



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2024 30 stp**  
Fakultet for biovitenskap

## **Produktkvalitet hos atlantisk laks og regnbueørret fôret en diett med innblanding av kyllinghydrolysat**

Product quality of Atlantic salmon and rainbow trout  
fed a diet supplemented with chicken hydrolysate

**Hanne Kaldestad Buhl**  
Master i Akvakultur

## Forord

Denne studien ble gjennomført som en del av en mastergrad i akvakultur ved Fakultetet for Biovitenskap (BIOVIT) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Eksperimentet og analysene ble finansiert av Aller Aqua Norway AS og studien tilsvarer 30 studiepoeng (ECTS).

Først vil jeg takke hovedveilederen min, Professor Turid Mørkøre, for hennes veiledning og støtte gjennom masterskrivingen.

Jeg ønsker også å takke studieveileder Gisken Trøan for god støtte og opprettholding av rutiner og vitenskapelige assistenter Julia Formanowicz og Marte Røsvik for god hjelp til labarbeidet.

Til sist vil jeg takke venner og familie for støtte gjennom hele masterprosessen, spesielt Alaa, Anna og Jamie som har gitt meg daglige oppmuntringer og passet på å tvinge meg til å ta pauser med jevne mellomrom.

Hanne Kaldestad Buhl

Ås, mars 2024

# Innholdsfortegnelse

Forord

Sammendrag .....	4
Abstract .....	5
1. Introduksjon .....	6
2. Teoretisk bakgrunn.....	7
2.1. Ingredienser til fiskefôr .....	7
2.2. Kyllinghydrolysat.....	7
2.3. Kvalitetssegenskaper .....	9
2.3.1. Væsketap .....	9
2.3.2. Tekstur.....	9
2.3.3. Filetspalting og melaninflekker.....	10
2.3.4. Farge.....	11
2.3.5. Fettinnhold .....	12
3. Materialer og metode .....	13
3.1. Fiskefôr.....	13
3.2. Fiskematerialet .....	13
3.3. Biometriske målinger .....	13
3.4. Tekstur.....	14
3.5. Filetspalting og melaninflekker.....	15
3.6. Farge.....	16
3.7. Væsketap .....	18
3.8. Kjemiske analyser .....	19
3.9. Utrekninger.....	21
3.10. Statistikk.....	21
4. Resultat.....	22
4.1. Biometriske målinger .....	22

4.2.	Kvalitetstrekk .....	23
4.3.	Kjemiske analyser .....	29
5.	Diskusjon.....	31
5.1.	Biometriske målinger .....	31
5.2.	Kvalitetstrekk .....	32
5.2.1.	Tekstur.....	32
5.2.2.	Filetspalting og melaninflekker.....	32
5.2.3.	Farge.....	33
5.3.	Kjemiske analyser .....	34
5.3.1.	Totalfett .....	34
5.3.2.	Astaxantin.....	34
6.	Konklusjon .....	35
7.	Litteraturliste .....	36

## Sammendrag

I de siste årene har etterspørselen etter akvatiske matvarer økt, og bærekraft i fiskeindustrien har blitt viktigere for å sikre mattrygghet. Denne økte etterspørselen har skapt et behov for nye og bærekraftige fôringredienser som kan opprettholde eller til og med forbedre kvaliteten på fiskeprodukter.

Denne studien utforsket virkningen på kvaliteten av fiskens fileter, ved innblanding av 5 % kyllinghydrolysat i dietten til atlantisk laks og regnbueørret.

Fysiske og sensoriske egenskaper til fiskene ble analysert og sammenlignet med en kontrollgruppe som ble fôret med standard kommersielt fôr.

Resultatene indikerer at inkluderingen av kyllinghydrolysat kan ha en positiv effekt på flere områder. Det ble observert en potensiell forbedring i både fargen og mengde spalting i filetene til atlantisk laks, samt en økning i slakteutbytte til regnbueørret. Videre viste resultatene at denne dietten ikke hadde en signifikant negativ effekt på de resterende egenskapene som ble analysert. Dette antyder at innblanding av 5 % kyllinghydrolysat som en del av fiskefôret kan være en lovende tilnærming for å opprettholde eller forbedre kvaliteten på fiskeproduktet, samtidig som bærekraften i industrien ivaretas.

## Abstract

In recent years, the demand for aquatic foods has increased, and sustainability in the fishing industry has become more important to ensure food security. This increased demand has created a need for new and sustainable feed ingredients that can maintain or even improve the quality of fish products.

This study explored the effect of including 5% chicken hydrolysate in the diet of Atlantic salmon and rainbow trout on the quality of the fish fillets. Physical and sensory properties of the fish were analyzed and compared to a control group fed with standard commercial feed.

The results indicate that the inclusion of chicken hydrolysate may have a positive effect on several aspects. There was a potential improvement observed in both the color and amount of gaping in the fillets of Atlantic salmon, as well as an increase in the yield of rainbow trout. Furthermore, the results showed that this diet did not have a significant negative effect on the remaining properties analyzed. This suggests that the inclusion of 5% chicken hydrolysate as part of the fish feed could be a promising approach to maintaining or improving the quality of fish products while ensuring sustainability in the industry.

# 1. Introduksjon

Det globale forbruket av akvatiske matvarer (unntatt alger) har økt gjennomsnittlig 3,0 prosent årlig siden 1961, sammenlignet med en befolkningsvekst på 1,6 prosent årlig. Per innbygger økte konsumet av akvatisk mat fra gjennomsnittlig 9,9 kg på 1960-tallet til rekordhøye 20,5 kg i 2019 (FAO, 2022).

I 2020 sank dette tallet til 20,2 kg per innbygger. Imidlertid antyder økende inntekt, urbanisering, forbedret praksis i etterkant av høsting, samt endringer i kostholdstrender, at vi forventer en økning til et gjennomsnitt på 21,4 kg per innbygger. Dette vil resultere i en økning på 15 prosent i forbruket av akvatisk mat innen 2030 (FAO, 2022).

På grunn av økt etterspørsel etter humane matvarer er det et stort behov for nye fôringredienser, som ikke vil konkurrere med menneskelig kosthold og som kan forbedre fiskehelse, produktkvalitet og fiskevelferd. Inkludering av alternative proteinkilder som kyllinghydrolysat i fiskefôr, kan redusere presset på ville fiskebestander og fremme mer ansvarlige akvakulturpraksiser.

Produktkvaliteten kan være en avgjørende faktor for å fastslå forbrukeraksept og markedsførbarheten til fiskeprodukter. Derfor er det nødvendig å undersøke de potensielle effektene kyllinghydrolysat kan ha på kvaliteten til det endelige produktet. Selv om de ernæringsmessige fordelene med kyllinghydrolysat i dietten ser lovende ut (Nofima, 2021; Nortura, 2021), kan eventuelle endringer i fysiske og sensoriske egenskaper i filetene som følge av tilsetning av fôringredienser endre forbrukerpreferanser og dermed påvirke markedsførbarheten til produktet.

Målet med denne studien er å sammenligne effekten av kyllinghydrolysat som en komponent i fiskefôret med fokus på kvaliteten på fiskefileter. Konkret vil denne studien vurdere de sensoriske og fysiske egenskapene til atlantisk laks (*Salmo salar L.*) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) som er fôret med en diett som er innblandet 5 % kyllinghydrolysat. Studien forsøker å besvare følgende spørsmål:

Hvordan påvirker inkluderingen av kyllinghydrolysat i fôret til atlantisk laks og regnbueørret den fysiske og sensoriske kvaliteten på fiskefiletene?

## 2. Teoretisk bakgrunn

### 2.1. Ingredienser til fiskefôr

Over halvparten av kostnadene knyttet til fiskeproduksjon er viet til optimalisering av fôrsammensetning og produksjonsprosesser. Det er avgjørende å legge vekt på nøyaktige formuleringer og praktiske hensyn for å sikre en vellykket produksjon (Hardy & Brezas, 2022). Å gi fôr med best effekt på fisken og til en rimelig pris har alltid vært fiskeindustriens største fokus. Egnede ingredienser er derfor et viktig aspekt ved å produsere fôr. En utfordring kan være tilgjengeligheten og bærekraften til de ingrediensene som skal brukes i kommersiell skala.

Fiskemel og fiskeolje er en av de best egnede fôrkildene for akvakultur og har vært brukt i mange tiår; 90% av ingrediensene i fôret til norsk atlantisk laks var marin-avledet i 1990 (Ytrestøy et al., 2015), men deres bruk i akvafôr er nå begrenset på grunn av utarming av vill fôrfisk, høye markedspriser, konflikter om bruk av ressurser, og bærekraftsspørsmål (Tacon & Metian, 2008).

Over tid har det vært en dreining mot å bruke flere planteingredienser i stedet for marine ingredienser. Tall fra 2020 og fremover viser at norsk laksefôr inneholdt gjennomsnittlig 40,5 % planteproteinkilder (Aas et al., 2022). Tilstedeværelsen av antiernæringsfaktorer (ANF), (Kjemiske substanser i planter hvor funksjonen er å beskytte planten mot å bli spist av mikrober, insekter og dyr. Disse substansene kan derfor være skadelige når de inntas av mennesker) (Krogdahl et al., 2010), konflikter med inntak av menneskelig mat (Ytrestøy et al., 2015) og miljøhensyn begrenset imidlertid deres anvendelse i fôrindustrien. En utilstrekkelig tilgang på bærekraftige protein- og lipidkilder til akvafôr har blitt en utfordring for akvakulturnæringen.

### 2.2. Kyllinghydrolysat

Kyllinghydrolysat, også kjent som kyllingproteinhydrolysat, er et produkt som fremstilles fra kyllingkjøtt gjennom en prosess kjent som hydrolyse. Dette er en kjemisk reaksjon som bryter ned større molekyler i kyllingkjøttet til mindre partikler, ved at molekylene blir brutt opp og partiklene som dannes binder seg til vannmolekyler. Spesifikt når det gjelder kyllinghydrolysat, blir proteinene i kyllingkjøttet omgjort til mindre peptider og aminosyrer (Fjellvåg, 2022).



Hydrolyseprosessen som benyttes for å produsere kyllinghydrolysat kan utføres ved at enzymer eller kjemikalier blir brukt til å bryte opp molekylene. Enzymatisk hydrolyse er den mest vanlige metoden og innebærer tilsetning av spesifikke enzymer til kyllingkjøttet for å bryte ned proteinene. Dette resulterer i dannelse av peptider og frie aminosyrer som er lettere fordøyelige og mer effektivt absorbert av kroppen sammenlignet med intakte proteiner (Fjellvåg, 2022; Nortura, 2021).

I 2013-2017 ble det gjennomført et forskningsprosjekt (CYCLE) støttet av Norges Forskningsråd. Kjernen i dette prosjektet var å forbedre utnyttelsen av ressurser i norske næringskjeder gjennom bærekraftige bioprosesser og nyskapende teknologi, og dette har stått i sentrum for forskning og innovasjon (Tveit. G. M., 2017).

En av aspektene med CYCLE-prosjektet har vært utforskningen av hvordan enzymatisk hydrolyse kan utnyttes for å produsere høykvalitets olje (peptider) og proteiner (aminosyrer) fra kyllingrester. Med kyllingrester refereres det til den sammensatte blandingen av brusk, ben, sener og eventuelle gjenværende kjøttbiter som forblir etter den mekaniske utbeningsprosessen (MUK) (Tveit. G. M., 2017).

Prosjektets resultater avdekket at hydrolysatene fra kyllingrester utmerket seg med gode smaksegenskaper, en gunstig aminosyresammensetning og høy næringsverdi for mennesker. Hydrolysegraden, som måler hvor mye av proteinet som er brutt ned av enzymet, ble målt til å ligge mellom 21-25%, som er en tilfredsstillende verdi. Disse funnene klargjør at proteinhydrolysat fra kyllingrester har potensial som ingrediens i ulike matvarer eller som et verdifullt proteintilskudd (Tveit. G. M., 2017).

Det spennende med kyllinghydrolysat er at det har funnet vei inn i en mangfoldig rekke matvarer, fra kjæledyrfôr til proteintilskudd og sportsernæringsprodukter. Denne ingrediensen har fanget oppmerksomheten på grunn av sitt høye proteininnhold og potensielle fordeler knyttet til fordøyelse og opptak av næringsstoffer.

Kyllinghydrolysat utgjør en fascinerende mulighet som kan komme til nytte som en verdifull tilsetning i fiskefôr. Det høye proteininnholdet i kyllinghydrolysat gjør det til et tiltrekkende alternativ for å forbedre ernæringsprofilen til fiskefôr. Den har også blitt bemerket for sin kapasitet til å lette fordøyelsen og fremme en effektiv absorpsjon av viktige næringsstoffer.

Ved å inkludere kyllinghydrolysat i fiskefôret, kan man dermed bidra til å sikre at fisken mottar den nødvendige ernæringen for sunn vekst og utvikling. Dette gjør kyllinghydrolysat til en lovende ingrediens som fortsetter å bli utforsket i jakten på å forbedre både kvalitet og effektivitet i fiskeoppdrett.

## 2.3.Kvalitetssegenskaper

### 2.3.1. Væsketap

Fisk er lett bederelig mat, og derfor må flere lagringsstrategier brukes for å øke holdbarheten, og garantere dens sikkerhet og kvalitet fra fangst til konsum. Til tross for fremskritt innen moderne fiskelagringsteknologier, er kjøling og frysing fortsatt de vanligste konserveringsmetodene som brukes. En konsekvens av dette er at fisken potensielt kan få et væsketap ved opptining. Væsketap oppstår når vann og muligens fett siver ut fra fisken. Dette fenomenet utgjør en vesentlig parameter i produksjonsprosessen av fiskeprodukter, da det har direkte innvirkning på produktets friskhet og saftighet (Mørkøre et al., 2002). Tap av væske vil føre til vekttap, noe som er ugunstig både for produsenten og for forbrukeren, da vekttapet ikke er attraktivt for sistnevnte. I de fleste studier har hel kjølt og frossen fisk lengre holdbarhet enn de som er konserverte som sløyd og filetert. Det skal imidlertid bemerkes at andre faktorer knyttet til organismen, fangstmetoden og transporten til prosess- og foredlingsindustrien også bør vurderes for forlengelse av holdbarheten (Mørkøre et al., 2002).

Selve analysen av vannbindingsevnen utføres ved å måle selve væsketapet. Dette kan gjøres ved å veie fisken før og etter kjøle- eller fryselagring (Mørkøre et al., 2002).

### 2.3.2. Tekstur

Tekstur kan defineres som den sensoriske og funksjonelle manifestasjonen av de strukturelle, mekaniske og overflateegenskapene til matvarer oppdaget gjennom sansene syn, hørsel, berøring og kinestetikk (Szczesniak, 2002).

Tekstur representerer altså en sensorisk egenskap som kun kan observeres og beskrives av mennesker (eller dyr, i tilfelle dyrefôr). Instrumenter for teksturtesting kan bare identifisere og måle spesifikke fysiske parametere, som deretter må tolkes med hensyn til sensoriske opplevelser. Dette er en flerdimensjonal egenskap som omfatter et spekter av karakteristika, ikke begrenset til kun ømhet eller tyggevansker. Den har sin opprinnelse i matens struktur på

molekylært, mikroskopisk eller makroskopisk nivå. Opplevelsen av tekstur involverer flere sanser, hvor berøring og trykk er blant de mest sentrale (Szczesniak, 2002).

### 2.3.3. Filetspalting og melaninflekker

Filetspalting, som refererer til en tilstand der bindevevet mellom muskelblokkene i rå fiskefileter skiller seg, er et fenomen som kan føre til uønskede hull eller spalter i fisken. Grad av filetspalting kan variere betydelig, fra små sprekker som forekommer nærmest overflaten av fileten, til fullstendig separasjon av muskelblokkene. Når en filet med filetspalting blir tilberedt, kan bindevevet i fileten svekkes, og muskelblokkene, også kjent som myotomer, kan lett skille seg fra hverandre. Dette kan resultere i at fileten mister sin opprinnelige form, og det kan bli en utfordring å skjære jevne skiver av fisken. Som et resultat blir fileter ofte vurdert som lavere kvalitet på grunn av disse defektene, som primært påvirker utseendet og kan skape praktiske utfordringer ved tilberedning og servering. Det er derfor viktig å være oppmerksom på å håndtere filetspalting på riktig måte for å sikre at fisken beholder sin presentasjon og kvalitet (Lavèty et al., 1988).

Mørke flekker i laksefileter har vært en bekymring som har vært kjent i over to tiår. Dette har utviklet seg til å bli et betydelig avvik fra ønsket kvalitet. Disse mørke flekkene kan ofte virke forstyrrende og redusere det visuelle inntrykket og kvaliteten på lakseprodukter. For å forstå denne problemstillingen bedre, er det viktig å vite mer om hva som faktisk skjer.

Melanin, et mørkebrunt pigment, er en substans som finnes i de fleste dyr og planter, og laks er intet unntak. Laks har spesialiserte celler som er ansvarlige for produksjonen av melanin, i tillegg til en type betennelsesceller som også kan produsere dette pigmentet. Det er i disse mørke flekkene at melanin produseres i laksefileten (Mørkøre et al., 2015).

Mørke flekker i laksefileter kan være et resultat av betennelse eller en reparasjonsprosess som inntreffer etter at vevet har blitt skadet på en eller annen måte. Dette kan være forårsaket av ulike faktorer, inkludert mekanisk skade under prosessering eller andre ugunstige forhold. Når vevet blir skadet, setter kroppen i gang en reaksjon som involverer betennelse og reparasjon, og melaninproduksjon kan være en del av denne prosessen.

Fôret som laksen spiser, spiller også en betydelig rolle i utviklingen av mørke flekker. Faktorer som fargeintensitet og størrelse på flekkene kan påvirkes av sammensetningen av fôret laksen mottar. Økt melaninproduksjon fører til mer synlige mørke flekker.

Det er verdt å merke seg at det har blitt gjort forsøk for å redusere forekomsten av mørke flekker. Ekstra tilførsel av antioksidanter i laksens kosthold har vist seg å ha en positiv effekt på å redusere mørkpigmenteringen, og dermed kan dette bidra til å opprettholde en høyere kvalitet på lakseprodukter (Mørkøre et al., 2015).

#### 2.3.4. Farge

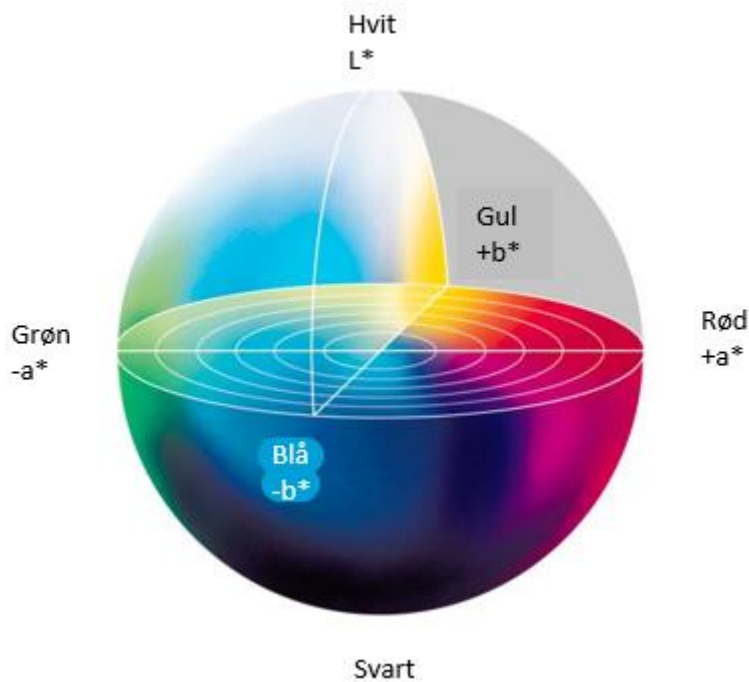
Farge er en grunnleggende parameter for å bestemme kvaliteten på maten. Evalueringen av denne sensoriske parameteren er viktig siden det er den første visuelt evaluerte parameteren som forbrukerne kan estimere, og den kan derfor påvirke forbrukernes preferanser. En av egenskapene som kan identifisere atlantisk laks og regnbueørret fra andre arter er fargen på kjøttet, og det er den første parameteren som brukes for å utlede kvaliteten på atlantisk lakseprodukter (Alfnes et al., 2006). Atlantisk laks og regnbueørret er kjent for sin unike rødoransje farge (Hardy & Lee, 2010), og fileter med bleke farger vil bli avvist av forbrukere og betraktet som en nedgraderingsfilet i bransjen. Kunder har bemerket at de anser fargen på atlantisk laks som en refleksjon av dens smak og friskhet. Forskning har også vist at atlantisk laks sin rødhet i stor grad forbedrer den generelle nytelsen av fisken (Alfnes et al., 2006).

Kravet om rødt kjøtt har lenge vært en viktig kvalitetsstandard for norskprodusert laks og regnbueørret. Dette ønsket om rødfarget kjøtt hos forbrukerne er ikke noe nytt, og det ser ut til å være en felles preferanse blant kunder i ulike land (Alfnes et al., 2006).

Denne unike rødfargen i atlantisk laks og regnbueørret skyldes en diett med innhold av karotenoider, hovedsakelig astaxantin. For å kunne oppnå ønsket rødfarge må astaxantin tilsettes i fôret ettersom fisken ikke er i stand til å syntetisere dette selv (Hardy & Lee, 2010).

Analysering av farge i fiskefileten kan gjøres på både subjektiv og objektiv måte. En objektiv metode vil være å analysere fileten etter verdiene  $L^*$ ,  $a^*$  og  $b^*$ . Disse verdiene er basert på farge teorien til Karl Ewald Konstantin Hering (Nassau (1997)), som bygger på at det er tre par fargekombinasjoner som lager alle farger. Dimensjonene  $a^*$  og  $b^*$  er de kromatiske

dimensjonene som representerer henholdsvis rød/grønn og gul/blå. Dimensjonen  $L^*$  er lysstyrke og representerer hvit/svart (Figur 1).



Figur 1 CIE  $L^*a^*b^*$  fargeområde. Kromatikken er representert av to dimensjoner,  $a^*$  (negativ grønn til positiv rød) og  $b^*$  (negativ blå til positiv gul), mens lysstyrken vises langs den vertikale aksene fra hvit (100) til svart (0).

En annen objektiv metode kan være å måle innholds nivået av astaxantin som er det pigmentet som gir fileten rødfargen. Dette gjøres gjennom kjemisk analysing.

En subjektiv metode kan være å bruke et fargekort for å visuelt sammenligne med fargen på fileten. Fargespekteret har ulike fargeskår og økende rødfarge gir økende verdi. Fargeanalysen påvirkes av bakgrunnslyset der den utføres. Metoden er rask og enkel, men siden det er individuelle oppfatninger av farge er det meget viktig at samme person tar fargeanalysene med identiske lysforhold hver gang det skal analyseres (Sigurgisladottir et al., 1997).

### 2.3.5. Fettinnhold

Fettinnholdet i filetene kan ha en innvirkning på både tekstur, smak og farge. En variasjon i fettinnholdet kan være avhengig av ulike faktorer som for eksempel art, kosthold, fôringsmengde og årstid (Mørkøre & Rørvik, 2001). Fettinnholdet kan også variere i fileten, med en lavere mengde i sporen og en høyere mengde i buk-lappen (Mørkøre et al., 2001).

## 3. Materialer og metode

### 3.1. Fiskefôr

Fiskefôrene som ble brukt var et standardfôr fra Aller Aqua (kontrollfôr) som inneholdt 8% kylling mel, og det samme kommersielle standardfôret hvor 5% av kylling melet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Fisken ble fôret med enten kontrollfôr eller testfôr i løpet av hele produksjonssyklusen i sjøvann.

### 3.2. Fiskematerialet

Eksperimentet omfattet to laksefisk-arter; atlantisk laks (*Salmo salar L.*) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*). Atlantisk laks ble oppdrettet på Litle-Lunnøy i Austevoll kommune og regnbueørret ble oppdrettet på Gardvika i Askvoll kommune (Figur 2). Oppdrett av atlantisk laks var et samarbeid mellom Aller Aqua og Austevoll Melaks, medan oppdrett av regnbueørret var et samarbeid mellom Svanøy havbruk og Aller Aqua.



Figur 2 Oppdrettsplassene, markert med oransje prikk. Hentet fra Norgeskart (Norgeskart).

Etter opptaket av ble fisken tatt med til NMBU.

### 3.3. Biometriske målinger

Rundvekt av atlantisk laks og regnbueørret ble registrert på båten like etter slakt. Sløyd vekt og lengde ble målt dagen etter slakt og dette ble gjort på Ås. Filetvekt ble målt etter

fileteringen. Både rundvekt, sløyd vekt og filet vekt ble målt ved hjelp av en plattformvekt. Basert på den innsamlede dataen ble det i tillegg beregnet slakteutbytte, filetutbytte og kondisjonsfaktor.

### 3.4. Tekstur

Teksturen til både rå fileter og fileter som var frosset og deretter tint, ble målt ved hjelp av en objektiv mekanisk metode basert på Mørkøre og Einen fra 2006 (se Figur 3). Målingen ble gjort på det norske kvalitetskuttet (NKC) (se Figur 4). NKC refererer til snittet mellom den bakre delen av ryggfinnen og gattet.

I denne metoden ble en teksturanalyser med en arm senket ned for å penetrere eller komprimere produktet, og filetenes motstandskraft ble målt. Analysen av de rå filetene ble utført ved hjelp av en TA.XTplus100C Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England), utstyrt med en sylindrisk probe med flat ende (12,5 mm diameter, type P/0.5) som ble presset inn i filetene med en konstant hastighet på 1 mm/s. Utløsningskraften for teksturanalysatoren var 0,2 N, og den hadde en lastcelle på 5 kg (Mørkøre & Einen, 2006). En datamaskin registrerte bruddkraften, og det totale arealet (N\*S) under kraft-tidsgrafene ble brukt som et mål på filetenes fasthet.



Figur 3 Måleinstrumentet som ble brukt ved teksturmåling



Figur 4 Måling av trykk på NKC

### 3.5. Filetspalting og melaninflekker

Visuell analyse av filetspalting ble utført ved å skyve en hånd under fileten for å avdekke mulige spaltinger. Filetspalting ble skåret fra 0 til 5. Tabell 1 viser en oversikt over de forskjellige skåringene.

Tabell 1 Oversikt over skåring av spalting i fileten

Poeng	Forklaring
0	Ingen spalting
1	Noen små* sprekker (mindre enn 5)
2	Noen små sprekker (mindre enn 10)
3	Mange sprekker (mer enn 10 små eller noen store**)
4	Alvorlige åpninger (mange store sprekker)
5	Ekstreme åpninger (fileten faller fra hverandre)
* < 2 cm, ** > 2 cm	



Visuell analyse av melaninflekker ble målt ved å se på filetene og score antall og størrelse på flekkene ut ifra en skala (Tabell 2) laget av FHF (Mørkøre et al., 2015).

Tabell 2 Skala for registrering av mørke flekker i henhold til Mørkøre m.fl 2015.

Poeng	Forklaring
0	Ingen misfarging
1	Diffus flekk, alle størrelser
2	Markert flekk, mindre enn 3 cm
4	Markert flekk, 3-6 cm
8	Område større enn 6 cm

### 3.6. Farge

For å vurdere fargen på fiskefiletene ble visuell fargemåling og  $L^*a^*b^*$  benyttet. SalmoFan™ fargemålingsskala fra DSM (Figur 5) ble anvendt for å sammenligne filetene ved visuell fargemåling. Denne skalaen er spesielt utviklet for fileter fra laksefisk.

Fargemålingen ble utført på rå fileter, der fargevurderingen ble gjennomført under standard belysningsforhold i en beholder innenfor et nøye kontrollert miljø. Denne tilnærmingen ble valgt for å minimalisere påvirkningen av variabelt lys og reflekterende overflater.

Vurderingen ble også gjennomført av samme person gjennom alle målingene for å sikre konsistens i vurderingene.

Fargemålingen ble utført over midten av den norske kvalitetskutten (NQC). SalmoFan-skalaen varierer fra 20 til 34, hvor 20 indikerer den blekeste fargen, og den mest intense rødfargen scorer 34 poeng.



Figur 5 SalmoFan av DSM

Ved måling av  $L^*a^*b^*$  ble det brukt et Minolta Chroma Meter CR-200. Denne målingen ble gjort på både rå fileter (Figur 6 og Figur 7) og behandlet fileter (Figur 8). Behandlede fileter ble stekt i en vanlig husholdningsovn på 175°C ved varmluft i 12 minutter. Alle laksefiletene ble stekt på samme brett og ørretfiletene ble fordelt på to forskjellige brett.



Figur 6 Fordeling av rå laksefileter på stekebrettet.



Figur 7 Det ene stekebrettet med rå ørretfileter.

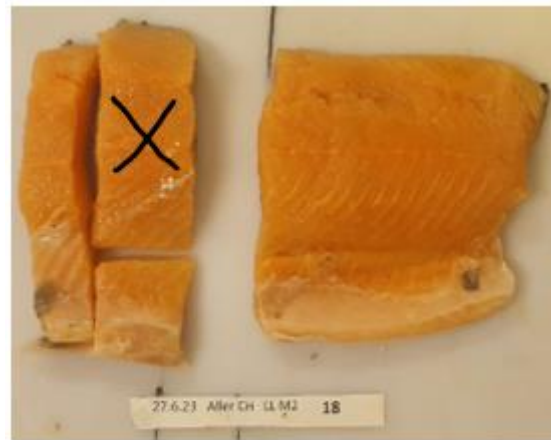


Figur 8 Stekebrett med ferdig behandlet laksefileter (t.v.) og ørretfileter (t.h.).

På rå filet ble målingen gjort på venstre filet under ryggfinnen/over ribbebeina (Figur 10). Fargeanalysen av stekt filet ble gjort på samme sted som ved rå, i tillegg til sideflaten på fileten. Figur 9 viser hvilken del av filetene som ble brukt til fargeanalysen.



Figur 10 Fargeanalyse på en av filetene.



Figur 9 Filet brukt til fargeanalysen. X markerer den delen av fileten som ble brukt til selve målinga.

### 3.7. Væsketap

Måling av væsketap ble først gjort ved å veie filetene i fryst tilstand og deretter etter tining. Etterpå ble fileten kuttet i en mindre bit. Denne biten ble veid før og etter stekebehandling. Figur 11 viser hvilke deler som ble brukt til de forskjellige veiingene.



Figur 11 En av filetene som ble veid. Alle fire bitene ble bukt til veiing i fryst tilstand og etter tining. X markerer biten som ble veid før og etter stekebehandling.

### 3.8. Kjemiske analyser

Fiskematerialet ble delt opp etter merdnummer og delvis tint (Figur 12). Filetene ble bare delvis tint for å unngå at musklene blir utsatt for mye for luft, da dette kan føre til at astaxantinen starter å oksidere. Etter delvis opptining ble skinnen på filetene fjernet, samt eventuelle blodflekker og bein som også var igjen på filetene (Figur 13). Deretter ble filetene kuttet opp i småbiter før de ble plassert i en Knivmølle Grindomix GM 200 og kvernet til en fin mos (Figur 14). Denne mosen ble fordelt i tre forskjellige beger, med til sammen 20g mos i hvert av begrene (Figur 15 og Figur 16). Begrene ble frosset ned og deretter sendt til LabTek, NMBU for kjemisk analysing. De kjemiske analysene som ble gjennomført var totalfett og astaxantin.



Figur 12. Opptining av fiskefileter fra samme merd.



Figur 13 Oppkuttet og avskinnert fiskefileter



Figur 14 Knivmølle Grindomiks GM 200 som ble brukt til kverning av fiskematerialet.



Figur 15 Ferdig kvernet mos av fiskefiletene.



Figur 16 Fordeling av mos i beger. 20g til sammen i hvert beger.

### 3.9. Utregninger

$$\text{Kondisjonsfaktor (CF): } \frac{\text{Kroppsvekt (g)}}{\text{Kroppslengde}} \times 100$$

$$\text{Slaktet utbytte: } \frac{\text{Slaktet kroppsvekt (g)}}{\text{Kroppsvekt (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Filletutbytte: } \frac{\text{Filletvekt (g)}}{\text{Kroppsvekt (g)}} \times 100\%$$

### 3.10. Statistikk

Statistisk analyse ANOVA ble utført ved hjelp av SAS-programvaren (SAS Institute, Cary, NC, USA; versjon 9.4). Statistisk signifikante forskjeller mellom gjennomsnittene av diettbehandlingene ble rangert ved hjelp av pdiff og Duncans multiple range test. Datasettet ble korrigert for systematiske effekter av kjønn og art. Signifikansnivået ble satt til 5% ( $P \leq 0.05$ ).

## 4. Resultat

### 4.1. Biometriske målinger

Rundvekt, sløyd vekt, filetvekt og lengde hos atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett ble målt og registrert for å bestemme de fysiske egenskapene til fisken. Kondisjonsfaktor (KF), filetutbytte og slakteutbytte hos atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett ble kalkulert og registrert for å bestemme utbyttet til fisken. De innsamlede dataene er presentert i henholdsvis Tabell 3 og Tabell 4.

Alle verdiene hos atlantisk laks var numerisk høyere ved testdietten, men ingen av verdiene var statistisk signifikant høyere ( $P \leq 0.05$ ).

Verdiene til regnbueørret var numerisk høyere ved lengde, filetutbytte og slakteutbytte for testdietten. De andre verdiene til regnbueørret (rundvekt, sløyd vekt, filetvekt og KF) var numerisk lavere for testdietten. For verdiene som var numerisk lavere var det ingen som var statistisk signifikant lavere ( $P \leq 0.05$ ) for testdietten. For verdiene som var numerisk høyere var slakteutbytte statistisk signifikant høyere for testdietten ( $P < 0.05$ ). Slakteutbytte til regnbueørret hadde en P-verdi på 0.002.

Tabell 3 Gjennomsnitt  $\pm$  SE og P-verdien av rundvekt (g), sløyd vekt (g) filetvekt (g), lengde (cm), KF, filetutbytte (%) og slakteutbytte (%) av atlantisk laks fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr).

#### Atlantisk laks

	Kontroll	Test	P-verdi
<i>Rundvekt, g</i>	1701 $\pm$ 73	1784 $\pm$ 72	0.44
<i>Sløyd vekt, gram</i>	1491 $\pm$ 74	1580 $\pm$ 60	0.36
<i>Filetvekt, gram</i>	551 $\pm$ 31	591 $\pm$ 22	0.30
<i>Lengde, cm</i>	49.8 $\pm$ 0.7	50.4 $\pm$ 0.6	0.52
<i>KF</i>	1.34 $\pm$ 0.03	1.38 $\pm$ 0.03	0.26
<i>Filetutbytte, %</i>	73.6 $\pm$ 0.8	74.9 $\pm$ 0.6	0.21
<i>Slakteutbytte, %</i>	88.5 $\pm$ 0.5	88.7 $\pm$ 0.6	0.77

Tabell 4 Gjennomsnitt  $\pm$  SE og P-verdien av rundvekt (g), sløyd vekt (g) filetvekt (g), lengde (cm), KF, filetutbytte (%) og slakteutbytte (%) av regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var

byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Forskjellige bokstaver (a og b) indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ( $P \leq 0.05$ ).

### Regnbueørret

	Kontroll	Test	P-verdi
<i>Rundvekt, g</i>	3726±170	3465±205	0.82
<i>Sløyd vekt, gram</i>	3120±151	3095±204	0.92
<i>Filetvekt, gram</i>	1166±55	1163±82	0.98
<i>Lengde, cm</i>	54.8±1.0	54.9±1.0	0.98
<i>KF</i>	2.27±0.05	2.13±0.08	0.14
<i>Filetutbytte, %</i>	74.8±0.7	74.9±0.8	0.97
<i>Slakteutbytte, %</i>	82.4±1.3 <sup>a</sup>	87.4±0.8 <sup>b</sup>	0.002

#### 4.2. Kvalitetstrekk

Fargen på filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med testdiett og kontrolldiett ble subjektivt analysert ved hjelp av SalmoFan og vist i Figur 17. Atlantisk laks fôret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittlig fargeskåring på  $23.1 \pm 0.1$  og de som ble fôret med testdietten hadde en numerisk lik gjennomsnittsverdi på  $23.1 \pm 0.1$  ( $P=0.6$ ).

Regnbueørret i kontrollgruppen hadde en gjennomsnittlig fargeskåring på  $27.5 \pm 0.1$  og testgruppen hadde en gjennomsnittlig fargeskåring på  $27.3 \pm 0.1$  ( $P=0.31$ ).

Verken atlantisk laks eller regnbueørret hadde noen signifikant forskjellig fargeskåring ( $P \leq 0.05$ ).

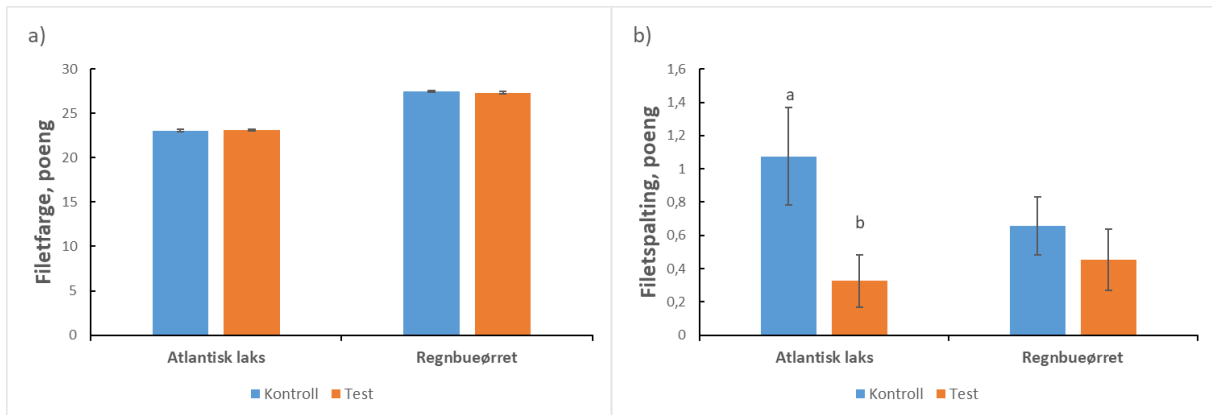
Forekomsten av spalting i filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med testdiett og kontrolldiett ble evaluert og vist i Figur 17.

Spalting i filetene var signifikant forskjellig mellom kontroll- og testgruppene for atlantisk laks ( $P \leq 0.05$ ). Kontrollgruppen hadde en gjennomsnittsverdi på  $1.07 \pm 0.29$ . Testgruppen hadde en gjennomsnittsverdi som var numerisk lavere på  $0.3 \pm 0.2$ , som også var statistisk signifikant lavere ( $P=0.03$ ) enn kontrollgruppen.

Regnbueørreten hadde en gjennomsnittsverdi på  $0.65 \pm 0.17$  for kontrollgruppen. Testgruppen hadde en gjennomsnittsverdi som var numerisk lavere på  $0.45 \pm 0.18$ , men P-verdien til



regnbueørreten var  $P=0.14$ , så det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom kontroll- og testgruppene ( $P\leq 0.05$ ).



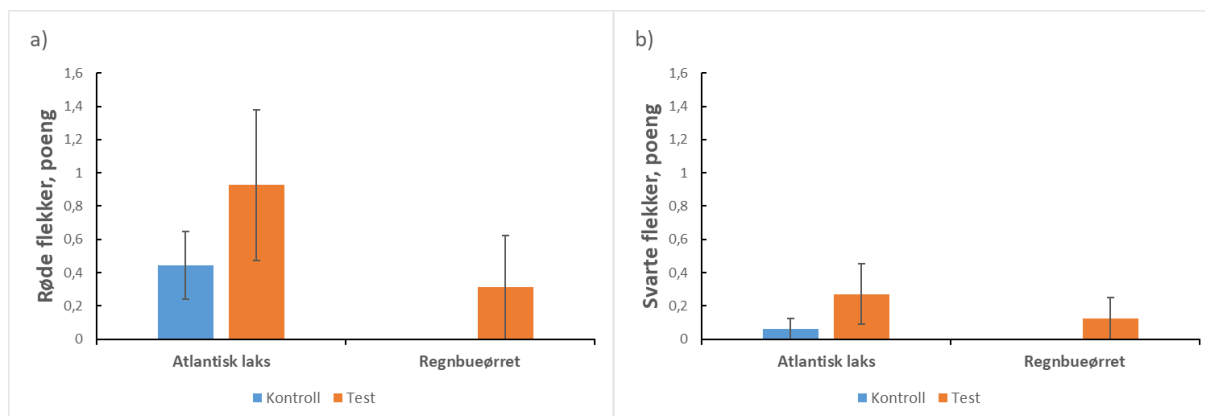
Figur 17 Den gjennomsnittlige skåringen av subjektiv fargemåling (a) (ved bruk av SalmoFan) og spalting (b) i filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Verdiene er uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE). Forskjellige bokstaver (a og b) indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ( $P\leq 0.05$ ).

Forekomsten av melaninflekker på filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett ble evaluert som enten røde eller svarte melaninflekker og vist i Figur 18.

Atlantisk laks fôret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittsverdi av røde flekker på  $0.44\pm 0.20$  ( $P=0.33$ ), og svarte flekker på  $0.06\pm 0.06$  ( $P=0.26$ ), mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittsverdi av røde flekke på  $0.93\pm 0.45$  ( $P=0.33$ ) og svarte flekker på  $0.27\pm 0.18$  ( $P=0.26$ ).

Regnbueørret i kontrollgruppen hadde en gjennomsnittsverdi av røde flekker på  $0.0\pm 0.0$ , og svarte flekker på  $0.0\pm 0.0$  ( $P=0.33$ ), mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittsverdi av røde flekke på  $0.31\pm 0.31$  og svarte flekker på  $0.13\pm 0.13$  ( $P=0.33$ ).

De numeriske verdiene var høyere for testdietten til både atlantisk laks og regnbueørret, men verken atlantisk laks eller regnbueørret hadde noen statistisk signifikant høyere verdi på mengde røde eller svarte melaninflekker ( $P\leq 0.05$ ) for testdietten.



Figur 18 Den gjennomsnittlige skåringen av grad av røde flekker (a) og svarte flekker (b) i filetene for atlantisk laks og regnbueørret føret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme føret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Verdiene er uttrykt som gjennomsnitt ± standardfeil (SE).

Fryst vekt, vekt etter tining, rå vekt og vekt etter steking hos atlantisk laks og regnbueørret føret med kontrolldiett eller testdiett ble målt og registrert for å bestemme væsketapet til fisken. Tinetap (tap av vekt etter tining) og steke tap (tap av vekt etter steking) hos atlantisk laks og regnbueørret føret med kontrolldiett eller testdiett ble kalkulert og registrert for å bestemme væsketapet til fisken. De innsamlede dataene til atlantisk laks og regnbueørret er presentert i henholdsvis Tabell 5 og Tabell 6.

Verdiene hos atlantisk laks var numerisk høyere ved fryst vekt, vekt etter tining, rå vekt, vekt etter steking og tinetap for testdietten. Den siste verdien (steke-tap), hadde en numerisk lavere verdi. Ingen av verdiene var statistisk signifikant høyere eller lavere ( $P \leq 0.05$ ).

Verdiene til regnbueørret var numerisk lavere ved fryst vekt, vekt etter tining, rå vekt og vekt etter steking for testdietten. Tinetap og steke tap til regnbueørret hadde en numerisk høyere verdi for testdietten. For verdiene som var numerisk lavere var det ingen som var statistisk signifikant lavere ( $P \leq 0.05$ ) for testdietten. For verdiene som var numerisk høyere var det heller ikke en statistisk signifikant høyere verdi for testdietten ( $P \leq 0.05$ ), men tinetap hadde en tendens til en signifikant forskjell ( $P \leq 0.05$ ) med en P-verdi = 0.08.

Tabell 5 Gjennomsnitt  $\pm$  SE og P-verdien av frossen vekt (g), vekt etter tining (g), tinetap (%), rå vekt (g), vekt etter steking (g) og steke tap (%) av atlantisk laks føret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme føret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr).

#### Atlantisk laks

	Kontroll	Test	P-verdi
Vekt fryst, g	248.31 $\pm$ 16.35	264.40 $\pm$ 11.93	0.44
Vekt etter tining, g	237.69 $\pm$ 15.41	249.00 $\pm$ 11.09	0.56
Tinetap, %	5.68 $\pm$ 0.40	5.78 $\pm$ 0.41	0.85
Vekt rå, g	53.93 $\pm$ 3.22	57.78 $\pm$ 1.89	0.32
Vekt etter steking, g	43.66 $\pm$ 2.85	46.93 $\pm$ 1.71	0.34
Steke tap, %	19.48 $\pm$ 0.78	18.89 $\pm$ 0.62	0.57

Tabell 6 Gjennomsnitt  $\pm$  SE og P-verdien av frossen vekt (g), vekt etter tining (g), tinetap (%), rå vekt (g), vekt etter steking (g) og steke tap (%) av regnbueørret føret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme føret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr).

#### Regnbueørret

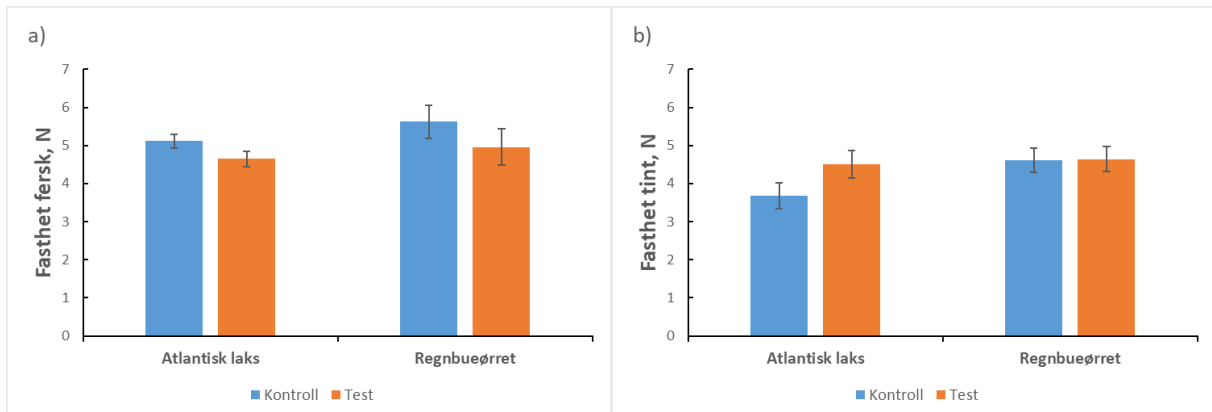
	Kontroll	Test	P-verdi
Vekt frossen, g	611.00 $\pm$ 40.44	597.13 $\pm$ 46.67	0.82
Vekt etter tining, g	591.00 $\pm$ 40.09	572.60 $\pm$ 44.51	0.76
Tinetap, %	3.44 $\pm$ 0.29	4.09 $\pm$ 0.20	0.08
Vekt rå, g	98.44 $\pm$ 3.15	96.10 $\pm$ 5.65	0.72
Vekt etter steking, g	82.96 $\pm$ 2.85	80.71 $\pm$ 5.14	0.70
Steke tap, %	15.81 $\pm$ 0.30	16.35 $\pm$ 0.53	0.37

Fastheten (totalt område, N\*s) til ferske og tinte fileter av atlantisk laks og regnbueørret føret med kontrolldiett eller testdiett ble objektivt analysert og vist i Figur 19. Ferske fileter av atlantisk laks føret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittlig fasthet på 5.11 $\pm$ 0.18, mens de som ble føret med testdietten hadde en gjennomsnittsverdi på 4.65 $\pm$ 0.2 (P=0.13). Filetene som var tint, hadde en gjennomsnittlig fasthet på 3.68 $\pm$ 0.34 (kontrollgruppen) og 4.50 $\pm$ 0.36 (testgruppen) (P=0.12).

De ferske filetene til regnbueørreten i kontrollgruppen hadde en gjennomsnittlig fasthet på 5.63 $\pm$ 0.44 og i testgruppen hadde de en gjennomsnittlig fasthet på 4.95 $\pm$ 0.48 (P=0.32).

Fastheten til de tinte filetene til regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett hadde en gjennomsnittlig fasthet på henholdsvis  $4.61 \pm 0.31$  og  $4.64 \pm 0.32$  ( $P=0.95$ ).

Verken atlantisk laks eller regnbueørret hadde signifikant forskjellig fasthet ( $P \leq 0.05$ ) i fersk eller tint tilstand.



Figur 19 Den gjennomsnittlige fastheten ( $F_b$ , målt i Newton) i ferske (a) og tinte (b) fileter for atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Verdiene er uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE).

Fargen på filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett ble objektivt analysert ved hjelp av  $L^*a^*b^*$  vist i Figur 20. Analysen ble gjort på både rå og stekte fileter.

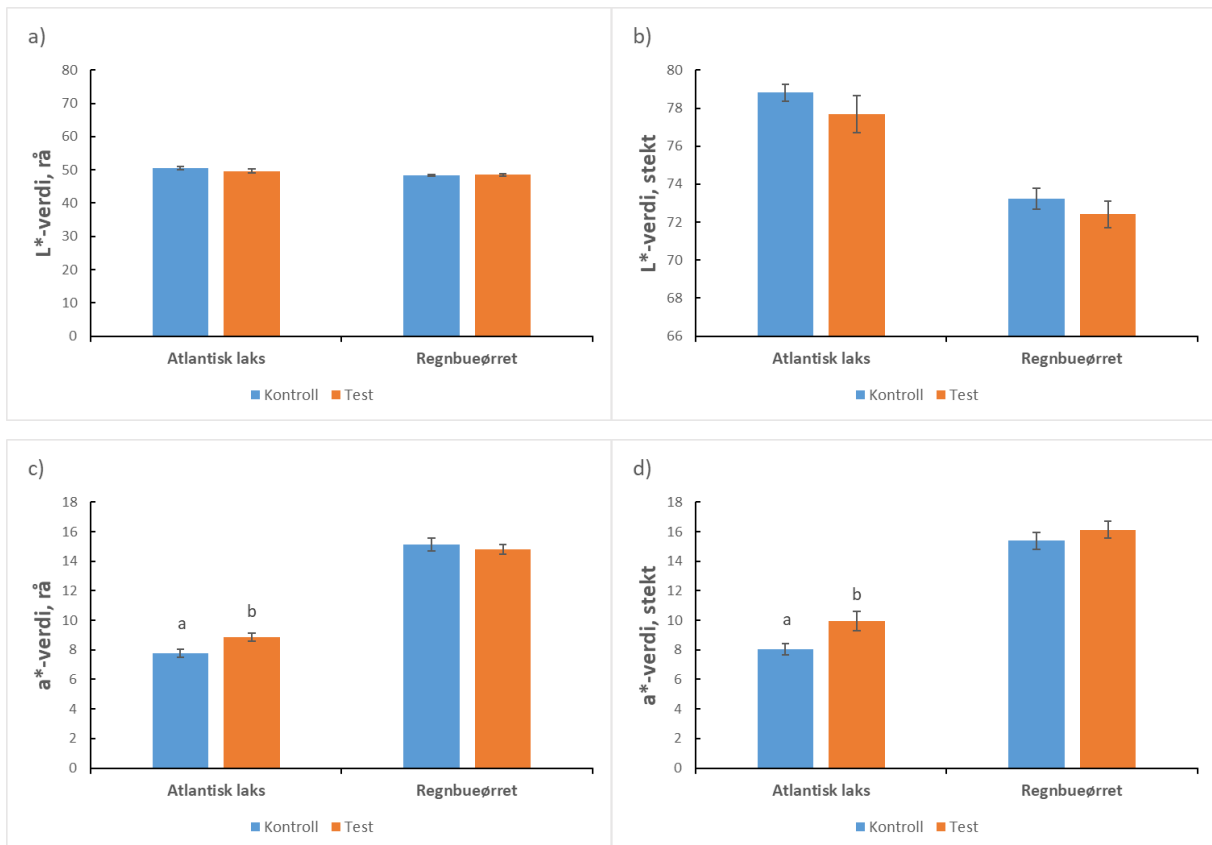
Rå fileter av atlantisk laks fôret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittlig  $L^*$ -verdi på  $50.61 \pm 0.48$ ,  $a^*$ -verdi på  $7.75 \pm 0.28$  og  $b^*$ -verdi på  $13.81 \pm 0.86$ , mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittlig  $L^*$ -verdi på  $49.64 \pm 0.54$ ,  $a^*$ -verdi på  $8.84 \pm 0.27$  og  $b^*$ -verdi på  $14.43 \pm 0.40$ .  $L^*a^*b^*$ -verdiene hadde en p-verdi på henholdsvis ( $P=0.19$ ), ( $P=0.01$ ) og ( $P=0.53$ ).

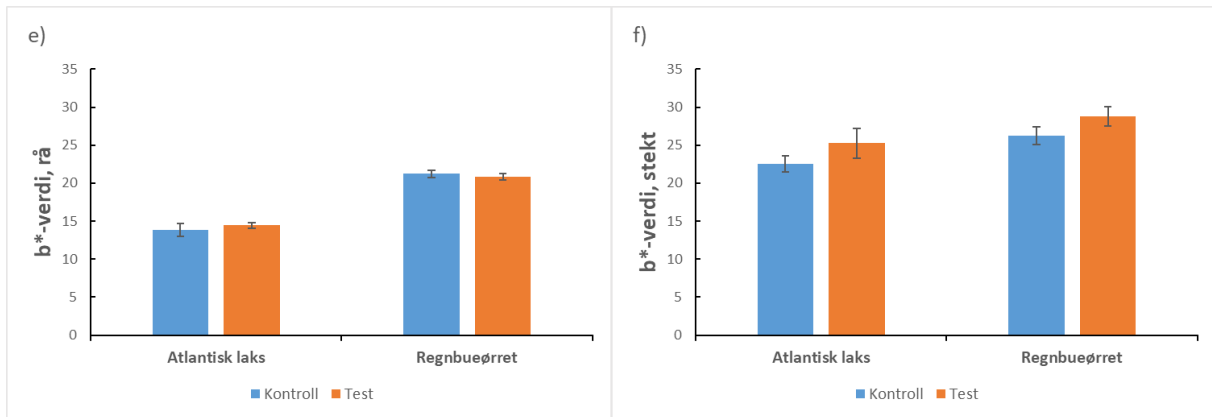
Stekte fileter hadde en gjennomsnittlig  $L^*$ -verdi på  $78.81 \pm 0.45$ ,  $a^*$ -verdi på  $8.04 \pm 0.37$  og  $b^*$ -verdi på  $22.53 \pm 1.07$  i kontrollgruppen og en gjennomsnittlig  $L^*$ -verdi på  $77.68 \pm 0.97$ ,  $a^*$ -verdi på  $9.95 \pm 0.67$  og  $b^*$ -verdi på  $25.26 \pm 1.97$  i testgruppen.  $L^*a^*b^*$ -verdiene hadde en p-verdi på henholdsvis ( $P=0.29$ ), ( $P=0.02$ ) og ( $P=0.23$ ).

Rå fileter av regnbueørret fôret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittlig L\*-verdi på  $48.35 \pm 0.31$ , a\*-verdi på  $15.14 \pm 0.42$  og b\*-verdi på  $21.21 \pm 0.44$ , mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittlig L\*-verdi på  $48.54 \pm 0.39$ , a\*-verdi på  $14.81 \pm 0.33$  og b\*-verdi på  $20.84 \pm 0.45$ . L\*a\*b\*-verdiene hadde en p-verdi på henholdsvis (P=0.70), (P=0.55) og (P=0.56).

Stekte fileter hadde en gjennomsnittlig L\*-verdi på  $73.25 \pm 0.55$ , a\*-verdi på  $15.38 \pm 0.56$  og b\*-verdi på  $26.24 \pm 1.20$  i kontrollgruppen og en gjennomsnittlig L\*-verdi på  $72.41 \pm 0.71$ , a\*-verdi på  $16.13 \pm 0.57$  og b\*-verdi på  $28.77 \pm 1.29$  i testgruppen. L\*a\*b\*-verdiene hadde en p-verdi på henholdsvis (P=0.36), (P=0.36) og (P=0.16).

a\*-verdiene til atlantisk laks hadde en signifikant forskjell ( $P \leq 0.05$ ) på både rå og stekte fileter. Resten av resultatene til atlantisk laks og alle resultatene til regnbueørret hadde ingen signifikant forskjell ( $P \leq 0.05$ ) hos verken rå eller stekte fileter.





Figur 20 Den gjennomsnittlige  $L^*$ - verdien til rå (a) og kokte (b) fileter for atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Den gjennomsnittlige  $a^*$ - verdien til rå (c) og kokte (d) fileter for atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Den gjennomsnittlige  $b^*$ - verdien til rå (e) og kokte (f) fileter for atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr). Verdiene er uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE). Forskjellige bokstaver (a og b) indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ( $P \leq 0.05$ ).

### 4.3. Kjemiske analyser

Innholdet av totalfett og astaxantin i filetene til atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrolldiett eller testdiett ble analysert kjemisk og er vist i Figur 21.

Atlantisk laks fôret med kontrolldietten hadde gjennomsnittlig totalfett på  $10.6 \pm 0.9$  %, mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittsverdi på  $10.3 \pm 1.5$  % ( $P=0.85$ ).

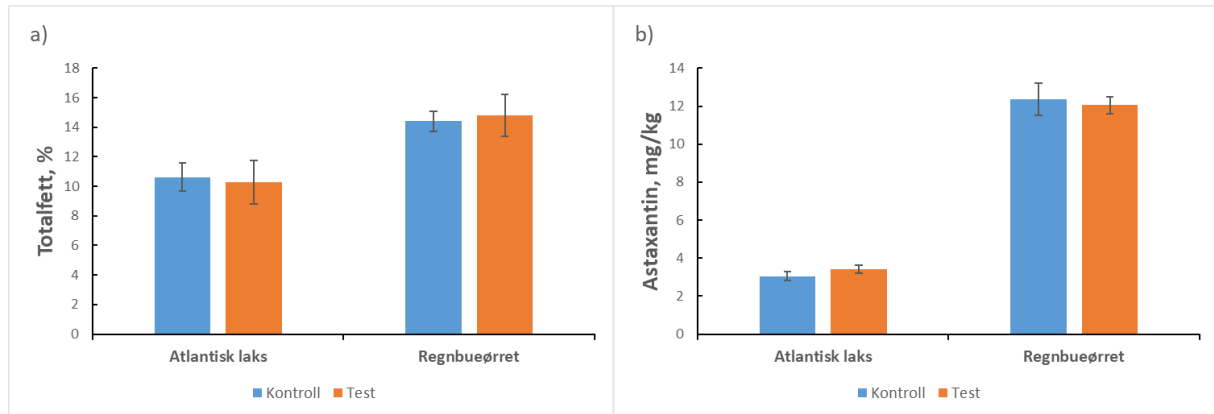
Regnbueørret i kontrollgruppen hadde gjennomsnittlig totalfett på  $14.4 \pm 0.7$  % og testgruppen hadde en gjennomsnittlig fargeskåring på  $14.8 \pm 1.4$  % ( $P=0.82$ ).

Testgruppen med atlantisk laks var numerisk lavere enn kontrollgruppen og testgruppen med regnbueørret var numerisk høyere enn kontrollgruppen, men ingen av testgruppene var statistisk signifikant ( $P \leq 0.05$ ) forskjellig fra kontrollgruppene.

Atlantisk laks fôret med kontrolldietten hadde en gjennomsnittlig mengde astaxantin på  $3.1 \pm 0.2$  mg/kg, mens de som ble fôret med testdietten hadde en gjennomsnittsverdi på  $3.4 \pm 0.2$  mg/kg ( $P=0.27$ ).

Regnbueørret i kontrollgruppen hadde en gjennomsnittlig mengde astaxantin på  $12.4 \pm 0.9$  mg/kg og testgruppen hadde en gjennomsnittlig mengde på  $12.1 \pm 0.5$  mg/kg ( $P=0.78$ ).

Testgruppen med atlantisk laks var numerisk høyere enn kontrollgruppen og testgruppen med regnbueørret var numerisk lavere enn kontrollgruppen, men ingen av testgruppene var statistisk signifikant ( $P \leq 0.05$ ) forskjellig fra kontrollgruppene.



Figur 21 Det gjennomsnittlige totalfettet (%) (a) i fileter for atlantisk laks og regnbueørret fôret med kontrollfôr med 8 % kyllingmel eller det samme fôret der 5% av kyllingmelet var byttet ut med kyllinghydrolysat (testfôr) og gjennomsnittlig mengde astaxantin (mg/kg) (b) i fileter for atlantisk laks og regnbueørret. Verdiene er uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil (SE).

## 5. Diskusjon

### 5.1. Biometriske målinger

Resultatene for rundvekt, sløyd vekt, filetvekt og lengde (Tabell 3 og Tabell 4) viser ingen signifikant statistisk forskjell mellom kontrolldiett og testdiett for verken atlantisk laks eller regnbueørret. Resultatene indikerer at biometriske målinger for både atlantisk laks og regnbueørret ikke ble påvirket betydelig av diettendringen. Det kan være flere faktorer, i tillegg til diettendringen, som bidrar til denne mangelen på signifikans. Disse faktorene kan for eksempel være variasjoner i individuell vekst og biologiske forskjeller.

Selv om det ikke var en statistisk signifikant forskjell på resultatene mellom kontroll- og testdietten for verken atlantisk laks eller regnbueørret når det gjelder rundvekt, sløyd vekt, filetvekt og lengde (Tabell 3 og Tabell 4), viste testdietten likevel en numerisk økning. Dette antyder at det kan være hensiktsmessig med videre forskning på disse områdene, til tross for manglende statistisk signifikans.

Resultatene til kondisjonsfaktorene avslører ingen betydningsfulle endringer hos atlantisk laks og regnbueørret som ble fôret med testdietten i sammenligning med de som ble fôret med kontrolldietten. Den fraværende signifikansen i kondisjonsfaktoren antyder at de to forskjellige diettsammensetningene ikke utøvde en påvisbar påvirkning på den samlede helsen til fiskene og biologisk stabilitet i responsen til de to diettene. Dette understreker viktigheten av å utforske andre parametere for å forstå potensielle effekter av variasjon i kostholdet på fiskenes trivsel og helse. Resultatene peker dermed mot behovet for en mer omfattende vurdering av helseparametere i studier av kostholdsinnvirkninger på akvatiske organismer. Dette resultatet kan også tjene som en basislinje for videre undersøkelser og betydningen av en helhetlig vurdering av helseparametere i akvakulturpraksis.

Verken atlantisk laks eller regnbueørret hadde noen signifikant endring i filetutbyttet mellom de fiskene som ble fôret med kontrolldiett og de som ble fôret med testdiett.

Slakteutbyttet derimot hadde en signifikant forskjell for regnbueørret mellom kontroll- og testgruppen (Tabell 4). Regnbueørreten som var fôret med testdietten hadde et høyere slakteutbytte enn de som var fôret med kontrolldietten. For atlantisk laks var slakteutbyttet numerisk høyere for testgruppen, men ikke statistisk signifikant høyere.



Resultatene tyder på at endringen i kosthold ikke hadde en betydelig effekt på verken filet- eller slakteutbytte til atlantisk laks, men påvirket derimot mengden slakt for regnbueørret uten å ha en effekt på filetutbyttet. Siden filetutbyttet allikevel var numerisk høyere, kan dette indikere at videre forskning kan være hensiktsmessig.

## 5.2. Kvalitetstrekk

### 5.2.1. Tekstur

Objektiv fasthetsanalyse av ferske fileter viste ingen signifikante forskjeller for atlantisk laks og regnbueørret mellom test- og kontrollgruppene (Figur 19). Fraværet av endringer i fasthet indikerer at diettforskjellen ikke påvirket teksturkvaliteten av ferske fileter.

For frysede og deretter tinte fileter var det heller ingen signifikante forskjeller i fasthet for begge fiskeartene mellom test- og kontrollgruppene (Figur 19).

Resultatene av fasthet etter frysing og deretter tining støtter de opprinnelige funnene observert i fersk fisk, og antyder at eventuelle endringer i tekstur er uavhengig av diettvariasjonene. Denne konsistente effekten på fastheten, selv etter en prosess med frysing og tining, understreker robustheten i teksturegenskapene til fiskefiletene og bekrefter at en justering i fôringsregimet ikke påvirker dette aspektet av kvaliteten. Denne sammenhengen mellom diett og filetens tekstur, som forblir konsekvent gjennom ulike forberedelsesmetoder, peker på viktigheten av å undersøke andre potensielle helse- og kvalitetsparametere for å forstå de fulle konsekvensene av kostholdsendringer i akvakulturpraksisen.

### 5.2.2. Filetspalting og melaninflekker

Analysen av spalting i filetene (Figur 17) viser at det var en signifikant reduksjon i spalting hos atlantisk laks som ble fôret med testdietten sammenlignet med kontroldietten. Reduksjonen i spalting kan indikere en positiv effekt av testdietten på filet-kvaliteten hos atlantisk laks, men siden andre elementer også kan være årsaken til denne forskjellen kan det være hensiktsmessig med ytterligere undersøkelser.

Ingen signifikante forskjeller i spalting ble observert for regnbueørret mellom test- og kontrollgruppene.

Verken atlantisk laks eller regnbueørret hadde noen signifikant endring i mengde melaninflekker mellom de fiskene som ble fôret med kontrolldiett og de som ble fôret med testdiett.

Resultatene tyder på at endringen i kosthold ikke hadde en betydelig effekt på verken røde eller svarte melaninflekker. Dette gjelder for både atlantisk laks og regnbueørret.

### 5.2.3. Farge

Den subjektive fargeanalysen ved hjelp av SalmoFan (Figur 17) viste ingen signifikante forskjeller i fargeskåringsverdier for atlantisk laks eller regnbueørret mellom test- og kontrollgruppene. Fraværet av signifikante endringer i fargeskåringen gir en indikasjon på at denne spesifikke variasjon i kostholdet ikke påvirket den subjektive fargeoppfatningen av filetene. Det er også viktig å huske på at en slik analyse er subjektiv og at mangelen på signifikant forskjell kan være på grunn av andre begrensninger enn fôret.

Slike begrensninger kan være synsevnen til den/de som analyserer (for eksempel manglende evne til å skille mellom ulike pigmenttyper) eller eventuelt feil valg av bakgrunnslys. Andre teknikker, slik som spektrofotometri, ChromaMeter eller  $L^*a^*b^*$  (som er blitt brukt i denne studien), kan derfor gi mer presis informasjon om fargen på fisk.

Resultatene til  $L^*a^*b^*$  viser at det ikke er noen signifikant forskjell på lysstyrken ( $L^*$  - verdien) mellom kontrolldiett og testdiett hos verken atlantisk laks eller regnbueørret. Det er heller ingen signifikant forskjell når det gjelder de kromatiske dimensjonene rød og grønn ( $b^*$ - verdien) mellom kontrolldiett og testdiett hos verken atlantisk laks eller regnbueørret.

Det er derimot en signifikant forskjell på de kromatiske dimensjonene gul og blå ( $a^*$ - verdien) mellom kontrolldiett og testdiett hos atlantisk laks. Hos regnbueørret er det ingen signifikant forskjell.

Avslutningsvis gir denne studien god innsikt i effekten på fargen på fisk ved tilsetning av kyllinghydrolysat i fôret, men mer forskning er nødvendig for å forstå dette fenomenet fullt ut. Fremtidige studier kan utforske ulike nivåer av inkludering av kyllinghydrolysat i dietter og en grundigere analyse av de fargedimensjonen som allerede har gitt noen signifikante

resultat. Eventuelt bruke andre fargemålingsmetoder for å gi en mer omfattende forståelse av fiskens farge.

### 5.3. Kjemiske analyser

#### 5.3.1. Totalfett

Den kjemiske analysen av totalfett viste ingen signifikante forskjeller for atlantisk laks og regnbueørret mellom test- og kontrollgruppene (Figur 21). Fraværet av endringer i totalfett indikerer at diettforskjellen ikke påvirket mengde fett i filetene.

#### 5.3.2. Astaxantin

Den kjemiske analysen av astaxantin viste ingen signifikante forskjeller for atlantisk laks og regnbueørret mellom test- og kontrollgruppene (Figur 21). Fraværet av endringer i totalfett indikerer at diettforskjellen ikke påvirket mengde fett i filetene. Siden verdiene allikevel var numerisk høyere for atlantisk laks, og i tillegg statistisk signifikant høyere for andre fargeanalyser ( $a^*$ -verdien i Figur 20), kan dette indiker at videre forskning av påvirkningen på filetfarge kan være hensiktsmessig.

## 6. Konklusjon

Denne studien gir en verdifull innsikt i de potensielle effektene av å fôre atlantisk laks og regnbueørret med en innblanding av 5 % kyllinghydrolysat i dietten. Resultatene antyder at inkluderingen av kyllinghydrolysat kan ha en positiv effekt på fargen og mengde spalting i filetene til atlantisk laks og mengde slakteutbytte til regnbueørret.

Konklusjonen basert på resultatene fra denne studie, er at en inkludering av 5 % kyllinghydrolysat som en komponent i fiskefôret kan ha et lovende potensiale for å forbedre den fysiske og sensoriske kvaliteten på fileter av atlantisk laks og regnbueørret, og at det kan være et lovende og bærekraftig alternativ til tradisjonelle fôringredienser.

## 7. Litteraturliste

- Alfnes, F., Guttormsen, A. G., Steine, G. & Kolstad, K. (2006). Consumers' Willingness to Pay for the Color of Salmon: A Choice Experiment with Real Economic Incentives. *American Journal of Agricultural Economics*, 88 (4): 1050-1061. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2006.00915.x>.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Rapport fra Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tilgjengelig fra: <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf> (lest 21.09.2023).
- Fjellvåg, H. P., Bjørn. (2022). *Hydrolyse*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hydrolyse> (lest 25.10.2023).
- Hardy, R. W. & Lee, C. S. (2010). *Aquaculture Feed and Seafood Quality*. Tilgjengelig fra: <https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull31/31-2-5.pdf> (lest 21.09.2023).
- Hardy, R. W. & Brezas, A. (2022). Chapter 9 - Diet formulation and manufacture. I: Hardy, R. W. & Kaushik, S. J. (red.) *Fish Nutrition (Fourth Edition)*, s. 643-708: Academic Press.
- Krogdahl, Å., Penn, M., Thorsen, J., Refstie, S. & Bakke, A. M. (2010). Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. *Aquaculture Research*, 41 (3): 333-344. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02426.x>.
- Lavèty, J., Afolabi, O. A. & Love, R. M. (1988). The connective tissues of fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 23 (1): 23-30. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb00546.x>.
- Mørkøre, T. & Rørvik, K.-A. (2001). Seasonal variations in growth, feed utilisation and product quality of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) transferred to seawater as 0+smolts or 1+smolts. *Aquaculture*, 199 (1): 145-157. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00524-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00524-5).
- Mørkøre, T., Vallet, J. L., Cardinal, M., Gomez-Guillen, M. C., Montero, P., Torrissen, O. J., Nortvedt, R., Sigurgisladottir, S. & Thomassen, M. S. (2001). Fat Content and Fillet Shape of Atlantic Salmon: Relevance for Processing Yield and Quality of Raw and Smoked Products. *Journal of Food Science*, 66 (9): 1348-1354. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15213.x>.
- Mørkøre, T., Hansen, A., Unander, E. & Einen, O. (2002). Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed rainbow trout: variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. *Journal of Food Science*, 67 (5): 1933-1938.
- Mørkøre, T. & Einen, O. (2006). Relating Sensory and Instrumental Texture Analyses of Atlantic Salmon. *Journal of Food Science*, 68 (4): 1492-1497. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09672.x>.
- Mørkøre, T., Larsson, T., Kvellestad, A. S., Koppang, E. O., Åsli, M., Krasnov, A., Dessen, J.-E., Moreno, H. M., Valen, E. C. & Gannestad, K. H. (2015). Mørke flekker i laksefilet. Kunnskapsstatus og tiltak for å begrense omfanget.
- Nassau, K. (1997). *Color for science, art and technology*: Elsevier.
- Nofima. (2021). *Proteinprodukter fra kyllingrester*. Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/prosjekt/hydroprot/> (lest 23.09.2023).
- Norgeskart. Kartverket. Tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=3&lat=7197864.00&lon=396722.00> (lest 28.11).
- Nortura. (2021). *Innovativ bruk av restråstoff fra kylling og kalkun*: Nortura. Tilgjengelig fra: <https://medlem.nortura.no/arkiv-2021/innovativ-bruk-av-restrastoff-fra-kylling-og-kalkun-article45043-18910.html> (lest 26.09.2023).
- Sigurgisladottir, S., ØTorrissen, O., Lie, Ø., Thomassen, M. & Hafsteinsson, H. (1997). Salmon quality: Methods to determine the quality parameters. *Reviews in Fisheries Science*, 5 (3): 223-252. doi: 10.1080/10641269709388599.

- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food quality and preference*, 13 (4): 215-225.
- Tacon, A. G. J. & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285 (1): 146-158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>.
- Tveit, G. M., C., A. K., Slizyte, R., Rustad, T. & Løes, A. . (2017). Fra restråstoff til verdifulle råvarer. *Fjørfe*, 9: 35-37.
- Ytrestøyl, T., Aas, T. S. & Åsgård, T. (2015). Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture*, 448: 365-374. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.023>.
- Aas, T. S., Åsgård, T. & Ytrestøyl, T. (2022). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2020. *Aquaculture Reports*, 26: 101316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101316>.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway