



Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Kvalitetsendringer hos pukkellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*) i forbindelse med kjønnsmodning

Jarle Stigum Frimanslund og Emil Hosen

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap. FSK 3960. Mai 2024



Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på Fiskerikandidat studiet. 5 år på Norges fiskerihøyskole er gjennomført. For fem år siden da vi for første gang møttes var akkurat andre sesong med pukkelaksinvasjon hendt. Nå 5 år etter vi ferdige med oppgaven og vi begir oss begge ut på nye eventyr, på hver vår side av landet.

Vi vil gjerne utrykke vår takknemlighet til alle som har bidratt til vår masteroppgave. En spesiell takk går til våre eminente veiledere. Gjennom et helt år har dere støttet og veiledet oss med en dedikasjon som er sjelden å finne. Det har vært en privilegert reise vi tror kun et fåtall studenter får mulighet til å oppleve. Vi har vært gjennom utallige lange dager og helger. Margrethe Esaiassen, Stein Harris Olsen, Torbjørn Tobiassen, Sten Ivar Siikavuopio og Tonje Kristin Jensen, dere er rå! Den kunnskap, tålmodighet og brennende engasjement for faget må vi ta av oss hatten for.

Ellers må vi få takke Nofima Tromsø, og spesielt takk til resten av sjømatindustri for bistand og hjelp til veiledning på laboratoriearbeidet, dette gjelder spesielt Ingrid Maribu, Tatiana Ageeva og Kristin Beate Hansen. Vi må også få takke NFH v/ Guro Kristine Edvinsen og Tone Fris Aune for veiledning til laboratoriearbeid som ikke kunne gjennomføres på Nofima. Takk til Norges Råfisklag for støtte til feltarbeid sommeren 2023.

Takk til Nofima for deres bidrag igjennom Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering, FHF prosjektet Stillehavslaks 2.0 (FHF prosjektnummer 901865). Takk til arbeidsgiverne våre for å tilrettelegge slik at vi kunne fokusere på masteroppgaven gjennom hele året.

Takk til Elise-Agnethe Johnsen for god hjelp under feltarbeidet.

Takk til KJFF for at vi fikk hente ut prøvemateriale fra not og felle.

Takk også til Ann Sissel Hosen og Roy Oskar Hosen for lån av bil og hytte under feltarbeid.

Vi takker familie for korrekturlesing og motivasjon, spesielt takk til Rune Stigum Olsen.

Takk til våre samboere for hverdagsmagi.

Tromsø, mai 2024

Jarle Stigum Frimanslund og Emil Hosen

Antall ord: 17555

Sammendrag

Den store forekomsten av pukkellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*) langs kysten og elvene i Norge har siden 2017 ført til stor oppmerksomhet rundt arten. Det har vært innført flere tiltak for bekjempelse av den invaderende arten, hvor fokuset har vært å forhindre mest mulig fisk i å gyte. Fisken har blitt sett på som et problem, og ikke blitt forvaltet som en potensiell ressurs. Dette studiet ble gjennomført for å øke kunnskapen om kvalitetsendringer under kjønnsmodning av pukkellaks, med tanke på å kunne utnytte den som mat.

For å kunne utnytte pukkellaksen best mulig som en ressurs, er det viktig å kjenne hvordan sammensetning og kvalitetsegenskaper endres når fisken går fra sjø og opp i elv for å gyte. I denne oppgaven er det utviklet et system for gradering av kjønnsmodning for pukkellaks. Fisken ble delt inn i fire ulike grupper; *Fisk Med Kjønnsmodningsgrad (FMK)* 0, 1, 2 og 3, basert på fiskens ytre kjennetegn. Det er videre sett på hvordan sammensetningen (fett, vann, protein og aske) og fargen i fileten endres gjennom kjønnsmodningen. I tillegg er det sett på kvalitetsendringer under kjølelagring av tint fisk.

Vanninnholdet i pukkellaks økte signifikant under kjønnsmodning, mens protein-, fett- og askeinnholdet ble redusert. Innholdet av flerumettede (PUFA) og mettede fettsyrer (SFA) ble redusert fra FMK 0 til FMK 1 og deretter ble den stabilisert. Innholdet av monoumettede fettsyrer (MUFA) ble redusert fra FMK 0 til FMK 1, og videre redusert til FMK 2. Pukkellaksen har lavere innhold av SFA, MUFA og PUFA enn både oppdrettslaks og villaks, men fortsatt vil et daglig inntak av 138 g FMK 0 eller 250 g FMK 3 dekke det daglige behovet for eikopentosansyre (EPA) og doksaheksaensyre (DHA). Når det gjelder farge hadde FMK 3 signifikant lavere rødfarge enn de andre gruppene.

Ved start av kjølelagring hadde FMK 0 bedre kvalitet i henhold til metoden *Filetindeks* enn de øvrige gruppene. Kvaliteten til alle gruppene ble forringet gjennom lagringen, men forringelsen var relativt liten. Dette kan skyldes at fisken var fryst og tint før kjølelagringen.

Nøkkelord: Pukkellaks, kvalitet, kvalitetsendring, filetindeks, fargemåling, kjemisk sammensetning, kjønnsmodning

Summary

The big occurrence of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) along the coast and rivers of Norway since 2017 has led to great attention around the species. Several measures have been introduced to combat the invading species, where the focus has been to prevent as many fish as possible from spawning. The fish have been looked upon as a big problem, and not a potential resource. This study was conducted to increase the understanding of quality changes during sexual maturation, with a view to utilize it as food.

To best utilize the pink salmon as a resource, it's important to understand how composition and quality properties change as the fish migrates to the rivers from sea to spawn. In this study, a system for grading sexual maturation of pink salmon has been developed. The fish were divided into four different groups; Fish with sexual Maturation degree (FMK) 0, 1, 2 and 3, based on the fish's external characteristics. Further it has also been looked at how the composition (fat, water, protein, and ash) and the color in fillets changes during sexual maturation. Additionally, it examined quality changes during chilling storage of thawed fish.

The water content in pink salmon significantly increased during sexual maturation, while the content of protein, fat and ash decreased. The content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and saturated fatty acids (SFA) decreased from FMK 0 to FMK 1 and then stabilized. The content of monosaturated fatty acids (MUFA) decreased from FMK 0 to FMK 1 and further decreased to FMK 2. Pink salmon has lower levels of SFA, MUFA and PUFA than both farmed- and wild salmon, but a daily intake of 138 g FMK 0 or 250 g FMK 3 would meet the daily requirement for the important fatty acids EPA and DHA. Regarding color, FMK 3 had significantly lower red color than the other groups.

At the start of chilling storage, FMK 0 had better quality according to the Fillet Index method than the other groups. The quality of all groups deteriorated during storage, but the deterioration was relatively small. This may be due to the fish being frozen and thawed before chilling storage started.

Keywords: Pink salmon, quality, quality changes, fillet index, color measurement, chemical composition, sexual maturation.

Innholdsfortegnelse

Forord	II
Sammendrag	IV
Summary	V
1 Introduksjon	1
1.1 Formål med oppgaven	2
2 Teori	3
2.1 Forekomst i Norge	3
2.2 Pukkellaksens biologi	4
2.3 Fangst av pukkellaks	5
2.4 Påkjenning og stress under fangst	6
2.5 Pukkellaks som mat	7
2.6 Kvalitet og kvalitetsendringer	7
2.6.1 Sammensetning	8
2.6.2 Kvalitetsendring under lagring	8
3 Material og metode.....	10
3.1 Prøvemateriale	10
3.1.1 Fangst i sjø	10
3.1.2 Fangst i elv	11
3.2 Analyser.....	12
3.2.1 Filetindeks	12
3.2.2 Fargemålinger.....	14
3.3 Kjemiske analyser.....	16
3.3.1 Vanninnhold	17
3.3.2 Askeinnhold	17
3.3.3 Proteininnhold	17
3.3.4 Fettprosent.....	19

3.3.5	Fettsyresammensetning	19
3.3.6	Gasskromatografi	20
3.4	Statistiske analyser	21
4	Resultater og diskusjon	22
4.1	Vurdering av forsøksmaterialet	22
4.2	Vurdering og gradering av kjønnsmodning.....	24
4.2.1	Vurdering av kjønnsmodningsgrad.	25
4.3	Kvalitetsendringer under kjølelagring av fileter.....	32
4.4	Endringer i filetfarge i ulike kjønnsmodningsgrad.....	37
4.5	Vann-, protein-, fett- og aske-innhold	43
4.6	Fettsyreinnhold	46
5	Konklusjon	49
6	Videre arbeid	50
7	Litteraturliste	51
8	Vedlegg	59
8.1	Tabell for sensorisk vurdering av rå prøver (filetindeks) (Vedlegg 1) (Akse et al., 2007, s. 8).....	59
8.2	Skjema for vurdering av kjønnsmodningsgrad på Ketalaks (vedlegg 2) (Reid, 1991, s. 43-45).....	60

Formler

Formel 1: Grader arctan.	15
Formel 2: Angle of hue	15
Formel 3: Chroma	15
Formel 4: Prosent vann	17
Formel 5: Prosent aske	17
Formel 6: Prosent protein.....	18
Formel 7: Prosent fett.....	19
Formel 8: Mengde fettsyre i gram pr 100 gram prøve	20

Tabeller

Tabell 1: Antall pukkellaks fanget i sjø og elv fra 2019 til 2023. Hentet fra statistisk sentralbyrå og miljødirektoratet (Statistisk sentralbyrå, 2023a, 2023b; Miljødirektoratet, u.å)	3
Tabell 2: Bedømmelsesskjema for filetindeks utviklet av Fiskeriforskning med noen modifikasjoner.....	13
Tabell 3: Gjennomsnitt for lengde (cm), rund vekt (g), sløyd vekt (g) og mageinnhold for fisk med ulik kjønnsmodningsgrad	22
Tabell 4: Oppsummeringsskjema, utviklet for vurdering og gradering av kjønnsmodningsgrad hos pukkellaks	30
Tabell 5: Samlet verdi for farge, salmofan, og minolta. Vist i ulike kjønnsmodningsgrader. Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).....	40
Tabell 6: Oversikt over resultatet av kjemiske analyser gjort på vann, protein, fett og aske, resultatet er vist i hver kjønnsgrad fra 0 – 3 og oppgitt i (%) \pm standardavvik. Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).	43
Tabell 7: Oversikt over alle fettsyrer i pukkellaks, gitt i fettsyrer i gram pr 100 gram muskel (g FA/100g). Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).	46

Figurer

Figur 1: Skisse over Campbell Andersen not.....	10
Figur 2: Skisse over felle plassert i komagelva.....	11
Figur 3: Illustrasjon av tredimensjonal CIELAB fargekart. $-a^*$ = grønn; $+a^*$ = rød; $-b^*$ = blå; $+b^*$ = gul; h_{ab} = angle of hue; C^*_{ab} = Chroma; L^* = lysintensitet (hvit-svart) (Dini et al., 2019, s. 238).....	16
Figur 4: Bilde av en hann, vurdert til kjønnsmodningsgrad 0. Fra hode og bak til starten av ryggfinnen er det tydelig redskapsmerker (kilenot) med mulig deformasjon i forbindelse med fangst, som gjorde nakkeknekk og pukkellaks til et lite egnet kjennemerke (røde ringer)	25
Figur 5: Bilde av en hunn, vurdert til gradering 1. Den helhetlige fargen, samt antydning til flekkene under sidelinjen (røde ringer) er det som merkbart skiller seg fra kjønnsmodningsgrad 0.	26
Figur 6: Bilde av en hann, vurdert til kjønnsmodningsgrad 2. hvit pil indikerer de lyse buene, mørk pil indikerer de mørke buene som FMK 2 ofte får. Rød ring indikerer flekker/ujevne "parmerker" som starter rett under sidelinjen og beveger seg mot buken.....	27
Figur 7: Hann pukkellaks, vurdert til gradering 3. Hannfisk kan ha litt mer lys farge i forhold til hunnfisk, dette kan være en årsak av at pukkelen strekker ut skinnenet	29
Figur 8: Eksempler av hann og hunn fra hver kjønnsmodningsgrad.	31
Figur 9: Median totalscore filetindeks (lukt, spalting, overflate og konsistens) fra fisk med ulike kjønnsmodningsgrad utover i kjølelagring. Grønn■: FMK 0. Lagring dag 1 (n= 45), Lagring dag 7(n=18), Lagring dag 14 (n=19). Rød●: FMK 1+2. Lagring dag 1 (n=9), lagring dag 7 (n=5), lagring dag 14 (n=4). Blå▲: FMK 3. Lagring dag 1 (n=17), lagring dag 7 (n=7), lagring dag 14 (n=10).....	33
Figur 10: Utvendige og innvendig skade etter kilenot på en filet fra kjønnsmodningsgrad 0 (gul ring).....	34
Figur 11: 11A: Gul ring viser antydning til spalting (score 1). 11B: Gule ringer viser en filet som hadde mye spalting (score 3)	35
Figur 12:Eksempel på konsistens. 12A: fast filet, kjølelagret 1 dag (score 0). 12B: Samme filet 14 dager kjølelagret. Tydelige fingermerker midt på fileten etter konsistensmåling (score 2).....	36
Figur 13: Variasjon av farge på filet fra ulike kjønnsmodningsgrad. Til venstre er det filet fra FMK 0, til høyre er det filet fra FMK 3.	37

Figur 14: 14A: FMK 0 (score 0), 14B: FMK 0 (score 1), 14C: FMK 3 (score 2), 14D: FMK 3 (score 3).....	38
Figur 15: Tre forskjellige farge, til venstre FMK 3 (score 3), i midten FMK 1 (score 0) og til høyre FMK 3 (score 2)	38
Figur 16: Bedømming ved bruk av salmofan. 16A: filet fra FMK 3 (score 21), 16B: filet fra FMK 1 (score 24)	39
Figur 17: Filet fra FMK 3, mistet lysintensitet (L^*), angle of hue har beveget seg mot gult, fargemetningen (chroma) er blitt redusert.....	41
Figur 18: Utvikling av farge under lagring av FMK 0. 18A: 1 dag kjølelagret, 18B: 14 dager kjølelagret.....	42
Figur 19: Utvikling av farge under kjølelagring av FMK 1-2. 19A: 1 dag kjølelagret, 19B: 14 dager kjølelagret	42
Figur 20: Utvikling av farge under kjølelagring av FMK 3. 20A: 1 dag kjølelagret, 20B: 14 dager kjølelagret.....	43

Forkortelser:

DHA	Dokosaheksaensyre (C20:5n-3)
EPA	Eikosapentaensyre (C22:5n-3)
FA	Fettsyrer
FID	Flammeionisasjonsdetektor
FMK	Fisk med kjønnsmodningsgrad
GC	Gasskromatografi
IS	Internstandard
MUFA	Enumettet fett
NQC	Norwegian quality cut
PUFA	Flerumettet fett
RGB	Grunnfargene: rød, grønn og blå
SE	Sløyd elvefisk
SFA	Mettet fett
SS	Sløyd sjøfisk
US	Usløyd sjøfisk

1 Introduksjon

Pukkellaks, *Oncurhynchus gorbuscha*, er en art som opprinnelig ikke tilhører norske farvann. Utbredelsen av arten til Norge er et resultat av russisk utsetting av pukkellaks i Murmanskområdet i årene 1956-1978. Under introduksjonen av både pukkellaks og ketalaks (*Oncurhynchus keta*) til Barentshavet og Hvitehavet, ble det i perioden fraktet over 200 millioner egg fra begge artene med skip fra Sakhalin Island til Kolahalvøya (Heard, 1991, s. 131). Fra og med 1960-tallet har norske laksefiskere fått fangster av pukkellaks (Rasmussen, 1961, s. 1), men det store innrykket kom i 2017. Fra 2017 har pukkellaksen derfor fått økende oppmerksomhet i Norge, og spesielt langs kystområdene og elvene i Finnmark hvor bestanden har økt betydelig (Berntsen et al., 2018, s. 7-10).

Pukkellaksen er også kjent som stillehavslaks, og blant fiskere, som russerlaks (Rasmussen, 1961, s. 1). Den har også vært omtalt som zombielaks i media (Brekke, 2023) noe som kan skyldes at fisken begynner å gå i oppløsning før den til slutt dør. I andre deler av verden, f.eks. Alaska, Canada og Russland, er fisken en ettertraktet og økonomisk viktig art. Pukkellaksen anses som en god matfisk, dersom den blir fanget i sjøen (Vøllestad & Halleraker, 2023). I Norge er pukkellaks sett på som en invaderende og uønsket art som er en trussel og konkurrent både til villaksen (*Salmo salar*), sjørøyen (*Salvenius alpinus*) og sjøørreten (*Salmo trutta trutta*) (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2023). På bakgrunn av dette har det vært flere private initiativ for utfisking i elv, hvor hovedfokuset har vært å begrense reproduksjonen til pukkellaksen (Forseth et al., 2023, s. 10).

Det er som nevnt vanligvis bare umoden pukkellaks som er fanget i sjø som har blitt ansett å være god nok til human konsum (Lorentzen, 2023b), og en liten andel sjøfanget pukkellaks har vært anvendt til menneskemat i Norge. Det blir imidlertid fisket ut stadig større mengder pukkellaks fra norske elver. Fram til 2022 ble mesteparten av pukkellaksen fanget i norske elver rutinemessig destruert og dumpet (Statsforvalteren i Troms og Finnmark, 2022). På grunn av den store bestandsveksten og store mengder pukkellaks i enkelte områder er imidlertid interessen for å utnytte fisken som en mulig ressurs stadig blitt diskutert, både blant fiskere og andre interessenter (Vik, 2023). Herunder utnyttelsen av pukkellaks fanget både i sjø og i elv.

1.1 Formål med oppgaven

For å kunne utnytte pukkellaksen best mulig som en ressurs, er det viktig å kjenne hvordan sammensetning og kvalitetsegenskaper endres når fisken går fra sjø og opp i elv for å gyte.

Denne oppgaven har derfor fokusert på å studere sammensetning i fiskemuskelen (fett, vann, protein og aske) og fargeendringer i fileten fra pukkellaks gjennom ulike stadier i kjønnsmodning, samt hvordan egenskaper som lukt, konsistens, overflate og spalting endres for disse under kjølelagring av fileten fra tint råstoff. For å se på sammenhengen mellom kjønnsmodningsgrad og ulike kvalitetsparametere, vil det bli utviklet et system for vurdering og gradering av kjønnsmodning.

2 Teori

2.1 Forekomst i Norge

De senere årene har det vært en voldsom vekst i tilsiget av pukkellaks i Norge. I 2015 gjennomførte Naturtjenester i Nord AS et prosjekt på kartlegging, overvåkning og uttak av pukkellaks i forskjellige vassdrag i Finnmark. Det ble totalt observert 383 individer, hvorav 78 ble tatt ut (Muladal, 2016, s. 13). Dokumentering og håndtering av pukkellaks startet for alvor i hav og elver i Norge i 2017. Ved hjelp av frivillige fiskere fra sjø- og elvefiske, samt støtte fra Miljødirektoratet og deres bruk av egne midler ble det satt i gang et systematisk register for registrering av pukkellaks i Norge (Berntsen et al., 2018, s. 7). Det ble rapportert at det var fanget totalt 4264 fisk i Finnmark, hvorav 143 ble fanget i sjø og 4121 ble fanget i elv. Totalt ble det observert 4997 individer i elver i Finnmark i 2017 (Berntsen et al., 2018, s. 10).

På bakgrunn av dette ble det i 2019 igangsatt et uttaksfiske etter pukkellaks langs kysten og i elvene for å hindre at arten skulle formere seg. En kan si at det var et skifte i 2017 hvor pukkellaksen gikk fra å ha en ubetydelig oppmerksomhet til å få svært mye oppmerksomhet langs hele kysten, men spesielt i Nord-Norge.

Tabell 1 viser en oversikt over totalt antall fanget pukkellaks i årene 2019 til og med 2023. Man ser en stadig økning, og den er spesielt stor i oddetallsårene. Statistisk sentralbyrå har ingen oppføring på fangst av pukkellaks i elv og sjø før 2019.

Tabell 1: Antall pukkellaks fanget i sjø og elv fra 2019 til 2023. Hentet fra statistisk sentralbyrå og miljødirektoratet (Statistisk sentralbyrå, 2023a, 2023b; Miljødirektoratet, u.å).

År	2019	2020	2021	2022	2023
Elvefiske.	13 925	47	111 803	81	249 496
Sjøfiske.	5 710	205	38 930	138	98 770

2.2 Pukkellaksens biologi

Pukkellaks er en av artene i slekten stillehavslaks (*Oncorhynchus spp*), som har sitt naturlige utbredelsesområde i Stillehavet. Pukkellaksen er den minste av stillehavslaksene og har en gjennomsnittlig størrelse på 1 – 2,5 kg. Samtidig er det den arten i slekten som er størst i populasjon og utgjør 60% av kommersielt fangstet stillehavslaks i det nordlige Stillehavet (Heard, 1991, s. 121).

Pukkellaksen er en anadrom laksefisk, den lever første og siste del av livssyklusen i ferskvann, og vandrer ut i havet for å vokse. Pukkellaksen skiller seg distinkt ut fra andre arter ved at den har den spesielle toårige livssyklusen; den lever i to år fra eggene blir befruktet i elven til den dør etter endt gyting. Etter gyting ligger eggene cirka 600 døgngrader før klekking. Klekkingen foregår under vinter eller tidlig vår (Muladal, 2016, s. 9). Første fase av livet livnærer yngelen seg på plommesekken, såkalt *plommeseckyngel*. Yngelen kommer frem fra grusen i mars-mai når plommesekken er konsumert. Den er da om lag 3 cm lang eller 0,2 gram, og har allerede opparbeidet sjøvannstoleranse (Sandlund et al., 2018, s. 1035). Yngelen begynner å vandre nedstrøms nesten umiddelbart etter de er kommet opp fra grusen, for å komme seg ut i havet (Heard, 1991, s. 121).

Hvor lang tid yngelen bruker ned til elvemunningen bestemmes av gyteplassens plassering i forhold til avstanden fra elvemunning/havet. Det er bevist at fisken tar til seg noe næring i elven i form av blant annet *Chironomidae* eller *Cyclopoida* før den vandrer ut. Fisken lever i elvemunningen og langs kysten en periode, opptil noen måneder, før den vandrer videre ut i havet hvor den blir frem til gyting (Sandlund et al., 2018, s. 1035-1045). Den fullvoksne pukkellaksen returnerer fra havet til elver hvor den toårige livssyklusen til pukkellaksen ender ved gyting. Den toårige livssyklusen medfører at arten har to forskjellige gytetider og derfor kan deles i to ulike populasjoner. Disse populasjoner er isolert fra hverandre slik at det ikke er mulig for dem å blande gener (Aspinwall, 1974, s. 296).

Når anadrom fisk vandrer opp i ferskvann for å gyte, går den gjennom en morfologisk og fysiologisk prosess hvor den blant annet utvikler såkalt *gytedrakt*. I tillegg skjer det en rekke biokjemiske prosesser i fiskens muskel. Blant annet endres hele utseendet til fisken, hvor skinnets farge, og kroppens fasong endrer seg utover i kjønnsmodningen. Hannen får den karakteristiske pukkelen med tilhørende nakkeknekk og kraftig kjevparti, noe som gir den et grotesk preg (Davidson & Shostrom, 1936, s. 5). Hunnfisken derimot får mindre morfologiske endringer da denne ikke får hverken kjeve, pukkellaks, eller nakkeknekk.

Hunnfisken får til gjengjeld opp mot gyting en utvidelse av buken på grunn av utviklingen av rogn (Davidson & Shostrom, 1936, s. 5).

Muskelen til fisken endres også betydelig fra den går opp i elven og fram mot sluttmodning (Mommsen, 2004, s. 385). Endringer i rødfarge, vann, protein, fett og aske er også dokumentert i muskelen til laks og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) (Siikavuopio et al., 2017, s. 1). Tilsvarende er også bekreftet av Love (1970, s. 97-98) hvor det beskrives at lipid, protein og aske reduseres kraftig under kjønnsmodning og når fisken slutter å spise. En pukkellaks som har kommet langt i kjønnsmodning med en kraftig gytedrakt, eller har blitt fangstet nært gytetidspunktet på høsten forbindes ofte med dårlig kvalitet (NINA, 2021).

Dette skyldes at når fisken blir kjønnsmoden slutter den å spise, som igjen fører til at fisken må bruke av allerede lagret energi, og da særlig av fett og protein for å klare å opprettholde og utvikle gonadeproduksjonen, samt klare resten av livssyklusen til endt gyting. Dette gir ekstremt stor påkjenning for fisken siden den blir tappet for store mengder energi uten noe form for påfyll (Love, 1970, s. 97-98). Dette igjen går direkte ut over struktursammensetningen til laksen da den må tære av egne reserver for å kunne gyte. Fiskens helse blir derfor naturlig nok stadig dårligere jo mer kjønnsutvikling den får (Davidson & Shostrom, 1936, s. 5). Dette medfører at fisken til slutt er så nedbrutt at den dør (Niemelä et al., 2016, s. 11).

2.3 Fangst av pukkellaks

Tradisjonelt sett har det ikke vært aktivt fiske etter pukkellaks i Norge. Dette kan forklares ved at arten har forekommet i relativt lave konsentrasjoner i norske farvann og elver tidligere år. Forskjellige metoder for fangst av pukkellaks har blitt testet ut på sjøen, hvor f.eks. garn, kilenot og snurpenot/strandnot har blitt forsøkt. Siden arten er ny og potensielt utgjør en trussel mot stedegne anadrome arter som sjørøye, villaks og sjørørret har tiltak blitt satt i gang for å bekjempe den i sjø. Her har blant annet Havforskningsinstituttet i 2023 et prosjekt i Finnmark med utsett av en kilenot utviklet til fangst av pukkellaks i sjø (Lorentzen, 2023a). Det har også blitt testet ut og vurdert forskjellige redskaper som kan brukes i sjø for å bekjempe pukkellaksen. Mange av de tradisjonelle redskapene slik som garn, kilenot og snurpenot/strandnot er ikke egnet på grunn av bifangst som følge av uegnet seleksjon i redskapene (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2023, s. 72-73).

Elvefangst av pukkellaks ble i 2021 hovedsakelig gjort ved dugnadsarbeid i mer enn 50 elver, og med hjelp av forskjellige fangstredskaper. Blant redskapene som ble benyttet var feller, garn/not, laksetrapp, harpun og fiskestang. Eksempel på hvordan en felle i elv kan se ut er vist i figur 2. De ulike redskapene ble benyttet i større eller mindre grad ut fra foreningenes ressurser og økonomi. Etter anbefaling fra statsforvalter i 2021 ble elveforeningene rådet til å bruke feller nederst i vassdraget der det var hensiktsmessig. Mange elveforeninger hadde ikke midler, kapasitet eller erfaring til å bygge, drifte eller utføre dette arbeidet som ble anbefalt. I disse elvene ble det satt i gang andre tiltak i form av garn, not og harpunering. Elver med laksetrapp planla også å stenge trappene for å manuelt kunne sortere ut pukkellaks når de kom opp (Statsforvalteren i Troms og Finnmark, 2022).

2.4 Påkjenning og stress under fangst

I Norge gjelder loven om dyrevelferd for hvordan dyr skal behandles «Dyrene skal behandles godt og beskyttes mot farer og unødige påkjenninger og belastninger» (Dyrevelferdsloven, 2009, § 3). Denne loven gjelder også for fisk. Det er derfor viktig at både pukkellaks som fanges for uttak, og andre anadrome arter som fanges som bifangst (som skal settes ut igjen), tar så lite skade som mulig under prosessen med utfisking. I forbindelse med ulike kvalitetsendringer vet en også at dess mindre påkjenning det er på fisken, jo bedre blir også kvaliteten (Mørkøre, 2008, s. 23-25). En av de store utfordringene i dag er at det er vanskelig å fiske ut pukkellaks uten å få med innslag av andre anadrome arter. De ulike fiskeartene står ofte sammen i sjø eller har delvis overlappende gytetid i elv (Berntsen et al., 2022, s. 17-21). Det er derfor viktig at redskapene som utvikles har best mulig seleksjon både på redskapsnivå og ved strategiske uttak for å begrense bifangsten av de andre anadrome artene.

Det er en rekke parametre som påvirker kvaliteten til fisken. Når en vurderer uttak eller fangst av pukkellaks må en se det som to ulike scenarier. Første scenariet er pukkellaksen som skal fangstes for å forhindre gyting. Det andre scenariet er bifangst av alle arter, også inkludert de andre anadrome artene som ønskes bevart i størst mulig grad. Fangster man lite selektivt vil det gå ut over alle bestandene av anadrom laksefisk.

All fisk vil bli stresset i mer eller mindre grad både under fangst og håndtering av levendefisk. Stress og røff håndtering under fangst og slakting kan også påvirke kvaliteten på fisk (Breen et al., 2020, s. 401-437). Dette kan blant annet bidra til økt blodmengde og bloduttredelser i muskel, samt redskapsmerker, skjelltap og slitasje på huden (Esaiassen et al., 2013, s. 231-235). Det er derfor viktig med god fangststrategi og seleksjon i redskapet for å blant annet

unngå stress, skader og utilsiktet dødelighet på bifangsten som slippes ut igjen. I tillegg kan skånsom fangst og fangsthåndtering også bidra til å ivareta kvaliteten på stillehavslaksen som slaktes ut.

2.5 Pukkellaks som mat

For at pukkellaks skal kunne omsettes som mat eller fôrråstoff er det en rekke rammebetingelser som må være på plass for å kunne overholde gjeldende regelverk.

Både Matloven (2003) og flere forskrifter må følges for å kunne omsette pukkellaksen som mat. Disse skal sikre mattryggheten, og stiller strenge krav til blant annet renhold, personlig hygiene, produksjonslokaler, kjøling og transport. Dersom fisken skal anvendes til humant konsum må også retningslinjene fastsatt i «*Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer*» være oppfylt. Denne forskriften skal sikre kvaliteten til fisk og fiskeprodukter, og omhandler håndtering og oppbevaring av fisk og fiskeprodukter gjennom hvert trinn i produksjonskjeden, fra fangst til ferdig produkt til konsumenten (Forskriften om kvalitet på fisk og fiskevarer, 2013). Her er det viktig å trekke fram at dersom pukkellaksen skal anvendes til humant konsum, sier § 7 i forskriften at fisken må være bløgget umiddelbart etter fangst. Deretter beskrives det i § 8 at fisken skal sløyas så raskt som mulig (Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer, 2013). Animaliehygieneforskriften (2008) har krav til temperatur for fiskerivarer, og krever at fisken skal kjøles ned så raskt som mulig etter slakting.

Dersom pukkellaks skal gå til fôrproduksjon må en ivareta Forvareforskriften (2002). Denne forskriften stiller strenge krav til råvarene, og ofte strengere enn råvarer til humant konsum.

2.6 Kvalitet og kvalitetsendringer

Kvalitet er et sammensatt begrep, og omfatter blant annet både ernæringsmessig og sensoriske egenskaper. Sensoriske egenskaper kan knyttets opp mot individuelle forskjeller fisken har slik som utseende, smak, tekstur, lukt og spalting (Nilsen et al., 2014, s. 1). Ernæringsmessige egenskaper kan være fett, protein, vann og aske, eller bakterielle egenskaper (Brunori, 2007, s. 2-3). Fisk er et lett bedervelig produkt, og riktig temperatur er avgjørende for å beholde disse kvalitets egenskapene.

2.6.1 Sammensetning

Den ernæringsmessige sammensetningen i fiskens muskel bestemmer ofte hvordan kvaliteten er. Fisk og sjømat anses å være en viktig kilde for næringsstoffer slik som protein, fett og mikronæringsstoffer som mineraler og vitaminer. Det ernæringsmessige innholdet kan påvirkes av blant annet miljø, inntak av mat, temperatur, kjønnsmodning og kjønn (Kendler et al., 2023).

Det er stor variasjon mellom ulike arter på innhold av protein i muskel, men de fleste artene inneholder rundt 15-20%. Siden fisk inneholder rikelige mengder med protein er den derfor en god kilde for proteininntak, og dette inkluderer blant annet proteiner som vi ikke kan produsere selv (essensielle aminosyrer) og som derfor må tas opp gjennom mat (Larsen et al., 2010, s. 4; Usydus et al., 2009, s. 139). Vann utgjør også en stor del av det totale innholdet. Vanninnholdet vil påvirkes av kjønnsmodning og produksjon av gonader, hvor vanninnhold øker ved at fisk bruker protein og fett til produksjon av gonader (Aksnes et al., 1986, s. 19). Innhold av mineraler i fisk varierer fra 0,6-1,5%, fisk er en rik kilde for mineraler og en vanlig porsjon med fisk er nok til å tilfredsstille menneskelig behovet for mineraler (Gokoglu & Yerlikaya, 2015, s. 19-20).

Innholdet av lipider i fisk varierer med både art, kjønn og kjønnsmodning. Fisk kan deles opp i mager fisk, under 5% fett, medium feit fisk, fett mellom 5-10% og feit fisk, over 10% fett (Rahnan et al., 1995, s. 46). Fiskens lipider er sammensatt av mettede fettsyrer (SFA), enumettede fettsyrer (MUFA) og flerumettede fettsyrer (PUFA) (Gokoglu & Yerlikaya, 2015, s. 15).

Fisk er en viktig kilde til flerumettede fettsyrer (PUFA) og spesielt de viktige omega-3 fettsyrene. Omega 3 fettsyrene, dekosahexaensyre (DHA) og eikosapentaensyre (EPA) gir god helseeffekt for mennesker (Pal et al., 2018, s. 428; Sahena et al., 2009, s. 72).

2.6.2 Kvalitetsendring under lagring

Fisk er kjent for å lettere forringes enn andre proteinkilder, som for eksempel kjøtt. Temperatur er derfor svært viktig for lagring av fisk (Duun & Rustad, 2007, s. 1067-1068). Frysing, fryselagring, eller kjølelagring stopper ikke alle biokjemiske og fysiske kvalitetsendringer i muskel hos fisk, men med god innfrysning og lagring kan man forsinke kvalitetsendringene. Forringelse av fiskens kvalitet under lagring vil uansett forekomme, og det er mange faktorer som spiller inn på forringelsesprosessen, blant annet temperatur,

frysetid, emballasje, metoder som er brukt til innfrysning og lagring, samt bakterielle og enzymatisk aktivitet i muskel ved innfrysning og kjølelagring (Gokoglu & Yerlikaya, 2015, s. 60; Kolbe & Kramer, 2007, s. 1-2).

Kjemiske endringer som kan oppstå før og under frysing og lagring er enzymatiske reaksjoner, denaturering av proteiner, lipidoksidasjon, nedbrytning av pigmenter og vitaminer. Alle disse kjemiske endringene kan bidra til å påvirke kvaliteten på frossen fisk (Sun, 2005, s. 26-28). Denaturering av protein kan føre til en rekke sensoriske kvalitetsendringer i fisk, som for eksempel endringer i fiskens tekstur, smak og farge (Einen et al., 2002, s. 130). I tillegg kan oksidasjon av lipider i frossen fisk også påvirke både smak, tekstur, lukt og farge. Oksydasjon av lipider (spesielt EPA og DHA) under lagring reduserer også den ernæringsmessige kvaliteten til produktet (Sun, 2005, s. 27).

Når fisk fryses, vil vanninnholdet omdannes til iskrystaller. Størrelse og plassering av iskrystaller er viktige faktorer som påvirker teksturkvaliteten. Langsom innfrysing kan føre til dannelse av store iskrystaller som kan gi betydelige skader på membran og forstyrrelse av strukturen til celler og vev. Dette kan føre til spalting av filet og væskeslipp ved tining (Chevalier et al., 2000, s. 193). For å ivareta kvaliteten og redusere væsketap under tining av fisk, samt hemme de kjemiske reaksjonene som oppstår i muskel under fryselagring, er det viktig at fisken blir frosset inn raskt nok, og at temperaturen under fryselagring er riktig (Stormo & Skåra, 2021, s. 2).

3 Material og metode

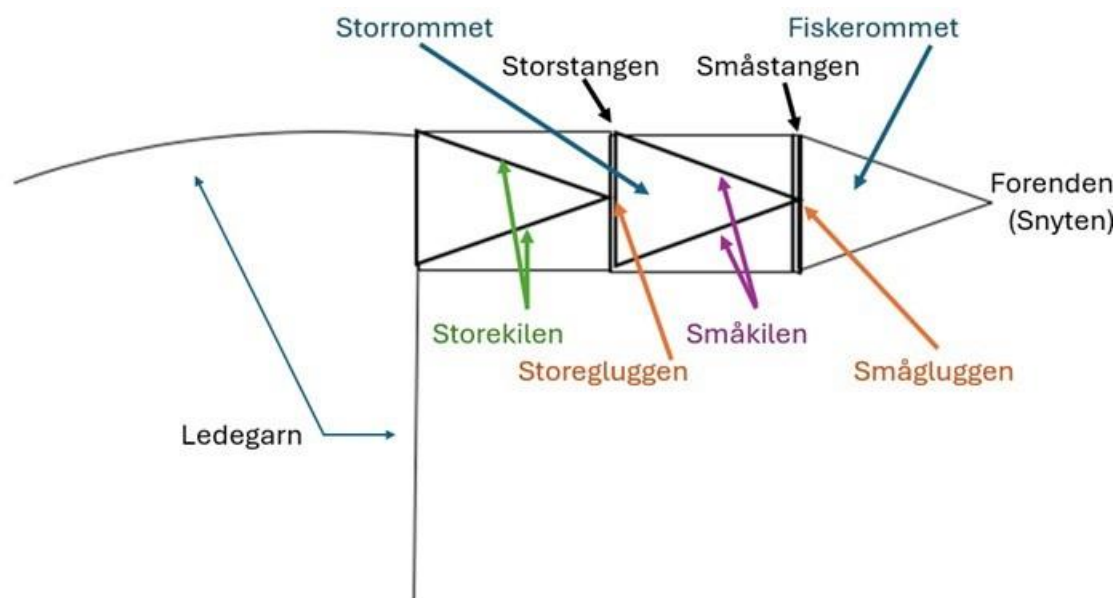
3.1 Prøvemateriale

Pukkellaks (*O. gorbuscha*) ble hentet ut ved 5 ulike uttak; ett uttak i sjø og fire uttak i elv.

3.1.1 Fangst i sjø

Pukkellaksen fra sjø ble fangstet ved bruk av enkelvirkende kilenot (Campbell Andersen not), se figur 2, utenfor Bugøynes den 27.06 2023 av lokale fiskere. I fangstdel og ledegarn er det kun tillatt å benytte maskevidde som er minst 58 mm målt fra knutes til knutes midtpunkt i våt tilstand. I fangstdel til kilenota er det benyttet 58 mm maskevidde med tråd av spunnet nylon som er 1,10 mm (210/24, norsk tråd nr. 8) tykk. I ledegarn er det benyttet kveitegarn med 470 mm maskevidde med trådd av spunnet nylon som er 1,32 mm (210/36, norsk tråd nr. 12) tykk (Forskrift om redskaper mv. ved laksefiske, 2003, § 7).

Fisken ble delt i to grupper; den ene gruppen bestod av 19 individer. Disse ble sløyd før innfrysning, og benevnes *SS* (Sløyd sjø) i oppgaven. Den andre gruppen med 25 individer ble frosset rund og benevnes *US* (Usløyd sjø). Pukkellaksen fra sjø ble frosset inn uten poser i kasser den 28.06.2024, etter at biologiske data var dokumentert for de to gruppene. Fisken ble fraktet til Nofima Tromsø og lagret ved -36°C fram til tining og videre analyse.



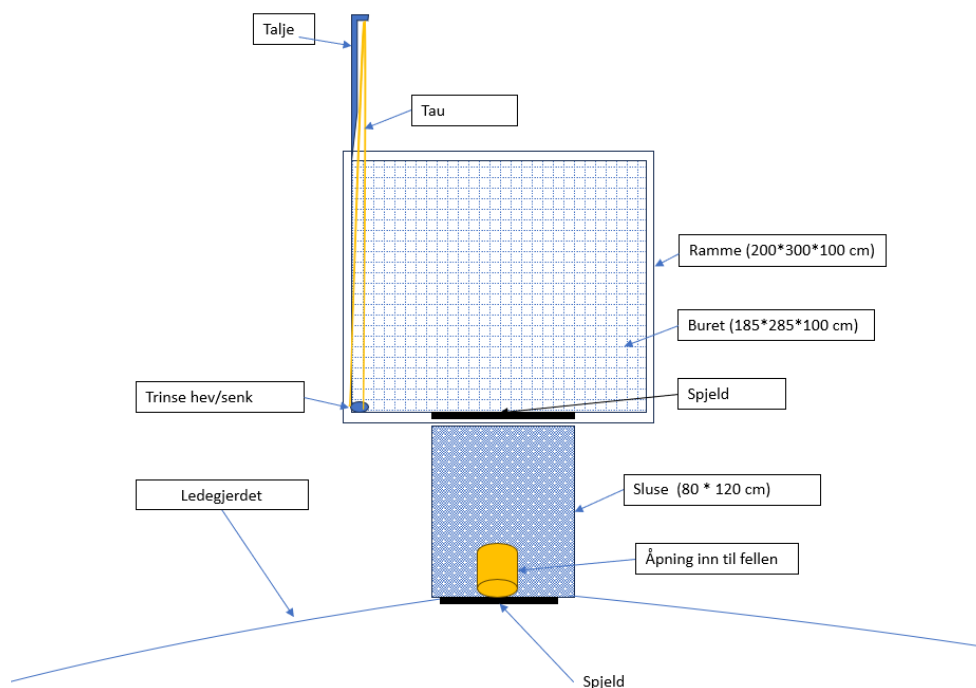
Figur 1: Skisse over Campbell Andersen not.

3.1.2 Fangst i elv

26 pukkellaks ble samlet inn av oss på Varangerhalvøya i Komagelva ved 4 ulike uttak i perioden juli-august 2023. Denne fisken ble sløyd og merket med nummer og lagt i poser før innfrysning, og benevnes *SE* (Sløyd elv).

For å kunne hente fisk fra ulike steder i elva, og fisk som har stått ulik periode i ferskvann, ble fisken fangstet ved bruk av fire forskjellige fangstmetoder; felle 12 individer, våtflue 2 individer, sluk 3 individer, og not 9 individer. Alle fiskene ble avlivet ved bløgging før fisken ble fotografert, sløyd og biologiske registreringer foretatt. I tillegg ble størrelse av rognkorn registrert på et utvalg av fisken. I den grad is var tilgjengelig ble fisken lagret på is under registrering, og den ble videre frosset inn i poser ved $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ved dagens slutt. Fisken ble sendt med hurtigruten fra Vardø til Tromsø som frysevare i august, og videre lagret ved $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ hos Nofima fram til tining og videre analysering i november.

Fellen (figur 2) var plassert i et dyper stryk midt i *zone 1*, cirka 2 km fra elvemunningen. Inn til fellen gikk det ledegjerdet fra hver side av elven skrått oppover mot fellen, slik at fisken ble ført inn i slusen til fellen (figur 1). Fellen ble røktet av to personer minimum en gang i hver av tidsrommene kl 0600-1200, kl 1200-1800 og kl 1800-2400.



Figur 2: Skisse over felle plassert i komagelva.

Siden flue var det eneste redskapet som var tillatt i hele elven, ble våtflue benyttet hvor sluk og notdragning ikke var tillatt. Det var kun tillat å benytte sluk nedenfor «ny broen» (fra elvemunningen og cirka 300 meter opp i elven), og sluk ble benyttet for å kunne fange pukkellaks som trolig nylig var gått opp i elv.

Komagvær jeger og fisk utførte notdrag i nedre del av elven når et stort nok antall pukkellaks hadde samlet seg der. Det ble da foretatt løpende risikovurdering med kost/nytte i forhold til antall observerte pukkellaks mot antall observerte øvrige anadrome fisker i det gitte området. Dette ble gjort for å begrense at det ikke var for høy innblanding av de andre anadrome artene.

3.2 Analyser

Den fryste pukkellaksen fra sjø og elv ble tint i poser oppi kasser med is på et kjølerom (0-2 °C) et døgn før videre analyseringer. Den usløyde pukkellaksen fra sjø ble sløyd, og biologiske registreringer ble tatt. Bilder ble tatt av all pukkellaks før videre analysering, og fiskens kjønnsmodningsgrad ble bestemt og vurdert ut fra ytre kjennetegn. Videre i oppgaven er ulike fiskegrupper omtalt som FMK 0-3 (Fisk Med Kjønnsmodningsgrad 0-3). Hvordan metoden for vurdering og gradering av kjønnsmodningsgrad er utviklet er vist i kapittel 4.2.

Den videre behandlingen var lik for alle tre gruppene. Pukkellaksen ble individmerket, vekt og lengde registrert. Fisken ble deretter filetert, hvor alle venstre filetene ble fotografert. Venstre filet ble benyttet til fargemålinger og sensorisk analyse ved bruk av «filetindeks», mens høyre filet ble skinnert og fryst ved -36 °C i et døgn før de videre ble fryst ved -80 °C. Høyre filet ble videre homogenisert og analysert for kjemisk sammensetning. Venstre filet ble etter endt analysering på dag 1 ble lagt tilbake i poser på is i kjølerommet (0-2 °C). Disse filetene ble deretter tatt bilder av og vurdert igjen på dag 7 eller dag 14 gjennom lagringsforsøket ved bruk av filetindeks og fargemålinger.

3.2.1 Filetindeks

Filetindeks er en metode som benyttes for å evaluere kvalitetsendringer på fileter under lagring. Metoden er utviklet av Nofima (Fiskeriforskning) og den vurderer parametere som lukt, spalting, farge, konsistens og overflate. Hver av disse parameterne scores på en skala fra 0 til 3 for lukt, spalting, farge og konsistens, og en skala som går fra 0 til 1 på overflate. Samlet verdi er gjennomsnittskarakteren for de fem parameterne, hvor beste score er 0 og dårligst score er 13 (Akse et al., 2007, s. 8).

I denne oppgaven ble metoden for filetindeks modifisert. Det ble tatt utgangspunkt i Akse et al. (2007) sitt filetindekskjema til laksefilet. Lukt med karakter 1 er endret fra «lukt av agurk og melon» til «fileten har lukt av sjøgress/tang». I tillegg ble vurdering av farge tatt ut av skjema og vurdert separat sammen med salmofan og instrumentell fargemåling. Dette da det var ønskelig å sammenligne flere ulike fargemålinger opp mot hverandre. Totalscoren for filetindeks ble dermed senket fra maksimal poengscore 13 poeng til 10 poeng i denne oppgaven.

Tabell 2: Bedømmelsesskjema for filetindeks utviklet av Fiskeriforskning med noen modifikasjoner.

Parameter	Beskrivelse og score
Lukt	0: Fileten har en nøytral lukt 1: Fileten har en lukt av sjøgress/tang, metallisk frisk, gress-aktig preg (timotei) eller melon. 2: Fileten lukter surt, minner om fermentering 3: Fileten lukter råttent, råttent kål, harsk.
Spalting	0: Fileten har ikke spalting. 1: Fileten har en smule spalting/begynnende åpninger mellom segmentene. 2: Fileten har en del spalting som gir en usammenhengende filet. 3: Fileten har mye spalting, dette gir en meget usammenhengende filet.
Overflate	0: Fileten har en tørr og blank overflate. 1: Fileten har partier der overflaten er oppløst.
Konsistens	0: Fileten har en fast konsistens. 1: Fileten er litt bløt. 2: Fileten er bløt. 3: Fileten er meget bløt

Lukt ble vurdert først, her ble helheten av luktbilde vurdert, under vurdering ble andre lukter registrert enn de som var beskrevet av Akse et al. (2007, s. 8). Spalting ble vurdert ved å se mellom muskelsegmentene, samt at fileten ble løftet opp for å se om fileten var usammenhengende. Konsistens ble vurdert ved å presse to fingere forsiktig på fileten. Tiden det tok til avtrykket forsvant, eller om det forsvant var avgjørende for score. Overflate ble vurdert ved å stryke forsiktig over fileten for å se om det var oppløst muskel som løsnet.

Et utvalg av individer fra hver gruppe ble vurdert ved hjelp av filetindeksmetoden på dag 1, 7 og 14. På dag 1 lagret på is ble følgende antall vurdert: 19 sløyd sjøfisk, 25 usløyd sjøfisk og 26 sløyd elvefisk. Etter 7 dager lagret på is ble omtrent halvparten av fileten bedømt på nytt. Fordelingen ble da 9 sløyd sjøfisk, 9 usløyd sjøfisk og 12 sløyd elvefisk. Etter 14 dager lagret på is ble cirka andre halvparten vurdert med følgende fordeling: 9 sløyd sjøfisk, 9 usløyd sjøfisk og 14 sløyd elvefisk.

3.2.2 Fargemålinger

For fargebestemmelser av fileten ble det benyttet tre metoder: sensorisk fargeendring, salmofan og instrumentell fargemåling.

3.2.2.1 Sensorisk farge

Et poengskjema for sensorisk vurdering av farge ble modifisert basert på Akse et al. (2007), med en endring av karakter 2 fra «blekede områder, begynner å bli misfarget gul» til «fileten har bleknet» og karakter 3 ble endret fra «flekkete, med misfargede gule og gjennomsiktige partier» til «fileten er grå/hvit eller gul/hvit. Minner mer om hvit fisk».

3.2.2.2 Salmofan

SalmoFanTM Fargevifte er en standardisert fargemåling med 14 ulike fargespektre av ulike rødfarger scoret fra 20 til 34 i verdi. Alle filetene målt ved bruk av salmofan ble gitt en score på rødfarge mellom 20 og 34 (DMS, u.å). Trent personell gjennomførte denne vurderingen sammen med oss.

3.2.2.3 Instrumentell fargemåling

For instrumentell fargemåling ble Minolta CM-600D benyttet. Ved instrumentell måling ble fileten målt med 3 paralleller, de 3 målingene ble tatt i nakkepartiet på fileten, midt partiet på fileten og ned bak/mot NQC snittet.

De instrumentelle fargemålingene baserer seg på blant annet additiv fargeblanding med gitte RGB (rødt, grønt, og blått) verdier. På fiskemålinger er det vanligst å benytte seg av CIELAB fargesystemet (CIE L* a* b*. fargemodell).

L* = lysintensiteten med score fra 0 (svart) til 100 (hvitt). a* er en av de to aksene i fargehjulet fra a* positiv = rødhets til a* negativ = grønnhet (score fra 0 til 45). Den andre aksene er b* positiv = gulhet til b* negativ = blåhet (score fra 0 til 45). Se figur 3 (Standard CIE, 2007).

Hvilken farge prøvene har beskrives med hvor den ligger på fargehjulet, og kan beregnes som «Angle of hue». For å finne Angle of hue beregnes først «grader arctan».

Formel 1: Grader arctan.

$$\text{Grader arctan} = (\text{Arctan } b^*/a^*)$$

Arctan scores mellom -90° og 90°. Arctan tar utgangspunkt i origo og er vinkelen mellom rød-grønn aksene og gul-blå aksene for å finne vinkelen i forhold til x-aksene for å videre kunne regne angle of hue. Angle of hue sier noe om hvor på vinkelen fargen er lokalisert uavhengig av lysstyrke og metning og finnes ved å regne den inverse tangensfunksjonen av a* og b*.

Formel 2: Angle of hue

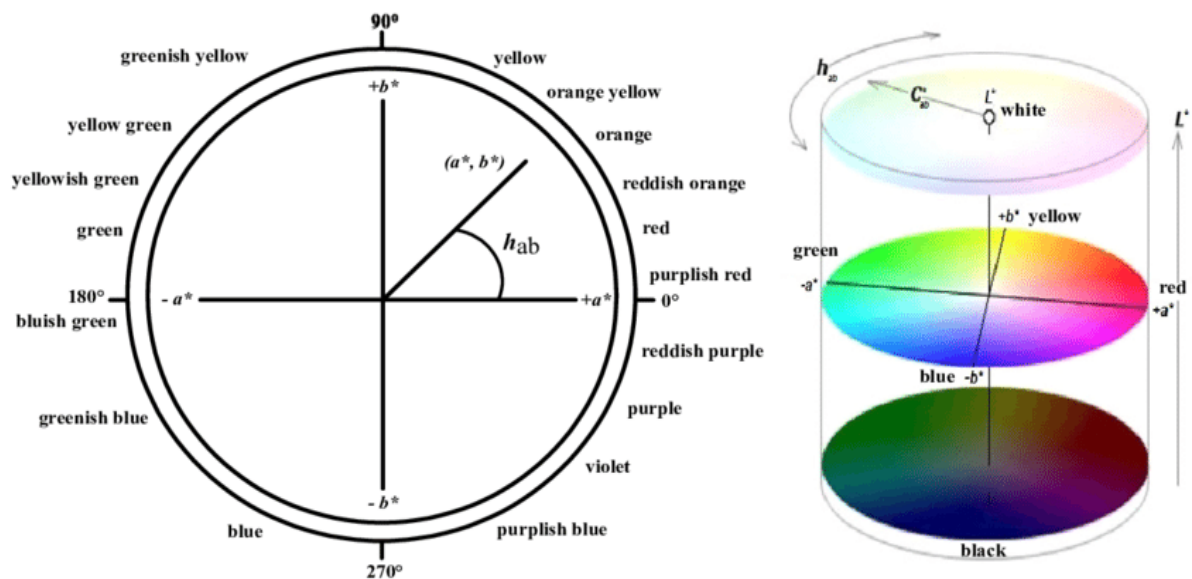
$$\text{Angle of hue} = (\text{grader arctan } (b^*/a^*))$$

Dersom arctan verdien er negativ må en sette inn + 180 grader for å beregne Angle of hue. Angle of hue tar som regel utgangspunkt i den røde aksens 0°. Videre måles Angle of hue med rød sektor 45° (+a), gul sektor 90° (+b), grønn sektor 180° (-a), og blå sektor 270° (-b). Angle of hue er oppgitt mellom 0° - 360°, og sier noe om fargens vinkel via den grunnleggende fargetonen til fargen.

Chroma er fargemetningen til fargen, altså intensiteten til fargen som er målt. Dess høyere chroma dess mer er fargen mettet.

Formel 3: Chroma

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$



Figur 3: Illustrasjon av tredimensjonal CIELAB fargekart. $-a^*$ = grønn; $+a^*$ = rød; $-b^*$ = blå; $+b^*$ = gul; h_{ab} = angle of hue; C^*_{ab} = Chroma; L^* = lysintensitet (hvit-svart) (Dini et al., 2019, s. 238).

3.3 Kjemiske analyser

De fryste høyre filetene ble tint i lynlåsposer på kjølerom med en temperatur på 0-2°C, et døgn før homogenisering. Bein ble fjernet og fileten ble delt opp i mindre biter før de ble homogenisert i en hurtigmikser (FP 110 series Kenwood LTD) ved 4 x 10 sekunder. Mellom hver runde ble materiale langs veggen og på knivene skrapet, løsnet og blandet tilbake i prøven slik som beskrevet i AOAC 937.03 (AOAC International, 2023b). Ferdig homogenisert prøvemateriale ble merket og fordelt i 3 ulike lynlåsposer hvor 1 pose gikk til hver av de ulike analysene. Alle posene ble deretter fryst ned i -30°C i 24 timer før de ble overført til -80°C fryser frem til de skulle bli analysert individuelt. Da analysene skulle utføres ble de tint på benkeplate i romtemperatur i cirka 1 time før prøvematerialet ble veid inn.

3.3.1 Vanninnhold

Vanninnhold i pukkellaks ble beregnet ved bruk av AOAC 950.46 (AOAC International, 2023c).

10 gram pukkellaks ble veid inn med en analysevekt (Mettler AE 200 S, 0–200g 0,0001g) i forhåndsveide porselenskåler (Ø = 60 mm) med 3 paralleller fra hver fisk og fordelt jevnt utover. Deretter ble de satt i tørkeskap (Binder APT FO 53) på 103 °C i cirka 18 timer. Skålene ble tatt ut av tørkeskap og satt direkte i eksikator i minimum 30 minutter. Prøvene ble deretter veid inn umiddelbart etter de ble tatt ut av eksikatorene, og vanninnhold ble regnet ut ved bruk av formel 4. Formel 4 for utregning av vanninnhold:

Formel 4: Prosent vann

$$\%Vann = \frac{(vekt_{innveid\ prøve\ inkl.skål} - vekt_{vekt\ etter\ tørking\ inkl.skål}) * 100}{vekt_{innveid\ prøvemengde}}$$

3.3.2 Askeinnhold

Askeinnhold ble beregnet ved bruk av metoden AOAC 923.03 (AOAC International, 2023a). Prøvene ble etter endt analyse av vanninnhold forasket i en askeovn (Varbolite LMF4-BAC4, 550 10C) på 550 °C over natten (16-18 timer). For å veie prøvene måtte de først avkjøles i eksikator i minimum 30 min. Skålen med askerestene ble så veid umiddelbart etter de ble tatt ut av eksikatorene. Aske ble så regnet ut ved bruk av formel 5.

Formel 5: Prosent aske

$$\%Aske = \frac{(vekt_{innveid\ prøve\ inkl.skål} - vekt_{askerester\ inkl.skål}) * 100}{vekt_{innveid\ prøvemengde}}$$

3.3.3 Proteininnhold

For å bestemme protein i muskel ble Kjeldahls metode brukt beskrevet av Tecator (1992). Mengden protein bestemmes ved å finne prosent totalt nitrogen i muskelen. Fem blankprøver i oppslutningsrør ble først laget ved å tilsette et tomt nitrogenfritt veieskip, to kobbersulfat-katalysatortabletter (K₂SO₄,CuSO₄,H₂O) og 15 ml konsentrert svovelsyre (95-97% H₂SO₄) i hvert av blankprøvene.

Det ble veid inn 3 paralleller for hver fisk med cirka 1 gram homogenisert pukkellaks i nitrogenfrie veieskip, prøvene i veieskipet ble overført til oppslutningsrør. Deretter ble 2 katalysatortabletter og 15 ml svovelsyre tilsatt oppslutningsrørene. Oppslutningsrørene med prøvene ble satt i en digestorblokk (Tecator Digestor 2530, Foss Analytics) med en varme på 420°C med manifoil over. Prøvene ble satt til oppslutningen i 1 time med koking + 30 minutter avkjøling. Prøvene skulle ha en turkis farge når de ble tatt ut av digestorblokken. Etter avkjøling ble det tilsatt 30 ml destillert vann (dH₂O) ved bruk av en kippautomat i avtrekk. Tilsetning skjedde ved å helle vannet forsiktig langs kanten ned i rørene, og blandet forsiktig med sirkulære bevegelse til en jevn blanding var oppnådd.

Prøvene ble så analysert i en Foss 8400 Kjelttech, som beregnet mengden ammoniakk oppgitt i proteinprosent automatisk ut fra formel 3 via titrering med watertank-løsning (destilert vann (dH₂O) + Svovelsyre (95-97% Na₂SO₄), Lut (ca 32% NaOH), Saltsyre (0,1N HCL) og recieverløsning (0,1 % Bromkresolgrønt (C₂₁H₁₄Br₄O₂S), 0,1% Metylrødt (C₁₅H₁₅N₃O₂), Borsyre (H₃BO₃) og Lut (NaOH).

Formel 6: Prosent protein

$$\%Protein = \frac{(prøve - blank) * 14.01 * N * 6,25 * 100\%}{1000 * X}$$

Blank = ml 0.1 N HCl brukt ved titrering av blankprøve

Prøve = ml 0.1 N HCl brukt ved titrering av prøve

N = nøyaktig normalitet av titrervæska, 0.1 M HCl.

X = gram innveid prøve våtvekt

14.01 = MW (molekylmasse) for nitrogen

6.25 = omregningsfaktor fra nitrogen til protein (animalsk)

3.3.4 Fettprosent

Prosent fett i muskel ble beregnet ved bruk av metoden lipidekstraksjon med etylacetat (NS 9402:1994). 4 gram homogenisert muskel fra pukkellaksen ble veid inn i 50 ml-sentrifugerør med 3 paralleller fra hver fisk. Prøven ble tilsatt 8 gram natriumsulfat (Na_2SO_4 , vannfri) og blandet godt inn med skje/spatel. Prøvene ble deretter tilsatt 18,2 ml etylacetat (99,9%) og 1,8 ml internstandard (C17:0 Heptadekansyre ($\geq 98\%$), for fiskene med antatt fettprosent på 6-8%. For fiskene med antatt fettprosent på 4-6% ble det tilsatt 19 ml etylacetat og 1 ml internstandard. Prøvene ble blandet i 10 sekunder ved bruk av vortex, før de ble satt i ristemaskin i 60 minutter.

Etter ristemaskinen ble væsken fra prøvene filtrert gjennom filterpapir (597, Ø150mm), over i nye 50 ml-sentrifugerør i avtrekksskapet. 3 ml alikvoter av filtratet ble pipettert til forhåndsveide 4 ml glassrør med kork. Glassrørene med filtratet ble dampet under Nitrogen-gass (N_2 -gass) helt til all løsemidlet var dunstet vekk og veid. Prøvene ble videre dampet på nytt i cirka 10 minutter og veid inn på nytt som kontrollmål. Prøvene ble deretter tilsatt etylacetat ut fra fettprosentinnhold til hver parallell, før de ble lagret på -20 grader til videre analyse av fettsyresammensetning.

Fettinnhold i prøvene ble beregnet ved bruk av formel 7.

Formel 7: Prosent fett

$$\% \text{ Fett} = \frac{(\text{Glassrør}_{\text{med innhold}} - \text{Glassrør}_{\text{uten innhold}}) * \left(\frac{20}{3}\right)}{\text{gram innveid prøve}} * 100$$

3.3.5 Fettsyresammensetning

Sammensetning av fettsyrer i muskel ble gjort ved bruk av metylering og gasskromatografi basert på Christie og Han (2010) med noen modifikasjoner.

For å kunne analysere fettsyrene i prøvene ved bruk av gasskromatografi må fettsyrene frigjøres. Dette gjøres ved en forestringsreaksjon med metanol (CH_3OH), slik at det dannes metylerte fettsyreestere. For å kunne kvantifisere fettsyrene i prøvene ved hjelp av gasskromatografi ble det tilsatt en internstandard (C17:0 Heptadonoic acid) under lipidekstraksjonen.

Lipidprøvene ble løst opp i etylacetat til en konsentrasjon på 10 mg/ml. 100 µl prøve ble overført til glassrør (Duran, med rød kork), og det ble tilsatt 0,9 ml diklormetan og 2 ml 2% H₂SO₄ i metanol. Prøvene ble plassert på en varmeblokk (100 °C) i 60 minutter inn i et avtrekksskap. Etter varmeblokk og avkjøling ble prøvene tilsatt 3,5 ml heptan, etterfulgt av 3,5 ml 5% NaCl og rørene ble vendt/blandet flere ganger. I disse ferdigblandete prøvene dannet det seg to faser, der den øverste fasen besto av heptan og lipider. Denne fasen ble pipettert over i nye rør og dampet tørt med nitrogengass. De tørre prøvene ble løst opp i 100 µl heptan og overført til analyserør, hvor de metylerte fettsyrene ble separert ved bruk av gasskromatografi.

3.3.6 Gasskromatografi

For å indentifisere fettsyresammensetning og mengde fettsyre i prøvene blir de analysert ved bruk av en Agilent 6890N gasskromatograf utstyrt med en 7683B autoinjektor og flammeionisasjonsdetektor (FID). Gasskromatografi blir heretter benevnt som GC videre i oppgaven.

De innveide og metylerte prøvene injiseres i kolonnen (Varian CP7419 kapillærkolonne). Temperaturen på injektoren ligger på 240 °C, noe som gjør at prøvene blir forstøvet og blandet inn med heliumgassen (He) som ble brukt som bærer i metoden. Blandingen mellom bæregassen (He) og prøven fraktes gjennom kolonnen hvor prøvemolekylene ble bremsset i større eller mindre grad gjennom kolonnen og dermed skapte separasjon av fettsyrene. Temperaturen i detektoren var 250°C, og det benyttes deretter et temperaturprogram i kolonneovnen som er laget for å få best mulig separasjon av fettsyrene i prøvene. De enkelte fettsyrene ble identifisert med basis i retensjonstiden, tiden det tar for de ulike fettsyrene og vandre gjennom kolonnen, etter sammenlikning av kjente standarder. Dersom resultat av en uidentifisert fettsyre hadde topp på under 1% ble den forkastet, for identifiserte fettsyrer ble de forkastet dersom toppen var under 0,5%. Mengde av de ulike fettsyrene (FA) beregnes ut fra internstandard (IS) som ble tilsatt.

Mengde fettsyre i prøvene ble beregnet ved bruk av formel 8:

Formel 8: Mengde fettsyre i gram pr 100 gram prøve

$$\text{Mengde fettsyre (g) pr 100 gram prøve: } \frac{\text{Areal topp FA}}{\text{Areal topp IS}} * \frac{\text{Tilsatt IS (mg)}}{\text{Vekt prøve (g)}} * 100$$

3.4 Statistiske analyser

Statistikkprogrammet IBM SPSS Statistics (versjon 29) og Microsoft Excel (versjon 2402) ble benyttet for dataprosessering og statistiske analyser. For å teste om det var signifikante forskjeller mellom fisk med ulik kjønnsmodningsgrad på vann, protein, fett, aske og fettsyresammensetning ble det gjennomført en enveis variansanalyse (ANOVA), etterfulgt av en Tukey Post Hoc-test for å sjekke hvilke kjønnsmodningsgrader som var signifikant forskjellige ($P < 0.05$). ANOVA og Tukey Post Hoc-test ble også benyttet for fargemåling.

I tillegg ble det utført en ikke-parametrisk uavhengig Kruskal Wallis-test på resultatene fra filetindeks på grunn av at verdiene ikke var normalfordelt. Terskelverdien for å vise signifikant forskjell mellom lagringstid på is og kjønnsgraderingene er satt til $P < 0.05$.

Deskriptiv statistikk (median, gjennomsnitt, prosent og standardavvik) ble gjort i Microsoft Excel. Øvrige tabeller og figurer som er presentert i oppgaven er utarbeidet ved bruk av Microsoft Excel og Microsoft PowerPoint.

4 Resultater og diskusjon

Biologisk data som ble tatt før analysene ble gjennomført er presentert i tabell 3.

Tabell 3: Gjennomsnitt for lengde (cm), rund vekt (g), sløyd vekt (g) og mageinnhold for fisk med ulik kjønnsmodningsgrad.

	FMK 0 (n=25)	FMK 1 (n=6)	FMK 2 (n=3)	FMK 3 (n=17)
Lengde (cm)	47,6 ± 2,4	47,4 ± 2,5	50 ± 0,8	51,1 ± 3,9
Rund vekt (g)	1397,7 ± 211,4	1351,7 ± 358,5	1488,3 ± 119,2	1352,6 ± 625,2
Sløyd vekt (g)	1189,5 ± 170,7	1129,7 ± 246,5	1284,7 ± 86,7	1294,7 ± 375,3
Mageinnhold	Tobis og krill	Tom	Tom	Tom

Tabell 3 illustrer at det var relativt lik lengde og vekt mellom fiskene som inngår i oppgaven.

Det var kun FMK 0 (fisk med kjønnsmodningsgrad 0) som hadde mageinnhold. Som vist i tabellen er det ikke likt antall som ble inndelt i de ulike kjønnsmodningsgradene, og det er få fisk i FMK 1 og 2. Dette er derfor en svakhet gjennom videre analyser av FMK 1 og 2.

Hvordan fisk inndeles i de ulike kjønnsmodningsgradene er vist i kapittel 4.2.

I elv ble det også målt rognkornstørrelse på et utvalg fisk fra FMK 3. Rognkornene visste seg å være cirka like stor (6 mm) uavhengig av hvilken fisk en målte på.

4.1 Vurdering av forsøksmaterialet

Underveis i oppgaven var det en rekke fisk som hadde fått relativt store påkjenninger under uttaket. Dette kunne påvirke både utseende, kvalitet og resultat negativt for oppgaven. Under uttakene hadde en del av fisken redskapsmerker. Spesielt fisk fra kilenoten i sjø var betydelig påvirket av redskapet som var benyttet. Fisken hadde tydelige «garnmerker» og flere av dem hadde dødd i kilenoten og har dermed ukjent død tidspunkt. I utgangspunktet er altanoten beregnet for laks, slik at det meste av pukkellaksen går gjennom eller går seg fast i garnet. Ved å gå ned i maskestørrelse og ha for eksempel en liten merd på enden kunne man tatt bedre vare på både pukkellaks og andre anadrome arter som skal settes fri (Kystmagasinet, 2023).

Under uttaket fra felle i elv ble fisken røktet av lokalt personell med varierende erfaring med håndtering av fisk. Deres primærfokus var å bekjempe pukkellaksen gjennom å få den fjernet fra elven, fremfor kvaliteten til produktet de tok ut. Manglende kommunikasjon og opplæring, resulterte i at fisken var håndtert og bløgget på ulike måter. I mange tilfeller ble ikke gjellebuene kappet, men fisken fikk kun halsen kappet over. Dette resulterte i at utblødningen kan ha blitt dårligere. Fisken stresset også unødvendig mye før den ble avlivet fordi hele fellen ble heis opp over vann. På den måten ble fisken liggende å sprelle i metallburet mens den ble fanget med hendene av røkterne. Videre burde all fisk bli lagt på is for raskest mulig nedkjøling. På grunn av manglende logistikk på leveranse av is store deler av forsøket ble dessverre ikke mesteparten av fisken nedkjølt mellom fangst og innfrysning.

Manglende nedkjøling resulterte i at mye av fisken ble lagt i fryseboks når den hadde en kjernetemperatur på cirka 12 grader. Innfrysningen gikk derfor svært sakte, og det ble observert på det største uttaket fra elv at fisken enda ikke var frosset 24 timer etter at den var lagt på frys. For fisken som ble lagt direkte på is i elv gikk innfrysningen i fryseboks betydelig raskere da fisken hadde en kjernetemperatur på cirka 0-1 °C ved innfrysning. Fisken som ikke var lagt på is ble lagret langs elvebredden fra 1-6 timer ved cirka 12 grader før innfrysning, noe som kan påvirke kvaliteten i stor grad (Duun & Rustad, 2007, s. 1067-1068).

Under uttaket i not ble fisken utsatt for stress fra notdrag startet, og til fisken var avlivet/død i kastet. Trengetiden var opptil 2 timer med ekstrem trenging, noe som er svært uheldig i forhold til kvalitet. Ut fra annen litteratur på temaet kan dette indikere at det oppstod mye blod i muskel og acidose i filet. Mer laktat i blodet kan ha ført til en surere pH og dårligere kvalitet (Olsen et al., 2006, s. 465-467).

For pukkellaks finnes det begrenset litteratur man kunne sammenligne eller relatere våre funn direkte med. En del av arbeidet i denne oppgaven er derfor å anse som foregangsarbeid for pukkellaks i Norge.

4.2 Vurdering og gradering av kjønnsmodning

For å kunne teste for korrelasjon mellom kjønnsmodningsgrad, ulike kvalitetsparametere og sammensetning, er det lagt vekt på å utvikle et system for vurdering og gradering av kjønnsmodning. Det er hentet inspirasjon i et skjema for vurdering av kjønnsmodning hos *O. keta* (Reid, 1991, s. 43-45).

Både sjø- og elvefanget fisk ble fotografert, elvefanget fisk like etter fangst og sjøfanget fisk etter fryselagring og tining. Disse bildene er benyttet i den videre beskrivelsen av hvordan kjønnsmodningsdrakten endres, og videre til gruppering av fisken i ulike grader av kjønnsmodning. Kjennetegn/indikatorer på kjønnsmodning som har vært gjentakende hos samtlige pukkellaks har blitt tatt med videre i den endelige beskrivelsen og grupperingen. Ettersom det kun er hanfisken som utvikler pukkel og som har markant endring av kjevepartiet og distinktiv nakkeknekk, mens fargedrakten endres noenlunde likt på begge kjønn, er det kun fokusert på fargedrakt slik at samme bedømmelsesskjema kan brukes på laks av begge kjønn.

Endringer som skjer på fargedrakten er delt inn i fire graderinger, fra grad 0 til grad 3. I kapitlet under er det nærmere beskrevet hvordan fisken framstår i de ulike graderingene, og dette er oppsummert i tabell 4 og vist i figur 8.

4.2.1 Vurdering av kjønnsmodningsgrad.

Kjønnsmodningsgrad 0

Til å begynne med hadde pukkellaksen en lys sølvfarge eller blå-sort med tydelig sølvskjær som vist i figur 4. For FMK (fisk med kjønnsmodningsgrad) 0 var det essensielt at det ikke var fremtoninger av noen andre helhetlige fargeforandringer på fargedrakten til fisken. Det var ingen endringer av farge ved flekker, ujevne merker eller endring ved brun/grønnaktige farger fra hodet til ryggfinne og ned til brystfinne. Det var heller ikke striper som krysset sidelinjen, av mørk eller hvit farge. Skinnet var tynt og dekket av et tynt lag med slim. Et eksempel på hvordan et individ som ble scoret med *kjønnsmodningsgrad 0* er vist i figur 4 nedenfor. All pukkellaksen som er gitt denne graderingen er tatt i sjø med kilenot. De har dermed ikke startet oppvandring i elv og kommet fullt i gang med prosessene for kjønnsmodning (Persson et al., 1998, s. 334).

En gjentakende utfordring med *kjønnsmodningsgradering 0* i denne oppgaven var at mange fisk hadde skader fra fangstredskap. Dette kunne påvirke fiskens fargedrakt, skjelldrakt, og hudlag, i tillegg til fiskens form. Spesielt nakkeknekk ble utfordrende og er nok et uegnet kriterium da det i enkelte tilfeller var nærmest umulig å skille «maskemerker» fra begynnende nakkeknekk. Slike redskapsmerker kunne føre til at fisken ble plassert i en høyere gradering enn den tilhørte. På grunn av de store ulikhetene mellom kjønn ved dannelse av pukkel og kjeve, ble disse valgt å fjernes og la fargedrakt alene være det eneste parametere.

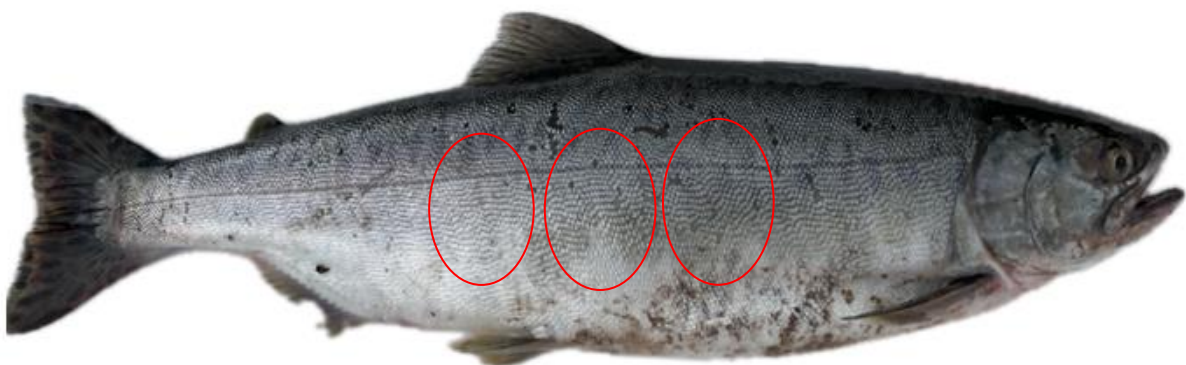


Figur 4: Bilde av en hann, vurdert til *kjønnsmodningsgrad 0*. Fra hode og bak til starten av ryggfinnen er det tydelig redskapsmerker (kilenot) med mulig deformasjon i forbindelse med fangst, som gjorde nakkeknekk og pukkel til et lite egnet kjennemerke (røde ringer).

Kjønnsmodningsgrad 1

Etter hvert utviklet fargedrakten seg ved at den lyse sølvfargen var blitt redusert til et utseende som var noe blank og lys langs sidelinjen samt at FMK 1 viser tap av den lyse/blanke fargen og gjenskinn. Det var utviklet seg distinkte fargebaser av lett grønn til brunaktig farge, som gikk fra brystfinnen og bak til gatt. Disse endringene kan minne om flekker eller ujevne «*parrmerker*» som startet rett under sidelinjen og ender ned mot buken. Hunnfiskene fikk dette kjennetegnet i tydeligere grad enn hannfisken, men det er også til stede hos hannfisken. FMK 1 kan også få en begynnende brun/grønnaktig farge som starter fra hodet og beveger seg bak til ryggfinnen og ned til brystfinnen. FMK 1 hadde ingen striper som krysser sidelinjen ned mot buken. FMK 1 begynte å få tykkere skinn, og fisken hadde mer slim i forhold til *gradering 0*. Eksempel på FMK 1 er presentert i figur 5.

FMK 1 ble tatt i elv, hvor fisken ble fangstet i den nedre delen av elven. Dette betyr at fiskene i denne graderingen er fisket opp ikke langt fra sjøen i elvemunningen. Under flo ble det observert store stimer av pukkellaks som gikk oppover elven, for så å slippe seg ned igjen senere. Fiskene i denne graderingen er fangstet når sjøen var på sitt høyeste; når det var brakkvann i elven. Hvor lenge denne fisken eventuelt har vært i elven/ferskvann vil variere fra fisk til fisk.

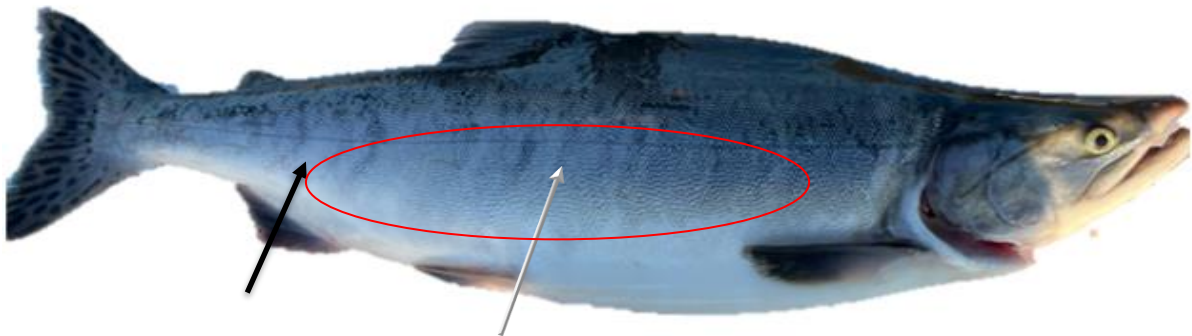


Figur 5: Bilde av en hunn, vurdert til *gradering 1*. Den helhetlige fargen, samt antydning til flekkene under sidelinjen (røde ringer) er det som merkbart skiller seg fra *kjønnsmodningsgrad 0*.

Kjønnsmodningsgrad 2

FMK 2 har utviklet seg til å få en begynnende gytedrakt, med mørk farge langs og rundt sidelinjen. Videre viser den tapt sølv/blank farge/gjenskinn, hvor de mørke fargene har tatt mer over. De distinktive fargebaser plassert under sidelinjen fra brystfinne til gatt har blitt mer tydelig, hvor en mer brun/gul farge har kommet fram. Disse fargebasene kan minne om flekker eller ujevne «parmerker» som er plassert under sidelinjen, disse har nå fått et sterkere preg av fargene gult og brunt. Fisken har fått begynnende brun/grønnaktige farge fra hodet til ryggfinnen og ned til brystfinnen. FMK 2 kan ha striper med lyse eller mørke buer som krysser sidelinjen. Figur 7 illustrerer tydelige striper som krysser sidelinjen fra hodet og helt bak til halepartiet. Dette i kombinasjon med de andre kjennetegnene var med på å score fisken til FMK 2. Ikke alle FMK 2 hadde like mye buer langs hele midtlinjen, spesielt hunnfiskene hadde svakere eller mindre forekomster av buer. Hos FMK 2 var skinnet tykt og dekket med mye slim.

Figur 6 illustrerer det som nok var den største forskjellen, nemlig fargene som har kommet frem under sidelinjen. De mørkere fargene er blitt mer tydelige hvor store deler av fisken er dekket.



Figur 6: Bilde av en hann, vurdert til kjønnsmodningsgrad 2. hvit pil indikerer de lyse buene, mørk pil indikerer de mørke buene som FMK 2 ofte får. Rød ring indikerer flekker/ujevne "parmerker" som starter rett under sidelinjen og beveger seg mot buken.

Kjønnsmodningsgrad 3

I utviklingen til FMK 3 fremkommer de tydeligste endringene på fisken. Den tidligere sølvfargen har gått helt over i gytedrakt, med dyp mørkegrønn/mørkebrun, eller gul farge. I buken eller områdene opp fra buken hadde en del fisk store lyse eller hvite flekker. Det er viktig å bemerke at mengde flekker varierte mellom individer hvor hannfisk ofte hadde litt flere hvite/lyse flekker og hunnfisk ofte tydeligere helt pigmentfrie flekker. Under bedømming ble det funnet en tydelig rosa farge som strakk seg spesielt fra haleroten fremover langs sidelinjen. Noen individer hadde denne karakteristiske rosa fargen fra halerot helt frem til hodet. Individer med kjønnsmodningsgrad 3 hadde også de karakteristiske stripene/buene med lysere eller mørkere tegninger som krysset sidelinjen. På hunnfisken kan disse stripene være vanskelig å se da fisken er ganske mørk i forhold til hannfisk. Siste observasjon av begge kjønn viste veldig kraftig skinn, hvor skinnen var dekket av et tykt slimlag. Slimlaget var såpass tykt at det drypper slim av fisken ved løfting/håndtering.

Det ble observert store forskjeller mellom kjønnene hvor hunnfisken var betydelig mørkere i fargedrakten enn hannfisken. På grunn av hannfiskens mindre preg av mørk farge kommer den rosa fargen tydeligere frem, dette kunne være vanskelig å se på hunnfisken på grunn av den mørkere fargen. I figur 7 kan vi se tegn til stripene hvor disse har en mørk farge på hannfisken med gradering 3 fremme ved hodet. Fargen på hodet er ikke nevnt i skjemaet, men hos gradering 3 på begge kjønnene er hodet blitt nesten helt svart på farge, på hannfisken har det også kommet en tydelig krok på kjeven i tillegg til nakkeknoken. Noe som er viktig å ta med seg videre ved vurdering av kjønnsmodningsgrad fra fargedrakten er at det kan forekomme individforskjeller.

I Hindar et al. (2020, s. 29) sin rapport ble det observert at hunnfisk stort sett var dekket av en olivengrønn farge, med mørke barer som kan være lavendel eller mørkt gull. Dette er ikke noe som ble observert under vurdering av kjønnsmodningsgrad av pukkellaks i denne oppgave. Det må derfor antas at det kan være ulike variasjoner fra ulike leveområder og sesongvariasjoner fra år til år hos pukkellaksen.



Figur 7: Hannpukkellaks, vurdert til gradering 3. Hannfisk kan ha litt mer lys farge i forhold til hunnfisk, dette kan være en årsak av at pukkelen strekker ut skinnet.

Tabell 4: Oppsummeringsskjema, utviklet for vurdering og gradering av kjønnsmodningsgrad hos pukkellaks.

FMK 0	FMK 1	FMK 2	FMK 3
<p>Lys sølvfarge.</p> <p>Blå-sort i fargen med tydelig pelagisk fargedrakt.</p> <p>Fargedrakten har blankhet/sølvskjær i seg.</p> <p>Ingen merkbare fargeforandringer. Ingen flekker/ ujevne "parmerker".</p> <p>Ikke brun/grønn aktige farger fra hodet til ryggfinne og ned til brystfinnen.</p> <p>Har ikke striper som krysser sidelinjen.</p> <p>Tynt skinn med et lag av slim, NB: på grunn av små skjell oppleves fisken glatt.</p>	<p>Redusert sølvfarge</p> <p>Fremdeles noe blank og lys farge langs og rundt sidelinjen.</p> <p>Viser tap av den lyse sølv/blank fargen/gjenskinn.</p> <p>Har distinkte fargebaser av lett grønn til brunaktig fra brystfinne til gatt. Endringene kan minne om flekker eller ujevne "parmerker" som ender ned mot buken).</p> <p>Kan få begynnende brun/grønn aktige farger fra hodet til ryggfinnen og ned til brystfinnen.</p> <p>Har ikke striper som krysser sidelinjen</p> <p>Skinnet begynner å bli tykt, og har relativt mye slim.</p>	<p>Begynnende gytedrakt.</p> <p>Mørk farge langs og rundt sidelinjen.</p> <p>Tapt sølv/blank farge/gjenskinn i skjelldrakten.</p> <p>Har distinktive fargebaser av grønn eller lettere brun/gul. Endringene kan minne om flekker eller ujevne "parmerker" som ender ned mot buken.</p> <p>Har fått begynnende brun/grønn aktige farger fra hodet til ryggfinnen og ned til brystfinnen.</p> <p>Kan ha striper med lyse eller mørke «))))» tegninger som krysser sidelinjen.</p> <p>Skinnet er tykt og dekket av et lag med slim.</p>	<p>Gytedrakt.</p> <p>Dyp mørkegrønn/mørkebrun eller gul farge. Hvite flekker eller hvit på buken.</p> <p>Ingen sølv/blank farge/gjenskinn i skjelldrakten.</p> <p>Har distinktive fargebaser av mørkebrun/svart fra sidelinje og buken med området rundt.</p> <p>Har fått mørkebrun/gul aktige farge på hele kroppen og en tydelig rosa farge fra gatt til halerot. Kan også være rosa fra haleroten og frem til midten av sidelinjen.</p> <p>Har striper med lyse eller mørke «))))» tegninger som krysser sidelinjen.</p> <p>Veldig tykt skinn med et tjukt slimlag (slimet renner av fisken når man løfter den).</p>

FMK 0



Hann



Hunn

FMK 1



Hann



Hunn

FMK 2



Hann



Hunn

FMK 3



Hann



Hunn

Figur 8: Eksempler av hann og hunn fra hver kjønnsmodningsgrad.

4.3 Kvalitetsendringer under kjølelagring av fileter

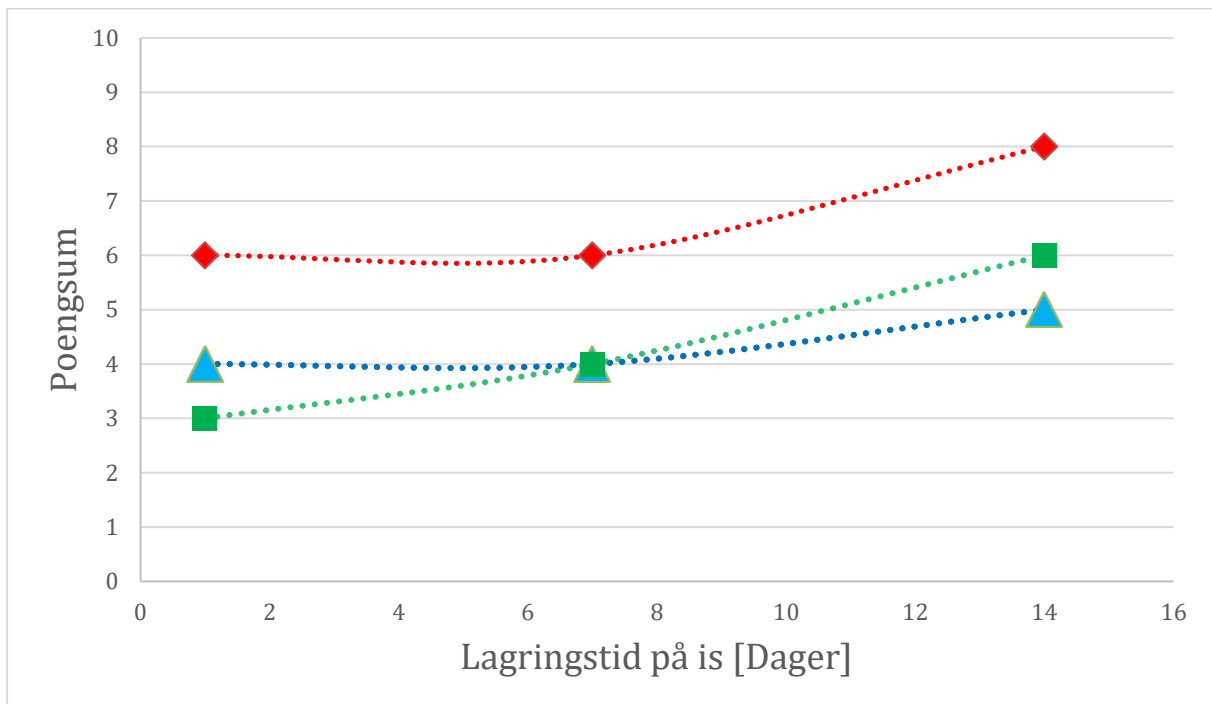
«Filetindeks» er benyttet for å evaluere kvaliteten til fileter fra tint pukkellaks under kjølelagring. Figur 9 viser utviklingen av total score for filetindeks for fisk med ulik kjønnsmodningsgrad under kjølelagring. Ifølge filetindeks har FMK 0 en totalsscore på 3 poeng etter 1 dag kjølelagret. Denne fisken er fanget i sjø med kilenot, og en god del av disse hadde synlige skader fra fangstredskapet og var tydelig preget av skjelltap, klemskader rundt kroppen og blodflekker i fileten. Fangstskadene kan ha påvirket totalscoren fordi blod og skade på muskel kan ha påvirket kvaliteten og dermed de ulike egenskapene som vurderes. Eksempel på slike skader er vist i figur 10. Under lagring endres kvaliteten lite de første sju dagene, mens det er en tydelig forringelse fra dag 7 til dag 14. Ved bruk av en ikke-parametrisk uavhengig Kruskal Wallis-test ble det funnet at totalscoren for FMK 0 på dag 14 økte signifikant i forhold til dag 1 og 7.

FMK 1 og 2 har dårligere utgangskvalitet enn FMK 0, men følger noenlunde samme mønster med forringelsesløp. En usikkerhet med filetindeks vurderingen i dette forsøket var at det var færre individer i FMK 1+2 enn i de to andre gruppene, hvor enkeltfisker med høy score kan ha gitt stor påvirkning på totalscoren. En annen faktor som kan ha betydning for den dårligere kvaliteten var at samtlige FMK 1 og 2 ble fanget i elv ved bruk av not. Her ble alle fiskene ført mot land og holdt i flere timer i et svært stressende miljø for å selektere ut andre anadrome arter fra noten. Dette førte til at samtlige pukkellaks i noten var død før bløgging, noe som vil medføre mer blod i muskelen (Tobiassen et al., 2016, s. 18). Dette kan ha vært med å påvirke resultatet da stress og trenging gir større risiko for bløtere tekstur, økt spalting, dårligere og raskere nedbrytning av muskelvev (Peng et al., 2024, s. 1-2). For videre studier bør det undersøkes fisk som ikke har blitt utsatt for slik belastning for FMK 1 og 2 for å eliminere disse eventuelle feilkildene.

FMK 3 er vurdert til å ha en utgangskvalitet nær FMK 0, og den forringes tilsynelatende lite i løpet av lagringsperioden på is og oppnår lavest score av alle gruppene etter 14 dager kjølelagret. En mulig forklaring på dette er at pukkellaksen har begrenset inntak av mat fram mot gyting, og at denne sultingen kan være en medvirkende årsak til at FMK 3 scorer lavere på filetindeksen og dermed kan synes å ha mindre nedgang i kvalitet utover i lagringen enn de andre gruppene. Redusert mengde energi inntak eller sulting kan være med på å gi fastere tekstur samt mindre spalting av fileter (Mørkøre, 2008, s. 25). En må også ta med i betraktningen at farge som parameter er uteblitt fra filetindeks score i denne oppgaven (som

før beskrevet). Dersom farge hadde vært med ville FMK 3 muligens prestert betydelig dårligere enn de øvrige kjønnsmodningsgrad gruppene.

Det bør imidlertid bemerkes at for alle tre gruppene er det en relativt liten økning i filetindeks i løpet av lagringsperioden. Kanskje spesielt på bakgrunn av at fisken hadde uheldig håndtering og dårlig kjøling ved fangst kunne man forvente at den ble forringet raskere. Lorentzen et al. (2020, s. 1) bekrefter at selv korte perioder med økt temperatur kunne forkorte holdbarheten med flere dager hos torsk. En viktig forklaring til at dette ikke ble like tydelig som forventet, kan ha sin årsak i at fisken har vært frosset og tint før filetering, og andre har vist at fryste og tinte fileter kan ha lengre holdbarhet enn ferske fileter (Emborg et al., 2002, s. 790).



Figur 9: Median totalscore filetindeks (lukt, spalting, overflate og konsistens) fra fisk med ulik kjønnsmodningsgrad utover i kjølelagring. Grønn■: FMK 0. Lagring dag 1 (n= 45), Lagring dag 7(n=18), Lagring dag 14 (n=19). Rød●: FMK 1+2. Lagring dag 1 (n=9), lagring dag 7 (n=5), lagring dag 14 (n=4). Blå▲: FMK 3. Lagring dag 1 (n=17), lagring dag 7 (n=7), lagring dag 14 (n=10).

Om man ser på de enkelte parametere som utgjør filetindeks, hadde FMK 0 en utvikling i luktbildet og oppnådde score 0 ved lagringens start, til score 2 etter 14 dager kjølelagret. FMK 1 og 2 hadde ingen endring i luktbilde gjennom lagringen (score 1), og FMK 3 hadde en liten endring fra 0 ved forsøksstart til score 1 etter 14 dager. Det ble dog funnet enkeltindivider i denne gruppen med en mer sur/gjæraktig lukt ulikt de andre (score 2) som ikke påvirket medianen. Årsaken til mindre endringer i luktbilde som følge av økende grad av kjønnsmodning kan sees i sammenheng med at fettinnholdet går ned i fisken dess mer kjønnsmoden den blir, se tabell 6.

Det ble observert under bedømming at fisk fra alle kjønnsmodningsgradene utover i lagring fikk et sterkere luktpreg i buken kontra i fileten. Buken hos laks inneholder mye fett og fordi mesteparten av fisken ble sløyd før innfrysning kan oksidasjon av fett i buken være grunnen til sterkere lukt (Gokoglu & Yerlikaya, 2015, s. 47). Det er også kjent at laksefisk lagrer fett i kjøttet (Nøstbakken et al., 2021, s. 2), og ikke i lever slik som for eksempel magrere fiskearter som torsk (Julshamn et al., 2013, s. 16-24). Noen fisk hadde også bloduttredelser/blodflekker og disse områdene hadde tydelig harsknet preg, de ble derfor forsøkt unngått ved vurdering av lukt.

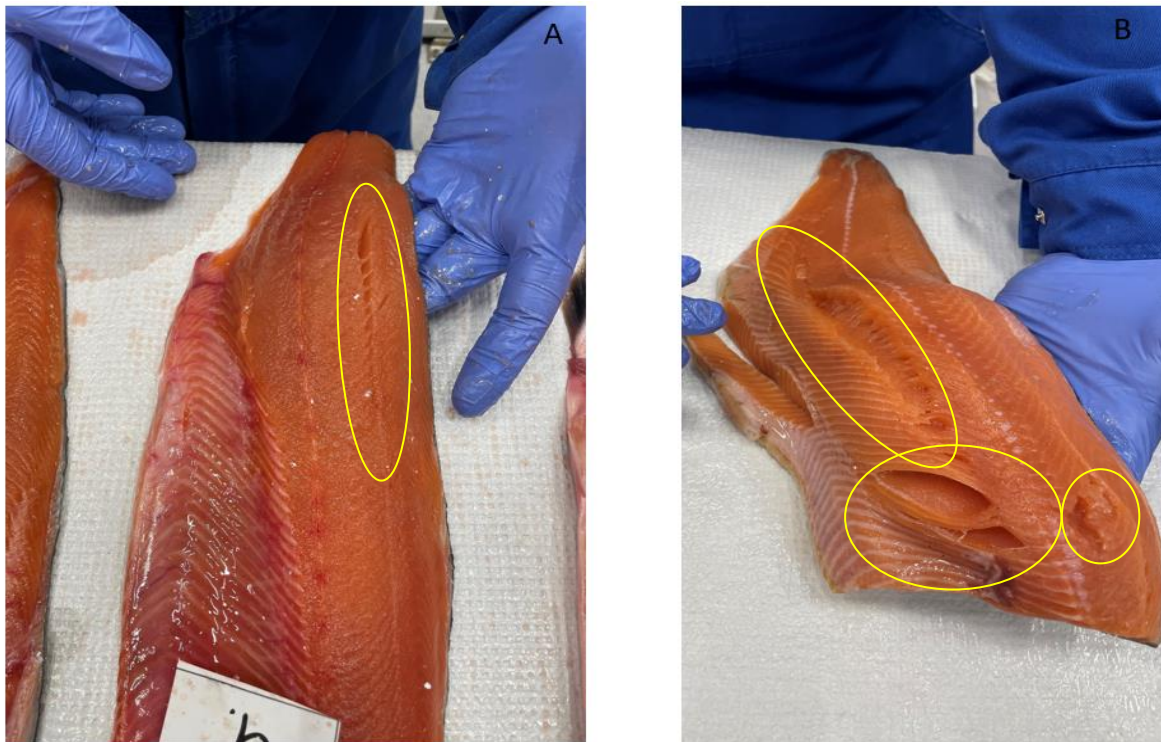
Figur 10 illustrerer fangstskader funnet under vurdering av filet.



Figur 10: Utvendige og innvendige skader etter kilenot på en filet fra kjønnsmodningsgrad 0 (gul ring).

Når det gjelder spalting hadde FMK 0 bare en lett spalting (score 1) ved lagringens start, og denne økte til 2 gjennom lagringen. FMK 1 og 2 hadde en usammenhengende fileten med betydelig spalting (score 3), og dette vedvarte utover i lagringen fram mot dag 14. Årsaken kan være den ekstreme trengingen fisken var utsatt for under notfangst, som forklart i avsnittet over. FMK 3 hadde bare lett spalting (score 1) gjennom lagringsforløpet. Dette kan også være en effekt av at fisken var sultet. Det er tidligere vist at sultet laks, spesielt oppdrettslaks, gir fastere tekstur i muskelen (Mørkøre, 2008, s. 25).

Figur 11 viser hvordan spaltingen framstår. Fileten i 11A har begynnende spalting og fikk 1 poeng, mens fileten i 11B har tydelig spalting, store sprekker i muskelen over hele fileten, fileten er lagret 7 dager på is og ble gitt høyeste score 3.

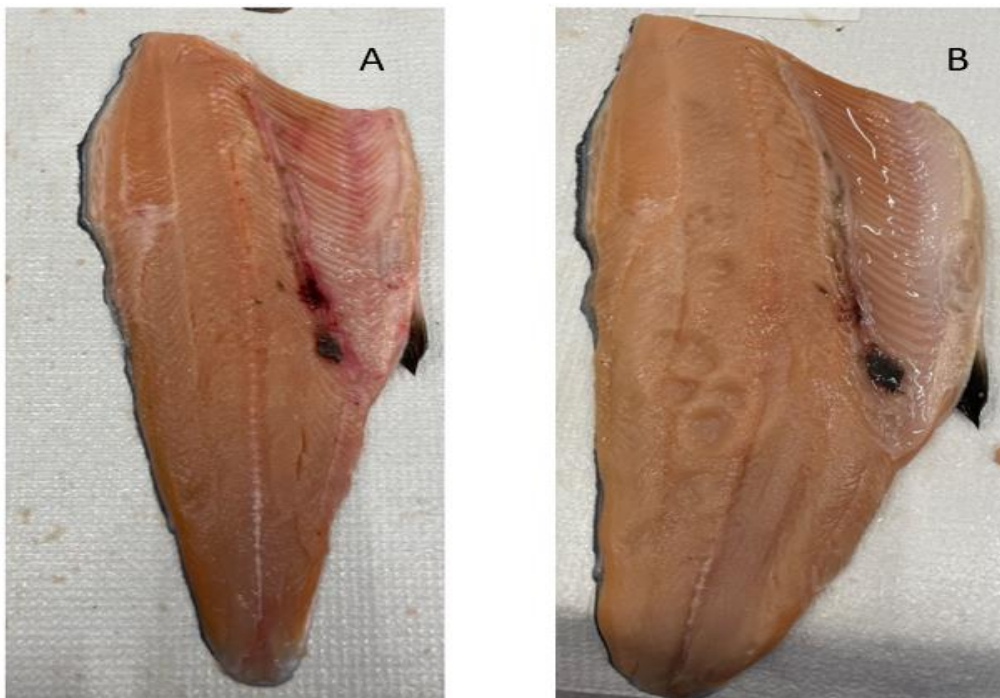


Figur 11: 11A: Gul ring viser antydning til spalting (score 1). 11B: Gule ringer viser en fileten som hadde mye spalting (score 3).

Når det gjelder overflate for FMK 0, starter den på score 0 ved lagringens begynnelse, utover i forløpet var overflaten blitt oppløst og økte til 1. FMK 1 og 2 hadde en tørr og blank overflate, og utviklet seg til median score 0,5 etter 14 dager. Økningen på score for overflate kan igjen skyldes trengingen fisken ble påført ved uttak. FMK 3 hadde ingen økning av score for overflate, og hadde vedvarende tørr og blank overflate gjennom hele lagringsforløpet. Som tidligere vist hadde sultet laks en fastere tekstur og mindre spalting, dette kan forklare at overflate hos FMK3 ikke ble endret.

Konsistensen hos FMK 0 utviklet seg fra å være en noe bløt filet (score 1) til en mer bløt filet (score 2) etter 14 dager. FMK 1 og 2 hadde en bløt konsistens (score 2) ved oppstart, og utover i lagringsforløpet endte opp med en meget bløt filet (score 3). FMK 3 utviklet seg fra en score 2 ved forsøksstart til en score 3 etter 14 dager lagring. I artikkelen til Yamashita og Konagaya (1990, s. 1271) beskrives det at musklene til ketalaks blir bløtere under gytevandring, som følge av enzymatisk degradering, spesielt fram mot sluttmodning (gyting), noe som kan forklare den bløte konsistensen hos FMK 3 i våre forsøk.

Figur 12A og 12B viser utvikling av konsistens utover i kjølelagring, figur 12b ble gitt score 2 og viser tydelige fingermerker midt på fileten.



Figur 12:Eksempel på konsistens. 12A: fast filet, kjølelagret 1 dag (score 0). 12B: Samme filet 14 dager kjølelagre. Tydelige fingermerker midt på fileten etter konsistensmåling (score 2).

4.4 Endringer i filetfarge i ulike kjønnsmodningsgrad

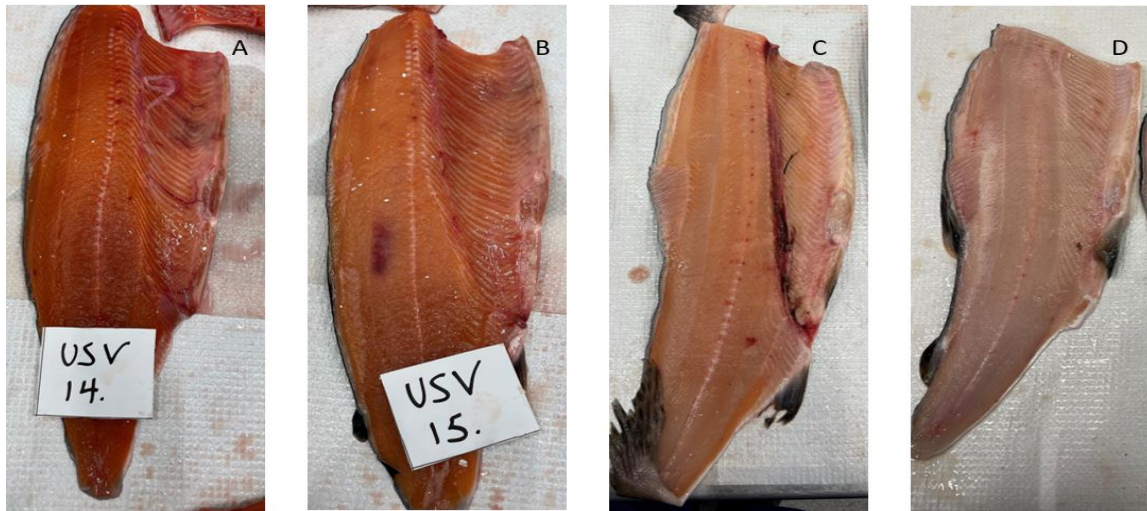
Som vist i figur 13 er det stor forskjell i farge på filet fra fisk med ulike kjønnsmodningsgrad, FMK 0 hadde en frisk rød farge, mens FMK 3 var tydelig bleket.



Figur 13: Variasjon av farge på filet fra ulike kjønnsmodningsgrad. Til venstre er det filet fra FMK 0, til høyre er det filet fra FMK 3.

Sensorisk farge

For å vurdere endringen i filetfarge mellom fisk i ulike kjønnsmodningsgrader ble det benyttet en sensorisk vurdering. Figur 14 og 15 viser eksempel på hvordan farge ble sensorisk bestemt. Figur 14A ble bedømt som en filet med mørkerød farge (score 0), figur 14B ble vurdert som en filet med lyserød/blek farge, figur 14C ble vurdert til en filet som var bleknet (score 2) og figur 14D ble vurdert som filet med grå/hvit, eller gul/hvit farge som minner mer om hvit fisk (score 3).



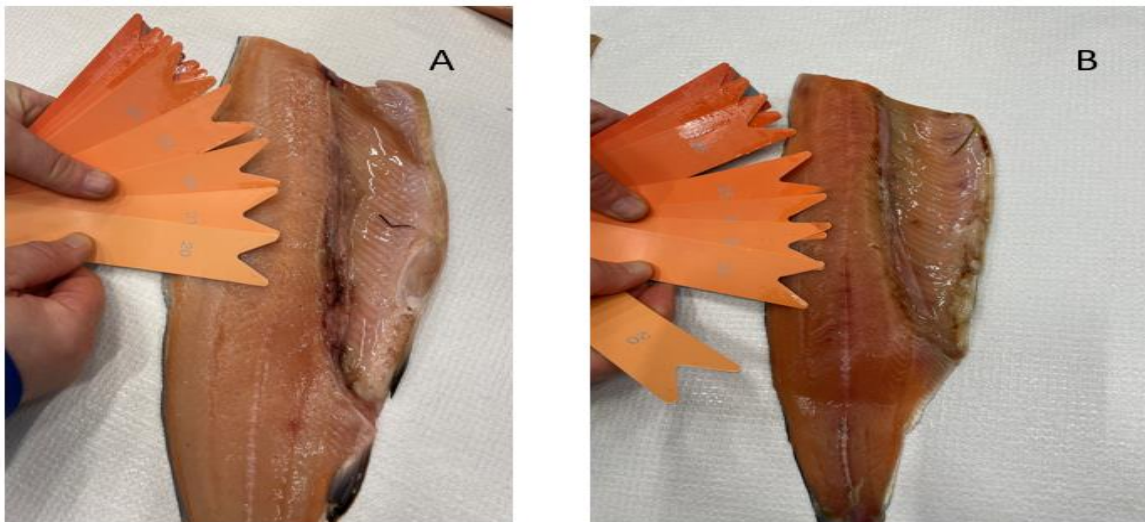
Figur 14: 14A: FMK 0 (score 0), 14B: FMK 0 (score 1), 14C: FMK 3 (score 2), 14D: FMK 3 (score 3).



Figur 15: Tre forskjellige farge, til venstre FMK 3 (score 3), i midten FMK 1 (score 0) og til høyre FMK 3 (score 2).

Salmofan

Ettersom salmofan vanligvis brukes for å vurdere farge på laksefisk, var det interessant å vurdere fargeutvikling på pukkellaks ved bruk av denne metoden. Siden salmofan er standardisert i forhold til vurdering av farge på atlantisk laks ut til forbruker har den kun måling innenfor gitte rødtoner. Alle kjønnsmodningsgradene med unntak av FMK 3 var innenfor området for måling av salmofan (score 20-34). FMK 3 ga målinger på <20 noe som resulterte i at metoden ikke kunne benyttes for denne gruppen. Dette var forventet da kjønnsmoden fisk hadde svært lav grad av rødfarge i muskel (figur 14D) Dog var det likevel 3 prøver som fortsatt var rød i kjøttet (verdi >20) som tilhørte FMK 3 (figur 16A og 16B). Dette indikerer at det ikke med sikkerhet kan fastslåes at FMK 3 alltid har for lav grad av rødhet til å bli vurdert med salmofan.



Figur 16: Bedømming ved bruk av salmofan. 16A: filet fra FMK 3 (score 21), 16B: filet fra FMK 1 (score 24)

Instrumentell måling

For også å kunne måle grå fileter, under score 20 på salmofan, ble det benyttet instrumentell fargemåling (minolta) med CIE-LAB-systemet hvor vi tar utgangspunkt i de tre parameterne L*(D65), Angle of hue og Chroma.

Endring av filetfarge i ulike kjønnsmodningsgrad

I tabell 5 er det presentert samlet verdi for sensorisk farge, salmofan og instrumentell måling (minolta) for fileter i hver kjønnsmodningsgrad og utviklingen av disse.

Tabell 5: Samlet verdi for farge, salmofan, og minolta. Vist i ulike kjønnsmodningsgrader. Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).

	FMK 0 (n= 45)	FMK 1+2 (n=6)	FMK 3 (n=17)
Farge(median)	0 ^A	0 ^A	3 ^B
Salmofan(snitt)	28,5 ± 1,5 ^A	27,8 ± 1,2 ^A	<20
Minolta L*(D65)	36,1 ± 2,9 ^A	35,8 ± 4,1 ^A	22,1 ± 6,2 ^B
Minolta Angle of hue	50,8° ± 1,7 ^A	48,4° ± 2,2 ^A	84,4° ± 14 ^B
Minolta Chroma	30,9 ± 3,1 ^A	31,0 ± 3,7 ^A	13,2 ± 4,5 ^B

Ved bruk av en Tukey Post Hoc-test ble det funnet ut at FMK 0, 1 og 2 ikke hadde signifikant forskjeller i sensorisk vurdert farge, men disse hadde en signifikant forskjellig farge fra FMK 3. FMK 0, 1 og 2 hadde samlet score 0 på farge og FMK 3 fikk en score på 3. For salmofan var det ikke signifikant forskjell mellom farge til FMK 0, 1 og 2. FMK 3 var ikke identifiserbare ved bruk av salmofan. P- verdi.

Ut fra verdiene for L*(D65) (score 0 (svart) til score 100 (hvitt): ser en at FMK 0 (score 36,1) og FMK 1+2 (score 35,8) var like med en lyshetsgrad på under 0,3 score i forskjell. For FMK 3 (score 22,1) derimot var resultatet signifikant lavere enn for de andre kjønnsmodningsgradene. Dette tilsier at FMK 3 har mistet lyshet og fått mørkere lysintensitet som vist i figur 18 nedenfor.

Angle of hue (score 0-360°): Resultatene viste at FMK 0 (50,1°) og FMK 1+2 (48,4°) var like med verdi på endring i fargeposisjon på 1,7°. For FMK 3 (84,4°) derimot var resultatet signifikant høyere med cirka 35° høyere fargescore. Dette betyr at den grunnleggende fargetonen til fargen har beveget seg fra å være rød (+a*rød 45°) i FMK 0 og FMK 1+2 til å bli mindre rød. Tonen beveger seg mer i retning gul sektor (+b*gul 90°) for FMK 3.

Chroma (score 0 →): Resultatene viste at FMK 0 (30,9) og FMK 1+2 (31,0) var like med en endring i metningen eller renheten av fargen på 0,1 Chroma. For FMK 3 (13,2) var resultatet signifikant lavere med cirka 17,2 lavere fargeintensitet. Dette betyr at fargen i FMK 3 var mer enn dobbelt så nært origo (0 punktet i chroma) som i de øvrige kjønnsmodningsgradene. Jo nærmere fargen er origo dess mer grå blir fargen.

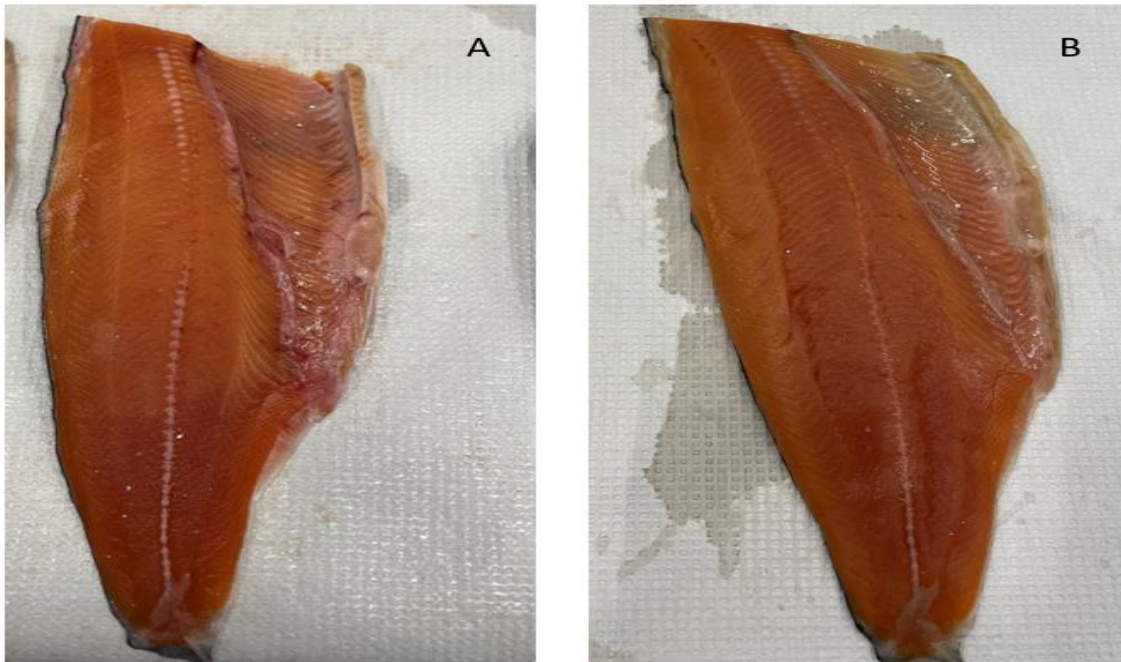
Oppsummert viser resultatene god korrelasjon mellom de ulike fargemålingene som ble benyttet i denne oppgaven. FMK 3 hadde signifikant lavere rødfarge enn de resterende gruppene, og kunne ikke vurderes med salmofan. Ved sensorisk vurdering ble filetene til FMK 3 vurdert som grå/hvit eller gul/hvit. L-verdien til fileten minket, og fileten fikk dermed lavere lysintensitet. Verdiene for Angle of hue økte slik at FMK 3 endret seg til en mer gulaktig fargetone, men siden Chroma verdiene minket ble fargemetningen lavere. Dette betyr at fileten fikk innslag av mer gule fargetoner, men siden metningen og lysintensiteten gikk ned endret fargen seg til å bli mer gråaktig som vist i figur 17.



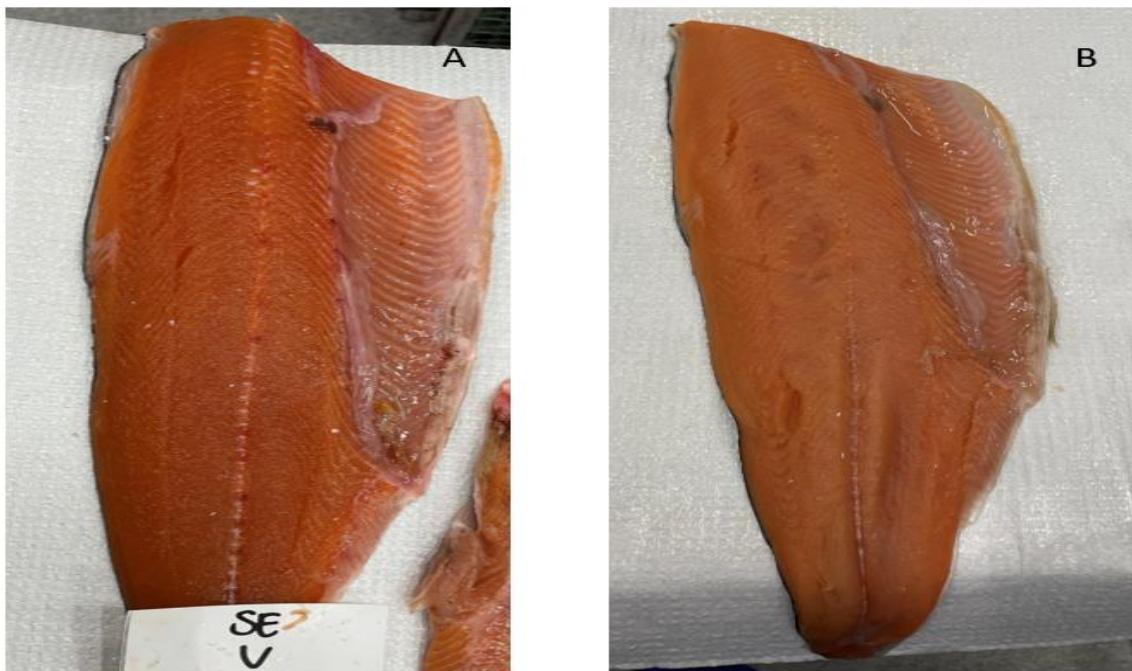
Figur 17: Filet fra FMK 3, mistet lysintensitet (L^), angle of hue har beveget seg mot gult, fargemetningen (chroma) er blitt redusert*

Farge forskjeller utover i lagring

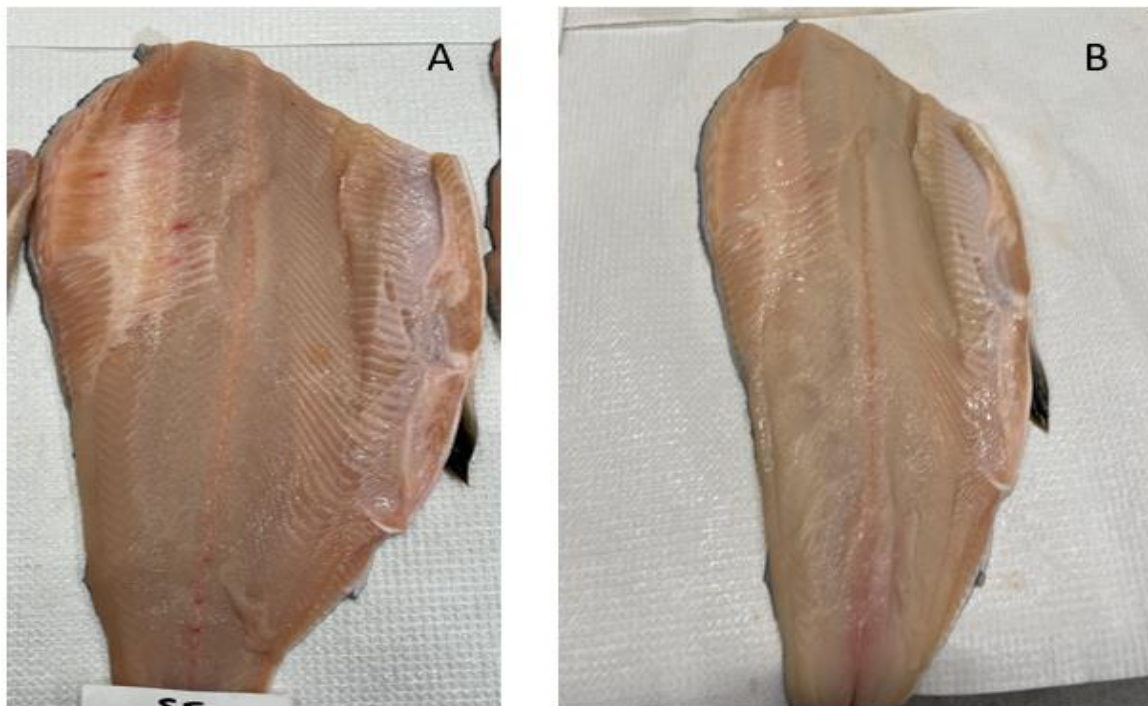
Som vist i figurene 18, 19 og 20 endret fargen på fileten seg lite under kjølelagring av de tinte filetene.



Figur 18: Utvikling av farge under lagring av FMK 0. 18A: 1 dag kjølelagret, 18B: 14 dager kjølelagret.



Figur 19: Utvikling av farge under kjølelagring av FMK 1-2. 19A: 1 dag kjølelagret, 19B: 14 dager kjølelagret



Figur 20: Utvikling av farge under kjølelagring av FMK 3. 20A: 1 dag kjølelagret, 20B: 14 dager kjølelagret

4.5 Vann-, protein-, fett- og aske-innhold

Den kjemiske sammensetningen til pukkellaks av ulik kjønnsmodningsgrad er vist i tabell 6. I hver analyse ble det kjørt tre paralleller for hver fisk, og resultatene er presentert som snitt for gruppene med fisk av samme kjønnsmodningsgrad.

Tabell 6: Oversikt over resultatet av kjemiske analyser gjort på vann, protein, fett og aske, resultatet er vist i hver kjønnsgrad fra 0 – 3 og oppgitt i (%) \pm standardavvik. Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).

	FMK 0 (n=10)	FMK 1 (n=6)	FMK 2 (n=3)	FMK 3 (n=16)
Vann [%]	72,8 \pm 1,0 ^C	74,4 \pm 0,6 ^B	74,9 \pm 0,5 ^B	76,9 \pm 0,9 ^A
Protein [%]	22,4 \pm 0,4 ^A	21,6 \pm 0,5 ^B	21,4 \pm 0,2 ^B	19,2 \pm 0,5 ^C
Fett [%]	4,8 \pm 0,9 ^A	3,1 \pm 0,5 ^B	2,4 \pm 0,4 ^B	2,7 \pm 0,7 ^B
Aske [%]	1,6 \pm 0,2 ^A	1,8 \pm 0,2 ^A	1,8 \pm 0,1 ^A	1,2 \pm 0,1 ^B

FMK 0 hadde signifikant lavere innhold av vann enn fisk fra de øvrige gruppene. Det var ikke signifikant forskjell i vanninnhold mellom FMK 1 og 2. FMK 3 hadde signifikant høyere vanninnhold enn de øvrige gruppene. Fra FMK 0 økte vanninnholdet med 4,1% til FMK 3.

Proteininnhold i FMK 0 var signifikant høyere enn fisk fra de andre kjønnsmodningsgradene. FMK 3 hadde signifikant lavest innhold av protein. Det var ikke signifikant forskjell mellom

FMK 1 og 2, men disse hadde signifikant lavere proteininnhold enn FMK 0, og signifikant høyere proteininnhold enn FMK 3. Proteininnholdet fra FMK 0 til FMK 3 hadde en nedgang på 3,2%.

Fettinnhold for FMK 0 var signifikant høyere enn for de andre gruppene. Fettinnhold for FMK 1, 2 og 3 var ikke signifikant forskjellig fra hverandre. Fettinnholdet fra FMK 0 til FMK 3 hadde en nedgang på 2,1 %.

Askeinnhold hos FMK 0, 1 og 2 var ikke signifikant forskjellige. FMK 3 hadde signifikant lavere askeinnhold enn fisk fra de andre kjønnsmodningsgruppene. Askeinnholdet hadde en nedgang på 0,6% fra FMK 0 til FMK 3.

Det at proteininnhold, fettinnholdet og askeinnhold reduseres, samtidig som vanninnholdet øker, var som forventet da fisken forbruker disse for å produsere gonader fram mot gyting. Prosessen går raskere på grunn fordi at fisken avstår fra å spise fram mot gyting (Love, 1970, s. 97-98). Dette var også i samsvar med Aksnes et al (1986) som fant at vannmengde i laks økte ved nedgang av protein og fett under kjønnsmodning. Vanninnhold kan være estimert for lavt fordi det kan ha vært vanntap under frysing og tining av forsøksfisken. Dette vil igjen kunne medføre at protein, fett og aske estimeres for høyt.

Vann-, protein-, fett- og askeinnhold i norsk og russisk pukkellaks

Ved å sammenligne pukkellaks fra denne oppgaven mot annen pukkellaks, ønsket en å se om det var overenstemmelse mellom resultatene. Det ble derfor funnet en studie utført på pukkellaks i Russland, hvor resultatene ble oversatt fra russisk (Kholosha, 1998).

Vanninnholdet hos FMK 0 og FMK 3 var høyere enn det som ble rapportert fra pukkellaks fra Russland for den umodne (70,9%) og kjønnsmodne pukkellaksen (73,2%). Proteininnholdet for FMK 0 og FMK 3 i våre forsøk var tilnærmet likt både for den umodne (22,5%) og kjønnsmodne russiske pukkellaksen (21,6%). Fettinnholdet var noe høyere i både den umodne (6,5%) og kjønnsmodne (5,2%) fra Russland i forhold til FMK 0 og FMK 3 i våre forsøk. For FMK 0 var innholdet av aske høyere enn den umodne (1,2%) fra Russland, FMK 3 var lik den modne pukkellaksen (1,2%) fra Russland (Kholosha, 1998). Ved sammenligning ser vi at våre resultater var tilnærmet lik eller i overenstemmelse med resultatene gjort på pukkellaks fra Russland.

Det var vanskelig å si hvor langt i kjønnsmodningen pukkellaksen fra Russland hadde kommet når analysene ble foretatt. Forskjellene i de to studiene kan bety at laksen analysert i den russiske oppgaven har kommet lenger i modningen og har derfor fått høyere verdi for vann, samt lavere verdier for protein og fett enn det vi fant. Miljøet pukkellaksen har levd under og beitet i kan også ha vært ulikt, hvor tilgang på rikelig med mat har betydning. Pukkellaksen fra Russland ble fanget i et annet år, hvor sesongvariasjoner også kan medføre forskjeller. Sammenligningen totalt sett tyder likevel på at pukkellaksen fra Norge ikke er så forskjellig fra Russland noe som også gir mening da fisken har samme opphav. Fisken i vår studie er også fanget ikke langt fra russergrensen og leveområdet, klima og forutsetninger er dermed mer likt enn for eksempel for andre land vi kunne sammenlignet med.

Vann-, protein-, fett- og askeinnhold i pukkellaks, villaks og oppdrettslaks

I forhold til innholdet av vann, protein, fett og aske i oppdrettslaks og villaks har pukkellaksen fra alle kjønnsmodningsgradene et høyere innhold av protein (Jensen et al., 2020, s. 5). Sammenlignet med resultatene fra Jensen et al (2020) hadde pukkellaksen langt lavere fettinnhold enn oppdrettslaksen (15,4%), og noe lavere enn villaks (6%), mens innhold av aske hos FMK 0 var høyere enn både villaks (1,2%) og oppdrettslaks (1,1%). Askeinnhold til FMK 3 var tilnærmet lik både for villaks og oppdrettslaks. Vanninnholdet til pukkellaks fra alle kjønnsmodningsgradene var høyere enn for både villaks (69,6%) og oppdrettslaks (61,4%). Dette kan forklares av et lavere innhold av fett i pukkellaks, hvor fisk med lavt fettinnhold inneholder mer vann i muskel enn feitere fisk (Haard, 1992, s. 292-293).

Oppsummert var innholdet til FMK 0 over både protein- og askeinnhold til både villaks og oppdrettslaks. Kun fettinnhold scoret høyere hos oppdrettslaks og villaks. Pukkellaksen har et høyere proteininnhold både som umoden og gyteklar i forhold til atlantisk laks. Dette gjør pukkellaks uansett kjønnsmodningsgrad til en god proteinkilde. På grunn av det lave fettinnholdet under 5% og høyt innhold av protein mellom 15-20% kan pukkellaks i alle kjønnsmodningsgrader settes i en kategori som fisk med lavt fett og høyt proteininnhold (Ahmed et al., 2022, s. 692). Den magrere pukkellaksen er derfor et fullgodt produkt ernæringsmessig i forhold til andre animalske proteinkilder.

Samtidig er det viktig å presisere at det ikke er representativt å sammenligne kjønnsmoden pukkellaks med umoden villaks og oppdrettslaks. Skal en trekke konklusjoner i den sammenligningen må en sammenligne kjønnsmoden pukkellaks opp mot kjønnsmoden villaks og oppdrettslaks. FMK 3 har også hatt en lang periode fra fangst med høye temperaturer før

nedfrysning og lagring, før den ble analysert for fett over 6 måneder senere. Noe av fettene kan ha oksidert i løpet av denne perioden samt noe denaturering av protein kan ha forekommet på grunn av lagringsperiode.

4.6 Fettsyreinnhold

Gjennomsnittlig fettsyreinnhold i gram per 100 gram muskel er vist i tabell 7 for FMK 0. I tabell 7 er fettsyrene delt inn etter Mettede fettsyrer (SFA), Enumettede fettsyrer (MUFA) og Flerumettede fettsyrer (PUFA). Dette ble gjort for å lettere kunne forholde seg til endringene i de ulike kjønnsmodningsgradene.

Tabell 7: Oversikt over alle fettsyrer i pukkellaks, gitt i fettsyrer i gram pr 100 gram muskel (g FA/100g). Ulike bokstaver på samme rad er verdier som er signifikant forskjellig ($p < 0,05$).

Fettsyre		FMK 0 (n=7)	FMK 1 (n=6)	FMK 2 (n=3)	FMK 3 (n=10)
SFA	C14:0	0,10 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,02
	C16:0	0,44 ± 0,10	0,34 ± 0,08	0,28 ± 0,08	0,27 ± 0,08
	C18:0	0,09 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,02
	C22:0	0,02 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Total SFA:		0,64 ^A	0,47 ^B	0,38 ^B	0,38 ^B
MUFA	C16:1 n-7	0,11 ± 0,03	0,08 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,02
	C18:1 n-12	0,01 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01
	C18:1 n-9	0,41 ± 0,09	0,34 ± 0,10	0,30 ± 0,12	0,27 ± 0,06
	C18:1 n-7	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,02
	C20:1 n-9	0,20 ± 0,07	0,15 ± 0,06	0,08 ± 0,02	0,07 ± 0,03
	C22:1 n-11	0,22 ± 0,08	0,16 ± 0,06	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,04
	C22:1 n-9	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
	C24:1 n-9	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
Total MUFA		1,07 ^A	0,84 ^B	0,61 ^C	0,56 ^C
PUFA	C18:2 n-6	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
	C18:3 n-3	0,08 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02
	C18:4 n-3	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01
	C20:5 n-3(EPA)	0,18 ± 0,05	0,14 ± 0,04	0,11 ± 0,03	0,10 ± 0,02
	C22:5 n-3	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
	C22:6 n-3(DHA)	0,33 ± 0,09	0,28 ± 0,07	0,23 ± 0,06	0,23 ± 0,06
Total PUFA		0,76 ^A	0,56 ^B	0,45 ^B	0,46 ^B

Resultatet viser at for SFA i FMK 0 var det signifikant høyere verdi i forhold til FMK 1, 2 og 3. Fra FMK 0 til FMK3 hadde SFA en nedgang på 0,26g/100g muskel som er cirka 40 % reduksjon av innhold SFA. Det var ingen signifikant forskjell mellom FMK 1, 2 og 3 for innhold av SFA.

Total MUFA minket for hver kjønnsmodningsgrad. FMK 0 hadde et innhold av MUFA som var signifikant høyere enn alle de andre kjønnsmodningsgradene. Innholdet av MUFA i FMK 1 var signifikant høyere enn i FMK 2 og FMK 3. Det var ikke signifikante forskjeller mellom FMK 2 og FMK 3. Høyest verdi av MUFA var FMK 0, og den laveste verdien av innholdet i

MUFA var hos FMK 3. MUFA hadde en nedgang på 0,51g/100g muskel fra kjønnsgrad 0 til 3, dette utgjør 48 % nedgang av MUFA hos gyteklar pukkellaks.

For PUFA var FMK 0 signifikant høyere enn de andre kjønnsmodningsgradene. FMK 1, 2 og 3 hadde ingen signifikant forskjell. Den høyeste verdien for PUFA var hos FMK 0 og den laveste var hos FMK 2. PUFA hadde en nedgang på 0,31g/100g muskel fra kjønnsgrad 0 til 2, dette utgjør 40,8 % nedgang.

Oppsummert var det en jevn nedgang i SFA mellom FMK 0, 1 og 2, før verdiene stabiliserte seg fra FMK 2 og utover. For MUFA var det relativt lik nedgang mellom kjønnsmodningsgruppene. Mens det for PUFA var jevn reduksjon fra FMK 0,1 og 2 før den stabiliserte seg på FMK 2 og var tilnærmet uendret til FMK 3. Nedgang av SFA, MUFA og PUFA utover i kjønnsmodning var forventet da fettprosenten gikk ned slik det er beskrevet tidligere i oppgaven.

Fettsyreinnhold hos norsk og russisk pukkellaks

Ved å sammenligne pukkellaks fra denne oppgaven med annen pukkellaks, ønsket en å se om det var sammenheng mellom resultatene for fettsyreinnhold. Det ble derfor funnet en studie utført på pukkellaks i Russland, hvor resultatene ble oversatt fra russisk (Kholosha, 1998).

Innhold av SFA i FMK 0 og FMK 3 var noe høyere i Norsk pukkellaks enn hos *umoden* (18,8%) og *gytefisk* (20,3%) pukkellaks fra Russland. Innhold av MUFA var litt lavere for FMK 0 og FMK 3 enn hos *umoden* (41,1 %) og *gytefisk* (44,8%) fra Russland. Innhold av PUFA for FMK 0 og FMK 3 var tilnærmet likt den umodne fisken (39,4%), *gytefisk* (33,9%) fra Russland var noe lavere enn hos FMK 0 og FMK 3 i våre studier. Selv om en finner noen små variasjoner i resultatene mellom den Norske og Russiske pukkellaksen, er det relativt små forskjeller. Som nevnt tidligere vet en ikke hvilke kjønnsmodningsgrader denne pukkellaksen scoret, eller om den var ferdig gytt. Naturlige sesongvariasjoner vil også forekomme og beiteområdene med ulik fauna vil også kunne påvirke resultatet for sammensetningen til fisken. Det er mye man ikke vet om fiskematerialet i det 26 år gamle studiet. Vandremønster, havtemperatur, aktiviteter i elvene og fjordene, samt alt innenfor selve fisket kan alle ha påvirket fiskens kvalitet.

Fettsyreinnhold pukkellaks, villaks og oppdrettslaks

I forhold til innholdet av SFA, MUFA og PUFA i oppdrettslaks og villaks av atlantisk laks har pukkellaks fra alle kjønnsmodningsgradene lavere innhold av SFA (g FA/100g) enn både oppdrettslaks (2,7g FA/100g) og villaks (1,2g FA/100g) (Jensen et al., 2020, s. 5-6).

Sammenlignet med resultat fra Jensen et al. (2020) hadde pukkellaks mye lavere innhold av MUFA enn oppdrettslaks (7,2g FA/100g) og villaks (2,6g FA/100g) mens innholdet av PUFA hos pukkellaks fra alle kjønnsmodningsgradene var lavere enn hos oppdrettslaks (2,7gFA/100g) og villaks (1,7gFA/100g).

Innenfor PUFA ligger de viktige omega-3 fettsyrer EPA (20:5n-3) og DHA (22:6n-3). EPA og DHA må opprettholdes via kosthold, og er derfor sentrale for en sunn helse (Peltomaa et al., 2017, s. 1-2). For EPA var det høyere innhold hos Villaks (0,4g/100g), og oppdrettslaks (0,5g/100g) enn hos alle FMK gruppene i pukkellaks. DHA hos pukkellaks fra alle FMK viser også et lavere nivå enn for oppdrettslaks (0,9gFA/100g) og villaks (0,8gFA/100g).

Oppsummert var innholdet av SFA, MUFA og PUFA lavere hos pukkellaks enn hos både oppdrettslaks og villaks av atlantisk laks, noe som var forventet da pukkellaksen viser seg å være en mindre feit fisk. De viktige fettsyrene, EPA og DHA var også lavere for alle kjønnsmodningsgradene enn hos oppdrettslaks og villaks. Det var forventet en nedgang av fett og fettsyrer ved høyere kjønnsmodningsgrad, da pukkellaksen bruker disse til gonadevekst (Love, 1970, s. 105). Våre funn støtter det som tidligere er funnet. Selv om innholdet var lavere enn hos oppdrettslaks og villaks, er det viktig å påpeke at pukkellaks uavhengig av kjønnsmodningsgrad fortsatt kan være en god kilde til EPA og DHA. Anbefalt daglig inntak for både EPA og DHA er 250 mg. Ved å spise 138 gram FMK 0 eller 250 gram FMK 3 vil en dekke det daglige behovet for disse to fettsyrene.

5 Konklusjon

Basert på vurdering av fargedrakten ble pukkellaksen delt i fire ulike kjønnsmodningsgrader (FMK 0-3). Hver gruppe indikerer hvor langt i kjønnsmodningen pukkellaksen er kommet. Samlet viser analysene av pukkellaks ved ulike kjønnsmodningsgrader at det skjer betydelige endringer i fiskemuskelens sammensetning.

Vanninnholdet i pukkellaks økte signifikant under kjønnsmodning, mens protein-, fett- og askeinnholdet ble redusert. Proteininnholdet for fisk fra alle kjønnsmodningsgradene var betydelig høyere enn både oppdrett- og villaks, derfor kan pukkellaks være en rik kilde til protein. Innholdet av flerumettede (PUFA) og mettede fettsyrer (SFA) ble redusert fra FMK 0 til FMK 1 og deretter ble den stabilisert. Innholdet av monoumettede fettsyrer (MUFA) ble redusert fra FMK 0 til FMK 1, og videre redusert til FMK 2. Pukkellaksen har lavere innhold av SFA, MUFA og PUFA enn både oppdrettslaks og villaks, men med en gunstig fettsyresammensetning. Den kan derfor være en god kilde til viktige omega 3 fettsyrer som for eksempel DHA og EPA. Når det gjelder farge hadde filet fra FMK 3 signifikant lavere rødfarge og ble gråaktig i fargen i forhold til de andre gruppene ved både sensorisk vurdering, salmofan og instrumentell måling.

Ved start av kjølelagringen var den umodne fisken (FMK 0) av best kvalitet, vurdert etter filetindeksmetoden, men hadde den tydeligste forringelsen utover i lagringsperioden. Fisken som var mer kjønnsmoden hadde dårligere utgangskvalitet, men fikk mindre endringer under lagringen. Dette kan skyldes at lukt, spalting og overflate endres lite i den kjønnsmodne fisken, som igjen kan skyldes lavere fettinnhold og at fisken ikke har tatt til seg næring. Derimot var konsistensen dårligere hos den kjønnsmodne fisken, med mindre endringer under lagringen. Dette kan forklares ved funn av bløtere konsistens på stillehavslaks under kjønnsmodning tidligere. Dette påvirket ikke totalscoren for filetindeksmetoden da disse endringene var små i forhold til endringene hos umoden fisk. Kvalitetsindeksen for fisk fra alle kjønnsmodningsgradene ble relativt lite forringet under lagringen. På bakgrunn av fiskens uheldige håndtering og dårlig kjøling ved fangst kunne man forvente at den ble forringet i større grad.

6 Videre arbeid

Pukkellaks har vist seg å være utfordrende å ta ut i sjø, da den ofte er for liten til å bli fanget i lovlige redskap (krokgarn og kilenot) som benyttes til fangst av atlantisk laks. En kommer ofte i konflikt med lovverk rundt redskap og seleksjon, noe som vanskeliggjør effektiv fangst av pukkellaks og som samtidig ivaretar god seleksjon av uønsket bifangst (anadrom). Det bør gjennomføres en kartlegging med tanke på innblanding av andre anadrome arter sammen med pukkellaks når den går i sjø. Dersom fisket skal gjennomføres i sjø bør det videreutvikles fangstredskap og regelverk som er tilpasset pukkellaks og som tar hensyn til uønsket bifangst som må slippes.

For Pukkellaks fangstet i elv er det etablert en sannhet om at fisken er av så dårlig kvalitet at den i liten grad er egnet til konsum. Arten utnyttes i liten/ingen grad da den regnes som en invasiv art. Pukkellaksen skal bekjempes for å forhindre gyting og igjennom dette ivareta atlantehavslaksen. De fleste tiltak baserer seg derfor rundt bekjempelse av pukkellaks uten hensyn til at fisken som tas ut kan utnyttes for eksempel til humant konsum (filet og rogn). Fisken har den beste kvaliteten mens den er i havet og de første dagene etter at de har vandret opp i elven. Pukkellaks kan ha potensiale til å oppnå samme pris som oppdrettslaks om kvaliteten er god (ilaks, 2023). For å ivareta kvaliteten på fisken må det utvikles gode uttaks-, slakte-, kjølerutiner og transportløsninger fra fangst området til mottak.

FNs bærekraftsmål nummer 14 «livet i havet» handler om å bevare og bruke havet, og de marine resursene som fremmer bærekraftig utvikling (Fiskeridirektoratet, u.å). Tilgangen på marine råvarer vil være begrenset i fremtiden. Bedre utnyttelse av pukkellaksen vil ivareta FNs bærekraftsmål nummer 14. Hvis en tar fangsttallene fra elv i 2023 og deler med snittvekt vil biomassen kunne utgjøre ca 2 millioner måltid. Ved å utvikle et bærekraftig kommersielt fiskeri etter pukkellaks kan det bidra med viktig sysselsetting i lokale kystsamfunn, som har sårt behov for arbeid i perioder av året hvor det ellers er lite annen aktivitet. Et fremtidig fiskeri vil også redusere omfanget av pukkellaks som vandrer opp i viktige lakseelver for å gyte og dermed reduserer den lokale miljøbelastningen i elven.

7 Litteraturliste

- Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S. & Dawood, M. A. (2022). Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(3), 690-719.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpn.13711>
- Akse, L., Carlehög, M., Tobiassen, T., Eilertsen, G. & Dahl, R. W. (2007). *Pre-rigor kjølt laksefilet - Sensorisk kvalitet og holdbarhet* (Nofima Rapport 14/2007). Nofima.
<http://hdl.handle.net/11250/2576870>
- Aksnes, A., Gjerde, B. & Roald, S. O. (1986). Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 53(1), 7-20.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90295-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90295-4)
- Animaliehygieneforskriften. (2008). *Forskrift om særlige hygieneregler for næringsmidler av animals opprinnelse* (FOR-2008-12-22-1624). Lovdata.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-12-22-1624>
- AOAC International. (2023a). AOAC Official Method 923.03 Ash of Flour: Direct Method. I G. W. Latimer, Jr. (Red.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (s. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.2929>
- AOAC International. (2023b). AOAC Official Method 937.07 Fish and Marine Products: Treatment and Preparation of Test Sample Procedure. I G. W. Latimer, Jr. (Red.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (s. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3233>
- AOAC International. (2023c). AOAC Official Method 950.46 Loss on Drying (Moisture) in Meat. I G. W. Latimer, Jr. (Red.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (s. 0). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3431>
- Aspinwall, N. (1974). Genetic Analysis of North American Populations of the Pink Salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, Possible Evidence for the Neutral Mutation-Random Drift Hypothesis. *Evolution*, 28(2), 295-305. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1974.tb00749.x>
- Berntsen, H. H., Sandlund, O. T. & Thorstad, E. B. (2022). *Pukkellaks i Norge 2021* (NINA Rapport 2160). Norsk institutt for naturforskning.
<https://hdl.handle.net/11250/3018858>

- Berntsen, H. H., Sandlund, O. T., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Fiske, P., Urdal, K., Skaala, Ø., Fjeldheim, P. T., Skoglund, H., Florø-Larsen, B., Muladal, R. & Uglem, I. (2018). *Pukkellaks i Norge, 2017* (NINA Rapport 1571). Norsk Institutt for Naturforskning. <http://hdl.handle.net/11250/2575646>
- Breen, M., Anders, N., Humborstad, O.-B., Nilsson, J., Tenningen, M. & Vold, A. (2020). Catch welfare in commercial fisheries. I T. S. Kristiansen, A. Fernö, M. A. Pavlidis & H. van de Vis (Red.), *The welfare of fish* (20. utg., s. 401-437). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41675-1_17
- Brekke, A. A. T. (2023, 19. august). Her ligger "zombie"-laksen strødd. VG. <https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/APmRPr/har-tatt-over-230-000-pukkellaks-men-noen-har-sluppet-unna-og-doer-i-elve>
- Brunori, G. (2007). Local food and alternative food networks: a communication perspective. *Anthropology of food*, (S2), 1-15. <https://doi.org/10.4000/aof.430>
- Chevalier, D., Sequeira-Munoz, A., Le Bail, A., Simpson, B. K. & Ghoul, M. (2000). Effect of freezing conditions and storage on ice crystal and drip volume in turbot (*Scophthalmus maximus*): Evaluation of pressure shift freezing vs. air-blast freezing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1(3), 193-201. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(00\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00024-2)
- Christie, W., W. & Han, X. (2010). The preparation of methyl and other esters of fatty acids. *Lipid Analysis*. I (4. utg., s. 146-152). Oily Press.
- Davidson, F. A. & Shostrom, O. E. (1936). *Physical and chemical changes in the pink salmon during the spawning migration* (Investigational Report No. 33). US Government Printing Office.
- Dini, M., Raseira, M. d. C. B., Scariotto, S., Carra, B., Abreu, E. S. d., Mello-Farias, P. & Cantillano, R. F. (2019). Color shade heritability of peach flesh. *Journal of Agricultural Science*, 11(8), 236-247. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n8p236>
- DMS. (u.å). *The SalmoFanTM color measurement tools*. Hentet 28.
- Duun, A. & Rustad, T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food chemistry*, 105(3), 1067-1075. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.020>
- Dyrevelferdsloven. (2009). *Lov om dyrevelferd* (LOV-2009-06-19-97). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97>

- Einen, O., Guerin, T., Fjæra, S. O. & Skjervold, P. O. (2002). Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 212(1-4), 129-140. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00874-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00874-2)
- Emborg, J., Laursen, B. G., Rathjen, T. & Dalgaard, P. (2002). Microbial spoilage and formation of biogenic amines in fresh and thawed modified atmosphere - packed salmon (*Salmo salar*) at 2° C. *Journal of Applied Microbiology*, 92(4), 790-799. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01588.x>
- Esaiassen, M., Akse, L. & Joensen, S. (2013). Development of a Catch-damage-index to assess the quality of cod at landing. *Food Control*, 29(1), 231-235. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.065>
- Fiskeridirektoratet. (u.å). *Fiskeridirektoratet og FNs berekraftsmål*. <https://www.fiskeridir.no/Areal-og-miljo/fiskeridirektoratet-og-fns-berekraftsmal>
- Forseth, T., Einum, S., Fiske, P., Falkegård, M., Garmo, Ø. A., Garseth, Å. H., Skoglund, H., Solberg, M. F., Thorstad, E. B. & Utne, K. R. (2023). *Status for norske laksebestander i 2023* (Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 18). Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. <https://hdl.handle.net/11250/3074251>
- Forskrift om redskaper mv. ved laksefiske. (2003). *Forskrift om oppgaveplikt og om redskaper som er tillatt benyttet ved fiske etter anadrome laksefisk*. (FOR-2003-02-25-256). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-02-25-256>
- Forskriften om kvalitet på fisk og fiskevarer. (2013). *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer* (FOR-2013-06-28-844). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2013-06-28-844>
- Forvareforskriften. (2002). *Forskrift om fôrvarer* (FOR-2002-11-07-1290). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-11-07-1290>
- Gokoglu, N. & Yerlikaya, P. (2015). *Seafood chilling, refrigeration and freezing: science and technology*. John Wiley & Sons.
- Heard, W., R. . (1991). Life History of Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). I C. Groot & L. Margolis (Red.), *Pacific salmon life histories* (s. 119-230). UBC Press.
- Hindar, K., Hole, L. R., Kausrud, K. L., Malmstrøm, M., Rimstad, E., Robertson, L., Sandlund, O. T., Thorstad, E. B., Vollset, K., de Boer, H., Eldegard, K., Järnegren, J., Kirkendall, L. R., Måren, I. E., Nilsen, E. B., Rueness, E. K., Nielsen, A. & Velle, G. (2020). *Assessment of the risk to Norwegian biodiversity and aquaculture from pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*)*. *Scientific Opinion of the Panel on Alien*

- Organisms and Trade in Endangered Species of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment* (VKM Report 2020). Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. <https://hdl.handle.net/11250/2729831>
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food research international*, 25(4), 289-307. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90126-P](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90126-P)
- ilaks. (2023, 04 september). *Selger pukkellaks til over 200 kroner kiloet*. <https://ilaks.no/selger-pukkellaks-til-over-200-kroner-kiloet/>
- Jensen, I.-J., Eilertsen, K.-E., Otnæs, C. H. A., Mæhre, H. K. & Elvevoll, E. O. (2020). An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/foods9121901>
- Julshamm, K., Nilsen, B., Duinker, A., Frantzen, S., Valdersnes, S., Nedreaas, K. & Måge, A. (2013). *Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (Gadus morhua) - Sluttrapport* (Rapport 2013). NIFES. <https://hdl.handle.net/11250/3056483>
- Kendler, S., Tsoukalas, D., Jakobsen, A. N., Zhang, J., Asimakopoulos, A. G. & Lerfall, J. (2023). Seasonal variation in chemical composition and contaminants in European plaice (*Pleuronectes Platessa*) originated from the west-coast of Norway. *Food chemistry*, 401, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134155>
- Kholosha, O. A. (1998). *Teknologiutvikling for produkter fra stillehavslaks med ulik grad av kjønnsmodning* [Avhandling for kandidat av teknologisk vitenskap, Dalnevostochnyj Gosudarstvennyj Tehnicheskij rybohozjajstvennyj universitet, Vladivostok]. <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-tehnologii-produktsii-iz-tikhookeanskikh-lososei-s-nerestovymi-izmeneniyami>
- Kolbe, E. & Kramer, D. (2007). *Planning for seafood freezing*. Sea Grant Alaska. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/41537>
- Kystmagasinet. (2023, 04 mai). *HI: Skal fange pukkellaksen med kilenot*. Kystmagasinet. <https://www.kystmagasinet.no/havforskningsinstituttet-kilenot-pukkellaks/hi-skal-fange-pukkellaksen-med-kilenot/1517770>
- Larsen, R., Stormo, S. K., Eilertsen, K.-E., Mæhre, H. K., Jensen, I.-J., Østerud, B. & Elvevoll, E. O. (2010). *Prosessering av sjømat: Endring i næringsinnhold, biotilgjengelighet og helseeffekter* (Nofima Rapport 36/2010). Nofima. <http://hdl.handle.net/11250/2564579>

- Lorentzen, E. A. (2023a, 09. mai). *Skal fange den invaderende pukkellaksen i sjøen med spesialdesigna kilenot*. Havforskningsinstituttet.
<https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/mai/skal-fange-den-invaderande-pukkellaksen-i-sjoen-med-spesialdesigna-kilenot>
- Lorentzen, E. A. (2023b, 21. september). *Tema: Pukkellaks*. Havforskningsinstituttet.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/pukkellaks>
- Lorentzen, G., Ageeva, T. N., Heide, M. & Esaiassen, M. (2020). Temperature fluctuations in processing and distribution: Effect on the shelf life of fresh cod fillets (*Gadus morhua* L.). *Food Control*, 112, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107102>
- Love, R. M. (1970). *The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature*. ACADEMIC PRESS INC.
- Matloven. (2003). *Lov om matproduksjon og mattrygghet mv* (LOV-2003-12-19-124). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2003-12-19-124>
- Miljødirektoratet. (u.å). *Pukkellaks-uttak*. Miljødirektoratet. Hentet 06.05 fra <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/datavisualisering/pukkellaks-uttak/>
- Mommsen, T. P. (2004). Salmon spawning migration and muscle protein metabolism: the August Krogh principle at work. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 139(3), 383-400.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.09.018>
- Muladal, R. (2016). *Kartlegging, overvåking, uttak av pukkellaks *Oncorhynchus gorboscha* som fremmed art i Finnmark – 2015* (Rapport-2). Naturtjenester i Nord AS.
- Mørkøre, T. (2008). *Tekstur i oppdrettslaks. Kunnskapsstatus og forhold som bidrar til fastere filet* (Nofima Rapport 32/2008). Nofima. <http://hdl.handle.net/11250/2576859>
- Niemelä, E., Johansen, N., Zubchenko, A. V., Dempson, J. B., Veselov, A., Ieshko, E. P., Barskaya, Y. u., Novokhatskaya, O. V., Shulman, B. S., Länsman, M., Kuusela, J., Haantie, J., Kylmäaho, M., Kivilahti, E., Arvola, K.-M. & Kalske, T. (2016). *Pink salmon in the Barents region*. (Report 3-2016). Office of the Finnmark County Governor. Department of Environmental Affairs.
https://www.suomenkalakirjasto.fi/wp-content/uploads/2016/04/Pink-salmon_19.08.2016.compressed.pdf
- Nilsen, H., Esaiassen, M., Østli, J., Nøstvold, B. H., Pleym, I. E., Reynisson, E., Skjelvareid, M. H. & Heia, K. (2014). *Verktøy for å måle fiskekvalitet-basert på forbrukernes oppfatning (Fase 1–Forprosjekt)* (Nofima Rapport 42/2014). Nofima.
<https://hdl.handle.net/10037/8191>

- NINA. (2021, 25. mai). *I år blir det pukkellaks år*. Norsk institutt for naturforskning.
<https://www.nina.no/Aktuelt/Nyheter/article/i-ar-blir-det-pukkellaksar>
- Nøstbakken, O. J., Rasinger, J. D., Hannisdal, R., Sanden, M., Frøyland, L., Duinker, A., Frantzen, S., Dahl, L. M., Lundebye, A. K. & Madsen, L. (2021). Levels of omega 3 fatty acids, vitamin D, dioxins and dioxin-like PCBs in oily fish; a new perspective on the reporting of nutrient and contaminant data for risk–benefit assessments of oily seafood. *Environment International*, 147, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106322>
- Olsen, S. H., Sorensen, N. K., Stormo, S. K. & Elvevoll, E. O. (2006). Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 258(1), 462-469.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.047>
- Pal, J., Shukla, B., Maurya, A. K., Verma, H. O., Pandey, G. & Amitha, A. (2018). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6(2), 427-430.
<https://www.researchgate.net/publication/339662511>
- Peltomaa, E., Johnson, M. D. & Taipale, S. J. (2017). Marine cryptophytes are great sources of EPA and DHA. *Marine drugs*, 16(1), 1-11. <https://doi.org/10.3390/md16010003>
- Peng, L., Zhang, L., Xiong, S., You, J., Liu, R., Xu, D., Huang, Q., Ma, H. & Yin, T. (2024). A comprehensive review of the mechanisms on fish stress affecting muscle qualities: Nutrition, physical properties, and flavor. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*, 23(3), 1-23. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13336>
- Persson, P., Sundell, K., Björnsson, B. T. & Lundqvist, H. (1998). Calcium metabolism and osmoregulation during sexual maturation of river running Atlantic salmon. *Journal of fish biology*, 52(2), 334-349. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00801.x>
- Rahnan, S. A., Huah, T. S., Nassan, O. & Daud, N. M. (1995). Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. *Food chemistry*, 54(1), 45-49.
[https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)92660-C](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)92660-C)
- Rasmussen, B. (1961). Stillehavslaks på norskekysten. *Fisken og havet*, 5, 1-4.
<http://hdl.handle.net/11250/113813>
- Reid, R. A. (1991). *Textural and chemical changes in the muscle of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during spawning migration* [Doctoral dissertation, University of British Columbia]. <http://hdl.handle.net/2429/30277>

- Sahena, F., Zaidul, I., Jinap, S., Saari, N., Jahurul, H., Abbas, K. & Norulaini, N. (2009). PUFAs in fish: extraction, fractionation, importance in health. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*, 8(2), 59-74. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00069.x>
- Sandlund, O. T., Berntsen, H. H., Fiske, P., Kuusela, J., Muladal, R., Niemelä, E., Uglem, I., Forseth, T., Mo, T. A., Thorstad, E. B., Veselov, A. E., Vollset, K. W. & Zubchenko, A. V. (2018). Pink salmon in Norway: the reluctant invader. *Biological invasions*, 21, 1033-1054. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1904-z>
- Siikavuopio, S. I., Olsen, S. H., Tobiassen, T., Heia, K. & Kalberg, M. (2017). *Sesong og kjønnsmodning – betydning på rogn og muskelkvalitet hos ørret* (Nofima Rapport 3/2017). Nofima. <http://hdl.handle.net/11250/2442615>
- Standard CIE. (2007). *Colorimetry-part 4: CIE 1976 L* a* b* colour space*. (International Standard, 2019-06.).
- Statistisk sentralbyrå. (2023a). *Elvefiske*. Statistisk sentralbyrå. Hentet 04.02 fra <https://www.ssb.no/statbank/table/08991>
- Statistisk sentralbyrå. (2023b). *Sjøfiske etter laks og sjøaure*. Statistisk sentralbyrå. Hentet 04.02 fra <https://www.ssb.no/statbank/table/09243>
- Statsforvalteren i Troms og Finnmark. (2022, 25. mars). *Kampen mot pukkellaks*. <https://www.statsforvalteren.no/troms-finnmark/miljo-klima/fiskeforvaltning/pukkellaks/kampen-mot-pukkellaksen/>
- Stormo, S. K. & Skåra, T. (2021). Liquid loss in thawed cod—Deconvoluting the effects of freezing - rate, freezing cycles, frozen storage time, and thawing - rate through a full factorial design. *Journal of Food Process Engineering*, 44(6), e13691. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13691>
- Sun, D.-W. (2005). *Handbook of frozen food processing and packaging*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781420027402>
- Tecator. (1992). Kjeltec Auto 1053/38 Sampler System manual. Part no 1000 4305 Rev 1.0. I. Tecator AB Sweden.
- Tobiassen, T., Heia, K., Olsen, S. H., Svalheim, R. A., Joensen, S., Karlsen, K. M., Skjelvareid, M. H. & Stormo, S. K. (2016). *Bløtting og holdbarhet på torsk* (Nofima Rapport 10/2016). Nofima. <http://hdl.handle.net/11250/2382043>

- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J. & Adamczyk, M. (2009). Protein quality and amino acid profiles of fish products available in Poland. *Food chemistry*, 112(1), 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.050>
- Vik, S. (2023, 03. juni). *Klager fiske av pukkellaks inn til EU: Fiskere frykter kroken på døra*. NRK Troms og Finnmark. <https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/fiskere-klager-pukkellaksfiske-inn-til-esa-for-brudd-pa-konkurransereglene-1.16426402>
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. (2023). *Vurdering av bruk av fiskeredskap i sjøen til bekjempelse av pukkellaks* (Temarapport nr 11). <https://hdl.handle.net/11250/3043140>
- Vøllestad, L. A. & Halleraker, J. H. (2023, 8 september). Pukkellaks. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/pukkellaks>
- Yamashita, M. & Konagaya, S. (1990). Participation of cathepsin L into extensive softening of the muscle of chum salmon caught during spawning migration. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(8), 1271-1277. <https://doi.org/10.2331/suisan.56.1271>

8 Vedlegg

8.1 Tabell for sensorisk vurdering av rå prøver (filetindeks) (Vedlegg 1) (Akse et al., 2007, s. 8).

Parameter	Poengskala og beskrivelse
Lukt	0: Fileten har en nøytral lukt 1: Lukt av agurk og melon 2: Lukter surt, minner om fermentering 3: Lukter råttent, råttent kål, harsk
Spalting	0: Ingen spalting 1: Begynnende spalting 2: En del spalting, som gir en "løs" filet 3: Mye spalting, meget usammenhengende filet
Farge	0: Fileten har en mørkerød farge 1: Fileten har en lyserød farge 2: Blekede områder, begynner å bli misfarget gul 3: Flekket, med misfargede gule og gjennomsiktige partier
Konsistens	0: Fast, naturlig konsistens 1: Fileten er litt bløt 2: Fileten er bløt 3: Fileten er meget bløt
Overflate	0: Tørr, blank overflate 1: Har partier der overflaten er oppløst

8.2 Skjema for vurdering av kjønnsmodningsgrad på Ketalaks (vedlegg 2) (Reid, 1991, s. 43-45).

