

RAPPORT 3/2007, Februar 2007

Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking

Sammendrag og anbefalinger basert på alle forsøkene i prosjektet

Sveinung Birkeland og Leif Akse

RAPPORT 3/2007, Februar 2007

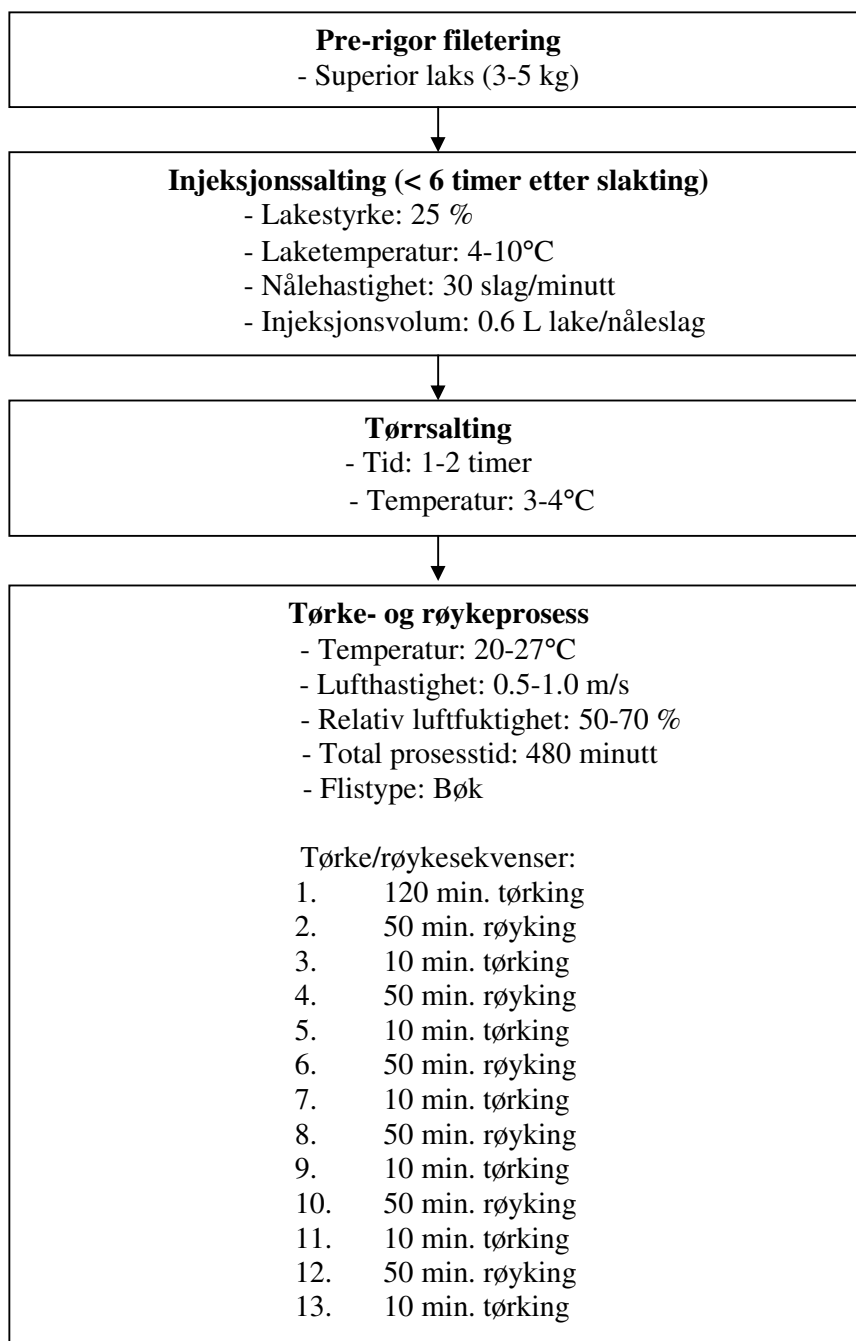
Rapportnr.:	3/2007		
Tilgjengelighet:	Åpen		
Tittel:	Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Sammendrag og anbefalinger basert på alle forsøkene i prosjektet		
Forfatter(e):	Sveinung Birkeland (Norconserv AS), Leif Akse (Fiskeriforskning AS)		
Prosjektnr.:	1065 (NC) og 20156 (FF)	Prosjektnavn:	Pre-rigor laks
		Dato:	15.02.07
Ansvarlig sign.:		Omfang:	21 sider
Oppdragsgiver:	Norske Sjømatbedrifters Servicekontor Boks 639, Sentrum 7406 Trondheim	Referanse:	Håvard Jørgensen

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.0 SAMMENDRAG.....	4
2.0 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLING.....	5
3.0 SAMMENDRAG AV FORSØK SOM ER GJENNOMFØRT.....	6
3.1 Litteraturgjennomgang (august 2005).....	6
3.2 Innledende forsøk – undersøkelse av salteprosessen (oktober 2005).....	6
3.3 Injeksjonssalting – effekter av temperatur og lakestyrke (april 2006).....	7
3.4 Injeksjonssalting – effekter av ulik rigor-status ved injisering (august 2006).....	7
3.5 Dokumentasjon av kvalitetsegenskaper i pre-rigor injeksjonssaltet og røykt filet – en sammenligning med post-rigor kontroll (juli 2006).....	9
3.6 Effekten av ulike prosessbetingelser på kvalitet av røykte produkter – grunnlag for prosessoptimalisering (desember 2006).....	10
3.7 Holdbarhet – mikrobiologisk og sensorisk kvalitet under lagring (januar 2007)...	10
4.0 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	12
4.1 Salteprosessen.....	12
4.2 Tørke og røykeprosessen.....	14
4.3 Prosessutbytte og væskeslipp i vakuum.....	17
4.4 Sensorisk kvalitet.....	17
4.5 Holdbarhet (mikrobiologisk kvalitet).....	19
5.0 REFERANSELISTE DEL-RAPPORTER.....	21

1.0 SAMMENDRAG

Forsøkene i prosjektet er oppsummert i 8 del-rapporter, som danner grunnlaget for å sette opp en produksjonsprotokoll for salting og tørking/røyking av pre-rigor laksefilet som oppfyller relevante krav til saltinnhold, produktfarge, sensoriske egenskaper, mikrobiologisk kvalitet/lagringsstabilitet og prosessutbytte i røykte fileter. Anbefalt protokoll er beskrevet nedenfor:



2.0 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLING

Salting og røyking av laksefisk gjennomføres vanligvis post-rigor (3-5 dager etter slakting). En viktig årsak til dette er rask inntreden av rigor. I løpet av de senere årene er det imidlertid blitt mulig å prosessere laksefisk pre-rigor, da redusert slaktestress og nye slaktemetoder har medført at inntreden av rigor er blitt mer kontrollert og kommer på et senere tidspunkt.

Pre-rigor filetering har vist seg å gi signifikant bedring av kvalitetsparametere som spalting, tekstur og farge på ferske og frosne stykninger av laksefilet. Egnetheten av pre-rigor filet til salting og røyking er ikke like godt dokumentert. Tidligere forsøk med tradisjonell tørrsalting og røyking av pre-rigor råstoff av laks og ørret har imidlertid avdekket betydelige problemer med opptak og homogen fordeling av salt og røyk i filetene.

Prosjektets hovedmål var derfor gjennom kontrollerte produksjonsforsøk å søke etter metoder og prosedyrer for salting og røyking av pre-rigor laksefilet som oppfyller relevante krav til:

- Forutsigbart opptak og jevn fordeling av salt i det ferdig røykte produktet.
- Forutsigbart opptak av røyk og jevn fordeling av røyksmak i det ferdige produktet.
- Forutsigbar sensorisk kvalitet på ferdigproduktene, som tilfredsstiller kvalitetskravene hos viktige kunder og konsumentgrupper.
- Forutsigbar holdbarhetstid i kjølt tilstand, som er like god eller bedre enn tradisjonelle post-rigor tørrsaltede røykte produkter.

Samlet gir de forsøkene som er utført i prosjektet tilstrekkelig grunnlag for å anbefale metoder og fremgangsmåter under salting og røyking av pre-rigor filet som i betydelig grad oppfyller målene som er spesifisert i prosjektets problemstilling.

Norske Sjømatbedrifters Landsforening (NSL) har hatt det overordnede prosjektansvaret sammen med en styringsgruppe sammensatt av bedriftsrepresentanter fra hovedprosjektet *Lønnsom foredling av laks*. Forskningsinstitusjonene, Norconserv AS og Fiskeriforskning AS, har hatt det faglige ansvaret for planlegging, gjennomføring og rapportering av FoU-aktivitetene i prosjektet.

3.0 SAMMENDRAG AV FORSØK SOM ER GJENNOMFØRT

Denne delen av rapporten er en kortfattet gjennomgang av litteratursøk og delforsøk som Norconserv og Fiskeriforskning har gjennomført i prosjektet. Resultatene i delforsøkene har samlet ledet frem til konklusjonene og anbefalingene i Kapittel 4.

Hver av delaktivitetene blir kun referert som korte sammendrag av forsøk og resultater. For dem som ønsker mer inngående innsikt i forsøksoppsett, datagrunnlag og konklusjoner i hvert forsøk kan finne dette i egne rapporter fra hvert delprosjekt. Referanser til del-rapportene er tatt inn i teksten og i en fullstendig referanseliste i Kapittel 5.

3.1 Litteraturgjennomgang (august 2005)

Innledningsvis i prosjektet ble relevant nasjonal og internasjonal litteratur om salting av pre-rigor fileter gjennomgått og sammenfattet (Rapport 9/2005). Rapporten vektlegger i hovedsak publiserte resultater fra forsøk med salting og røyking av laks og ørret der råstoffets ferskhet (rigor-tilstand) har vært en vesentlig faktor. I tillegg er det tatt med noen resultater fra tilsvarende forsøk med torsk som råstoff. Rapporten beskriver effektene av filetenes rigor-status under salting på saltopptak og saltfordeling i urøykt filet og saltfordeling, utbytte, tekstur, farge og sensoriske egenskaper i røykte fileter. Oppsummeringen ble vektlagt under beslutningen om hvilke forsøk som skulle prioriteres i hovedprosjektet. Detaljert informasjon om litteraturen som oppsummeringen er basert på finnes i Rapport 9/2005.

3.2 Innledende forsøk – undersøkelse av salteprosessen (oktober 2005)

Tidligere forsøk med salting og røyking av pre-rigor filet av laks og ørret har påvist et stort vekttap sammenlignet med tilsvarende bearbeiding av post-rigor råstoff. Også andre endringer i produktkvaliteten, som krymping av filetene med påfølgende endret tekstur og ujevn saltfordeling i muskelen er tidligere påvist ved salting av pre-rigor råstoff. Hensikten med disse innledende forsøkene (Rapport 20/2005) var å teste kjente og kommersielt anvendte saltemetoder på pre-rigor laksefileter (<5-6 timer etter slakting) og sammenligne effekter av de ulike saltemetodene på forhold som utbyttetap, krymping, saltopptak og fordeling av salt i muskelen.

Injeksjonssalting synes best egnet til salting av pre-rigor filet, både med tanke på vekt, saltinnhold og saltfordeling i muskelen (Rapport 9/2005). Sammenlignet med tørrsalting (tid, temperatur) gir injeksjonssalting flere muligheter for optimalisering av prosessen (f. eks. injeksjonstrykk, nålehastighet, nåletetthet, lakestyrke og -sammensetning, type injektor, og

nåletype). Rapporten beskriver resultatene fra forsøk gjort med injeksjon av saltlake i pre-rigor fileten av laks med to ulike injektorer (Guenther og Fomaco). Responsene som ble målt etter bruk av varierende injeksjonsbetingelser (trykk, nålehastighet og nåletetthet) var vekttap (utbytte), krymping, muskelspalting, saltinnhold og fordeling.

3.3 Injeksjonssalting – effekter av temperatur og lakestyrke (april 2006)

Det er tidligere vist at temperaturen i muskelen når fisken går inn i rigor har betydning for hvor hurtig rigor inntreer og hvor kraftig krympingen i fileten blir. Dette forsøket (Arbeidsnotat, April 2006) testet derfor om styring av temperaturen i råstoffet og i laken eventuelt kunne anvendes for å påvirke rigor og graden av krymping når saltlake blir injisert i en pre-rigor laksefilet før røyking.

Tre temperaturer (-1 °C, +2-4 °C og +10 °C) og to lakestyrker (25 % og 12 %) ble kombinert. Forsøket ble gjennomført ved å temperere råstoffet til de aktuelle temperaturene umiddelbart etter slakting og å holde filetene ved disse temperaturene de første 24 timene etter injisering. Også saltlaken ble justert til samme temperaturene før injisering

Resultatene viste at saltkonsentrasjonen i laken (12 og 25 %) hadde signifikant effekt på hvor mye pre-rigor filetene krymper, på vektøkningen under injisering og på saltinnholdet i filetene etter injisering. Både den øyeblikkelige krympingen umiddelbart etter injisering og den totale krympingen var større når saltlaken som ble injisert var mettet, sammenlignet med 12 % lake. Injisering med svak lakestyrke (12 %) gav høyere vektøkning men likevel lavere saltinnhold i muskelen, enn tilsvarende injisering av mettet saltlake. Lakestyrken hadde ingen signifikant effekt på filetfarge og spalting.

Resultatene avdekket ingen signifikante effekter av temperaturene som ble testet i forsøket, verken på krymping av filetene, vektøkning under injisering, saltinnhold, vekttap under lagring, farge eller filetspalting. Dette viser at når saltlake ble injisert direkte inn i pre-rigor fileter overstyrte det i dette tilfellet potensielle temperatureffekter på rigor-forløpet.

3.4 Injeksjonssalting – effekter av ulik rigor-status ved injisering (august 2006)

Forsøket omfattet følgende forsøksserier:

- Direkte prosessert: Filetering, injeksjonssalting og tørking/røyking *pre-rigor*.
- Saltlagret 4 døgn: Filetering og injeksjonssalting *pre-rigor*, 4 døgn kjølelagring av saltet fileten før tørking/røyking.

- Fersklagret 2-4 døgn: Filetering *pre-rigor* etterfulgt av 2 og 4 døgn kjølelagring av usaltet filet før injeksjonssalting og tørking/røyking.
- Post-rigor kontroll: Slakting 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 under saltinjisering og totalt når saltingen ble foretatt *pre-rigor*, sammenlignet med når filetering ble foretatt *pre-rigor* og saltingen *i-rigor* eller *post-rigor*. Både filetering og salting *post-rigor* gav minst krymping.
- Vektøkningen under injeksjonssalting økte med økende tid fra slakting til injisering, fra *pre-rigor* filet til *i-rigor* og *post-rigor*.
- 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*.
- Graden av filetpalting (i ferdig røyt produkt) var signifikant lavere når injiseringen ble utført *pre-rigor* sammenlignet med *i-rigor* eller *post-rigor*.
- Etter 2 uker kjølelagring av vakuumpakket røkt filet var totalt kimtall og H₂S-produserende bakterier lavt i alle forsøksseriene, under Mattilsynets anbefalinger (5 log₁₀CFU/g) for hva som er god kvalitet ved et ikke standardisert analysetidspunkt.
- Væskelippet under vakuumlagering i 2 uker var lavt i alle forsøksseriene
- Etter røyking var det ingen forskjeller i rødfarge mellom forsøksseriene.
- Etter røyking var filetene som ble prosessert *pre-rigor* fastere/hardere enn de andre.
- Det var lite forskjell mellom de ferdige produktene med hensyn til salt- og røyksmak.

3.5 Dokumentasjon av kvalitetsegenskaper i pre-rigor injeksjonssaltet og røkt filet – en sammenligning med post-rigor kontroll (juli 2006)

Rapport 9/2005, Rapport 20/2005 og Rapport 22/2006 viser 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. Rapport 22/2006 dokumenterer også at ved injeksjonssalting av *pre-rigor* laksefilet oppnådde man en god/tilfredsstillende kvalitet mht tekstur, spalting, mikrobiologi og harskning.

For ytterligere å dokumentere egnetheten av fileter injeksjonssaltet *pre-rigor* til kaldrøyking (20-30°C) og kvalitetsegenskapene i de røykte produktene i forhold til post-rigor prosesserte fileter ble det gjennomført et produksjonsforsøk hos Norconserv i juli 2006. Dette også som grunnlaget for en videre utvikling og optimalisering av en prosessprotokoll for *pre-rigor* fileter av laks og ørret. Denne rapporten (Rapport 02/2006) beskriver et forsøk der *pre-rigor* råstoff av laks injeksjonssaltes og kaldrøykes (to varianter) og sammenlignes med *post-rigor* injeksjonssaltet og røykte fileter. Variantene som ble undersøkt i forsøket var:

”Direkte prosessering”:	<i>Dag 0</i> : slakt, filetering, salting, røyking, pakking
”Post-rigor kontroll”:	<i>Dag 0</i> : slakt, filetering. <i>Dag 4</i> : salting, røyking, pakking
”Saltlagret filet”:	<i>Dag 0</i> : slakt, filetering, salting. <i>Dag 4</i> : røyking, pakking

Kvalitetsparametrene som ble dokumentert var utbytte, filetkrymping, gaping, farge, sensorikk, tekstur, mikrobiologi og saltinnhold og –fordeling. Sentrale observasjoner i forsøket var:

- Pre-rigor råstoff er mindre utsatt for muskelspalting enn post-rigor råstoff ved bruk av injeksjonssalting
- ”Direkte prosessering” førte til et røykt produkt som hadde en noe lysere farge enn ”post-rigor kontroll”. Ingen forskjell i rødhet, gulhet, fargetone og fargemetning mellom variantene ble observert.
- Små forskjeller i mikrobiologisk kvalitet ble funnet mellom de ulike variantene av røykte fileter.
- For 4 av 16 undersøkte sensoriske responser ble det funnet signifikante forskjeller mellom variantene. Responsene som var forskjellige var ”røykt lukt”, ”fettutskillelse i snittflate”, ”rød farge” og ”fasthet”.

- Saltinnholdet i de ulike variantene av produkter var likt (2.0-2.1 %) og saltinnholdet i ulike segmenter av fileten varierte lite (1.8-2.2 %)

3.6 Effekten av ulike prosessbetingelser på kvalitet av røykte produkter – grunnlag for prosessoptimalisering (desember 2006)

Kaldrøyking av laks foregår vanligvis i temperaturintervallet mellom 20 og 30°C og med varierende lufthastighet over produktene. Dokumentasjon av effekten av ulik temperatur og lufthastighet på kvalitetsegenskapene i pre-rigor injeksjonssaltede fileter er viktig med tanke på å utvikle en prosessprotokoll som er tilpasset dette råstoffet. I tillegg vil en slik dokumentasjon gi informasjon om hvilke parametere som er viktige for produsentene å kontrollere under produksjonen for å få en lik og repeterbar kvalitet på produktene fra produksjonsdag til produksjonsdag. Kunnskap om effektene av temperatur og lufthastighet under røykeprosessen er et meget viktig grunnlag for videre optimalisering av prosessprotokollen for pre-rigor injeksjonssaltet råstoff. Rapporten (Rapport 7/2006) beskriver et forsøk der hovedmålet var å undersøke effekten av to ulike tørke/røyketemperaturer (20 og 27°C) og lufthastigheter (0.5 og 1.0 m/s) på utvalgte kvalitetsegenskaper (utbytte, sensorikk og tekstur) i pre-rigor injeksjonssaltede fileter. I tillegg ble det gjennomført et forsøk der effektene av saltemetode (pre-rigor tørrsalting og pre-rigor injeksjonssalting) og tørke/røyketemperatur (20 og 27°C) på kvalitetsegenskapene (utbytte, sensorikk og tekstur og saltfordeling) ble undersøkt.

3.7 Holdbarhet – mikrobiologisk og sensorisk kvalitet under lagring (januar 2007)

I Rapport 02/2006 fremgikk det at den mikrobiologiske kvaliteten av pre-rigor injeksjonssaltet og røykte og post-rigor injeksjonssaltet og røykte fileter produsert ved forsøksfasilitetene ved Norconserv var meget god etter 14 dagers kjølelagring. I tillegg var det minimale forskjeller i den sensoriske kvaliteten mellom de to variantene etter endt lagringstid. På bakgrunn av dette var det ønskelig å se hvordan den mikrobiologiske og sensoriske kvaliteten av produktene utviklet seg ved lengre kjølelagring (3-4°C, 48 dager) i vakuumert tilstand. Denne lagringstiden er høyst relevant mht at store deler av røykelaksproduktene som finnes på det norske markedet i dag har en oppgitt holdbarhet i denne størrelsesorden. Et forsøk ble satt opp der tre ulike varianter av røykt laks ble undersøkt med hensyn på mikrobiologisk holdbarhet og sensorisk kvalitet;

- (i) pre-rigor injeksjonssaltet og røykt filet ("direkteprosessert")
- (ii) pre-rigor injeksjonssaltet + tørrsaltet og røykt filet ("kombisaltet")
- (iii) post-rigor tørrsaltet og røykt filet ("tradisjonell")

Mikrobiologisk kvalitet ble undersøkt 14, 35 og 48 dager etter produksjon og sensorisk kvalitet 35 dager etter produksjon.

4.0 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

4.1 Salteprosessen

Hovedkonklusjonen etter forsøkene er at injeksjonssalting er en saltemetode som kan løse de grunnleggende problemene med dårlig saltopptak, ujevn fordeling av saltet og høyt vekttap når laksefilet blir saltet pre-rigor. Injeksjonssalting pre-rigor gir med riktig injeksjonstrykk heller ikke problemer med filetspalting, som vanligvis forbindes med stikksalting av post-rigor råstoff. I den grad krymping av pre-rigor fileten er et kvalitetsproblem løser ikke injeksjonssalting dette, tvert imot forsterkes krympingen sammenlignet med tørrsalting.

Basert på forsøkene i prosjektet beskrives nedenfor hovedtrekkene i den prosedyren for injeksjonssalting som vi fant fungerte best til salting av pre-rigor laksefilet, gitt maskinutstyret som var tilgjengelig hos Norconserv (Guenther Brine Injector PIF 21/57, Guenther Maschinenbau GmbH, Dieburg, Tyskland) og Fiskeriforskning (Fomaco Brine Injector FGM 16/64F, Fomaco Food Machinery Company A/S, Køge, Danmark).

Forskjeller avhengig av maskintype:

I prosjektet ble to ulike injektorer brukt (Fomaco og Guenther) og ulike injeksjonsbetingelser (laketrykk, nålehastighet, lakestyrke- og temperatur og antall repeterte injeksjoner) undersøkt med hensyn på opptak av lake i fileten (vektøkning = mengde tilført salt), filetkrymping, muskelspalting og saltinnhold og fordeling. Resultatene viser at identiske innstillinger av trykk og nålehastighet på to ulike typer injektorer gir forskjellige resultater for de målte responsene. Dette viser at injeksjonsbetingelser som er passende for injeksjon av pre-rigor fileten med en Fomaco injektor ikke ukritisk kan overføres til en annen type injektor (Guenther injektor). Hver produsent av røykte produkter må optimalisere/tilpasse sine injeksjonsbetingelser med tanke på hvilken injektor de anvender, men ved å bruke en parameter som er sammenlignbar mellom de ulike injektorene (L lake injisert/nåleslag) kan følgende injeksjonsbetingelser generelt anbefales for pre-rigor laksefileter:

Anbefalte prosessbetingelser:

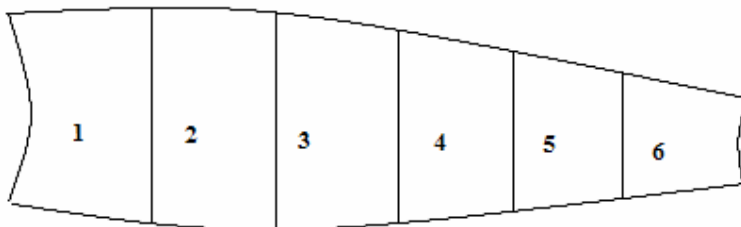
Ved å bruke en parameter som er sammenlignbar mellom de ulike injektorene (L lake injisert/nåleslag) kan følgende injeksjonsbetingelser generelt anbefales for pre-rigor laksefileter, uavhengig av maskintype:

Lakestyrke:	25 % (mettet, 4-10°C)
L lake injisert/nåleslag:	0,6 l
Nålehastighet:	30 slag/minutt

For å oppnå riktig injisert lakevolum måtte injeksjonstrykket på Fomaco injektoren settes likt 1,5 bar, mens tilsvarende injeksjonstrykk på Gunther-injektoren måtte settes 2.0 bar. Tabell 1 og Figur 1 nedenfor illustrer saltinnhold og fordeling av saltet i ulike deler av fileten når en Gunther-injektor ble anvendt til injisering av pre-rigor laksefilet (1063-1516 g) ved de angitte injeksjonsbetingelser.

Tabell 1. Saltinnholdet i ulike stykker av fileten, analysert i pre- og post rigor fileter injisert med Guenther Injector.

Segment	Post-rigor filet	Pre-rigor filet
1	2.3	2.3
2	2.2	2.2
3	2.2	2.2
4	2.1	2.1
5	2.0	2.0
6	2.1	2.2
Snitt	2.1	2.2
Variasjon (CV%)	5.5	4.5



Figur 2. Oppdeling av filet i segmenter til saltmåling.

Disse innstillingene fører til en vektøkning etter salting av pre-rigor filet på mellom 5-7 %, en krymping av filetene i lengderetningen på mellom 7-13 %, en gaping score på mellom 0-1 (der; 0=ingen gaping og 1=litt gaping), et saltinnhold på mellom 2.2-4.6% og en uniform fordeling av salt i ulike segmenter i fileten lengderetning (Tabell 1, Figur 2, Guenther

injektor). De observerte forskjellene mellom pre- og post-rigor fileter injisert ved disse betingelsene er at post rigor fileter tåler dårligere det mekaniske stresset som påføres filetene gjennom laketrykket og får en høyere gaping score sammenlignet med pre-rigor fileter. I tillegg krymper post-rigor filetene minimalt og vektøkningen er noe høyere etter injeksjon.

I røykte fileter, injeksjonssaltet pre- eller post rigor, var det liten variasjon i saltinnholdet mellom de ulike segmentene innen hver variant i tillegg til at forskjellen i saltinnhold mellom pre-rigor og post rigor injeksjonssaltet filet var liten. Saltinnholdet varierte i intervallet 1.9-2.2 % i de undersøkte produktene.

En sammenligning av saltinnholdet i tre ulike vertikale sjikt av muskelen (overflate, midt og bunn) i røykte pre-rigor tørrsaltet og pre-rigor injeksjonssaltede fileter ble det tydelig bekreftet at tørrsalting ikke er en egnet metode for å tilføre salt til pre-rigor fileter. Saltinnholdet i filetene varierte fra 2.1 % i overflatesjiktet til 1.3 % i sjiktet nærmest skinnet (bunn) i de pre-rigor tørrsaltede filetene, mens i de pre-rigor injeksjonssaltede filetene var forskjellen mellom de to sjiktene minimal (2.0 % og 1.9 %).

Undersøkelser gjennomført av andre miljøer med hensyn til kvalitetskarakteristika av røykt laks på det europeiske markedet, bl.a. i landene Belgia, Danmark, Frankrike, Tyskland, Italia og Storbritannia, har vist at saltinnholdet i produktene varierer innenfor intervallet 1.3-5.1 %. I tillegg har en større undersøkelse av røykt laks på det norske markedet (780 prøver) vist at produktene har et saltinnhold oppgitt fra produsent som varierer mellom 1.0 og 5.0 %. Dette viser at ved bruk av de anbefalte injeksjonsbetingelsene vil pre-rigor saltet og røykt filet ha et saltinnhold som ligger innenfor det nivået som finnes i røykte produkter som omsettes både på det norske og europeiske markedet.

I rapport 1/2007, Januar 2007 ble det på pre-rigor filet anvendt en saltemetode som ofte refereres til som ”kombisalting”. Kombisalting er at man legger til en sekvens med tørrsalting (1-2 timer, 3-4°C) i etterkant av injeksjonssalting. Dette fører til et noe lavere prosessutbytte siden filetene mister noe av det tilførte vannet når filetene tar opp salt under tørrsaltingen, men filetene vil få et noe høyere saltinnhold og få en sensorisk profil som ligner mer på tradisjonelt post-rigor tørrsaltede og røykte produkter sammenlignet med pre-rigor fileter som bare er injeksjonssaltet.

4.2 Tørke og røykeprosessen

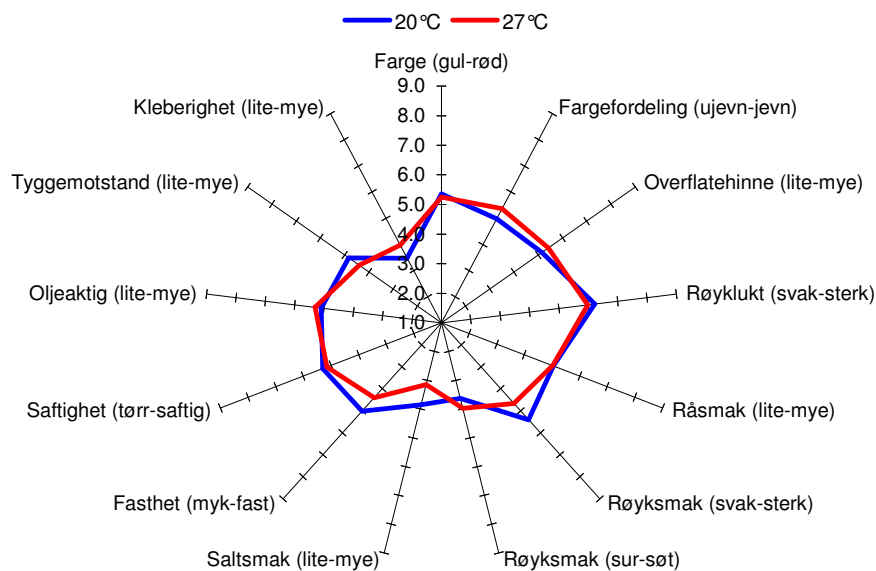
Tørke og røykeprosessen som ble brukt i prosjektet bestod 7 tørke- og 6 røykesekvenser (Tabell 2). Prosessen starter med en 120 min tørkesekvens etterfulgt av 6 alternerende røyke-

og tørkesekvenser a henholdsvis 50 og 10 min. Total prosessetid var 480 minutt, hvorav 300 min røyking og 180 min tørking.

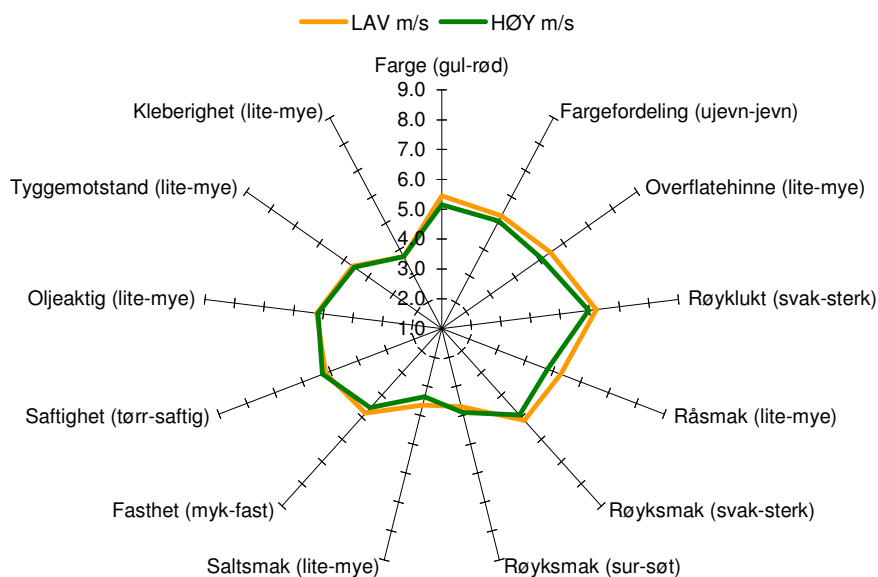
Tabell 2. Prosessprotokollen som ble anvendt under tørking/røyking av filetene i prosjektet.

Trinn	Sekvens	Tid (min)
1	Tørking	120
2	Røyking	50
3	Tørking	10
4	Røyking	50
5	Tørking	10
6	Røyking	50
7	Tørking	10
8	Røyking	50
9	Tørking	10
10	Røyking	50
11	Tørking	10
12	Røyking	50
13	Tørking	10

Hovedkonklusjonen etter forsøket med ulike tørke/røyketemperatur (20 og 27°C) og lufthastighet (0,5 og 1 m/s) er at de undersøkte prosessparametrene ikke påvirket den sensoriske profilen av de røykte produktene i stor grad (Figur 3 og 4), men prosessutbyttet ble signifikant påvirket av den anvendte tørke/røyketemperaturen og lufthastigheten. Høy temperatur (27°C) og lufthastighet (1.0 m/s) fører til et lavere prosessutbytte (3 %-poeng) sammenlignet med lav temperatur (20°C) og lufthastighet (0.5 m/s). I tillegg førte høy lufthastighet til en noe høyere frakturabilitet av produktene (overflateegenskaper). Basert på resultatene kan man si at bruk av en temperatur i intervallet 20-27°C og en lufthastighet mellom 0.5 og 1.0 m/s under tørking og røyking fører til små forskjeller i teksturegenskapene og de sensoriske egenskapene av de røykte produktene. Dvs. at disse prosessparametrene kan varieres noe fra dag til dag uten at det fører til betydelig varierende kvalitet av pre-rigor injeksjonssaltede fileter. Ulike kombinasjoner av temperatur og lufthastighet kan derimot brukes til å ”styre” prosessutbyttet mot en ønsket verdi.



Figur 3. Hovedeffekter av tørke/røyketemperatur (20 og 27 °C) på den sensoriske profilen av pre-rigor injeksjonssaltede fileter. Dommerkarakterene ble gitt på en skala fra 1 til 9, der 1 = lav intensitet og 9 = høy intensitet av den vurderte responsen.



Figur 4. Hovedeffekter av lufthastighet (0,5 og 1,0 m/s) under tørke/røykeprosessen på den sensoriske profilen av pre-rigor injeksjonssaltede fileter. Dommerkarakterene ble gitt på en skala fra 1 til 9, der 1 = lav intensitet og 9 = høy intensitet av den vurderte responsen.

4.3 Prosessutbytte og væskeslipp i vakuum

Hovedkonklusjonen etter forsøkene er at prosessutbyttet påvirkes både av råstoffets ferskhet, saltemetoden, tørke/røyketemperaturen og lufthastigheten som anvendes under prosessering. I forsøkene i dette prosjektet der pre-rigor filet ble injeksjonssaltet filet varierte prosessutbyttet etter tørking og røyking i intervallet 95-101 %. Ved å øke temperaturen fra 20 til 27°C og øke lufthastigheten fra 0,5 til 1,0 m/s reduseres prosessutbyttet med ca. 2-3 %-poeng. Dette viser at valg av ulike kombinasjoner av temperatur og lufthastighet under prosessering er et verktøy som kan brukes av produsentene av røykt laks for å styre/oppnå ulike prosessutbytter.

”Kombisaltingen” utført i prosjektet (Rapport 1/2007, Januar 2007) førte til et lavere utbytte (1 %-poeng) sammenlignet med injeksjonssalting alene. Tørresalting (20-24 timer, 3-4°C) av både pre- og post rigor fileter i forkant av røyking førte til et prosessutbytte på ca. 91-92 %. Sammenlignet med tørresalting gir injeksjonssalting generelt et høyt prosessutbytte, både på pre- og post-rigor råstoff, og dermed en økonomisk gevinst for produsenten.

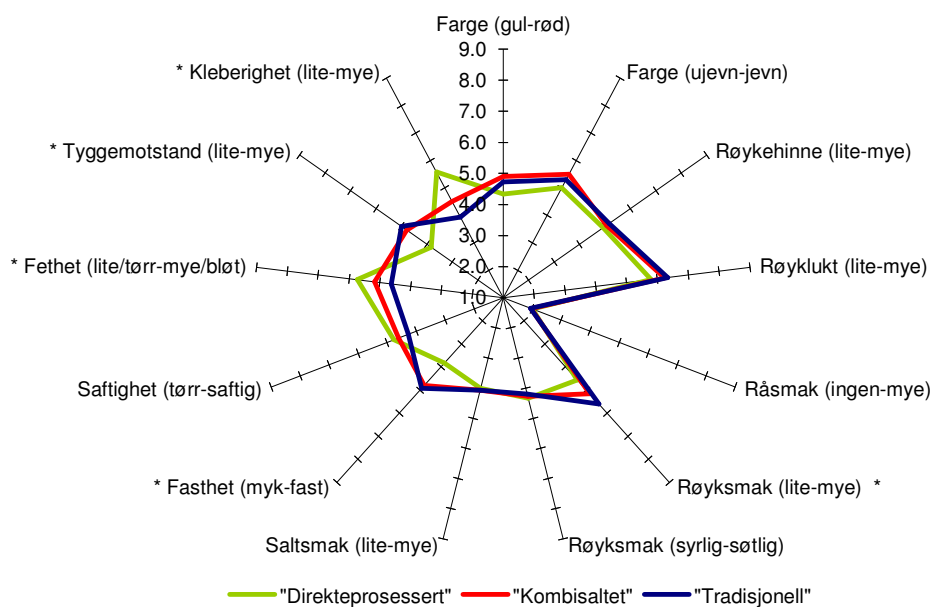
Væskeslipet under vakuumlaging (14 – 48 dager) av pre-rigor injeksjonssaltet og røykte fileter var ca 0,9 – 1.2 %. I de vakuuerte røykte produktene ble det bare funnet minimale forskjeller i mengden væskeslipp etter ulike saltemetoder (injeksjon vs. tørresalting), ulike saltetidspunkt (pre- vs. post-rigor), ulike tørke/røyketemperaturer (20 vs. 27 °C) eller ulik lufthastighet under prosessering (0,5 vs. 1.0 m/s).

4.4 Sensorisk kvalitet

Hovedkonklusjonen etter forsøkene (Rapport 1/2007) der den sensoriske profilen av røykte fileter enten injeksjonssaltet pre-rigor (”direkteprosessert”), injeksjonssaltet + tørresaltet pre-rigor (”kombisaltet”) eller post-rigor tørresaltet (”tradisjonell”) var at de ”direkteprosesserte” filetene skiller seg fra de to andre variantene hovedsakelig i responser som beskriver filetenes teksturegenskaper (etter 35 dagers lagring i vakuum) (Figur 5, Tabell 3). ”Direkteprosesserte” fileter skiller seg fra de andre variantene ved at de har/er:

- mindre røyksmak
- mindre faste
- mer ”fethet”
- mindre tyggemotstand
- mer kleberige

Det var ingen merkbar forskjell mellom ”kombisaltet” og ”tradisjonell” filetene i noen av de undersøkte sensoriske responsene. Dette antyder at ”direkteprosesserte” fileter sannsynligvis vil oppfattes av forbrukeren som et noe forskjellig produkt fra tradisjonelt prosesserte fileter men ved å legge til et tørrsaltingstrinn i etterkant av injeksjonssalting av pre-rigor fileter blir den sensoriske profilen av produktet (”kombisaltet”) mer lik/vanskelig å skille fra post-rigor tørrsaltet og røykte produkter (”tradisjonell”). Det er viktig å poengtere at ”direkteprosesserte” fileter ikke har noen tydelige negative kvalitetsavvik i forhold til ”kombisaltet” og ”tradisjonell” produktene, men de har noe annerledes egenskaper med hensyn til tekstur/konsistens. I et forsøk der den sensoriske profilen av pre-rigor injeksjonssaltede og post-rigor injeksjonssaltede røykte fileter (Rapport 2/2006, Juli 2006) ble sammenlignet ble det funnet små forskjeller i de ulike sensoriske responsene.



Figur 5. Sensorisk profil av ”direkteprosessert”, ”kombisaltet” og ”tradisjonell” fileter etter 35 dagers lagring i vakuum. * = signifikante forskjeller mellom variantene.

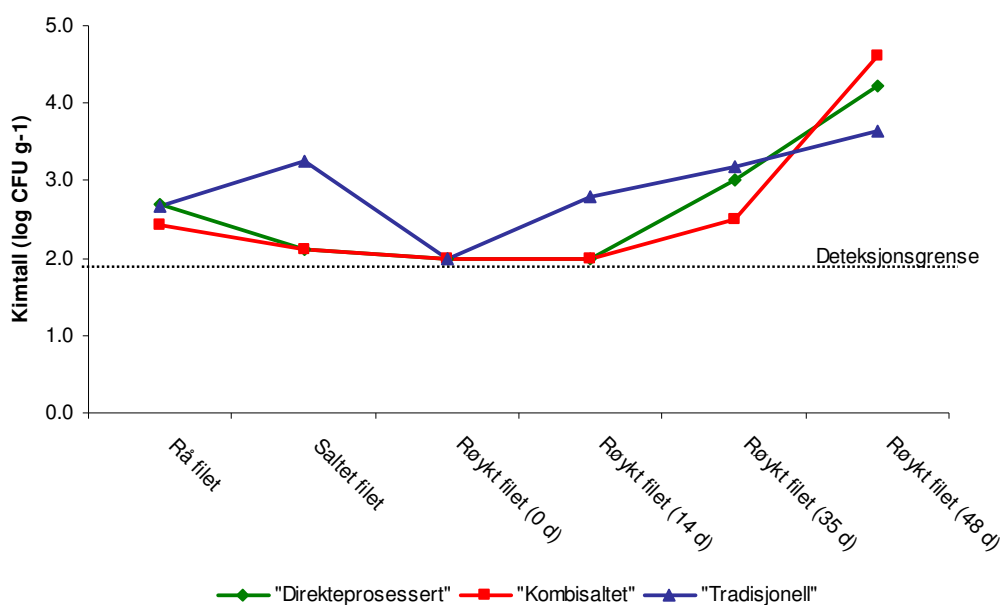
Tabell 3. Gjennomsnittlig dommerscore for de sensoriske egenskapene røyksmak (lite-mye), fasthet (myk-fast), fethet (lite/tørr-mye/bløt), tyggemotstand (lite-mye) og kleberighet (lite-mye). Karakterene ble gitt på en skala fra 1-9, der 1 er lav og 9 er høy intensitet av den bedømte egenskap.

	Røyksmak	Fasthet	Fethet	Tyggemotstand	Kleberighet
"Direkteprosessert"	4.6 ^{a*}	3.8 ^{a*}	5.7 ^{a*}	3.8 ^{a*}	5.6 ^{a*}
"Kombisaltet"	5.2 ^b	4.8 ^b	5.2 ^b	4.8 ^b	4.5 ^b
"Tradisjonell"	5.6 ^b	4.9 ^b	4.6 ^b	5.0 ^b	3.9 ^c

***Signifikansnivå, der ***=P<0.001, **=P<0.01 og *=P<0.05. Ulike bokstaver i hver kolonne indikerer signifikant forskjellige verdier.

4.4 Holdbarhet (mikrobiologisk kvalitet)

I rapportene 2/2006 og 1/2007 ble den mikrobiologiske kvaliteten (kimtall, psykrotrofe bakterier, melkesyrebakterier og H₂S-produserende bakterier) av de røykte filetene undersøkt under lagring i vakuum i opptil 48 dager.



Figur 6. Totalt kimtall (log CFU g⁻¹) i rå filet, saltet filet og i røykt filet etter 0, 14, 35 og 48 dagers lagring i vakuum (3-4°C) for variantene "direkteprosessert" (injeksjonssaltet og røkt pre-rigor), "kombisaltet" (injisert + tørrsaltet pre-rigor) og "tradisjonell" (tørrsaltet pre-rigor).

Hovedkonklusjonene basert på disse forsøkene er at nivåene av bakterier i produktene er generelt lave (god mikrobiologisk kvalitet) gjennom hele lagringsperioden og at det er relativt små forskjeller mellom røykte fileter som enten har blitt injeksjonssaltet pre-rigor, injeksjonssaltet + tørrsaltet (kombisaltet) pre-rigor eller tørrsaltet post-rigor. Figur 6 viser utviklingen i totalt kimtall ($\log \text{CFU g}^{-1}$) fra rå filet (umiddelbart etter filetering pre-rigor) gjennom de ulike prosesstrinn og til endt lagringstid etter 48 dager. Totalt kimtall brukes som en indikator på produktets mikrobiologiske kvalitet og for å fastsette maksimal holdbarhet ("shelf-life"). Et totalt kimtall på $6 \log \text{CFU g}^{-1}$ brukes ofte som en maksimumsverdi for fiskeprodukter som skal brukes til menneskelig konsum. Ingen av de undersøkte produktene hadde et total kimtall som oversteg denne "grenseverdien" under lagringsperioden. Med hensyn til nivået av psykrotrofe bakterier, melkesyrebakterier og H_2S -produserende bakterier var nivåene i de undersøkte produktene (1.5 til $4.5 \log \text{CFU g}^{-1}$) langt under tidligere rapporterte verdier/anbefalinger for røykte produkter på henholdsvis $7 \log \text{CFU g}^{-1}$, $8-9 \log \text{CFU g}^{-1}$ og $8 \log \text{CFU g}^{-1}$.

5.0 REFERANSELISTE DEL-RAPPORTER

Birkeland S, Akse L (2005) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Oppsummering av eksisterende litteratur. NORCONSERV rapport nr 9/2005, august 2005

Birkeland S, Akse L (2005) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Innledende forsøk – undersøkelser av salteprosessen. NORCONSERV - rapport 20/2005, oktober 2005.

Akse L (2006) Pre-rigor salting og røyking av laks – forsøk med ulike temperaturer og lakestyrker. Fiskeriforskning – arbeidsnotat 15. mai 2006.

Birkeland S, Akse L, Joensen S, Tobiassen T, Skåra T (2006) Injection – Salting of *pre rigor* Fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Journal of Food Science, Vol. 72, Nr. 1, 2007, E29-E35.

Akse L, Joensen S, Tobiassen T, Birkeland S (2006) Injeksjonssalting av laksefilet ved ulike rigorstatus. Fiskeriforskning – rapport 22/2006, august 2006.

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. NORCONSERV-rapport 02/2006, juli 2006.

Birkeland S, Akse L (2006) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Effekten av ulike prosessbetingelser på kvalitet av røykte produkter – grunnlag for prosessoptimalisering. NORCONSERV-rapport 7/2006, desember 2006.

Birkeland S, Akse L (2006) Pre-rigor filet av laks som råstoff til salting og røyking. Mikrobiologisk og sensorisk kvalitet under lagring. NORCONSERV-rapport 1/2007, januar 2007.