

Pre-rigor injeksjonssalting av laksefilet

- Krymping avhengig av tid *post mortem* før filetering og salting
- Trekkraft for å løsne tykkfiskbein før og etter salting pre-rigor

Leif Akse, Torbjørn Tobiassen og Gustav Martinsen





Nofima er et næringsrettet forskningskonsern som sammen med akvakultur-, fiskeri- og matnæringen bygger kunnskap og løsninger som gir merverdi. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked, og har om lag 470 ansatte. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

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

Internett: www.nofima.no

Forretningsområdet marin driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringen. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, effektiv og bærekraftig produksjon, prosess- og produktutvikling av sjømat samt marin bioprospektering.

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

Internett: www.nofima.no

Rapport

ISBN: 978-82-7251-854-6 (trykt) ISBN: 978-82-7251-855-3 (pdf)	Rapportnr.: 8/2011	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------	---------------------------------

Tittel: Pre-rigor injeksjonssalting av laksefilet - Krymping avhengig av tid <i>post mortem</i> før filetering og salting - Trekkraft for å løsne tykkfiskbein før og etter salting pre-rigor		Dato: 22. februar 2011
Forfatter(e): Leif Akse, Torbjørn Tobiassen og Gustav Martinsen		Antall sider og bilag: 18
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)		Prosjektnr.: 20637
Tre stikkord: Laks, rigortilstand, krymping		Oppdragsgivers ref.: FHF # 900420
Sammendrag: (maks 200 ord) <p>I den første delen av prosjektet ble krymping av laksefileter målt, etter injeksjonssalting, 5 døgn kjølelagring av saltet fileter og røyking. Filetering og salting ble utført til ulike tidspunkt mens fiskene i forsøket gikk inn i rigor, nærmere bestemt 2, 7, 14, 22, 30, 36 og 48 timer <i>post mortem</i>.</p> <p>Ved filetering og salting 14 t og 22 t <i>post mortem</i> var den umiddelbare krympingen under lakeinjisering redusert med ≈60 %. Den totale krympingen, målt 5 døgn etter filetering/salting, var imidlertid bare redusert med 17 %.</p> <p>Ved senere tidspunkt for filetering og salting, 30, 36 og 48 timer <i>post mortem</i>, var både krympingen under lakeinjisering og den totale krympingen etter 5 døgn lagring ytterligere redusert. Fiskens rigortilstand og muskel-pH ble også målt og det var mulig å filetere laksen "pre-rigor" mer enn 1 døgn etter slakting.</p> <p>I del to av prosjektet ble det målt nødvendig kraft for å trekke tykkfiskbein ut av pre-rigor laksefilet, før og etter salting. Tilsvarende målinger ble også utført i fileter som ble filetert og saltet pre-rigor og deretter kjølelagret i ett døgn. Ved måling rett etter salting var trekkraften som var nødvendig for å fjerne tykkfisk-bein signifikant lavere ($p < 0,001$) i salta filet, enn i usalta. Etter ett døgn kjølelagring av fileter som ble skåret og saltet pre-rigor, var nødvendig trekkraft signifikant redusert ($p < 0,001$) både i usaltet og salta filet, men reduksjonen var signifikant større i salta enn i usalta filet. Det var ikke signifikant forskjell i nødvendig trekkraft målt i salta filet som hadde vært lagret kjølt i ett døgn etter salting pre-rigor og i post rigor laksefilet som var skåret 5 døgn <i>post mortem</i>.</p>		

Forord

Denne rapporten inngår som delrapport i oppdragsprosjektet "Effekter på kvaliteten til pre-rigor røkt laksefilet – en videreføring" som Nofima Mat og Nofima Marin utfører etter oppdrag fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og Norske Sjømatbedrifters Landsforening, med Sveinung Birkeland, Nofima Norconserv AS, som ansvarlig prosjektleder.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Problemstilling	1
1.1.1	Filetkrymping avhengig av tidspunkt <i>post mortem</i> for filetering og salting ...	1
1.1.2	Trekraft for å fjerne tykkfiskbeina før og etter salting pre-rigor	2
2	Material og metoder	3
2.1	Del 1: Krymping og lakeopptak avhengig av fileterings-/saltetidspunkt	3
2.1.1	Råstoff	3
2.1.2	Måling av pH og rigor	3
2.1.3	Filetering	3
2.1.4	Lakeinjisering og lagring etter salting	4
2.1.5	Kaldrøyking	4
2.1.6	Måling og veging	4
2.2	Del 2: Nødvendig kraft for å trekke tykkfiskbein før og etter salting	4
2.2.1	Første forsøk	4
2.2.2	Andre forsøk	5
2.2.3	Målemetode i begge forsøkene	5
3	Resultater del 1 – krymping og lakeopptak	7
3.1	Rigor	7
3.2	pH	8
3.3	Krymping og lakeopptak (vektøkning under injisering)	9
3.4	Vektutbytte	10
4	Resultater del 2 – beintrekking	12
4.1	Forsøk 1: Beintrekking umiddelbart etter salting	12
4.2	Forsøk 2: Beintrekking 1 døgn etter salting	14
5	Oppsummering	17
6	Referanser	18

1 Innledning

Vanligvis blir oppdrettslaks filetert og eventuelt bearbeidet videre til røykelaks etter at den har gått gjennom *rigor mortis*. Dersom håndtering av fisken før slakting og selve slakteprosessen foregår uten å påføre fisken stress og utmatting er det imidlertid fullt mulig å utføre både filetering og salting (injisering) før filetene går inn i rigor. Både med hensyn til logistikk og kvalitet har slik pre rigor prosessering flere fordeler, ved at man unngår lagring av råstoff før bearbeiding og at produktene blir ferskere enn om man må vente med fileteringen i 3 – 4 døgn, til fisken er ute av rigor.

Når fisk (både laks og hvitfisk) blir filetert pre-rigor vil filetene krympe. Dersom pre-rigor fileter tilføres salt, for eksempel ved injisering av saltlake før røyking, øker graden av krymping og den foregår raskere, nærmest umiddelbart under lakeinjisering (Birkeland mfl. 2007). Rask og sterk krymping har negativ effekt på filetenes tekstur (Akse mfl. 2008) og fasong. Ved pre-rigor filetering og salting er det derfor ønskelig å unngå ekstrem krymping av filetene under salting.

Opptak av saltlake er lavere i fileter som blir injeksjonssaltet pre-rigor, sammenlignet med salting av fileter som er i rigor eller post-rigor (Birkeland mfl. 2007, Akse mfl. 2008). Kunnskap om råstoffets rigortilstand under lakeinjisering er derfor viktig for å kunne oppnå rett saltnivå i filetene etter injisering og senere røyking.

1.1 Problemstilling

Problemstillingen i denne delen (aktivitet 3) av prosjektet "Effekter på kvaliteten til pre-rigor røkt laksefilet" var todelt:

1.1.1 Filetkrymping avhengig av tidspunkt *post mortem* for filetering og salting

Akse mfl. (2008) undersøkte effekt av tid fra slakting til filetering og injeksjonssalting av torsk, med hensyn til krymping av filetene og opptak av saltlake i muskelen. I torskefilet ble den umiddelbare krympingen av filetene under saltinjisering mer enn halvert ved å utsette tidspunktet for filetering og salting til 12 timer etter slakting. Det ble også vist at prosess-tidspunkter frem til 24 timer etter slakting i liten grad påvirket saltopptaket. Innenfor denne tiden var det derfor mulig med relativt god sikkerhet å predikere saltinnholdet etter injisering og røyking av torskefileter. Ventet man lengre enn ett døgn etter slakting økte derimot saltopptaket i torskefiletene raskt.

Det er tidligere vist at når fet fisk som laks blir filetert pre-rigor, så krymper disse filetene mindre enn tilsvarende fileter av mager hvitfisk som torsk (Akse mfl. 2008). Dette er tilfelle uansett om filetene blir tilført salt pre-rigor eller ikke.

For pre-rigor laksefilet er det ikke dokumentert hvordan tidspunktet for filetering og salting etter slakting (*post mortem*) påvirker krymping og saltopptak. I dette forsøket som rapporteres her er det derfor utført filetering og injeksjonssalting av laksefileter, etter samme forsøksdesign som ble anvendt for torskefilet av Akse mfl. (2008), for å utvikle tilsvarende

kurver for laks. Målet var å dokumentere både umiddelbar krymping og lakeopptak under injisering og total krymping etter kjølelagring av salta fileter.

1.1.2 Trekkraft for å fjerne tykkfiskbeina før og etter salting pre-rigor

Ved dagens pre-rigor produksjon av røkt laks, blir tykkfiskbeina fjernet maskinelt etter salte-, tørke- og røyktrinnet. Det ligger en potensiell fare for bakteriell kontaminering av produktet under tykkfiskbeinsfjerningen. Av den grunn ville det være en fordel om pinnebeina ble fjernet etter salte- og tørkettrinnet og før selve røykettrinnet. Røykbehandlingen vil da foregå etter at eventuell bakterier er tilført produktet og kan dermed redusere bakterietallet i ferdigproduktet.

Akse et al. (2002) dokumenterte at det er behov for langt høyere trekkraft for å dra ut tykkfiskbeina fra pre-rigor torskefilet, enn fra post rigor filet.

Esaiassen & Sørensen (1996) undersøkte hvilken kraft som skal til for å trekke tykkfiskbein ut av laksefilet. Kraften ble målt som funksjon av fiskens størrelse, lagringstid og lagringstemperatur, ved hjelp av en instrumentell teksturpresse. Det trengs mer kraft for å trekke ut bein i stor fisk enn i liten fisk. Stor laks trenger lengre modningstid enn liten for å oppnå en halvering av kraften som skal til for å dra ut tykkfiskbeina. "Halveringstiden" for liten laks er 1 døgn og for stor laks 2 døgn. Lagring ut over 2 døgn gir liten effekt på nødvendig kraft. Lagring ved forhøyet temperatur, kjølerom ved 4-5 °C, reduserer opprinnelig kraft 15-20 % i forhold til lagring på is.

Larsen *et al.* (2007) viste at tykkfiskbein løsner lettere fra fileten av oppdrettstorsk etter saltbehandling. En økning av saltkonsentrasjonen reduserte kraften som var nødvendig for å trekke pinnebeina fra fileten. Saltet ser ut til å løsne pinnebeinas feste til fileten ved å bryte forbindelsen mellom beinet og bindevevet. Forsøkene ble utført på fileter som var i rigor. Larsen *et al.* anbefalte at forsøkene ble videreført med målinger på pre-rigor fileter som ble injeksjonssaltet, noe som kan gi svar på om tilsvarende effekt av salt også er til stede i pre-rigor fileter.

I dette forsøket var målet å dokumentere om injeksjonssalting av laksefileter pre-rigor kan redusere kraften som er nødvendig for å trekke tykkfiskbeina ut av fileten, og om den eventuelle reduksjonen er så stor at det blir mulig å fjerne tykkfiskbeina, manuelt eller maskinelt, fra pre-rigor laksefilet etter salting, før røyking.

I utgangspunktet var det skissert et design der laksefilet skulle injeksjonssaltes pre-rigor med mettet NaCl-lake slik at saltinnholdet varierte i 3 nivåer, fra usaltet til ca 6 % salt i fileten. Nødvendig kraft for å trekke ut tykkfiskbeina skulle måles rett etter injeksjonssalting. Som konsekvens av resultatene i det innledende forsøket ble designet endret slik at man valgte å holde saltnivået i filetene konstant og i stedet undersøkte hvordan kjølelagring av filetene i ett døgn etter filetering og salting pre-rigor påvirket trekkraften i usaltet og saltet filet. Dette ble sammenlignet med nødvendig trekkraft i post-rigor usaltet filet, som ble skåret 5 døgn etter slakting.

Under lagringen i ett døgn etter filetering/salting ble filetene oppbevart i plastposer som hindret uttørking, og lagret på kjølerom ved temperatur +2 °C.

2 Material og metoder

2.1 Del 1: Krymping og lakeopptak avhengig av fileterings-/saltetidspunkt

Sultet oppdrettslaks (*Salmo salar*) ble slaktet skånsomt, med minimalt slaktestress. Fisken ble avlivet med et slag i hodet straks etter opptak fra slaktemerd, bløgget, utblødd 20 minutter i rennende vann, sløyd, vasket og iset i isoporkasser for lagring på kjølerom inntil de ulike fileteringstidspunktene.

Ved følgende tidspunkt *post mortem* ble 3 lakser tatt ut til rigormåling, pH-måling, filetering og injeksjonssalting: 2 t, 7 t, 13,5 t, 22 t, 30 t, 36 t og 48 t.

Filetenes (n=6) lengde og vekt ble målt umiddelbart før og etter injisering av saltlake. Hver enkelt filet ble deretter stukket inn i en plastpose og lagret på is i kasser inntil 5 dager *post mortem* da filetenes lengde og vekt ble registrert på nytt. Også dag 3 etter injisering ble det foretatt en sjekk av lengden på fileter uten at de ble tatt ut av plastposene. Dette for å få en indikasjon på om maksimal krymping av filetene var oppnådd allerede ved dette tidspunktet.

Dag 5 *post mortem* ble alle filetene kaldrøkt. Av plasshensyn ble de 42 filetene fordelt på to skapfyllinger. For å unngå systematiske forskjeller mellom gruppene (saltetidspunktene) ble alle venstrefiletene røkt i første skapfylling og alle høyrefiletene i den andre skapfyllingen. Etter røyking sto filetene ca 12 timer på kjølerom for utjevning, før de ble lengdemålt og veid for siste gang i forsøket.

2.1.1 Råstoff

Oppdrettsaks (n=21), snittvekt 3319 ±554 g, snittlengde 68.8 ±3.2 cm og kondisjonsfaktor 1.01 ±0.1, ble slaktet ved Sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø og transportert som vasket, sløyd fisk på is, til Nofima Marin AS.

2.1.2 Måling av pH og rigor

Ved hvert uttak til filetering ble muskel-pH i hel fisk målt med stikkelektrode, n = 3. Ved samme tidspunkt ble fiskenes rigortilstand før filetering målt som tail-drop (avbøying), ved at fisken ble lagt på et bord, halve lengden fra spordenden av fisken ble ført utenfor bordkanten og spordens avbøying (drop) nedover ble avlest på en gradert skala fra 0 – 90 grader; der 20-30 grader er definert som pre-rigor og 80-90 grader som full rigor (ingen avbøying).

2.1.3 Filetering

Høyre og venstre filet med skinn ble skåret av manuelt, trimmet og umiddelbart tatt videre til måling, veging og lakeinjisering.

2.1.4 Lakeinjisering og lagring etter salting

Filetene ble injeksjonssaltet (25 % saltlake, ca. 10-12°C) med en Fomaco Brine Injector ved bruk av et injeksjonstrykk på 1.5 bar og en nålehastighet på 30 slag/min (0.6 L lake/nåleslag). Filetene ble kjørt en gang gjennom injektoren (standard nåletetthet).

2.1.5 Kaldrøyking

Tørking og røyking ble utført i et Kerres Smoke-air[®] Kombikammer CS 700 EL. Det ble kjørt et fire timers tørke-/røykeprogram, som omfattet 1 timer tørking etterfulgt av 3 timer røyking, temperatur i skapet 20–25 °C. På grunn av for liten plass i skapet ble røykingen utført i to omganger: Først ble alle venstrefiletene fra alle fileteringstidspunktene røkt i samme skapfylling. I skapfylling nummer to ble alle høyrefiletene røkt på på tilsvarende måte.

2.1.6 Måling og veging

Lengdemåling av fiskene og filetene ble utført på et målebrett, nøyaktighet 0.5 cm. Veging av hele fisker ble utført på en vekt med målenøyaktighet +/- 5.0 gram. Veging av filetene ble utført på en vekt med målenøyaktighet +/- 1.0 gram.

2.2 Del 2: Nødvendig kraft for å trekke tykkfiskbein før og etter salting

I denne delen ble det utført to forsøk:

2.2.1 Første forsøk

I dette forsøket ble nødvendig trekraft målt umiddelbart etter injeksjonssalting av uskinnet, pre-rigor laksefilet:

Laks (2036 ± 344 g) n = 13 ble slaktet ved Sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø og straks kjørt til Nofima i Tromsø, der 10 av fiskene ble filetert pre-rigor mindre enn 2 timer etter slaktning. De 3 siste laksene ble lagret ca 3 døgn på is, inn til de var på vei ut av rigor.

Etter filetering ble venstre filet injeksjonssaltet i en Fomaco Brine Injector FGM 16/64F, injeksjonstrykk 1 bar, 30 slag (injeksjoner) pr minutt. Dette var samme injeksjonsparametrene som benyttet i andre forsøk med pre-rigor prosessering av røkt laks i dette prosjektet. Høyrefiletene av de 10 fiskene ble ikke saltet og dermed ble det mulig å sammenligne trekraft før og etter salting mellom høyre og venstre filet på samme fisk og mellom fiskene.

For å bestemme saltinnholdet ble det etter injisering utført saltanalyse på en samleprøve fra 5 av de 10 fiskene. Saltinnhold i samleprøven var 2,8 %, som ikke er unormalt lavt i røkt laks. Alle filetene var pre rigor da de ble injeksjonssaltet, noe som ble bekreftet av at de krympet som forventet og den typiske skjelvingen i muskeloverflaten kunne observeres straks etter salting.

Injeksjonssaltingen av de 10 venstrefiletene ble gjennomført i løpet av ca 15 minutter, slik at saltetidspunktet var det samme for alle filetene i forsøket. Straks etter at siste filet var ferdig

injisert startet beintrekkingen av den første fisken. I hver filet ble det målt eksakt trekkraft på 5 – 8 bein, lokalisert i det samme området på alle filetene. Målingen av de 10 filetene foregikk spredt over ca 4 timer etter salting. Dette gav også mulighet for å se om den eventuelle nedgangen i nødvendig trekkraft endret seg i løpet av denne perioden etter salting.

Etter at de siste 3 laksene var lagret i is ca 3 døgn ble disse filetert og trekkraften ble målt i alle 6 filetene, slik at man fikk et referansepunkt for kraften som trengst for å fjerne bein fra usalta filet som er på vei ut av rigor.

2.2.2 Andre forsøk

I dette forsøket ble nødvendig trekkraft for å fjerne tykkfiskbein målt både umiddelbart etter salting av pre-rigor laksefilet og etter "saltmodning" av filetene i 1 døgn etter salting pre-rigor:

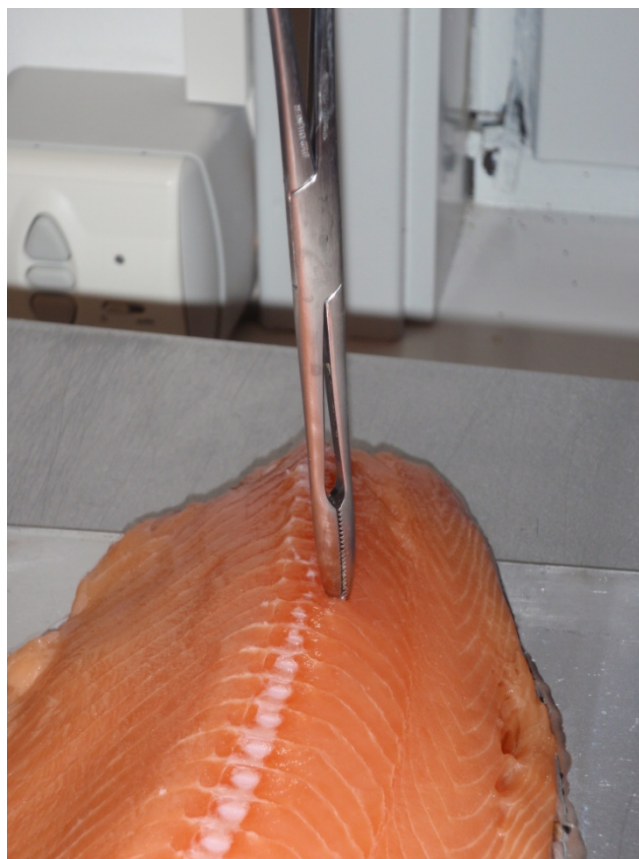
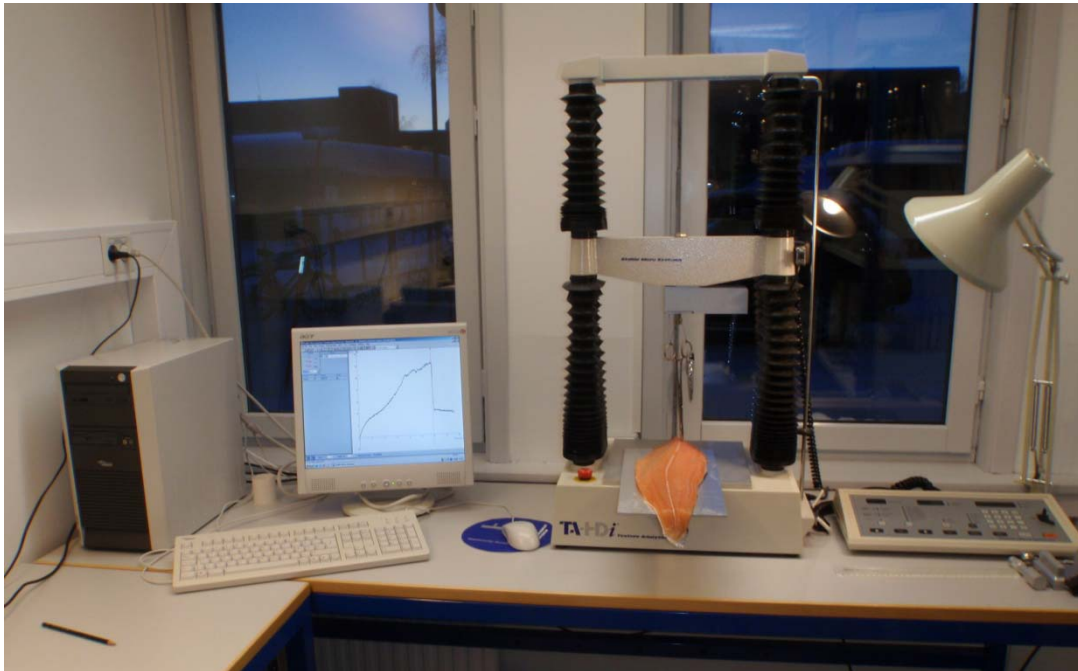
Laks (2328 ± 321 g) $n = 15$ ble slaktet ved Sjøanlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø og straks kjørt til Nofima i Tromsø, der 10 av fiskene ble filetert pre-rigor mindre enn 2 timer etter slaktning. De 5 siste laksene ble lagret 5 døgn på is, til de var ute av rigor.

Etter filetering ble høyre filet injeksjonssaltet i en Fomaco Brine Injector FGM 16/64F, injeksjonstrykk 1 bar, 30 slag (injiserings) pr minutt. Dette var de samme injeksjonsparameterne som er benyttet i forsøk 1. For å bestemme saltinnholdet ble det etter injisering utført saltanalyse på en samleprøve fra 5 av de 10 fiskene. Saltinnhold i prøven var 2,4 % som som var relativt likt saltnivået i forsøk 1. Venstrefiletene ble ikke saltet slik at det ble mulig å sammenligne trekkraft før og etter salting mellom høyre og venstrefilet på samme fisk og mellom fiskene.

Måling av nødvendig trekkraft ble utført i to omganger. Umiddelbart etter injeksjonssalting ble det utført målinger på høyre (saltet) og venstre (usaltet) filet fra 5 av fiskene. Filetene fra de øvrige 5 fiskene ble kjølelagret til dagen etter da beintrekking fra disse filetene ble utført ca 1 døgn etter salting. Fem døgn etter slaktning ble de siste 5 fiskene filetert post rigor og nødvendig trekkraft for å fjerne pinnebeina ble målt i usaltet filet.

2.2.3 Målemetode i begge forsøkene

Trekkraftmålingene blir utført med en TA-HD texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd. Cardiff UK), med et kjøreprogram som er utviklet av Nofima, og tidligere brukt i forsøk der det ble målt trekkraft ved fjerning av tykkfiskbein i laks, torsk og sei. Trekkraften ble målt med en 150 kg veiecelle, der enden av tykkfiskbeinet blir festet i en klemme påhengt under veiecellen. Trekkraften registreres mens traversen med veiecellen kjøres oppover og avleses som toppunktet av kurven som da fremkommer. Under målingen holdes fileten stabilt fast mot underlaget slik at den ikke blir løftet av beinet. I tillegg til å registrere topp-punktet gir programmet også mulighet til å observere formen på kraftkurven under trekking av hvert enkelt bein.



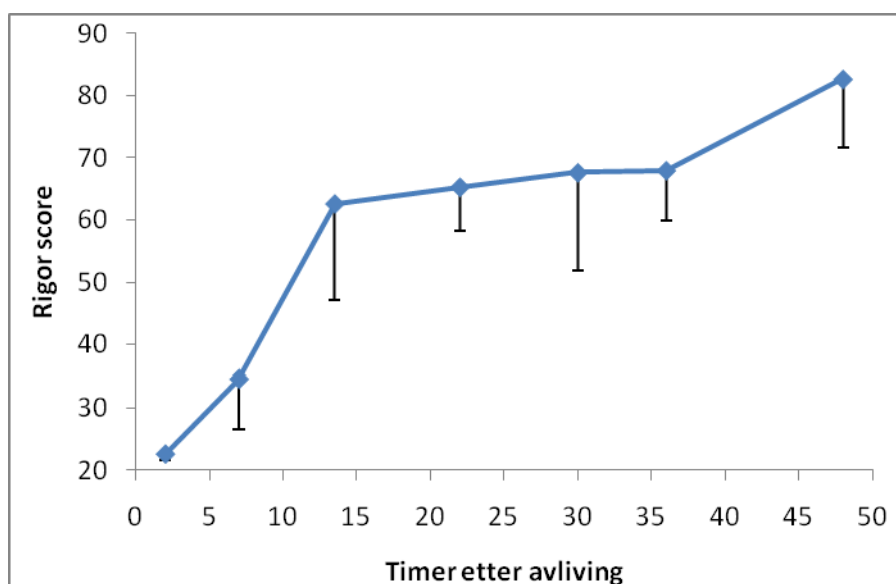
Bilde 1 og 2 TA-HD texture analyser (Stable Micro Systems Ltd. Cardiff UK) brukt til måling av trekkraft ved fjerning av tykkfiskbein fra pre-rigor laksefilet. Det øverste bildet viser hele målearrangementet, mens det nederste bildet viser innfesting av tykkfiskbein til målecellen ved hjelp av en klemme som festes til enden av beinet.

3 Resultater del 1 – krymping og lakeopptak

3.1 Rigor

Tabell 1 Gjennomsnitt avleste rigor verdier og standardavvik ved hvert fileteringstidspunkt, $n=3$; målt som tail-drop der verdiene 20-30 = pre rigor og verdiene 80-90 = full rigor.

Timer p.m.	Rigor score	Stdav
2	22,7	1,2
7	34,7	8,1
13,5	62,7	15,5
22	65,3	7,0
30	67,7	15,8
36	68,0	8,0
48	82,7	11,0



Figur 1 Gjennomsnitt avleste rigor verdier og standardavvik ved hvert fileteringstidspunkt, $n = 3$; målt som tail-drop, der verdiene 20-30 = pre rigor og verdiene 80 – 90 = full rigor.

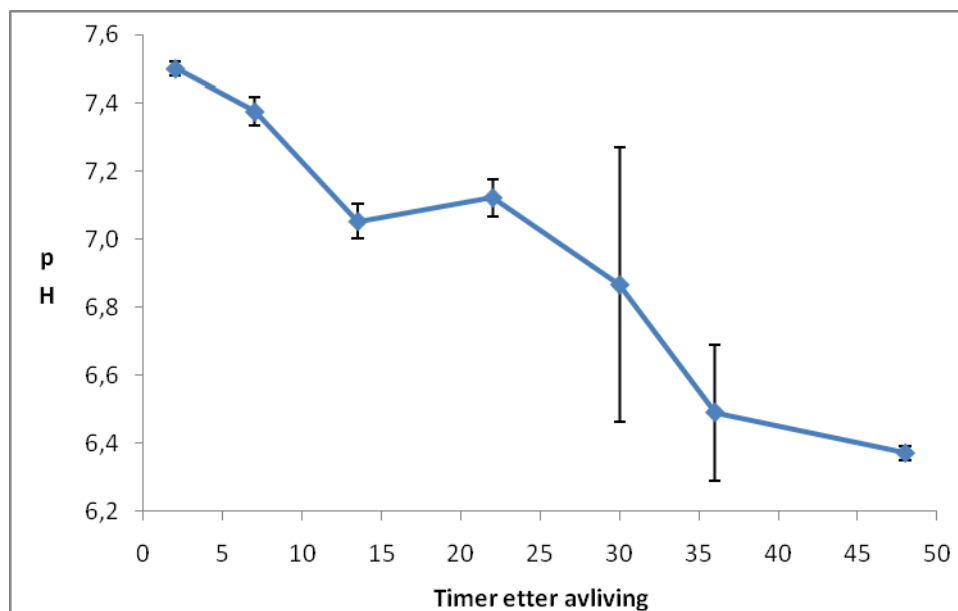
Tabell 1 og figur 1 viser at *rigor mortis* tiltok raskest de første 15 timene *post mortem*, for så å flate ut ved rigor-score 60 – 70, der fiskene fortsatt var relativt elastiske sammenlignet med full rigor (score 80 – 90). Fisken var skånsomt behandlet under slakting, uten stress og utmatting. Rigorutviklingen er derfor som forventet ut fra tidligere slakteforsøk. Gjennom hele forsøket var det betydelig individvariasjon.

Rigortilstanden ble målt også for å vurdere hvor lang tid etter slakting det ville være mulig å filetere laksen, i maskin eller for hånd. Denne vurderingen konkluderte med at frem til 30 timer etter slakting ville laksen kunne fileteres med maskin og håndfiletering ville være mulig ennå lengre, minst 36 timer *post mortem*.

3.2 pH

Tabell 2 Gjennomsnittlig pH og standardavvik ved hvert fileteringstidspunkt, $n = 3$ fisker.

Timer p.m.	pH	Stdav
2	7,5	0,02
7	7,4	0,04
13,5	7,1	0,05
22	7,1	0,06
30	6,9	0,41
36	6,5	0,20
48	6,4	0,02



Figur 2 Gjennomsnitt pH og standardavvik, målt ved hvert fileteringstidspunkt. $N = 3$.

Tabell 2 og figur 2 viser at pH i muskelen sank jevnt gjennom hele forsøket, fra pH $7,5 \pm 0,02$ to timer etter avliving til pH $6,4 \pm 0,02$ to døgn etter avliving, da fiskene var i full rigor.

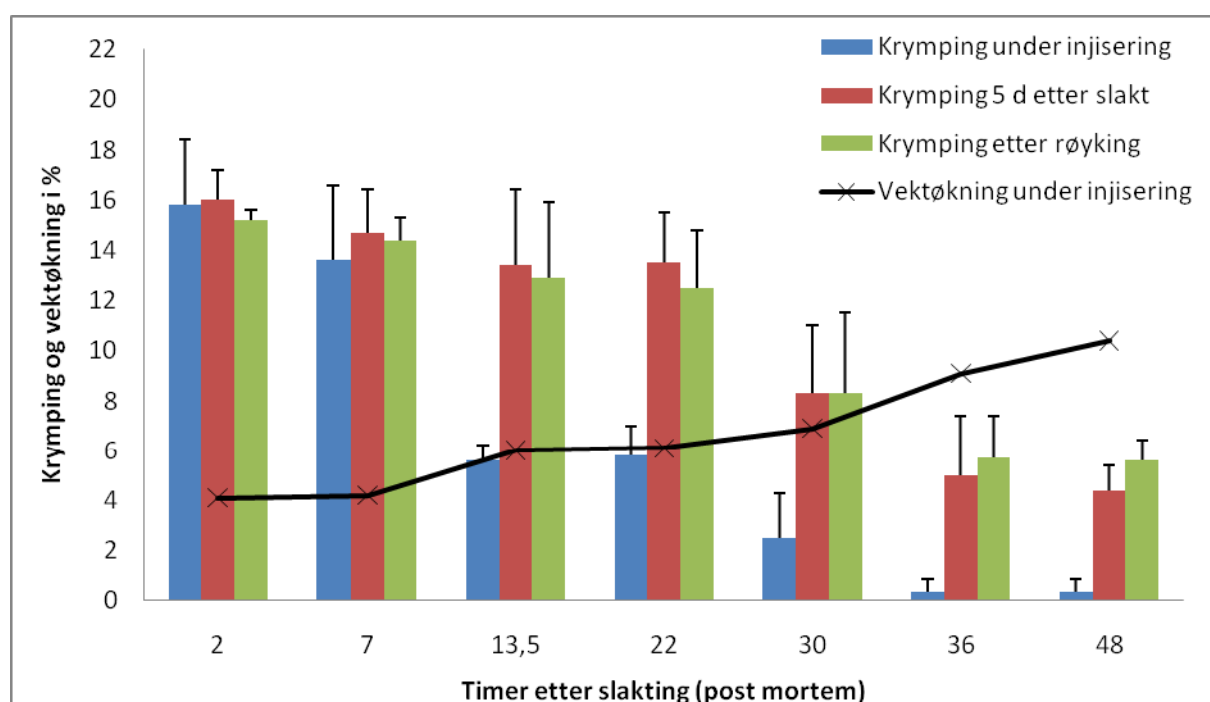
Fisken var skånsomt behandlet, uten stress eller utmatting under slakting. Den relativt høye pH verdien på 7,5 i muskelen to timer etter avliving er derfor ikke urimelig ut fra tidligere resultater.

Individvariasjonen var liten til og med 20 timer *post mortem*. Også ved siste måling 48 timer *post mortem* var det minimal individvariasjon. I målingene 30 og 36 timer etter slakting var det imidlertid betydelig individvariasjon. Ved disse tidspunktene var det også relativt høy individvariasjon i rigor-score (figur 1). Det var også nå fisken ble vurdert som såpass stiv at den kunne bli vanskelig å filetere i maskin.

3.3 Krymping og lakeopptak (vektøkning under injisering)

Tabell 3 Viser krymping som % av opprinnelig filetlengde avhengig av tidspunkt for prosessering og prosesstrinn. Ulik bokstav bak verdiene i hvert prosesstrinn viser at det er signifikant ($p < 0.01$) forskjell mellom prosesstidspunktene. * bak bokstaven viser at verdien i dette prosesstrinnet er signifikant forskjellig fra prosesstrinn ved samme tidspunkt uten tilsvarende markering. Figuren viser også lakeopptaket i filetene under injisering, målt som vektøkning i % av filetvekt før injisering. $N = 6$.

	Fileteringstidspunkt (timer <i>post mortem</i>)						
	2 t	7 t	13,5 t	22 t	30 t	36 t	48 t
Krymping under injisering	15,8 (a)	13,6 (a)	5,6 (b)	5,8 (b)	2,5 (c)	0,4 (d)	0,4 (d)
Krymping etter 5 d lagring	16,0 (a)	14,7 (a)	13,4 (a*)	13,5 (a*)	8,3 (b*)	5,0 (c*)	4,4 (c*)
Krymping etter røyking	15,2 (a)	14,4 (a)	12,9 (a*)	12,5 (a*)	8,3 (b*)	5,7 (c*)	5,6 (c*)
Vektøkning under injisering	4,1 (x)	4,2 (x)	6,0 (y)	6,1 (y)	6,9 (y)	9,1 (z)	10,4 (z)



Figur 3 Viser krymping som % av opprinnelig filetlengde og standardavvik; målt etter injisering, etter lagring av lakeinjisert filer fra 5 døgn etter slakting og etter røyking av filetene. Figuren viser også lakeopptaket i filetene under injisering, målt som vektøkning i % av filetvekt før injisering. $N = 6$.

Krymping under injisering:

Tabell 3 og figur 3 viser at filetene som ble filetert og saltet 2 timer og 7 timer *post mortem* i snitt krympet 15,8 % og 13,6 % i lengderetning mens de passerte gjennom lakeinjektoren. Individvariasjonen var relativt stor, slik at forskjellen i krymping mellom disse to tidspunktene ikke var signifikant.

Ved filetering og salting 13,5 timer *post mortem* hadde den umiddelbare krympingen av filetene under lakeinjisering avtatt signifikant ($p < 0,0001$) og var nå i snitt bare 5,6 %. Individvariasjonen var betydelig mindre enn ved de to første injiseringstidspunktene.

Fra tidspunkt 13,5 timer til 22 timer *post mortem*, var det ingen endring i den umiddelbare krympingen under lakeinjisering. Fra 22 timer til 30 timer avtok krympingen signifikant ($p = 0,002$), fra i snitt 5,8 % til i snitt 2,5 %. Også fra 30 timer til 36 og 48 timer avtok krympingen signifikant ($p = 0,009$), fra 2,5 % til 0,4 % (tabell 3, figur 3).

Krymping under 5 døgn kjølelagring etter injisering:

Filetene som var filetert og injisert 2 timer og 7 timer etter slakting krympet nesten ikke mer i løpet av 5 døgn kjølelagring etter injisering, de var "ferdigkrympet" under injisering. Filetene som var filetert og injisert 13,5 timer og 22 timer etter slakting fortsatte å krympe under kjølelagring, slik at 5 døgn etter slakting var det ingen signifikant forskjell i krymping mellom disse filetene og de filetene som ble saltet 2 timer *post mortem* (tabell 3 og figur 3).

Også filetene som ble skåret og saltet 13,5 timer og 22 timer *post mortem*, hadde 5 døgn etter slakting totalt krympet 13-14 %. Den umiddelbare krympingen under saltinjisering var imidlertid redusert betydelig ved disse to tidspunktene.

Ved senere prosesseringstidspunkt enn 22 timer var også den totale krympingen 5 døgn etter salting redusert betydelig (8,3 – 4,4 % krymping). Den umiddelbare krympingen under injeksjonssalting var nå meget liten, kun 2,5 – 0,4 %.

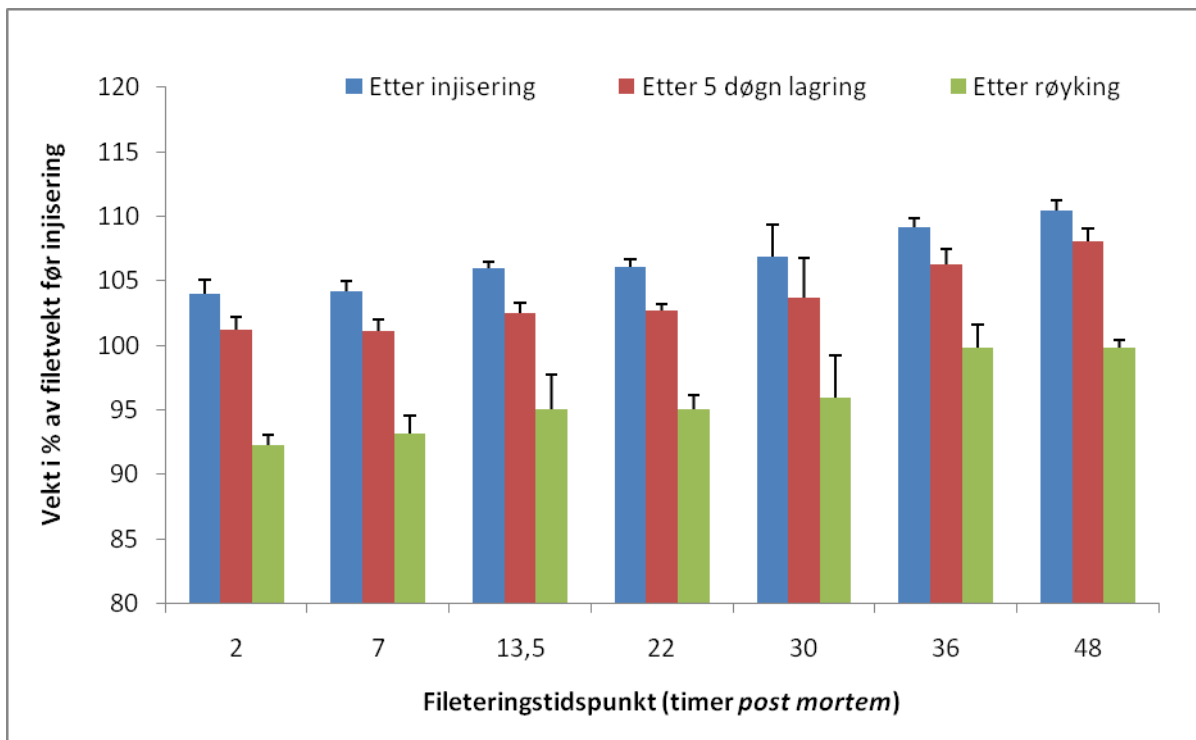
Vektøkning (lakeopptak) under injisering:

Lakeopptak målt som vektøkning under injisering, økte jevnt utover under forsøket, fra 4,1 % vektøkning i de filetene som ble injisert 2 timer *post mortem* til 9,1 % og 10,4 % når injiseringstidspunktene var 36 timer og 48 timer etter slakting. Denne økningen i lakeopptak avhengig av råstoffets rigorutvikling ved injisering er noe man må ta hensyn til ved injeksjonssalting, for å sikre et riktig saltopptak i filetene.

3.4 Vektutbytte

Tabell 4 Vektutbytte etter ulike prosesstrinn ved hvert fileteringstidspunkt og hvert prosesstrinn, målt som % av filettvekt før injisering. N = 6.

	Tid for filetering og injisering (timer etter slakting)						
	2 t	7 t	13,5 t	22 t	30 t	36 t	48 t
Etter injisering	104	104	106	106	107	109	110
Etter 5 døgn lagring	101	101	103	103	104	106	108
Etter røyking	92	93	95	95	96	100	100



Figur 4 Vektutbytte etter de ulike prosesstrinnene ved hvert fileteringstidspunkt, målt som % av filetvekt før injisering. $N = 6$.

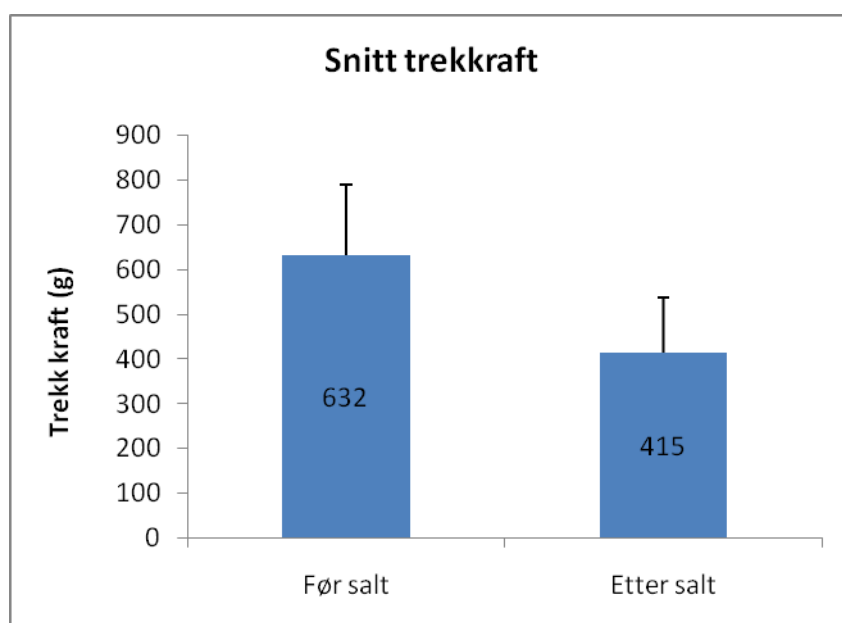
Figur 4 viser vektutbytte etter injisering, kjølelagring (salta filet) og etter røyking, avhengig av tidspunkt for filetering og lakeinjisering *post mortem*. Produktutbyttet etter røyking øker jevnt utover under forsøket, fra 92 % ved prosessering 2 timer etter slakting til 100 % ved prosessering 48 timer etter slakting. Figuren viser også at bildet med hensyn til vektutbytte var det samme etter lakeinjisering og etter kjølelagring av de salta filetene i 5 døgn før røyking.

4 Resultater del 2 – beintrekking

4.1 Forsøk 1: Beintrekking umiddelbart etter salting

Tabell 5 Gjennomsnittlig kraft (g) for å trekke ut pinbone før og etter salting (n=5 bein).

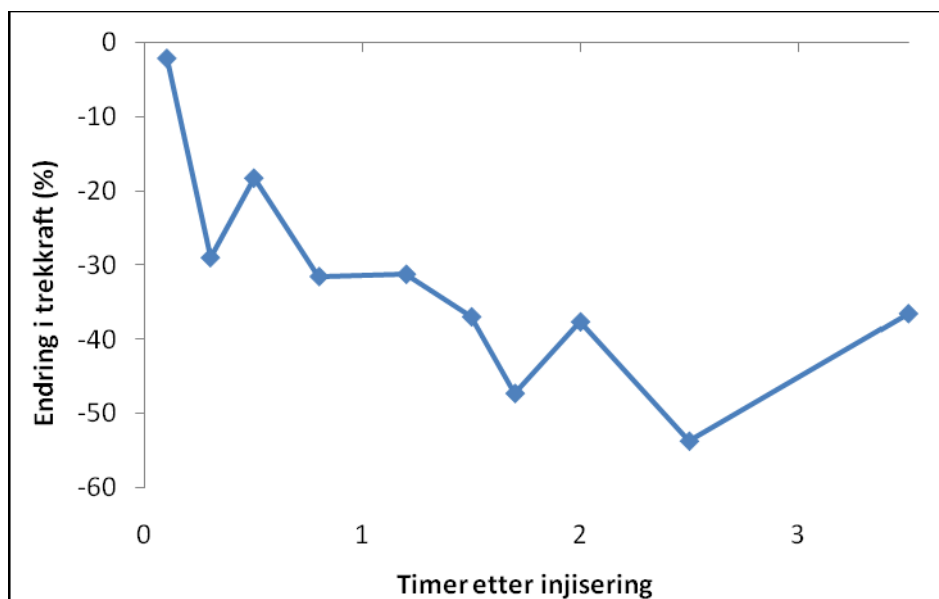
Fisk nr	Vekt fisk	Kraft usaltet	Kraft saltet	Stdav usaltet	Stdav saltet	Endring %
2	1450	450,3	319,7	64,2	35,1	-29,0
3	2244	626,3	511,7	32,9	26,8	-18,3
4	1722	534,0	365,6	59,3	60,0	-31,5
5	1706	502,5	345,5	24,2	43,6	-31,2
6	2374	799,7	504,1	59,6	26,6	-37,0
7	1886	812,4	428,5	55,9	72,4	-47,3
8	2168	774,9	483,3	83,3	65,6	-37,6
9	2174	701,1	324,7	159,5	97,6	-53,7
10	2050	403,7	256,3	49,9	20,3	-36,5
<i>Snitt</i>		632	415			-32,4
<i>Stdav</i>		157,3	123,4			14,4



Figur 5 Gjennomsnittlig trekkraft og standardavvik for alle bein målt før og etter salting pre-rigor (n=50).

Tabell 6 Effekt på trekkraft avhengig av tid etter saltinjisering (n = 5).

Tid etter injisering (timer)	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	1,7	2,0	2,5	3,5
Reduksjon (%) i saltet filet	-2	-29	-18	-32	-31	-37	-47	-38	-54	-37



Figur 6 Reduksjon av i nødvendig trekkraft i saltet filet, avhengig av tid etter injisering.

I dette første forsøket ble beintrekkingen utført så raskt som mulig etter filetering og injeksjonssalting. Alle filetene ble filetert og saltet samtidig, pre-rigor ca 2 timer etter slakting. Det tok noe tid å utføre alle målingene, slik at de siste filetene hadde ligget på kjølerom 3-4 timer etter filetering/salting, da beintrekkingen av disse ble utført.

Det var relativt stor signifikant ($p < 0,0001$) reduksjon i trekkraft etter salting (tabell 5), som varierte fra 18,3 % til 53,7 % mellom fiskene i forsøket. Gjennomgående satt imidlertid tykkfiskbeina altfor fast også etter salting til at det ville være mulig å trekke dem ut, manuelt eller maskinelt, uten at fileten ble revet opp eller at beina ble slitt av slik at en stubbe sto igjen nede i fileten.

Figur 6 og tabell 6 viser en klar indikasjon på at reduksjonen i trekkraft etter salting økte i løpet av de 3 til 4 timene etter salting at målingene i forsøket pågikk. Ut fra dette ble det besluttet å endre forsøksoppsettet i forsøk 2 til å omfatte to måletidspunkt, ett umiddelbart etter salting og ett etter "saltmodning" av filetene i ca 24 timer etter at de ble injisert med saltlake pre-rigor.

4.2 Forsøk 2: Beintrekking 1 døgn etter salting

Tabell 7 Gjennomsnittlig trekkraft (g) og stdav. i usalta (venstre) og salta (høyre) pre-rigor fileter, målt umiddelbart etter injeksjonssalting (n = 5 bein pr filet).

Fisk nr	Vekt fisk (g)	Kraft (g) usaltet	Kraft (g) saltet	Stdav usaltet	Stdav saltet	Endring %
1	2434	860,2	502,2	55,8	102,3	-42
2	2464	683,0	450,9	92,3	82,1	-34
3	2406	551,3	380,4	60,6	56,3	-31
4	2268	800,3	419,6	64,5	61,0	-48
5	2292	700,5	458,1	72,3	101,1	-35
<i>Snitt</i>	<i>2373</i>	<i>719</i>	<i>442</i>			<i>-38</i>
<i>Stdav</i>	<i>87,6</i>	<i>118,6</i>	<i>45,4</i>			<i>6,7</i>

Tabell 8 Gjennomsnittlig trekkraft (g) og stdav. i usalta (venstre) og salta (høyre) fileter, målt 1 døgn etter at de ble injeksjonssaltet pre-rigor (n = 8 bein pr filet).

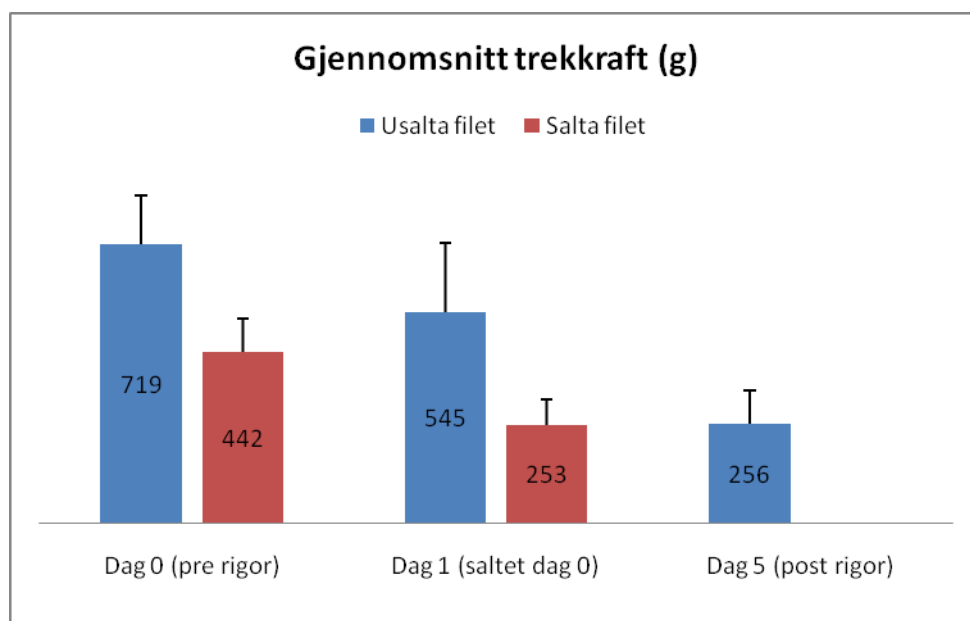
Fisk nr	Vekt Fisk (g)	Kraft usaltet	Kraft saltet	Stdav usaltet	Stdav saltet	Endring %
6	2536	788,2	344,0	66,0	71,0	-56
7	2330	670,2	218,1	82,2	58,6	-68
8	1860	514,4	245,1	72,2	24,8	-53
9	2116	397,2	248,2	61,5	36,2	-38
10	1888	353,6	210,4	20,8	23,5	-41
<i>Snitt</i>	<i>2146</i>	<i>545</i>	<i>253</i>			<i>-51</i>
<i>Stdav</i>	<i>289,5</i>	<i>183,2</i>	<i>53,4</i>			<i>12,2</i>

Tabell 9 Gjennomsnittlig trekkraft (g) og stdav., målt i post-rigor usalta fileter 5 døgn etter slakting (n = 6 bein pr filet).

Fisk nr	Vekt Fisk (g)	Kraft usaltet	Stdav usaltet
11	2108	197,2	44,2
12	1990	163,4	42,5
13	3118	377,4	26,2
14	2484	240,9	37,2
15	2620	298,6	43,2
<i>Snitt</i>	<i>2464</i>	<i>255,5</i>	
<i>Stdav</i>	<i>448,3</i>	<i>84,9</i>	

Tabell 10 Gjennomsnittlig trekraft (g) og stdav for alle bein målt i alle usalta (venstre) og salta (høyre) fileter, straks etter salting pre rigor (n = 25), ett døgn etter salting pre-rigor (n = 40), og i post rigor usalta filet 5 døgn etter slakting (n = 30).

	Usalta filet	Salta filet	Stdav usalta	Stdav salta
Dag 0 (pre rigor)	719	442	126	86
Dag 1 (saltet dag 0)	545	253	177	66
Dag 5 (post rigor)	256		85	



Figur 7 Gjennomsnittlig trekraft (g) og stdav for alle bein målt i usalta (venstre) og salta (høyre) filet, straks etter salting pre rigor (n = 25), ett døgn etter salting pre-rigor (n = 40), og i post rigor usalta filet 5 døgn etter slakting (n = 30).

Tabell 7 viser at trekraften som var nødvendig for å dra tykkfiskbein ut av filetene også i dette forsøket var redusert betydelig allerede kort tid etter injeksjonssalting. De 5 beina som ble målt var plassert i samme området på alle filetene, fra bein 5 og fortløpende bakover fra fremre ende av fileten. Tabell 7 viser også at individvariasjonen i nødvendig trekraft var betydelig rett etter filetering og salting, både fra fisk til fisk og mellom bein internt i samme fileten. Dette var særlig tilfelle for de usalta filetene men også etter salting.

Tabell 8 viser at etter at filetene ble lagret kjølt i 1 døgn etter filetering og salting var nødvendig trekraft redusert både i usaltet og saltet filet. Reduksjonen var imidlertid betydelig større i de salta filetene enn i de usalta, slik at den relative forskjellen mellom usalta og salta filet i snitt nå var 51 % mot 38 % rett etter filetering/salting (fig 7). Tabell 8 og 9 viser at nødvendig trekraft etter 1 døgn kjølelagring av fileter som ble saltet pre rigor, i snitt var nede på samme nivå som i post rigor usalta filet, skåret 5 døgn *post mortem*.

Individvariasjon mellom de salta filetene ett døgn etter salting (tabell 8) var på samme nivå som ved beintrekking umiddelbart etter salting (tabell 7). Variasjonen mellom beina internt i samme filet var mindre ett døgn etter salting, enn rett etter salting.

Tabell 10 og figur 7 viser gjennomsnittlig resultat for alle bein som ble målt i forsøket, usalta umiddelbart etter filetering (n=25), salta rett etter injisering (n=25), usalta 1 døgn etter filetering (n=40), salta 1 døgn etter injisering (n=40) og usalta post rigor 5 døgn etter slakting (n=30). Rett etter salting (dag 0) viste målingene signifikant lavere trekkraft ($p < 0,001$) i salta filet, enn i usalta filet. Det var signifikant reduksjon i trekkraft ($p < 0,001$) både i usaltet og i salta filet fra dag 0 til dag 1, og reduksjonen var signifikant større i salta enn i usalta filet. Det var ingen signifikant forskjell mellom målt trekkraft i salta filet dag 1 og post rigor filet som var skåret 5 døgn *post mortem*.

5 Oppsummering

Forsøk 1 viste at skånsom slakting, uten stress og utmatting av laksen, gjorde det mulig å utføre pre rigor filetering mer enn ett døgn etter at fisken var avlivet.

Ved å utsette filetering og salting til 13 timer etter at fisken var slaktet, var den umiddelbare krympingen av filetene under injeksjonssalting mer enn halvert. Selv om krympingen fortsatte etter salting foregikk denne sammentrekkingen relativt langsomt, noe som kan ha positiv effekt på teksturen i det ferdig røykte produktet.

Lakeopptaket under injeksjonssalting økte jevnt utover til fisken var i full rigor 48 timer *post mortem*. For å oppnå riktig saltinnhold i produktene må det tas hensyn til dette ved valg av injeksjonsparametere.

Forsøk 2 viste at injeksjonssalting førte til at tykkfiskbeina lettere kunne trekkes ut av pre-rigor laksefilet, og at denne effekten tiltok under kjølelagring av filetene etter salting.

Ett døgn etter salting av pre-rigor laksefileter var nødvendig kraft for å trekke ut tykkfiskbein nede på samme nivå som i post rigor filet, 5 døgn etter slakting. Før det kan konkluderes med at maskinell eller manuell fjerning av tykkfiskbein lar seg utføre, for eksempel ett døgn etter injeksjonssalting av pre-rigor laksefilet, må det imidlertid gjennomføres mer omfattende testing enn det som var mulig i dette innledende forsøket.

6 Referanser

- Akse L., Birkeland S., Tobiassen T., Joensen S., Larsen R. (2008) Injection-salting and Cold-Smoking of Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) at Different Stages of Rigor Mortis: Effect on Physical Properties. *J.Food Sci* 73. E378 - E382.
- Akse L., Tobiassen T., Halsebakke H. (2002) Tykkfiskbein i torskefilet, antall, plassering, dimensjoner, trekraft og bruddstyrke. *Fiskeriforskning rapport 15/2002*.
- Birkeland S., Akse L., Joensen S., Tobiassen T., Skåra T. (2007) Injection salting of prerigor fillets of atlantic Salmon (*Salmo salar*). *J.Food sci* 72 . E29 – E35.
- Esaiassen M., Sørensen N. K. (1996) Fjerning av tykkfiskbein i laks. *Fiskeriforskning, arbeidsnotat 1996*.
- Larsen R, Olsen H. H., Kristoffersen S., Elevevoll E. O. (2007) Low salt brining of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.) and the effect on different quality parameters. *LWT - Food Science and Technology* 2007.

