



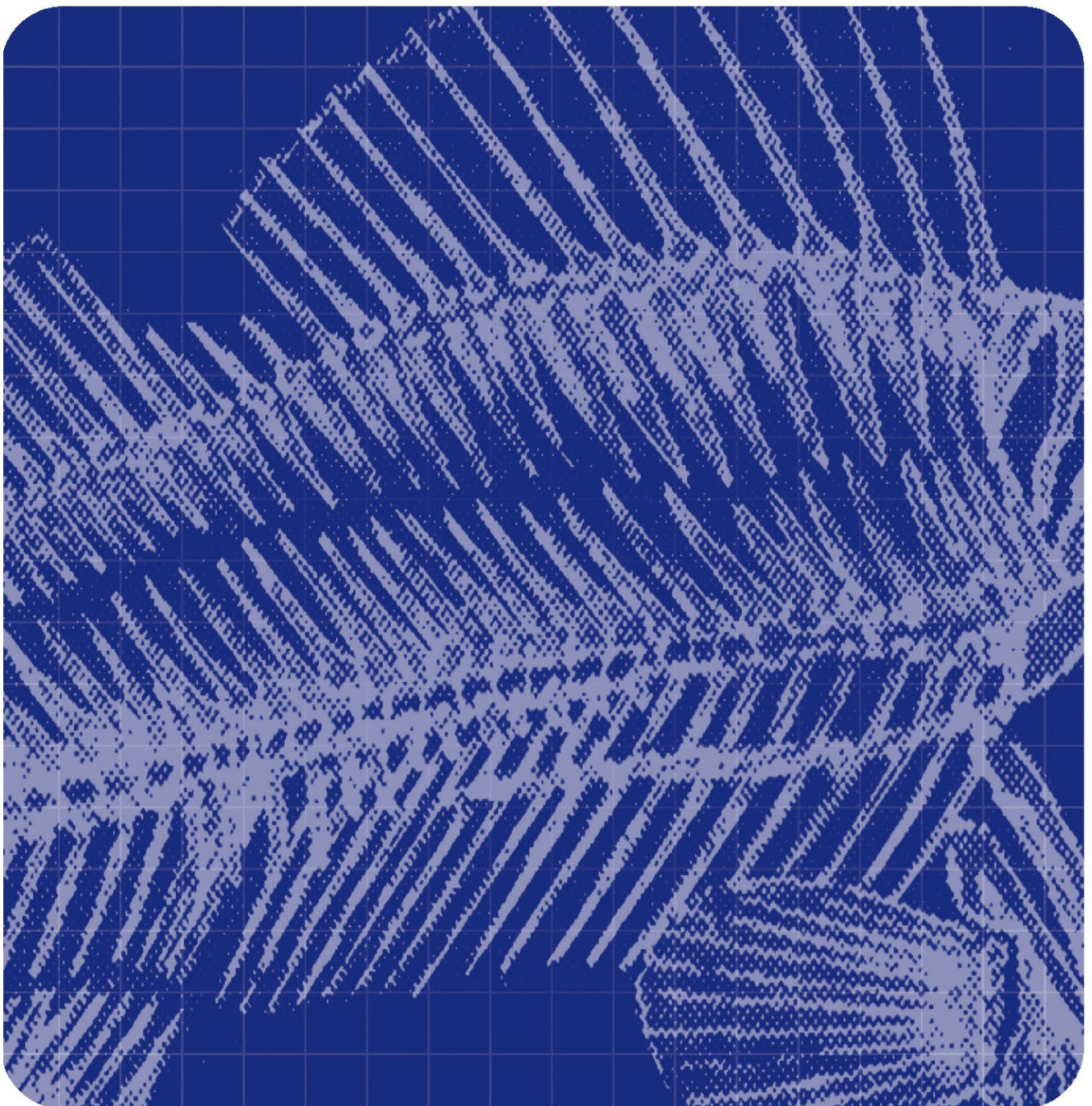
Fiskeriforskning

RAPPORT • Utgitt februar 2006

Pre-rigor produserte kjølte og frosne produkter av laks

Forprosjekt: Litteraturstudie

Leif Akse





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

	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Tittel:</i> Pre-rigor produserte kjølte og frosne produkter av laks Forprosjekt: Litteraturstudie	<i>Dato:</i> Februar 2006
	<i>Antall sider og bilag:</i> 20
<i>Forfatter(e):</i> Leif Akse	<i>Forskningssjef:</i> Even Stenberg
<i>Oppdragsgiver:</i> FHS industri og eksport - Filetforum	<i>Prosjektnr.:</i> 20200
	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> Kristian Prytz
<i>3 stikkord:</i> Pre-rigor, produktkvalitet, holdbarhet	
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> <p>Det er solid dokumentert, både i litteraturen og gjennom produksjonserfaringer i industrien, at pre-rigor produserte filetprodukter kommer signifikant bedre ut enn post-rigor produserte produkter med hensyn til en rekke objektivt målbare kvalitetsegenskaper, i alle fall kort tid etter produksjon.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Det er ikke så godt dokumentert hvorvidt de positive kvalitetsegenskapene også vedvarer gjennom holdbarhetstiden i kjølt tilstand, eller etter tining av frosne produkter. Her er det behov for mer dokumentasjon gjennom kontrollerte forsøk, både i industri- og laboratorieskala. – Hvorvidt det kan forventes tilsvarende forskjeller også etter videreføring og varmebehandling av pre- og post-rigor produsert halvfabrikata er heller ikke godt nok dokumentert, i alle fall ikke i publikasjonene som er gjennomgått i dette litteratursøket. Det samme er tilfelle med hensyn til hvordan tidlig filetering, straks etter slakting, påvirker mikrofloraen i produktene og dermed holdbarhetstiden under ulike temperaturregimer og ved ulike emballering. – Et forhold som er <u>særlig dårlig dokumentert</u>, i alle fall i litteraturen, er i hvilken grad kunder og konsumenter oppfatter at pre-rigor produserte filetprodukter er forskjellige fra post-rigor produserte og hvordan de i så fall vektlegger og verdsetter disse forskjellene. Her kan det åpenbart være nyttig med mer kunnskap, mellom annet for å ha en oppfatning om hvilken merverdi som eventuelt ligger i å gå over til pre-rigor produksjon og om denne merverdien er tilstrekkelig til å forsvare kostnadene med slik produksjonsomlegging. 	
<i>English summary: (maks 100 ord);</i> Literature shows in a convincing way that pre-rigor processed fish fillets generally will score significantly higher on number of quality parameters, compared to post-rigor processed fillets. It is not that well documented how pre-rigor filleting affects the shelf life of the products, dependent on different wrapping and temperature regimes. It is poorly documented how the consumers will respond to the different sensory attributes of pre-rigor processed products, compared to similar products processed post-rigor.	

INNHold

1	BAKGRUNN	1
1.1	Pre-rigor filetering; ulike strategier i produksjon og distribusjon.....	1
2	PRIORITERINGER I HOVEDPROSJEKTET	2
2.1.1	Hovedprosjekt.....	2
3	OPPSUMMERING AV LITTERATURSØK.....	3
3.1	Pre rigor filetering og produktkvalitet	3
3.1.1	Kjølte filetprodukter	3
3.1.2	Frosne filetprodukter	5
3.2	Pre-rigor filetering og holdbarhet	6
3.3	Prosessteknologi, emballering og distribusjon	6
4	SAMMENDRAG AV ENKELTARTIKLER.....	7
4.1	Kjølte produkter - kvalitet avhengig av rigorstatus ved filetering	7
4.1.1	Mørkøre, T. (2005) Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>).	7
4.1.2	Sørensen <i>et al.</i> (1995) Influence of early processing (pre-rigor) on fish quality.....	7
4.1.3	Mørkøre <i>et al.</i> (2003) Kvalitet av pre-rigor torskefilet; lagringstemperaturen påvirker krymping og filetpalting	8
4.1.4	Mørkøre <i>et al.</i> (2003) Product quality of pre-rigor filleted Atlantic cod.....	8
4.1.5	Skjervold <i>et al.</i> (2001) Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon.....	8
4.1.6	Skjervold <i>et al.</i> (2001) Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor filets	9
4.1.7	TemaNord 1995-512 (1995): Rigor i fisk.....	10
4.1.8	Godvik L.A. (2003) Teknologisk kvalitet av føret hyse.....	10
4.2	Frosne produkter - kvalitet avhengig av rigorstatus ved filetering	11
4.2.1	Einen <i>et al.</i> (2002) Freezing of <u>pre-rigor filets</u> of Atlantic salmon.....	11
4.2.2	TemaNord 1995-512 (1995): Rigor i fisk.....	12
4.2.3	Cappelen G. (2000) Synthesis and hydrolysis of ATP i frozen fish.....	13
4.2.4	Fletcher <i>et al.</i> (1996) Changes in fine structure of the myocommata-muscle fibre junction related to gaping in rested and exercised muscle from King salmon	14
4.2.5	Johansen A. (1999) Frosset råstoff til salting, rigortilstand ved innfrysing	14
4.3	Prosessteknologi, emballering og distribusjon	15
4.3.1	Pre-rigor filetering av laks; prosesslinje for beinfri pre-rigor filet	15
4.3.2	TELOP/TRIO (2005) Fjerning av pinnebein i pre-rigor oppdrettsfisk.....	15
4.3.3	Andre innfallsvinkler til fjerning av pin-bone i pre-rigor filet	15
4.3.4	TRUFRESH [®] ; en unik innfrysingsmetode	15
4.3.5	Herland <i>et al.</i> (2002) Pre-rigor filetering av laks; utblødningsforsøk	16
4.4	Holdbarhet avhengig av fileteringstidspunkt	16
4.4.1	Rosnes <i>et al.</i> (2000) Microbiological quality of pre- and post-rigor processed salmon (<i>Salmo salar</i>).....	16
4.4.2	Rosnes <i>et al.</i> (2003) Effects of pre- and post-rigor filleted Atlantic salmon on microbial spoilage and quality characteristics during chilled storage	16
4.4.3	Tobiassen <i>et al.</i> (2006) Pre-rigor filetering av torsk (<i>Gadus morhua</i>), effekt på kvalitet og holdbarhet.....	17
5	REFERANSER	19

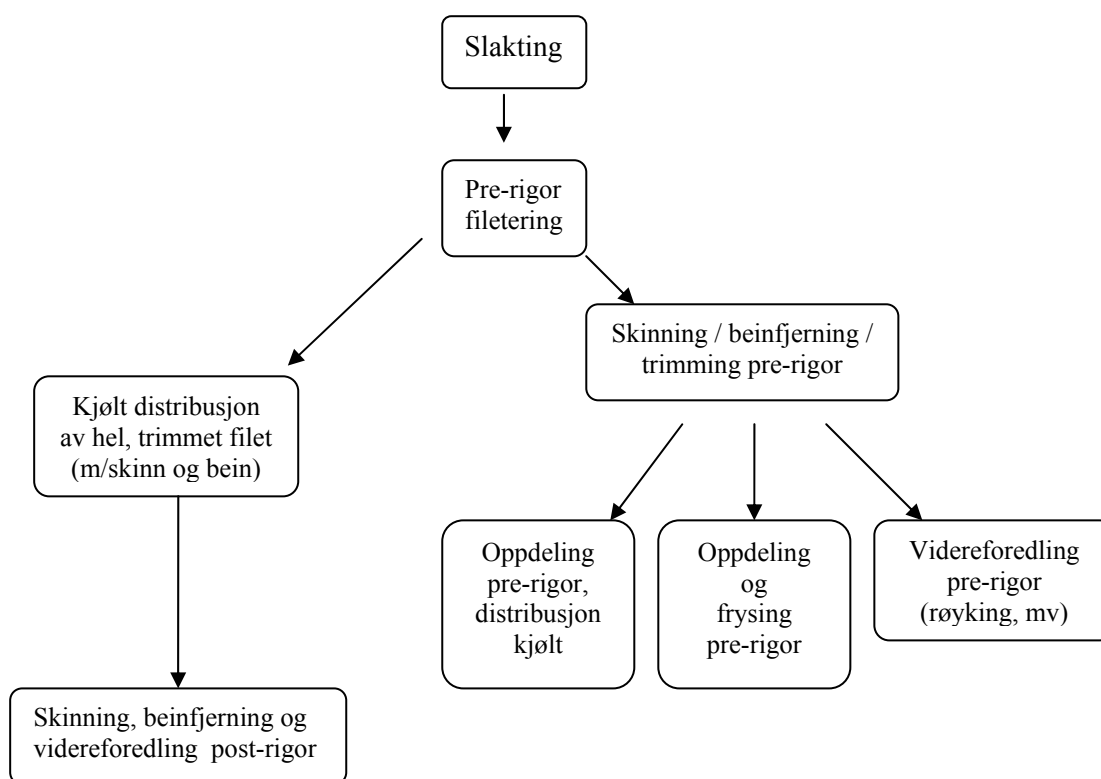
1 BAKGRUNN

Hensikten med dette forprosjektet er å sammenfatte tilgjengelig nasjonal og internasjonal litteratur innenfor aktuelle fagfelt og basert på dette foreslå problemstillinger som eventuelt bør prioriteres i et hovedprosjekt.

Forutsetningen for pre-rigor filetering av oppdrettsfisk er at slakteprosessen foregår på en slik måte at den sikrer fisk med tilstrekkelig langsom rigorinnngang til at fileteringsprosessen kan gjennomføres på en effektiv og god måte. Det finnes etter hvert mye dokumentasjon og kunnskap om hva som er optimal slaktning av oppdrettsfisk. Problemstillinger knyttet til slakteprosessen er imidlertid ikke inkludert i forprosjektet. I denne litteraturgjennomgangen er det hovedsakelig lagt vekt på å oppsummere forsøk og resultater som belyser effekter av at råstoff fra oppdrettsfisk blir bearbeidet pre-rigor til kjølte eller frosne produkter. I tillegg til laksefisk omfatter litteraturgjennomgangen også tilsvarende publikasjoner om hvitfiskarter.

1.1 Pre-rigor filetering; ulike strategier i produksjon og distribusjon

Dersom man velger å filetere fisken pre-rigor kan dette inngå som et bearbeidingsstrinn i ulike strategier for prosessering, distribusjon og videreforedling:



Effektiv fjerning av tykkfiskbein pre-rigor er en forutsetning for å velge strategier som innebærer pre-rigor bearbeidning til beinfrie videreforedlede produkter som hel røkt laksefilet. Når produktene blir delt opp i mindre stykninger pre-rigor er ikke dette like kritisk.

2 PRIORITERINGER I HOVEDPROSJEKTET

Det er solid dokumentert, både i litteraturen og gjennom produksjonserfaringer i industrien, at pre-rigor produserte filtprodukter kommer signifikant bedre ut enn post-rigor produserte produkter med hensyn til en rekke objektivt målbare kvalitetsegenskaper. Dette er særlig tilfelle for produkter av hvitfiskarter som torsk, sei og hyse, men også for filet av laksefisk.

Det er ikke like godt dokumentert hvorvidt de positive kvalitetsegenskapene som pre-rigor produktene har tidlig etter produksjon også vedvarer utover gjennom holdbarhetstiden i kjølt tilstand, eller etter tining av frosne produkter. Det er behov for mer dokumentasjon gjennom kontrollerte forsøk. Hvorvidt tilsvarende forskjeller kan forventes også etter videreføring og varmebehandling av pre-rigor produsert halvfabrikata er heller ikke tilstrekkelig dokumentert, i alle fall ikke i de publikasjonene som er gjennomgått i dette litteratursøket.

Det er heller ikke tilstrekkelig dokumentert hvordan pre-rigor filetering, eventuelt kombinert med ulike pakkemetoder og temperaturregimer, påvirker mikrofloraen og holdbarheten under kjølelagring.

Et forhold som er svært lite dokumentert, i alle fall i litteraturen, er i hvilken grad kunder og konsumenter oppfatter at pre-rigor produserte filetprodukter er forskjellige fra post-rigor produserte og hvordan de i så fall vektlegger og verdsetter disse forskjellene. Her vil det åpenbart være nyttig med mer kunnskap, mellom annet for å ha en oppfatning om hvilken merverdi som eventuelt ligger i å gå over til pre-rigor produksjon og om denne merverdien er tilstrekkelig til å forsvare kostnadene med slik produksjonsomlegging.

2.1.1 Hovedprosjekt

For å avgrense omfanget av hovedprosjektet bør det vurderes om det i første omgang bare skal omfatte kjølte, ferske lakseprodukter. Med utgangspunkt i litteraturgjennomgangen er det i så fall nærliggende å foreslå at følgende problemstillinger blir prioritert:

1. **Dokumentere holdbarhet etter filetering og undersøke om kvalitetsforskjellene mellom pre- og post-rigor produserte kjølte produkter vedvarer gjennom holdbarhetstiden, avhengig av pakkemetode og kjøleregime under distribusjon:**

Prøvematerialet produseres i kommersiell skala i en av prosjektbedriftene og distribueres til Fiskeriforskning der prøveuttak og analyser blir utført under kjølelagringstiden. Flere pakkemetoder bør testes, f.eks. i luft, vakuumpakket og MAP-pakket. Helst bør også ulike kjøleregimer inngå (superkjøling). Mikrobiologi, spalting, væskeslipp, farge, tekstur, blod, mv. blir analysert på rå prøver. I tillegg blir det utført sensorisk analyse av kokte prøver.

2. **Teste pre- og post-rigor produserte kjølte filetprodukter av laks hos kunder og eventuelt konsumenter:**

Utvalgte varianter av prøvematerialet som blir produsert i prosjektbedriften(e) blir distribuert til utvalgte kunder for kvalitetsvurdering. Fiskeriforskning utarbeider spørsmålsguide og besøker de utvalgte kundene samtidig som disse mottar produkt-prøvene. Fiskeriforskning har tidligere utført lignende undersøkelser for industrien, mellom annet for superkjølte filetprodukter og pre- og post rigor produsert seifilet. Tilsvarende undersøkelser kan eventuelt også bli utført med konsumenter som målgruppe, men dette vil være mer kostnadskrevenne (Taste-Net eller lignende).

3 OPPSUMMERING AV LITTERATURSØK

3.1 Pre rigor filetering og produktkvalitet

Samtlige publikasjoner som tar opp temaet produktkvalitet konstaterer at filet av fisk som er skåret pre-rigor er forskjellig fra post-rigor skåret filet med hensyn til en rekke objektivt målbare egenskaper. Dette er påvist både for kjølt og frosset/tint ”naturell” filet.

3.1.1 Kjølte filetprodukter

Krymping:

- Pre-rigor laksefileter krympet 14-17% i lengderetning. Torskefileter som ble skåret pre-rigor krympet mer, hele 25% (Sørensen *et al.* 1995 / TemaNord 1995-512).
- Pre-rigor fileter (både laks og torsk) krymper mer og raskere ved høy temperatur enn ved lav, ved 20°C ble maksimal krymping av laksefilet nådd etter 12-18 timer mens det tok hele 40 timer ved temp 0-10°C (Sørensen *et al.* 1995 / TemaNord 1995-512).
- Lagring av pre-rigor skåret torskefilet ved 0-6°C gav ingen forskjell i krymping, ved økende temperatur >6°C krympet filetene raskere og kraftigere (Mørkøre *et al.* 2003).
- På grunn av krymping blir pre-rigor produserte laksefileter tykkere og får ulik fasong sammenlignet med fileter skåret post-rigor (Skjervold *et al.* 2001).
- Pre-rigor produserte torskefileter var tykkere og 20% kortere enn post-rigor produserte fileter (Mørkøre *et al.* 2003).
- Krympingen av laksefileter var ikke reversibel under kjølelagring post-rigor, selv etter håndtering (Sørensen *et al.* 1993).
- Pre-rigor produserte hysefileter krympet kraftig under inngang i rigor og denne forkortelsen var permanent under videre kjølelagring post-rigor (Godvik 2003).
- Rigorkontraksjonen (krymping) etter filetering ble påvirket av hvorvidt fettkilden i foret til oppdrettstorsk var fiskeolje eller soyaolje. Det ble også målt signifikant forskjell i tekstur og lyshet i pre-rigor produsert torskefilet avhengig av om fettkilden i foret var marin eller vegetabilsk olje (Mørkøre 2005).

Spalting og tekstur:

Det er betydelig mindre filetspalting og bedre tekstur i filetprodukter som er skåret pre-rigor, enn i tilsvarende produkter som er skåret post-rigor. Både produksjonserfaringer og publiserte resultater fra kontrollerte forsøk tyder på at dette gir større utslag for hvitfiskfilet (torsk, sei, hyse) enn for filet av laks og ørret, men også for filet av laksefisk er forskjellen betydelig.

- Laksefileter som var skåret pre-rigor hadde fastere tekstur og denne teksturforskjellen vedvarte under kjølelagring av filetene i 7 døgn (Sørensen *et al.* 1993).

- Spalting i laksefilet, både frekvens og alvorlighetsgrad, økte med tid etter slakting fra nesten ingen spalting ved filetering straks etter avliving til alvorlig spalting ved filetering 5 døgn etter slakting. Forskjellene forsterket seg under kjølelagring etter filetering (Skjervold *et al.* 2001a).
- Målt 14 døgn etter slakting hadde laksefileter skåret pre-rigor fastere tekstur enn fileter som ble skåret post-rigor. Tilsvarende måling 7 døgn etter slakting gav et bilde som var forskjellig fra dette, da var post-rigor filetene fastest (Skjervold *et al.* 2001a).
- Det var forskjeller i spalting, tekstur og farge mellom ulike deler av pre-rigor produserte loins av laks. Forskjellene var så markerte at de kunne være grunnlag for differensiering av produkter (Skjervold 2001b).
- Torskefileter som var lagret ved 20°C hadde vesentlig mer filetspalting og lavere pH enn fileter som var lagret på is ved 0°C (Mørkøre 2003).
- Pre-rigor filetering førte til at laks og hyse fikk betydelig mindre filetspalting, sammenlignet med post-rigor filetering (Godvik 2003).

Overflatestruktur og farge:

- Krymping av pre-rigor laksefileter førte til at de sensorisk ble vurdert som mindre glansfulle i overflaten enn post-rigor produserte fileter (Sørensen *et al.* 1993).
- Pre-rigor filetering hadde positiv effekt på fargen på laksefileter, etter kjølelagring som fileter i 14 døgn scoret filetene som var produsert pre-rigor 1,5 poeng høyere på Roche-skalaen enn post-rigor filetene (Skjervold *et al.* 2001).

Væskeslipp før og etter varmebehandling

I litteraturen er det publisert motstridende resultater med hensyn til hvordan pre-rigor filetering påvirker væskeslipp og dermed vekttap i kjølt filet, eller etter tining av frosset filet. Her er det åpenbart behov for flere kontrollerte forsøk:

- Filetutbytte, vannbinding og drypptap ble ikke påvirket av om laksefilet var produsert pre-, i- eller post-rigor (Skjervold *et al.* 2001).
- Væsktap under kjølelagring av rå pre-rigor produserte fileter av oppdrettstorsk var lavere enn fra post-rigor produserte fileter. For vill torsk var resultatet omvendt (Mørkøre *et al.* 2003).
- Væsketap under varmebehandling var lavere fra pre-rigor filetert oppdrettstorsk, enn fra post-rigor filetert. Pre-rigor filetert rå torsk var fastere enn post-rigor, men etter varmebehandling var pre-rigor filetert oppdrettstorsk mindre fast enn post-rigor filetert (Mørkøre *et al.* 2003).
- Ofstad *et al.* 1995 undersøkte m.a. vannbindingsevne og væskeslipp i homogenisert muskel av oppdrettslaks, oppdrettstorsk og vill torsk. Prøvematerialet var tatt ut 3 timer (pre-rigor) og 48 timer (i-rigor) etter avliving av fisken. Laks hadde bedre vannbindingsevne enn torsk. Noe uventet hadde 3-timers prøvene høyere væskeslipp enn 48-timers prøvene.

Kunde- forbrukerpreferanser (pre-/post-rigor produsert):

I dette litteratursøket ble det ikke funnet noen publiserte markeds-/konsumentundersøkelser som har undersøkt hvorvidt målbare kvalitetsforskjeller mellom pre- og post-rigor produserte filetprodukter blir oppfattet av kunder/forbrukere og hvordan de eventuelt vektlegger disse forskjellene. Fiskeriforskning arbeider for tiden med en slik undersøkelse for sei der pre- og post-rigor produkter inngår. Det er behov for å skaffe til veie tilsvarende dokumentasjon også for filetprodukter av laksefisk.

3.1.2 Frosne filetprodukter

En konklusjon er at frysing/tining av pre-rigor fileter forhindret rigorkontraksjon (krymping) og at manglende krympingen ser ut til å forklare hvorfor pre-rigor fileter som hadde vært frosset og tint kan være mindre rød, mindre fast og mer spaltet enn kjølelagret pre-rigor filet. Fryse-/tine regimer som tillater mer krymping av filetene kan kanskje bidra til å bevare mer av de positive kvalitetsegenskapene i pre-rigor produsert filet også etter frysing/tining.

- Pre-rigor laksefileter som ble kjølelagret krympet ca 14% i lengderetning mens det i tilsvarende fileter som ble frosset ikke ble påvist nevneverdig krymping (tinerigor) etter tining (Einen *et al.* 2002).
- Etter frysing/tining av pre-rigor laksefileter hadde disse lavere pH enn tilsvarende fileter som ble kjølelagret. Drypptapet var høyere i fileter som hadde vært frosset og tint enn i fileter som ble kjølt hele tiden. Drypptapet var ikke påvirket av om filetene var skåret pre- eller post-rigor før frysing/tining eller kjølelagring (Einen *et al.* 2002).
- Frysing/tining av pre-rigor laksefileter gav lavere fargescore, lavere fasthet og mer filet-spalting. For post-rigor filetene var det ikke forskjell i spalting avhengig av om de ble frosset/tint eller bare kjølt etter filetering. Hvorvidt filetene var skåret pre- eller post-rigor hadde imidlertid større effekt på graden av filetspalting enn om de ble frosset/tint eller bare kjølt etter filetering (Einen *et al.* 2002).
- Ufrosne pre-rigor laksefileter hadde høyest farge-score, høyest fasthet, minst filetspalting og lavest drypptap, sammenlignet med frosne pre-rigor fileter, eller både frosne og ikke frosne post-rigor fileter (Einen *et al.* 2002).
- Fisk som er frosset inn pre-rigor kan etter tining ved høy temperatur gjennomgå en kraftig "tine-rigor". Når muskelen trekker seg sammen under tining foregår dette meget hurtig og intenst sammenlignet med et vanlig rigor-forløp. Fisken krymper og det oppstår et stort drypptap (Huss 1983, Bito 1986, Ma & Yamanaka 1991).
- En kontrollert tineprosess er velegnet til å forebygge tine-rigor og filetspalting som følge av dette. Bito (1986) viste at når fisken fikk et opphold på et par timer ved temperatur -2°C – 0°C kunne tine-rigor ikke påvises (TemaNord 1995-512).
- Uheldig *tine-rigor*, som gir krymping i filetene ble unngått når filetene ble lagret ved en høy frysetemperatur (-9°C) i to uker før tining. Den ventede reduksjonen i drypptap ble imidlertid ikke oppnådd ved dette, noe som indikerer at det ikke er sammenheng mellom rigor-kontraksjon og drypptap (Cappelen 2000).

- Kjølelagringstiden før frysing var den faktoren som mest bestemte graden av filetspalting, både etter filetering (før frysing) og etter frysing, fryselagring og tining. Når laks var pre-rigor ved filetering/frysing ble det ikke funnet filetspalting verken før frysing eller etter fryselagring i 6 uker. Heller ikke etter 20 t (i-rigor) før filetering og frysing var det spalting av betydning. Ved kjølelagring i 40 t og 5 døgn (post-rigor) før filetering ble det funnet betydelig grad av filetspalting både i kjølt filet før frysing, men mest etter innfrysing, fryselagring i 6 uker og tining (Fletcher *et al.* 1996).
- Filet produsert av oppdrettstorsk som hadde vært frosset og tint var mer spaltet enn de kjølte kontrollgruppene. Filet av råstoffet som ble frosset inn pre-rigor var minst spaltet etter tining og filetering. Graden av spalting økte med økende lagringstid før innfrysing (Johansen, A. 1999).

3.2 Pre-rigor filetering og holdbarhet

- Pre-rigor filetering av torsk reduserte den totale holdbarheten regnet fra slakting, men forlenget holdbarheten etter filetering, sammenlignet med i- og post-rigor filetering (Tobiassen *et al.* 2006).
- Analyser av totalkim og sulfidproduserende bakterier viste at pre-rigor filetering gav lengre holdbarhetstid enn post-rigor filetering av laks. Prosjektet ble utført i samarbeid med en lakseprodusent og fullskala forsøk i ettertid bekreftet forskjellene mellom pre- og post-rigor prosesserte laksefileter (Rosnes *et al.* 2000).
- Oppdrettslaks filetert pre-, i- og post-rigor ble sammenlignet med hensyn til mikrobiell vekst, lukt, drypptap, tekstur og filetspalting. Etter slakting ble hel laks lagret kjølt frem til filetering pre-rigor (4 t), i-rigor (2 d) og post-rigor (5 d). Etter filetering ble filetene lagret 14 døgn ved 0°C, vakuumpakket eller i luft. Resultatene viser at til samme tid etter filetering hadde pre-rigor produserte fileter lagret i luft lavere bakterietall. For mesteparten av prøvene var dette tilfelle også for vakuumpakkede fileter. Sensoriske evalueringer viste at pre-rigor produserte fileter fikk høyere score for fersk lukt, lavere score for filetspalting, men høyere vekttap (drypp), vurdert til samme tidspunkt etter filetering (Rosnes 2003).

3.3 Prosessteknologi, emballering og distribusjon

- Det er utviklet (patentert) slakte- og filetprosess for pre-rigor produksjon av beinfrie kjølte og frosne filetoprodukter fra laks og ørret (Fjæra, S.O. 2000). Det er under utvikling teknologi for pre-rigor fjerning av pinnebein fra laks- og ørretfilet (TRIO).
- Vakuumpakking av pre-rigor produserte laks- og ørretefileter kort tid etter skjæring (mens filetene ennå var pre-rigor) førte til uakseptabelt høyt antall blodflekker på overflaten av filetene, sammenlignet med vakuumpakking av post-rigor produserte fileter eller når pre-rigor fileter fikk gå inn i rigor før pakking (Herland *et al.* 2002).
- Fryseteknologien TRUFRESH® gjør at det dannes lite iskrystaller i cellene under frysing. Celleveggene ødelegges dermed ikke ved tining og det blir mindre drypptap. Teknologien kan være interessant for rask frysing av pre-rigor produkter.

4 SAMMENDRAG AV ENKELTARTIKLER

4.1 Kjølte produkter - kvalitet avhengig av rigorstatus ved filetering

4.1.1 Mørkøre, T. (2005) Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod (*Gadus morhua*).

Det ble undersøkt hvordan rigorkontraksjon og kvalitetsutvikling under kjølelagring av pre-rigor filetert oppdrettstorsk ble påvirket av at fettkilden i foret var henholdsvis fiskeolje (M-gruppen) eller soyaolje (S-gruppen). Torsk med slaktevekt ca 2 kg ble filetert 0,5 timer etter slakting og filetene ble lagret ved temperatur 6 °C i 48 timer *post mortem*.

- Rigorkontraksjonen gikk raskere i S-gruppen, men etter 48 timer hadde filetene i begge gruppene krympet 21 % av initial lengde.
- ATP-innholdet analysert 1 time *post mortem* var lavere i S-gruppen, men 16 timer p.m var ATP-innholdet likt i begge gruppene.
- Muskel-pH analysert 1 time *post mortem* var 0,2 enheter lavere i S-gruppen (pH 6,9) sammenlignet med M-gruppen (pH 7,1). Fra 8 til 12 timer post mortem falt pH i begge gruppene signifikant til henholdsvis 6,2 (S) og 6,6 (M). Etter 24 timer post mortem var muskel-pH lik i begge gruppene (pH 6,2).
- Straks etter slakting var det signifikant forskjell i tekstur mellom gruppene, S-gruppen hadde fastere tekstur enn M-gruppen. Etter filetering falt fastheten (bruddstyrken) i S-gruppen raskt og stabiliserte seg etter 4 timer. Bruddstyrken i M-gruppen avtok jevnt gjennom hele lagringstiden og etter 16 timer var bruddstyrken lik i de to gruppene.
- Lysheten (L*) økte de første 4-6 timene etter slakting/filetering og var stabil, eller avtok svakt, i perioden 8 - 16 timer etter filetering. Lysheten (L* - verdiene) var hele tiden høyest i M-gruppen.

Konklusjonen er at introduksjon av soya-olje i foret resulterte i raskere energiomsetning *post-mortem*, raskere rigorkontraksjon, raskere fall i bruddstyrke (tekstur) og lavere lyshet (L*). Dette hadde konsekvenser for produktegenskapene når filetering ble utført pre-rigor.

4.1.2 Sørensen *et al.* (1995) Influence of early processing (pre-rigor) on fish quality

Laks med snittvekt 2,5 kg ble avlivet ved et slag i hodet, utblødd i 20 minutter og deretter filetert pre-rigor før 2 timer etter avlaving. Filetene ble plassert på et slett underlag slik at krymping (rigorkontraksjon) og tekstur (skjærkraft) kunne måles under lagring i 96 timer ved tre ulike temperaturer: 0°C, 10°C og 20°C.

Maksimal krymping (reduksjon i lengde) ble nådd 12 timer etter slakting i de filetene som ble lagret ved den høyeste temperaturen (20°C). Ved de to lavere temperaturene (0°C og 10°C) ble maksimal rigorkontraksjon ikke nådd før 40 timer etter slakting. I snitt krympet filetene ca 15 % i lengderetning, men det var stor individvariasjon. Etter at maksimal krymping var nådd ble filetene utsatt for håndtering for å undersøke om krympingen da ville gå tilbake, noe den ikke gjorde.

Laksefiletene som ble skåret pre-rigor var fastere (høyere maksimal skjærkraft) sammenlignet med tilsvarende fileter skåret i-rigor og post-rigor. Denne teksturforskjellen vedvarte under kjølelagring av prøvene i 7 døgn.

Krympingen av pre-rigor filetene førte til at de sensorisk ble vurdert som mindre glansfulle i muskeloverflaten enn ordinært post-rigor produserte laksefileter. Det samme var tilfelle for pre-rigor produserte torskefileter.

4.1.3 Mørkøre *et al.* (2003) Kvalitet av pre-rigor torskefilet; lagringstemperaturen påvirker krymping og filetspalting

Når fisk blir filetert pre-rigor kan filetene krympe så mye at det fører til avvikende form og overflatestruktur. Målet med dette arbeidet var å undersøke om lagringstemperaturen påvirket krymping og filetspalting av pre rigor filetert oppdrettstorsk. Undersøkelsen ble gjennomført med 650 grams oppdrettstorsk i oktober og november 2003. Torsken ble filetert umiddelbart etter avliving. I oktober ble filetene lagret i 10 timer ved 0, 6, 12, eller 20 °C (n = 24). deler av undersøkelsen ble gjentatt i november der pre-rigor produserte fileter ble lagret i 12 timer ved 0 og 20 °C. Filetspalting ble målt etter en skala fra 0 til 4 poeng og pH ble målt i muskelen.

Resultatene viser at lagringstemperaturen påvirket både graden av krymping og spalting, ved at høy lagringstemperatur gav raskere og kraftigere krymping og mer filetspalting.

- Lagring ved 0 og 6 °C gav ingen forskjell i krymping.
- Ved økende temperaturer over 6 °C krympet filetene raskere og kraftigere.
- Fileter som var lagret ved 20 °C hadde vesentlig mer filetspalting og lavere pH enn fileter som var lagret på is (0 °C).

4.1.4 Mørkøre *et al.* (2003) Product quality of pre-rigor filleted Atlantic cod

Målet med denne studien var å sammenligne vannbindingsevne og tekstur (fasthet) i torsk som var filetert pre-rigor eller post-rigor.

Råstoffet var vill og oppdrettet torsk, 2,4 – 4 kg, som ble sløyd og filetert innen 1 time etter opptak. Filetering foregikk enten umiddelbart etter sløyning (pre-rigor) eller etter 5 døgn kjølelagring i is (post-rigor).

Både filetene som ble skåret pre-rigor og de som ble skåret post-rigor ble analysert samtidig 5 døgn etter slakting. Resultatene viste at:

- Pre-rigor filetene var tykkere og 20 % kortere enn post-rigor filetene
- Væsketap under kjølelagring av rå fileter var lavere fra pre-rigor filetert enn fra post-rigor filetert oppdrettstorsk. For vill torsk var resultatet omvendt.
- Væsketap under varmebehandling var lavere fra pre-rigor filetert oppdrettstorsk, enn fra post-rigor filetert.
- Pre-rigor filetert rå torsk var fastere enn post-rigor filetert.
- Etter varmebehandling var pre-rigor filetert oppdrettstorsk mindre fast enn post-rigor filetert oppdrettstorsk. Etter varmebehandling var det ingen forskjell i fasthet mellom vill torsk som var filetert henholdsvis pre- eller post-rigor.

4.1.5 Skjervold *et al.* (2001) Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon

Laks (*Salmo salar*) ble kjølt levende til en kjernetemperatur på ca 1°C. Grupper på 10 og 10 fisker ble filetert henholdsvis 2 timer (pre-rigor), 1 og 2 døgn (i-rigor) og 5 døgn (post-rigor) etter slakting. 7 og 14 døgn etter slakting, samt 7 og 14 døgn etter filetering ble filetene

vurdert i henhold til ulike kvalitetsparametere: Filetutbytte, filetform/tykkelse, filetspalting, drypptap, vannbindingsevne og farge (visuell).

- Filetspalting, både frekvensen og alvorlighetsgraden, var signifikant lavere ved tidlig filetering, fra nesten ingen spalting i pre-rigor filetene til svært alvorlig spalting i post-rigor (vurdert 14 dager etter slakting). Forskjellen mellom de pre- og post-rigor produserte filetene forsterket seg utover under lagringstiden etter filetering. Filetene som var produsert i-rigor plasserte seg mellom pre- og post-rigor gruppene. I-rigor filetene var ikke signifikant forskjellige fra pre-rigor gruppen 7 døgn etter filetering, mens de etter 14 døgn var signifikant forskjellige fra begge de andre gruppene.
- Pre-rigor produserte fileter var signifikant tykkere og hadde ulik fasong, sammenlignet med fileter produsert post-rigor.
- Teksturmålingene (kompresjonskraft) viste forskjeller mellom gruppene. Målingene 7 døgn etter slakting viste at den ene i-rigor gruppen og post-rigor gruppen da hadde høyest målt kompresjonskraft. 14 døgn etter slakting hadde pre-rigor gruppen høyest og post-rigor gruppen lavest kompresjonskraft.
- Pre-rigor filetering hadde positiv effekt på visuelt vurdert farge på laksefiletene. Etter lagring i 14 døgn scoret filetene som var produsert pre-rigor 1,5 poeng høyere på Roch fargekort-skalaen, enn post-rigor filetene. Filetene som var produsert i-rigor plasserte seg mellom disse og var ikke signifikant forskjellige fra post-rigor gruppen.
- Filetutbytte, vannbindingsevne og drypptap ble ikke påvirket av om laksen ble filetert pre-, i- eller post-rigor.

4.1.6 Skjervold *et al.* (2001) Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor fillets

I dette forsøket ble levendekjølt oppdrettslaks slaktet og bearbeidet til filetløins, enten pre-rigor 2 timer etter slakting eller post-rigor 5 døgn etter slakting. Disse filetskykkene (loins) ble vurdert med hensyn til kjemisk sammensetning, farge, tekstur og spalting. Det ble også vurdert om ytterligere oppdeling av loins-stykkene kan gi ulike stykninger med så forskjellige kvalitetsegenskaper at det kan være grunnlag for å differensiere (spesial-)produkter.

Vurdert ved samme tid etter filetering hadde pre-rigor filetkutt signifikant fastere tekstur, mindre spalting og bedre farge, sammenlignet med tilsvarende stykninger filetert post-rigor. Sammenlignet ved samme tid etter slakting hadde pre-rigor filetkutt fastere tekstur og bedre farge enn tilsvarende post-rigor filetkutt, men det var ingen klar forskjell i spalting.

Loinsstykkene ble splittet i ”øvre” og ”nedre” loins. Det var ingen forskjell i kjemisk sammensetning mellom disse stykningene.

- I pre-rigor produserte stykninger hadde nedre loins mindre spalting og fastere tekstur enn øvre loins. Det var ingen slik forskjell mellom øvre og nedre loins i stykningene som var produsert post-rigor.
- I begge gruppene (pre- og post-rigor) hadde nedre loins høyere fargescore etter kjølelagring enn øvre loins, men denne forskjellen mellom nedre og øvre loins-stykning var mest tydelig i de pre-rigor produserte stykningene.

- Sammenligning mellom fremre og bakre del av loinsen viste signifikant forskjell i farge, men ikke i tekstur. Bakre del av øvre og nedre loins scoret høyere på farge enn fremre del.

Konklusjonen er at for de fleste av de målte kvalitetsparameterne var pre-rigor produserte laksefileter bedre enn post-rigor produserte. Loins-stykninger, spesielt nedre og bakre del, fra pre-rigor produsert filet vil kunne sorteres ut og differensieres som ”høy-verdi” produkter.

Med hensyn til farge og tekstur overskygget effekten av at filetene var skåret pre-rigor, effekten av lagringstid. At muskelen får anledning til fritt å trekke seg sammen i en pre-rigor skåret filet synes å være hovedforklaringen på disse forskjellene i farge og tekstur.

4.1.7 TemaNord 1995-512 (1995): Rigor i fisk

Ca 50 oppdrettslakser ble slaktet og filetert pre-rigor. Etter filetering ble filetene lagret ved tre ulike temperaturer, 0, 10 og 20 °C. Under inngang i rigor ble krymping (reduert lengde) målt på filetene.

Laksefiletene som ble lagret ved 20°C krympet mer og raskere enn filetene som ble lagret ved 0 og 10°C. Filet lagret ved 10°C oppnådde noe raskere krymping enn filet lagret ved 0°C.

Temperatur (°C)	Maksimal krymping (%)	Tid for maks. krymping
0	ca 15 %	40-45 timer
10	ca 14 %	25-30 timer
20	ca 17 %	18-23 timer

Tabellen viser at filetene som ble lagret ved 20°C både krympet mest og raskest. Det var mindre forskjell mellom 10°C og 0°C.

Det ble også utført et tilsvarende forsøk der levendefanget, oppforet vill torsk, 3-5 kg, ble slaktet og filetert pre-rigor. Filetene ble lagret ved lufttemperatur 9-11°C og krymping under lagring ble målt (reduert lengde).

Torskefiletene krympet i gjennomsnitt ca 25% i lengde. Maksimal krymping ble nådd etter 22-26 timer. Krympingen startet straks etter filetering og noen av filetene hadde oppnådd tilnærmet maksimal krymping allerede 5 timer etter filetering. Rigorinntreden foregikk ulikt fra fisk til fisk. Ulik grad av stress/utmattning før avliving nevnes som en mulig forklaring.

Det ble undersøkt om det var sammenheng mellom fiskens kondisjonsfaktor og hvor hurtig og hvor mye filetene krympet, men det var ikke mulig å trekke noen konklusjon om hvorvidt forløpet av rigor hadde sammenheng med fiskens K-faktor.

4.1.8 Godvik L.A. (2003) Teknologisk kvalitet av føret hyse

Hensikten med dette mastergradsarbeidet var å studere den teknologiske kvaliteten av hyse som hadde vært foret, og å undersøke om pre-rigor filetering kunne ha positiv effekt på filetkvaliteten av råstoff som er særlig utsatt for filetspalting.

Hyse og oppdrettslaks som hadde vært foret ved Havbruksstasjonen i Tromsø ble slaktet og filetert. En gruppe av hvert fiskeslag ble filetert pre-rigor før fire timer etter slakting. En annen gruppe av hvert fiskeslag ble filetert post-rigor ca 5 døgn etter slakting. Etter filetering ble filetene emballert og lagret på kjølerom. Etter 4-5 og 10 døgn kjølelagring etter slakting ble mellom annet pH, krymping og graden av filetspalting vurdert. Det ble trukket følgende konklusjoner:

- Fileteringstidspunktet (pre-rigor eller post-rigor) påvirket ikke slutt-pH i muskelen.
- Pre-rigor produsert filet krympet kraftig under inngang i rigor og denne forkortelsen av filetene var permanent under videre lagring post rigor.
- Pre-rigor filetering førte til at både hyse og laks fikk mindre filetspalting, sammenlignet med post-rigor filetering.

4.2 Frosne produkter - kvalitet avhengig av rigorstatus ved filetering

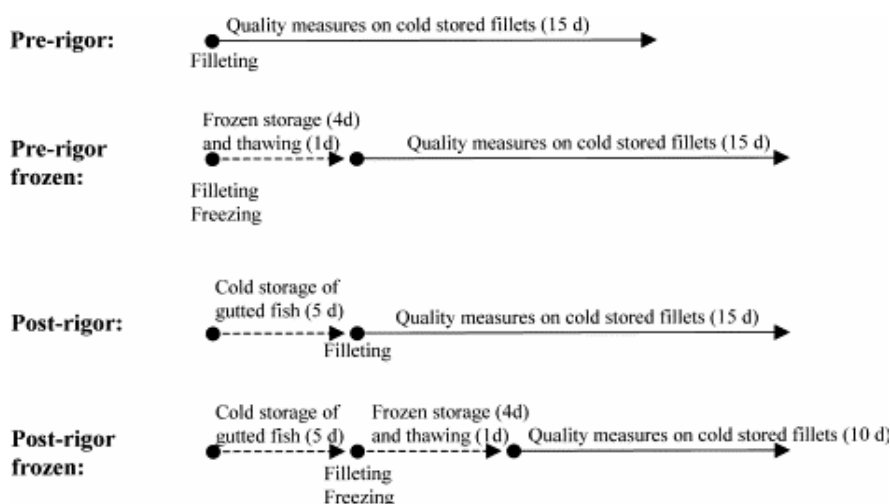
4.2.1 Einen *et al.* (2002) Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon

Atlantisk laks (*Salmo salar*) ble filetert enten pre-rigor eller post-rigor, og deretter frosset.

Pre-rigor frosset: Fileter ble skåret pre rigor og frosset inn umiddelbart etter filetering.

Post-rigor frosset: Fileter ble skåret av laks som hadde vært kjølelagret sløyd i 5 døgn til den var ute av rigor.

Filetene ble innfrosset hurtig, ca 20 min., i nitrogenfryser. Etter fryselagring i 4 døgn ved temperatur -25°C , ble de tint på kjølerom i 30 timer, temp. 4°C . Parallelt med dette ble pre- og post-rigor produserte fileter kjølelagret. Analyser ble utført på dag 5 og 15 etter filetering.



Etter frysing/lagring/ting, eller kjølelagring, ble filetene kontrollert med hensyn til hvordan fileteringstidspunktet påvirket; rigorkontraksjon, pH, drypptap, tekstur, farge og filetspalting.

Resultatene viser:

- Pre-rigor produserte fileter krympet ca 14 % i lengderetning under kjølelagring, mens tilsvarende fileter som ble frosset ikke krympet nevneverdig etter tining (tinerigor).
- Etter frysing/tining av pre-rigor filetene hadde disse lavere pH enn tilsvarende fileter som ble kjølelagret. Drypptapet under kjølelagring var høyere i fileter som hadde vært frosset og tint enn i fileter som ble kjølelagret hele tiden. Internt i gruppene var imidlertid ikke drypptapet signifikant påvirket av om filetene var skåret pre- eller post rigor før frysing/tining eller kjølelagring.
- Frysing/tining av pre-rigor fileter medførte lavere fargescore, lavere fasthet og mer filetspalting, sammenlignet med kjølte fileter. For post-rigor filetene var det ikke forskjell i spalting avhengig av om de ble frosset/tint eller bare kjølt etter filetering.
- Hvorvidt filetene var skåret pre- eller post-rigor hadde imidlertid større effekt på graden av filetspalting, - enn om de ble frosset/tint eller bare kjølt etter filetering.
- Ufrosne pre-rigor fileter hadde høyest farge-score, høyest fasthet, minst filetspalting og lavest drypptap; - sammenlignet med frosne pre-rigor fileter, eller både frosne og ikke frosne post-rigor fileter.

En konklusjon er at frysing/tining av pre-rigor fileter forhindret rigorkontraksjon (krymping) og at den manglende krympingen ser ut til å forklare hvorfor pre-rigor fileter som hadde vært frosset og tint var mindre rød, mindre fast og mer spaltet enn pre-rigor fileter som bare ble kjølt etter filetering. Endring av fryse-/tine regimet som tillater mer krymping av filetene (før frysing eller under/etter tining?) kan kanskje bidra til å bevare mer av de positive kvalitets-egenskapene i pre-rigor produsert fileter også etter frysing/tining.

4.2.2 TemaNord 1995-512 (1995): Rigor i fisk

I rapporten hevdes det generelt at dersom fisken ikke blir nedkjølt vil rigor gi økt spenning i bindevevet og at forekomsten av filetspalting dermed øker med stigende lagringstemperatur.

Det refereres til at Love & Haq (1970b) fant at innfrysingshastigheten ikke hadde innflytelse på forekomsten av filetspalting. Det er imidlertid en alminnelig akseptert hypotese at det ved hurtig innfrysing bare blir dannet små intra- og ekstracellulære iskrystaller, noe som er det mest fordelaktige med hensyn til å filetspalting. Det er likevel en viss uenighet om dette. Ultrahurtig innfrysing blir ansett å skape store temperaturgradienter i fisken som medfører økt spalting (Nilsson 1990). For konvensjonelt innfrosset fisk spiller likevel lagringstemperatur og –tid større rolle for graden av spalting enn innfrysingshastigheten (Nilsson 1990)

I denne rapporten blir det pekt på at fisk som er frosset inn pre-rigor kan gjennomgå en kraftig ”tine-rigor” etter tining ved høy temperatur. Når muskelen trekker seg sammen under tining foregår dette meget hurtig og intenst sammenlignet med et vanlig rigor-forløp. Fisken krymper og det oppstår et stort drypptap (Huss 1983, Bito 1986, Ma & Yamanaka 1991). Love (1962) fant opptil 50 % krymping under tine-rigor i fileten som var frosset inn pre-rigor.

At en kontrollert tineprosess er velegnet til å forebygge tine-rigor og eventuell filetspalting som følge av dette, blir indikert i en undersøkelse av Bito (1986). Når fisken fikk et opphold på et par timer ved temperatur -2 – 0 °C kunne tine-rigor ikke lenger påvises. Årsaken til dette

antas å være at de glykolytiske prosessene som er forbundet med rigor kan forløpe ved denne temperaturen. Muskelvevet vil imidlertid fortsatt være delvis frosset og dermed delvis fiksert (ved -2°C er ca 70 % av vannet frosset, Juel 1984). Rigor må dessuten antas å være mindre kraftig ved denne lave temperaturen.

4.2.3 Cappelen G. (2000) Synthesis and hydrolysis of ATP i frozen fish

Dette danske dortorgradsarbeidet tar utgangspunkt i dansk fiskeindustri som benytter mye ombordfrosset filetblokk (torsk) som råstoff til videreforedte produkter. Ombord på fabrikkskip kan mye av fileten være produsert og frosset inn pre-rigor. Bedrifter som skal tine og videreforedle slike halvfabrikata har opplevd problemer med dårlig tekstur og mye spalting i dette råstoffet. Problemet med filetspalting blir i industrien ofte antatt å henge sammen med utvikling av såkalt *tine-rigor* når fisk som er innfrosset *pre-rigor* blir tint.

Målet med arbeidet var å utvikle prosedyrer for tining av blokkfrosset torsk som kan redusere kvalitetstap (skader) forårsaket av *tine-rigor*. Dermed vil kvaliteten på opptinte pre-rigor produserte fileter kunne økes. Det vitenskapelige formålet var å etablere kunnskap om biokjemiske prosesser i relasjon til *rigor-forløpet* under innfrysing, fryselagring og tining. Forståelse av disse prosessene er nødvendig for å utvikle og ta i bruk hensiktsmessige (tine-) prosedyrer for å unngå problemer med tine-rigor.

Resultater:

- Det ble påvist at glykolyse og nedbryting av ATP i torsk fortsatte under innfrysing, hvor langt denne nedbrytingen går avhenger av innfrysingstiden. Det ble funnet mer restglykogen og ATP i muskelen etter hurtig innfrysing ved -45°C, enn etter langsom innfrysing ved -20°C.
- I småprøver av *pre-rigor* frosset torsk var ATP-nivået stabilt under fryselagring i 12 uker ved -80°C og -40°C og tilnærmet stabilt under fryselagring ved -20°C. Under fryselagring ved -9°C og -12°C var imidlertid all glykogen og ATP nedbrutt og laktat dannet etter henholdsvis 2 og 4 uker fryselagring. Omsetning av glykogen og ATP under frysing/fryselagring ved høy temperatur betyr at rigor-forløpet fortsetter mens fisken er frosset. Dermed unngår man skader forårsaket av *tine-rigor*.
- En økning av ATP som ble observert under tining av hel frosset torsk indikerer at ATP i denne fasen ble syntetisert ved temperatur <0°C. Denne ATP-syntetiseringen ble tilskrevet nedbryting av glykogen, noe som viser at fisk med lavt ATP-innhold etter innfrysing og fryselagring likevel kan få problemer med *tine-rigor* dersom glykogen-innholdet er tilstrekkelig høyt.
- Resultatene viste at uheldig *tine-rigor*, som gir krymping i filetene, ble unngått når filetene ble lagret ved en høy frysetemperatur (-9°C) i to uker før tining. Den ventede reduksjonen i drypptap ble imidlertid ikke oppnådd ved dette, noe som indikerer at det ikke er årsakssammenheng mellom rigorkontraksjon (krymping) og drypptap.
- I torsk som var i fast rigor (Rigor-indeks >0,7) var ATP-innholdet ikke jevnt fordelt. ATP-nivået var lavest i området rundt brystfinnene og høyest i bakre del av fisken (spordenden). Dette viser at rigor-stivheten ikke setter inn samtidig i alle deler av

fisken, mens (sentrale) deler av fisken er gått i rigor, kan spordende og ryggmuskel (loins) fortsatt være pre-rigor.

4.2.4 Fletcher *et al.* (1996) Changes in fine structure of the myocommata-muscle fibre junction related to gaping in rested and exercised muscle from King salmon

I dette arbeidet ble King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) bedøvet (AQUI-S™) og slaktet uten å være påført håndteringsstress. Etter slakting ble en gruppe stimulert elektrisk for å tømme muskelens energireserver før kjølelagring gjennom rigor, mens en annen gruppe ikke fikk slik behandling før tilsvarende kjølelagring. Begge gruppene ble lagret i RSW ved 2°C i henholdsvis 0 timer (pre-rigor), 20 timer og 40 timer (begge i-rigor) eller 5 døgn (post-rigor), før filetering. Etter filetering ble den ene fileten frosset inn og fryselaagret i 6 uker ved -30°C før den ble tint i løpet av 7 timer ved 9°C. Før frysing og etter tining ble filetene mellom annet kontrollert med hensyn til graden av filetspalting.

Resultatene viser at uansett om fisken ble stimulert elektrisk eller ikke så var kjølelagringstiden den viktigste faktoren som bestemte graden av filetspalting. Dette var tilfelle både umiddelbart etter filetering (før frysing) og etter frysing/fryselagring/tining. Når fisken var pre-rigor ved filetering og innfrysing ble det ikke funnet filetspalting verken før frysing eller etter fryselagring i 6 uker og tining. Heller ikke etter kjøling i 20 timer (i-rigor) før filetering og frysing ble det observert spalting av betydning. Ved kjølelagring i 40 timer og 5 døgn (post-rigor) før filetering ble det funnet betydelig grad av filetspalting både i kjølt filet før frysing, men mest etter innfrysing, fryselagring i 6 uker og tining.

Dette samsvarer godt med tidligere publiserte resultatene for hoki (Ryder *et al.*, udatert) der det også ble funnet at rigortilstanden ved innfrysing var den mest bestemmende faktoren for filetspalting i frosne fileter, mer enn fryselagringstiden (opp til 56 uker ved -20 °C), eller lagringstemperaturen før frysing. Den praktiske implikasjonen av disse funnene er at fisk bør bearbeides og fryses inn så raskt som mulig etter avliving (pre-rigor / i-rigor).

4.2.5 Johansen A. (1999) Frosset råstoff til salting, rigortilstand ved innfrysing

Målet med dette mastergradsarbeidet var å undersøke hvordan råstoffets rigortilstand før innfrysing påvirket kvalitet og utbytte når det frosne råstoffet ble tint og produsert til saltfisk. Stor torsk ble sløyd, hodekappet og frosset inn rund, henholdsvis pre-rigor, i-rigor og post-rigor. I tillegg til de frosne gruppene var det også kjølte kontrollgrupper med tilsvarende rigorstatus. Resultatene viste mellom annet følgende:

- Alle gruppene som hadde vært frosset og tint var mer spaltet enn de tilsvarende kjølte kontrollgruppene.
- Graden av filetspalting økte med økende lagringstid før innfrysing. Råstoffet som ble frosset inn pre-rigor var minst spaltet etter tining og filetering, sammenlignet med gruppene som ble frosset inn i-rigor eller post-rigor.

4.3 Prosessteknologi, emballering og distribusjon

4.3.1 Pre-rigor filetering av laks; prosesslinje for beinfri pre-rigor filet

Teknologi for pre-rigor filetering og tilvirking av beinfrie pre-rigor filetprodukter av laks er utviklet (patentert) i samarbeid mellom Norges landbrukshøgskole, Prosjekt Kald Fisk A/S, og Bremnes Fryseri (Fjæra & Skjervold 2000, Fjæra & Morlandstø 2003). Prosessteknologien er tatt i bruk i fiskeindustrien.

4.3.2 TELOP/TRIO (2005) Fjerning av pinnebein i pre-rigor oppdrettsfisk

Innenfor TELOP-prosjektet samarbeider norske leverandørbedrifter, brukerbedrifter i fiskeindustrien og teknologiske FoU-miljøer i Norge om Teknologeutvikling for lønnsom foredling av oppdrettsfisk. Innenfor hovedområdet "Foredling" har TRIO sammen med m.a. SINTEF hatt ansvaret for å utvikle en metode og maskinutstyr for fjerning av tykkfiskbein fra pre-rigor laks og andre oppdrettsarter. Prosjektet er vellykket og har ført frem til lovende nye prinsipper og teknologi for beinfjerning i pre-rigor fileter. Nærmere detaljer er ikke tilgjengelige.

4.3.3 Andre innfallsvinkler til fjerning av pin-bone i pre-rigor filet

Dersom sluttproduktet skal være en hel, intakt filet, kan pre-rigor fjerning av tykkfiskbein også foregå ved å kutte bort beina og så lime fileten sammen igjen. Sintef Fiskeri og Havbruk har utviklet løsninger der enzymet transglutaminase kan brukes til liming av filetstykker av laks, mv.. Det er også publisert andre forsøk for å utvikle bindemiddel fra fiskeblod til bruk for å lime sammen biter av fiskemuskel, mv. (Manseth E. *et al.* 2003).

4.3.4 TRUFRESH®; en unik innfrysingsmetode

Denne relativt nye teknologien for innfrysing av mellom annet fileter og porsjonsbiter av laks er utviklet av et amerikansk firma TRUFRESH®. Teknikken gjør at det dannes svært lite iskrystaller i cellene under frysing, slik at celleveggene ikke ødelegges ved opptining. Det blir derfor lite drypptap og laksestykkene fremstår som mer "ferske" etter tining.

Den ferdigpakkede TRUFRESH® fileten blir dyppet i en patentert fryselake der fisken fryses meget rask ved -40 °C. Metoden gjør at det ikke dannes store iskrystaller som kan sprengte cellene ved opptining. Til forskjell fra tradisjonelle innfrysingsmetoder der dannning av iskrystaller i fiskekjøttet medfører drypptap ved opptining, hevdes det at TRUFRESH® prosessen bedre bevarer ferskhet, smak, aroma, tekstur og farge i produktene.

How TRUFRESH® Works:

- The vacuum packaged TRUFRESH® fish is immersed into our patented brine formulation
- The fish freezes incredibly fast due to complex ice crystals forming in the brine at -40 degrees F., and dissolving at -38 degrees F., almost completely eliminating the formation of complex ice crystals in the muscle tissue cells of the fish
- Traditional freezing methods form ice crystals in the fish, causing purge when thawed
- The TRUFRESH® process retains the highest qualities of resilience, aroma, texture, color and taste

4.3.5 Herland *et al.* (2002) Pre-rigor filetering av laks; utblødningsforsøk

Målet med forsøkene var å finne forklaring på hvorfor vakuuerte pre rigor laksefileter hadde så stort antall blodflekker at halvparten av filetene ble regnet som uakseptabelt utblødd, mens det samme ikke var tilfelle når filetene ble produsert og vakuumpakket post-rigor. En hypotese var at flekkene kunne komme av at det var mer blod igjen i filetene som følge av ufullstendig blodtapping under avliving-/bløgging. Alternative forklaringer kunne være at blodet er tyntflytende så lenge filetene er pre rigor slik at det blir sugd ut på overflaten ved vakuumering, eller at det blir presset ut når filetene trekker seg sammen i rigorprosessen.

Resultatene viser at det ikke er forskjell på filetene etter ulike avlivings- og bløggemetoder. Enten fisken kom fra ordinær CO₂ bedøving + gjellekutt, eller ble avlivet og bløgget i slaktemaskin (Stansas) var bildet det samme. Omlag 60-70% av filetene hadde et uakseptabelt høyt antall blodflekker når fisken ble filetert og vakuumpakket pre-rigor. For fileter som ble skåret post-rigor var det heller ingen forskjell mellom gruppene. Det er derfor ikke sannsynlig at den ene gruppen inneholdt mer blod enn den andre.

Når filetene ikke ble vakuumpakket ble både pre- og post-rigor produserte fileter vurdert som akseptabelt utblødd. Det ble funnet maksimalt en blodflekk per filet. Dette underbygger ikke hypotesen om at blod blir presset ut på overflaten p.g.a. sammentrekning når filetene går inn i rigor. Det synes derfor som om det er vakuumeringen som trekker blodet ut av pre-rigor filetene, mens dette i liten grad skjer i fileter som vakuumeres post-rigor.

Disse resultatene underbygger hypotesen om at blodet i fileter som skjæres og vakuumpakkes pre-rigor er mer tyntflytende så tidlig etter avliving, enn blodet i tilsvarende fileter som skjæres etter at fisken har gått gjennom rigor. Blodet trekkes derfor lettere ut på overflaten ved vakuumering av pre-rigor fileter.

4.4 Holdbarhet avhengig av fileteringstidspunkt

4.4.1 Rosnes *et al.* (2000) Microbiological quality of pre- and post-rigor processed salmon (*Salmo salar*).

Hensikten med dette prosjektet var å identifisere mikrobiologiske forskjeller i kvaliteten til oppdrettslaks avhengig av ulik håndtering og prosessering. Laks ble levendekjølt til <4°C, slaktet og kjølt på is frem til fileteringstidspunktene: 4 timer (pre-rigor), 2 døgn (i-rigor) og 5 døgn (post-rigor) etter avliving. Filetene ble lagret kjølt på is (0°) i 14 dager, halvparten av prøvene vakuumpakket og den andre halvparten i luft. Under kjølelagringen av filetene ble totalkim (TVC) og sulfidproduserende bakterier analysert for å bestemme forskjeller i veksthastighet og mikrobiologisk holdbarhetstid. Resultatene viste at pre-rigor filetering gav lengre holdbarhetstid enn post-rigor filetering. Prosjektet ble utført i samarbeid med en lakseprodusent og fullskala forsøk ble utført i ettertid som bekreftet forskjellene mellom pre- og post-rigor prosesserte laksefileter.

4.4.2 Rosnes *et al.* (2003) Effects of pre- and post-rigor filleted Atlantic salmon on microbial spoilage and quality characteristics during chilled storage

I to separate eksperimenter ble oppdrettet Atlantisk laks filetert pre-, i- og post-rigor. Filetene ble sammenlignet med hensyn til mikrobiell vekst, lukt, drypptap, tekstur og filetspalting. Før

slakting ble laksen kjølt levende til kjernetemperatur $2,5^{\circ}\text{C}$. Etter slakting ble hel laks lagret kjølt på is (0°C) frem til filetering pre-rigor (4 timer etter slakting), i-rigor (2 dager etter slakting) og post-rigor (5 dager etter slakting). Etter filetering ble filetene lagret inn til 14 døgn ved 0°C, enten vakuumpakket eller i luft.

Resultatene viser at til samme tid etter filetering hadde de pre-rigor produserte filetene som ble lagret i luft lavere bakterietall enn de to andre (totalkim, H_2S -produserende og psychrotrofe bakterier). For mesteparten av prøvene var dette tilfelle også for de vakuumpakkede filetene.

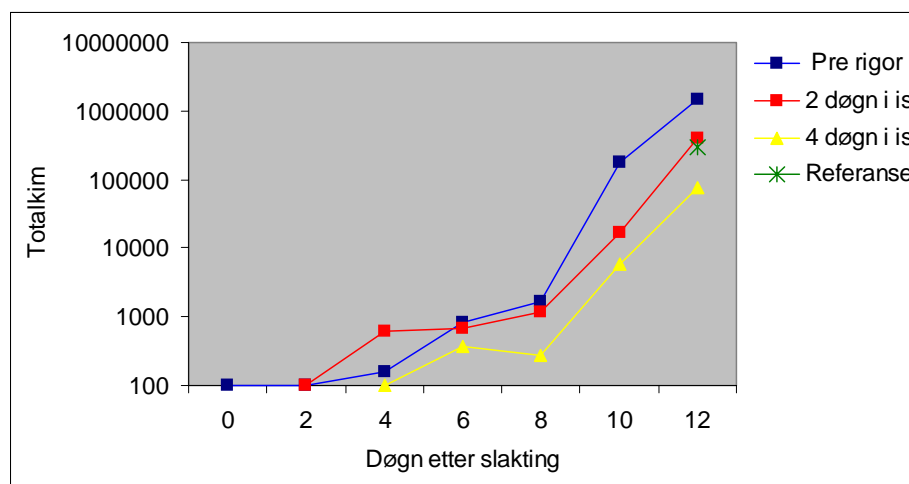
Sensoriske evalueringer viste at de pre-rigor produserte filetene fikk høyere score for fersk lukt, lavere score for filetspalting, men høyere drypptap (målt som vektreduksjon), alt vurdert til samme tidspunkt etter filetering.

Konklusjonen er at prosedyren med levendekjøling av laksen før slakting gav tilstrekkelig lang pre-rigor tid til at pre-rigor filetering kunne utføres effektivt. Kvaliteten på de pre-rigor produserte filetene var bedre med hensyn til mikrobiologisk vekst, lukt og filetspalting.

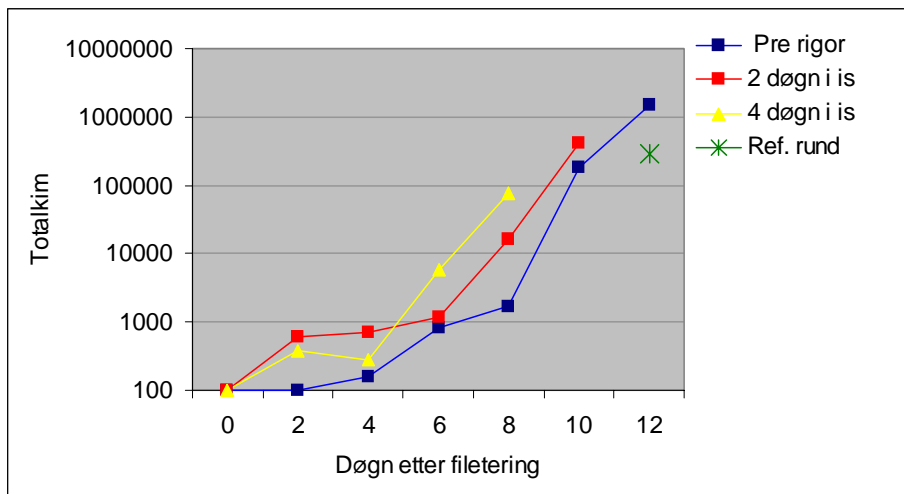
4.4.3 Tobiassen *et al.* (2006) Pre-rigor filetering av torsk (*Gadus morhua*), effekt på kvalitet og holdbarhet

Oppforet villtorsk som ved slakting veide 5-6 kilo rund ble avlivet med et slag i hodet, bløgget og utblødd i sjøvann. Fem fisker ble filetert og skinnert umiddelbart mens de ennå var pre-rigor. Resten av fiskene ble lagret iset i kasser på kjølerom frem til 2 døgn etter slakting da nye 5 fisker ble filetert mens de var i fast rigor. De siste 5 fiskene (post rigor) ble lagret iset i kasser til 4 døgn etter slakting. Etter filetering ble filetene iset i 10 kg styroporesker som ble lagret på kjølerom frem til 2, 4, 6, 8, 10 og 12 døgn etter filetering. Ved disse tidspunktene ble det tatt ut prøver til mikrobiologiske analyser og pH ble målt. Filetene ble også lengdemålt for å registrere krymping og veid for å registrere vekt tap. Filetspalting ble vurdert og farge ble målt med Minolta CR-200.

Mikrobiologianalysene viste at filetering pre-rigor reduserte den totale holdbarheten regnet fra slaktetidspunktet, sammenlignet med filetering i-rigor eller post-rigor. Regnes derimot holdbarheten fra tidspunktet for filetering kom pre-rigor filetene best ut med hensyn til mikrobiologisk kvalitet under kjølelagring, sammenlignet med fileter som ble skåret 2 døgn (i rigor) eller 4 døgn (post rigor) etter slakting (ref figurer).



Totalkim analysert i filet 0-12 døgn etter **slakting**.



Totalkim analysert i filetene 0-12 døgn etter **filetering**.

Krymping etter filetering: Filetene som var skåret pre rigor krympet $\approx 14\%$ i lengderetning, mens filetene som ble skåret i rigor (2 døgn) og post rigor (4 døgn) bare krympet ubetydelig eller ingenting.

Vekttap under kjølelagring: Det var bare små forskjeller i vekttap avhengig av rigortistand ved filetering. Fileter som ble skåret pre-rigor og post-rigor tapte om lag like mye i vekt under lagring ved ca 0°C , mens filetene som var skåret i rigor tapte litt mindre vekt.

Filetspalting (gaping): Filetene som ble skåret pre-rigor kom bedre ut med hensyn til filetspalting og sensorisk kvaliteten på rå fileter under kjølelagring.

Farge på filetene: Basert på fargemålinger med Minolta CR-200 på filetene var filetene som ble skåret pre rigor mindre hvite enn de filetene som ble skåret i-rigor og post-rigor. Uansett fileteringstidspunkt ble filetene hvitere utover under kjølelagringen, men også nå var pre-rigor filetene noe mindre hvite enn de andre.

5 REFERANSER

1. Mørkøre, T. (2005) Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. Aquaculture, *in press*.
2. Sørensen, N.K., Brataas, R., Nyvold, T.E., Lauritzen, K. (1995) Influence of early processing (pre-rigor) on fish quality. In: Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality, Proceedings of the International Seafood Conference, Noordwijkerhout, 13-16 Nov. 1995, Elsevier, Amsterdam, Holland pp. 253-263.
3. Mørkøre, T., Hansen S.J, Rørvik K-A. (udatert) Kvalitet av pre-rigor torskefilet, lagrings-temperaturen påvirker krymping og filetspalting. Notat Akvaforsk AS (udatert).
4. Mørkøre, T, Helle T, Liaklev M, Austreng E (2003) Product quality of pre-rigor filleted Atlantic cod. Poster, Aquaculture Europe 2003, Trondheim Norway, August 8-12, 2003.
5. Herland, et.al (2002) Pre-rigor filetering av laks, utblødningsforsøk. Fiskeriforskning, Arbeidsnotat 2-3, prosjekt nr. 8575, 2002.
6. Skjervold, et.al (2001) Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. Aquaculture 194 (2001) 315-326.
7. Fletcher, G.C., Hallett, I.C., Jerrett, A.R., Holland, A.J. (1997) Changes in fine structure of the myocommata-muscle fibre junction related to gaping in rested and exercised muscle from king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Food Sci.Technol. 30, 246-252.
8. Ryder, J.M, Scott, D.N, Fletcher, G.C. (udatert) The effects of on board handling and frozen storage on gaping in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). Journal of Aquatic Food Product Technology, 6 (2).
9. Bremner, H.A., Hallet, I.C. (1986) Fine structure of the myocommata-muscle fibre junction in Hoki (*Macruronus novaezelandiae*). J.Sci.Food Agric. 44, 245-261.
10. Hallett, I.C, Bremner, H.A (1988) Fine structure of the myocommata-muscle fibre junction in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 44, 245 - 261.
11. Skjervold, et.al (2001) Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor fillets. Aquaculture 201 (2001) 91-106.
12. Einen, O., Guerin, T., Fjæra, S.O., Skjervold, P.O. (2002) Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. Aquaculture 212 (2002) 129-140.
13. Cappeln, G. (2000) Synthesis and hydrolysis of ATP in frozen fish. Ph.D Thesis, Department of Biotechnology, Technical University of Denmark.
14. Trufresh (2005) TRUFRESH® Unique fresh freezing method - How Trufresh works. <http://www.trufresh.com>
15. Rosnes, J.T., Vorre, Aa., Folkvord L., Hovda M., Skjervold P.O. (2000) Microbiological quality of pre-, in- and post-rigor processed salmon (*Salmo salar*). WEFTA-meeting, Tessalonici, Greece.
16. Rosnes, J.T., Vorre, Aa., Folkvord L., Hovda M., Skjervold, P.O. (2003) Effects of pre-, in- or post-rigor filleted Atlantic salmon (*Salmo salar*) on microbial spoilage and quality characteristics during chilled storage. Journal of Aquatic Food Product Technology 12 (2); 17-32.

17. Jansson, S. et.al (2005) Enzymatisk "liming" av fiskemuskel, enzymet transglutaminase. Nyhetsbrev SINTEF-Fiskeri og Havbruk.
18. Manseth, E., Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Ødegaard, O.R., Flengsrud, R., (2003) Developing a fish meat-binding agent: Purification of salmon thrombin. Journal of food science. Vol. 68, Nr 5, 2003.
19. Tobiassen, T., Akse, L., Midling, K., Aas, K., Dahl, R., Eilertsen, G., (2006) Pre-rigor processing of cod (*Gadus morhua* L.), effects on quality and shelf life. The WEFTA-meeting 2005, Antwerpen.
20. Johansen, A. (1999) Frosset råstoff til salting, hvordan påvirker råstoffets ferskhet før innfrysing utbyttet og kvaliteten på saltfischen. Kandidatoppgave i produksjonsteknologi, Norges Fiskerihøgskole - Universitetet i Tromsø, juli 1999.
21. Godvik, L.A. (2003) Teknologisk kvalitet av fôret hyse (*Melanogrammus aeglefinus*). Kandidatoppgave Norges Fiskerihøgskole – Universitet i Tromsø, mars 2003.
22. Sørensen, N.K, Arason J., Nielsen J. (1995) Rigor i fisk. Rapport TemaNord 1995:512
23. Ofstad, R., Egelanddal, B., Kidman, S., Myklebust, R., Ølsen, R., Hermanson A.M (1995) Liquid Loss as Effected by Post-mortem Ultrastructural Changes in Fish Muscle (*Gadus morhua* L.) and Salmon (*Salmo salar*). J Sci Food Agric.
24. Fjæra, S.O., Skjervold, P.O. (2000) Benfri pre-rigor filet. Sluttrapport SND-støttet prosjekt, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag (unntatt offentlighet).
25. Fjæra, S.O., Morlandstø, J.O. (2003) Sluttrapport SND-prosjekt; IKARIMI. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi, Rapport til SND.



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