsøk på å oppdrette torsk tatt opp igjen (Svåsand *et al.*, 2004). Forsøkene ble igjen nedlagt på midten av 80-tallet på grunn av problemer med å produsere en oppdrettstorsk av god kvalitet, samt betydelig økte torskekvoter. Oppdrett av torsk i kommersiell skala startet ikke opp igjen før etter årtusenskiftet, og er i så måte en ny næring sammenlignet med laks. Ved utviklingen av oppdrettstorsknæringen er lærdom tatt av lakseoppdrettsnæringen. Når det gjelder prosessering av oppdrettstorsk er både lærdom fra foredling av oppdrettslaks og villtorsk benyttet. Dette har ført til økt aktivitet innen torskeoppdrettsnæringen de siste årene. Flere tror at torskeoppdrettsnæringen vil nærme seg produksjonsvolumet og lønnsomheten til laksenæringen i løpet av 15 – 20 år (Rosenlund og Skretting, 2006).

I de siste fem årene har det vært en jevn økning i produsert kvantum. Etter ett par år med økende priser falt prisen på oppdrettstorsk betydelig i 2008 (figur 1).



Figur 1. Total eksportert mengde og pris per kg for oppdrettstorsk i perioden 2004 – 2008. Tall er hentet fra Eksportutvalget for fisk.

Gjennomsnittsprisen per kg på alle eksporterte produkter av oppdrettstorsk i perioden 2004-2008 varierte fra 35 kr (2008) på det laveste til 41 kr (2007) på det høyeste. I 2007 ble det eksportert 408 tonn ferske filetprodukter til en gjennomsnittspris på 61 kr/kg. Til sammenligning ble det i 2008 eksportert 356 tonn til en gjennomsnittspris på 79 kr/kg. De største importørene av norsk oppdrettstorsk var i 2008 Danmark (71 mill NOK), Frankrike (52 mill NOK) og Spania (20 mill NOK) (Eksportutvalget for fisk, 2009).

En av utfordringene i oppdrett av torsk har vært høye kostnader ved produksjon av torsk fra larvestadiet (Brown *et al.*, 2003). Årsaker kan være få fasiliteter for produksjon av larver til yngel og høy dødelighet i startfôringsfasen (Engelsen *et al.*, 2004; Gjerde *et al.*, 2004). Yngel som overlever denne fasen blir ofte satt på et fôringsregime av tørrfôr, men i noen tilfeller mykfôr eller våtfôr som lodde, til de når markedsstørrelse. Her inntreer et nytt problem. Oppdrettet torsk blir kjønnsmoden ca 2-4 år før villfanget torsk, og er ofte bare 1,5-2 kg under normale oppdrettsvilkår ved kjønnsmodning (Svåsand *et al.*, 1996; Taranger *et al.*, 2006; Berg og Albert, 2003; Godø og Moksness, 1987). Tidlig kjønnsmodning av oppdrettstorsk gir redusert eller full stopp i vekst og redusert sløyd kondisjonsfaktor og noe endret muskelsammensetning. Dette har økonomiske konsekvenser for oppdrettsnæringen ved at det kan gi redusert markedspris (Love, 1970; Eliassen og Vahl, 1982; Kjesbu *et al.*, 1991; Fordham og Trippel, 1999; Kristoffersen *et al.*, 2006a; Amble, 2007). Som følge av redusert vekst eller stopp i muskelvekst, på grunn av at fôrenergi blir brukt til gonadeoppbygging og gyting, vil det ta lengre tid å få større fisk (>2 kg). Dette vil føre til høyere produksjonskostnader uten at en får betalt for det.

I dag produseres det flere ulike produkter av oppdrettstorsk. Primært er det sløyd hodekappet fersk fisk, ferske fileter og loins som omsettes på markedene, men også biprodukter som lever og rogn blir omsatt. Ved produksjon av næringsmidler er det kunden som bestemmer hva som er god kvalitet. Unntaket er de kvalitetsaspekter som er regulert gjennom grenseverdier satt ved offentlig regulering. Dette kan være mengde totalt flyktig nitrogen (TVN), totalt kimtall (TVC), trimeylamine (TMA) og innhold av humanpatogene bakterier (Mattilsynet. Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer. 14 juni 1996. nr 667)

Før oppdrettstorsken kan slaktes og videreforedles må den ofte fraktes i brønnbåter til ventemerder. Her blir den sultet i 7-10 dager før den bedøves, gjellekuttet og blør ut i kjølt saltvann. Ved hjelp av forbedrede prosedyrer som reduserer stress og aktivitet før og under slakting, blir perioden før fisken går inn i dødsstivheten lang nok slik at den kan fileteres *pre-rigor* (Erikson *et al.*, 2006; Skjervold *et al.*, 1996). Alternativet er å filetere *post-rigor*, det vil si 3-5 dager etter slakting og sløying. *Post-rigor* filetering av velfødd torsk gir økt

filetspalting og redusert filetkvalitet (Akse og Midling, 1997; Kristoffersen, 2007). Maskinell filetering av fisk generelt som er dødsstiv, gir særdeles dårlig filetkvalitet. (Love, 1988; Kristoffersen *et al.*, 2006b)

Fordeler med *pre-rigor* filetering:

1. Mellomlagring av sløyd torsk unngås. Filetprodukter kan selges tidligere.
2. Relativt høy muskel-pH (6,8-7,2) på fileteringstidspunktet (Kristoffersen *et al.*, 2006d; Stien *et al.*, 2005). Bindevevet er sterkere ved høy pH (Love *et al.*, 1972). Belastningen ved filetering tåles bedre.
3. Muskelen går gjennom *rigor mortis* uten å være festet til skjelettet. Belastning og spenning i bindevevet unngås under *rigor* kontraksjon.
4. Ved filetering *pre-rigor* vil strukturelle muskelproteiner være mer intakte enn *post-rigor*. Dette bidrar også til at muskelen tåler belastningen ved filetering bedre.

Både punkt 2, 3 og 4 bidrar til vesentlig mindre filetspalting og mer sammenhengende filet enn ved *post-rigor* filetering (Kristoffersen *et al.*, 2006b; Akse *et al.*, 2007; Lauritzsen *et al.*, 2004).

Ulemper ved *pre-rigor* filetering:

1. Høyere drypptap og lavere vanninnhold (Vang, 2007; Kristoffersen *et al.*, 2007a), gir redusert vektutbytte. Kan også påvirke sensoriske egenskaper.
2. Mikrobiologisk holdbarhet vil kunne reduseres fordi fiskekjøttet eksponeres for omgivelsene fra første dag (Holmvåg, 2007; Esaiassen *et al.*, 2007)

Ved *pre-rigor* filetering vil filetene bli kortere og tykkere (Kristoffersen *et al.*, 2006b). Om en slik forskjell er positiv eller negativ vil variere etter ulik preferanse.

Forskning på kvalitet av oppdrettstorsk har konsentrert seg om sensorisk, mikrobiologisk og kjemisk holdbarhet. Disse studiene har vært gjennomført under kontrollerte, ikke-industrielle betingelser. Primært har det vært manuelt sløyd, hel oppdrettstorsk eller manuelt produserte skinn- og beinfrie fileter som har vært undersøkt. Med bakgrunn i dette kan det være interessant å se hvordan maskinell prosessering vil påvirke holdbarheten

sammenlignet med manuell prosessering, samt om det er mikrobielle forskjeller i fileter med og uten skinn.

Hovedformålet med oppgaven var å studere problemstillinger relatert til industriell *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk. Utbytte og kvalitetsforandringer under islagring av fileter har vært sentralt og sammenligninger med manuell prosessering har vært gjennomført.

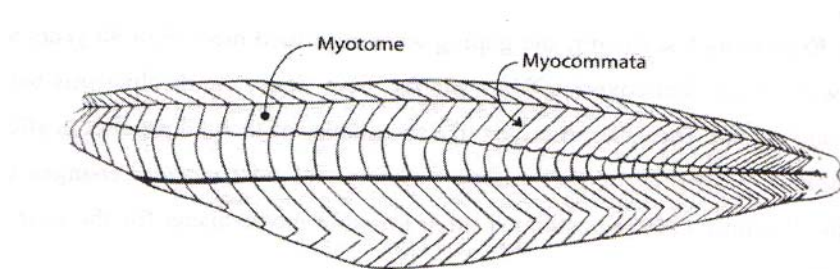
Konkrete delmål:

1. Sammenligne sløye- og filetutbyttet ved maskinell og manuell prosessering.
2. Lettsalting av bukklapper og sporstykker etter *pre-rigor* filetering og loinsproduksjon.
3. Sammenligne mikrobiologisk vekst i fileter produsert med og uten skinn ved maskinell og manuell prosessering.
4. Bestemme TVN-innholdet og pH i muskel under islagring av filetene.

2.0 Generell Bakgrunn

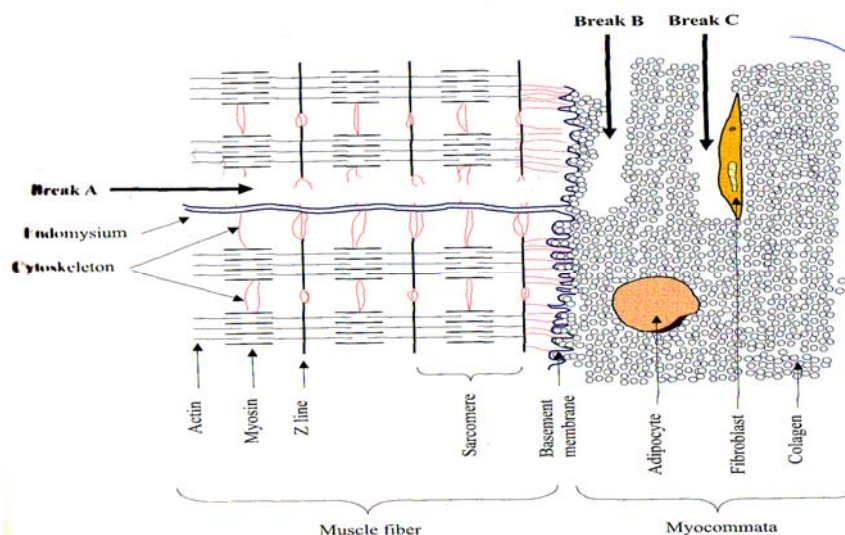
2.1 Generell muskeloppbygging

Fisker har skjelettmuskulatur som går langs begge sider av kroppen fra hodet til sporstykket. Den er delt inn i muskelsegmenter som er kalt myotomer, og er skilt fra hverandre av bindevev kalt myocommata. Muskelsegmentene, som består av parallelle muskelceller, er festet til myocommata med kollagenfibre i begge ender. Myocommata er også festet til skjelettet og skinnet.



Figur 2. Muskelstruktur i fileten til en atlantisk torsk når skjelettet er fjernet (modifisert fra Love 1969).

Myotomer er bygget opp av parallelle langsgående myofibriller som er dekket av en cellemembran (sarkolemma) (Figur 2). Sarkolemma er omgitt av sarkoplasmatiske retikulum som innkapsler transvers tubulisystemet (T-tubular). Systemet, som har en membran struktur, ligger plassert ved Z-linjen, I-bandene eller A-bandene og omgir hver enkelt myofibrill (Luther *et al.*, 1995).

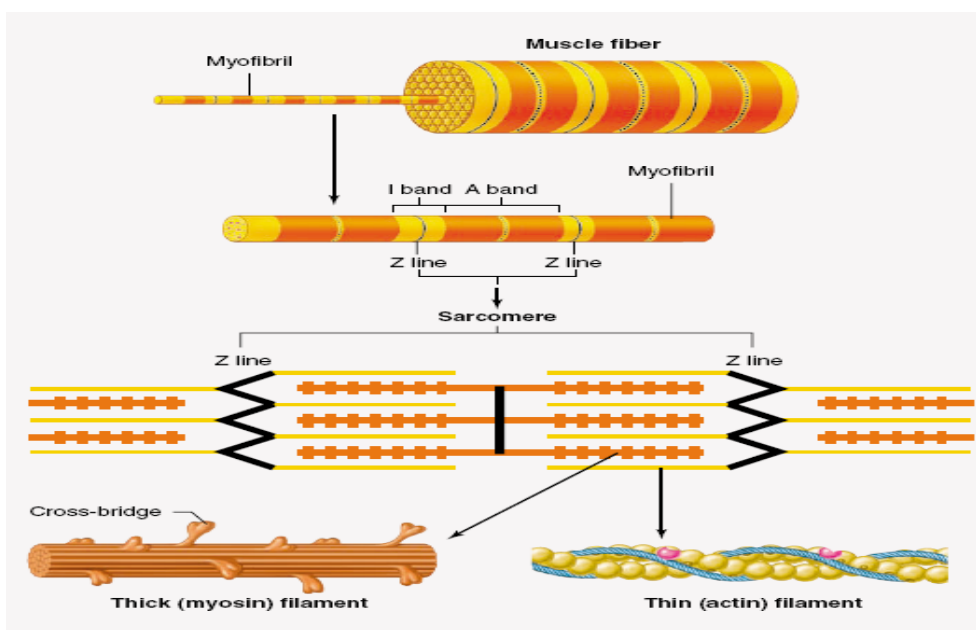


Figur 3. Illustrasjon av deler av myocommata og et myotom. På utsiden av sarkolemma er et tett pakket nettverk kalt "basement membrane". Utenfor basement membrane er et tynt lag av bindevev, kalt endomysium som omgir hver muskelcelle. Perimysium er bundet til bindevevshinna og disse er tilgrensende til myocommata (Modifisert fra Skjervold 2002).

På utsiden av sarkolemma er det et tettpakket nettverk kalt ”basement membrane”. Dette består hovedsakelig av kollagen IV (figur 3). Bindevevshinnen (endomysium) er et tynt lag som omgir hver muskelcelle, og består hovedsakelig av kollagen I og V. Perimysium er bundet til bindevevshinna og disse er tilgrensende til myocommata. Myocommata, perimysium og bindevevshinna utgjør det intramuskulære bindevevet (IMCT). ”Break” A, B og C indikerer sprekke i bindevevet og kalles filetspalting.

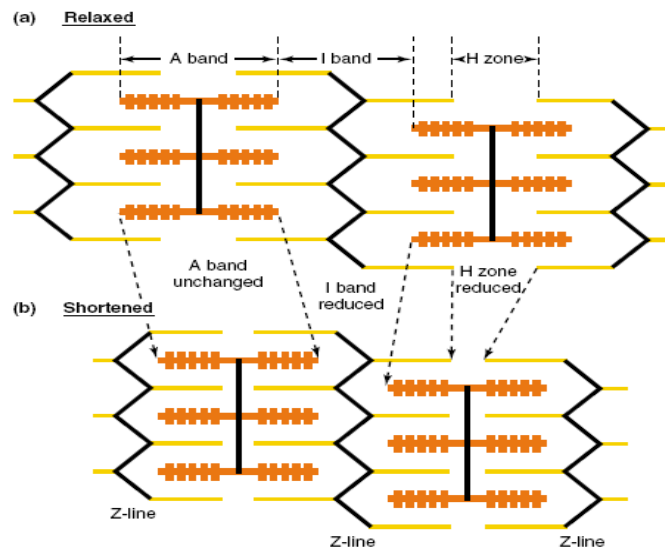
2.2 Struktur av det kontraktile systemet

Myofibriller er bygget opp av mange sarkomerer. Sarkomerer består av flere aktin- og myosinfilamenter (Figur 4). Aktinfilamenter er tynne filamenter som er lokalisert i I-bandet, mens myosinfilamenter er tykke og lokalisert midt i hver enkelt sarkomer, også kalt A-band. To sett aktinfilamenter overlapper hvert myosinfilament og er forankret i Z- linjen med kryssbindinger av α – aktinin (Huff-Lonergan og Lonergan, 2005; Luther *et al.*, 1995). Hver sarkomer strekker seg mellom to nærliggende Z-linjer. I-bandet strekker seg fra et A-band til neste A-band i et nytt sarkomer og består av aktinfilament og Z-linjen. Avstanden mellom to aktinfilamenter utgjør midtre del av A-bandet og kalles H-sonen. Sentrum av H-sonen kalles M-linjen og utgjør linken mellom nærliggende myosinfilamenter (figur 4 og 5).



Figur 4. Muskelfibrene består av en bunt myofibrilfilamenter. Hver av disse er delt opp i repeterende strukturelle enheter som kalles sarkomerer. Sarkomerer er bygget opp av mange tynne aktinfilamenter og tykke myosinfilamenter som strekker seg mellom to nærliggende Z – linjer (modifisert fra Widmaier *et al.* 2004).

Et myosinfilament er bygget opp av mange myosinmolekyler (ca 400) og består av et hode og en haleregion. Aktinfilamenter er bygget opp av to sammenflettede helikskjeder bestående av aktinmolekyler. Ved muskelkontraksjoner danner myosin og aktin et aktin–myosin kompleks ved at hodet til myosinfilamentet binder seg til aktin. Aktinfilamentet vil bli tvunget mot midten av hver sarcomer, men ingen endring vil finne sted i aktin- eller myosin filamentet. Forandringen skjer i I-bandet og H-sonen som blir forkortet (figur 5).



Figur 5. Kontraksjon av skjelettmuskulatur. Overlappende tykke myosinfilamenter og aktinfilamenter i hver sarkomer beveger seg forbi hverandre. Ved forkorting av sarkomerer er det ingen forandringer i aktin- og myosinfilamenter, men I-band og H-sonen blir redusert (modifisert fra Widmaier *et al.* 2004)

I skjelettmuskulaturen finnes det vann mellom cellene, inni og mellom myofibrillene og mellom myofibriller og cellemembranen (Huff-Lonergan og Lonergan, 2005). En endring i cellestrukturen som følge av *rigor mortis* kontraksjoner kan føre til svekket evne til å holde vann i muskelen (Huff-Lonergan og Lonergan, 2005). Drypptap er væske som kommer fra ekstra- og intracellulært rom i muskelen. Dette slippes eller presses ut som følge av skader på membraner og reduksjon av pH som fører til mindre negativ ladning på muskelproteinene. Kontraksjonen vil også kunne bidra til at vann presses ut.

Det er vist at *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk fører til et høyere drypptap ved islagring enn *post-rigor* filetering (Vang, 2007; Kristoffersen *et al.*, 2007a). I torsk er vannbindingsevnen (Water-holding-capacity: WHC) lav (Kristoffersen *et al.*, 2006b; Ofstad *et al.*, 1996) og antas å være årsaken til drypptapet. Dette kan føre til tap av næringsstoffer. WHC er forskjellig mellom arter og påvirkes av årstid og næringsstatus som også påvirker den ultimate pH, og sannsynligvis fettinnhold (Ofstad, 1995). En lav ultimate pH blir ofte assosiert med økt filetpalting (Lavèty *et al.*, 1988; Haard, 1992), høyere drypptap og

endringer i tekstur (Love, 1988; Ingólfsdóttir *et al.*, 1998; Einen *et al.*, 1999; Ofstad *et al.*, 1996). Studier indikerer at bakterievekst kan påvirke WHC (Olsson *et al.*, 2007). *Ante mortem* stress kan redusere WHC (Kiessling *et al.*, 2004) og ha en ødeleggende effekt på filetkvaliteten ved økt filetspalting og drypptap samt mykere tekstur i oppdrettsfisk sammenlignet med villfanget fisk (Lowe *et al.*, 1993; Andersen *et al.*, 1994; Stien *et al.*, 2005; Olsen *et al.*, 2006; Robb *et al.*, 2000; Roth *et al.*, 2006; Bagni *et al.*, 2007; Morzel *et al.*, 2006; Kristoffersen *et al.*, 2006b). Årsaken kan være lav muskel-pH tidlig etter slakting og/eller en forsterket *rigor mortis* kontraksjon (Kristoffersen *et al.*, 2006b). Produksjonsmetoder som for eksempel salting, hakking, tørking, frysing, tining og varming, samt lagring, lagringstid og transport påvirker WHC (Hamm, 1986). For å forhindre vekttap i form av drypp, har det tradisjonelt blitt brukt salt eller fosfater i ulike konsentrasjoner for å binde opp vannet i muskelen (Larsen *et al.*, 2007).

2.3 Lettsalting og saltets innvirkning på det kontraktile systemet

Det er mange faktorer som påvirker muskelens evne til å ta opp salt (NaCl). Salteteknikk og saltkonsentrasjon er de viktigste faktorene. Ved saltlakebading diffunderer salt fra laken inn i muskelen på grunn av forskjellig konsentrasjonsgradient (Andres *et al.*, 2002). Wang *et al.* (1998a) rapporterte at det vil ta ca 24 timer å nå minst 90 % likevekt i en 4-5 mm bit laks. En annen metode er direkte injeksjon av salt i muskelen. Denne metoden kan være belastende på muskelen og resultere i økt filetspalting (Birkeland *et al.*, 2006). Opptak av salt i muskelen avhenger av andre faktorer som temperatur i saltlaken og i fisken (Birkeland og Bjerkeng, 2005; Deng, 1977; Delvalle og Nickerso.Jt, 1967), størrelse og form på muskelprøven (Ravesi og Krzynowek, 1991), sammensetningen av saltlaken (Martinez-Alvarez og Gomez-Guillen, 2005) og hvor i rigorforløpet fisken befinner seg (Lauritzen *et al.*, 2004; Rørå *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 1998b; Wang *et al.*, 2000; Sørensen *et al.*, 1997). Ulikt innhold av fett og bindevev mellom arter kan også påvirke saltopptaket.

Hovedsakelig er det konsentrasjonen av salt i muskelcellene og ikke konsentrasjonen i saltlaken som er avgjørende for svelling i muskelen. I en oversikt av Callows arbeid på 1930-tallet beskriver Offer og Knight (1988a) forsøk gjort på kjøtt dyppet i ulike konsentrasjoner av saltlake. Det ble funnet at ved en fysiologisk saltkonsentrasjon på ca 0,2 M NaCl (~ 1%) var muskelvolumet på et minimum, og ved 1 M (~ 6%) var nådd maksimum. Ved 4,5 M (~ 25 %) ble det registrert krymping i muskelen.

Når muskelen går inn i rigor er det andre mekanismer enn de som styrer osmolariteten i levende celler som avgjør muskelens evne til å ta opp vann. Dette er vist ved forsøk som beskriver forskjeller i vektendring ved salting *pre-* og *post-rigor* (Rørå *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 1998b; Wang *et al.*, 2000; Sørensen *et al.*, 1997; Esaiassen *et al.*, 2007). Det er foreslått flere teorier om hvordan salt påvirker muskelen *post mortem* (pm). Hamm (1972) foreslo at klorid selektivt binder seg til proteiner og fører til økt elektrostatiske fraskyvning mellom myofibriller. Offer og Trinick (1983) var enig i at klorid selektivt binder seg til proteiner, men ikke i at dette var hovedårsaken til svelling i muskelen. De mente at hovedårsaken var depolymerisering av myosin når proteinsammensetningen i tykke filamenter går i oppløsning (Offer og Knight, 1988a). Hovedårsaken til svelling er derfor ikke elektrostatiske drevet, men entropisk (Offer og Knight, 1988a). Det er også vist at muskelstrukturer som M- linjen, Z- linjen, kryssbindinger i aktin-myosin komplekset (Offer og Trinick, 1983) og bindevevet (Knight *et al.*, 1989; Wilding *et al.*, 1986) er konstruert for å hindre muskelsvelling.

WHC i kjøtt blir påvirket av samme mekanisme som fører til vannopptak under salting (Offer og Trinick, 1983). Den økte elektrostatiske fraskyvningen og depolymeriseringen av myosin fører til økt plass mellom filamentene. Siden det er strukturen som holder vannet inni muskelen vil en utvidelse av dette nettverket føre til økt WHC.

2.4 Kvalitet av torsk

Det er mange definisjoner på hva kvalitet er. Den mest brukte beskriver kvalitet som produktets evne til å tilfredsstille brukerens behov, ønsker, krav og forventninger. For ferske fileter av villfanget torsk og oppdrettstorsk er sensoriske kriterier som form, farge, tekstur, smak/lukt, ferskhetsgrad (QIM) og grad av filetspalting typiske kriterier som blir lagt vekt på av konsumenten. Melanin lagret i hvit muskel representerer et stort problem for torskeoppdrettsnæringen og vises som svarte linjer i muskelen. De er assosiert med blodårene og Cooper (2005) beskrev at en av årsakene til svarte blodårer er dietter som inneholder mineraler, spesielt kobber. Videre blir det vist av Cooper og Midling (2007) at oppdrettstorsk inneholder signifikant større mengder melanin enn villfanget torsk. Det blir videre antydnet at økt innhold av kobber i dietten fører til økt melaninsyntese via økt tyrosinaseaktivitet.

Kvalitet er et vidt begrep og er ikke bare basert på sensorisk kvalitet, men også etisk kvalitet. Etisk kvalitet beskriver hvordan konsumenten ønsker at produktet skal være produsert og fremstilt. Det er vanligvis viktig for konsumenten at produktet ikke er fremstilt under betingelser som er i konflikt med dyrevernloven (Espe og Lie, 2001). Etisk produksjon

kan også inkludere miljøbetingelser som tetthet i merd, oppsamling av død fisk, kontrollert medisinerings og lignende. Fôrråstoffene og om disse er produsert på en bærekraftig måte vil også være av betydning. Ved moderne produksjon av næringsmidler er også bruk av sporbarhetssystemer ønskelig hos mange forbrukere (Heide *et al.*, 2003).

2.5 Kjølelagring av oppdrettstorsk

Før slakting kan kroppstemperaturen i fisk manipuleres ved å endre vanntemperaturen (Kiessling *et al.*, 2006). Levende kjøling brukes i laksenæringen for å redusere kroppstemperaturen og dermed redusere hastigheten på kroppens biokjemiske reaksjoner under og etter slakting. Dette oppnås ved å oppbevare den levende fisken i kjølt saltvann (1 °C) i 30 – 60 min (Skjervold *et al.*, 1996). Tidlig kjøling av laks har vist at det er mulig å forsinke inntreden av *rigor mortis* samt utsette oppløsning av *rigor*. Begge delene betraktes som positivt for filetkvaliteten.

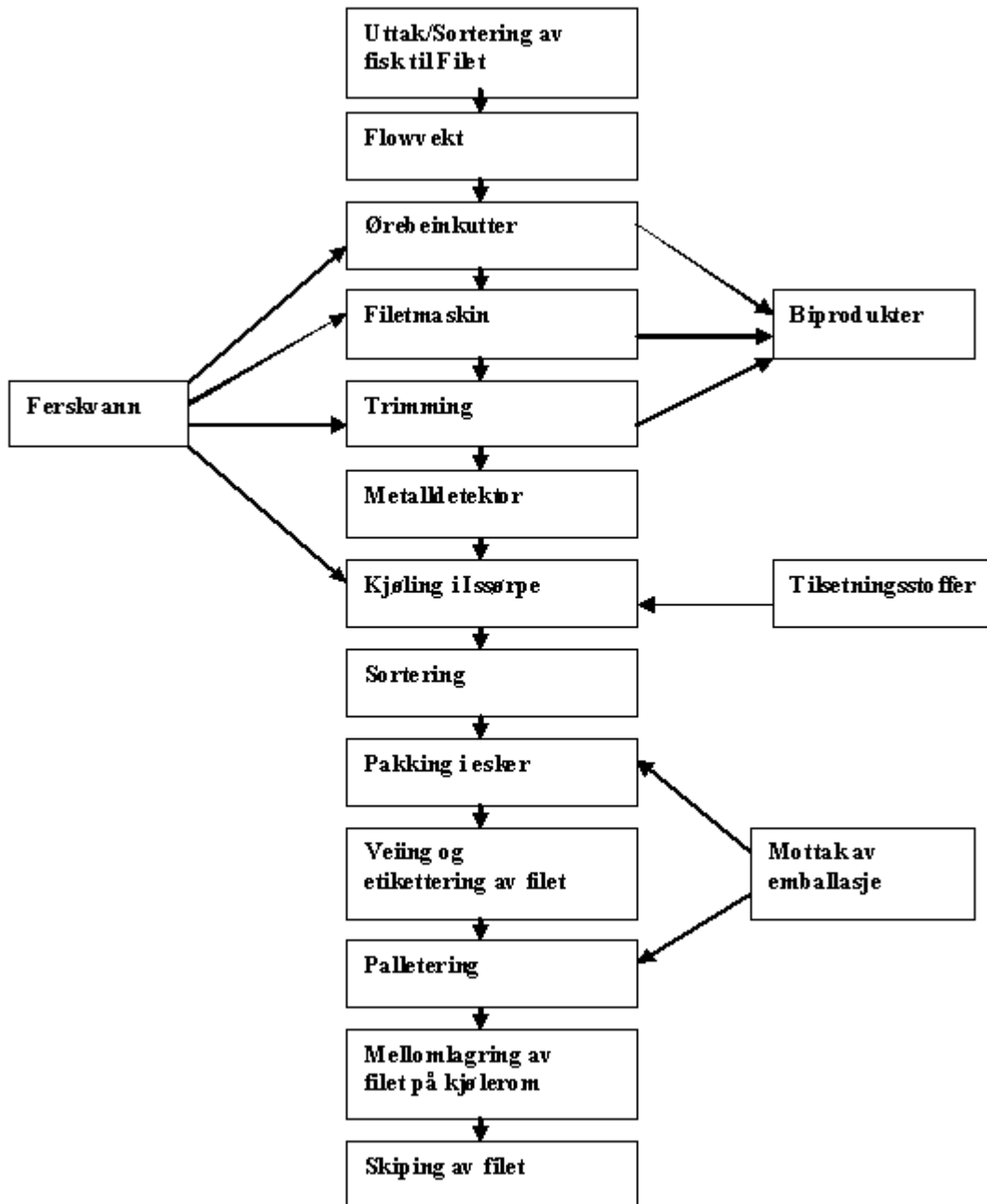
Selve slaktemåten vil også kunne påvirke kvalitet og kvalitetsutvikling i produktet, men siden dette er utenfor oppgavens tema omtales det ikke. Når død inntreer, starter degraderingen av muskelen. I startfasen skjer degraderingen ved hjelp av fiskens egne enzymer, men etter hvert vil bakteriell aktivitet forårsake det meste av nedbrytningen. Ved *pre-rigor* behandling er det spesielt viktig å kjøle fisken for å forsinke at *rigor* inntreer. Vanlig metode er å kjøle fisken mens den blør ut og ved å legge produktet i et isbad mellom produksjonstrinn.

Tradisjonelt har kjølelagring vært den viktigste metoden for å forlenge holdbarheten til ferske produkter. I senere tid har også modifisert atmosfære pakking (MAP) og vakuumpakking blitt introdusert. Hensikten med kjølelagring er å senke temperaturen i fisken slik at mikrobiell vekst og biokjemiske reaksjoner forsinkes slik at lagringstiden forlenges.

Ved lagring av fersk fisk er det flere aspekt det må taes hensyn til:

1. Lagring i tilstrekkelig is eller tette plastpakker hindrer inntørking.
2. Autolytisk nedbrytning/degradering reduseres ved nedkjøling.
3. Bakteriefloaraen på fisk i tempererte områder består mest av psykrofile bakterier. Vekst reduseres likevel godt ved islagring og ved pakking i MAP med økt innhold av karbondioksid.
4. Økende bakterievirksomhet spalter trimetylaminoksid (TMAO) til TMA som gir en skarp ammoniakklignende fiskelukt.
5. Ammoniakk dannes ved mikrobiell omsetning av aminosyrer.

2.6 Filetering og utbytte



Figur 6. Illustrasjon av fileteringslinjen ved Cod Processing AS. Utgangspunktet er sløyd hodekappet fisk.

Det er gjort flere studier på hvordan *pre-* og *post-rigor* filetering påvirker kvaliteten (Lauritzsen *et al.*, 2004; Stien *et al.*, 2005; Mørkøre, 2006; Esaiassen *et al.*, 2007; Elvevoll *et al.*, 1996; Kristoffersen *et al.*, 2007b). Disse studiene er gjennomført med manuell slakting, sløying og filetering. Ved industriproduksjon av oppdrettstorsk i større skala er det hensiktsmessig med maskinell produksjon ut fra et kostnadsperspektiv.

Før fisken fileteres må den bløgges og sløyes. Som kjent varierer kroppsstørrelse, kroppsfasong og beinbygning mellom arter. Torskefisk har for eksempel kraftigere

benbygning enn laks, makrell og sild. Ørebein og nakke skjæres vekk før fisken kan fileteres, og utbyttet vil variere etter produksjonsmetode. Ørebeinet fjernes ofte manuelt for å øke utbyttet.

Dagens fileteringsmaskiner kan lese av størrelse og kondisjon/fasong på fisken før filetering slik at utbyttet blir maksimalt. På torskefisker er det vanlig at nakkebein, tykkfiskbein, finnebein, spåmannsbein, bukbein og rester av ryggbein fjernes under maskinell filetering eller manuelt etter filetering. Fileter blir klassifisert etter hvordan de blir filetert og hva som skjæres bort:

1. A-filet, fraskjært:

Ryggfinner med støttebein, ryggbein, gattfinner med støttebein, spord, bukbein, brystfinne og bukfinne.

2. B-filet, i tillegg fraskjært:

ørebein.

3. C-filet, i tillegg fraskjært:

Spåmannsbein og bukklapp.

4. D-filet, i tillegg fraskjært:

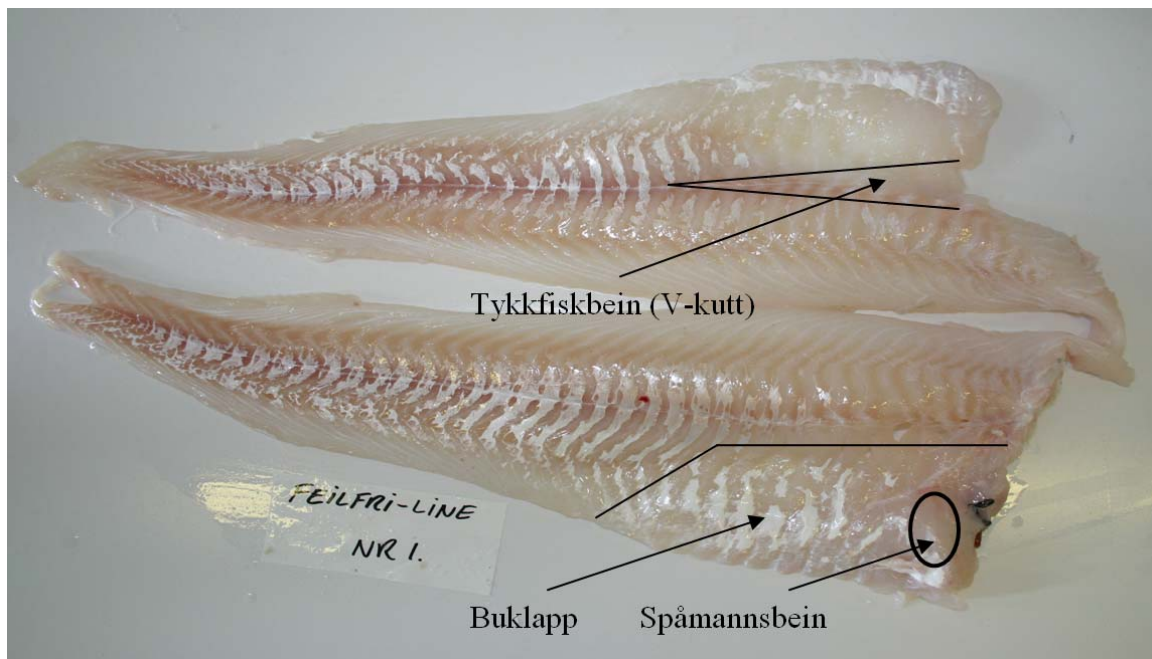
Rest av buk og tykkfiskbein.

5. E-filet:

Type B uten bein.

6. F-filet:

Type C uten bein.



Figur 7. Torskefilet av B – kvalitet hvor tykkfiskbein, bukklapp, spåmannsbein og V- kutt er illustrert (Nofima, april 2009).

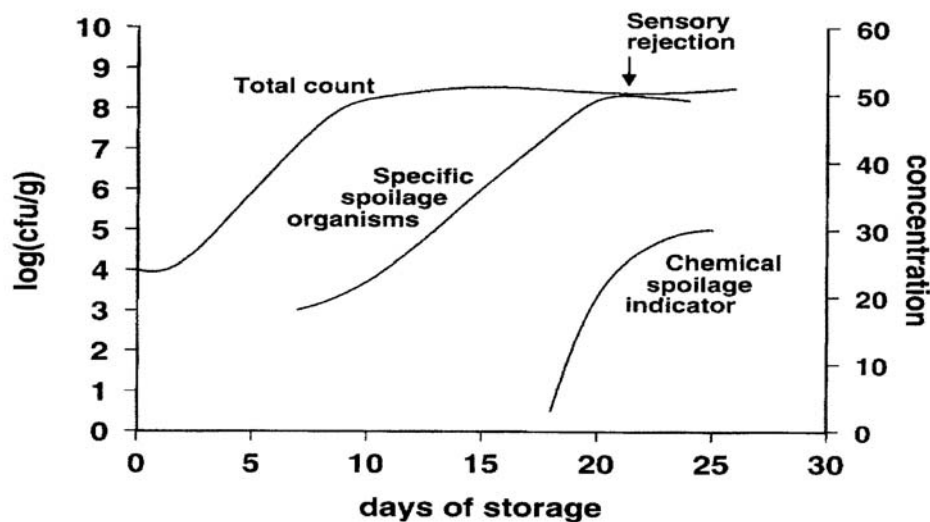
2.7 Mikrobiologisk degradering av fisk

Bakteriell bederelse av fisk er godt dokumentert av blant andre Liston (1980), Hobbs og Hodgkiss (1982), samt Gram og Huss (1996). Mikroorganismer er hovedårsaken til bederelse av fersk sjømat og er betinget av vekstforholdene i produktene. Faktorer som bidrar til økte vekstvilkår for bakterier er høy *ante mortem* pH i muskelen ($> 6,0$) som er vanlig i fiskekjøtt, og tilstedeværelse av lavmolekylære nitrogenforbindelser (non-protein-nitrogen; NPN) som TMAO og frie aminosyrer. Uhygieniske slakte- og sløyeforhold og relativt høy temperatur stimulerer også vekst av bakterier. Levende fisk har forsvarssystemer for å kunne bekjempe bakterier som vokser på gjeller, skinn og i tarmsystemet. Når fisken dør og naturlige barrierer og forsvarsmekanismer blir ødelagt, fjernes eller brytes ned over tid, vil bakteriene kunne trenge inn i fiskekjøttet. Vekst og metabolisme av bakterier vil resultere i nedbrytning av næringsstoffer til aminer, sulfider, alkoholer, aldehyder, ketoner og organiske syrer som gir en ubehaglig lukt og smak. I tempererte havområder er det hovedsakelig psykrotrofe gramnegative, stavformede bakterier som dominerer på fisk. Blant slektene er *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Shewanella*, *Flavobacterium*, *Vibrionaceae* og *Aeromonadeceae* dominerende. Grampositive bakterier kan også påvises i varierende mengder. Blant slektene er *Bacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Lactobacillus* og *Corynebacterium* dominerende.

Mikroorganismer har ulike egenskaper for å kunne overleve i ulike miljøer. Det er godt kjent at små endringer i prosessering og pakking av fisk gir utslag på utviklingen og

sammensetning av forråtnelsesfloraen, og kan gi en annen type bederelse (Gram og Huss, 1996). Fisk som ikke er konservert domineres hovedsakelig av gramnegative, fermentative bakterier som *Vibrionaceae*, mens kuldeterante gramnegative bakterier som *Pseudomonas* spp og *Shewanella* spp dominerer kjølte fiskeprodukter (Gram og Dalgaard, 2002). *Shewanella* spp er pH-sensitiv og vokser best ved høy *post mortem* pH (> 6,0). Fisk inneholder lite karbohydrater (< 0,5 %), og lite melkesyre blir produsert *post mortem* (Gram og Huss, 1996). Ultimat muskel-pH blir derfor relativt høy.

Bederelse av fisk kan kategoriseres inn i to former. Direkte korrelasjon mellom totalt antall bakterier og graden av bederelse. Mikrobiologisk vekst blir synlig som mugg, pigmentert eller ikke pigmentert, slimete bakteriekolonier. Ingen korrelasjon mellom totale antall bakterier og graden av bederelse ved at bare deler av mikrofloraen bidrar til bederelsen (Figur 8) (Gram og Huss, 1996).



Figur 8. Forandringer i totalt kimtall (total viable count; TVC) og spesifikke forråtnelsesbakterier (specific spoilage organisms; SSO) uttrykt som log cfu/g. Forandringer i konsentrasjon av kjemiske bederelsesindikatorer (chemical spoilage indicator) som TVN, er også inkludert (modifisert fra Gram og Huss, 1996).

Det er viktig, men vanskelig, å skille mellom bakterieflora generelt og bederelsesbakterier. Sensoriske, mikrobiologiske og kjemiske studier må til for å bestemme hvilken type bakterie som er årsaken til forråtnelsen. Av Kvalitetsforskriften (1996) er det satt en grenseverdi på 5×10^6 (log 6,7) for TVC på ferske fiskeprodukter. Grenseverdien for TVN er satt til 35 mg N/ 100 g fisk (Kvalitetsforskriften 1996; Herland *et al.*, 2009), mens grenseverdien for TMA er satt til 3 mg N/ 100 g fisk, og ingen enkeltprøve skal inneholde over 5 mg N/100g fisk. TMA blir dannet ved at bakterier vokser med TMAO som

oksygenkilde. TMAO finnes særlig i torskefisker som torsk, men nylig er det imidlertid vist at TMAO bare finnes i svært begrensede mengder i oppdrettstorsk (Herland *et al.*, 2007).

Spesifikke forråtnelsesbakterier (SSO) er ofte tilstedeværende i lavt antall og representerer bare en liten del av mikrofloraen på ferske fiskeprodukter (figur 8). SSO blir funnet i ulik sjømat og kan være representert av bare en enkelt art. På fersk iset marin fisk er det *Shewanella putrefaciens* som dominerer. Gram *et al.* (1987) viste at bruk av jernagar som inneholder thiosulphate og L-cystein ville dekke et større spekter av SSO fremfor bruk av bare thiosulphate (Jensen og Schulz, 1980) eller L-cystein (Gram *et al.*, 1987). Årsaken er at enkelte SSO kan bruke sulfid fra nedbrutte aminosyrer til å produsere H₂S.

3.0 Materialer og metoder

3.1 Råstoff og prosessering

Oppdrettstorsken studert i denne oppgaven ble slaktet og prosessert ved Cod Processing AS, Halså, Nordland fylke, et datterselskap av Codfarmers ASA. Tre forsøk ble gjennomført i perioden oktober 2008 til februar 2009.

Forsøk 1

I forsøk 1 (oktober 2008) ble 10 oppdrettstorsk (6 ♀, 4 ♂), oppfôret på Dan-ex 1754 5 mm (Dana feed), slaktet ved at de ble pumpet fra ventemerde og direkte bløgget. Fisken ble merket med nummererte plaststrips før den blødde ut i 20 min i en Helix 3060 FE utblødertank (Stranda Prolog AS, Averøy, Norge) med sirkulerende sjøvann (2-4 °C). Videre ble de manuelt sløyet med forsiktighet for ikke å åpne magesekk og tarm. Fisken ble mellomlagret i en is-sørpe (slurry) frem til de ble manuelt filetert som B-kvalitet mindre enn 1 time etter slaktning (pm). Filetkniv og arbeidsbenk ble vasket med 70 % sprit mellom hver filetering av hver fisk.

Høyre filet ble filetert uten skinn og venstre med skinn. Filetene ble lagret i tre isoporkasser (20 kg kasser). Fileter fra tre fisker ble lagret i hver av to kasser, mens fileter fra fire fisker ble lagret i den tredje. Rikelig med is ble lagt i bunnen av kassen og dekket med en plastsekk (Tommen Gram, Trondheim, Norge). De 3 (4) filetene med skinn ble lagt med skinnensiden ned og de 3 (4) høyre filetene uten skinn ble lagt med muskelsiden ned på muskelsiden til venstrefileten. Plast ble lagt over og dekket med is. Under lagring ble is påfylt ved behov. Ved dag 7, 11, 15 og 19 ble pH målt i filetene. Ved dag 8, 12, 16 og 20 ble prøver av fiskekjøtt tatt til analyse av bakterievekst og TVN.

Forsøk 2

Forsøk 2 startet tidlig i februar 2009. Her ble 10 oppdrettstorsk, oppfôret på Dan-ex 1750 11 mm (Dana feed), slaktet ved at de ble pumpet fra ventemerde, el-bedøvet med spenning 30V (Seaside AS, Norge) og manuelt bløgget. Fisken ble merket med nummererte plaststrips før utblødning som i forsøk 1. Fisken ble maskinelt sløyet og hodekappet med en Baader 444 (Baader GmGH, Lübeck, Tyskland), maskinelt ørebeinkuttet med en Baader 417 og maskinelt *pre-rigor* filetert med en Baader 252 mindre enn 3 timer pm som modifisert C-

kvalitet (Uten ørebein og skinn, men med tykkfiskbein og 1/2 bukklapp). Filetene ble manuelt renskjært. Høyre filet ble filetert med skinn og venstre filet uten skinn.

Filetene ble lagret 20 min i en is-sørpe med ferskvann tilsatt 2 % NaCl etter filetering før de ble pakket i tre plastkasser (5 kgs kasser) med plastsekk som beskrevet i forsøk 1. En forskjell ble gjort under lagringen ved at en absorberingsduk ble lagt på plastsekken i bunnen av to av kassene. Formålet med å legge absorberingsduk i kassene var å undersøke om dette påvirker drypptapet. Ved dag 12, 16 og 20 ble prøver av fiskekjøtt ekstrahert til analyse av bakterievekst og TVN.

Forsøk 3

Forsøk 3 ble gjennomført tidlig i januar 2009. I forsøket ble 24 oppdrettstorsk, oppfôret på Dan-ex 1750 11 mm (Dana feed), slaktet ved at den ble pumpet fra ventemerd, el-bedøvet med spenning 30V, merket og bløgget og utblødd som i forsøk 2. Videre ble fisken maskinelt sløyet og hodekappet med en Baader 444 og lagret i is-sørpe med ferskvann frem til de ble manuelt filetert uten skinn mindre enn 2 timer pm. Filetene ble manuelt delt i loins (tykkfiskfiletene), bukklapper og sporstykker. Loins-stykkene ble brukt av bedriften mens bukklappene og sporstykkene ble brukt i et forsøk med lettsalting. Formålet var å undersøke hvordan lettsalting i ulike saltkonsentrasjoner og islagring påvirker veskeopptak og drypptap i sporstykker og bukklapper og lengdeendringer i sporstykker.



Figur 11. *Pre-rigor* fileterte sporstykker og bukklapper av oppdrettstorsk lagret i 20 timer i 1% kjølt (4°C) saltlake fra forsøk 3.

Tolv bukklapper og tolv sporstykker ble lagret i 20 timer i tre ulike NaCl-konsentrasjoner (1%, 2%, 3%) av kjølt (4°C) saltlake. Samme antall ble lagt i kjølt ferskvann. Filetstykkene som var lagret i de ulike saltkonsentrasjonene ble lagret i fire isoporkasser (20 kg kasser) svøpt i en plastsekk. Rikelig med is ble lagt i bunnen av kassen og på toppen av plastdsekken. Etter 12 og 13 dager islagring ble sporstykker og bukklapper undersøkt for henholdsvis filetspalting og svarte blodårer. Ved alle tre forsøk ble prøvene transportert til Tromsø, i kjølerom om bord på Hurtigruten. Ved ankomst ble prøvene lagret direkte på kjølerom.

3.3 Biologiske data

Biologiske data ble innhentet ved slaktetidspunktet. Lengde ble målt med målebånd lagt på et flatt underlag og rundvekt, levervekt og gonadevekt ble målt med en Sartorius vekt (Kebo labs AS, Norge). Fultons kondisjonsfaktor (K-faktor) [(rund vekt (g) / totalt kroppslengde (cm)³ x 100], leverindeks (HSI) [(levervekt (g)/ rund vekt (g) x 100)] og gonadeindeks (GSI) [(gonadevekt (g) / rund vekt (g) x 100)] ble beregnet.

3.4 Vekttap og lengdeendringer

I forsøk 1 ble vekttapet (%) til filetene beregnet ved å måle filetvekten ved filetering og etter islagring i 7 dager. Vekt før og etter filetering og lagring ble målt med en vekt med målenøyaktighet 0,01 gram. Filetforkorting ble bestemt ved å måle lengden på fileten før og etter islagring i 7 dager og uttrykt som % lengdereduksjon av opprinnelig filetlengde. I forsøk 2 ble vekttap beregnet på samme måte som ved forsøk 1.

I forsøk 3 ble vektendringene beregnet for hver enkelt saltkonsentrasjon ved å måle vekten på sporstykkene og bukklappene før lettsaltingen (NaCl) etter 20 timer i de ulike saltkonsentrasjonene og etter 9 dagers islagring. Lengdeendringer i sporstykkene ble bestemt, ved å måle lengde før lagring, etter 20 timer i ulike saltkonsentrasjoner og etter 9 dager på is, som prosent lengdereduksjon av opprinnelig filetlengde.

3.5 Filetspalting og antall svarte blodårer

Filetspalting (forsøk 3) ble bedømt som beskrevet av Andersen *et al.* (1994). Grad av filetspalting ble undersøkt i 36 sporstykker etter lagring i 3 ulike NaCl-konsentrasjoner (1%, 2% og 3%) og islagring i 12 dager. I tillegg ble tolv sporstykker, som var lagret i ferskvann i 20 timer og islagring i 12 dager, undersøkt. Fem utrente dommere ved Norges fiskerihøgskole

gjennomførte bedømmelsen i midten av januar. Antall av svarte blodårer ble også bestemt etter en metode av Cooper og Midling (2007).

Tabell 1. Skala brukt til å klassifisere fileter av oppdrettstorsk i forhold til grad av filetspalting (Andersen *et al.*, 1994)

Poeng	Beskrivelse
0	Ingen gaping
1	Få smale ¹⁾ spalteåpninger (< 5)
2	Noen små spalteåpninger (< 10)
3	Mange spalteåpninger (> 10 små eller få store ²⁾)
4	Kraftig gaping (mange store spalteåpninger)
5	Ekstrem gaping (fileten faller fra hverandre)

¹⁾ < 2 cm

²⁾ > 2 cm

Tabell 2. Kvantifisering av svarte blodårer i bukklapper og sporstykker (Cooper og Midling, 2007)

Poeng	Beskrivelse
0	Ingen svarte blodårer ¹⁾
1	Få svarte blodårer (1-2)
2	Noen svarte blodårer (3-5)
3	Mange svarte blodårer (> 5)
4	> 5 lange svarte blodårer (> 1cm)

¹⁾ Svarte ”prikker” som er < 3mm karakteriseres ikke som svart blodåre

3.6 Mikrobiologisk analyse

Fem gram fiskemuskel ble skjært ut med steril teknikk på kjølerom (0-2 °C) og overført til en steril stomacherpose. Prøvene ble fortynnet 1:10 med peptonvann tilsatt 0,9 % NaCl og kjørt i 120 sekunder i en stomacher (Stomacher 400 Laboratory Blender). Tre paralleller for hver prøve ble videre fortynnet flere 10 potenser (0,1 ml prøve + 0,9 ml peptonvann 0,9 % NaCl) og 50 µl ble podet ut på petriskåler med jernagar (Iron Agar Lyngby, CM 964; Oxoid, Basingstoke, UK) med L-cystein. Petriskålene ble innkubert i romtemperatur i to dager før avlesning. Mellom hvert uttak ble filetene islagret på kjølerom (0-2° C).

Svarte kolonier ble telt som sulfidproduserende bakterier (SSO) og TVC ble telt som hvite og svarte kolonier til sammen. Cfu/gram muskel ble beregnet som [(antall bakteriekolonier / volum i ml) x fortynning x (Antall ml suspensjon i utgangspunktet / gram muskel brukt i suspensjonen)].

3.7 Totalt flyktig nitrogen (TVN)

Ti gram fiskemuskel ble veid inn på et veiepapir og overført til et Kjeldahl destillasjonsrør før 50 ml vann ble tilsatt og parafilm satt på. Til slutt ble det tilsatt 3 ml rensed parafin og 1 g MgO. Ti ml borsyreløsning ble helt i en 250 ml E-kolbe og plassert i en Kjeltec 1002 destillering unit. Kjeldahlrøret ble ristet godt og plassert i destilleringsenheten. Destilleringen ble startet ved å åpne steam og avsluttet når 150 ml var destillert over i E-kolben. Prøven ble titrert med 0,1 M HCl til fargeomslag fra grønt til rosa ble påvist. Blank prøve ble kjørt med veiepapir og de andre reagensene.

Som kontroll ble en prøve med kjent innhold av TVN brukt for å sjekke om metoden detekterer all flyktig nitrogen. Trimetylaminhydroklorid (0,1364g) ble overført til en 100 ml målekolbe og vann tilsatt til 100 ml merket. Løsningen inneholdt da 20 mg N/100 g. Av denne løsningen ble det tilsatt 10 ml til en E-kolbe og prosedyren beskrevet over gjennomført. Resultatet av analysen viste at prøven inneholdt 19,98 mg N/100 g, dvs. at 99,99 % av nitrogeninnholdet i prøven ble gjenfunnet.

3.8 pH i muskel

Muskel-pH ble målt i 20 fileter i forsøk 1. Målingene ble gjort ca fem cm fra hodekuttet og ca 1 cm opp fra skinnsiden av loins-stykket og utført med et bærbart pH-meter (WTW 330i, Weilheim, Tyskland) med en dobbelpore pH-elektrode (Fluka, Buchs, Sveits).

3.9 Kloridinnhold

Kloridinnholdet ble bestemt etter en metode beskrevet av Larsen *et al.* (2008). Fem gram fiskemuskel ble veid ut i et Nunc 50 ml rør og tilsatt 10 ml dH₂O før det ble homogenisert med en Ultra Turrax i ca 30 sekunder. Prøvene ble så kokt i 5-10 minutter i vannbad for å denaturere proteinene og ekstrahere klorid bundet opp i dem. Prøvene ble sentrifugert i en Multifuge 1 S-R (Kendro Laboratory products GmGH, Osterode, Tyskland) i 15 min ved 4000g. Grumsete prøver ble sentrifugert på nytt. 500-1000 µl prøve ble tatt ut i eppendorfrør for måling av kloridinnhold.

Kalibreringen av Corning 925 chloride analyser (Corning, Sheffield, UK) ble utført som beskrevet av produsent. Det ble tilsatt 20 µl av prøven i bufferen før målingen kunne starte. Cl⁻/100 g prøve ble bestemt ved formel:

$$\text{Cl}^- \text{ i muskel} = (\text{målt Cl}^-) * (\text{Volum}_{\text{vann}} + \text{Volum}_{\text{prøve}}) / \text{vekt prøve} = \mu\text{mol Cl}^-$$

$$\mu\text{mol Cl}^- / \text{g prøve} * \text{formelvekt Cl}^- = \mu\text{g Cl}^- / \text{gram, omregnet til g Cl}^- / 100 \text{ gram prøve.}$$

Verdiene i g Cl⁻/100 gram prøve ble videre multiplisert med en faktor på 1,65 for å angi verdiene i prosent NaCl pr prøve.

3.10 Statistisk analyse av resultater

Anova (SPSS Inc Chicago, IL, USA) ble brukt til å vise statistiske forskjeller mellom de ulike saltgruppene. T-test ble benyttet for å bestemme om det var signifikante forskjeller i bakterievekst mellom fileter med og uten skinn. T-test ble brukt til å bestemme om det var signifikante forskjeller i drypptap mellom fileter med og uten skinn og mellom fileter lagret i kasser med og uten absorberingsduk.

4.0 Resultater

4.1 Biologiske data og prosessutbytte

Biologiske data ble samlet ved forsøk 1. Prosessutbytter ble beregnet for forsøk 1 og 2, men ikke i forsøk 3. Årsaken til dette var produksjonsrelaterte begrensninger under forsøket.

4.1.1 Forsøk 1

I forsøk 1 ble oppdrettstorsken slaktet og manuelt bløgget, sløyd og filetert *pre-rigor* som B-kvalitet. Rund vekt, sløyd vekt og sløyeutbytte med hode, og biologiske data er presentert i tabell 3. Rund vekt for utvalget av oppdrettstorsk var $4925,0 \pm 556,0$ g og $4925,0 \pm 674,4$ g for henholdsvis hann- og hunnfisk. Sløydvekt med hode var $3960,0 \pm 517,4$ g og $3941,7 \pm 423,7$ g henholdsvis. Sløyeutbyttet var på respektivt 80,4 % og 80,0 %. Leveren utgjorde ca 13 % av rund vekt og det var ingen forskjell i K-faktor, leverindeks og gonadeindeks mellom kjønnene.

Tabell 3: Rundvekt, sløyd vekt og sløyeutbytte med hode, og biologiske data for hunn- og hannfisk ved *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk (n=10) som var sultet i 9 dager før slakting i oktober 2008 (forsøk 1).

	♂, n= 4	♀, n= 6
Rundvekt (g)	$4925 \pm 556,0$	$4925 \pm 674,4$
Sløydvekt (g)	$3960 \pm 517,4$	$3941,7 \pm 423,7$
Utbytte (%)	80,4	80,0
K-faktor		
•rund	$1,5 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2$
•sløyd	$1,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$
HSI		
•rund	$12,9 \pm 2,6$	$13,1 \pm 1,2$
•sløyd	$16,2 \pm 3,8$	$16,4 \pm 1,7$
GSI		
•rund	$3,75 \pm 2,1$	$2,76 \pm 1,2$
•sløyd	$4,73 \pm 2,7$	$3,47 \pm 1,6$

Filetutbytte av rund vekt i forsøk 1 er vist i tabell 4. Fileter med skinn hadde et høyere filetutbytte enn fileter uten skinn. Filetutbyttet beregnet ut fra rund vekt var $47,3 \pm 1,2$ og $39,8 \pm 0,9$ % for henholdsvis fileter med skinn og uten skinn. Tilsvarende var verdiene basert på sløydvekt $59,0 \pm 2,4$ og $49,6 \pm 1,5$ %. Filetene var produsert som B-kvalitet (Figur 9).

Tabell 4. Filetutbytte (B-kvalitet) etter manuell sløyning og *pre-rigor* filetering. Filetutbyttet er oppgitt i % av rundvekt. Målingene ble gjennomført innen 1 time *post mortem*. n = 10 for begge grupper. ** signifikant høyere filetutbytte for fileter med skinn ($p < 0,01$)

Produkt	Filetutbytte (%)
Filet u/skinn	$39,8 \pm 0,9$
Filet m/skinn	$47,3 \pm 1,2^{**}$



Figur 9. Manuelt *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk av B-kvalitet (forsøk 1).

4.1.2 Forsøk 2

I forsøk 2 ble oppdrettstorsken slaktet manuelt bløgget, maskinelt sløyd og hodekappet, maskinelt ørebeinkappet og så maskinelt filetert *pre-rigor* som modifisert C-kvalitet (se figur 10).



Figur 10. Maskinelt *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk med skinn (forsøk 2). Fileten er av modifisert C-kvalitet.

Rund vekt, sløyd vekt og sløyeutbyttet er vist i tabell 5. Basert på rund vekt var sløyeutbyttet uten hode, men med ørebein 55,6 %. Uten ørebein ble det 47,1 %.

Tabell 5. Rund vekt, sløyd vekt og sløyeutbytte uten hode med og uten ørebein (n=10)

	Maskinell (n = 10)
Rundvekt (g)	3053,0 ± 473,2
Sløydvekt og utbytte(g/%) ^m /ørebein	1696,2 ± 252,8 / 55,6
Sløydvekt og utbytte (g/%) ^u /ørebein	1439,4 ± 215,0 / 47,1

Filetutbyttet etter maskinell *pre-rigor* filetering er presentert i tabell 6. Resultater er vist for fileter med og uten skinn og før og etter reinskjæring. Filetutbyttet var naturlig nok høyest for fileter med skinn og uten reinskjæring, 36,4 ± 4,3 %, og minst for fileter uten skinn og med reinskjæring, 29,7 ± 3,0 %.

Tabell 6. Filetutbytte ved maskinell *pre-rigor* filetering av oppdrettstorsk (n=10). Filetutbyttet med og uten skinn og før og etter reinskjæring er oppgitt i % av rund vekt.

Produkt	Filetutbytte (%)
Fileter u/skinn og uten reinskjæring	32,1 ± 2,6
Fileter u/skinn og med reinskjæring	29,7 ± 3,0
Fileter m/skinn og uten reinskjæring	36,4 ± 4,3
Fileter m/skinn og med reinskjæring	32,2 ± 2,2

Ved manuell reinskjæring skjæres fileten til etter kundens ønsker. Dette gjøres ved å skjære bort uønsket rester av finner, skinn, blodrester, bein og muskeldeler og/eller frynser. Maskinell fjerning av skinnet på filetene reduserte utbyttet med ca 4 % fra 36,4 til 32,1 på ikke reinskjært filet. Reinskjært filet hadde et utbytte på ca 32,2 % med skinn og 29,7 % uten, det vil si en forskjell på ca 2,5 %.

Utbyttet av filet med og uten skinn og med og uten reinskjæring ble også beregnet på basis av sløyd, hodekappet fisk uten ørebein og med ørebein (tabell 7). Med utgangspunkt i vekta til sløyd hodekappet fisk uten ørebein var filetutbyttet med skinn og uten reinskjæring 79,9 % mens med reinskjæring var det 68,2 %. Uten skinn var de tilsvarende tallene 68,0 % og 62,7 %. Tilsvarende var filetutbyttet basert på sløyd hodekappet fisk med ørebein, med skinn og uten reinskjæring 65,3 % mens med reinskjæring var det 57,9 %. Uten skinn var de tilsvarende tallene 57,7 % og 53,2 %.

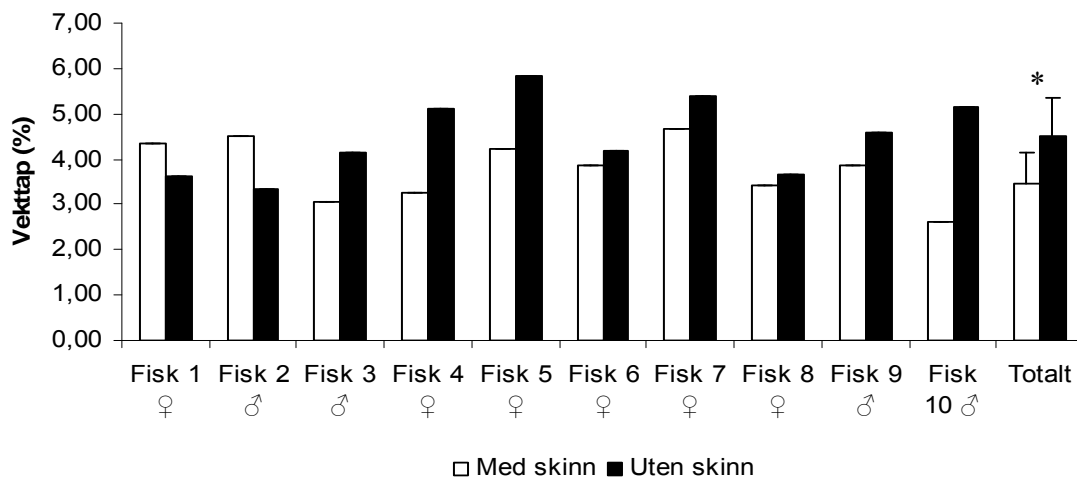
Tabell 7. Sløyd filetutbytte ved maskinell filetering av *pre-rigor* oppdrettstorsk. Filetutbyttet med og uten skinn er oppgitt av sløyd hodekappet vekt med og uten skinn, med og uten ørebein og reinskjæring. n = 12 for alle grupper.

	Sløyd hodekappet uten ørebein		Sløyd hodekappet med ørebein	
	m/skinn	u/skinn	m/skinn	u/skinn
m/reinskjæring	68,2 ± 2,9	62,7 ± 3,2	57,9 ± 2,4	53,2 ± 3,1
u/reinskjæring	76,9 ± 6,0	68,0 ± 2,6	65,3 ± 5,6	57,7 ± 2,8

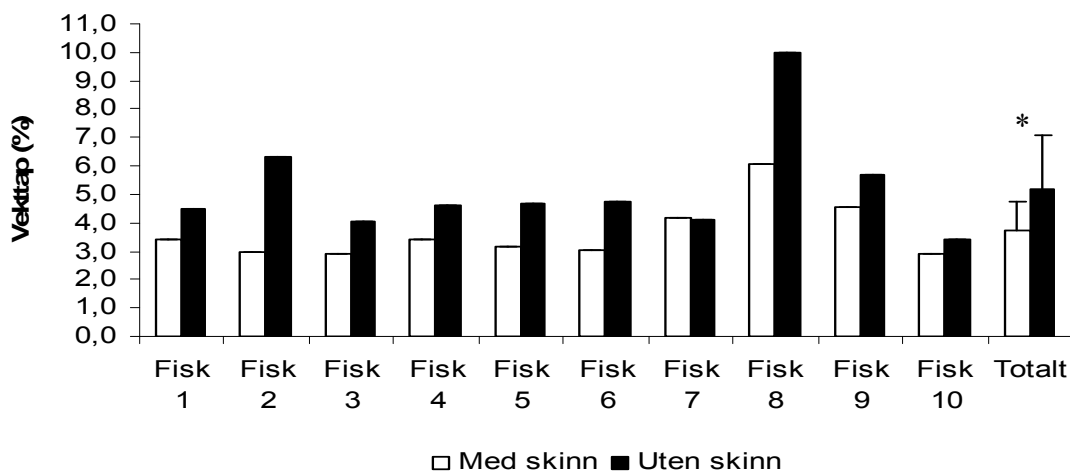
4.2 Vekttap og lengdeendring under islagring av *pre-rigor* produserte fileter

Vekttap under islagring ble beregnet for både manuelt *pre-rigor* produserte fileter (forsøk 1) og maskinelt produserte fileter (forsøk 2) med og uten skinn. I forsøk 1 var filetene ikke reinskjært. Hos 8 av 10 fileter i dette forsøket var det høyere vekttap for fileter uten skinn enn med skinn (figur 12). Etter 7 dager islagring (pm) hadde filetene uten skinn et signifikant ($p < 0,05$) høyere vekttap på 4,5 % sammenlignet med fileter med skinn som hadde et vekttap

på 3,5 %. Det ble ikke observert noen forskjeller mellom kjønn. I forsøk 2 var filetene reinskjært. Vekttapet under islagring i 12 dager var signifikant ($p < 0,05$) høyere for fileter uten skinn, 5,2 %, sammenlignet med fileter med skinn som hadde et vekttap på 3,7 % (figur 13). Fisk nummer 1, 2, 3, 7, 8, 9 og 10 var lagret med en absorberingsbleie i bunnen av kassen. Fisk nummer 4, 5 og 6 var lagret uten absorberingsbleie. Bruk av slik absorberingsbleie påvirket ikke vekttapet, men det virker som at vekttapet varierte noe mer når absorberingsbleie ikke ble brukt. Hos 9 av 10 fileter var det høyere vekttap for fileter uten skinn.



Figur 12. Vekttap etter 7 dager islagring for manuelt *pre-rigor* produserte fileter med og uten skinn (forsøk 1). * signifikant ($p < 0,05$) forskjell i vekttap mellom fileter med og uten skinn. Totalt $n = 10$ for begge gruppene.



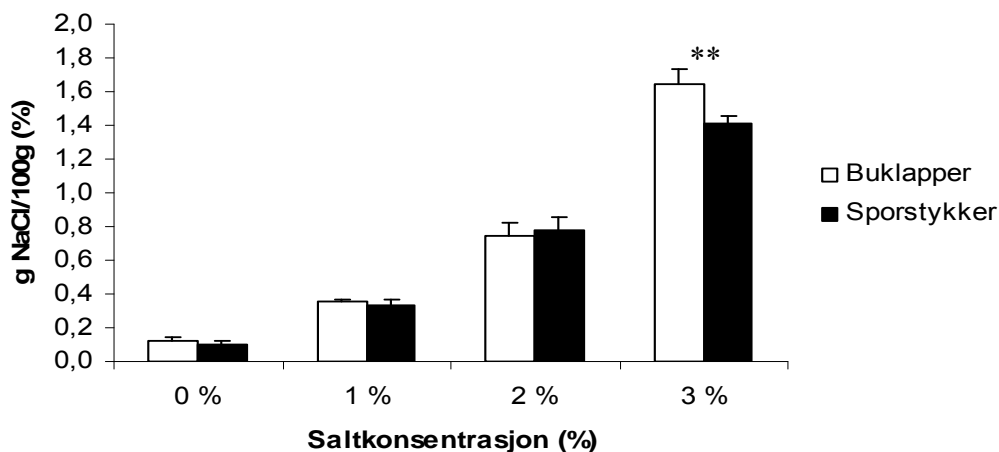
Figur 13. Vekttap etter 12 dager islagring for maskinelt *pre-rigor* produserte fileter med og uten skinn (forsøk 2). Filet med skinn fra fisk nummer 1, 2, 3, 7, 8, 9 og 10 var lagret med skinnsiden ned og på en absorberingsbleie i bunnen. Filet med skinn fra fisk nummer 4, 5 og 6 var lagret med skinnsiden ned og uten absorberingsbleie. * signifikant ($p < 0,05$) forskjell i vekttap mellom fileter med og uten skinn. Totalt $n = 10$ for begge gruppene.

4.3 Lettsalting av *pre-rigor* produserte bukklapper og sporstykker

I forsøk 3 ble oppdrettstorsken slaktet *pre-rigor* og manuelt bløget, maskinelt sløyet og filetene ble manuelt delt inn i sporstykker, bukklapper og loinsstykker. Sporstykker og bukklapper ble lettsaltet i ulike konsentrasjoner av saltlake, mens loinsstykkene ble anvendt av bedriften. Dette forsøket ble gjennomført som en del av bedriftens normale produksjon, og vekt av de hele filetene og loinsstykkene ikke ble registrert.

4.3.1 Saltkonsentrasjon i bukklapper og sporstykker ved lettsalting

Figur 20 viser saltkonsentrasjon i bukklapper og sporstykker (n = 6) lagret i 20 timer i 4 ulike saltkonsentrasjoner og deretter islagring i 9 dager. Venstre side av fisken ble brukt til analysen. Saltinnholdet varierte fra $0,10 \pm 0,0$ % i laken uten salt til $1,6 \pm 0,1$ % i 3 % saltlake. Det var ingen forskjeller i saltinnhold mellom bukklapper og sporstykker lagret i 0 %, 1 % og 2 % saltlake. Det var derimot signifikant høyere ($p < 0,01$) innhold av salt i bukklapper sammenlignet med sporstykker når disse var lagret i 3 % saltlake.



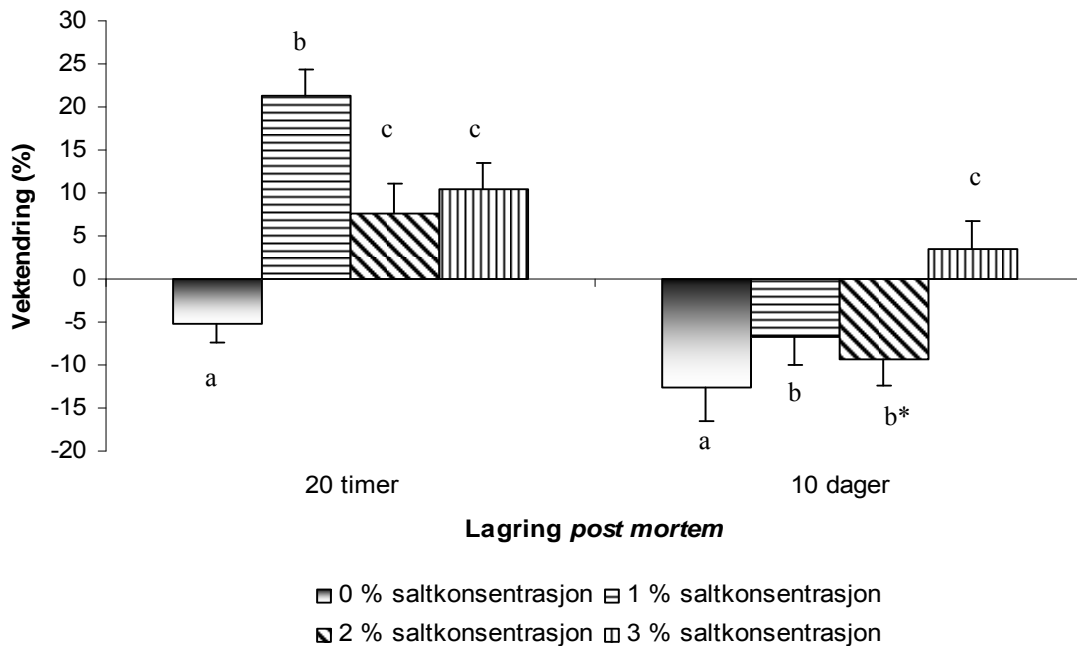
Figur 14. Konsentrasjon av (%) NaCl i sporstykker og bukklapper etter 20 timer i 4 ulike saltkonsentrasjoner og deretter islagret i 9 dager. Venstre side av fisken ble brukt til analysen. n = 6 for alle grupper.

4.3.2 Vektforandringer

Vektendring i *pre-rigor* produserte bukklapper lagret i 4 ulike saltkonsentrasjoner (0 %, 1 %, 2 %, og 3 %) i 20 timer og deretter islagret i 9 dager, heretter kalt henholdsvis gruppe 0, 1, 2 og 3, er vist i figur 15. Som følge av vannopptak i muskel de første 20 timene under lagring, var det signifikant ($p < 0,01$) høyere vektøkning i gruppe 1 enn i gruppe 0, 2 og 3. Vektendringene etter 20 timers laking var for gruppe 0; $-5,2 \pm 2,2$ %, for gruppe 1; $+21,3 \pm 3,1$ %, for gruppe 2; $+7,6 \pm 3,4$ % og for gruppe 3; $+10,5 \pm 3,1$ %. Vektendringen i gruppe 0

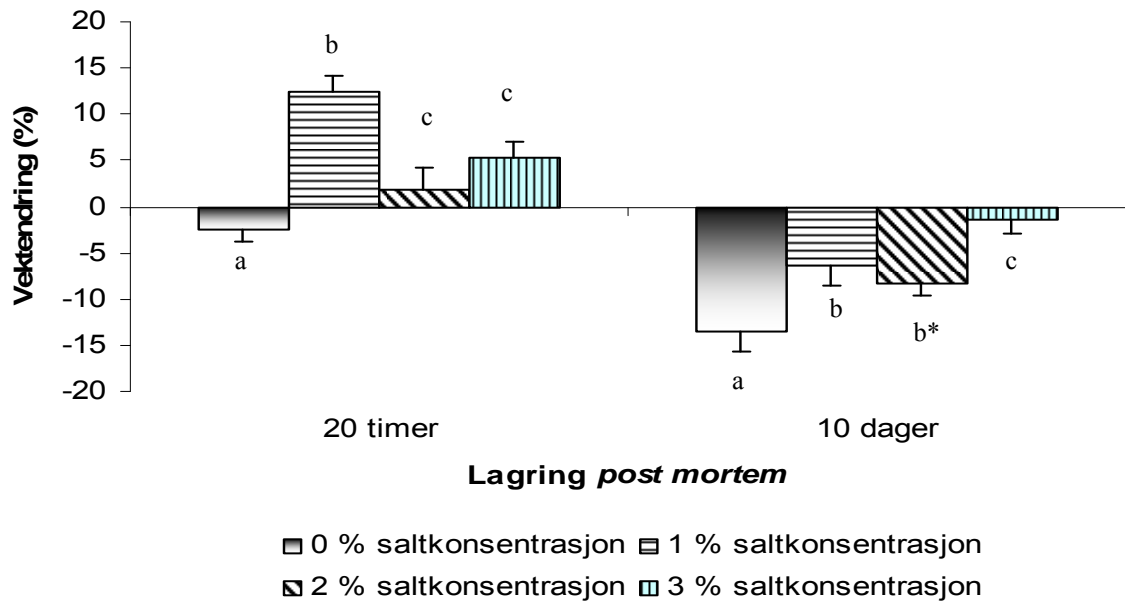
var signifikant ($p < 0,01$) forskjellig fra de andre gruppene, mens gruppe 1 var signifikant forskjellig fra gruppe 2 og 3.

Etter 9 dager med islagring hadde bukklappene i gruppe 0 tapt enda mer vekt, nå $12,6 \pm 4,0\%$ i forhold til vekt før laking. Gruppe 1 og 2 hadde tapt vekt, henholdsvis $6,8 \pm 3,1\%$, $9,4 \pm 2,9\%$, i forhold til før laking. Gruppe 3 hadde en vektøkning på $3,4 \pm 3,0\%$. Gruppe 0 hadde et signifikant høyere vekttap enn de andre gruppene. Gruppe 3 var signifikant forskjellig fra gruppene laket i 1 og 2 % salt (gruppe 1 og 2).



Figur 15. Endring i vekt (%) hos *pre-rigor* fileterte bukklapper ved lagring i 20 timer i ulike konsentrasjoner av saltlake og deretter lagret på is i 9 dager. Signifikant ($p < 0,01$) forskjellig er vist ved ulik bokstav. b* forskjellig fra a ($p < 0,05$). (n = 12).

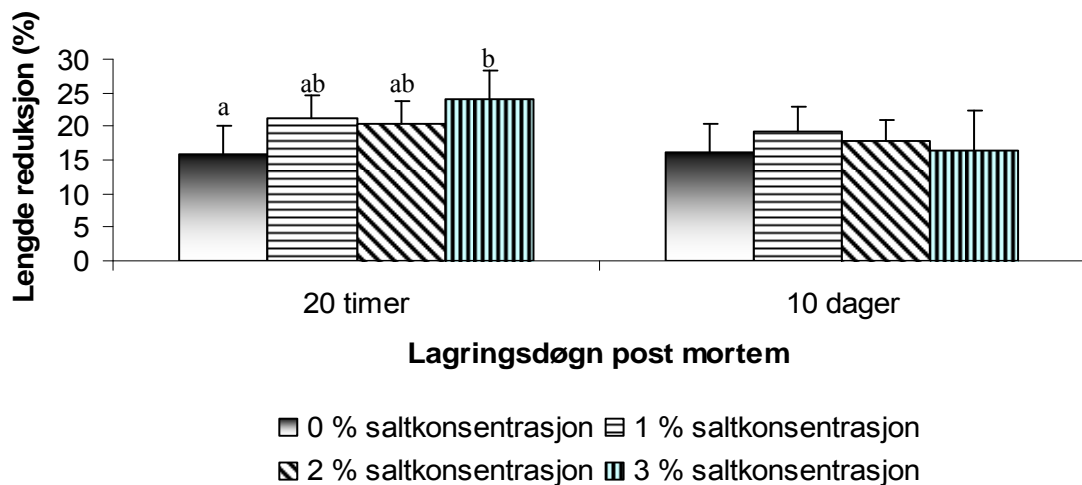
Vektendringer i sporstykker under lagring i 20 timer i de ulike konsentrasjonene av saltlake og etter 9 dager på is ble registrert (figur 16). Resultatene for sporstykker viser samme trend i vektendringer som for bukklapper. Etter 9 dager på is hadde gruppe 0 tapt $13,4 \pm 2,3\%$, gruppe 1 tapt $6,4 \pm 2,2\%$, gruppe 2 tapt $8,2 \pm 1,5\%$ i vekt mens gruppe 3 bare hadde tapt $1,5 \pm 1,4\%$ vekt. Gruppe 0 hadde signifikant høyere vekttap enn de 3 andre gruppene mens gruppe 3 hadde et signifikant lavere vekttap enn de andre gruppene.



Figur 16. Endring i vekt (%) til *pre-rigor* fileterte sporfileter ved lagring i 20timer i ulike konsentrasjoner av saltlake, og deretter ved lagring på is i 9 dager. Signifikante ($p < 0,01$) forskjeller er vist ved ulike bokstaver. b* forskjellig fra a ($p < 0,05$). (n = 12).

4.3.3 Lengdeendringer

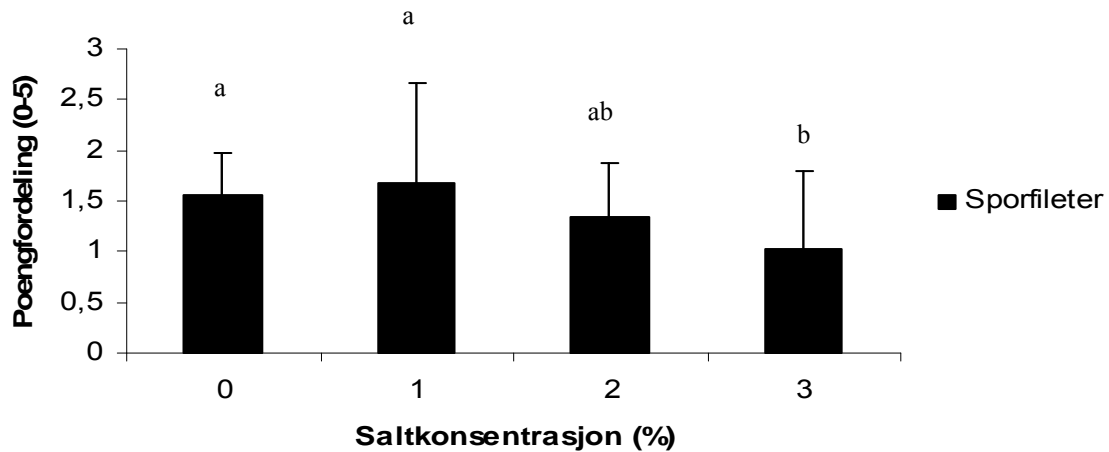
Etter 20 timers laking var det en signifikant kraftigere lengdereduksjon ($24,1 \pm 4,3$ %) i sporstykkene laket med 3 % salt sammenlignet med stykkene laket uten salt ($15,9 \pm 4,2$ %). Ti dager etter slaktning var forkortningen av sporstykkene mellom 16 og 19 % uten at det var noen signifikante forskjeller mellom dem.



Figur 17. Lengdereduksjon (%) i sporstykker lagret 20 timer i ulike saltkonsentrasjoner og på is i 9 dager. Signifikante ($p < 0,01$) forskjeller er vist ved ulike bokstaver.

4.3.4 Filetspalting i sporstykker

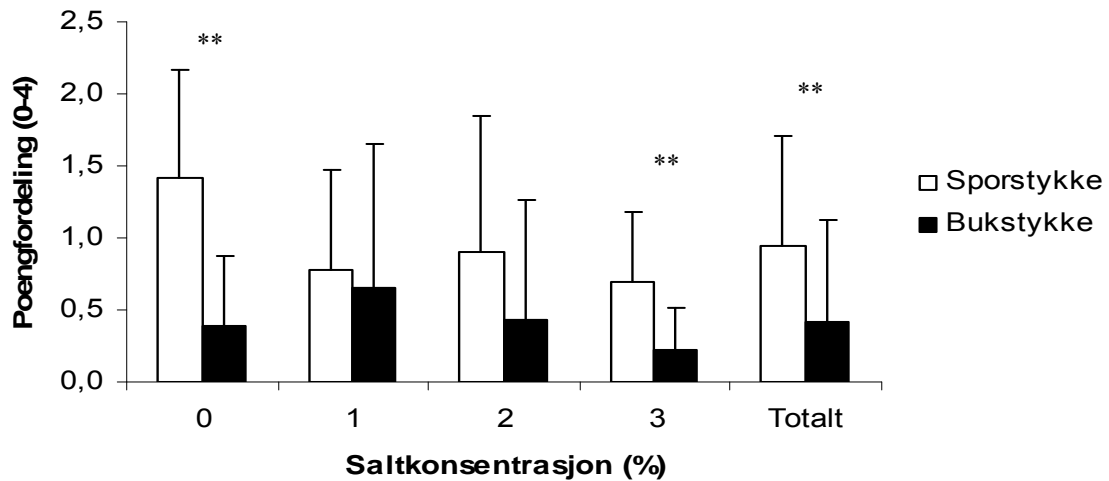
Graden av filetspalting i sporstykkene ble vurdert etter laking i 20 timer og islagring i 9 dager (figur 18). Resultatene viste at prøven lagret i 3 % salt hadde signifikant lavere filetspalting enn prøvene laket i 0 og 1 % salt.



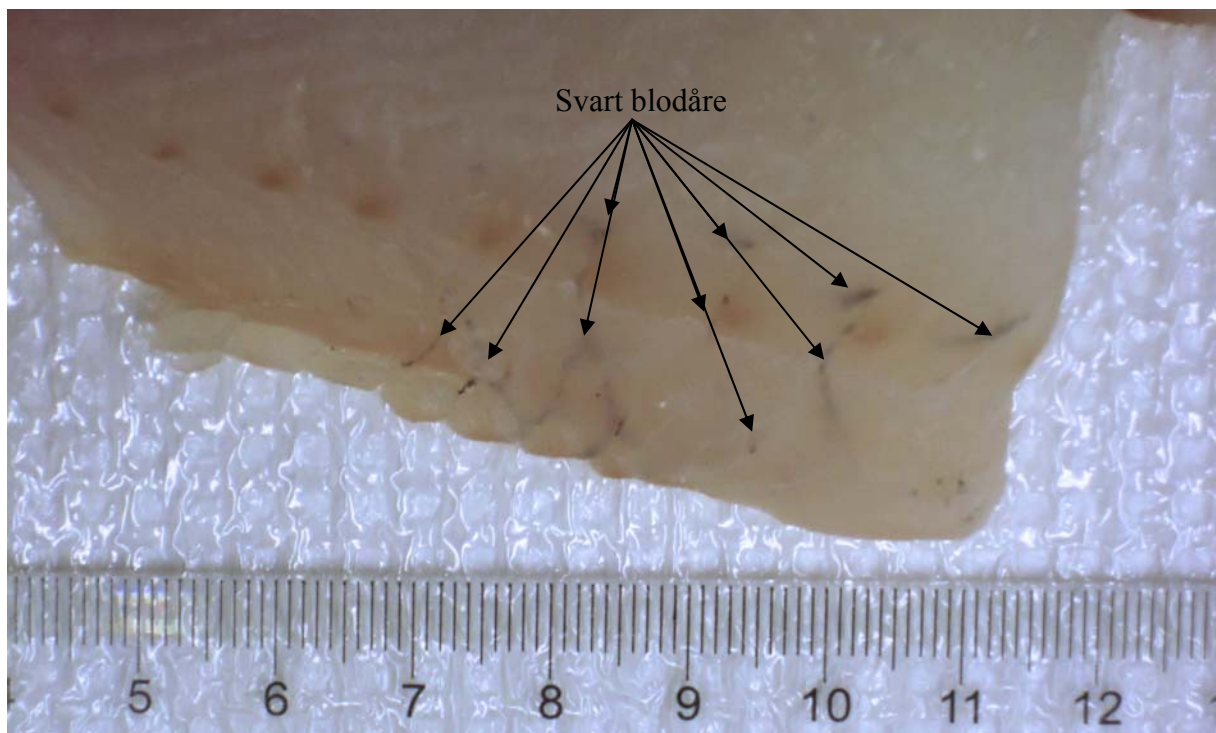
Figur 18. Gjennomsnittlig poengfordeling av filetspalting i *pre-rigor* fileterte sporstykker som var lagret i ulike konsentrasjoner av kjølte (4° C) saltlaker i 20 timer og deretter islagret i 12 dager. 5 utrente dommere utførte bedømmingen. Signifikante ($p < 0,01$) forskjeller er vist ved ulik bokstav. (0 = ingen spalting, 5 = maks spalting).

4.3.5 Svarte blodårer i bukklapper og sporstykker

Både sporstykkene og bukklappene ble vurdert med hensyn på utbredelse av svarte blodårer. For 2 av lakeprosedyrene (gr. 0 og 3) ble sporfiletene bedømt å ha et signifikant høyere ($p < 0,01$) innslag av svarte blodårer sammenlignet med buktykker. Totalt for alle sporstykker og bukklapper ($n=48$) var det signifikant høyere ($p < 0,01$) antall svarte blodårer i sporstykker sammenlignet med bukklapper. Figur 19 illustrerer svarte blodårer i sporstykker til oppdrettstorsk.



Figur 19. Gjennomsnittlig poengfordeling av svarte blodårer i *pre-rigor* produserte spor- og bukstykker lagret i 20 timer i ulike kjølte (4° C) saltkonsentrasjoner og deretter islagring i 9 dager. Bedømmingen ble gjennomført av 5 utrente dommere. ** signifikant forskjell ($p < 0,01$) mellom sporstykker og bukklapper. $n = 12$ for gruppe 0, 1, 2 og 3 mens $n = 48$ for sammenslåtte prøver (Totalt).



Figur 20. Sporstykke av oppdrettstorsk hvor svarte blodårer i fiskekjøttet er vist med piler.

4.4 Mikrobielle forandringer ved islagring av filetert produsert *pre-rigor*

Mikrobiell vekst og TVN ble undersøkt i *pre-rigor* produserte fileter med og uten skinn lagret i is i 20 dager. Både manuelt (forsøk 1) og maskinelt produserte fileter (forsøk 2) ble undersøkt.

4.4.1 Totale kimtall

Pre-rigor manuelt produserte fileter (forsøk 1) ble undersøkt etter 8, 12, 16 og 20 dagers islagring. Kimtall (log CFU/g) økte fra 3,0 ved dag 8 og 4,1 ved dag 12 til 6,1 ved dag 20 (tabell 8). Maskinelt produserte fileter ble undersøkt etter 12, 16 og 20 dagers lagring og økte fra 6,3 til 7,4 log CFU/g i perioden. Verken hos manuelt eller maskinelt produserte fileter var det forskjell i kimtallsutviklingen i fileter med og uten skinn. Økningen i bakteriekimtall var imidlertid sterkt avhengig av fileteringsmetoden. På sammenlignbare dager var kimtallet 1-2 logenheter høyere hos maskinelt produserte fileter sammenlignet med de manuelt produserte filetene.

Tabell 8. Utvikling i totale kimtall (log CFU/g) for *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk lagret på is i 20 dager. n = 10 for alle grupper.

		Kimtall, log CFU/g	
		Filet m/skinn	Filet u/skinn
Dag 8	Manuell	3,0 ± 0,1 (n=5)	3,2 ± 0,1 (n=4)
Dag 12	Manuell	4,1 ± 0,2	4,1 ± 0,3
	Maskinell	6,3 ± 0,3	6,5 ± 0,4
Dag 16	Manuell	5,3 ± 0,3	5,0 ± 0,3
	Maskinell	6,4 ± 0,3	7,0 ± 0,5
Dag 20	Manuell	6,1 ± 0,4	5,8 ± 0,3
	Maskinell	7,3 ± 0,4	7,4 ± 0,5

4.4.2 Sulfidproduserende bakterier

Utviklingen av SSO ble også bestemt under lagring av filetene produsert maskinelt og manuelt (tabell 9). I forsøk 1 ble det ikke registrert vekst av SSO etter 8 og 12 dagers islagring. Etter 16 og 20 dagers islagring ble det registrert vekst på under halvparten av filetene og antallet (log CFU/g) var tilnærmet likt for begge dagene (ca 3,3). Maskinelt produserte fileter ble undersøkt etter 12, 16 og 20 dagers lagring og økte fra 4,8 ved dag 12 og 5,4 ved dag 16 til 5,9 log CFU/g ved dag 20. Verken hos manuelt og maskinelt produserte fileter var det forskjell i kimtallsutviklingen i fileter med og uten skinn. Økningen av SSO var imidlertid sterkt avhengig av fileteringsmetoden. På sammenlignbare dager var kimtallet over 2 logenheter høyere hos maskinelt produserte fileter sammenlignet med de manuelt produserte filetene.

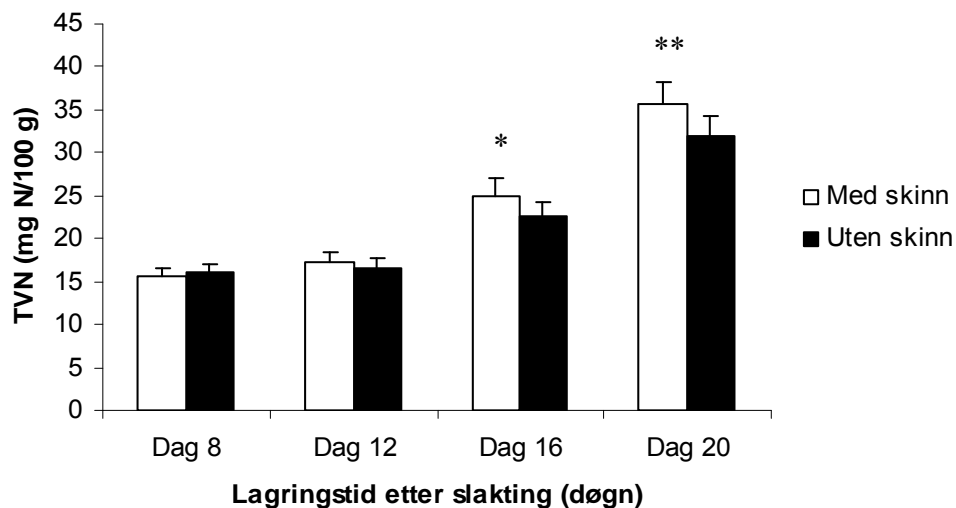
Tabell 9. Utvikling av sulfidproduserende bakterier (log cfu/g) i *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk lagret på is i 20 dager. n = 10 for alle maskinelle grupper. n = 1 og 3 for fileter uten skinn ved dag 16 og 20 pm. n = 4 og 5 for fileter med skinn ved dag 16 og 20 pm.

		Sulfidproduserende bakterier, log CFU/g	
		Filet m/skinn	Filet u/skinn
Dag 8	Manuell	n.d.	n.d.
Dag 12	Manuell	n.d.	n.d.
	Maskinell	5,0 ± 0,3	4,8 ± 0,5
Dag 16	Manuell	3,2 ± 0,3 (n = 4)	3,40 (n = 1)
	Maskinell	5,4 ± 0,5	5,1 ± 0,5
Dag 20	Manuell	3,3 ± 0,1 (n = 5)	3,3 ± 0,6 (n = 3)
	Maskinell	5,9 ± 0,4	5,7 ± 0,8

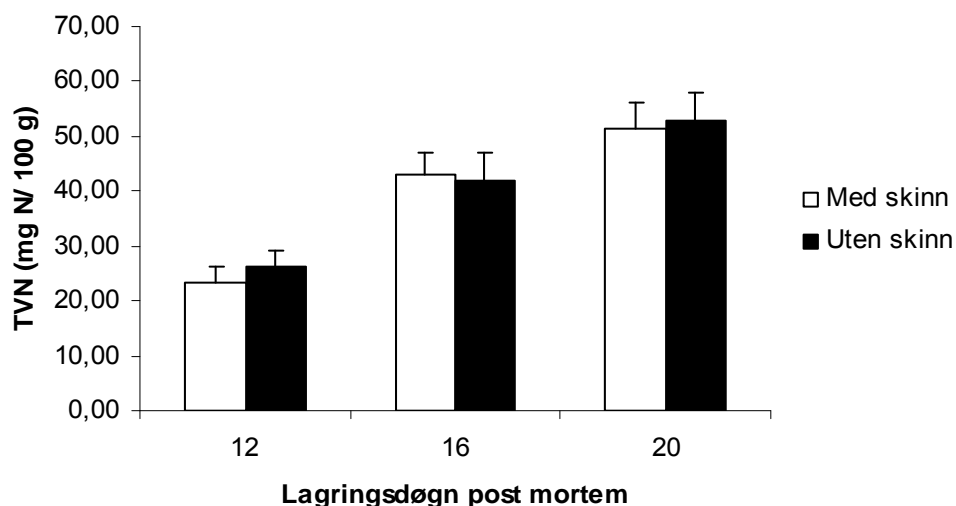
* n.d. = ikke påvist

4.4.3 Totalt flyktig nitrogen

Pre-rigor manuelt produserte fileter (forsøk 1) ble undersøkt for innhold av TVN etter 8, 12, 16 og 20 dagers islagring. TVN (mg N/100 g) økte fra 15,7 ved dag 8 og 17,4 ved dag 12 til 35,8 ved dag 20 (figur 21). Signifikante forskjeller mellom fileter med og uten skinn ble påvist etter islagring i 16 dager ($p < 0,05$) og 20 dager ($p < 0,01$). Maskinelt produserte fileter ble undersøkt etter 12, 16 og 20 dagers islagring og økte fra 23,4 til 54,9 mg N/100 g fisk i perioden (figur 22). Ingen forskjeller i innhold av TVN mellom fileter med og uten skinn ble påvist i maskinelt produserte fileter. Økningen i TVN var, som ved utviklingen av bakterievekst, sterkt avhengig av fileteringsmetode. På sammenlignbare dager var mengden TVN 5- 20 mg N/100g prøve høyere hos maskinelt produserte fileter sammenlignet med de manuelt produserte filetene.



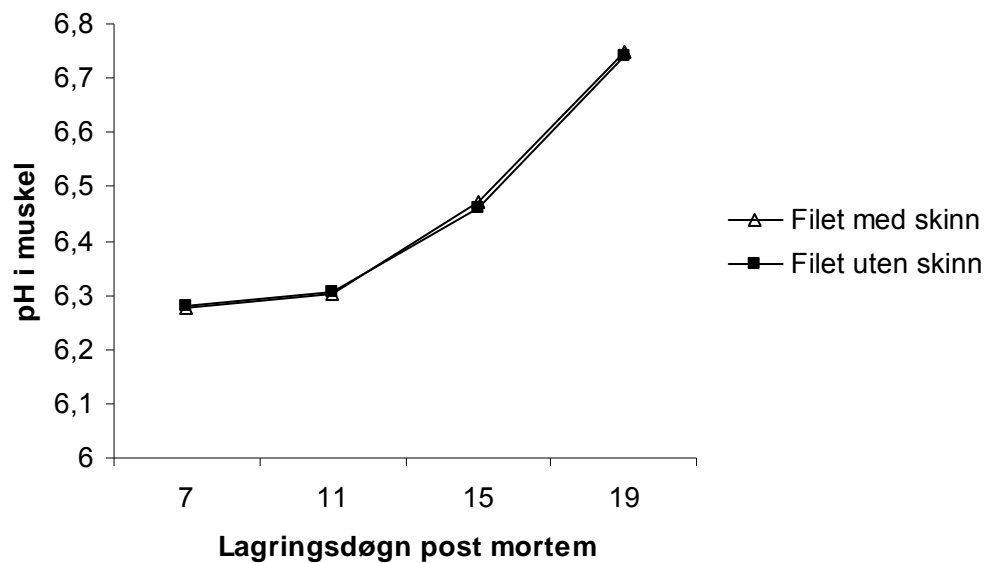
Figur 21. Utvikling av TVN (mg N/100g) i manuelt *pre-rigor* produserte fileter med og uten skinn lagret på is i 20 dager. n = 10 for alle grupper. * p < 0,05 og ** p < 0,01, signifikant høyere mengde TVN i fileter med skinn på samme dag.



Figur 22. Utvikling av TVN (mg N/100 g) i maskinelt *pre-rigor* produserte fileter med og uten skinn lagret på is i 20 dager. n = 10 for alle grupper. Ingen signifikante forskjeller.

4.4.4 Utvikling i pH under islagring av *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk

I forsøk 1 ble utviklingen av pH i fileter med og uten skinn målt etter 7, 11, 15 og 19 dagers islagring. I perioden økte pH fra 6,3 ved dag 8 til 6,8 etter 19 dagers islagring (figur 23). Det var ingen forskjell i pH mellom fileter med og uten skinn.



Figur 23. Utvikling av pH i manuelt *pre-rigor* produserte fileter med (Δ) og uten skinn (\blacksquare), lagret på is i 19 dager. $n = 10$ for begge grupper. Ingen signifikante forskjeller.

5.0 Diskusjon

Oppgaven er gjennomført i nært samarbeid med Codfarmers AS. I forsøk 2 og 3 ble slakting og prosessering utført under den normale produksjonen. Dette resulterte i at biologiske data og sløyd vekt med hode ikke ble registrert i disse forsøkene.

Slaktekvalitet og filetkvalitet er avhengig av hvilken art som skal prosesseres, alder og næringsstatus. I tillegg vil produksjonsrelaterte forhold som slakterutiner, fileteringstidspunkt, ferskhet og lagringsmetoder påvirke produktkvaliteten (Clydesdale, 1993; Johnston, 1999; Skjervold *et al.*, 2001; Esaiassen *et al.*, 2004). Videre er kvalitet et begrep som i realiteten blir bestemt av forbrukeren. Noen grenseverdier som beskriver holdbarhetsgrenser er derimot offentlig regulert gjennom kvalitetsforskriften av 1996.

Oppdrettstorsk og andre oppdrettarter blir ofte føret til metthet for å maksimere vekstraten slik at fisken når markedsvekt raskere. For torsk fører dette til høy leverindeks, høyt glykogenivå og tidlig kjønnsmodning (Jobling, 1988; Kristoffersen *et al.*, 2006c).

Fiskens kondisjon blir ofte beregnet ved Fultons kondisjons faktor (k-faktor). Denne formelen blir brukt for å evaluere sammenhengen mellom lengde og vekt i fisk. Den har også blitt brukt for å måle energireservene i atlantisk torsk (Lambert og Dutil, 1997). På grunn av det intensive fôringsregimet vil flere kvalitetsaspekter for oppdrettstorsk være ulik de man finner hos villfanget torsk. Det er vist at tørrvekt av muskel, k-faktoren og HSI ofte er høyere i oppdrettstorsk (Jobling, 1988; Marshall *et al.*, 1998; Rosenlund *et al.*, 2004). I tillegg vil endelig muskel-pH være lav (Kristoffersen *et al.*, 2006d).

Biologiske data i forsøk 1 viser at fisken var av stor markedsstørrelse. K- faktor og HSI var tilnærmet lik resultater rapportert av andre (Vang, 2007; Akse *et al.*, 2002; Mørkøre, 2006; Kristoffersen *et al.*, 2007b). GSI var lavere enn tidligere rapportert (Kristoffersen *et al.*, 2007b; Vang, 2007). Årsaken til lav GSI kan være at fisken ble slaktet i oktober. Kjønnsmodning starter gjerne først ved årsskiftet. Torsken var nesten 5 kg og sannsynligvis hadde den vært gjennom en eller flere gyteperioder tidligere. K-faktor og HSI var tilnærmet lik for hunn- og hann fisker.

Vektutbyttet av manuelt sløyd oppdrettstorsk med hode og maskinelt sløyd oppdrettstorsk uten hode var forskjellig (80,2 % og 55,6 %). Ørebeinet utgjorde ca 8,5 % av den sløyde vekten (forsøk 2). I den manuelt sløyde torsken utgjorde leveren ca 13 % av vektetapet. Upubliserte resultater fra 2002 viste at sløyeutbyttet med hode ved manuell sløyning, for henholdsvis oppfôret villfanget torsk (Danafeed, Ewos og litt lodde) og oppdrettstorsk føret med tørrfôr (Ewos), var på henholdsvis ca 80 % og ca 76 %. Torsk oppfôret på lodde

ved to lokaliteter i 2002 hadde et sløyeutbytte med hode på 66,8 % og 67,3 % (pers. med. Torbjørn Tobiassen, Seniorforsker, Nofima, april 2009). En annen upublisert rapport fra 2005 viser at sløyeutbyttet med hodet varierer fra 75 % på det laveste (september) til 88 % på det høyeste (desember) i et tidsintervall fra juni 2003 til desember 2004 (pers.med Torbjørn Tobiassen, Seniorforsker, Nofima, april 2009). Mye av variasjonen i sløyeutbyttet kan forklares med store variasjoner i gonadestørrelse. Sløyning av oppdrettslaks har et relativt konstant utbytte på 83 % for laks med hode (pers. med. Stine Ervik, Controller processing, SalMar, april 2009). Hovedårsaken til det til dels betydelig høyere utbyttet hos laks er at denne lagrer mye av fett i muskelen og at kjønnsmodning hindres ved bruk av lys. Torskens hovedlager for fett er leveren. Ved sløyning vil fettlaget tapes som sløyesvinn.

I forsøk 1 ble fisken manuelt filetert som B-kvalitet. Basert på rund vekt var filetutbytte med skinn 47,3 % og 39,8 % uten skinn. Skinnen utgjør altså nesten 8 % av filetutbyttet. Ved maskinell filetering (forsøk 2) som C-kvalitet var filetutbyttet av rund vekt ca 10 % lavere sammenlignet med manuell filetering. Spesifikt var filetutbyttet med skinn og med reinskjæring 32 % basert på rund vekt. Ved reinskjæring fjernes uønskede blodrester, skinn, hinner, bein og muskeldeler og/eller frynser. Dette vil resultere i lavere utbytte, men fileten blir mer attraktiv for kunden. Ved industriell filetering av laks er filetutbyttet med skinn og uten buklist (reinskjæring) 56 % basert på rund vekt (pers. med. Stine Ervik, Controller processing, SalMar, april 2009). En sammenligning mellom fileter med og uten skinn kan vanskelig gjøres fordi laksefileter ikke normalt produseres uten skinn. Ved å fjerne skinnen så vil en ikke bare få en lavere vekt på filetproduktet, men kvaliteten kan også bli dårligere. Velfødde torskefisker, sammenlignet med enkelte andre arter, er mye løsere i muskelen slik at de lett faller fra hverandre spesielt ved *post-rigor* filetering. Ved å beholde skinnen på kan dette problemet reduseres. Ved å filetere torsken *pre-rigor* når en markedet tidligere med filet, filetspaltingen reduseres og fisken kan fileters uten skinn. Studier av villfanget og oppfôret torsk (Kristoffersen *et al.*, 2006b) viser at filetutbyttet av oppfôret torsk samsvarer best med utbyttet presentert i denne oppgaven.

Både sløyeutbyttet og filetutbyttet vil være avhengig av prosesseringsmetode. Variasjon i filetutbyttet i industrien er naturlig siden mye fiskekjøtt kan gå tapt ved ulike trinn i prosessen. Fileteringslinjen ved Cod Processing AS var nyoppstartet og kan ha resultert i en noe ujevn filetering. Ørebeinkapperen var konstruert for sløyd hel fisk med hode. Fisken som ble prosesserte var uten hode, og dette kan ha resulterte i økt muskelsvinn i nakkeregionen.

Manuelt *pre-rigor* produserte fileter med skinn lagret i 7 dager på is hadde et signifikant lavere vekttap på 3,5 % som følge av drypp, sammenlignet med fileter uten skinn

hvor vekttapet var 4,5 %. Ved maskinell prosessering hadde fileter med og uten skinn et vekttap på henholdsvis 3,7 % og 5,2 % etter 12 dager på is. Andre resultater viser at *pre-rigor* produserte fileter med skinn hadde et vekttap på 6,8 % og 9,3 % uten skinn etter 14 dagers islagring (Håkonsen, 2008). Etter 7 dagers lagring var vekttapet hos filetene i Håkonsens arbeid ca 4 % med skinn og 6 % uten. Drypptap i *pre-* og *post-rigor* produserte fileter uten skinn av oppdrettstorsk har vært undersøkt av andre (Kristoffersen *et al.*, 2007b). Resultatene viste at *pre-* og *post-rigor* filetene hadde et drypptap (vekttap) på henholdsvis 10 % og 5 % 11 dager etter slakting. I dette arbeidet var tapet hos *pre-rigor* produserte fileter uten skinn ca 7,5 % 7 dager etter slakting. For *pre-rigor* produserte laksefileter med skinn var vekttapet ca 2 % etter islagret i 10 dager (Einen *et al.*, 2002).

Når filetene ikke er festet til ryggspylen kan den kraftige filetforkortningen ved *rigor* kontraksjon føre til at vann i myofibrillene og i intra-muskulært rom blir skjøvet ut i ekstra-muskulært rom og føre til økt drypptap. Skinnen kan fungere som en motpart til kontraksjonen ved at den hindrer muskelen i trekke seg like mye sammen, og drypptapet blir redusert. Skinnen kan også fungere som en barriere slik at vann ikke like lett slippes fra muskelen. I forsøk 2 ble filetene prosessert maskinelt og deretter lagret i 20 minutter i is-sørpe tilsatt 2 % salt. Tilsetning av salt øker WHC i muskelen ved at rommet mellom filamenter utvides ved økt elektrostatisk fraskyvning og depolymerisering av myosin (Offer og Trinick, 1983; Offer og Knight, 1988a). Den korte lagringen av filetene i 2 % NaCl kan ha resultert i økt WHC og det observerte lave drypptap. Vektreduksjonen i disse forsøkene med manuell og maskinell filetering er lave sammenlignet med tidligere undersøkelser (Vang, 2007; Kristoffersen *et al.*, 2007b). Årsaken kan være slakting ved ulik årstid og ulik næringsstatus som påvirker den ultimate pH i fisken *post mortem*. En lav ultimate pH blir ofte assosiert med høyere drypptap og endringer i tekstur (Love, 1988; Ofstad *et al.*, 1996; Ingólfssdóttir *et al.*, 1998; Einen *et al.*, 1999). Det ble ikke registrert signifikante forskjeller mellom fileter lagret med og uten absorberingsduk selv om vektreduksjonen var noe høyere uten absorberingsduk.

I forsøk 3 ble til sammen 48 sporstykker og bukklapper lettsaltet (NaCl) i fire ulike konsentrasjoner laker. Sporstykker lagret i 3 % kjølt saltlake i 20 timer og deretter i 9 dager på is, hadde signifikant lavere filetspalting, lavest vektreduksjon og størst lengdereduksjon etter endt lagringstid sammenlignet med kontrollgruppen (0 %) og 1 % saltlake. Saltinnholdet (1,4-1,6 %) i disse sporstykkene bidrar til mindre væsketap som beskrevet tidligere og mindre filetspalting ved at saltet fungerer som et slags lim. Væskeopptak var signifikant høyere i sporstykker og bukklapper lagret i 1 % saltlake sammenlignet med lagring i de andre konsentrasjonene, men vekttapet var størst etter endt lagring. Etter 10 dagers lagring hadde

buklappene lagret i 3 % saltlake en økning i vekt i forhold til vekt før laking. Filetkvalitet er blant annet avhengig av graden av filetspalting, vektendringer og lengdereduksjoner. Det er vist at maskinelt prosesserte skinnfrie *post-rigor* fileter av oppføret torsk i ekstreme tilfeller fører til at fileten faller fra hverandre (Kristoffersen *et al.*, 2006b). Ved å prosessere filetene *pre-rigor* er det vist at filetspaltingen blir redusert (Skjervold *et al.*, 2001; Kristoffersen *et al.*, 2006b). Resultatene presentert i denne oppgave samsvarer godt med resultatene presentert av Larsen *et al.* (2008). Resultatet i arbeidet til Larsen *et al.* (2008) viste at grad av filetspalting var gjennomgående mindre i *pre-rigor* produserte fileter lagret i de ulike saltkonsentrasjonene, men at den økte fra dag 7 til 14 islagring. Vektendringen var signifikant høyere sammenlignet med de andre gruppene. Dette støttes av litteratur publisert om muskelens evne til å ta opp vann og holde på vannet under lagring når salt tilsettes (Offer og Knight, 1988a; Offer og Knight, 1988b).

Årsaken til lavt vannopptak i *pre-rigor* sammenlignet med *post-rigor* produserte fileter ved lettsalting (Larsen og Elvevoll, 2008) kan ha følgende mulige forklaring. *Pre-rigor* muskelceller har evnen til å regulere cellevolumet siden levende celler til en viss grad kan motstå osmotiske- og konsentrasjonsforskjeller til omgivelsene. Når salt tilsettes og cellene befinner seg i et hyperosmotisk miljø vil cellene pumpe vann ut. Salt vil da lettere diffundere inn i cellen når ATP reduseres og *rigor* inntreffer. Når fileter produsert *pre-rigor* lagres i svake saltlake når *rigor* inntreffer, kan transporten av salt og vann inn og ut av muskelen deles i to faser. I fase 1 regulerer muskelcellene aktivt innholdet av ioner og vann. I fase 2 går muskelen inn i *rigor* og da gjelder passiv transport. Det er kombinasjonen av disse som gir ulikt mønster av vannopptak sammenlignet med fileter lagret i saltlake *post-rigor* (Larsen *et al.*, 2008). Det lave vannopptaket har også blitt forklart ved aktiv utpressing av vann forårsaket av sterk muskelkontraksjon når muskelen går inn i *rigor* (Lauritzsen *et al.*, 2004; Sørensen *et al.*, 1997).

Årsaken til større lengdereduksjon i sporstykkene med økt saltkonsentrasjon kan forklares ved at ATP forbrukes ved å opprettholde likevekt og energilagrene går dermed raskere tom. Fileten går dermed raskere inn i *rigor*. Saltkonsentrasjonen i alle sporstykker og bukklapper ble undersøkt. Konsentrasjonen varierte fra $0,1 \pm 0,0$ g NaCl/100 g bukklapp uten salt til $1,6 \pm 0,1$ g NaCl/100 g bukklapp i 3% saltlake. Det var signifikant høyere saltinnhold i bukklapper lagret i 3 % saltlake sammenlignet med sporstykker. En mulig årsak til dette er at bukklapper er tynnere, og salt vil lettere kunne diffundere inn i muskelen. En saltkonsentrasjon på 2g/ 100 g filet er regnet som ønskelig i en rehydrert klippfisk. Lett saltede fileter, bukklapper og sporstykker vil ikke bli oppfattet som ferske produkter på markedet siden salt

detekteres lett sensorisk. *Pre-rigor* fileter som er lettsaltet kan være aktuelle for produkter som er ferdig til konsum og generelle dagligvare produkter (Larsen *et al.*, 2008).

Melanin deponert i muskelens blodårer representerer et stort problem i torskeoppdrettsnæringen og vises som svarte linjer i muskelen. Resultatene viste at det var signifikant større antall svarte blodårer i sporstykker enn i bukklapper. Dette er ikke uvanlig da sporstykket har flere og ofte større blodårer, enn det en finner i bukklapp. Det var ingen forskjell i antall svarte blodårer som følge av salting. Siden melanin deponeringen skjer før slakting er det usannsynlig at en svak økning i salt kan påvirke innholdet av slike. Under undersøkelsen ble det lagt merke til at bukhinna til flere bukklapper var blitt borte enten under lagring eller prosessering. Svarte blodårer kan ha blitt fjernet med bukhinna og være årsaken til forskjellen. Det noe høye standardavviket i enkelte grupper kan være et resultat av at undersøkelsen ble bedømt av fem utrente dommere. Blodårer med blod, smuss o.l kan ha blitt forvekslet med svarte blodårer. Resultater presentert av Cooper (2005) viste at det var signifikant høyere antall svarte blodårer i oppdrettstorsk enn i villfanget torsk. Årsaken antydes å være økt mengde mineraler i fôret, spesielt kobber.

Mikrobiologiske analyser av fiskeprodukter blir brukt til å evaluere muligheten for om bakterier kan utgjøre en helsefare, og gi en indikasjon på om lagringstid, temperatur og hygiene har vært misligholdt under håndtering, prosessering og lagring. Mikrobiologisk data vil generelt ikke gi gode indikatorer på sensorisk kvalitet og holdbarhet til produktet, men antallet sulfidproduserende bakterier (SSO) relateres bedre til holdbarhet (Huss, 1995). Kun ved systematisk prøvetaking og god kunnskap om håndteringen av fisken som prøvetaking, lagringstemperatur, pakkemetode osv. kan TVC gi et komparativt mål om grad bakteriell kontaminering og hygiene (Huss, 1995). For å bestemme et produkts holdbarhet vil en kombinasjon av mikrobiologiske, kjemiske og sensoriske analyser gi best resultater.

I denne oppgaven ble holdbarheten til *pre-rigor* filetert oppdrettstorsk relatert til prosesseringsmetode og om filetene var prosessert og islagret med eller uten skinn. Resultatene i denne oppgaven viste at ved manuell *pre-rigor* filetering (forsøk 1) oversteg ikke TVC grenseverdien på 5×10^6 (log 6,7) under lagring, og SSO ble ikke påvist før etter 16 dager islagring. Sammenlignet med andre resultater (Holmvåg, 2007; Esaiassen *et al.*, 2007; Herland *et al.*, 2009) er dette relativt lang holdbarhet. Årsaken kan være at disse filetene ikke ble prosessert under normale industrielle betingelser, og/eller at opprinnelig bakterieflora var lav på fisken. Blant annet ble filetkniven og arbeidsbenk vasket i 70 % sprit mellom hver filetering og ekstra forsiktighet ble utøvet ved sløyning slik at magesekk og tarm ikke skulle åpnes. Grenseverdien (35 mg N/100g) for TVN ble derimot marginalt oversteget for fileter

med skinn ($35,8 \pm 2,5$ mg N/100g) etter 20 dager islagring og var signifikant høyere sammenlignet med fileter uten skinn. pH i loinsstykkene varierte fra 6,3 etter 7 dager islagring til 6,8 etter 19 dager islagring. Høy innslag av melkesyrebakterier vil kunne hemme økning i pH. pH i oppdrettstorsk etter 7 dagers islagring samsvarer godt med andre resultater hvor pH i fiskemuskel har blitt målt relativt tidlig i lagringsperioden (Herland *et al.*, 2009; Kristoffersen *et al.*, 2007b). Økningen i pH under lagring skyldes økt mengde basiske stoffer som ammoniakk i filetene som følge av bakteriell nedbrytning av aminosyrer. Autolyttisk nedbrytning av adenosinmonofosfat (AMP) (Huss, 1995) kan også gi økte mengder flyktige nitrogener i kjølte fiskeprodukter.

Prosessering av oppdrettstorsk under industrielle betingelser (forsøk 2) viste derimot at grenseverdien for TVC ble oversteget for fileter uten skinn etter 16 dager islagring ($\log 7,0 \pm 0,5$). SSO ble påvist etter 12 dager islagring i alle fileter, men siden analysen ikke startet før etter 12 dagers islagring kan det antas at vekst av SSO kan ha blitt påvist om analysen hadde startet tidligere i lagringsperioden. Maskinelt produserte fileter med og uten skinn oversteg grenseverdien for TVN etter 16 dager islagring. Det var derimot ingen forskjeller i TVC, SSO og TVN mellom fileter med skinn og uten skinn prosessert manuelt og maskinelt. Eneste unntaket var ved manuell filetering hvor det var signifikant høyere TVN i fileter med skinn lagret i 16 og 20 dager. Årsaken til den store forskjellen i bakterievekst, vekst av SSO og TVN mellom manuelt og maskinelt prosesserte fileter kan forklares. Som beskrevet tidligere var prosedyren ved manuell filetering hygienisk sett veldig renslig. Den maskinelle fileteringen kan derimot ha resultert i flere mulige kontaminasjonskilder. Eksempelvis kan sløyemaskinen, fileteringsmaskinen og skinnemaskinen, som hadde vært brukt i produksjonen hele dagen før mine fisker ble prosessert, ført til økt eksponering av bakterier til filetene. Selv om vann sprøytes inn i flere produksjonstrinn (figur 6) for å holde maskinene rene, kan det antas at en ekstra desinfisering av maskinene midt i den daglige produksjonssyklusen kan resultere i mindre bakterievekst.

Herland *et al.* (2009) viste at manuelt *pre-rigor* fileterte oppdrettstorsker (loins) oversteg grenseverdien for TVC allerede etter 8-9 dagers islagring og at grenseverdien for TVN ikke ble oversteget under lagringen. SSO oversteg grenseverdien for TVC etter 12 dager islagring. Den mye lavere bakterieveksten i forsøk 1 kan delvis forklares med de spesielle vaskerutinene med sprit som ble gjennomført her. Lagringen av maskinelt produsert filet (forsøk 2) ga lavere TVC og SSO, men tilnærmet likt TVN enn hva Herland *et al.* (2009) fikk i sine forsøk. Dette kan tyde på at dyrkningsbetingelsene for bakterier hadde vært forskjellig. I denne oppgaven ble pertiskålene inkubert i 2 dager ved romtemperatur mens i Herlands *et als.*

forsøk var betingelsene 12 °C i 4 dager. Huss (1995) beskriver at metoder for måling av TVC i fersk fisk bør forgå ved inkubasjonstemperaturer mellom 15-25 °C i 3-5 dager. Det kan imidlertid antas at bakterier som finnes i det marine miljø hvor torskefisker lever, er mer tilpasset 12 °C enn romtemperatur. Dette kan forklare den lavere TVC og SSO funnet i denne oppgaven.

Som konklusjon kan man si at utbytte ved industriell sløyting og ikke minst, filetering av oppdrettstorsk, er til dels mye lavere enn det man får hos laks. Maskinell filetering ga raskere bakterievekst og kortere holdbarhet enn ved manuell filetering. Torskefileter produsert med skinn hadde et lavere vekttap under lagring enn fileter uten skinn. Sannsynligvis vil laking med en svak saltlake kunne bidra til mindre vekttap hos filetene under lagring på is.

Referanseliste

- Akse, L. & Midling, K. (1997) Live capture and starvation of caplin cod (*Gadus morhua*) in order to improve the quality. In: *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality*. Luten, J. B., Børresen, T. & Oehlenschläger, J. O. (Eds.), Elsevier Science B.V, 47-57.
- Akse, L., Tobiassen, T., Johansen, J., A. & Johnsen, O. (2002) Slaktekvalitet på oppdrettstorsk, sammenligning av fisk fra fem oppdrettere i mars 2002. *Fiskeriforskning*, Internt arbeidsnotat, 1-21.
- Akse, L., Tobiassen, T., Midling, K. Ø., Aas, K., Dahl, R. & Eilertsen, G. (2007) Pre-rigor filetering av levendefanget torsk - II Holdbarhet og kvalitet - vill torsk som ble foret før slakting. *Fiskeriforskning*, Rapport 4, 2-18.
- Amble, S., B. (2007) Early induced maturation in cod (*Gadus morhua*) using low energy light. Effect on muscle quality. MSc thesis, Department of Fisheries and Aquaculture, Bodø University College,
- Andersen, U. B., Strømsnes, A. N., Steinholt, K. & Thomassen M.S. (1994) Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo Salar*) *Norwegian Journal of Agricultural sciences*, 8, 165-179.
- Andres, A., Rodriguez-Barona, S., Barat, J. M. & Fito, P. (2002) Note: Mass transfer kinetics during cod salting operation. *Food Science and Technology International*, 8, 309-314.
- Bagni, M., Civitareale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finola, M., Brambilla, G. & Marino, G. (2007) Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 263, 52-60.
- Berg, E. & Albert, O. T. (2003) Cod in fjords and coastal waters of North Norway: distribution and variation in length and maturity at age. *Ices Journal of Marine Science*, 60, 787-797.
- Birkeland, S., Akse, L., Joensen, S., Tobiassen, T. & Skåra, T. (2006) Injection-salting of pre-rigor fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Food Science*, 72, 30-35.
- Birkeland, S. & Bjerkeng, B. (2005) The quality of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by salting method, time and temperature. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 963-976.
- Brown, J. A., Minkoff, G. & Puvanendran, V. (2003) Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. *Aquaculture*, 227, 357-372.
- Clydesdale, F. M. (1993) Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 83-101.
- Cook, R. M., Sinclair, A. & Stefánsson, G. (1997) Potential collapse of North Sea cod stocks. *Nature*, 385, 521 - 522
- Cooper, M. (2005) Melanin in farmed cod. *Fiskeriforskning*, Report 20, 1-19.
- Cooper, M. & Midling, K. Ø. (2007) Blood vessel melanosis: a physiological detoxification mechanism in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture International*, 15, 43-54.
- Delvalle, F. R. & Nickerson, J. (1967) Studies on Salting and Drying Fish .I. Equilibrium Considerations in Salting. *Journal of Food Science*, 32, 173-&.
- Deng, J. C. (1977) Effect of freezing and frozen storage on salt penetration into fish muscle immersed in brine. *Journal of Food Science*, 42, 348-351.
- Einen, O., Guerin, T., Fjæra, S. O. & Skjervold, P. O. (2002) Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 212, 129-140.
- Einen, O., Mørkøre, T., Rørå, A. M. B. & Thomassen, M. S. (1999) Feed ration prior to slaughter - a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 178, 149-169.

- Eliassen, J. E. & Vahl, O. (1982) Seasonal-variations in the gonad size and the protein and water-content of cod, *Gadus-Morhua*, muscle from Northern Norway. *Journal of Fish Biology*, 20, 527-533.
- Elvevoll, E. O., Sørensen, N. K., Østerud, B., Ofstad, R. & Martinez, I. (1996) Processing of marine foods. *Meat Science*, 43, S265-S275.
- Engelsen, R., Asche, F., Skjennum, F. & Adoff, G. (2004) New species in aquaculture: Some basic economic aspects. In: *Culture of cold-water marine fish*. Moksness, E., Kjørsvik, E. & Olsen, Y.(Eds.) Oxford, Blackwell Publishing Ltd,
- Erikson, U., Hultmann, L. & Steen, J. E. (2006) Live chilling of Atlantic salmon (*Salmo salar*) combined with mild carbon dioxide anaesthesia I. Establishing a method for large-scale processing of farmed fish. *Aquaculture*, 252, 183-198.
- Esaiassen, M., Dahl, R., Eilertsen, G., Bjørn Gundersen, B. & Sivertsvik, M. (2007) Pre-rigor filleting and brining of farmed cod: Influence on quality and storage stability. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 724-729.
- Esaiassen, M., Nilsen, H., Joensen, S., Skjerdal, T., Carlehog, M., Eilertsen, G., Gundersen, B. & Elvevoll, E. (2004) Effects of catching methods on quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*). *LWT-Food Science and Technology*, 37, 643-648.
- Espe, M. & Lie, Ø. (2001) Kvalitet, In: *Fiskerinæringen*. Waagbø, R., Espe, M., Hamre, K. & Lie, Ø.(Eds.) Bergen, Kystnæringens Forlag og bokklubb as, 269 - 284.
- Fordham, S. E. & Trippel, E. A. (1999) Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie*, 15, 1-9.
- Gjerde, B., Terjesen, B. F., Barr, Y., Lein, I. & Thorland, I. (2004) Genetic variation for juvenile growth and survival in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 236, 167-177.
- Godø, O. R. & Moksness, E. (1987) Growth and maturation of Norwegian coastal cod and northeast arctic cod under different conditions. *Fisheries Research*, 5, 235-242.
- Gram, L. & Dalgaard, P. (2002) Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13, 262-266.
- Gram, L. & Huss, H. H. (1996) Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33, 121-137.
- Gram, L., Trolle, G. & Huss, H. H. (1987) Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0 o C) and high (20 o C) temperatures. *International Journal of Food Microbiology* 4, 65-72.
- Hamm, R. (1972) *Kolloidchemie des Fleisches. Das Wasserbindungvermögen des Muskeleiweisses in Theorie und Praxis*. Berlin, Paul Parey,
- Hamm, R. (1986) Functional properties of the myofibrillar system and their measurement. *Muscle as Food*. Bechtel, P.(Ed.) New York, Academic Press Inc, 135-199.
- Heide, M., Johnsen, O., Tobiassen, T. & Øsli, J. (2003) Opplevd kvalitet og image til oppdrettet og oppforet torsk i det norske og engelske restaurantsegmentet. *Fiskeriforskning*, Rapport 8, 26-27.
- Herland, H., Esaiassen, M. & Olsen, R. L. (2007) Muscle quality and storage stability of farmed cod (*Gadus morhua*) compared to wild cod. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 16 (4), 55-65.
- Herland, H., Tobiassen, T., Akse, L., Carlehøg, M. & Eilertsen, G. (2009) Pre-rigor filetering av oppdrettstorsk. Holdbarhet og kvalitet under kjølelagring. *Rapport Nofima*, 14, 1-13.
- Hobbs, G. & Hodgkiss, W. (1982) The bacteriology of fish handling and processing In: *Developments in Food Microbiology*. Davies, R.(Ed.) London, Applied Science Publishers, 77-117.

- Holmvåg, T., R. (2007) Mikrobiologisk kvalitet og vekttap hos islagrede laksefileter produsert pre- og post rigor. MSc-avhandling, Institutt for marin bioteknologi, Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø,
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71, 194-204.
- Huss, H. H. (1995) Quality and quality changes in fresh fish. FAO fish. Technical paper. **T348**, FAO Rome, Italy.
- Hutchings, J. A. (2000) Collapse and recovery of marine fishes. *Nature*, 406, 882-885.
- Håkonsen, H. (2008) Fileter fra oppdrettstorsk produsert pre- og post-rigor og lagret med og uten skinn. Vekttap og proteinnedbrytning under islagring i 14 dager. MSc-avhandling, Institutt for marin bioteknologi, Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø,
- Haard, N. F. (1992) Control of chemical-composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25, 289-307.
- Ingòlfsdóttir, S., Stefánson, G. & Kristbergsson, K. (1998) Seasonal variations in physicochemical and textural properties of north Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7, 39-61.
- Jensen, M. & Schulz, E. (1980) Jernagars anvendelse til friskhedsbestemmelse af fersk fisk. *Dansk Vetrinær Tidsskrift*, 63, 8, 154/4, 314 - 318.
- Jobling, M. (1988) A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus Morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture*, 70.
- Johnston, I. A. (1999) Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture*, 177, 99-115.
- Kiessling, A., Espe, M., Ruohonen, K. & Morkore, T. (2004) Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO₂ anaesthesia. *Aquaculture*, 236, 645-657.
- Kiessling, A., Stien, L. H., Torslett, V., Suontarna, J. & Slinde, E. (2006) Effect of pre- and post-mortem temperature on rigor in Atlantic salmon muscle as measured by four different techniques. *Aquaculture*, 259, 390-402.
- Kjesbu, O. S., Klungsoyr, J., Kryvi, H., Witthames, P. R. & Walker, M. G. (1991) Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus-Morhua*) in relation to proximate body-composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 2333-2343.
- Knight, P., Elsey, J. & Hedges, N. (1989) The role of the endomysium in the salt-induced swelling of muscle-fibers. *Meat Science*, 26, 209-232.
- Kristoffersen, C., Karlsen, Ø., T., H., Kristiansen, T., Fosseidengen, J., E. & Taranger, G., L. (2006a) Sexual maturation in farmed cod. *Kyst og havbruk 2006*, kapittel 3., Havforskningsinstituttet, Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
- Kristoffersen, S. (2007) Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) in captivity. Muscle quality as affected by slaughter procedures and filleting. Scientarium doctor, Department of Marine Biotechnology, University of Tromsø, Tromsø.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Esaiassen, M., Olsson, G. B., Godvik, L. A., Seppola, M. A. & Olsen, R. L. (2006b) Effects of pre-rigor filleting on quality aspects of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*, 37, 1556-1564.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Esaiassen, M., Olsson, G. B., Godvik, L. A., Seppola, M. A. & Olsen, R. L. (2006c) Effects of pre-rigor filleting on quality aspects of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Research*, 37, 1556-1564.

- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Steinsund, V. & Olsen, R. L. (2006d) Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 861-864.
- Kristoffersen, S., Vang, B., Larsen, R. & Olsen, R. L. (2007a) Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*, 38, 1721-1731.
- Kristoffersen, S., Vang, B., Larsen, R. & Olsen, R. L. (2007b) Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Research*, 38, 1721-1731.
- Lambert, Y. & Dutil, J., D. (1997) Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during collapse of the northern Gulf of Lawrence stock. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 2388-2400.
- Larsen, R. & Elvevoll, E. O. (2008) Water uptake, drip losses and retention of free amino acids and minerals in cod (*Gadus morhua*) fillet immersed in NaCl or KCl. *Food Chemistry*, 107, 369-376.
- Larsen, R., Olsen, S. H., Kristoffersen, S. & Elvevoll, E. O. (2008) Low salt brining of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) and the effects on different quality parameters. *Lwt-Food Science and Technology*, 41, 1167-1172.
- Larsen, R., Stormo, S. K., Dragnes, B. T. & Elvevoll, E. O. (2007) Losses of taurine, creatine, glycine and alanine from cod (*Gadus morhua*) fillet during processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 396-402.
- Lauritzen, K., Akse, L., Johansen, A., Joensen, S., Sørensen, N. K. & Olsen, R. L. (2004) Physical and quality attributes of salted cod (*Gadus morhua*) as affected by the state of rigor and freezing prior to salting. *Food Research International*, 37, 677-688.
- Lavèty, J., Afolabi, O., A. & Love R., M. (1988) The connective tissues of fish. IX. Gaping in farmed species. *International Journal of Food Science and Technology*, 23, 23-30.
- Liston, J. (1980) Microbiology in fishery science. *Advances in fish science and technology*. Connell, J. J.(Ed.) Farnham, England, Fishing News (Books) Ltd., 138-157.
- Love, R., M. (1970) *The Chemical Biology of Fish*, Academic Press, New York
- Love, R., M. (1988) Gaping. In: *The food fishes, their intrinsic variation and practical implications*, Farrad Press, London, UK, 161 - 180.
- Love, R., M., Lavèty, J. & Garcia, N. G. (1972) The connective tissues of fish VI. Mechanical studies on isolated myocommata. *Journal of Food Technology*, 7, 291-301.
- Love, R., M., Lavèty, J. & Steen, J. E. (1969) The connective tissues of fish II. Gaping in commercial species of frozen fish in relation to rigor mortis. *Journal of Food Technology*, 4, 39-44.
- Lowe, T. E., Ryder, J. M., Carragher, J. F. & Wells, R. M. G. (1993) Flesh quality in Snapper, *Pagrus-Auratus*, affected by capture stress. *Journal of Food Science*, 58, 770-&.
- Luther, P. K., Munro, P. M. G. & Squire, J. M. (1995) Muscle ultrastructure in the teleost fish. *Micron*, 26, 431-459.
- Marshall, C., T., Kjesbu, O. S., Yaragina, N., A., Solemdal, P. & Ulltang, Ø. (1998) Is spawner biomass a sensitive measure of the reproductive and recruitment potential of Northeast Arctic cod? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 1766-1783.
- Martinez-Alvarez, O. & Gomez-Guillen, M. C. (2005) The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 92, 71-77.
- Mattilsynet. Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer. 14 juni 1996. nr 667.

- Morzel, M., Chambon, C., Lefevre, F., Paboeuf, G. & Laville, E. (2006) Modifications of trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle proteins by preslaughter activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2997-3001.
- Mørkøre, T. (2006) Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 251, 56-65.
- Offer, G. & Knight, P. (1988a) The structural basis of water-holding in meat Part 1: General principles and waater uptake in meat processing. *Developments in Meat science* Lawrie, R.(Ed.) London, Elsevier Applied Science,
- Offer, G. & Knight, P. (1988b) The structural basis of water-holding in meat Part 2: Drip losses. *Development in Meat Science*. Lawrie, R.(Ed.) London, Elsvier Applied Science,
- Offer, G. & Trinick, J. (1983) On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat science*, 8, 245-281.
- Ofstad, R. (1995) Microstructure and Liquid-holding Capacity in cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*) Muscle; Effects of heating. Dr.scient thesis, Institute of Medical Biology, University of Tromsø, Tromsø.
- Ofstad, R., Egelanddsdal, B., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R. L. & Hermansson, A. M. (1996) Liquid loss as effected by post mortem ultrastructural changes in fish muscle: Cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71, 301-312.
- Olsen, S. H., Sørensen, N. K., Stormo, S. K. & Elvevoll, E. O. (2006) Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 258, 462-469.
- Olsson, G. B., Seppola, M. A. & Olsen, R. L. (2007) Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage. *Lwt-Food Science and Technology*, 40, 793-799.
- Ravesi, E. M. & Krzynowek, J. (1991) Variability of salt absorption by brine dipped fillets of cod (*Gadus-Morhua*), Blackback flounder (*Pseudopleuronectes-Americanus*), and Ocean Perch (*Sebastes-Marinus*). *Journal of Food Science*, 56, 648-652.
- Robb, D. H. F., Kestin, S. C. & Warriss, P. D. (2000) Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. *Aquaculture*, 182, 261-269.
- Rosenlund, G., Karlsen, O., Tveit, K., Mangor-Jensen, A. & Hemre, G. I. (2004) Effect of feed composition and feeding frequency on growth, feed utilization and nutrient retention in juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture Nutrition*, 10, 371-378.
- Rosenlund, G. & Skretting, M. (2006) Worldwide status and perspective on gadoid culture. *Journal of Marine Science*, 63, 194-197.
- Roth, B., Slinde, E. & Arildsen, J. (2006) Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. *Aquaculture*, 257, 504-510.
- Rørå, A. M. B., Furuhaug, R., Fjæra, S. O. & Skjervold, P. O. (2004) Salt diffusion in pre-rigor filleted Atlantic salmon. *Aquaculture*, 232, 255-263.
- Skjervold, P. O. (2002) Live-chilling and pre-rigor filleting of salmonids -technology affecting physiology and product quality. Doctor agric. thesis, Agricultural University of Norway,
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O. & Christoffersen, K. (1996) Pre-mortal chilling of farmed salmon. *Refrigeration and Aquaculture*, 167-173.
- Skjervold, P. O., Røra, A. M. B., 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, 315-326.

- Stien, L. H., Hirmas, E., Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Nortvedt, R., Rørå A.M.B., Sunde, J. & Kiessling, A. (2005) The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Research*, 36, 1197-1206.
- Svåsand, T., Jorstad, K. E., Ottera, H. & Kjesbu, O. S. (1996) Differences in growth performance between Arcto-Norwegian and Norwegian coastal cod reared under identical conditions. *Journal of Fish Biology*, 49, 108-119.
- Svåsand, T., Otterå, H. & Taranger, G. L. (2004) The status and perspectives of the species. In: *Culture of cold-water marine fish*. Moksnes, E., Kjørsvik, E. & Olsen, Y.(Eds.) Oxford, Blackwell Publishing Ltd, 433-474.
- Sørensen, N. K., Brataas, R., Nyvold, T. E. & Lauritsen, K. (1997) Influence of early processing (*pre-rigor*) on fish quality. *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality*. Lutén, J. B., Børresen, T. & Oehlenschläger, J. O.(Eds.) Amsterdam, Elsevier Science B.V,
- Taranger, G. L., Aardal, L., Hansen, T. & Kjesbu, O. S. (2006) Continuous light delays sexual maturation and increases growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in sea cages. *Ices Journal of Marine Science*, 63, 365-375.
- Vang, B. (2007) Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua*). Comparative studies on fillets produced pre- and post-rigor and on the drip lost during ice storage. MSc thesis, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø,
- Wang, D., Correia, L. R. & Tang, J. (1998a) Modeling of salt diffusion in Atlantic salmon muscle. *Canadian Agricultural Engineering*, 40, 29-34.
- Wang, D., Tang, J., Correia, L. R. & Gill, T. A. (1998b) Postmortem changes of cultivated Atlantic salmon and their effects on salt uptake. *Journal of Food Science*, 63, 634-637.
- Wang, D. H., Tang, J. M. & Correia, L. R. (2000) Salt diffusivities and salt diffusion in farmed Atlantic salmon muscle as influenced by rigor mortis. *Journal of Food Engineering*, 43, 115-123.
- Widmaier, E., P., Hershel, R. & Strang, K., T. (2004) Vander, Sherman & Luciano's Humanphysiology the mechanisms of body function, McGraw-Hill, New York
- Wilding, P., Hedges, N. & Lillford, P. J. (1986) Salt-induced swelling of meat - the effect of storage time, pH, ion-type and concentration. *Meat Science*, 18, 55-75.