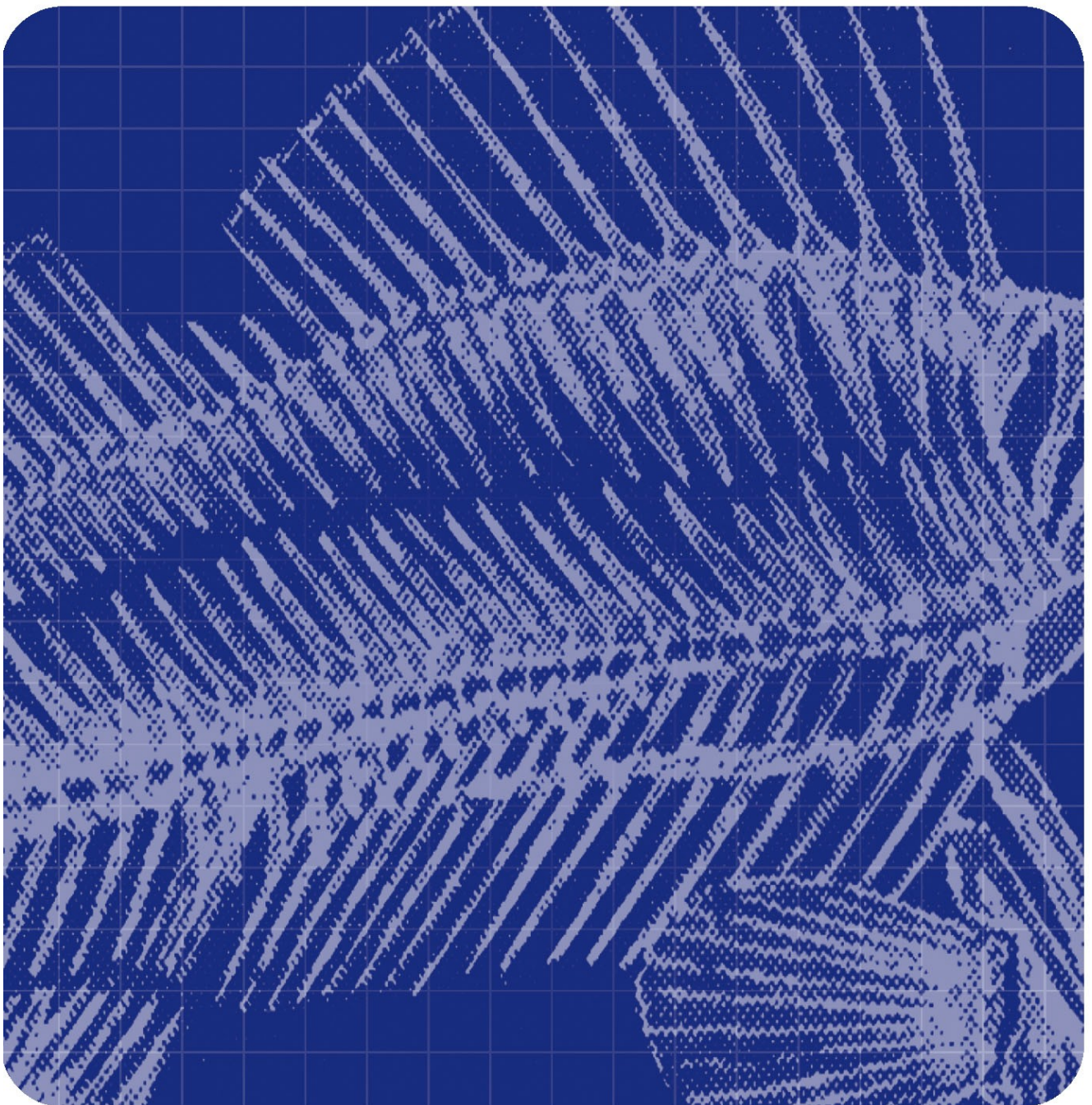




Injeksjonssalting av laksefilet ved ulike rigorstatus

Leif Akse, Sjúrdur Joensen og Torbjørn Tobiassen (Fiskeriforskning). Sveinung Birkeland (Norconserv).





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 – fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen.

Gjennom strategisk næringsrettet forskning og utviklingsarbeid, i samarbeid med næringsaktører og det offentlige, skal Fiskeriforskningens arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
 - aktuelle oppdrettsarter
 - bioteknologiske produkter
 - teknologiske løsninger
- for dermed å gi konkurransedyktige virksomheter.

Fiskeriforskning har ca. 170 ansatte fordelt på Tromsø (120) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen. Norconserv i Stavanger med 30 ansatte er et datterselskap av Fiskeriforskning.

Hovedkontor Tromsø:
Muninbakken 9-13
Postboks 6122
N-9291 Tromsø
Telefon: 77 62 90 00
Telefaks: 77 62 91 00
E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:
Kjerreidviken 16
N-5141 Fyllingsdalen
Telefon: 55 50 12 00
Telefaks: 55 50 12 99
E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

RAPPORT

ISBN-13 978-82-7251-598-9
ISBN-10 82-7251-598-9

Rapportnr.:
22/2006

Tilgjengelighet:
Åpen
Tittel:
Injeksjonssalting av laksefilet ved ulike rigorstatus
Dato:
28.08.06
Antall sider og bilag:
17
Forskningssjef:
Even Stenberg
Forfatter(e):
**Leif Akse, Sjørður Joensen og Torbjørn Tobiassen
(Fiskeriforskning). Sveinung Birkeland (Norconserv).**
Prosjektnr.:
20156
Oppdragsgiver:
Norske Sjømatbedrifters Servicekontor
Oppdragsgivers ref.:
Sigurd Bjørge
Tre stikkord:
Laks, injeksjonssalting, røyking, pre-rigor, post-rigor
Sammendrag: (maks 200 ord)

Prosjektet sammenligner fem ulike produksjonsprotokoller for kaldrøykt laks, med hensyn på råstoffets rigortilstand ved filetering og injeksjonssalting, fra *pre-rigor* til *post-rigor* råstoff.

Resultatene viser at det er mulig å injeksjonssalte laksefilet *pre-rigor* og likevel oppnå godt tilfredsstillende resultater med hensyn til produktutbytte etter røyking, saltinnhold, spalting, tekstur, mikrobiologisk kvalitet og harskning.

Forsøket avdekket imidlertid flere signifikante forskjeller mellom prosessprotokollene, avhengig av filetenes rigorstatus ved saltinjisering, særlig med hensyn til filetkrymping, produktutbytte, filetspalting og saltinnhold.

English summary: (maks 100 ord)

Five different protocols for processing of cold smoked Atlantic salmon are compared, dependent on the rigor status (from *pre-rigor* to *post-rigor*) of the fillets at the time of brine injection and how this influenced on product yield, shrinking of the fillets, gaping, salt content, microbiology and rancidity.

The results show that satisfactory results were obtained also when salmon fillets were injection salted *pre-rigor*, compared to injection salting *post-rigor*, or traditional dry salting of salmon fillets as reported by others. However, the experiments revealed significant differences between the processing protocols regarding several of the parameters investigated.

INNHOOLD

1	SAMMENDRAG	1
2	INNLEDNING	3
3	EKSPERIMENTELT	4
3.1	Råstoff	4
3.2	Injeksjonssalting	4
3.3	Kjølelagring	4
3.4	Tørking, røyking og vakuumpakking	4
3.5	Analysar	4
3.5.1	Målinger og sensoriske vurderinger	4
3.5.2	Mikrobiologi	5
3.5.3	Harskning	5
3.6	Statistisk databehandling	5
3.7	Forsøksoppsett	5
4	RESULTATER	6
4.1	Krymping	6
4.1.1	Filetkrymping målt etter injeksjonssalting	6
4.1.2	Total filetkrymping etter tørking/røyking	7
4.2	Vekt	8
4.2.1	Vektøkning under injeksjonssalting	8
4.2.2	Produktutbytte (vekt) etter røyking	9
4.3	Saltinnhold i røykt filet	10
4.4	Gaping	11
4.4.1	Gapingscore etter injeksjon	11
4.4.2	Gaping score i røykte fileter	12
4.5	Mikrobiologi	13
4.6	Harskning	14
4.7	Væskeslipp ved lagring i vakuum	14
4.8	Farge, overflatestruktur og snittflate	15
4.9	Konsistens og smak etter røyking	16
5	KONKLUSJON	17
6	REFERANSER	17

1 SAMMENDRAG

Forsøket omfattet følgende fem serier:

- A. *Direkte prosessert*: Filetering, injeksjonssalting og tørking/røyking *pre-rigor*.
- B. *Saltlagret 4 døgn*: Filetering og injeksjonssalting *pre-rigor*, 4 døgn kjølelagring av saltet filet før tørking/røyking *post-rigor*.
- C. *Fersklagret 2 døgn*: Filetering *pre-rigor*, to døgn kjølelagring av usaltet filet, injeksjonssalting *in-rigor*, to døgn kjølelagring av saltet filet før tørking/røyking *post-rigor*.
- D. *Fersklagret 4 døgn*: Filetering *pre-rigor* etterfulgt av fire døgn kjølelagring av usaltet filet før injeksjonssalting og tørking/røyking *post-rigor*.
- E. *Post-rigor kontroll*: Slaktning etterfulgt av 4 døgn kjølelagring av hel, sløyd fisk før filetering, injeksjonssalting, tørking og røyking *post-rigor*.

Resultatene viser at det er mulig å injeksjonssalte laksefilet *pre-rigor* og likevel oppnå fullt ut tilfredsstillende resultater med hensyn til produktutbytte etter røyking, saltinnhold, spalting, tekstur, farge og mikrobiologisk kvalitet. Forsøket avdekket imidlertid flere signifikante forskjeller mellom prosessprotokollene, avhengig av filetenes rigorstatus ved saltinjisering:

- Filetene krympet signifikant mer, både under saltinjisering og totalt etter røyking, når filetering og salting ble foretatt *pre-rigor*, sammenlignet med når filetering ble foretatt *pre-rigor* og saltinjisering *in-rigor* eller *post-rigor*. Når både filetering og salting ble foretatt *post-rigor* var krympingen signifikant minst. Etter krymping var ikke formen på filetene unormal i forhold til *post-rigor* fileter som ikke hadde krympet.
- Vektøkningen under injeksjonssalting tiltok signifikant ($P < 0,05$) med økende tid fra slaktning til injisering, fra *pre-rigor* filet til *in-rigor* og *post-rigor*. Den relativt lave vektøkningen under injeksjonssalting av *pre-rigor* fileter viser at kraftig krymping under og straks etter injisering presser en del av saltlaken ut av muskelen.
- Også det endelige produktutbyttet etter tørking og røyking var lavest når filetene ble injeksjonssaltet *pre-rigor* og høyest når de ble injeksjonssaltet *post-rigor*.
- Det var signifikant høyere saltinnhold i de filetene som ble injeksjonssaltet *post-rigor* enn i de som ble injeksjonssaltet *pre-rigor*. Dette samsvarer godt med forskjellen i vektøkning som ble observert etter injisering og bekrefter en del av den injiserte laken ble presset ut av muskelen som følge av kraftig krympingen under/etter injisering av *pre-rigor* filetene.
- Graden av gaping (muskelspalting) i injeksjonssaltede fileter og i ferdig røykt produkt er signifikant lavere når injeksjonssaltingen ble utført *pre-rigor* sammenlignet med salting *in-rigor* eller *post-rigor*.
- Etter røyking og to uker lagring kjølt og vakuumpakket var totalt kimtall og antall H₂S-produserende bakterier lavt i alle forsøksseriene, under Mattilsynets anbefalinger (5 log₁₀CFU/g) for hva som er god kvalitet ved et ikke standardisert analysetidspunkt.
- Etter røyking og vakuumlagring i 2 uker var filetene i serie D (filetert *pre-rigor*, lagret usaltet i 4 døgn før salting) signifikant mer harsk (nmolTBAR/g) enn de andre seriene. Generelt var imidlertid TBAR-verdiene lave i alle forsøksseriene.

- Væskeslipet ved lagring i vakuum var lavt (0.3-0.5 %) i alle fem forsøksseriene
- Med hensyn til visuelt vurdert rødfarge etter røyking var det ikke systematisk forskjell mellom forsøksseriene.
- Filetene som var ”Direkte prosessert” *pre-rigor* ble bedømt som litt fastere/hardere enn de andre etter røyking.
- Sensorisk bedømmelse av overflatestruktur, sjikt i snittflater, salt- og røyksmak viste små forskjeller mellom de ulike variantene av røykte produkter.

2 INNLEDNING

Et viktig aspekt ved dette prosjektet, foruten å undersøke mulighetene for å produsere ”*pre-rigor* røykelaks”, er å se på løsninger for å øke graden av videreforedling av laks i Norge ut over eksport av kjølt, sløyd fisk som er mest vanlig i dag, uten å gå hele veien frem til ferdige røykte produkter. En mulig løsning i den forbindelse er å skjære og salte fileter *pre-rigor* for så å eksportere saltede fileter til røykerier i Europa. Under transport vil da filetene gjennomgå en ”saltmodning” der saltet fordeles ytterligere i muskelen samtidig som fileten gjennomgår *rigor* og filetene blir røykt i *post-rigor* tilstand. En annen mulig løsning er å filetere *pre-rigor* i Norge og eksportere usaltede fileter som så blir saltet og røkt *post-rigor* i produksjonsanlegg i markedet.

På bakgrunn av de tidligere rapportene i prosjektet (NC/FF Rapport 9, august 2005 og NC/FF Rapport 20/2005, oktober 2005) så har det vist seg at injeksjonssalting er en egnet metode for å tilføre salt til *pre-rigor* fileter av laks med hensyn til total saltinnhold og fordelingen av salt i muskelen. Det er imidlertid ikke dokumentert hvordan filetering *pre-rigor* kombinert med ulikt lang lagringstid (distribusjonstid) av filetene før henholdsvis salting og røyking påvirker produktutbytte og -kvalitet, både innbyrdes i forhold til hverandre og sammenlignet med tradisjonelle filetering, salting og røyking av *post-rigor* råstoff. For å undersøke dette ble det satt opp forsøk for å dokumentere ulike produkttegenskaper både etter salting og etter røyking, for fire ulike produksjonsprotokoller:

- A. Filetering, injeksjonssalting og røyking *pre-rigor* hos norske produsenter..
- B. Filetering og injeksjonssalting *pre-rigor* hos norsk produsent, 4 døgn distribusjon av saltet filet før røyking *post-rigor* hos kunder i markedet.
- C. Filetering *pre-rigor*, 2 døgn distribusjon av usaltet filet før injeksjonssalting og ytterligere 2 døgn lagring/distribusjon av saltet filet før røyking *post-rigor* hos kunder i markedet.
- D. Filetering *pre-rigor* hos norsk produsent, 4 døgn distribusjon av usaltet filet før injeksjonssalting og røyking *post-rigor* hos kunder i markedet.
- E. Fire døgn distribusjon av hel, sløyd laks, filetering, injeksjonssalting og røyking *post-rigor* hos kunder i markedet.

3 EKSPERIMENTELT

3.1 Råstoff

Laks 3-4 kg ble hentet ved sjønlegget til Havbruksstasjonen i Tromsø og filetert for hånd (n=6) i *pre-rigor* tilstand (<3 timer etter slakt) hos Fiskeriforskning.

3.2 Injeksjonssalting

Filetene ble injeksjonssaltet (25 % saltlake, ca. 10°C) i *pre-* eller *post-rigor* tilstand med en Fomaco Brine Injector FGM 16/64F 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.

3.3 Kjølelagring

I forsøksseriene B, C, D og E ble fileter eller hel fisk lagret inn til 4 døgn i isoporkasser med is før videre bearbeiding. Filetene ble dekket med plast for å unngå kontakt med isen.

3.4 Tørrking, røyking og vakuumpakking

Før røyking ble filetene lagt på brett i røykevogna og tørket i 6 timer ved temperatur +15 °C. Røykeprogrammet omfattet en 120 min sekvens ved gjennomsnittlig temperatur ca 25 °C.

Samtlige fileter i dette forsøket ble tørket og røykt på samme røykevogn. Dette for å oppnå identiske prosessbetingelser (tid, temperatur, relativ luftfuktighet og lufthastighet) og dermed rettferdiggjøre en direkte sammenligning av kvalitetsegenskapene i de ulike produktene.

Etter røyking ble filetene vakuumpakking ved 99 % vakuum og kjølelagret (3-4°C) i 2 uker.

3.5 Analyser

3.5.1 Målinger og sensoriske vurderinger

Målinger som ble utført under forsøket var: Krymping av filetene (% lengdereduksjon), vektendring (%), saltinnhold (Dicromat saltmåler), filetspalting gradert etter en tredelt skala (0: ingen-, 1: lite-, 2: mye- spalting), farge (LaRoche SalmoFan), konsistens (0: hard, 1: normal, 2: litt bløt, 3: bløt), overflatestruktur (0: normal overflate, 1: overflatehinne, 2: kraftig overflatehinne), snittflate (0: jevn, 1: litt sjiktdannelse, 3: kraftig sjiktdannelse), saltsmak og røyksmak (0: for svak, 1: passelig og 2: for sterk smak).

3.5.2 Mikrobiologi

Vanlige parametere som forteller noe om den mikrobiologiske kvaliteten i produkter av røykt laks er kimtallet, som er totalmengden av koloniformende bakterieenheter/g filet (TVC/g), og mengden H₂S-produserende bakterieenheter/g. Mengden av koloniformende bakterieenheter (CFU) oppgis som log₁₀ til CFU/g. Deteksjonsgrensen for metodene er log₁₀ CFU/g = 2 = 100 koloniformende enheter/g.

3.5.3 Harskning

Harskning ble analysert som TBARS i røykte fileter etter 2 uker vakuumlaging og er angitt som nmol TBAR/g prøve.

3.6 Statistisk databehandling

Students T-test, signifikansnivå 95 % (P<0,05).

3.7 Forsøksoppsett

Et forsøk som omfattet følgende fem serier ble satt opp:

- F.** ”Direkte prosessert”: Slakting etterfulgt av direkte filetering, injeksjonssalting og røyking *pre-rigor* samme dag. Dette forsøket ble kjørt to ganger. I serie A1 var råstoffet det samme som i de andre fire forsøksseriene men her ble filetene bare ble fulgt frem til etter tørking før røyking. Serie A2 ble kjørt noen dager senere og her var råstoffet forskjellig fra de andre forsøkene. Disse filetene ble imidlertid tørket og røkt på samme vogn som produktene i forsøksseriene (B, C, D og E).
- G.** ”Saltlagret 4 døgn”: Slakting, filetering og injeksjonssalting *pre-rigor*, etterfulgt av 4 døgn kjølelagring av saltet filet før tørking og røyking *post-rigor* på samme vogn som forsøksseriene A2, C, D og E.
- H.** ”Fersklagret 2 døgn”: Slakting og filetering *pre-rigor*. To døgn kjølelagring av usaltet filet før injeksjonssalting *in-rigor* og ytterligere to døgn kjølelagring av saltet filet før tørking og røyking *post-rigor* på samme vogn som forsøksseriene A2, B, D og E.
- I.** ”Fersklagret 4 døgn”: Slakting og filetering *pre-rigor* etterfulgt av fire døgn kjølelagring av usaltet filet før injeksjonssalting, tørking og røyking *post-rigor*, på samme vogn som A2, B, C og E.
- J.** ”Post-rigor kontroll”: Slakting etterfulgt av 4 døgn kjølelagring av hel, sløyd fisk før filetering, injeksjonssalting, tørking og røyking *post-rigor*.

4 RESULTATER

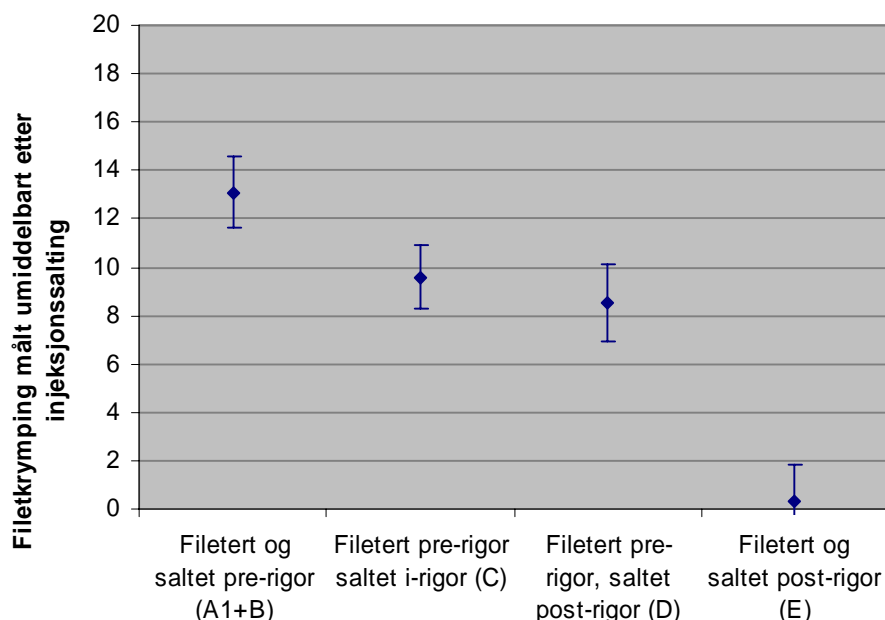
4.1 Krymping

Tabell 1. Filetkrymping fra filetering til etter røyking i de fem forsøksseriene. Tabellen viser filetlengde som % av lengden rett etter filetering. Seriene A1 og A2 ble prosessert identisk *pre-rigor* men råstoffet i de to seriene var forskjellig. Tabellen viser gjennomsnittlige verdier og standardavvik. Ulik bokstav etter verdiene indikerer signifikant forskjell ($P < 0,05$) mens like bokstaver indikerer ikke signifikant forskjell ($n=6$ fileter).

Serie	Etter filetering	Før injisering (%)	Etter injisering (%)	Før tørking (%)	Etter tørking (%)	Etter røyking (%)
A-1	100	inj. <i>pre-rigor</i>	86,4 +/-1,4 (a)	tørket direkte	83,6 +/- 0,9	n.d
A-2	100	inj. <i>pre-rigor</i>	88,2 +/-2,8 (ab)	tørket direkte	86,0 +/- 1,9	86,0 +/-1,5 (a)
B	100	inj. <i>pre-rigor</i>	87,5 +/-1,6 (a)	88,2 +/-1,2	87,8 +/- 1,0	87,6 +/-2,1 (a)
C	100	90,0 +/-1,3	90,4 +/-1,4 (bc)	92,3 +/-2,7	95,2 +/- 1,7	91,9 +/-1,3 (b)
D	100	91,4 +/-1,6	91,5 +/-1,9 (c)	tørket direkte	91,7 +/- 1,6	91,7 +/-1,6 (b)
E	100	inj. <i>post-rigor</i>	99,7 +/-1,5 (d)	tørket direkte	98,0 +/- 1,2	97,5 +/-0,5 (c)

4.1.1 Filetkrymping målt etter injeksjonssalting

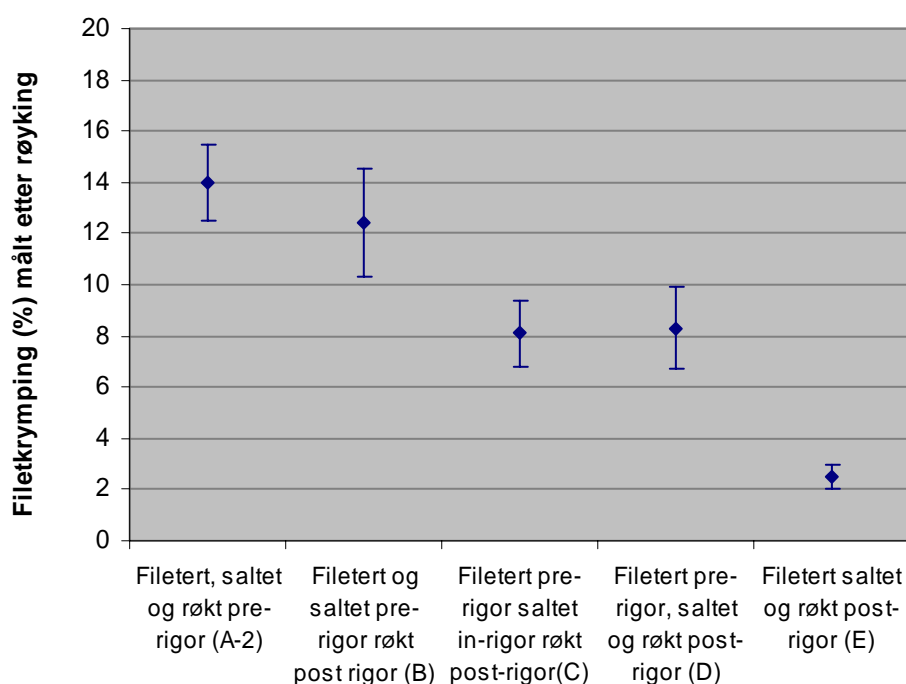
Gruppen *pre-rigor* injiserte fileter inkluderer fileter fra seriene A1 og B. Disse filetene kom fra samme råstoffuttak og ble filetert og saltinjisert *pre-rigor* <3 timer etter slaktning. Identisk med det som er observert tidligere krympet disse filetene kraftig allerede i injeksjonsmaskinen mens saltingen pågikk (12–15 %). Denne umiddelbare krympingen kan føre til at noe av den injiserte saltlaken presses ut av muskelen og slik påvirker både vektøkning og saltinnhold.



Figur 1. Grad av krymping (lengderetning) målt rett etter saltinjisering av laksefileter med ulik fysiologisk status (rigor) ved filetering og/eller salting. Figuren viser gjennomsnittsverdi (●) og standardavvik.

Ved måling rett etter injeksjonssalting hadde filetene som ble filetert og saltet *pre-rigor* (A1 og B) allerede under selve injiseringen krympet signifikant mer ($P < 0,05$) i lengderetning enn filetene som ble filetert *pre-rigor* men saltinjisert *in-rigor* eller *post-rigor* (C og D) hadde gjort i løpet av 2 – 4 døgn kjølelagringen før injisering. Det var ikke signifikant forskjell i krymping mellom C som var filetert *pre-rigor* og saltet *in-rigor* 2 dager senere og D som var filetert *pre-rigor* og saltet *post-rigor* 4 dager senere. Ingen av disse fersklagrede filetene krympet under selve injiseringen, hele krympingen hadde oppstått under lagring før injisering. Når både filetering og saltinjisering ble foretatt *post-rigor* (E) var filetkrympingen minimal og signifikant lavere enn i forsøksseriene som ble filetert *pre-rigor*. Etter krymping var ikke formen på filetene unormal, sammenlignet med *post-rigor* filetene som ikke krympet.

4.1.2 Total filetkrymping etter tørking/røyking



Figur 2. Total krymping (lengderetning) i laksefileter målt etter røyking ved bruk av prosessprotokollene A, B, C, D og E. Figuren viser gjennomsnittsverdi og standardavvik.

Den totale krympingen av filetene (%) ble beregnet etter røyking og inkluderer dermed også videre krymping av *pre-rigor* produserte fileter under kjølelagring etter salting og under tørking/røyking (Figur 2).

”Direkte prosesserte” fileter (A2) hadde i snitt krympet mest etter røyking (14 %), ”Saltlagret filet” (B) litt mindre (12,4 %), ”Fersklagret filet” 2 og 4 døgn (C, D) ennå mindre (8,1 % og 8,3 %) og ”*Post-rigor* kontroll” (E) minst (2,5 %).

Den totale krympingen var signifikant større ($P < 0,05$) i seriene som var både filetert og saltet *pre-rigor* (A2 og B), enn i seriene som var filetert *pre-rigor* men saltet *in-rigor* (C) eller *post-rigor* (D). Variant E som ble filetert, saltet og røkt *post-rigor* krympet minst. Dette viser at forskjellene i krymping som oppstår når injeksjonssalting blir utført *pre-rigor* vedvarer utover gjennom kjølelagring og tørking/røyking, slik at også den totale filetkrympingen blir ulik avhengig av rigortilstanden ved injeksjonssalting.

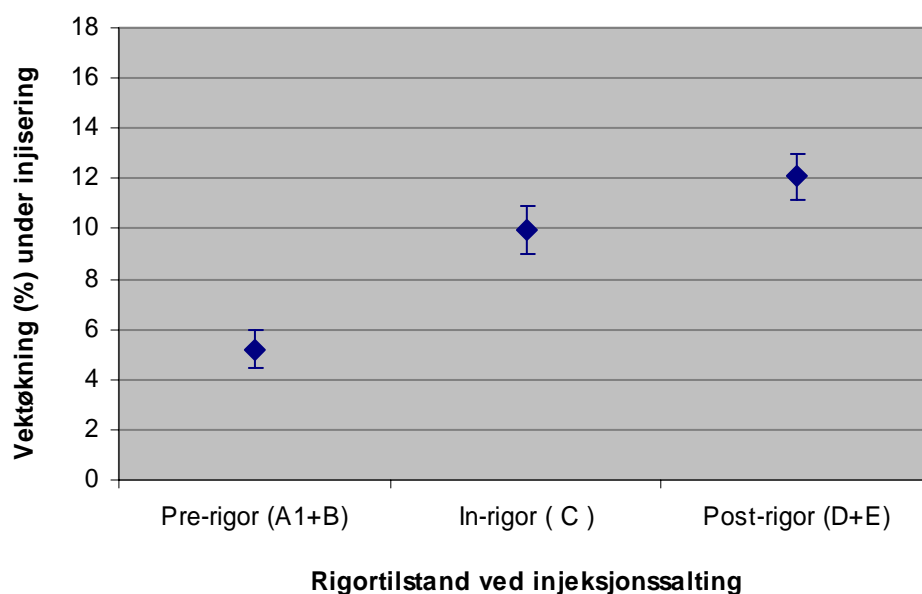
4.2 Vekt

Den gjennomsnittlige vektendringen i hver av forsøksseriene ble målt etter injeksjonssalting, etter kjølelagring, etter tørking og etter røyking (Tabell 2).

Tabell 2. Vektutvikling fra filetering til etter røyking i de fem forsøksseriene, angitt som % av filetvekt ved filetering. Seriene A1 og A2 ble prosessert identisk pre-rigor men råstoffet i de to seriene var forskjellig og injektoren ble innstilt på nytt (samme kjøreparametere). Tabellen viser gjennomsnittsverdier og standardavvik (n=6 fileter). Ulike bokstaver etter verdiene indikerer signifikant forskjell mellom seriene i kolonnen.

Serie	Ved filetering	Før salt-injisering (%)	Etter salt-injisering (%)	Før tørking (%)	Etter tørking (%)	Etter røyking (%)
A1	100	inj. pre-rigor	105,5+/-0,8 (a)	tørket direkte	99,6 +/-1,1 (ab)	n.d
A2	100	inj. pre-rigor	107,5+/-0,7 (b)	tørket direkte	101,2+/-1,2 (ac)	96,8 +/-1,6 (a)
B	100	inj. pre-rigor	104,9+/-0,5 (a)	102,5 +/-0,5	97,7 +/-1,1 (b)	93,8 +/-1,6 (a)
C	100	99,3 +/-0,3	109,2+/-1,1 (bc)	108,1 +/-0,8	103,2+/-1,4 (cd)	99,2 +/-1,6 (ab)
D	100	98,9 +/-0,2	110,5 +/-0,9 (c)	tørket direkte	104,6 +/-1,0 (d)	100,6+/-1,3 (bc)
E	100	inj. post-rigor	112,4 +/-0,5 (d)	tørket direkte	106,8 +/-1,1 (e)	102,7+/-1,4 (c)

4.2.1 Vektøkning under injeksjonssalting

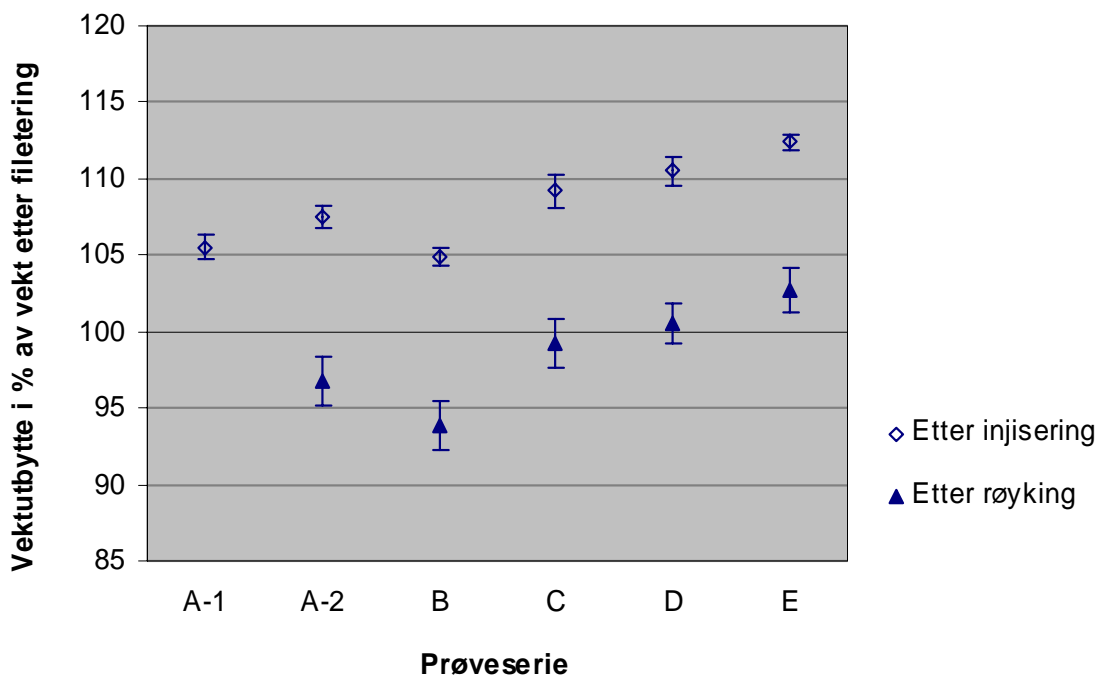


Figur 3. Vektøkning under injeksjonssalting av fileter med ulike rigorstater. A1 og B (n=12) ble saltet *pre-rigor*, C (n=6) ble saltet *in-rigor* mens D og E (n=12) ble saltet *post-rigor*. Figuren viser gjennomsnittsverdier og standardavvik, målt umiddelbart (<5 minutter) etter at filetene kom ut av saltinjektoren.

Vektøkningen under injeksjonssalting av de fem forsøksseriene var A1: 5,5 % og A2: 7,5 % (filetert, saltet, tørket og røkt *pre-rigor*); B: 5,4 % (filetert og saltet *pre-rigor*, tørket og røkt *post-rigor*); C: 9,9 % (filetert *pre-rigor*, saltet *in-rigor*, tørket og røkt *post-rigor*); D: 11,6 % (filetert *pre-rigor*, saltet, tørket og røkt *post-rigor*) og E: 12,4 % (filetert, saltet, tørket og røkt *post-rigor*).

Vektøkningen under injeksjonssalting av identisk råstoff, med samme innstilling av injektoren (Tabell 2, Figur 3) tiltok signifikant ($P < 0,05$) med med økende tid fra slakting til salting, fra *pre-rigor* fileten ved salting (A1 og B) til *in-rigor* (C) og *post-rigor* (D og E). Den relativt lave vektøkningen under injeksjonssalting av *pre-rigor* fileter viser at den kraftige krympingen som oppstår allerede mens injiseringen pågår vil presse en del av saltlaken ut av muskelen.

4.2.2 Produktutbytte (vekt) etter røyking



Figur 4. Vektutbytte etter røyking (%) av laksefileter med ulik fysiologisk status (*pre-rigor*, *in-rigor*, *post-rigor*) ved injeksjonssalting. Alle seriene unntatt A1 ble tørket og røkt *post-rigor* på samme vogn 4 døgn etter slakting. Seriene A1, A2 og B ble saltet *pre-rigor*, serie C ble saltet *in-rigor* mens seriene D og E ble saltet *post-rigor*. Figuren viser gjennomsnittsverdier og standardavvik som prosent av filetvekten rett etter filetering.

Produktutbyttet av ferdig røkt fileten er beregnet på bakgrunn av filetenes vekt umiddelbart etter filetering og tilsvarende vekt rett etter tørking/røyking.

Gjennomsnittlig utbytte etter røyking var lavest i seriene B-*saltlagret fileten* (93,8 %) og A2-*direkte prosessert* (96,8 %). Tilsvarende utbytte var signifikant høyest ($P < 0,05$) i serie E-*post-rigor kontroll* der gjennomsnittlig vektutbyttet etter røyking var 102,7 % av filetvekt før injeksjonssalting. Tabell 2 og Figur 4 viser at innbyrdes rangering mellom forsøksseriene med hensyn til vektutbytte var den samme etter tørking/røyking som etter saltinjisering.

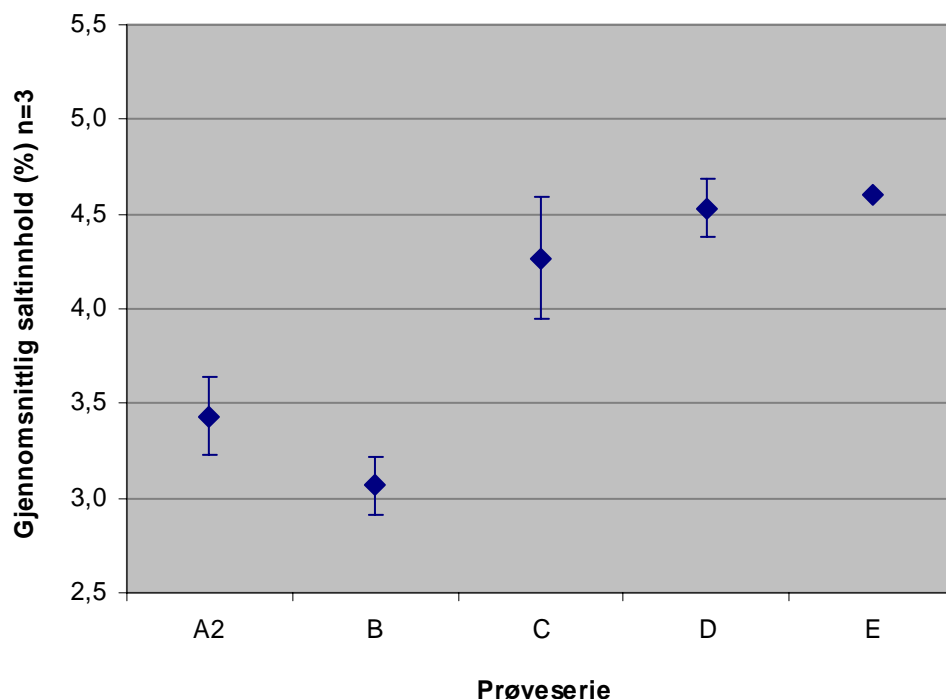
Cardinale et al. (2001) rapporterer totalt produktutbytte på 86,3 – 92,1 etter tørrsalting og røyking av atlantisk laks. Rørå et al. (2004) fant at ved tørrsalting og røyking av laksefileten med ulik rigortilstand varierte produktutbyttet etter røyking i snitt fra 88,5 % til 90,5 % av filetvekt før salting. De prosessprotokollene som i vårt forsøk gav lavest utbytte etter røyking var A (96,8 %) og B (93,8 %) der filetene ble injeksjonssaltet *pre-rigor*. Begge disse ligger godt over de utbyttene som andre har dokumentert for tørrsalting.

4.3 Saltinnhold i røykt filet

Saltinnholdet i de røykte filetene ble analysert i 3 enkeltfileter fra hver av de ulike prosess-variantene. Prøvematerialet ble hentet fra "Norsk kvalitetssnitt" (NQC).

Figur 5 viser at gjennomsnittlig saltinnhold (%) i filetene som ble injeksjonssaltet *pre-rigor* (A2 og B) var signifikant lavere ($P < 0,05$) enn i filetene som enten ble saltinjisert *in-rigor* (C) eller *post-rigor* (D og E)

Gjennomsnittlig saltinnhold i hver av seriene var A $3,4 \pm 0,21$ %; B $3,1 \pm 0,15$ %; C $4,3 \pm 0,32$ %; D $4,5 \pm 0,15$ % og E $4,6 \pm 0,00$ %.



Figur 5. Saltinnhold (%) i røykt filet produsert etter de aktuelle prosessprotokollene A2: "Direkte prosessert", B: "Saltlagret 4 døgn", C: "Fersklagret 2 døgn", D: "Fersklagret 4 døgn" og E: "Post-rigor kontroll".

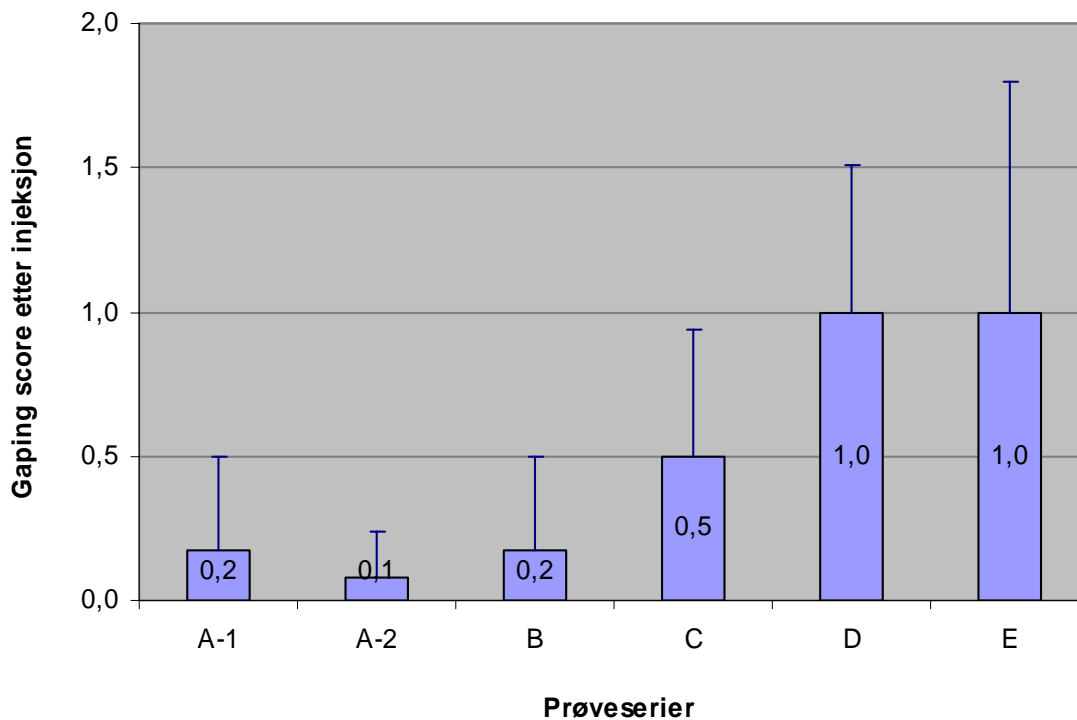
Signifikant høyere saltinnhold i filetene som var injeksjonssaltet *post-rigor* enn i filetene som var injeksjonssaltet *pre-rigor* samsvarer godt med forskjellene i vektøkning som ble observert etter injisering. Dette er en god indikasjon på at en del av den injiserte saltlaken har blitt presset ut av filetene som følge av den kraftige krympingen som fant sted umiddelbart under selve saltinjiseringen av *pre-rigor* filetene.

Saltinnholdet på 3-3,5 % som ble målt i Norsk kvalitetsskutt (NQC) fra de filetene som ble injeksjonssaltet *pre-rigor* er innenfor det som er vanlig nivå i røykte lakseprodukter, mellom annet i det franske markedet. Saltinnhold på over 4,5 % i NQC fra filetene som ble injeksjonssaltet *post-rigor* er høyere enn det som er ønskelig i viktige markeder for norsk røkt laks. Espe *et.al* (2004) fant at i prøver av røykelaks som ble hentet inn fra fransk røkerier utgjorde summen av salt og sucrose i snitt 2,82 %, den laveste saltprosenten som ble funnet i den undersøkelsen var 2,2 % og den høyeste 3,4 %.

4.4 Gaping

4.4.1 Gapingscore etter injeksjon

Gjennomsnittlig gaping score i de gruppene av fileter som ble injisert *pre-rigor* var etter injeksjon: A1 0,2; A2 0,1 og B 0,2. Tilsvarende var gjennomsnittlig gaping score i gruppene av fileter som ble injisert *in-rigor* (C) eller *post-rigor* (D og E): C 0,5; D og E 1,0 (Figur 6).



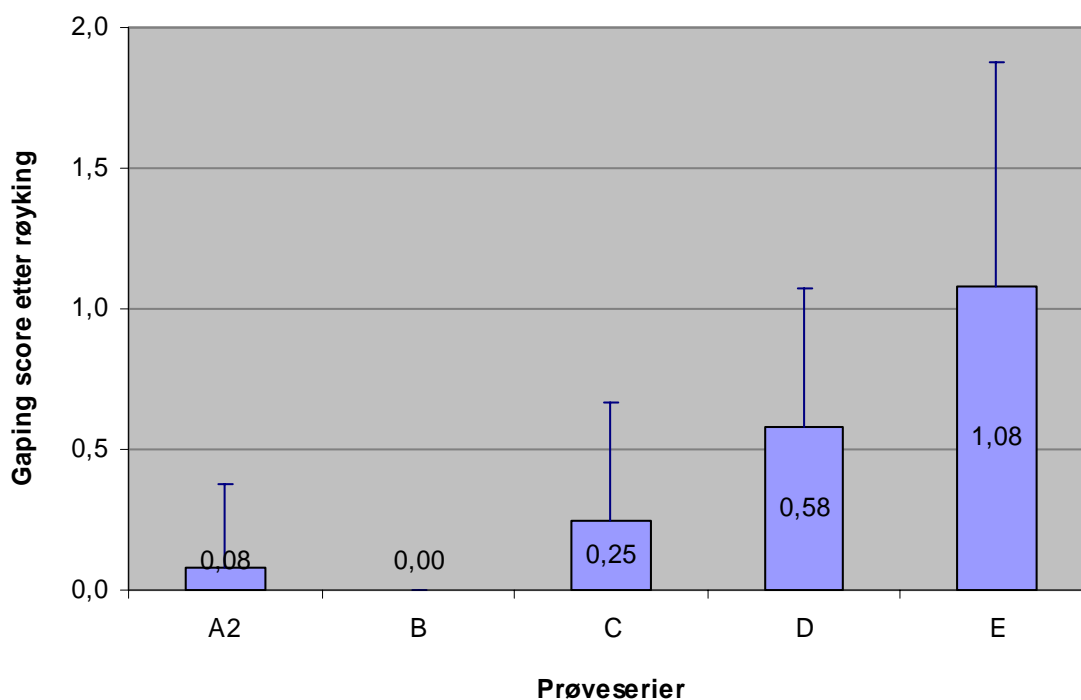
Figur 6. Gaping score etter injeksjonssalting av i laksefileter med ulik fysiologisk status (*pre-rigor*, *in-rigor* og *post-rigor*) ved injeksjon. 1 = ingen gaping, 2 = litt gaping og 3 = mye gaping. Figuren viser gjennomsnittsverdi og standardavvik.

Sammenlignet med *post-rigor* filetene er *pre-rigor* filetene mer motstandsdyktige med hensyn til å tåle mekanisk stress (trykk) og viser derfor kun moderate tegn til gaping etter injeksjonssalting ved de anvendte betingelsene.

4.4.2 Gaping score i røykte fileter

Også etter tørking og røyking hadde filetene som var injeksjonssaltet *in-rigor* eller *post-rigor* signifikant høyere ($P < 0.05$) gaping score (Figur 7), sammenlignet med fileter som ble injeksjonssaltet *pre-rigor*.

Gjennomsnittlig gaping score i "Direkte prosessert" (A2), "Saltlagret" (B), "Fersklagret 2 og 4 døgn" (C og D) og "Post-rigor" (E) filetene var henholdsvis 0,1; 0,0; 0,3; 0,6 og 1,1 (skala: 0 = ingen, 1 = litt og 2 = mye gaping).



Figur 7. Gaping score i laksefileter ved bruk av de aktuelle prosessprotokollene. 0 = ingen gaping, 1 = litt gaping og 2 = mye gaping. Figuren viser gjennomsnittsverdi og standardavvik, $n=6$.

Dette bekrefter at ved de anvendte prosessprotokollene er *pre-rigor* råstoff bedre egnet med hensyn til å unngå gaping i de ferdig røykte produktene.

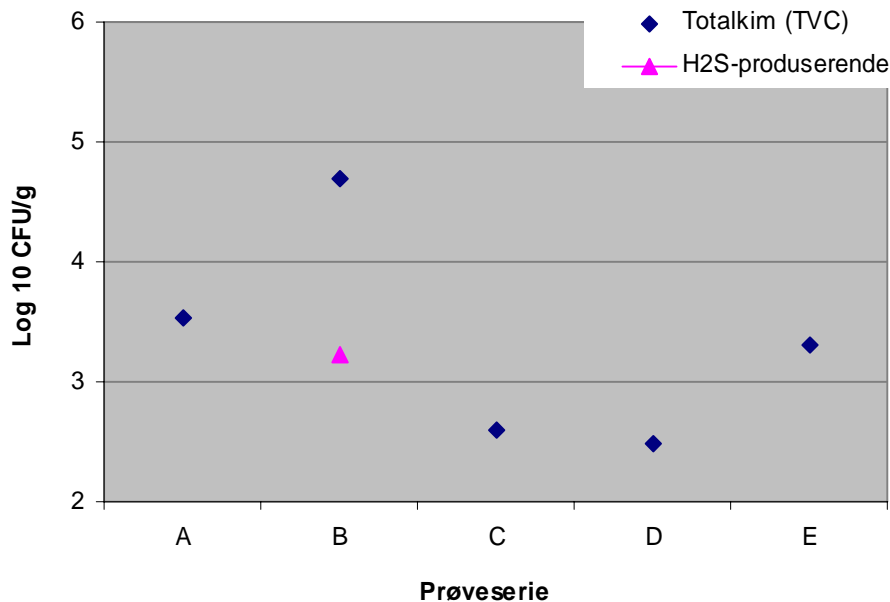
Også etter injeksjon ble det funnet høyere gaping score i de *post-rigor* injiserte filetene sammenlignet med de variantene ble injeksjonssaltet *pre-rigor* (Figur 6). I flere av seriene var gapingsscoren etter tørking/røyking lavere enn det som ble bedømt etter injeksjon. Årsaken til dette var at noen av de minste filetsplattene, som var synlige rett etter injisering, hadde krympet sammen og lukket seg under tørke/røykeprosessen. Det kan være grunn til å tro at disse plattene vil åpne seg igjen under kjølelagring etter røyking, men det ble ikke undersøkt i dette forsøket.

4.5 Mikrobiologi

Kimtallet (TVC), som er total mengde av koloniformende bakterieenheter/g filet (CFU/g), kan fortelle noe om mikrobiologisk kvalitet i røykt laks. I tillegg til kimtallet ble også mengden H₂S-produserende bakterieenheter/g analysert. De mikrobiologiske analysene ble utført på samleprøver fra seks fileter, innenfor hver av forsøksseriene A2, B, C, D og E.

Tabell 3. Kimtall (CFU/g) i laksefileter etter røyking og vakuumlaging (2 uker, 4°C) analysert i seriene A2, B, C, D og E. Figuren viser detektert bakterietall (CFU/g) i samleprøver fra 6 fileter, i.d. angir verdier under deteksjonsnivå for metodene (kimtall 1×10^2)

Prøveserier	Totalkim (TVC)	H ₂ S-produserende
A: "Direkte prosessert"	$3,4 \times 10^3$	i.d.
B: "Saltlagret 4 døgn"	$5,0 \times 10^4$	$1,7 \times 10^3$
C: "Fersklagret 2 døgn"	$4,0 \times 10^2$	i.d.
D: "Fersklagret 4 døgn"	$3,0 \times 10^2$	i.d.
E: "Post-rigor kontroll"	$2,0 \times 10^3$	i.d.

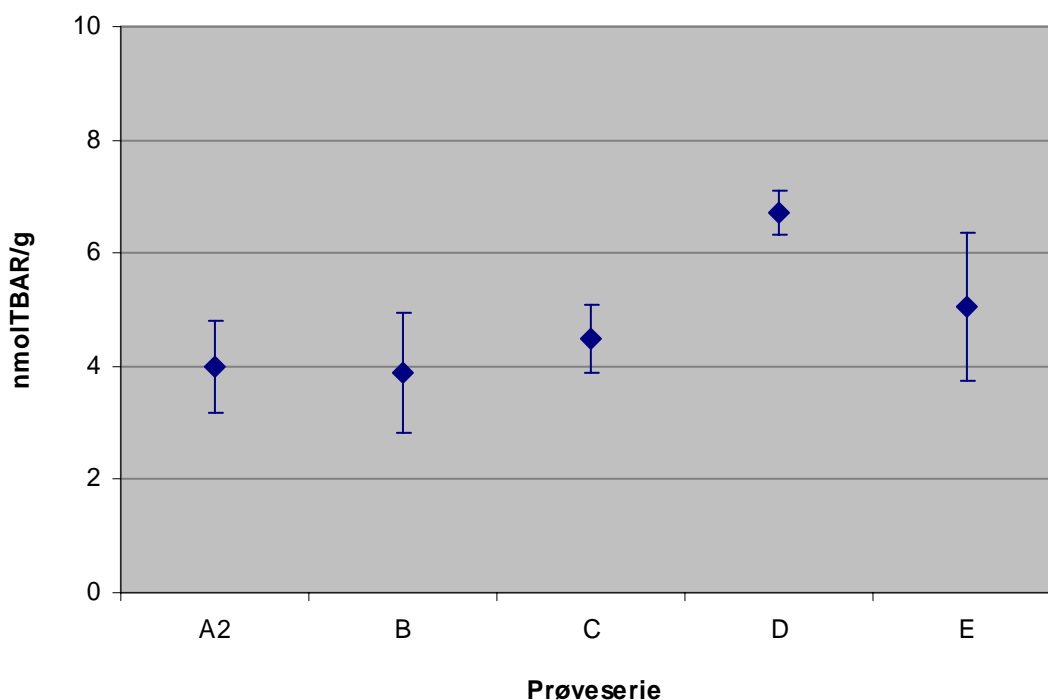


Figur 8. Kimtall (log₁₀ CFU/g) i laksefileter etter røyking og lagring i vakuum (14 dager, 4°C) for prøver fra seriene: A "Direkte prosessert", B "Saltlagret", C "Fersklagret 2 døgn", D "Fersklagret 4 døgn" og E "Post-rigor kontroll". Figuren viser bakterietall (CFU/g) over deteksjonsgrensen (CFU/g >100) i samleprøver fra 6 fileter.

Prøveserie B ("Saltlagret filet") hadde høyest totalt kimtall og dette var også den eneste serien der det ble funnet H₂S-produserende bakterier over deteksjonsgrensen.

Mattilsynets "Mikrobiologiske retningslinjer" for røykt laks med hensyn til kimtall ved et "ikke standardisert analysetidspunkt" er $5 \log_{10} \text{ CFU/g}$ (god kvalitet) og $6 \log_{10} \text{ CFU/g}$ (dårlig kvalitet). Ved siste holdbarhetsdag er retningslinjen for kimtall $6.7 \log_{10} \text{ CFU/g}$. I forhold til disse retningslinjene fra Mattilsynet hadde alle produktene kimtall trygt innenfor grenseverdiene for hva som er god kvalitet (Tab.3).

4.6 Harskning



Figur 9. Harskning målt som nmol TBAR/g etter røyking og lagring i vakuum (2 uker, 4°C), for fileter fra de fem seriene. Figuren viser gjennomsnittsverdier og standardavvik for målinger på tre enkeltfileter fra hver serie.

Etter at de ferdig røykte filetene hadde vært lagret vakuumert og kjølt i 2 uker ble harskning målt som nmol TBAR/g. I forsøksserie D, der filetering ble utført *pre-rigor* og filetene ble lagret usaltet og kjølt i 4 døgn før injeksjonssalting, ble det funnet signifikant høyere TBAR-verdier enn i de andre forsøksseriene ($P < 0,05$). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom de andre forsøksseriene. TBAR-verdiene viser at harskningsnivået var lavt i alle de fem forsøksseriene. Tilsvarende fant Espe *et.al* (2004) i snitt $8,7 \pm 0,9$ nmol TBAR/g i prøver av kommersielle norske røykelaksprodukter som ble hentet inn fra et fransk hypermarked, laveste TBARS verdi i den undersøkelsen var 4 nmol TBAR/g og den høyeste 22 nmol/g.

4.7 Væskeslipp ved lagring i vakuum

Væskeslipp under vakuumlagring av filetene i to uker ble estimert som gjennomsnittlig (%) vektreduksjon for filetene i løpet av denne lagringstiden. Serie B "Saltlagret", som ble filetert og injeksjonssaltet *pre-rigor*, hadde signifikant lavere ($P < 0,05$) væskeslipp (0,3 %) under to ukers lagring i vakuum sammenlignet med de to forsøksseriene som ble injeksjonssaltet *post-rigor*, der væskeslippet var 0,6 % både i serie D og serie E. Filetene fra serie A2 "Direkte prosessert" tapte 0,5 % i vekt og det var ingen signifikant forskjell mellom disse filetene og filetene fra noen av de andre gruppene.

4.8 Farge, overflatestruktur og snittflate

Tabell 4. Visuell vurdering av fargen på filetene etter røyking og kjølelagring i vakuum (2 uker, 4°C). Farge-karakterer er gitt med referanse til LaRoche SalmoFan. Tabellen viser gjennomsnittsverdi og standardavvik for hver av prosessprotokollene A, B, C, D og E.

Forsøksserie	A2	B	C	D	E
Gjennomsnitt	29,8	29,5	29,2	29,3	29,8
Standardavvik	0,8	0,5	0,8	0,5	0,4

Rødfargen på filetene etter røyking ble vurdert visuelt med referanse til LaRoche SalmoFan. Det var ingen systematiske fargeforskjeller mellom de fem forsøksseriene (Tabell 6).

Tabell 5. Overflatestruktur vurdert etter tørking/røyking, etter en sensorisk skala der 0 = normal overflatehinne, 1= noe lukket overflatehinne og 2 = lukket (tykk) overflatehinne.

Serie	A2	B	C	D	E
filet 1	1	1	1	1	1
filet 2	1	1	1	1	1
filet 3	1	1	1	1	1
filet 4	1	1	1	1	1
filet 5	1	1	1	1	1
filet 6	1	1	1	1	1
Snitt	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stdav	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

I et tidligere forsøk er det observert at *pre-rigor* laksefilet som ble injeksjonssaltet fikk en lukket ”plastaktig” overflatehinne (Birkeland *et. al* 2005). I dette forsøket fikk ikke filetene unormalt tykk hinne på overflaten og det var ingen sammenheng med råstoffets rigortilstand (Figur 5).

Tabell 6. Sjiktdannelse i snittflater vurdert etter tørking/røyking, etter en sensorisk skala der 0 = ingen sjiktdannelse, 1= litt sjiktdannelse og 2 = mye sjiktdannelse.

Serie	A2	B	C	D	E
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
Snitt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stdav	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Det er vist at ujevn saltinntrenging fra overflaten ved tørrsalting av *pre-rigor* råstoff etter slicing kommer til syne som fargeforskjeller i snittflater (Tobiassen *et. al* 2003). Tidligere forsøk har vist at injeksjonssalting kan fjerne problemet med sjiktdannelse (Birkeland *et. al* 2005) og denne positive egenskapen ved ble bekreftet også i vårt forsøk (Tabell 6).

4.9 Konsistens og smak etter røyking

Tabell 7. Konsistens vurdert etter tørking/røyking, etter en sensorisk skala der 0 = hard, 1= normal, 2 = litt bløt og 3 = bløt konsistens.

	Forsøksserier				
	A2	B	C	D	E
Filet 1	0	1	1	1	2
Filet 2	0	1	1	2	2
Filet 3	0	1	1	1	2
Filet 4	0	1	1	1	2
Filet 5	0	1	1	2	2
Filet 6	0	1	1	2	2
Gjennomsnitt	0,0	1,0	1,0	1,5	2,0
Standardavvik	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0

Etter røyking ble konsistensen vurdert ved fingertrykk på overflaten av hele fileter, i området som betegnes av Norsk kvalitetskutt (NQC).

Filetene i de fem seriene ble tørket og røkt på samme vogn ble gradert etter en firedelt skala der 0 betegner en hard filet, 1 normal konsistens, 2 en noe bløt filet og 3 en bløt filet. Som det fremgår av tabellen ovenfor ble ytterpunktene representert ved den direkte prosesserte *pre-rigor* serien (A2) som ble vurdert som hard og den *post-rigor* prosesserte kontrollserien (E) som ble betegnet som litt bløt. Forskjellene mellom disse ytterpunktene var ikke svært stor og seriene i mellom plasserte seg alle innenfor det som ble betegnet som normal konsistens på røykelaks.

I den sensoriske vurderingen ble det også foretatt en bedømmelse av saltsmak og røyksmak i tre fileter fra hver av de samme fem seriene. Både saltsmak og røyksmak ble vurdert etter tredelte skalaer der 0 betegner lavest, 1 middels og 2 sterk smaksstyrke. Med hensyn til saltsmak ble ytterpunktene også her representerte av seriene som ble saltet *pre-rigor* (A og B) som ble betegnet som minst salte og den *post-rigor* prosesserte kontrollserien (E) som ble betegnet som mest (litt for mye) salt. De to seriene i mellom (C og D) ble begge betegnet som middels (passelig) salte. Med hensyn til røyksmak ble det ikke funnet forskjeller mellom seriene, alle ble vurdert til å ha røyksmak av samme (moderat) styrke, som forventet ut fra det forholdsvise korte røykeprogrammet som ble kjørt i dette forsøket.

5 KONKLUSJON

Ett sentralt mål i prosjektet er å undersøke om det er mulig å produsere røykt laks av god kvalitet når både både filetering, injeksjonssalting og røyking foregår *pre-rigor*. Basert på resultatene i dette forsøket kan det konkluderes at dette var mulig både med hensyn til akseptabelt produktutbytte sammenlignet med tørrsalting, saltinnhold, filetspalting, farge, konsistens og mikrobiologisk kvalitet. For viktige produktparametere avdekket imidlertid forsøkene signifikante forskjeller mellom de ulike prosessprotokollene, avhengig av filetenes rigorstatus ved injeksjonssalting.

6 REFERANSER

- ANON (2004) Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler (Mattilsynet): Mikrobiologiske retningslinjer, 04 Fisk og fiskeprodukter, oppdatert 14 september 2004.
- Birkeland S., Akse L. (2005) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking, oppsummering av eksisterende litteratur. Oppdragsrapport 9/2005 Norconserv og Fiskeriforskning, august 2005.
- Birkeland S., Akse L. (2005) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Innledende forsøk – undersøkelser av salteprosessen. Oppdragsrapport 20/2005 Norconserv og Fiskeriforskning, oktober 2005.
- Birkeland S., Akse L. (2006) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Dokumentasjon av kvalitetsegenskaper i pre-rigor injeksjonssaltet og røykt laksefilet – en sammenligning med post-rigor kontroll. Oppdragsrapport Norconserv og Fiskeriforskning, juni 2006.
- Cardinal M., Knockaert C., Torrissen O.J., Sigurdgisladdottir S., Mørkøre T., Thomassen M., Vallet J.L. (2001) Relations of smoking parameters to the yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). Food Res. Int. 34, 537 – 550.
- Espe M., Kissling A., Lunestad B.T., Torrissen O., Rørå A.M.B. (2004) Quality of smoked salmon collected in one French hypermarket during a period of 1 year. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie, Volume 37, Issue 6, 627 – 638.
- Rørå A.M.B., Furuhaug R., Fjæra S.O., Skjervold P.O. (2003) Salt diffusion in pre-rigor filleted Atlantic salmon. Aquaculture 232 (2004) 255 – 263.
- Tobiassen T., Olsen J.V., Akse L. (2003) Prosessering av pre- og postrigor ørret. Rapport Fiskeriforskning 5/2003.



Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:
Muninbakken 9-13
Postboks 6122
N-9291 Tromsø
Telefon: 77 62 90 00
Telefaks: 77 62 91 00
E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:
Kjerreidviken 16
N-5141 Fyllingsdalen
Telefon: 55 50 12 00
Telefaks: 55 50 12 99
E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

ISBN-13 978 82-7251-598-9
ISBN-10 82-7251-598-9
ISSN 0806-6221