

Kvalitet på regnbueørret oppdrettet i sjø – holdbarhet (QIM), filetfarge og muskeltekstur

Stein Harris Olsen, Sten Ivar Siikavuopio, Torbjørn Tobiassen, Tatiana Nikolaevna Ageeva og Karsten Heia





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 390 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunnalsøra:

Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 77 62 90 00

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

Rapport

<i>Tittel:</i> Kvalitet på regnbueørret oppdrettet i sjø – holdbarhet (QIM), filetfarge og muskeltekstur	ISBN 978-82-8296-671-9 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Title:</i> Quality of rainbow trout farmed at sea – shelf life (QIM), fillet colour and muscle texture	<i>Rapportnr.:</i> 7/2021
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Stein Harris Olsen, Sten Siikavuopio, Torbjørn Tobiassen, Tatiana Nikolaevna Ageeva, og Karsten Heia	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Avdeling:</i> Sjømatindustri og Produksjonsbiologi	<i>Dato:</i> 15. februar 2021
<i>Oppdragsgiver:</i> Svanøy Havbruk AS	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 12
<i>Stikkord:</i> Ørret, oppdrett, sjø, kvalitet, muskel, tekstur, farge, kjølelagring	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> <i>Prosjektnr.:</i> 11321
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> <p>For å produsere regnbueørret til kaviarproduksjon, er produksjonstiden i sjøen i dag på cirka 1,5 til 2 år. Lang produksjonstid innebærer større risiko for tap, med tanke på luseproblematikk og sykdom. Det er derfor fordelaktig å sette søkelys på nye produksjonsregimer, for å redusere tiden i sjøfasen. Før nytt produksjonsregime innføres er det viktig å kartlegge status på muskelfarge, muskeltekstur og holdbarhet på kjølelageret rund all-female regnbueørret. Resultatene fra denne kartleggingen kan benyttes som referanse for nytt produksjonsregime for regnbueørret til kaviarproduksjon. Vår utgangshypotese er at regnbueørret holdt cirka 1 år i sjø (ca. 3 kg), ikke skiller seg vesentlig fra stor rognbærende regnbueørret (> 6 kg) holdt 1,5–2 år i sjø, med tanke på holdbarhet, muskelfarge og muskeltekstur under kjølelagring. Resultatene fra QIM-analysen viser at dersom ørreten er tilstrekkelig kjølt (0–1 °C) etter slakting, transport og lagring er holdbarheten på cirka 20 dager fra slakting. Dette samsvarer godt med tidligere studie på stor regnbueørret. Fargen på filetene (SalmoFan-verdiene) i dette studiet er relativ lav (28–29), sammenlignet med SalmoFan-score fra tidligere år (32–33). Lav SalmoFan-score, indikerer dårlig innfarging av muskel under produksjonen. Resultatene viser også at fargen på filetene reduseres med 1–2 SalmoFan-score i løpet av 14 dager kjølelagring. Når det gjelder muskelteksturen, så er trekraften for å fjerne pinnebein fra filetene betydelig lavere enn det som er vist tidligere på stor ørret. Samtidig viser resultatene at trekraften er relativ stabil gjennom kjølelagringen. Teksturmålinger på filetene viser ingen signifikante forskjeller i bruddstyrke utover i kjølelagringen. Både trekraft for å fjerne pinnebein og teksturanalysen indikerer at muskelteksturen hos regnbueørreten holder seg relativt stabil gjennom 20 dager med kjølelagringen, spesielt for fisk som ble slaktet i november og desember.</p>	
<i>English summary/recommendation:</i> <p>Today, the production time in the sea, for producing roe from rainbow trout, takes from 1,5 to 2 years. It is useful to investigate new production regimes, trying to reduce the time in the sea. However, before a new production regime is introduced on rainbow trout, it is important to map quality changes during ice-storage. Our output hypothesis is that rainbow trout, kept for approx. 1 year in sea (3 kg), does not distinguish significantly from the larger, roe-carrying trout (>6 kg) who has been kept at sea during 1.5 to 2 years. This applies to its shelf life, muscle texture and flesh colour. The QIM-analysis shows that if the trout is sufficiently chilled (0-1 °C), the shelf life equals approx. 20 days after slaughter. The filet colour (SalmoFan values) in this study is relatively low (28-29), compared to SalmoFan scores from earlier studies (32-33). The results also show that filet pigmentation, during ice-storage, may reduce with a score of 1-2 SalmoFan within two weeks. When investigating the muscle structure, the pull to remove the pin bones from the filet is significantly lower than what has been found earlier regarding larger rainbow trout. However, the result shows that the pull seems to remain stable throughout ice-storage. This is also in accordance with the results from textural analysis. These results indicate that the muscle texture in rainbow trout is relatively stable throughout the 20 days of ice-storage.</p>	

Innhold

1	Innledning	1
2	Material og metode	3
2.1	Fisk.....	3
2.2	QIM-analyse og holdbarhet.....	3
2.3	Fargemåling	4
2.4	Trekraft for fjerning av pinnebein	4
2.5	Teksturanalyse.....	5
2.6	Statistikk	5
3	Resultater	6
3.1	Sensorisk vurdering (QIM).....	6
3.2	Farge på muskel.....	7
3.3	Trekraft for fjerning av pinnebein	9
3.4	Teksturmåling.....	9
4	Konklusjon	11
5	Referanser	12

1 Innledning

Et grunnleggende mål i kommersielt oppdrett av regnbueørret, er å produsere et produkt som tilfredsstiller de miljømessige- og fiskevelferdsmessige kravene til selve produksjonen. I tillegg skal produktet tilfredsstille de kvalitetsmessige kravene fra markedet og samtidig gi god profitt. Fiskens vekst, fôrutnyttelse, helse og kvalitet må derfor ivaretas på en best mulig måte, for å oppnå lønnsomhet i produksjonen. Det foregår derfor en kontinuerlig innsats for å få forbedret fiskevelferden, i tillegg til å redusere det miljømessige fotavtrykket og kostnadene rundt selve produksjonen. Da er det særlig fôrkostnadene og kostnader knytt til avlusning og tap av fisk som følge av behandling og sykdom, som utgjør det meste av de samlede kostnadene.

For å øke verdien av regnbueørreten, er det ønskelig å også nyttiggjøre rognen til humant konsum. Rognen vil dermed være med å bære en del av de samlede kostnadene rundt produksjonen av fisken og gi en mer bærekraftig produksjon. Hos all laksefisk er kjønnsfordelingen omtrent likt fordelt mellom hann- og hunnfisk, men under oppdrett av regnbueørret til kaviarproduksjon, er det en fordel at andelen hunnfisk er så stor som mulig. Hannfisk taper muskelkvaliteten raskere fram mot kjønnsmodning enn hunnfisk og bidrar ikke inn i rognproduksjonen. I oppdrett av regnbueørret er det vanlig å produsere matfisk bestående utelukkende kun av hunnfisk (all-female). Fordelen ved å benytte kun hunnfisk er at man oppnår jevnere vekst, redusert hierarkidannelse og de blir senere kjønnsmodne (Sheehan *et al.*, 1999). I tillegg holder hunnfisk bedre på muskelfarge og har mindre utpreget kjønnsdrakt fram mot sluttmodningen (Olsen *et al.*, 2020). Produksjon av en all-female-bestand går normalt over to generasjoner. Førte generasjon med yngel hormonbehandles ved startforing (ca. 200–300 døgngader etter klekking). Testosteroner tilføres en kort periode gjennom fôret. De fleste hunnfiskene som blir hormonbehandlet vil etter hvert begynne å produsere hannlige gonader, men kun med XX-kromosomer (kjønnsreverserte hunnfisk). Når disse fiskene er kjønnsmodne kan melken fra de kjønnsreverserte hunnene benyttes til befruktning av egg fra normale hunner og på en slik måte lage andregenerasjon all-female-bestand, egnet for produksjon til matfisk (Johnstone *et al.*, 1978; Johnstone & Maclachlan, 1994; Wilkins *et al.*, 2001; Hansen *et al.*, 2012).

For å produsere regnbueørret til kaviarproduksjon, er oppholdstiden i sjøen i dag på cirka 1,5 til 2 år før fisken blir kjønnsmoden og kan slaktes ut. Lang oppholdstid i sjøen innebærer større risiko for tap, med tanke på luseproblematikk og sykdom. De miljømessige og fiskevelferdsmessige utfordringene vil også være større, med tanke på flere gjentakende avlusninger før fisken er klar til utslakting. Spesielt når regnbueørreten er stor (> 5–6 kg), er det risiko med tanke på økt dødelighet rundt trenging i merd og behandlingsregimet mot lus. Det vil derfor være fordelaktig å undersøke nye produksjonsregimer, for å kunne redusere oppholdstiden i sjøfasen. Dette kan gjennomføres blant annet via avl med seleksjon for tidligere kjønnsmodning (1 år i sjø), gjennom lysstyring eller ved å forlenge oppholdstiden i ferskvann (stor smolt) før fisken settes ut i sjøen.

Uansett, når man endrer på produksjonsregimet kan dette få betydning for muskelkvaliteten. Fra laks er det kjent at endringer i sesongmessige betingelser (lys og temperatur) under produksjonen, kan føre til endringer i farge på muskel (Ytrestøyl *et al.*, 2005; Ytrestøyl *et al.*, 2019), i tillegg til endringer i antall muskelfibre som dannes i skjelettmuskulaturen (Johnston *et al.*, 2003; Johnston *et al.*, 2004). Når det gjelder muskelcellulariteten (fibertettheten i muskel) så kan dette være en viktig faktor som påvirker både fasthet på muskel og filetspaltingen. Fisk med høy fibertetthet er ofte fastere i muskelen og har mindre filetspalting under filetering og prosessering, enn fisk med lav fibertetthet (Johnston *et al.*, 2000; Johnston *et al.*, 2002). Mye av grunnlaget for kvaliteten på fisken ligger derfor hos oppdretteren,

og for å oppnå en best mulig kvalitet både på muskel og rogn til humant konsum, er det viktig at alle ledd i produksjonsprosessen ivaretas og følges opp på best mulig måte, når nytt produksjonsregime skal gjennomføres.

Når det gjelder fiskemuskel så er farge, tekstur (fasthet/filetspalting) og holdbarhet noen av de viktigste parameterne når man vurderer kvaliteten. Om et framtidig nytt produksjonsregime for regnbueørret medfører vesentlige endringer i kvalitet, er usikkert. Etter plan for aktivitet under forskningskonsesjonen skulle et nytt utvalg av slakteklar regnbueørret følges opp i 2020, for undersøkelse av muskelkvalitet og storskalaproduksjon av rogn. Denne fisken skulle produseres etter nytt produksjonsregime, der oppholdstiden i sjøen før kjønnsmodning reduseres til 1 år. Som følge av forsinkelser i beslutning om videreføring av FoU-konsesjonen i 2019 og store utfordringer med Covid-19, så har prosjektplanen blitt noe forskjøvet. I tillegg viste det seg at regnbueørreten som ble satt ut i sjøen høsten 2019 hadde store utfordringer med ryggdeformasjon. Det var også et forhøyet nivå av hannfisk (10–12 %) i leveransen av all-female fra AquaGen. Fisken vokste dårlig sammenlignet med tidligere sesonger og av dyrevelferdsmessige årsaker knyttet til produksjonslidelser, ble det besluttet at fisken skulle slaktes ut høsten 2020. Dette har ført til at Nofima ikke har kunnet gjennomføre planlagte prøveuttak, for å følge opp status på moden regnbueørret som er produsert etter nytt regime.

I tidligere lagringsforsøk på ørret fra Svanøy Havbruk, har det vært gjort forsøk på stor ørret som nærmet seg sluttmodningen, med en produksjonssyklus på cirka 1,5 til 2 år i sjøen (Siikavuopio *et al.*, 2017, Olsen *et al.*, 2018, Olsen *et al.*, 2019, Olsen *et al.*, 2020). Etter planen skal fremtidig produksjonssyklus for ørret til kaviarproduksjon reduseres til cirka 1 år i sjøen. Fra tidligere studier på laks og ørret, er det godt kjent at muskelkvaliteten påvirkes av flere faktorer som for eksempel avl, veksthastighet, alder, sesong og fôr (Bugeon *et al.*, 2004; Hyldig & Nielsen, 2007; Mørkøre, 2008; Mørkøre *et al.*, 2010; Mørkøre, 2012; Mørkøre *et al.*, 2014; Sissener *et al.*, 2016). Før nytt produksjonsregime innføres er det viktig å dokumentere dagens status med hensyn til muskelfarge, muskeltekstur og holdbarhet på rund all-female regnbueørret, som har stått cirka 1 år i sjøen før slakting. Resultatene fra en slik kartlegging kan benyttes som referanse for senere forsøk, der produksjonsregimet for regnbueørret til kaviarproduksjon er endret.

Vår utgangshypotese er at ørret holdt cirka 1 år i sjø ikke skiller seg vesentlig med tanke på holdbarhet, muskelfarge og muskeltekstur, sammenlignet med resultater fra tidligere studie på regnbueørret fra Svanøy Havbruk, som er holdt 1,5–2 år i sjø før slakting. For å undersøke denne hypotesen ble rund regnbueørret som er holdt cirka 1 år i sjøen benyttet i lagringsforsøk på is, over en periode på inntil 20 dager.

2 Material og metode

2.1 Fisk

Regnbueørret (161 gram, all-female fra AquaGen) i gruppe 1 og 2 ble satt i sjøen den 2. september 2019, på lokalitet hos Svanøy Havbruk i Sogn og Fjordane. Regnbueørreten i gruppe 3 (103 gram, all-female fra AquaGen) ble satt i sjøen 27. oktober 2019. Gjennomsnittlig sjøtemperatur fra utsett i sjøen og fram til slakting var cirka 10 °C. Regnbueørreten ble foret med Biomar (50 mg Asta.) fra utsett til og med juni 2020. I juli 2020 ble astaxanthin (Asta.)-nivået i Biomar fôret økt fra 50 mg til 70 mg. En kort periode fra juli til august fikk fisken fôr fra Skretting (60 mg Asta.). Fra august 2020, ble fisken fôret fram til slakting med fôr fra Ewos (60 mg Asta.). Det ble tatt ut tre grupper med regnbueørret (All-female) ved slakteriet i Florø høsten 2020. Gruppene med fisk ble iset i polystyrenkasser og sendt til Nofima for undersøkelse og dokumentasjon av kvalitet. Gjennomsnittlig lengde, vekt og kondisjonsfaktor (K-faktor) for de tre gruppene er oppgitt i tabell 1 nedenfor. Kondisjonsfaktoren (K-faktor) ble beregnet ut fra Fulton's kondisjonsfaktor for fisk (Ricker, 1975):

$$K\text{-faktor} = (\text{Lengde (cm)} \times 100) / \text{vekt (gram)}^3$$

I etterkant av sensorisk vurdering ble ørreten filetert, før filetene ble avbildet ved bruk av diffus reflektansspektroskopi. For å undersøke styrke på teksturen og bindevevet i fileten, ble det gjennomført måling av trekraft for å fjerne pinnebein fra filetene, samt utført instrumentell teksturanalyse.

Tabell 1 Viser oversikt over sløyd vekt og kondisjonsfaktoren (K-faktor) til umoden regnbueørret fra Svanøy Havbruk, slaktet høsten 2020. Lengden på fisken er målt fra snute til enden av haleroten.

Gruppe	Slaktedato	Antall	Lengde (cm)		vekt (gram)		K-faktor	
			std.	std.	std.	std.	std.	std.
G1	02.sep	n=12	55	1	3146	152	1,89	0,08
G2	03.nov	n=12	57	1	3554	172	1,97	0,12
C3	07.des	n=12	55	1	3296	124	1,94	0,09

2.2 QIM-analyse og holdbarhet

Ved ankomst Nofima ble regnbueørret kjølelageret (0–1°C) fram til sensorisk kvalitetsvurdering. QIM (quality index method) er en standardisert metode for sensorisk bestemmelse av kvalitet på hel fisk som er lagret på is. Metoden har tidligere blitt benyttet av andre, for å evaluere holdbarhet på regnbueørret (Erikson *et al.*, 2017; Olsen *et al.*, 2019). Fiskens lukt og utseende ble vurdert av 2 trente personer, og en QIM-score på 15 indikerer maks holdbarhet for kjølelageret laks. QIM-analyse ble gjennomført dag 7, dag 14 og dag 20 etter slakting og restholdbarheten ble bestemt ut fra QIM-score.



Bilde 1 Etter QIM-analysen var gjennomført ble ørreten filetert og klargjort for måling av filetfarge, trekraft for fjerning av pinnebein og teksturmåling.

2.3 Fargemåling

Fargen på muskelen ble først vurdert visuelt, ved hjelp av SalmoFanTM Fargevifte (DSM, Switzerland). Deretter ble det gjennomført instrumentell fargemåling av fileten fra begge gruppene, ved bruk av hyperspektral avbildning av filetene. Metoden er tidligere beskrevet av Heia *et al.* (2012) og har vært benyttet i tidligere forsøk med regnbueørret (Olsen *et al.*, 2018; Olsen *et al.*, 2019; Olsen *et al.*, 2020).

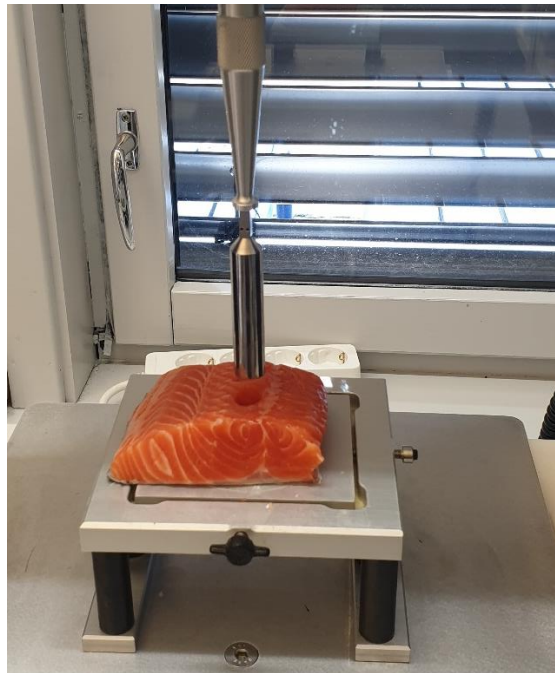
2.4 Trekraft for fjerning av pinnebein

For å se på mulige endringer i styrken på tekturen og bindevevet i fileten under kjølelagring, ble det gjennomført måling av trekraft for å fjerne pinnebein fra filetene. I hver filet ble det målt trekraft på 3–4 stykk pinnebein, lokalisert i det samme området på alle filetene, etter en metode beskrevet av Akse *et al.* (2011). En Lutron FG-5000A kraftmåler (Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd, Taiwan) ble benyttet til å måle trekraften i gram. Målingen av trekraften for å fjerne beinene ble gjennomført rett etter instrumentell fargemåling, på dag 7 og dag 14 etter slakting. Hensikten var å se om

trekkraften endret seg i løpet av lagringen, samt om det var noen forskjeller i trekkraften fra tidligere forsøk med regnbueørret (Olsen *et al.*, 2019; Olsen *et al.*, 2020).

2.5 Teksturanalyse

Tekstur ble målt instrumentelt ved hjelp av Texture-analysator (TA.HDplus Connect, Stable Micro Systems Ltd, UK) med 5 kg veiecelle. På hver filet ble to parallelle målingen gjennomført med sylindere probe (12 mm diameter) som ble presset inn i muskel, vinkelrett (90°) i forhold til muskelfiberretningen med en hastighet på 1 mm/s på 2 steder i ryggfileten. Endepunktet for målingen ble satt til 90 % av initiell filethøyde. For hver filet ble gjennomsnittskraften (Newton) som må til for å bryte overflaten satt som mål for teksturanalysen.



Bilde 2 Viser instrumentell måling av tekturen på filetene. En sylindere probe (12 mm diameter) ble presset vinkelrett (90°) i forhold til muskelfiberretningen inn i muskel, med en hastighet på 1mm per sekund.

2.6 Statistikk

Microsoft Excel er benyttet for dataprosessering og statistiske analyser av data. For å teste om det var signifikante forskjeller mellom fisken før og etter levendelagring, er det kjørt toveis T-Test. Signifikansen ble satt til $p < 0.05$. p-verdien er et tall mellom 0 og 1 og viser sannsynligheten for at man får et testresultat som er likt. Jo lavere p-verdien er, desto større sannsynlighet er for at det er forskjeller i verdiene mellom laks og regnbueørret. Verdiene i dokumentet er gjennomsnitt \pm standardavviket, dersom ikke annet er spesifisert.

3 Resultater

3.1 Sensorisk vurdering (QIM)

QIM-analyse etter første lagringsforsøk

Ørreten i første lagringsforsøk ble vurdert til QIM-score på 4,25, etter 7 dager kjølelagring. I følge QIM-standarden som er utviklet for laks, tilsvarer dette en restholdbarhet på cirka 15 døgn. Fisk som ble kjølelageret i 14 dager fikk en QIM-score på 10,8 og dette tilsvarer en restholdbarhet på cirka 6 dager. Etter 20 dager på is fikk ørreten en QIM-score på 16,2. Dette partiet har trolig passert maks holdbarhet (QIM-score 15) etter 18–19 dager på is. Resultatet fra første forsøk viser at holdbarheten på kjølelageret regnbueørret, samsvarer godt med QIM-standarden fra 2003, som er utviklet for kjølelageret laks. Denne standarden antyder en maks holdbarhet (QIM-score 15) rundt cirka 20 dager med kjølelagring.

Tabell 2 Viser resultatene fra første gruppe (G1) med regnbueørret fra Svanøy Havbruk som ble slaktet 02.09.2020.

QIM analyse Gruppe1	Skind				Øyne		Gjeller			Bukhule		Total QIM-score
	Farge	Slim	Lukt	Tekstur	Pupiller	Form	Farge	Slim	Lukt	Blodfarge	Lukt	
Dag 7 Gj. snitt (n = 4)	0,25	0,25	0,25	1	0,25	1	0	0,5	0,25	0	0,5	4,25
Dag 14 Gj. snitt (n = 4)	1	1	1	1	1,5	1	1	1	1,25	0	1	10,75
Dag 20 Gj. snitt (n = 4)	1,25	1,25	2	1,5	1,75	1,5	1	1,5	1,5	1	2	16,25

QIM etter andre lagringsforsøk

Fisken i gruppe 2 ble slaktet den 3. november 2020. Etter transport av fisken fra Florø til Tromsø (6 døgn etter slakting), var mesteparten av isen i kassene tint. Fisken ble iset ved ankomst Nofima og kjølelageret fram til sensorisk bedømming, dag 7 (n = 4) og dag 14 (n = 4) etter slakting.

Resultatene i andre lagringsforsøk viser en QIM-score på 7,0 etter 7 dager med lagring. I følge QIM-standarden tilsvarer dette en restholdbarhet på cirka 11 døgn. Fisk som ble kjølelageret i 14 dager, oppnådde en QIM-score på 15 og dette indikerer maks holdbarhet. Det var også planlagt å gjennomføre QIM-analyse på dag 20 etter slakting, men forhøyet temperatur de første 6 døgnene under transport, hadde påvirket holdbarheten betraktelig. Ved uttak dag 20 var fisken så bedervet at QIM-analysen ikke ble gjennomført. Som følge av dårlig kjøling under transporten fra Florø, er holdbarheten redusert med 5–6 døgn, sammenlignet med tidligere lagringsforsøk. Dette viser viktigheten av at fisken er tilstrekkelig kjølt og iset, samt at kjølekjeden ikke brytes under transport og lagring.

Tabell 3 Viser resultatene fra ander gruppe (G2) med regnbueørret fra Svanøy Havbruk som ble slaktet 03.11 2020.

QIM analyse Gruppe2	Skind				Øyne		Gjeller			Bukhule		Total QIM-score
	Farge	Slim	Lukt	Tekstur	Pupiller	Form	Farge	Slim	Lukt	Blodfarge	Lukt	
Dag 7 Gj. snitt (n = 4)	0,25	1	1	1	1	1	0	0,75	0,75	0	0,25	7,00
Dag 1 Gj. snitt (n = 4)	0,75	1	2	1,25	1,5	1,5	1	1,75	2	0,25	2	15,00

QIM etter tredje lagringsforsøk

Resultatene fra tredje lagringsforsøk med ørret viser en QIM-score på 4,3 etter 7 dager kjølelagring. Dette indikerer at fisken har cirka 15 dager restholdbarhet før den regnes som uegnet som salgsvare. Etter 14 dager på is hadde fisken en QIM-score på 11,7. I følge QIM-standarden tilsvarer dette en restholdbarhet på ytterligere 5 dager. Det vil si at den totale holdbarheten på dette partiet trolig vil komme opp mot 18–20 dager. Holdbarheten på dette partiet er dermed ikke forskjellig fra første parti med ørret som ble slaktet den 02.09.2020.

Tabell 4 Viser resultatene fra andre gruppe (G3) med regnbueørret fra Svanøy Havbruk som ble slaktet 07.12.2020.

QIM analyse Gruppe3	Skind				Øyne		Gjeller			Bukhule		Total QIM-score
	Farge	Slim	Lukt	Tekstur	Pupiller	Form	Farge	Slim	Lukt	Blodfarge	Lukt	
Dag 7 Gj. snitt (n = 6)	0	1	1	1	0	0	0	0,7	0,7	0	0	4,3
Dag 14 Gj. snitt (n = 6)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,3	1,5	0,3	1,3	11,7

3.2 Farge på muskel

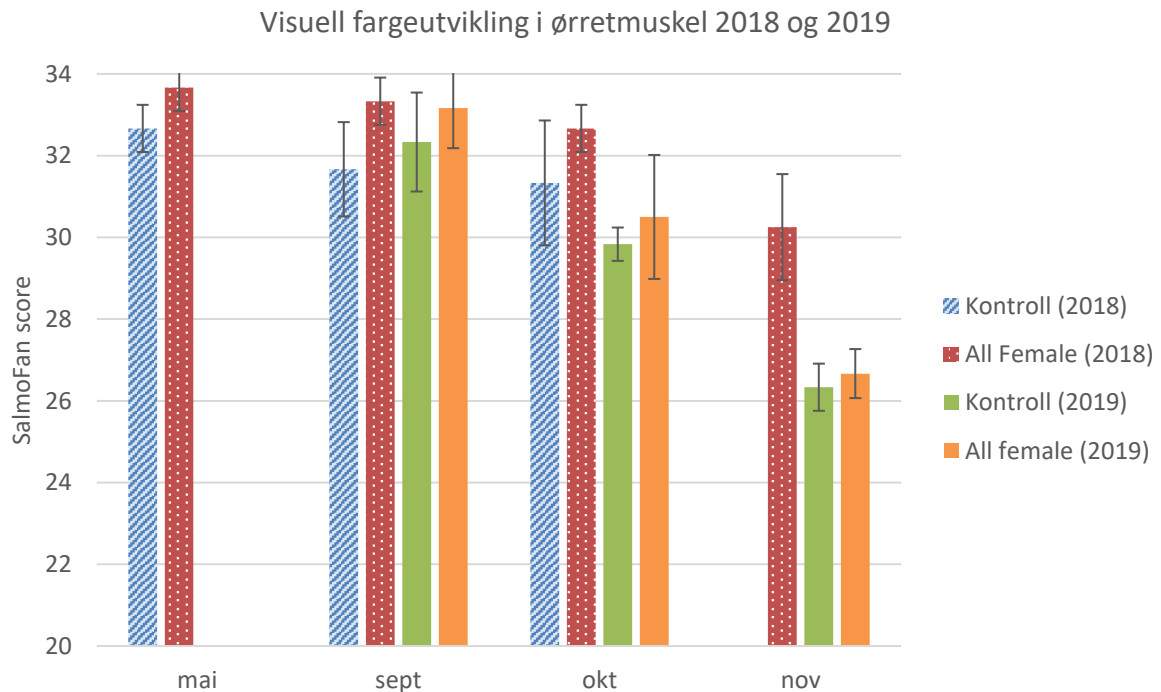
Resultatene i Tabell 5 viser at ørreten som ble slaktet 2. september (G1) og 3. november (G2) hadde signifikant lavere SalmoFan-score, enn ørreten som ble slaktet den 7. desember (G3). Visuell vurdering av fargen ble vurdert på samme punkt i høyryggen rett over bukfinnen på samtlige fileter. Den instrumentelle måling baserer seg på data fra et større område langs hele loinen (høyryggen) på fileten. Dårlig innfarging på fisken i G1 og G2, ujevn pigmentering på overflaten til enkeltfileter og få fisk i prøvematerialet har bidratt til relativt stort standard avvik (std.). På grunn av stort avvik er det derfor vanskelig å finne mulige signifikante endringer i SalmoFan under kjølelagringen. Unntaket er visuell vurdering i Gruppe 2 og ved instrumentell måling av gruppe 3. Her er det indikasjon på at fargen på filetene er noe redusert fra dag 7 til dag 14, under kjølelagringen.

Tabell 5 Viser muskelfarge (SalmoFan) hos regnbueørret etter kjølelagring i 7, 14 og 20 dager. De små bokstavene (a, b eller c) indikerer signifikant forskjell ($p < 0,05$) i SalmoFan mellom de ulike slaktedatoene og lagringsdagene. Gruppene (G1, G2 og G3) som har samme bokstav (a, b eller c) i kolonnen indikerer ingen signifikant forskjell.

Slaktedato	Lagringstid (dager)	Antall	SalmoFan (visuelt vurdert)	Std.	SalmoFan (Instrumentelt målt)	Std.
G1: 02.sep	7	(n = 4)	28,3 ^c	1,0	27,9 ^c	1,5
	14	(n = 4)	29,8 ^b	1,0	30,4 ^b	1,3
	20	(n = 4)	28,0 ^c	1,2		
G2: 03.nov	7	(n = 4)	29,5 ^b	0,6	27,3 ^{cd}	2,5
	14	(n = 4)	28,5 ^c	0,6	-	-
G3: 07.des	7	(n = 6)	31,7 ^a	0,6	32,6 ^a	0,9
	14	(n = 6)	31,5 ^a	1,4	29,3 ^{bc}	2,5

Når vi sammenligner SalmoFan-verdiene med kaviar-fisken (moden regnbueørret) som ble slaktet i sesongen 2018 og 2019 (Figur 1), så er SalmoFan-verdiene på fisken i 2020 noe lav, og tilnærmet det som ble funnet på kjønnsmoden ørret i oktober og november 2018 og 2019. Dårlig innfarging og feilpigmentering fører ofte til reklamasjoner og nedgradering av produktet. Årsaken til dårlig innfarging

og feilpigmentering er usikker, men man kan ikke utelukke at fiskens dårlige tilstand (produksjonslidelser) når den ble satt i sjøen, kan ha spilt inn med tanke på produktkvaliteten. Når nytt produksjonsregime skal innføres, er det særs viktig at kvaliteten på rogn og yngel er best mulig. Dette for å unngå framtidige utfordringer med produksjonen av regnbueørreten i sjøfasen, og som kan bidra til å redusere noe av variasjonene i datamaterialet.



Figur 1 Utviklingen av fargescore (snitt \pm std.) på ørretfileten fram mot sluttmodningen og utslaktning sesongen 2018 og 2019 (Olsen et al., 2020).



Bilde 3 Kraftige blødninger i muskel, etter skader fra strømbedøving, er kvalitetsfeil som er vanskelig å oppdage før fisken fileteres. Mye restblod i fileten kan påvirke muskelfargen under lagring.

3.3 Trekkraft for fjerning av pinnebein

Resultatet fra fjerning av pinnebein fra ørretfiletene som ble slaktet i 2020 (Tabell 6), er noe lavere enn det vi har funnet i tidligere forsøk fra 2019-sesongen. Trekkraften for å fjerne pinnebeinene i 2019 var på 1260 ± 172 gram, etter 8 dager kjølelagring og 1063 ± 260 gram etter 14 dager (Olsen *et al.*, 2020). Årsaken til dette kan komme av at fisken i 2019 var betydelig større og var inne i sluttmodningen (6 kg og 1,5–2 år i sjø). Trekkraften for å fjerne pinnebein vil være påvirket av både tykkelsen på fileten, samt at bindevevet på eldre fisk trolig vil være noe sterkere enn hos yngre fisk. I 2017-sesongen ble det gjennomført forsøk på umoden regnbueørret (snittvekt 2,6 kg). Trekkraften for å fjerne pinnebeinene fra filetene var på 480 ± 122 gram, etter 8 dager kjølelagring og 487 ± 120 gram etter 14 dager (Olsen *et al.*, 2018). Disse resultatene samsvarer godt med trekkraften for å fjerne pinnebein fra ørretfileten høsten 2020. Dette indikerer at det kan være en sammenheng mellom størrelse og alder på fisken, med tanke på kraften som må til for å fjerne pinnebein fra filetene.

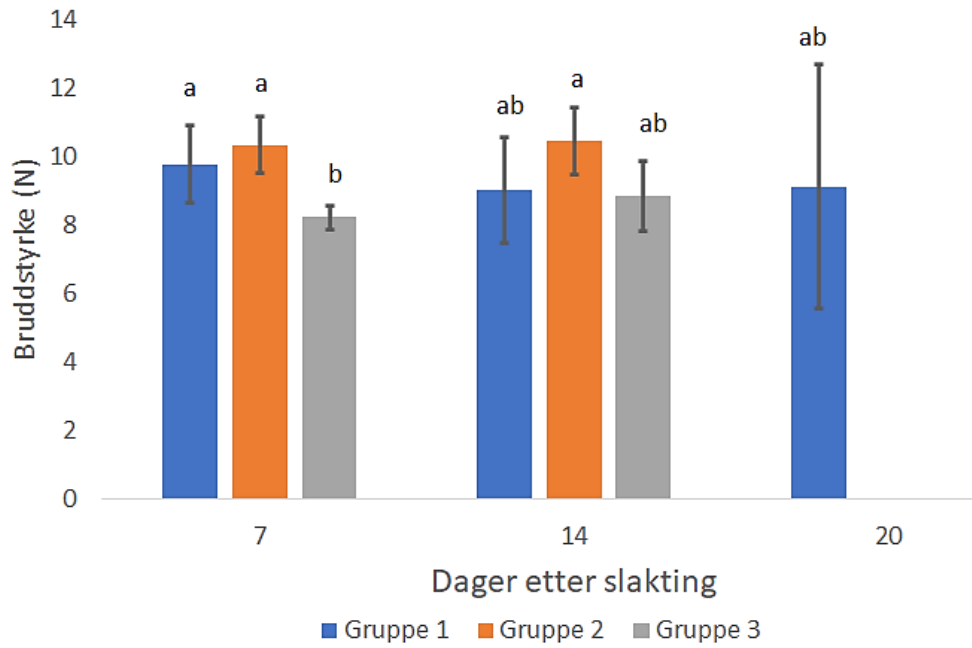
Når man ser på resultatene fra trekkraft for å fjerne pinnebein på fisken som ble slaktet 2. september, så faller trekkraften mot slutten av lagringsperioden. Tilsvarende nedgang i trekkraft ble ikke observert i gruppe 2 og 3. Årsak til at trekkraften holder seg bedre i gruppe 2 og 3 kan komme av at veksten og de biokjemiske prosessene i muskelen er redusert fram mot vinteren, noe som kan ha bidratt til at teksturen holder seg lengere under kjølelagringen. Det er godt kjent fra både ørret og laks, at muskelen kan være noe svakere (bløtere tekstur og mer filetspalting) i perioder (sommer og høst) der fisken vokser hurtig (Bugeon *et al.*, 2004; Hyldig & Nielsen, 2007).

Tabell 6 Viser kraften for å fjerne pinnebeinene fra ørretfilet etter kjølelagring. De små bokstavene (a, b) indikerer signifikant forskjell ($p < 0,05$) i trekkraft mellom 7, 14 og 20 dager med kjølelagring av regnbueørret.

Slaktedato	Lagringstid (dager)	Antall	Trekkraft (gram)	Std.av
02.sep	7	(n = 4)	616 ^a	93
	14	(n = 4)	291 ^b	104
	20	(n = 4)	349 ^b	65
03.nov	7	(n = 4)	618 ^a	148
	14	(n = 4)	574 ^a	146
07.des	7	(n = 6)	665 ^a	79
	14	(n = 6)	600 ^a	76

3.4 Teksturmåling

Når man ser på resultatene fra teksturanalysen og sammenligner disse med trekkraft for å fjerne pinnebein, så er det en sammenheng mellom bruddstyrke på fileten og trekkraft, spesielt i gruppe 1 (Figur 2). Selv om det ikke er signifikante forskjeller i bruddstyrke på fileten mellom dag 7, 14 og 20, så er det en trend at bruddstyrken reduseres fram mot dag 14 i lagringsperioden. Tilsvarende nedgang i bruddstyrke ble ikke observert i gruppe 2 og 3. Disse resultatene samsvarer også med kraften som ble målt for å fjerne pinnebeinene fra filetene (Tabell 6). Årsak til at tekstur og trekkraft holder seg bedre i gruppe 2 og 3 er usikkert, men man kan ikke utelukke at muskelveksten er avtagende fram imot desember og har bidratt til å styrke muskeltekstur og bindevev. Resultatene fra dette forsøket indikerer at teksturen på regnbueørreten som slaktes mot slutten av året endrer seg lite de første 14 dagene av kjølelagring.



Figur 2 Viser kraften (Newton) som må til for å bryte overflaten på ørretfileten med en 12 mm sylindrisk probe. De ulike små bokstaver (a eller b) i figuren indikerer signifikant forskjell ($p < 0.05$) i bruddstyrke mellom gruppene. En kolonne med små bokstaver (ab) indikerer ingen signifikant forskjell mellom de kolonnene som er merket enten med a eller b. Det vil si at gruppe 3, lagret 7 dager er signifikant forskjellig fra gruppe 1 og 2, som er lagret 7 dager. Gruppe 3, som er lagret 7 dager er også signifikant forskjellig fra gruppe 2 som er lagret 14 dager.

4 Konklusjon

Dersom regnbueørreten er tilstrekkelig kjølt (0–1 °C) etter slakting, samt at fisken holdes kjølt under transport og lagring vil holdbarheten være på cirka 20 dager fra slaktetidspunktet.

Fargen på muskelen på regnbueørreten i dette partiet (høsten 2020) er for dårlig. Fileten har relativt lav SalmoFan-score, sammenlignet med filet fra tidligere år. Det er også indikasjoner på at filetene holder dårlig på fargen under kjølelagring og kan tape 1–2 SalmoFan-score i løpet av 14 dager.

Trekraften for å fjerne pinnebeinene på filet fra umoden regnbueørret (2–3 kg) som har stått i sjøen rundt 1 år, er betydelig svakere enn det som er målt tidligere på stor kjønnsmoden regnbueørret (6+ kg), som har stått ca. 1,5–2 år i sjøen før slakting.

Kraften for å fjerne pinnebein fra ørretfiletene er relativt stabil gjennom kjølelagringen. Disse resultatene samsvarer med teksturmåling på filet, som ikke viser signifikante forskjeller i bruddstyrke utover i kjølelagringen.

5 Referanser

- Akse, L., T. Tobiassen & G. Martinsen (2011). Pre-rigor injeksjonssalting av laksefilet- Krymping avhengig av tid post mortem før filetering og salting- Trekkraft for å løsne tykkfiskbein før og etter salting pre-rigor. Rapport 8/2011, Nofima, Tromsø.
- Bugeon, J., F. Lefèvre & B. Fauconneau (2004). Correlated changes in skeletal muscle connective tissue and flesh texture during starvation and re-feeding in brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **84**:11, pp. 1433–1441.
- Erikson, U., F. Shabani, E. Beli, S. Muji & A. Rexhepi (2018). The impacts of perimortem stress and gutting on quality index and colour of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during ice storage: a commercial case study. *European Food Research and Technology*, **244**:2, pp. 197–206.
- Hansen, T., A. Wargelius, G.L. Taranger & P.G. Fjellidal (2012). Oppdrett av steril fisk. Rapport fra Havforskningen, 13-2012.
- Heia, K., A.H. Sivertsen, J.P. Wold, S. Ottestad, U. Böcker, M. Carlehög, T. Altintzoglou, I. Sone & B. Gundersen (2012). Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet. Rapport 7/2012, Nofima, Tromsø.
- Hyldig, G. & D. Nielsen (2007). Texture of fish, fish products, and shellfish. In: Nollet, L.M.L. (Ed.), *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*. Blackwell Publishing, Ames, IA, pp. 549–561.
- Johnston, I.A., R. Alderson, C. Sandham, A. Dingwall, D. Mitchell, C. Selkirk, D., Nickell, R. Baker, B. Robertson, D. Whyte & J. Springate (2000). Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, **189**:3–4, pp. 335–349.
- Johnston, I.A., S. Manthri, R. Alderson, P. Campbell, D. Mitchell, D. Whyte, A. Dingwall, D. Nickell, C. Selkirk & B. Robertson (2002). Effects of dietary protein level on muscle cellularity and flesh quality in Atlantic salmon with particular reference to gaping. *Aquaculture*, **210**:1–4, pp. 259–283.
- Johnston, I.A., S. Manthri, R. Bickerdike, A. Dingwall, R. Luijckx, P. Campbell, D. Nickell & R. Alderson (2004). Growth performance, muscle structure and flesh quality in out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts reared under two different photoperiod regimes. *Aquaculture*, **237**, pp. 281–300.
- Johnston, I.A., S. Manthri, A. Smart, P. Campbell, D. Nickell & R. Alderson (2003). Plasticity of muscle fibre number in seawater stages of Atlantic salmon in response to photoperiod manipulation. *Journal of Experimental Biology*, **206**, pp. 3425–3435.
- Johnstone, R. & P.M. Maclachlan (1994). Further observations on the sex inversion of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using 17D methyl testosterone. *Aquaculture and Fisheries Management*, **25**, pp. 855–859.
- Johnstone, R., T.H. Simpson & A.F. Youngson (1978). Sex reversal in salmonid culture. *Aquaculture*, **13**, pp. 115–134.
- Mørkøre, T. (2008). Tekstur i oppdrettslaks. Kunnskapsstatus og forhold som bidrar til fastere fillet. Rapport 32/2008, Nofima, Tromsø.
- Mørkøre, T. (2012) Filet av oppdrettslaks: Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger. Rapport 17/2012, Nofima, Tromsø.
- Mørkøre, T., E.O. Koppang, M. Espe, T. Larsson, E. Veiseth, B.F. Terjesen, I.B. Standal & K.A. Rørvik (2010). Optimalt fôr som gir fast fillet. Rapport 37/2010, Nofima, Tromsø.
- Mørkøre, T., T. Ytrestøyl, B. Ruyter, B.E. Torstensen & M.S. Thomassen (2014). Kvalitetsaspekter hos laks som matvare ved endret fettsyresammensetning. Rapport 19/2014, Nofima, Tromsø.

- Mørkøre, T., M. Åsli, J.E. Dessen, K.W. Sanden, M.T. Bjerke, K.G. Hoås & K. Rørvik (2013). Tekstur og fett i laksefilet. Rapport 38/2012, Nofima, Tromsø.
- Olsen, S. H., T. Tobiassen, F. Sandvik, M. Kalberg, A. Hustad, K. Heia & S.I. Siikavuopio (2020). Ekstra tilskudd med astaxanthin i fôret til regnbueørret før sluttmodningen - Kvalitet på rogn og muskel. Rapport 18/2020, Nofima, Tromsø.
- Olsen, S.H., S.I. Siikavuopio, T. Tobiassen, K. Heia, A. Hustad & M. Kalberg (2019). Tidlig innfarging av regnbueørret – kvalitet på rogn og muskel. Rapport 18/2019, Nofima, Tromsø.
- Olsen, S.H., T. Tobiassen, K. Heia, A. Hustad & S.I. Siikavuopio (2018). Kjølelagring av laks og regnbueørret - Kvalitet og holdbarhet. Rapport 6/2018, Nofima, Tromsø.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **191**, pp. 1–382.
- Sheehan, R.J., S.P. Shasteen, A.V. Suresh, A.R. Kapuscinski & J.E. Seeb (1999). Better growth in all-female diploid and triploid rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society*, **128**: 3, pp. 491–498.
- Siikavuopio, S.I., S.H. Olsen, T. Tobiassen, K. Heia & M. Kalberg (2017). Sesong og kjønnsmodning – betydning på rogn og muskelkvalitet hos ørret. Rapport 3/2017, Nofima, Tromsø.
- Sissener, N., B.E. Torstensen, B. Ruyter, T.K. Østbye, R. Waagbø, S.M. Jørgensen, B. Hatlen, N.S. Liland, E. Ytteborg, Ø. Sæle, I. Rud, S.C. Remø, T. Mørkøre, J.E. Dessen, K. Skjerven, T. Ytrestøyl, E. Holen, G.M. Berge & A.C. Adam (2016). Effekter av endret fettsyresammensetning i fôr til laks relatert til fiskens helse, velferd og robusthet (Fett for fiskehelse): Oppdatering 2016. Rapport 2016, Nifes, Nofima og FHF.
- Wilkins, N.P., D. Cotter & N. O'Maoilèidigh (2001). Ocean migration and recaptures of tagged, triploid, mixed-sex and all-female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from rivers in Ireland. *Genetica*, **111**, pp. 197–212.
- Ytrestøyl, T., G. Struksnæs, W. Koppe & B. Bjerkeng (2005). Effects of temperature and feed intake on astaxanthin digestibility and metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, **142**:4, pp. 445–455.
- Ytrestøyl, T., A. Dikiy, E. Shumulina, G. Bæverfjord, A. Krasnov, A. Ciampa, ... & K.A. Rørvik (2019). Effekt av fôr, temperatur og stress på pigmentering i laks-Faglig sluttrapport. Rapport 24/2019, Nofima, Tromsø.

