

MASTEROPPGAVE

Emnekode: BIO5002

Navn: Inger Johanne Gjelseh

Effekt av EPA og DHA på farge, tekstur
og væsketap i fersk og røkt Atlantisk laks
(*Salmo salar* L.)

Dato: 15.11.2019

Totalt antall sider: 63

Forord

Denne masteroppgaven ble utført ved Nord Universitet på fakultet for biovitenskap og akvakultur (FBA) og er på 60 studiepoeng. Den markerer slutten på en lærerik, utfordrende og spennende utdanning. Oppgaven er i samarbeid med Nofima ÅS og Nord Universitet, og i den forbindelse er det mange personer som fortjener en takk.

Først vil jeg takke min hovedveileder og kvalitetseksperter Dr. Marit Bjørnevik ved Nord Universitet for veiledning, motivasjon og troen på meg. Jeg er utrolig takknemlig for din hjelp, tålmodighet og enorme kunnskap. Uten din strenge rød-penn, støtte og bidrag hadde ikke dette vært mulig for meg. Vi har hatt mange fine samtaler sammen. Du er ei fantastisk dame som jeg aldri vil glemme.

Jeg vil også takke Nofima ÅS, prosjektleder Dr. Bente Ruyter og min biveileder Dr. Turid Mørkøre for muligheten til å få skrive denne oppgaven. Tusen takk for at jeg fikk være med på dette prosjektet, for prøvefisken og mine uker på kvalitetslaben på Ås. Det har vært ekstremt lærerikt og ikke minst ekstremt gøy. Takk til Dr. Thomas Larson og Raúl Jiménez-Guerrero for morsomme og fine dager på lab med dere.

Jeg vil også takke Anjana Palihawadana for veiledning og hjelp på lab ved Nord Universitet.

Stor takk til mine studiekolleger for motivasjon, faglig hjelp og støtte gjennom de to siste årene. Til slutt vil jeg takke min familie, venner og kjære Ole-mann. Takk for kjærlighet, tålmodighet og ros under hele studieløpet.

Nå venter en ny epoke i livet.

Inger Johanne Gjelseth

Bodø, 15. november 2019.

Sammendrag

Tidligere fôrformuleringer til laks bestod hovedsakelig av fiskemel og fiskeolje, til i dag hvor det består av 70% vegetabiliske råstoff og 30% marint råstoff. Det har medført en reduksjon av de marine fettsyrene EPA og DHA. Fettsyrene har betydning for laksens helse og kvalitet.

Formålet med oppgaven var å studere effekt av økende nivåer av de marine fettsyrene EPA og DHA i diett til laks, og hvordan de påvirker kvalitetsparameterne farge, tekstur og væsketap i fersk og røkt laks, i tillegg til å undersøke om forbrukeren klarer å kjenne forskjeller i røkte fileter av laks fôret med ulike mengder EPA og DHA.

Laks ble fôret i 16 måneder med 4 ulike dietter der innholdet av EPA og DHA var 1.04 %, 1.28%, 1.61%, 3.54%. All fisk ble slaktet når den var nådd 5 kg i januar 2019. Etter 4 dager på is ble all fisken filetert, og farge og tekstur målt i venstre filet. En kotelett ble fryst på -40° C i 4 uker og væsketap registrert etter opptining. Høyre filet ble røkt, og farge, tekstur og væsketap ble målt. Økende mengde EPA og DHA fra 1.61 til 3.54% i diett førte til høyere verdier i a*(rødhet), b*(gulhet) og chroma*(fargeintensitet) i laksefileter og kotelett for fersk og røkt laks. Røkt laks var mørkere (lavere L*) og blekere rødfarge (lavere a*) enn fersk laks i alle diettgruppene. Økende mengde EPA og DHA i diett førte også til lavere væsketap både etter frysing og etter røyking. Ulik mengde EPA og DHA i diett hadde ingen signifikant effekt på tekstur eller på sensorisk smak, men det var en tendens til at laks som hadde spist høyeste nivå av EPA og DHA var minst likt i dommerpanelet.

Abstract

Previous feed formulation to salmon contained mainly fishmeal and fish oil, whereas today the feed consists of 70% vegetable ingredients and 30% ingredients. This has resulted in reduction of the marine fatty acids EPA and DHA. The fatty acids are of importance for both health and flesh quality in salmon. The main goal with this thesis was to study the effect of increasing levels of the marine fatty acids EPA and DHA in diet to salmon, how they affect the quality parameters color, texture and liquid loss in fresh and smoked salmon, and to study if the consumer will manage to discover differences in sensory taste of fillets of smoked salmon fed different levels of EPA and DHA.

Salmon were fed for 16 months with 4 different diets of EPA and DHA levels of 1.04%, 1.61%, 1.28%, 3.54% respectively. The fish were harvested when they reached 5 kg. After 4 days on ice the fish was filleted, and color and texture were measured in left fillet. A cutlet was frozen, and liquid loss was registered after thawing. The right fillet was smoked, and color, texture and water loss were measured. Increasing levels of EPA and DHA from 1.61% to 3.54% showed increasing values of a^* (redness), b^* (yellowness) and chroma^* (color intensity) in the salmon fillets and cutlets of fresh and smoked salmon. Smoked salmon was darker (lower L^*) and paler red (lower a^*) than fresh salmon in all diet groups. Increasing levels of EPA and DHA in the diet led to a lower liquid loss, after freezing and after smoking. Different levels of EPA and DHA in the diet had no significant effect on texture or sensory taste, but a tendency was shown for the salmon with highest EPA and DHA was the least preferred by the sensory panel.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Innledning	1
1.0 Introduksjon	2
1.1 Røkt laks.....	2
1.2 Muskeloppbygning og fettfordeling.....	4
1.3 Fett.....	5
1.4 Fiskekvalitet.....	6
1.5 Sensorisk kvalitet.....	7
1.6 Farge.....	7
1.7 Tekstur.....	8
1.8 Væsketap.....	9
2.0 Material og metode	11
2.1 Forsøksdesign.....	11
2.2 Prøveuttak.....	12
2.3 Salting.....	13
2.4 Røyking av laksefilet.....	13
2.5 Farge.....	15
2.6 Tekstur.....	15
2.7 Væsketap.....	16
2.8 Sensorisk analyse røyt laks.....	16
2.8 Saltinnhold og kjemisk analyse.....	18
2.9 Statistikk.....	19
3.0 Resultater	20
3.1 Vekt og lengde.....	20
3.2 Farge.....	20
3.3 Tekstur.....	24
3.4 Væsketap.....	27
3.5 Saltinnhold.....	29
3.6 Kjemisk innhold.....	30

3.7 Sensorisk analyse	31
4.0 Diskusjon.....	32
4.1 Farge	32
4.3 Tekstur	34
4.4 Væsketap	36
5.0 Konklusjon	38
6.0 Referanser.....	39
7.0 Vedlegg	48
7.1 Væsketap	48
7.2 Tabeller fôrformulering og diettplan	48
7.3 Figurer av fôr endringer under hele forsøket (%).	51
7.4 Sensorisk dommerbedømming	54

Innledning

Atlantisk laks (*Salmo salar L.*) er den viktigste fiskearten i norsk havbruk og har en sterk posisjon i det globale markedet på grunn av ernæringsmessige og kvalitetsmessige årsaker. Med økende etterspørsel og et ønske om økende produksjonsvolum har oppdrettsnæringen blitt tvungen til å ha høyere fokus på en bærekraftig produksjon. Tilgjengeligheten av omega-3 fettsyrene er i dag en av de største utfordringene til videre vekst i laksenæringen i Norge. I 1990 bestod laksefôret av 90% marine ingredienser og i dag består det av 30 % marine ingredienser og 70 % vegetabiliske ingredienser. Reduksjonen av marine fettsyrer (fra 2.5 % til 1,3 %) blir ansett som den største ulempen med dagen fôrprofil (Ytrestøyl et al. 2015).

Fisk er anbefalt til humant konsum på grunn av det høye innholdet av de marine omega-3 fettsyrene eikosapentaensyre (EPA) og dokosaheksaensyre (DHA). Fettsyrene har helsegivende effekter for mennesker, og forbrukerne er bevisste på de ernæringsmessige og helsemessige egenskaper fisk har. Minimumsbehovet for omega-3 fettsyrene EPA og DHA er fastsatt for laksen for å opprettholde en god vekst og helse, men minimumsbehov for å opprettholde en høy kvalitet er ikke definert.

Farge, tekstur, fettinnhold og vannbindingsevne er parametere som har betydning for den totale kvalitetsoppfattelsen av lakseprodukter (Sigurgisladottir et al. 1997, Haard 1992, Espe & Lie 2001, Cardinal et al. 2001). Fiskekvalitet er kompleks og forskning viser at fôrsammensetning i laksefôr vil ha innvirkning på kvaliteten hos oppdrettslaks (Lynum, 2005), og kan påvirke blant annet farge og tekstur. Økende mengde EPA og DHA er vist å forbedre rødfargen i laksefisk og gir lavere vanntap (Waagbø et al. 1993, Ruyter et al. 2016, Regost et al. 2004).

Formålet med denne oppgaven var å undersøke effekten av ulike EPA og DHA nivåer i laksefôr på produktkvaliteten av fersk og røkt laks. Produktkvalitet ble målt som farge, tekstur og vannbindingsevne i både fersk og røkt laks. På røkt laks ble eventuelle sensoriske forskjeller i kvalitet målt med et testpanel.

1.0 Introduksjon

1.1 Røkt laks

Røkt laks er betegnet som et luksusprodukt og er etterspurt på grunn av fiskens spesielle tekstur, farge og smak (Rørå et al. 2005b). Valg av saltemetode, røykeprosess og råstoff er avgjørende faktorer for å få et produkt av høy kvalitet. Flere kvalitetsfaktorer er nevnt i litteraturen som; fettinnhold, fordelingen av fettinnhold i fisken, farge og tekstur. Melaninflekker, myokomata størrelse og væsketap viser seg også å være viktige kvalitetsfaktorer for røkt laks (Sigurgisladóttir et al. 1997, Cardinal et al. 2001, Cardinal et al. 2004).

Røykeprosessen inneholder flere fundamentale prinsipper som salting, tørking og røyking. Prinsippene er den eldste konserveringsmetoden vi har. Fremgangsmåten og materialer som blir brukt varierer mellom røykeri og råmaterialet er fersk eller frossen laks.

Salting av fisken kan gjøres med ulike metoder som injeksjonssalting, tørrsalting og lakesalting. Saltet vil gjøre tekturen fast og fisken vil få en særegen saltsmak (Doe et al. 1998) og forlenge holdbarheten. Injeksjonssalting foregår med en innsprøyting av saltlake med nåler. Ved tørrsalting vil salt bli strødd over fileten, og ved lakesalting vil laksefileter blir lagt i saltkonsentrasjonen. Saltetiden avhenger av ønsket saltinnhold (Birkeland & Bjerkeng 2005, pers.med Yvonne Løvgalven) og filettykkelsen vil avgjøre hvor lang tid fisken skal ligge til salting. (Sigurgisladóttir et al. 2000a, Sigurgisladóttir et al. 2000b).

Den tradisjonelle metoden er tørrsalting (Rørå 2003) og er foretrukket fordi den gir en fastere konsistens, mer smak og lengre holdbarhet (Pers.med Yvonne Løvgalven).

Saltkonsentrasjon, fettinnhold, filestørrelse, filettykkelse og tørketemperatur er faktorer som påvirker saltopptaket i laksefileten (Cardinal et al. 2001; Mørkøre et al. 2001b, Rørå et al. 2004, Birkeland and Bjerkeng, 2005).

Under tørrsalting vil salt diffundere inn i fileten og vann blir ekstrahert ut, muskelfibrene vil krympe og gi en reduksjon i filettvekt (Sigurgisladóttir et al. 2000b, Sigurgisladóttir et al. 2001, Cardinal et al. 2001; Mørkøre et al. 2001b). For lakesalting og injeksjonssalting vil ikke reduksjon av vekt oppstå (Cardinal et al. 2001). Fettinnhold begrenser saltdiffusjonen og lavere vannbindingsevne er vist i laks med høyt fettinnhold (Mørkøre et al. 2001b, Birkeland

et al. 2004a). Fettinnhold er samtidig en positiv faktor for opptak av komponenter under røyking (Cardinal et al. 2001).

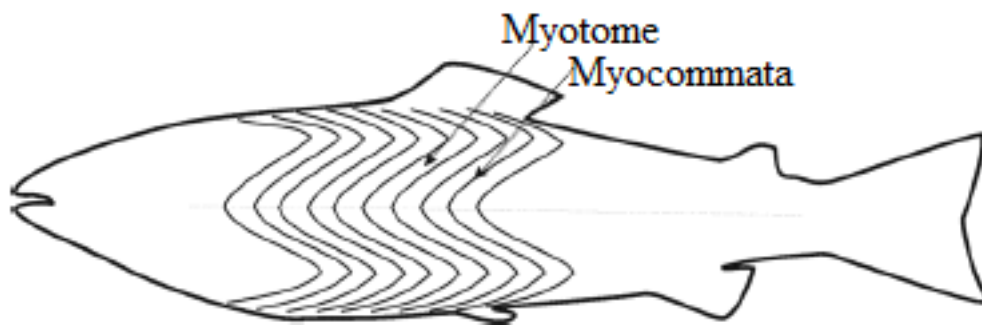
Den vanligste røykemetoden er kaldrøyking med temperaturer mellom 20-30°C og temperaturen vil gi endringer i smak, tekstur og farge (Mørkøre et al. 2001b, Sigurgisladottir et al. 2000). Det er vist til at laks røyket på 20°C gir en lysere rødfarge enn laks røyket på 30°C (Birkeland et al. 2004b) og laks røyket på 30°C sammenlignet med 21°C gir en fastere tekstur (Rørå et al. 2005b). Røykeprosessen skjer i et røykskap eller et røykerom og valg av tresort som eik, bøk og kirsebær vil gi en særegen smak (Birkeland 2004a, Lynnum 2005). Røyk dannes ved temperaturer fra 400°C og er en blanding av askepartikler, sot, vanndråper og tjære som vil ha ulik innvirkning på laksen. Fenoler har størst betydning for laksen aroma. Kjemiske reaksjoner mellom formaldehyd og sukkerarter som skjer under høy temperatur vil medføre en dypere rødfarge (Lynnum 2005).

Tørkeperioden etter røykeprosessen vil tørke ut og minske vanninnholdet i produktet. Avkjølingen skjer ved temperaturene 15-26°C, avhengig av røykeri. Emballasjevalg er viktig og ifølge Yvonne Løvgalven er papplate i emballasjen en faktor som vil gi bedre kvalitetsoppfattelse, da papplaten tiltrekker seg eventuell fettslutt etter pakking.

1.2. Muskeloppbygning og fettfordeling

Fiskemuskelen sammenlignet med terrestriske dyr har en enkel oppbygning. Laks inneholder rundt 20% protein, mens vann og fett utgjør mesteparten av de resterende 80% (Ofstad et al. 1996). Fettinnholdet i oppdrettslaks varierer mellom 7 og 22%, med tilsvarende endringer i vanninnhold (Sigurgisladottir et al. 1997, Rørå et al. 1998).

Muskeloppbygningen består av komponentene myotomer og myokomata som er organisert slik at muskelen får et W-formet utseende (Kiessling et al. 2006) (Fig.1). Inni hver muskelfiber (muskelcelle) er parallelle myofibriller som består av hovedproteinene aktin og myosin med bindevev av kollagen som binder myotomene sammen. Lipidene er lokalisert i cellemembranene som fosfolipider, i cytoplasma i muskelfibrene, eller som lipid dråper i vev (Kiessling et al. 2006, Love 1970).



Figur 1: Muskel i fisk. Muskelsegmenter (myotomer) er separert av bindevev (myokomta) som danner en W-formet utseende (Kiessling et al. 2006).

Laksemuskelen deles inn i to hovedgrupper, hvit og rød muskel. Den hvite muskelen er den dominerende muskel og hos laks er den av rød farge på grunn av karotenoider i dietten (Kiessling et al. 2006). Hvit muskel utnytter anaerob metabolisme for å kunne oppnå en høy svømmehastighet, mens den røde muskel utnytter fettsyrer og pyruvate for energi (Johnston 1999). Fettinnholdet er som regel høyere i rød muskel, men det røde muskellaget er så tynt at det ikke bidrar for det totale fettinnholdet i laksen (Shannon et al. 2004).

Flere faktorer vil påvirke fettinnholdet i laks slik som arv, fiskestørrelse, fettinnhold i fôr, kjønnsmodning og sesong. Laksemuskulens fettsyreprofil er relatert til fôroljens fettsyreprofil, mens det totale fettinnholdet i laksemuskelen er avhengig av det totale fettinnholdet i fôret (Jobling et al. 2002). Flere studier viser denne sammenhengen og effekter på de sensoriske egenskapene (Lie et al. 1988, Sigurgisladottir et al. 1997). For oppdrettslaks vil det være mulig å avgjøre mengde fettinnhold i muskelen ved å regulere fettmengden i fôret (Sigurgisladottir et al. 1997). Selve fordelingen av fett varierer langs anterior og posterior del av fisken, hvor det høyeste innholdet av fett er i bukklapp og det laveste i haleparti (Bremner 1992, Katikou et al. 2001).

1.3. Fett

Lipider er en fellesbetegnelse for stoffer som er løselige i ikke-polare løsninger og uløselige i vann. Lipidene deles inn i kategorier og forteller om deres biologiske funksjoner som fett i energilagring, membranlipider og lipider med spesifikke egenskaper (Rustan & Drevon 2000). Fettsyrer er den enkleste form for lipider og i det biologiske system er det triacylglyseroler (TAG), fosfolipider (FL), steroider (Fahy et al. 2009). For laks er triglyserider den mest dominerende gruppen og utgjør opp til 90% av de totale lipidene.

Fettsyrer er lange hydrokarbonkjeder med en karbongruppe og en metylgruppe. De er klassifisert av karbonantall, antall dobbeltbindinger og posisjonen av dobbeltbindingene. Fettsyrene kan bli omtalt på ulike måter, enten som navn (eks. linolensyre) eller nomenklatur (eks. 18:2 ω -6, 18:2n-6). Fettsyrer deles inn i tre kategorier; fettsyrer uten dobbeltbinding, fettsyrer med én dobbeltbinding og fettsyrer med mange dobbeltbindinger. Dobbeltbindingene forteller om metningsgrad av fettsyren. Fettsyrer uten dobbeltbinding er mettede, mens fettsyrer med dobbeltbindinger er umettede (Halvar 2002). Vilde marine og anadrome arter har en stor andel umettede fettsyrer med lange hydrokarbonkjeder som eikosapentaensyre EPA og dokosaheksaensyre DHA som er lokalisert i cellemembranene (Torstensen et al. 2013). Fet fisk som Atlantisk laks har høyt oljeinnhold og er derfor rik på EPA og DHA (Halvar 2002).

EPA og DHA produseres først og fremst av fytoplankton og akkumuleres videre opp i næringskjeden (Jensen et al. 2012). To essensielle fettsyrer som kommer fra planteriket er linolsyre (18:2n-6) og linolensyre (18:3n-3). Laks trenger disse tilført i dietten sin da laks i liten grad evner å syntetisere de selv (Espe et al. 2001). Linolsyre (ALA) og linolensyre er

flerumettede fettsyrer (PUFA) og inngår i prosessen ved syntese av n-3 fettsyrene eikosapentaensyre (EPA) og dokosaheksaensyre (DHA).

Syntesen av EPA og DHA skjer gjennom den marine næringskjeden i planteplankton og kalles marine n-3 fettsyrer. Behovet for EPA og DHA hos oppdrettslaks varierer med vannmiljø, og studier viser at laks i ferskvann har et minimumsbehov på 1% EPA og DHA (Ruyter et al. 2000a) og laks i sjøvann har behov for et høyere nivå tilnærmet minimum 1,7 % EPA og DHA (Ruyter et al. 2016). Langtidsforsøk i sjøvann viser nivåer på > 2.7% EPA og DHA nivå for å opprettholde god vekst og oppettholding av vev, blodomløp og polare lipider (Roselund et al. 2016, Sissener et al. 2016).

EPA og DHA har en rekke helsegivende effekter for fisk og mennesker. For mennesker er det dokumentert positive effekter for kardiovaskulære sykdommer, anti-inflammatoriske effekter, neurologiske, Alzheimers samt positive effekter for barn med «Attention Deficit Hyperactivity Disorder» (ADHD) (Swanson et al. 2012, Singh 2005). For fisk er EPA og DHA viktig for fiskehelsen og fiskens overlevelse. Studier viser minimumsnivå for å opprettholde god vekst, helse (Ruyter et al. 2016) og økende resistens mot infeksjoner som furunkulose, vibrose og sopp (Thompson et al. 1996).

1.4. Fiskekvalitet

Fiskekvalitet er et omfattende begrep og en definisjon er «*produktets evne til å tilfredsstille forbrukerens behov, krav, ønsker og forventninger*» (Espe & Lie 2001)

Tekstur og farge viser seg å være to viktige faktorer i begrepet sammen med ferskhet, saftighet, lukt, matsikkerhet og næringsinnhold (Haard 1992, Espe & Lie 2001).

Kvalitet er lite spesifikt og defineres i mer konkrete grupper basert på kvalitetsegenskapene til fisken. Grupperinger som teknologisk kvalitet, sensorisk kvalitet, hygienisk kvalitet, ernæringsmessig kvalitet og etisk kvalitet vil bidra til å definere begrepet klarere (Gjerde 1986). Markedsstudier viser flere klare faktorer som fettinnhold, farge, tekstur, ferskhet og visuell bedømmelse som avgjørende kvalitetsfaktorer for forbrukeren (Koteng 1992, Anderson 2001, Giese 1995). For videreforedlede produkter som røyket laks foretrekker forbrukeren en mer rødere farge (Bjerkeng 2000).

1.5. Sensorisk kvalitet

Ólafsdóttir et al. (1997) definerte sensorisk kvalitet på følgende måte «*En vitenskapelig disiplin som brukes til å framkalle, måle, analysere og tolke menneskelige reaksjoner på produkter basert på menneskelige sanser*».

Sensoriske kvalitet er hvordan oppfattelse av utseende, smak, farge, tekstur og lukt til valgt produkt. Sensorisk oppfattelse har stor makt for valg og verdi av produkt og den kan bedømmes med smakspanel med trente og utrente dommere. Panelene vil beskrive den spiselige profilen og vil gi verdifull informasjon om produsent (Sveinsdottir 2003, Stone et al. 1974, Sidel et al. 1994, Rasmussen 2001).

Analyse av sensorisk kvalitet

Det er utviklet metoder i tre forskjellige kategorier av test typer: forskjelltester (differansetester), kvantitative tester og forbrukertester. Forskjelltester som rangeringstester og partest gir svar på merkbar forskjell mellom produktet og graden av forskjell eller egenskap i produktet. Kvantitative tester (Quantitative Descriptive Analysis) brukes for å beskrive sensoriske egenskaper som er i produktet og det poengscores med intensitet på en skala. Forbrukertester gir informasjon om foretrukket produkt og hvor mye. (Stone & Sidel 2004, Sensorisk studiegruppe 1997, Lawless & Heymann 1998a).

1.6. Farge

Farge er det visuelle førsteinntrykket av fiskefileten og en viktig parameter for avgjørelsen av forbrukerens oppfattelse av kvalitet og valg av produkt (Alfnes et al. 2006). Nesten 40 % av forbrukere bruker kun farge som avgjørende kvalitetsfaktor og farge er sterkt assosiert med ferskhet (Hagen 2008, Yagiz et al. 2010).

Den dype røde fargen i laksemuskelen kommer fra karotenoider og spesielt fra karotenoid pigmentet astaxanthin (3,3'-dihydroxy-P, P-karoten-4,4'-dion). Siden laks (*Salmo salar*) ikke kan syntetisere dette *de novo* må det tilsettes i fôret til fisken og faktorer som kjønn, alder, kjønnsmodning og vekst spiller inn på fargeintensiteten. For fisk som inneholder flerumettede fettsyrer (PUFA) og spesielt høyt umettet fett (HUFA) av omega-3 og omega-6, er muskelen svært utsatt for rask oksidering og graden av dette avhenger av fettets umettethet. Astaxanthin virker som en antioksidant og er vist å være 10 ganger sterkere enn andre karotenoider (Yagiz

et al. 2010), og økende rødfarge er vist i laks med økende EPA og DHA mengde (Waagbø et al. 1993, Ruyter et al. 2016).

Analyse av farge

Analyse av farge i laksemuskelen kan gjøres på flere måter. En subjektiv metode er ved bruk av «DSM Colour card», der et antall fargekort blir visuelt sammenlignet med fargen på muskelen. Fargespekteret har ulike fargescore og økende verdi gir økende rødfarge.

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. (Sigurgisladdottir et al. 1997).

Instrumentet Minolta er en objektiv fargeanalyse som analyserer fiskekjøttet etter verdier L^* (lyshet), a^* (rødhet/grønnhet), b^* (gulhet/blåhet) (Hagen 2008). En perfekt hvit vil ha verdier L^* av 100 og for svart en verdi L^* av 0. Denne metoden er basert på fargeteorien av Ewald Hering (1964), hvor han mente at det er tre par av fargekombinasjoner som lager alle farger: rød og grønn, gul og blå og hvit og svart. Verdiene Hue * viser fargevinkel mellom verdi a^* og b^* og chroma fargemetningen.

1.7. Tekstur

Tekstur er en viktig kvalitetsparameter i laks og et viktig sensorisk attributt for forbrukeren samt for prosessering av produktet (Haard 1992). Bare mennesket kan beskrive og avgjøre tekturen (Sigurgisladdottir et al. 1999). Definisjonen av tekstur kan avgjøres av egenskaper som hardhet, utseende, størrelse, fettinnhold, saftighet (Szczesniak 1963).

Tekstur er sterkt påvirket av en rekke faktorer. Diettinnhold, fôringregime, genetisk bakgrunn, sesong, alder, størrelse og art er noen faktorer (Mørkøre & Rørvik 2001, Bahuaud et al. 2010a, Espe et al. 2004, Hagen et al. 2007). Slakting, håndteringsmetoder og lagringstemperatur, samt *post mortem* reaksjoner som glykolyse/ fall i pH, sammentrekning av muskelen og fettinnhold viser seg og å spille inn på teksturkvaliteten (Dunajski 1980, Sigurgisladdottir et al. 1997, Haard 1992). Bindevevsmengden og muskelfiberstyrke viser å ha en betydning på teksturkvalitet (Hagen et al. 2007, Kiessling et al. 2006). Andersen et al. (1997) påviste at regnbueørret fôret med høy-fettdiett hadde bløtere tekstur en lav-fettdiett gruppen, mens Einen & Skrede (1998) fant ingen forskjeller i tekstur hos røyket laks fôret

med ulike fett-dietter. Robb et al. (2002) viste til resultater hvor økende fettinnhold også reduserer fasthet og ga en mer oljet smak på røyket laks.

Analyse av tekstur

Siden tekstur er et komplekst begrep som har en rekke fysiske egenskaper er det vanskelig å instrumentalt analysere den totale smaksopplevelsen av tekstur. Instrumentelle målere analyser spesifikke egenskaper som er av interesse for forbrukeren samt foredlingsindustrien (Mørkøre et al. 2003). Tekstur kan også måles med «fingermetoden», der en finger blir trykket på hel fisk eller filet for å avgjøre fastheten med å se på fingermerket som er igjen. (Sigurgisladottir et al. 1999). For de instrumentelle målingene brukes ulike teknikker med enten kompresjonstest, hvor en bestemt gjenstand går igjennom fisken og en graf vil vise bestemt kraft brukt, punkteringskraft hvor fisken punkteres og grafen vil vise hvor mye kraft blir utført eller skjærekrafttest der et knivblad vil skjære igjennom fisken og grafen vil gi informasjon om kraft brukt. Måleteknikkene gir informasjon i kraft slik som Newton og Newton per sekund, som gir informasjon om teksturstyrke, hardhet og elastisitet (Bourne 1978, Veland & Torrissen 1999, Torrissen et al. 2001).

1.8. Væsketap

Begrepet væsketap er relatert til vann og eventuelt fett som lekker ut av fisken. Det er en viktig faktor under produksjon av lakseprodukter fordi den påvirker ferskhets og saftigheten i produktet (Mørkøre 2002). Væsketap vil gi vekttap som er negativt for produsent og for forbrukeren er væsketap lite tiltrekkende (Lynum 2005).

Vannbindingsevnen blir påvirket av flere variabler som pH, saltinnhold, temperatur og *post mortem* endringer som påvirker strukturen i myofibrillene og bindevevet.

Mesteparten av vannet er lokalisert i myofibrillene, og proteinene som er tilstede her binder vannet til muskelen. Etter avlivning vil mengde væske endre seg i muskelen grunnet håndtering av fisken og endringer i muskelvevet (Huff-Lonergan & Lonergan 2005, Pearce et al. 2011). Muskel -pH har stor innvirkning på væsketapet og når *post mortem* inntreffer vil pH synke, noe som vil gjøre at muskelen mister vann. Proteolytisk nedbrytning *post mortem* kan bidra til at fiskemuskel mister evnen til å holde på væske og når *rigor mortis* inntreffer vil muskelfibrene trekke seg sammen og væske i muskelcellene vil bli presset ut. (Huff-Lonergan & Longergan 2005, Pearce et al. 2011).

Saltinnholdet i fiskemuskelen vil påvirke væsketap fordi vannet vil binde seg til salt-ionene og muskelen vil svulle og øke evnen til å holde på vannet. Den maksimale saltkonsentrasjonen for å oppnå svelling er 9%, og høyere saltmengde vil gi en reduksjon i evnen til å holde på vannet og væsketapet vil øke. (Duerr og Dyer 1952, Hamm 1986, Jittinandana et al. 2002). Ofstad et al. (1995) og Regenstein et al. (1984) påstår at lav saltkonsentrasjon på 1-2% vil forhindre væsketap i muskelen.

Temperaturbehandling av laksemuskel endrer muskelstrukturen, spesielt for røyket laks. En bedre vannbindingsevne er vist for røyketemperaturer mellom 5- 20°C. Ved temperaturer vil muskelen trolig miste mer vann (Ofstad et al. 1993).

Analyse av vannbindingsevne

Analyse av vannbindingsevnen utføres ved en å måle selve væsketapet. Dette kan gjøres ved å veie fisken før og etter lagring (Mørkøre et al. 2002), eller ved å måle væsketap etter sentrifugering (Eide et al. 1982).

2.0 Material og metode

2.1 Forsøksdesign

Den praktiske delen av studien ble utført av Gildeskål forskningsstasjon AS (GIFAS) på Inndyr i Gildeskål kommune Nordland, ved lokaliteten Langholmen. Forsøket startet 18 oktober 2017 og ble avsluttet 09 januar 2019. Laksen ble fôret 4 ulike dietter.

Kvalitetsanalysene ble utført hos Nofima Ås.

Atlantisk laks vårsmolt med snittvekt på 270 g ble fordelt i stålmerder på størrelsen 5x5x5 meter. 200 individer i hver merd. Totalt 12 merder.

Fisken ble gitt 4 ulike dietter i triplikat. Formuleringen av diettene var i samsvar med dagens kommersielle fôr med relativt lavt innhold av marint protein (basisfôr), men med fire ulike nivåer av fiskeolje som kilde til EPA og DHA i fôret. 1.04, 1.28, 1.61 og 3.54% EPA og DHA som andel i fôret og nivåene ligger både over og under kommersielt nivå på 2.2%.

Fisken ble fôret med fôr fra Biomar. Vedlegg tabell 7.3.1 viser fôrformuleringen som ble brukt fra 1kg til 2,5 kg og gir et bilde av laksefôret som ble brukt under hele forsøket, med visse endringer underveis (pers.med Trygve Sigholdt, Biomar). Fôrsammensetningen endret seg gradvis gjennom forsøket med 43% protein, 28% fett, 15% fiskemel ved start, til 33% protein, 38% fett, 5 % fiskemel på slutten av forsøket. Dette gjaldt også for EPA og DHA som var henholdsvis 3.85, 4.94, 6.05 og 10% av totale fettsyrer i fôret ved start, til 2.78, 3.62, 4.46 % og 9.63% på slutten av forsøk i henholdsvis diett gruppe 1.04, 1.28, 1.61 og 3.54. Pellet størrelsen varierte fra 3,5 mm ved start til 9 mm ved slutt (tabell 7.3.2).

I startfasen ble fisken appetittfôret flere ganger daglig med grundig oppfølging for å oppnå tilvenning til fôret og miljøet. Det ble beregnet 5-10 % overføring og fisken ble håndfôret av GIFAS personell.

GIFAS kontrollerte og registrerte fôringsintervaller, biomasse, død fisk, vannmiljø og prøveuttak. Det var naturlig lys ute i merdene under hele forsøket. Dødfisk håvene ble tømt daglig på sommeren og annenhver dag om vinteren. Sjøtemperaturen varierte fra 2.40C i mars til 13.70C i august.

2.2 Prøveuttak

Etter 16 mnd. med fôring på fire ulike EPA og DHA nivå ble fisken tatt ut til analyse 7-9 jan 2019. Laksen hadde da en snittvekt på 5 kg. Det ble tatt ut 15 fisk per merd til analyse, totalt 180 fisk. Forsøksuttak startet morgenen 07. januar og ble utført av personell av GIFAS, Nofima Ås og Nord universitet.

Fisken ble hentet opp fra merdene, bedøvet med slag til hodet for så å bli ID registrert. Hel vekt (± 1 g) og gaffel lengde (± 1 cm) ble registrert.

Etter registrering ble fisken bløgget, lagt i isvann i 20 minutter for avblødning. Etter sløyning ble kjønn registrert, nyrer fjernet og sløyd vekt registret. Deretter fisken ble vasket og lagt i isoporkasser med is og transportert til land med båt. Derifra ble fisken ble transportert fra Inndyr Gildeskål til Nofima Ås med biltransport.

Kvalitetsanalyser

Ved Nofima Ås ble laksen lagt direkte på kjøøl som holdt 0 til 2 grader Celcius i 4 dager til fisken var ute av rigor. Videre ble fisken maskinelt filetert og bukhinne og ribbein ble fjernet. Kvalitetsanalyser omfattet farge, tekstur og væsketap av rå fisk ble utført på venstre filet, både av hel filet og på kotelett (figur 2.1). Kotelett ble skjært ut med en standardisert tykkelse (2,5 cm) siden fiskestørrelsen varierte i de ulike diett gruppene. Totalt 45 fileter per gruppe. Ved å ta ut koteletter av samme tykkelse unngikk vi feilkilder på grunn av ulike filet tykkelser. Fra høyre filet ble det skjært ut en loin (ryggstykke) av hver fisk som ble saltet og røyket. Etter røyking ble det skjært ut en 2.5 cm tykk kotelett fra hver loin, og kvalitetsanalyser, farge, tekstur og vanntap og sensorisk panel ble utført på totalt 24 fisk per gruppe (figur 2.1).

2.3 Salting

Filetene ble tørrsaltet i 4-5 timer i et saltkar med skinnsiden ned med salt-sukker blanding med forholdet 2/3 salt og 1/3 sukker ved 80°C. Etter salting ble fisken vasket forsiktig med kaldt vann, tørket svært forsiktig med tørkepapir for unngåelse av vandrdåper, og deretter plassert på tørkestativ med skinnsiden ned for lufttørking til dagen etter (ca. 18 timer), i et mørkt kjølerom med temperatur 4°C.

To fisk ble fjernet på grunn av kjønnsmodning.

Etter 18 timer lufttørking var laksen klar for kaldrøyking.

2.4 Røyking av laksefilet

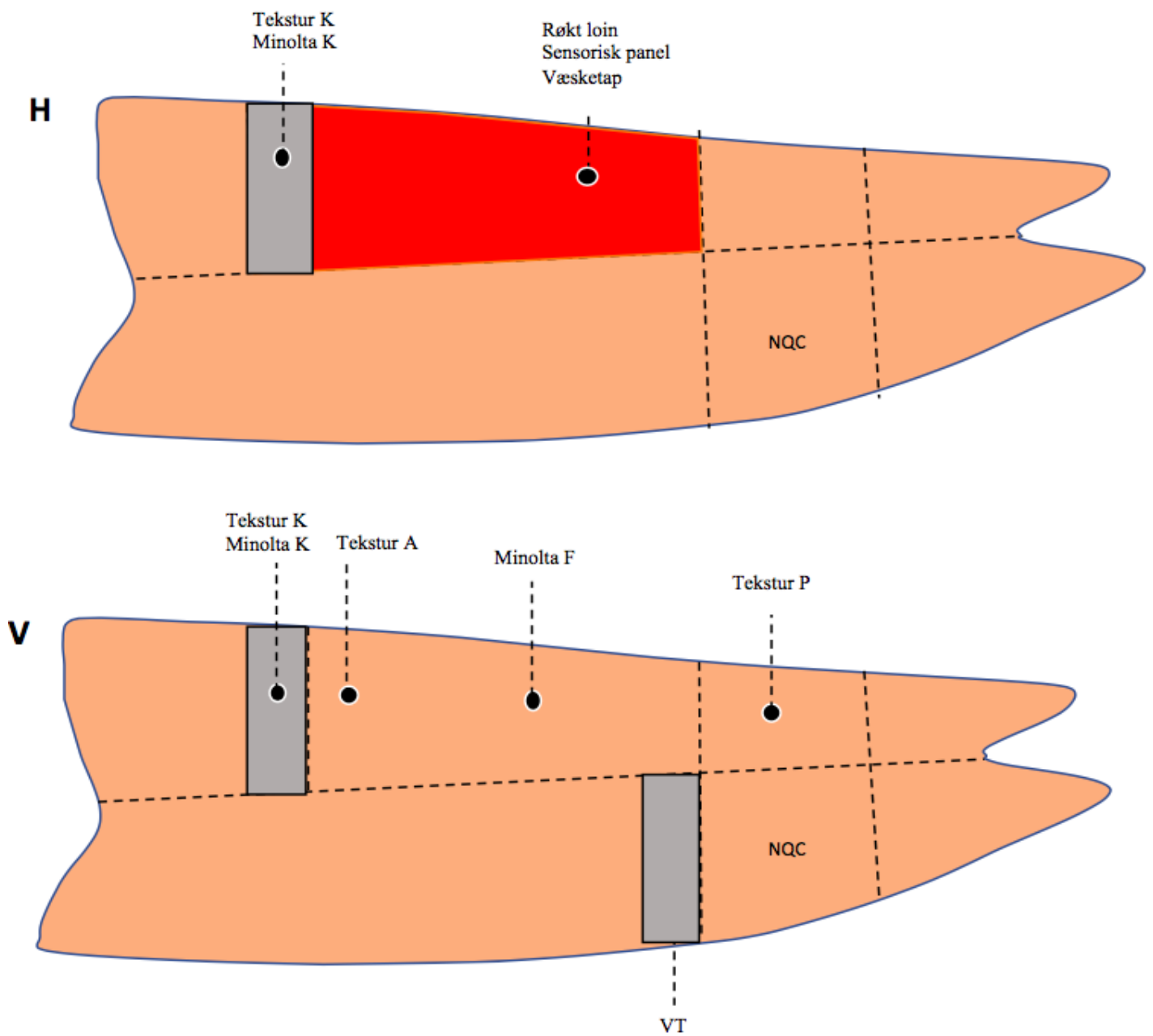
Ferdig saltet lakseloin (n=96) på 150-170 g. ble kaldrøkt i varmeskap Doleschal Unitronic SC 2000 med metode kald røyking på 25 °C med bruk av bøkeflis med intervaller røyk 10 min, røyksirkulering 20 min, utlufting 5 min, til sammen 3 timer i røykskap (tabell 2.2). Ferdig røyket laks ble nedkjølt før videre vakuumpakning for å fjerne oksygen og forlenge

holdbarheten. Vakuumpakket fisk ble videre pakket i isopor esker og sendt med fly til Nord Universitet Bodø. Der ble fisken oppbevart på -40°C frem til sensorisk analyse.

Tabell 2.2: Røykeprogram med forklaring av røykeprosess i varmeskap Doleschal Unitronic SC 2000, tidsrammer for de ulike prosessene samt grader (°).

Tørking	30 min	250 grader
Røyk 1	10 min	250 grader
Røyksirkulering	20 min	250 grader
Utlufting	5 min	
Røyk 1	10 min	250 grader
Røyksirkulering	20 min	250 grader
Utlufting	5 min	
Røyk 1	10 min	250 grader
Røyksirkulering	20 min	250 grader
Røyk 1	10 min	250 grader
Røyksirkulering	20 min	250 grader
Røyk 1	10 min	250 grader
Røyksirkulering	20 min	250 grader
Utlufting		

Oversikt målinger



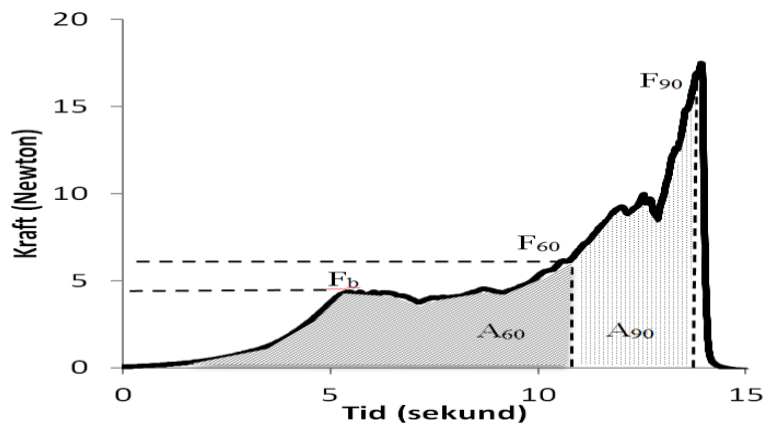
Figur 2.1: Figurene viser røkt laks høyere filet (H) der farge på kotelett (Minolta K) og tekstur kotelett (Tekstur K) ble utført- Røkt loin til sensorisk analyse og vanntap. Fersk venstre filet (V) viser fargemålinger i kotelett (Minolta K) og filet (Minolta F) og tekstur i kotelett (tekstur K) og teksturmålinger anterior og posterior filet (tekstur A, tekstur P) Væsketapet ble målt i VT. NQC viser Norsk kvalitets snitt.

2.5 Farge

Farge på fersk laks ble analysert med Minolta Chroma Meter CR-200 (Minolta, Osaka, Japan) på venstre filet under ryggfinnen og i anterior kotelett. Fargeanalyse av røyket laks ble gjort på kotelett under ryggfinnen fra høyre filet (Fig 2.1). Verdiene L^* beskriver lyshet, a^* rødhet ($a^* > 0$) og b^* gulhet ($b^* > 0$). Chroma* beskriver fargeintensiteten/ fargemetningen $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ og Hue* fargevinkel mellom a^* og b^* ($\tan^{-1}(b^*/a^*)$)

2.6 Tekstur

Tekstur ble analysert med Texture Analyser, TA-XT2 (stable Micro System Ltd, Surrey, UK). To målinger ble tatt direkte på fersk filet over lateral linja (dorsal), en måling anterior og en posterior, samt i kotelett. For røkt laks ble målingen tatt kun på kotelett (Fig.2.1). En sylinder med 12,5 mm i diameter ble presset 90 % ned i fiskekjøttet med en konstant hastighet (1mm/s). Kraften er uttrykt i Newton (N) og totalt arbeid er uttrykt i newton/ sekund. Bruddstyrken (F_b) måler kraft for å bryte igjennom første punkt i muskel, F_{60} og F_{90} er maksimal kraft på 60% og 90% av muskel. Totalarbeidet (A) måler den totale kraften på 90% og 60% av muskelen. F måler hardhet og A måler fasthet (Fig.2.2).



Figur 2.2: Kompresjonstest og punktering test med sammenheng mellom tid (sekunder) og kraft (newton, N). Punkt F_b viser at muskelfibrene brytes. Areal A_{60} og areal $A_{60} + A_{90}$ tilsvarende det totale arbeidet som brukes for å bryte igjennom 60% og 90% av vevstykkelsen (N/s) Punkt F_{60} og F_{90} viser kraften ved 60% eller 90 % av nedtrykk (N).

2.7 Væsketap

Fersk laks

En kotelett fra venstre laksefilet, posterior ventral (Fig 2.1) på størrelse 50 gram (± 1 g) uten skinn ble skjært ut, merket og lagt i individuelle poser i -40°C fryser 06. januar 2019 hos Nofima Ås. Prøvene ble tatt ut til tining 05. februar 2019 etter 29 dager på frys, tatt ut av posen for deretter å bli veid og væsketap utregnet (%).

$$\text{Væsketap (\%)} = \text{vekt før frysing} - \text{vekt etter frysing} / \text{vekt før frysing} \times 100$$

Røkt laks

Lakseloin fra høyre filetside (Fig 2.1) ble veid før røyking og etter røykeprosess. Tap ble registrert i prosent (%).

$$\text{Væsketap (\%)} = \text{vekt før røyk} - \text{vekt etter røyk} / \text{vekt før røyk} \times 100$$

2.8 Sensorisk analyse røykt laks

Sensorisk analyse av røkt laks ble utført ved Nord Universitet 04.-05. mars 2019.

94 røkte lakseloin på størrelse 150-170 gram fra de fire ulike diett grupper ble evaluert av et smakspanel på 66 deltagere.

Prøvene ble tatt ut av -40°C frys og lagt til opptining på 4°C i kjølerom natten over. Tinte lakseloin ble skjært i 1 cm tykke biter, der tre og tre biter fra samme gruppe ble lagt på runde plastfat. Alle dommere fikk smaksprøver fra alle 4 diettgrupper. For å sikre anonymitet ble hver diettgruppe tildelt to forskjellige tresifrete koder, og disse ble randomisert mellom 4 ulike dommergrupper. (tabell 2.3). Vann ble tilbudt til smakspanelet under analysen.

Smakspanelet var frivillige studenter og ansatte ved Nord Universitet Bodø, 31 kvinner og 35 menn i en alder 20-50 år (tabell 2.4). Panelet var utrent. Hver dommer ble servert smaksprøver fra alle fire forsøksgruppene samtidig, 3 biter fra hver gruppe, totalt 12 biter.

En rangeringstest test ble utført slik der fire ulike dommerark, (tabell 7.4.) ble utlevert etter orden og prøvene var rangert med ulike nummer og i ulik rekkefølge (Sensorisk smakspanel). Med det unngikk man muligheten for at dommere kunne sammenligne prøver imellom.

Dommerne rangerte etter poengsystem 1 (minst likt) til 5 (mest likt) og «minst preferert» og «mest preferert» prøve (Tabell 2.5). Prøvene skulle vurderes etter smak, saftighet, fasthet, lukt og farge. Kjønn, alder og inntak av fisk i uken ble og registrert (tabell 2.4).

Tabell 2.3: Rangeringstest av røyket laks, viser EPA og DHA diettgruppene og 3 siffer kodingen av smaksprøvene, samt hvilke koder som ble utgitt til dommere 1-4 (smakspanelet).

Diett gruppe	Kode	Dommere
Gruppe A (1.04)	211, 734	Dommer 1: 211,569, 361,12
Gruppe B (1.28)	569, 113	Dommer 2: 734, 113, 543, 589
Gruppe C (1.61)	543, 361	Dommer 3: 211, 113,543, 12
Gruppe D (3.54)	598, 12	Dommer 4: 734, 569, 361, 598

Tabell 2.4: Smakspanelets kjønn, alder og spist fisk per uke.

	Antall	Prosent (%)
<i>Kjønn</i>		
Kvinne	31	46.9
Mann	35	53.1
<i>Alder</i>		
20-25	17	25.7
26-35	25	37.9
36-50	13	19.7
>50	4	6,1
Ingen svar	7	10.6
<i>Fisk spist per uke</i>		
Ingen (0)	1	1.5
En gang i uka (1)	24	36.4
To ganger i uka (2)	26	39.4
Tre el. flere ganger i uka (3+)	15	22.7

Tabell 2.5: Poengsystem av sensorisk analyse av røyket laks.

Sensoriske parameter	Poengskala				
	1	2	3	4	5
Smak	Dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God
Saftighet	Dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God
Fasthet	Dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God
Lukt	Dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God
Farge	Dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God

2.8 Saltinnhold og kjemisk analyse

Saltinnhold ble analysert av Labora AS Bodø, etter UKAS akkreditert metode.

50 gram homogenisert røkt laks, med sampleprøver på 2 fisk fra hver gruppe av de fire ulike diettgruppene, ble fordøyd i 50% salpetersyre for å dekomponere organiske stoffer og fortynne til kjente volum. Analysen ble kvantifisert ved fler punkts kalibrering ved å bruke Thermo icap 7600 Duo. Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrometer (ICP-OES). Denne metoden er utviklet internt basert på Thermo Fisher- applikasjonsnotater.

Kjemisk analyse av vann, fett og aske i røkt laksemuskel ble analysert av samleprøver med 10 fisk per gruppe for alle diettgrupper, 3 paralleller av hver gruppe. Analysene ble utført på Nord Universitet Bodø

For analyse av vanninnhold ble 5 ± 0.5 g homogenisert laksemuskel veid og plassert i en aluminiumskopp. Prøvene ble tørket i et tørkeskap ved temperatur 105°C i 20 timer for videre å bli avkjølt i eksikator og veid. Vanninnholdet i prøvene ble beregnet med følgende formel:

$$\text{Vann (\%)} = (\text{våtvekt} - \text{tørrvekt}) / \text{våtvekt} * 100$$

Askeinnholdet ble beregnet ved at 5 ± 0.5 g homogenisert laksemuskel ble plassert i veide porselenskåler med lokk. Prøvene ble satt i en forbrenningsovn ved temperatur 540°C for 6 timer for å fjerne alt organisk materiale, og deretter avkjølt i eksikator og veid.

Askeinnholdet ble veid og kalkulert med formel:

$$\text{Aske (\%)} = (\text{askevekt} - (\text{sigel} + \text{lokk})) / \text{våt vekt} * 100$$

Fettinnholdet i laskemuskel ble beregnet ved at 10 ± 0.5 g homogenisert laksemuskel ble veid inn i en porselenskål deretter tilsatt 20 ± 0.5 g Natriumsulfat (Na_2SO_4).

Natriumsulfat binder væske, og fisk og natriumsulfat ble blandet sammen i en morter til en tørr masse for videre å bli overført til 100 ml glass sylindere. For å ekstrahere ut fettene ble 50 ± 0.1 ml etyl acetate tilsatt i hver prøve og prøvene ble deretter plassert i en ristemaskin for ekstrahering i 1 time.

Prøvene ble så filtrert gjennom et filter *Ashless* med diameter 150 mm, og 20 ml av filtrert væske ble overført til inndampningskåler ved bruk av 20 ml glasspipette. Prøvene ble så plassert på et varmeelement med temperatur 105 °C i 45-60 minutter for å dampe bort etylacetat slik at kun fett var igjen, og videre avkjølt i eksikator og veid. Fettinnhold ble kalkulert med formel:

$$\text{Fett innhold (\%)} = [10300 \times \text{fett innhold (g)}] / [40 - 2.17 \times \text{fett innhold (g)} \times \text{vekt på prøve(g)}]$$

Merk: 10300 er konstant og 40-2.17 er en kalibreringsfaktor.

2.9 Statistikk

Statistiske analyser ble gjort i SPSS statistics IBM SPSS Statistics 20, SPSS Inc. US).

To -veis ANOVA ble benyttet for å finne eventuelle effekter av diett og kjønn på de ulike kvalitetsparametere, slik som farge, tekstur og væsketap. Fiskens totale vekt ble satt inn som co-variant i modellen. Signifikansverdien ble satt $p < 0.05$.

I tillegg ble det beregnet regresjonskoeffisient mellom økende mengde EPA og DHA i foret og de ulike kvalitetsparametere; farge, tekstur og væsketap, og presenteres som R^2 – verdier.

For å sammenligne fersk og røkt laks med hensyn til tekstur og farge ble det kjørt GLM (general linear model) i SPSS statistics. Metoden er ofte brukt der man sammenligner samme individer over tid.

En-veis ANOVA brukt for å finne effekter av diettgruppen på kjemisk innhold av vann, aske og fett i laksemuskel. P verdien er satt til $p < 0.05$.

Friedmans test ble brukt for å detektere eventuelle signifikante forskjeller mellom gruppene fra Sensorisk analyse (Sensorisk studiegruppe, 1997, s147).

I figurer og tabeller presenteres dataene som gjennomsnittverdier \pm standardfeil (SE).

3.0 Resultater

3.1 Vekt og lengde

Tabell 3.1 viser hel vekt, sløyd vekt og lengde hos laks som ble tatt ut til analyse av kvalitetsparametere ved uttaket. Diettgruppe 3.54 var signifikant tyngre og lengre enn de andre gruppene.

Tabell 3.1: Gjennomsnitt \pm SE av hel vekt (kg), sløyd vekt (kg) og lengde (cm) av Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %). Effekt av diett vises som p-verdi.

	1.04	1.28	1.61	3.54	p-verdi diett
Hel vekt, kg	5.35 \pm 1.46	5.22 \pm 1.33	5.26 \pm 1.24	5.88 \pm 1.32	.004
Sløyd vekt, kg	4.47 \pm 1.19	4.40 \pm 1.15	4.45 \pm 1.06	4.97 \pm 1.06	.003
Lengde, cm	70.5 \pm 0.62	70.4 \pm 0.59	70.4 \pm 0.58	73.1 \pm 0.63	.001

3.2 Farge

Det var ingen forskjell i lyshet mellom de 4 gruppene analysert med toveis-ANOVA, med vekt som cofaktor (Fig 3.2.1, tabell 3.2.1), hverken i fersk eller røkt laks. Det var likevel en signifikant positiv sammenheng mellom økende mengde EPA og DHA og lyshet i røkt laks ($R_2=0.81$ røkt laks).

Røkt laks var signifikant mørkere enn fersk laks i alle diettgruppene.

For a^* (rødhet) verdiene viste resultatene en signifikant sammenheng mellom rødfarge og økende mengde EPA og DHA i diett for fersk laks og røkt laks mellom den høyeste gruppen (figur 3.2.2). Fargen øker signifikant fra 1.61 gruppen til 3.54 gruppen. Dette avspeiles også i regresjonskoeffisienten som viser signifikant positiv sammenheng mellom økende EPA og DHA i diett og a^* -verdi i fersk kotelett ($R_2=0.88$) og røkt kotelett ($R_2=0.83$). Fersk laks hadde signifikant høyere a^* -verdi (rødhet) enn røkt laks, innen samme diettgruppe.

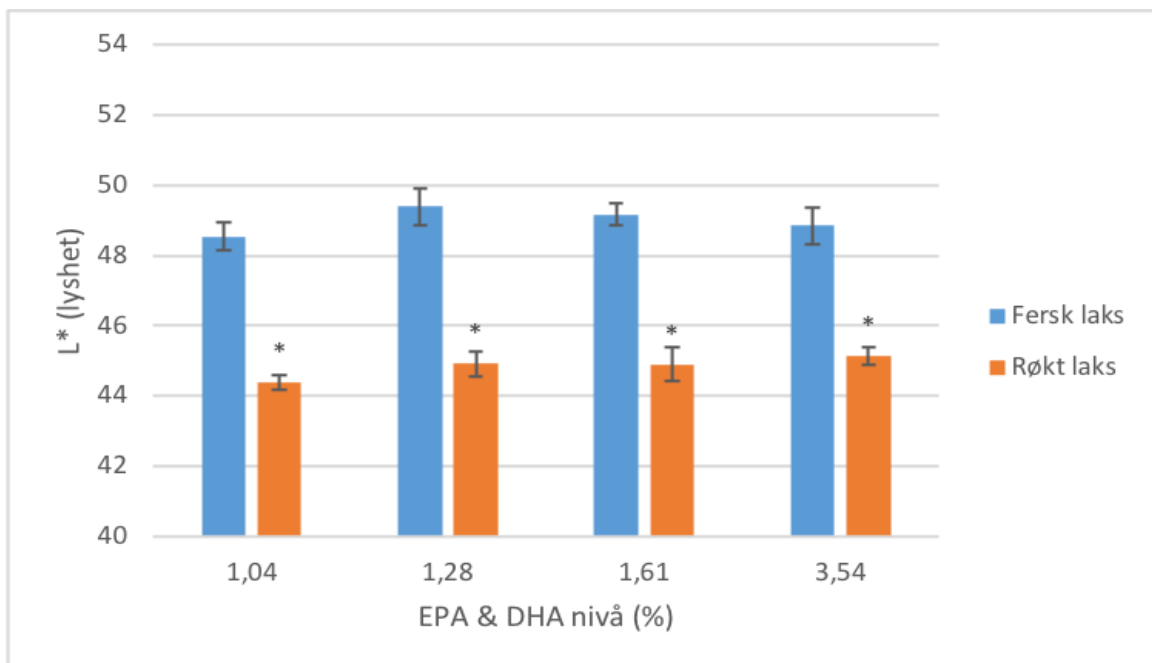
For b^* (gulhet) viser resultatene sammenheng mellom gulfarge og økende EPA og DHA mengde i diett for fersk og røkt laks, der fargeintensiteten øker fra 1.61 til 3.54 gruppen (Fig. 3.2.3). Regresjonskoeffisienten bekrefter også sammenheng mellom økende EPA og DHA i diett for b^* -verdi (gulhet) i fersk laks kotelett ($R_2= 0.74$) og røkt laks kotelett ($R_2=0.81$).

For chroma (fargeintensiteten) er det signifikant sammenheng mellom fargeintensiteten og økende mengde EPA og DHA i diett for fersk laks og røkt laks. Her bekrefter også

regresjonskoeffisienten det hvor fersk laks kotelett ($R^2=0.84$) og røkt laks kotelett ($R^2=0.72$) (tabell 3.2.1).

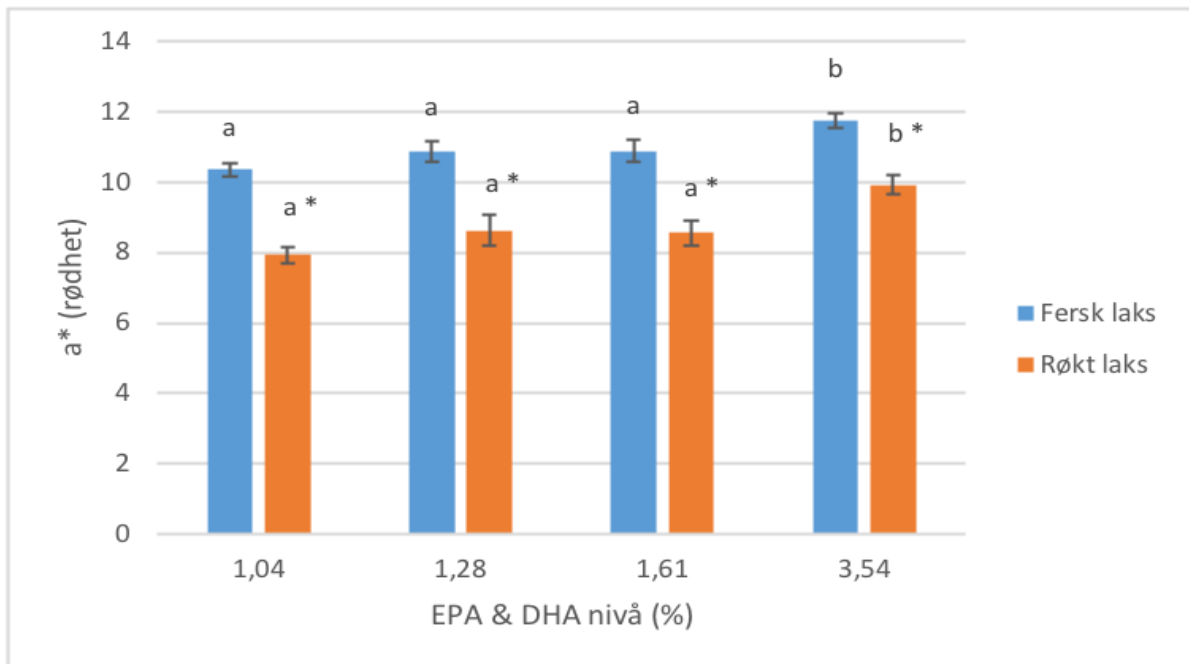
Hue* (fargevinklingen) viser signifikant sammenheng mellom fargevinklingen og økende EPA og DHA i fersk laks kotelett, med regresjonskoeffisient $R^2=150$. Derimot var det ingen sammenheng i fargevinkling og økende EPA og DHA for røkt laks kotelett (Tabell. 3.2).

Det er en sammenheng mellom kjønn og rødhet der hannkjønn er rødest (gjennomsnitt 11.20 ± 1.2).



Figur 3.2.1: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av Minolta L*(lyshet) i fersk og røkt kotelett av Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %).

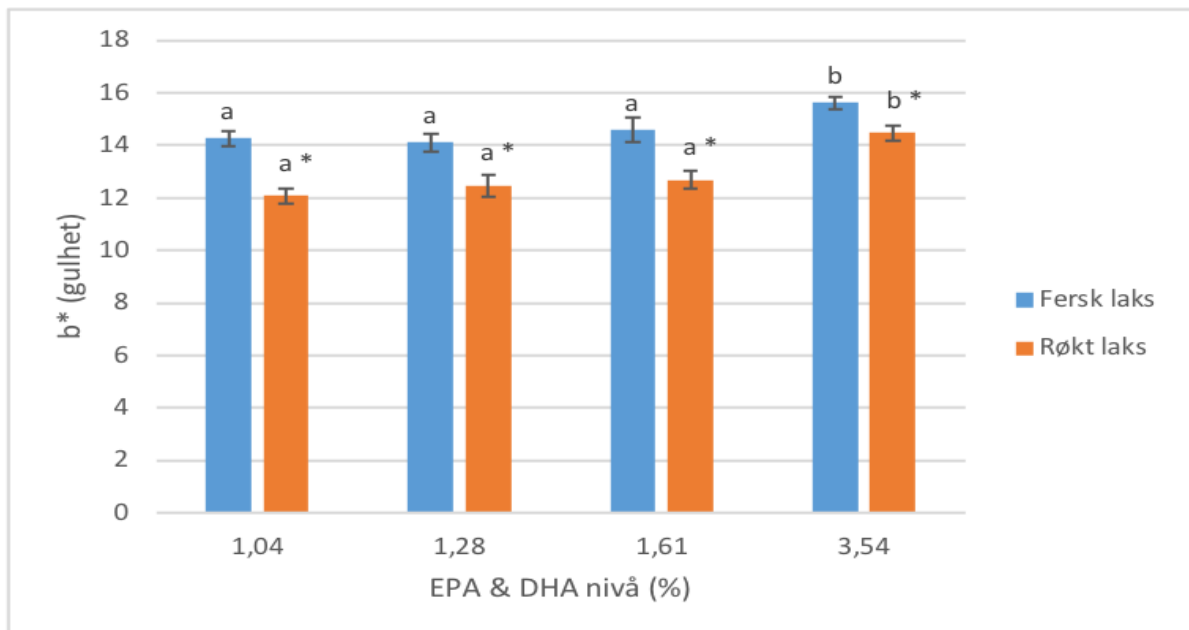
*Indikerer signifikante forskjeller mellom fersk og røkt laks innenfor samme diettgruppe.



Figur 3.2.2: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av Minolta a*(rødhet) i fersk og røkt kotelett av Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %).

Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ($p < 0.05$).

* Indikerer signifikante forskjeller mellom fersk og røkt laks innenfor samme diettgruppe.



Figur 3.2.3: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av Minolta b*(gulhet) i fersk og røkt kotelett av Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %).

Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ($p < 0.05$).

* Indikerer signifikante forskjeller mellom fersk og røkt laks innenfor samme diettgruppe.

Tabell 3.2: Gjennomsnitt \pm SE og gjennomsnitt regresjon (R_2) av Minolta i Atlantisk laks filet og kotelett gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %). To-veis Anova med diett og kjønn som avhengig variabel og hel vekt som co-variens av fersk filet, fersk kotelett og røkt kotelett. Verdiene viser L* (lyshet), a* (rødhet), b* (gulhet), hue (fargetone, b*/a*), chroma (fargemetning).

	1.04	1.28	1.61	3.54	R₂	p-verdi Diett	p-verdi Hel vekt	p-verdi Kjønn
Minolta L* fersk filet	51 \pm 0.3	50.9 \pm 0.5	50.3 \pm 0.5	49.9 \pm 0.5	.935	n.s	n.s	n.s
Minolta a* fersk filet	9.3 \pm 0.2	9.9 \pm 0.1	10.1 \pm 0.2	11.4 \pm 0.3	.892	.000	n.s	.001
Minolta b* fersk filet	12.9 \pm 0.4	13.5 \pm 0.1	13.4 \pm 0.2	15.1 \pm 0.4	.790	.005	n.s	n.s
Minolta hue* fersk filet	54 \pm 0.3	52.7 \pm 0.4	53 \pm 0.3	52.0 \pm 0.4	.464	n.s	n.s	n.s
Minolta chroma* fersk filet	15.9 \pm 0.5	16.4 \pm 0.2	16.8 \pm 0.3	19 \pm 0.5	.840	.001	n.s	.004
Minolta L* fersk kotelett	48.5 \pm 0.4*	49.4 \pm 0.5*	47.1 \pm 0.3*	48.7 \pm 0.5*	.059	n.s	n.s	n.s
Minolta a* fersk kotelett	10.3 \pm 0.1*	10.8 \pm 0.2*	10.9 \pm 0.3*	11.7 \pm 0.2*	.881	.003	n.s	n.s
Minolta b* fersk kotelett	14.2 \pm 0.2*	14.1 \pm 0.3*	14.5 \pm 0.3*	15.6 \pm 0.2*	.748	.005	n.s	n.s
Minolta hue* fersk kotelett	53.9 \pm 0.2*	52.4 \pm 0.3*	53.3 \pm 0.2*	53.0 \pm 0.4*	.150	.005	n.s	n.s
Minolta chroma* fersk laks	17.6 \pm 0.3*	17.8 \pm 0.4*	18.2 \pm 0.4*	19.5 \pm 0.3*	.840	.004	n.s	n.s
Minolta L* røkt laks kotelett	44.3 \pm 0.1*	44.9 \pm 0.3*	44.9 \pm 0.4*	45.9 \pm 0.2*	.818	n.s	n.s	n.s
Minolta a* røkt laks kotelett	7.9 \pm 0.2*	8.6 \pm 0.4*	8.5 \pm 0.3*	9.9 \pm 0.2*	.829	.000	n.s	.005
Minolta b* røkt laks kotelett	12 \pm 0.2*	12.4 \pm 0.4*	12.6 \pm 0.3*	14.4 \pm 0.2*	.808	.000	n.s	n.s
Minolta hue* røkt laks kotelett	56.7 \pm 0.6*	55.7 \pm 0.8*	55.3 \pm 0.6*	55.6 \pm 0.5*	.630	n.s	n.s	.000
Minolta chroma* røkt laks kotelett	14.4 \pm 0.3*	15.2 \pm 0.5*	14.9 \pm 0.4*	17.5 \pm 0.3*	.725	.000	n.s	n.s

*Indikerer signifikant forskjell mellom fersk og røkt laks

n.s: ingen signifikans.

3.3 *Tekstur*

Det ble ikke funnet sammenheng mellom økende mengde EPA og DHA i fôret og tekstur for fersk laks anterior og posterior mellom de ulike diettgruppene. (Fig. 3.3.1).

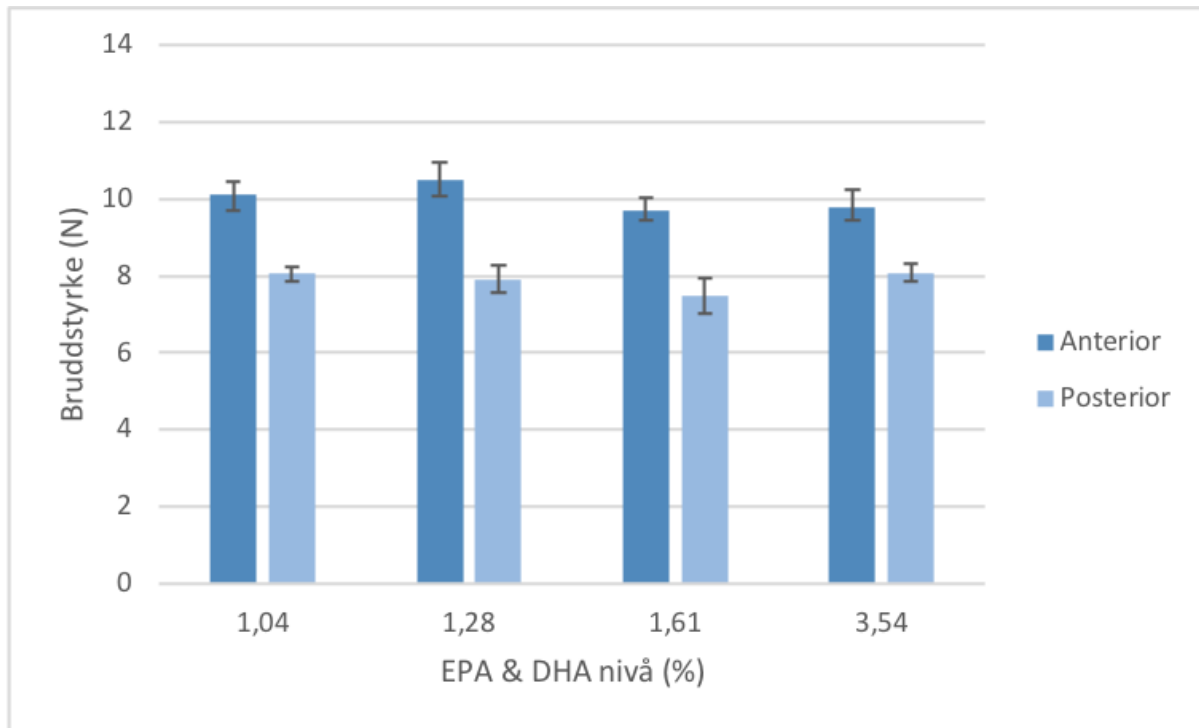
De lave regresjonskoeffisientene bekrefter også det ($R_2=0.40$ anterior og $R_2=0.20$ posterior). Det ble heller ikke funnet sammenheng mellom økende EPA og DHA og tekstur i de ulike diettgruppene for fersk og røkt laks, for Fb, F60 og A90 (Tabell 3.3).

Det var signifikante forskjeller mellom fersk laks og røkt laks innen samme diettgruppe for 1.61 og 3.54 gruppen, der fersk laks var mykere (lavere Fb) enn røkt laks (Fig. 3.3.2).

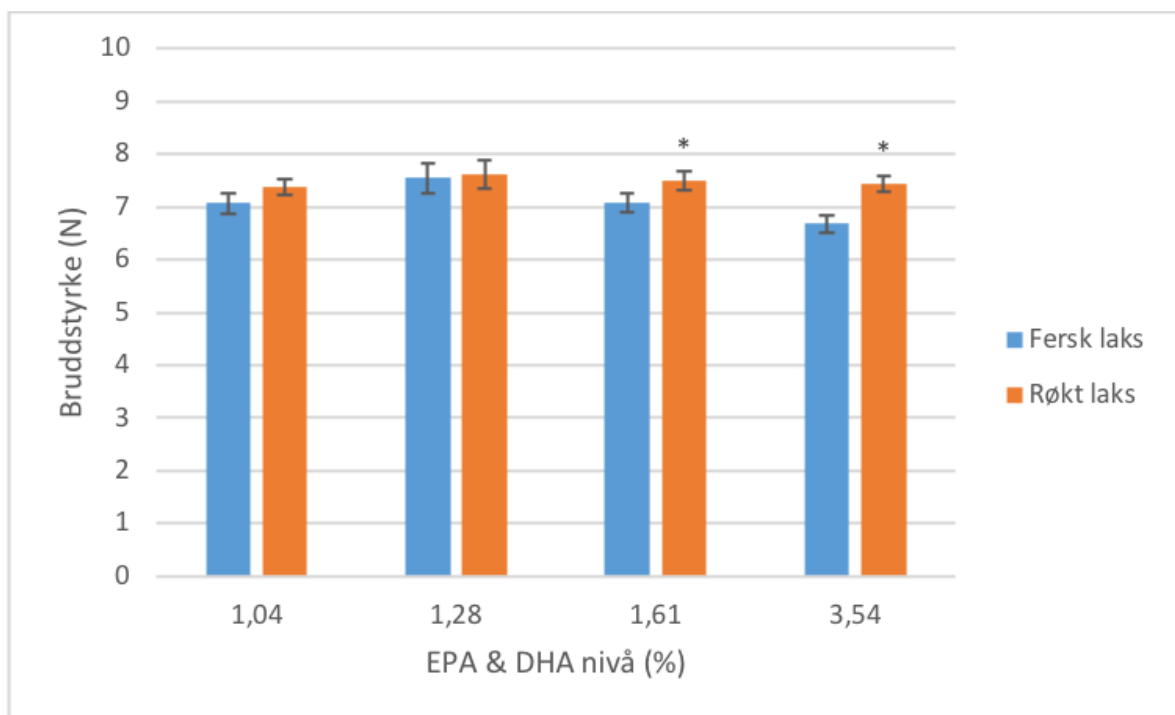
Filetthet mellom diettgruppene ble målt og det var ingen sammenheng mellom økende EPA og DHA og filetthet i fersk og røkt laks. Røkte fileter var tynnere enn ferske fileter inne samme diettgruppe. (Tabell 3.3).

Filetthet fersk laks anterior og posterior viste sammenheng med vekt og kjønn, der hankjønn var tykkere i anterior og hunnkjønn tykkere i posterior (tabell 3.3).

Gjennomsnitt hankjønn (A: 36.8 ± 6.2 mm, P: 30.8 ± 3.1 mm). Gjennomsnitt hankjønn (A: 37.0 ± 1.8 mm, P: 29.3 ± 2.6 mm).



Figur 3.3.1: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av tekstur i første bryte punkt i muskel (Fb) med kraft (N) i anterior og posterior fersk Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45%).



Figur 3.3.2: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av tekstur i første bryte punkt i muskel (Fb) med kraft (N) fersk og røkt Atlantisk laks kotelett gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %).

*Indikerer signifikante forskjeller mellom fersk og røkt laks innenfor samme diettgruppe.

Tabell 3.3: Gjennomsnitt ± SE gjennomsnitt regresjon (R₂) av tekstur målt hvor punkt Fb viser at muskelfibrene brytes. Areal A90 tilsvarende totale arbeidet som brukes for å bryte igjennom 90% av vevstykkelsen (N/s) Punkt F60 og F90 viser kraften ved 60% eller 90 % av nedtrykk (N). i fersk filet, samt i fersk og røkt kotelett, og tykkelse av anterior og posterior filet (mm) i Atlantisk laks gitt 4 ulike mengder EPA og DHA i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %). Effekt av diett, hel vekt og kjønn på hver enkelt parameter (vekt som co-varians, toveis-ANOVA) er vist som p-verdier.

	1.04	1.28	1.61	3.54	R₂	p-verdi Diett	p-verdi Hel vekt	p-verdi Kjønn
Fersk laks anterior Fb	10.1±0.3	10.4±0.4	9.7±0.3	9.8±0.4	.403	n.s	n.s	n.s
Fersk laks anterior A90	228±4.9	238±6.2	224.1±5.5	230.8±6.1	.014	n.s	.001	n.s
Fersk laks posterior Fb	8.05±0.41	7.9±0.3	7.4±0.2	8.0±0.3	.020	n.s	n.s	n.s
Fersk laks posterior A90	270.6±6.2	264±6.1	261.7±5.6	265.6±5.5	.358	n.s	.000	n.s
Tykkelse fersk laks anterior	36.9±0.4	36.6±0.5	36.6±0.4	37.9±0.4	.431	n.s	.000	.017
Tykkelse fersk laks posterior	30.0±0.3	30.3±0.2	29.6±0.3	31±0.3	.242	n.s	.000	.000
Fersk laks Fb	7.0±0.2	7.5±0.2	7.0±0.1*	6.6±0.1*	.349	n.s	n.s	n.s
Fersk laks F60	6.3±0.2*	6.3±0.2*	6.2±0.2*	6.0±0.1*	.699	n.s	n.s	n.s
Fersk laks A90	95.9±4.0	98.3±3.8	95.7±2.7*	84.7±2.3*	.097	n.s	n.s	n.s
Fersk laks tykkelse kotelett	28.8±0.7*	29.3±0.6*	29.9±0.6*	27.5±0.5*	.187	n.s	n.s	n.s
Røyka laks Fb	7.3 ± 0.1	7.6± 0.2	7.4± 0.1*	7.4 ± 0.1*	.096	n.s	n.s	n.s
Røkt laks F60	7.0±0.14*	7.2±0.28*	7.15±0.16*	7.04±0.15*	.009	n.s	n.s	n.s
Røkt laks A90	104.7±2.0	107.3±3.7	105.2±2.8*	102.5±2.3*	.326	n.s	n.s	n.s
Røkt laks tykkelse kotelett	24.7±0.1*	24.8±0.2*	24.8± 0.2*	24.5 ± 0.2*	.406	n.s	n.s	n.s

*Indikerer signifikante forskjeller mellom fersk og røkt laks innenfor samme diettgruppe

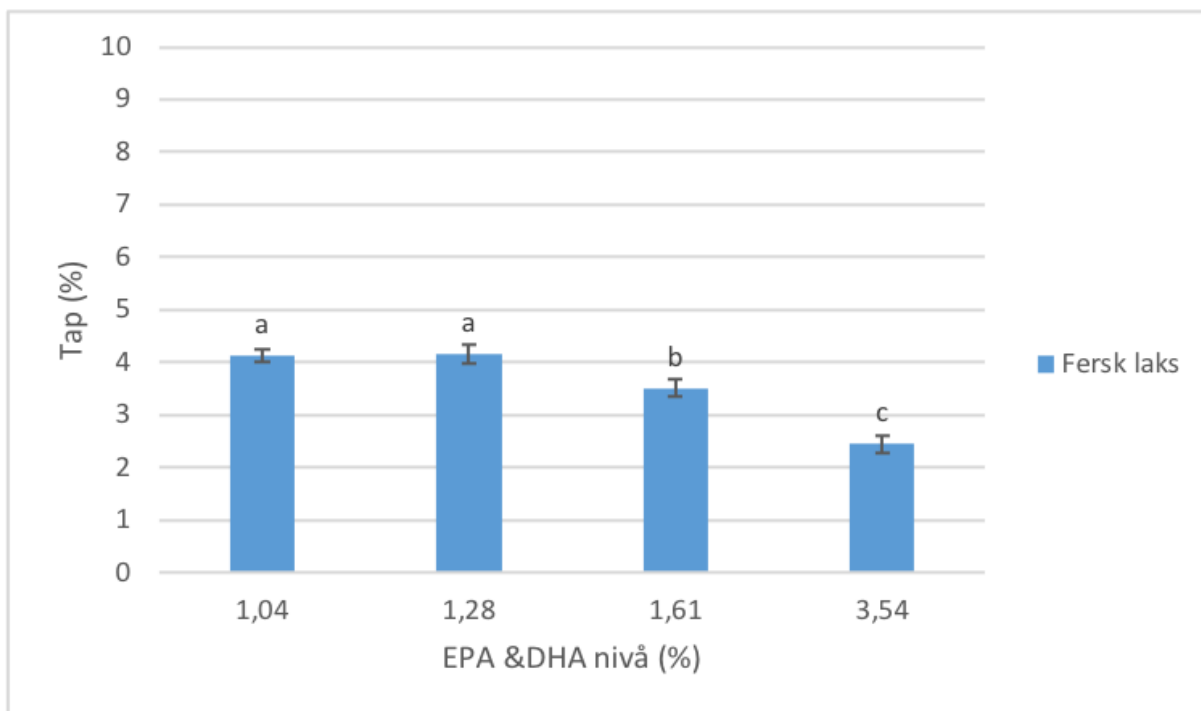
n.s: ingen signifikans

3.4 Væsketap

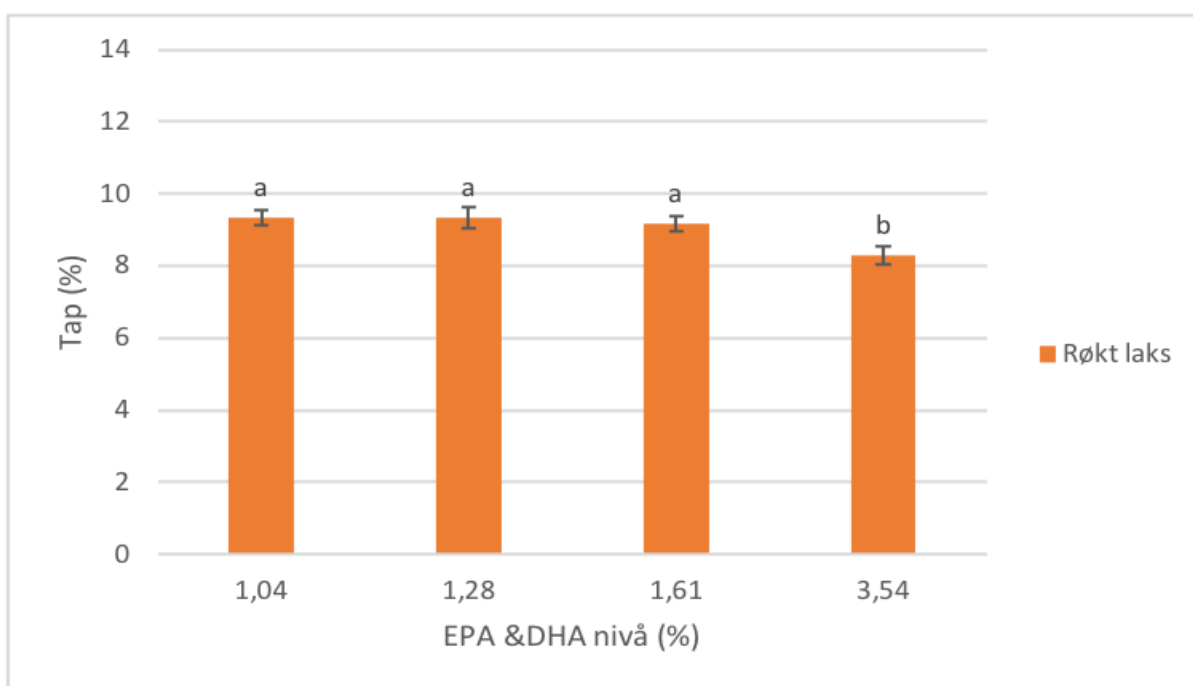
Figurene 3.4.1 og 3.4.2 viser gjennomsnittlig væsketap i fersk laks etter frysing og i røkt laks gjennom røykeprosessen. Væsketapet etter frysing og tining varierte mellom 2-4% for fersk laks, og var høyest i 1.28 gruppen med 4.17 % og lavest i 3.54 gruppen med 2.45 %. 1.28 gruppen hadde 41% høyere væsketap enn 3.54 gruppen.

Væsketapet for røkt laks etter røykeprosessen varierte mellom 8-9% og var høyest i 1.28 gruppen med 9.33% og lavest i 3.54 gruppen med 8.29 %. 1.28 gruppen hadde 11% høyere væsketap enn 3.54 gruppen.

Væsketapet sank signifikant med økende mengde med EPA og DHA, både etter frysing og etter røyking, hvor gruppen 3.45 viser lavest væsketap (%) for både fersk frossen og røkt laks. Dette avspeiles også i regresjonskoeffisienten som viser signifikant positiv sammenheng mellom økende EPA og DHA i diett og væsketap i fersk ($R_2= 0.84$) og røkt laks ($R_2=0.71$).



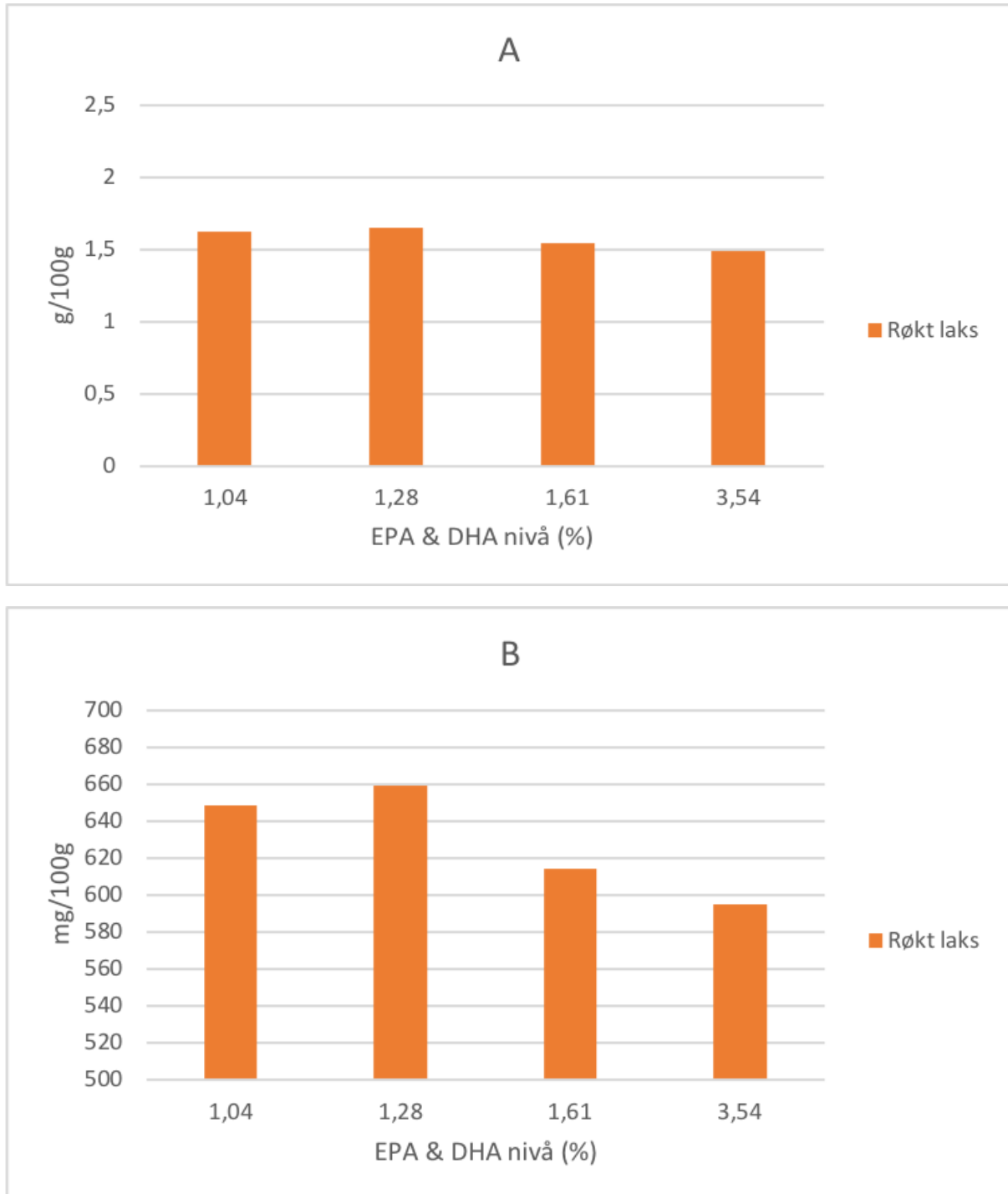
Figur 3.4.1: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av væsketap (%) i fersk Atlantisk laks etter frysing i 29 dager, gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45%) Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ($p < 0.05$).



Figur 3.4.2: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av væsketap (%) i røkt Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45%) Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene ($p < 0.05$).

3.5 Saltinnhold

Saltinnholdet i røkt laks varierte mellom 1.5 og 1.65 %, og var høyest i diettgruppen 1.28 og lavest i 3.54 (Fig 3.5).



Figur 3.5: Gjennomsnittlig verdier av A) saltinnhold (g/100g) og B) natriuminnhold (mg/100g) i røkt Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45%).

3.6 Kjemisk innhold

Kjemisk innhold ble målt i samleprøver. Det var ingen signifikant forskjell i vanninnholdet gruppene som lå mellom 58-59%. Askeinnholdet var signifikant forskjellig hvor gruppe 1.04 var signifikant forskjellig fra de 3 andre diettgruppene. Fettinnholdet varierte fra lavest i 1.04 gruppen med 17% og høyest i 1.28 gruppen med 23.3% denne forskjellen var ikke signifikant. (Tabell 3.6)

Tabell 3.6: Gjennomsnitt \pm SE og gjennomsnitt regresjon (R_2) i Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %). En-veis anova av røyk laks med kjemiske parameter som vann, aske og fett.

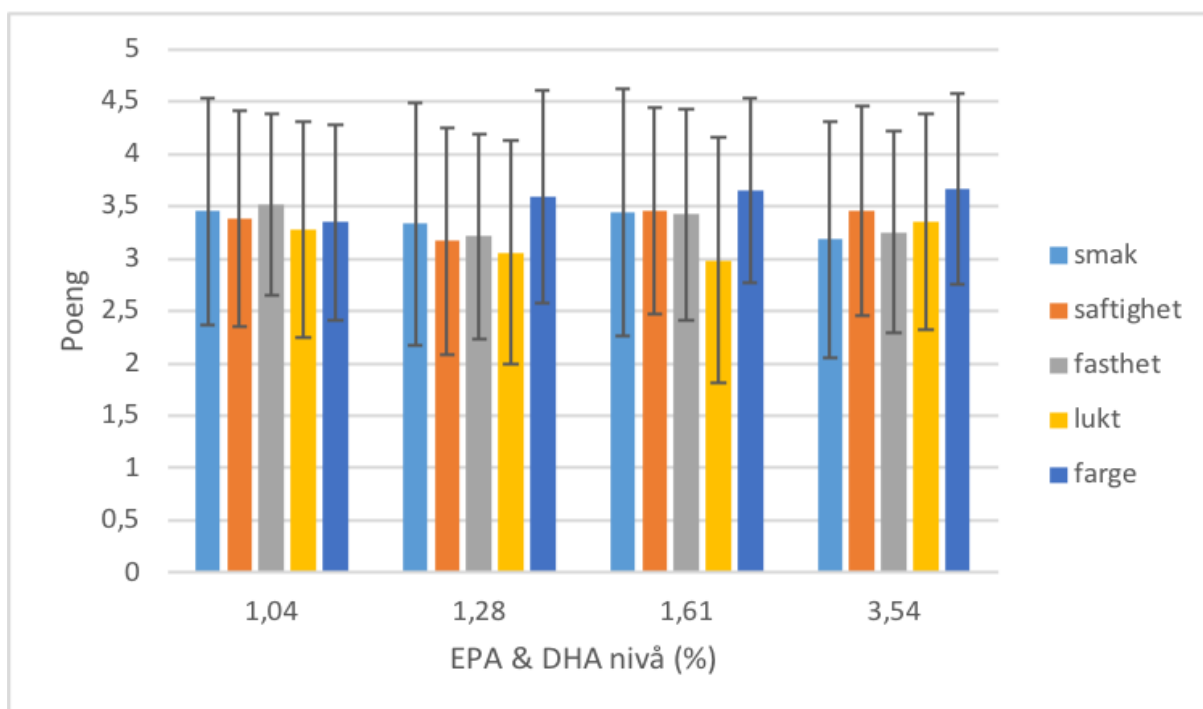
	1.04	1.28	1.61	3.54	R₂	p-verdi
Vann	59.4 \pm 0.8 _a	59.1 \pm 0.8 _a	58.3 \pm 1.1 _b	58.3 \pm 0.5 _b	0.855	n.s
Aske	2.5 \pm 0.2 _b	2.2 \pm 0.0 _a	2.2 \pm 0.2 _a	2.0 \pm 0.1 _a	0.894	.010
Fett	17 \pm 1.3 _a	23.3 \pm 1.4 _b	22.3 \pm 2.0 _c	21.6 \pm 4.8 _c	0.347	n.s

3.7 Sensorisk analyse

Resultatene viste ingen signifikante forskjeller i hverken smak, saftighet, fasthet, lukt eller farge utført med sensorisk analyse på røkt Atlantisk laks. (figur 3.7)

Regresjonskoeffisientene viste heller ingen sammenheng mellom sensorisk og økende mengde EPA og DHA i foret. $R_2=0.53$ for smak, $R_2=0.23$ for saftighet, $R_2=0.27$ for fasthet, $R_2 =0.01$ for lukt, $R_2=0.78$ for farge.

Tabell 3.7 viste at den høyeste EPA og DHA gruppen (3.54) var minst likt av panelet.



Figur 3.7: Gjennomsnittlig \pm SE verdier av smak, saftighet, fasthet, lukt og farge med score fra 1-5, der 1 er minst likt og 5 er mest like, i røkt Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45%).

Tabell 3.7: Viser antall dommere med mest likt, minst likt og ingen preferanse i Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %)

	1.04	1.28	1.61	3.54
Mest likt	14	14	19	14
Minst likt	13	12	9	23
Ingen preferanse				8

4.0 Diskusjon

Diskusjonen vil ta for seg kjemisk analyse, farge, tekstur og væsketap. Resultater fra sensorisk analyse vil bli diskutert sammen med tekstur og farge.

4.1 Farge

Farge er avgjørende for valg av produkt og er en sensorisk evaluering av utseende til laksefisk (Alfnes et al. 2006, Hagen 2008, Ólafsdóttir et al. 1997, Rasmussen 2001). Farge i laksefileter gjenspeiler tilsatt pigment og fettinnhold i fisken kan også påvirke fargeoppfatningen (Einen & Roem, 1997, Bjerkeng et al. 1997,1999ab;). Rødfargen i oppdrettslaks kommer fra det fettløselige pigmentet astaxanthin som blir tatt opp i tarmcellene. EPA og DHA i diett har vist å forbedre farge i laksefisk (Waagbø et al. 1993, Ruyter et al. 2016).

Økte verdier for a^* (rødhet), b^* (gulhet) og chroma (fargemetning) med økende EPA og DHA nivå i vårt forsøk samsvarer med Waagbø et al. (1993) som kunne vise til økende rødfarge med økende mengde n-3 fettsyrer i fôret. Likeledes observert Ruyter et al. (2016) bedre farge i laks med økende fôrnivåer av EPA og DHA, fra 0.2% til 1.7%.

Som tidligere nevnt kan farge i laksefileter påvirkes av fettinnhold i fisken, og det er vist en sammenheng mellom rødfarge i laks og regnbueørret med økende fettmengde i diett (Bjerkeng et al. 1997, Sigurgisladotti 1997, Torrissen et al., 1990, Chobert et al, 1991, Jensen et al. 1998, Einen et al. 1997). Laks fôret med delvis ertatning av fiskemel med soyamel i diett med medium fett (32%) og høyt fett (39%) viste at diett med høyt fettinnhold ga økning i a^* verdien (rødhet) i muskel. (Bjerkeng et al. 1997). I vårt forsøk var det ingen forskjell i fettinnholdet mellom diettene, og forskjeller i rødfarge må skyldes ulike mengder DHA og EPA, og ikke selve fettinnholdet i diett i vårt forsøk.

Det ble vist til varierende fiskestørrelse mellom gruppene i vårt forsøk. Gruppen med høyest EPA og DHA mengde i fôret var den største fisken, men ikke den gruppen med høyest fettinnhold i fileten. Likeså viste denne gruppen høyeste a^* (rødhet) verdier. Det indikerer at økende EPA og DHA nivå er årsaken til rødere farge, ikke høyere fettinnhold. Studier av Ruyter et al. (2016) viste samme resultater, der fisk fôret med lave nivå av EPA og DHA hadde en lavere farge, og ingen signifikant sammenheng med kroppsvekt.

En trend er at røkt laks har svakere rødfarge (lavere verdier av a^*) og er mørkere (lavere verdier av L^*), men har sterkere gulfarge (høyere verdier av b^*) enn fersk laks (Rørå et al. 1998, Cardinal et al. 2001, Birkeland et al. 2004a). Våre resultater viste en nedgang i rødfarge, a^* og lyshet, L^* , målt med Minolta etter røyking. Det samsvarer med Birkeland et al. (2004) sine resultater der røkt laks var mørkere og hadde svakere rødfarge enn fersk laks.

Lavere a^* verdier (rødhet) i røkt laks sammenlignet med fersk laks vil ikke automatisk si at fisken ikke er rød i farge. Videreforedlet produkter som røkt laks endrer fargeintensitet, og farge er påvirket av strukturelle endringer og vanninnhold som gir en oppfattelse av mørkere farge (Bjørnevik et al. 2018). I kombinasjon med lavere L^* verdier kan man visuelt oppfatte fisken som rødere, selv om a^* verdien ikke er høyere i røkt laks. Tørresalting av laks reduserer harskning av fett sammenlignet med usaltet laks, og forårsaker endringer i overflatefargen (Birkeland et al. 2005).

Det er tidligere vist økende fargepoeng målt i filet av laks fôret med økende mengde n-3 i dietten fra 1.9 < 3.5 < 6.0 g/100g, med henholdsvis soyaolje, loddeolje og sardinolje som oljekilder (Waagbø et al. 1993).

Sensorisk analyse har tidligere vist økende fargepoeng med økende EPA og DHA i laks (Regost et al. 2014). Også økende mengde n-3 i dietten fra 1.9 < 3.5 < 6.0 g/100g, med henholdsvis soyaolje, loddeolje og sardinolje som oljekilder ga økt fargepoeng i filet målt med sensorisk panel (Waagbø et al. 1993). Dette samsvarer med våre resultater med sensorisk panel som viste en antydning til at dommerpanelet oppfattet fisken med høy EPA og DHA som røder, men forskjellen var ikke statistisk signifikant. Årsaken til manglende signifikans er at det var utrent panel som utførte analysen, og trent panel sannsynligvis ville fanget opp fargeforskjeller.

4.3 Tekstur

Tekstur er et kompleks begrep og påvirkes av egenskaper i muskel (Mørkøre et al. 2003) og samspillet mellom fettinnhold, farge, fasthet, vanninnhold og saltinnhold. Salt og væske vil gi endringer i tekturen for røkt laks (Sigurgisladóttir et al. 2000b, Sigurgisladóttir et al. 2001, Cardinal et al. 2001; Mørkøre et al. 2001ab). Ifølge Sigurgisladóttir et al. (1997) er det kun mennesker som kan evaluere den totale teksturopplevelsen mens instrumentelle analyser vil ikke gi et helhetlig bilde. Mørkøre (2009) viser til instrumentelle målinger med bruddstyrke mellom 8-11 Newton er en god fast tekstur og under 6 Newton er en bløt tekstur. Målingene i dette forsøkte lå mellom 8-10 Newton i fersk og 7 Newton i røkt.

Ingen endringer i tekstur med økende EPA og DHA nivå ble vist i vårt studie, noe som samsvarer med Bahuaud et al. (2009), der ingen teksturendringer i laks fôret med 100% fiskeolje og 100% rapsolje ble vist. Resultatene til Bahuaud et al. (2009) viste at endringene i tekturen ikke skyldtes de marine fettsyrene i seg selv, men flere sammenhengende kombinasjoner.

Litteraturen viser til ulike resultater til fettinnhold og teksturkvalitet. Dunajski (1980), Hatae et al., (1990) og Andersen et al., (1997) rapportere om bløtere tekstur i laks med økende fettinnhold i fileten. Bjørnevik (2003) fant ingen sammenheng mellom tekstur og fettinnhold for laks med vekt som covariat, noe som samspiller med våre resultater.

Fettinnholdet varierer i laksefileten og avtar langs anterior til posterior del (Bremner 1992). Sigurgisladóttir et al. (1999) og Casas et al. (2006) viste til en hardere tekstur i laks bakover i fileten. Variasjon i tekstur langs fileten er knyttet til fettfordelingen, pigmenter, tettheten og ordningen av kollagenfibrene i muskelvevet (Montero & Borderías 1989, Sigurgisladóttir et al. 1999, Casas et al. 2006). Hardere tekstur vil kreve mer arbeid å trenge igjennom, noe som samspiller med våre resultater for A90 for fersk laks anterior og posterior, der posterior er hardere. Årsaken er økende mengde bindevev som er i posterior del av laksefileten.

Tykkelse på laksefileten er viktig for videreforedlingsindustrien og reduksjon av tykkelse vil gi mindre vekt og volum i produktet. Tykkelsen endret seg gjennom røykeprosessen i vårt forsøk. Tørrsalting trekker vann ut av muskel og muskelfibre minsker (Sigurgisladóttir et al. 2000, 2001) som gir lavere tykkelse og vekt. Cardinal et al. (2001) og Mørkøre et al. (2001) viste til resultater der laksefileter etter tørrsalting og røyking minsket 3.6-7.4% i vekt.

Sammenheng mellom vekt og filettykkelse ble vist i fersk laks anterior og posterior i vårt forsøk. Mørkøre & Rørvik (2001) fant ingen sammenheng mellom tekstur og kroppstørrelse i fremre del av laksemuskelen. Årsaken kan være hvor målingene ble utført. Mørkøre & Rørvik (2001) målte på muskelblokker av samme størrelse, mens målingen i dette forsøket ble tatt direkte på fileten.

Røykeprosessen endrer strukturen i lakseprodukter (Sigurgisladottir 2000, Birkeland et al. 2004b). Salting før røyking binder fritt vann i laksefileten og teksturen bli fastere (Sigurgisladottir 2000, Doe et al. 1998). Dette samsvarer med våre resultat der røkt laks hadde fastere og hardere tekstur enn fersk laks. Derimot var det ingen signifikans sammenheng med økende EPA og DHA nivå.

Som tidligere nevnt vil økende fettinnhold i muskel gi en mer saftig laksefilet (Einen & Skrede 1998). Fettinnhold er avgjørende for saltopptak i fiskemuskel fordi fett reduserer diffusjonen av saltet inn i muskel (Wang et al. 2000, Birkeland et al. 2004), og distribusjon av salt avhenger også av saltemetode (Birkelaand et al. 2007, Rørå et al. 2004, Sigurgisladottir et al. 2000). Våre resultater viste ingen forskjeller i saltinnhold med stigende EPA og DHA nivå, og ingen sammenheng mellom fettinnhold og saltopptak.

Sissener et al. (2016b) viste til ulike nivåer av EPA og DHA på 4,5% og 8 % ga ingen signifikante effekter på smak og tekstur med sensorisk evaluering av Atlantisk laks. Det samspiller med våre resultater der det sensoriske panel ikke fant signifikante forskjeller mellom gruppene for tekstur. Årsaken er at EPA og DHA nivåene var for lave for smakspanelet å oppdage og har ingen betydning på oppfattet smakskvalitet.

Torstensen et al. (2005) viste til resultater der fisk fôret med 100% fiskeolje fikk høyere poeng av sensorisk panel på luktintensitet og smaksintensiteten enn fisk fôret med 100% vegetabilsk olje. Panelet rangerte fisken fôret med 100% vegetabilsk olje som mer preferert enn fisken med 100% fiskeolje.

Det indikerer at forbrukerne prefererer fisk med lite fiskeolje. En antydning kan vises i dette forsøket der 3,45 gruppen var minst preferert, men uten statistisk signifikans. For dagens lakseprodusenter er dette informasjon som er til nytte.

Med høyere spredning i EPA og DHA nivå kan smakspanelet klare å bedømme ulikheter slik Torstensen et al. (2005) viser til. Totalt fettinnhold gir sensoriske effekter på smak, ferskhet og fasthet (Waagbø et al., 1993; Thomassen & Røsjø, 1989), og for røkt laks spiller fettinnhold en større rolle for den sensoriske evalueringen (Einen & Skrede 1998) enn EPA og DHA nivå.

4.4 Væsketap

Væsketap gir effekter på volum og kvalitet som har betydning for produsent, videreforedlingsindustrien og forbruker. Væsketap indikerer evnen laksemuskelen har til holde på væske og et lavt væsketap er ønskelige fordi det påvirker ferskheten og saftigheten i laksefileter (Espe et al. 2002, Rørå & Einen 2003). Væsketap skyldes en rekke sammenhengende faktorer som fettinnhold, sesongmessige variasjoner imellom individene (Mørkøre et al 2001), saltkonsentrasjon og temperaturbehandling. Sammenheng mellom temperaturbehandling og væskeevne er vist i Atlantisk laks (Ofstad et al., 1993).

Ifølge Regost et al. (2004) viste Atlantisk laks fôret med Peurivan fiskeolje et lavere væsketap enn laks fôret med vegetabiliske oljer. Det ble spekulert i at årsaken å var de marine umettetde fettsyrene. Dette samsvarer med våre resultater med synkende væsketap med stigende mengde EPA og DHA. EPA og DHA er av høyest konsentrasjon i de polare lipidene i cellemembranen og hindrer vann å lekke ut som resulterer med mindre væsketap.

Det er vist til større væsketap i røkt laks med høyt fettinnhold og fettinnhold vil variere mellom individer på grunn av stor variasjon i oppdrettslaks (Mørkøre et al. 2001, Birkeland et al. 2004a, Bell et al. 1998, Sigurgisladottir et al. 1997). Vårt forsøk hadde ikke likt fettinnhold mellom diett gruppene i fileten, men forskjellene var ikke store nok til å påvirke eventuelt væsketap.

Saltopptak er avhengig av fettinnhold i muskel og temperatur (Birkeland et al. 2004, Ofstad et al. 1993). Et saltinnhold opp til 9% er vist å forhindre væsketapet og en høyere NaCl konsentrasjon vil gi motsatt effekt (Duerr & Dyer 1952). Siden saltinnholdet i røkt laks binder væske vil dette være årsaken til mindre % tap mellom gruppene enn etter frys og tining i fersk laks.

Det er tidligere vist til væsketap mellom 5,5- 6,5 % for frossen laks etter 15 dager på frysetemperatur -20°C (Rørå et al. 2003). Våre resultater viser til lavere væsketap i diettgruppene for fersk frossen laks, og man kan anta at dette skyldes mengde EPA og DHA.

Cardinal et al. (2001) viste til røyketap i Atlantisk laks mellom 8,9-11,3% på røyketemperatur 20°C og 6,9-8,7 % på temperatur 30°C. Temperaturbehandling vil øke væsketap i laks og større væsketap i røkt kontra rå fisk skyldes fordamping av overflatevann og duffusjon av vann i muskel mot overflaten av fileten. Våre resultater viser til høyere væsketap i røyket laks med temperaturbehandling på 25°C enn den ferske laksen, som samspiller med tidligere nevnte studier.

5.0 Konklusjon

Resultatene i oppgaven viste en klar effekt av EPA og DHA på filetkvalitet hos Atlantisk laks, samt på vekt og lengde. Gruppen med høyest nivå av EPA og DHA i diett var lengst og tyngst.

Økende mengde EPA og DHA i diett ga økt farge i laksefilet, målt som a* verdier (rødhet), b*verdier (gulhet) og chroma*(fargeintensitet).

Økende mengde EPA og DHA i diett førte også til lavere væsketap både for fersk og røkt laks.

Derimot var det ingen sammenheng mellom økende EPA og DHA nivå for tekstur i fersk og røkt laks. Dette ble også bekreftet av det sensoriske panel, som ikke oppdaget noen endringer i tekturen mellom diettgruppene.

Det sensoriske smakspanelet viste en tendens til å minst foretrekke den laksen med høyest innhold EPA og DHA.

Denne kunnskapen er nyttig i videre produksjon av laksefisk med høy kvalitet, da studien bekrefter at for lavt nivå av EPA og DHA i foret gir lavere kvalitet på fileter, i form av svakere rødfarge og større væsketap etter frysing og røyking.

6.0 Referanser

- 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.
- Anderson, S. (2001, 2012-12-04). *Salmon Color and the Consumer*: International Institute of Fisheries Economics and Trade.
- Andersen, U. B., Thomassen, M. S. & Rørå, A. M. B. (1997). Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects of diet, muscle fat content and time of storage on ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 347-353.
- Bahuaud, D., T.-K. Østbye, B.E. Torstensen, A.M.B. Rørå, R. Ofstad, E. Veiseth, M.S. & B. Ruyter (2009). Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle structure integrity and lysosomal cathepsins B and L influenced by dietary n-6 and n-3 fatty acids *Food Chemistry*, Vol 114, pp 1421-1432.
- Bahuaud, D., Gaarder, M., Veiseth-Kent, E. & Thomassen, M. (2010a). Fillet texture and protease activities in different families of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 310 (1): 213-220.
- Bjørnevik, M.(2003). White muscle fibre distribution in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*) as affected by external factors, and relationship to flesh quality. Dr.Scient.thesis, Department of Zoology, University of Bergen, Norway.
- Bjørnevik, M., Cardinal, M., Valle, J-V., Nicolaisen, O., Arnason, G., (2018). Effect of salting and cold-smoking procedures on Atlantic salmon originating from pre-or post rigor filleted raw material. Based on the measurement of physiochemical characteristics. *LWT*, vol 9, pp431-438.
- Bell, J. G., McEvoy, J., Webster, J. L., McGhee, F., Millar, R. M. and Sargent, J. R. (1998). Flesh lipid and carotenoid composition of Scottish farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 119-127.
- Birkeland, S., Rørå, A. M. B., Skåra, T. and Bjerkgeng, B. (2004a). Effects of cold smoking procedures and raw material characteristics on product yield and quality parameters of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets. *Food Research International*, 37: 273-286.
- Birkeland, S., Haarstad, I., and Bjerkgeng, B. (2004b). Effects of salt-curing procedure and smoking temperature on astaxanthin stability in smoked salmon. *Journal of Food Science*, 69: 198-203.
- Birkeland, S., Bjerkgeng, B. (2005). The quality of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by salting method, time and temperature. *International Journal of Food Science and Technology* 2005, 40, 963–976.
- Birkeland, S., Akse, L., Joensen, S., Tobiassen, T., & Skåra, T. (2007). Injection-salting of

- pre rigor fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science*, 72,E029–E035.
- Bjerkeng, B., Hamre, K., Hatlen, B &Wathne., E (1999a). Astaxanthin deposition in fillets of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed two dietary levels of astaxanthin in combination with three levels of α -tocopheryl acetate. *Aquacult. Res.*, **30**, pp. 637–646.
- Bjerkeng, B., Hatlen, B., & Wathne, E. (1999b). Deposition of astaxanthin in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with herring, capelin, sandeel or Peruvian high PUFA oils. *Aquaculture*, 180, pp. 307–319.
- Bjerkeng, B., Refstie, S., Fjalestad, K. T., Storebakken, T., Rødbotten, M., & Roem, A. (1997). Quality parameters of the flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by dietary fat content and full-fat soybean meal as a partial substitute for fish meal in the diet. *Aquaculture*, 157(3–4), 297–309.
- Bjerkeng, B.(2000). Carotenoid pigmentation of salmonid fishes — recent progress. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A., Civera-Cerecedo, R. (Eds.), *Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Mérida, Yucatán.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 62-66.
- Bremner, H., A. (1992). Fish flesh structure and the role of collagen- its post mortem aspects and implication for fish processing in *Quality Assurance in the fish industry*, ed. by Huss HH, Elsevier Science, Amsterdam, pp 39-62.
- Cardinal, M., Gunnlaugsdottir, H., Bjørnevik, M., Ouisse, A., Vallet, J. L. and Leroi, F. (2004). Sensory characteristics of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements. *Food Research International*, 37: 181-193.
- Cardinal, M., Knockaert, C., Torrissen, O. J., Sigurgisladottir, S., Mørkøre, T., Thomassen, M. S. and Vallet, J. L. (2001). Relation of smoking parameters to the yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Research International*, 34: 537-550.
- Casas, C., Martinez, O., Guillen, M., Pin, C. & Salmeron, J. (2006). Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. *Food Control*, 17, 511-515.
- Choubert, G., Noüe, J.de la & Blanc, J.-M. (1991). Apparent digestibility of canthaxanthin in rainbow trout: effect of dietary fat level, antibiotics and number of pyloric caeca. *Aquaculture*, 99, pp. 323–329.
- Doe, P., Sikorski, Z., Haard, N. F., Olley, J. and Pan, B. S. (1998). Basic principles: In: *Fish drying and smoking. Production and quality* (Ed.: Doe, P.). Lancaster, Pennsylvania, USA: Technomic Publishing Company Inc. pp 13-45.

- Duerr, J. D., & Dyer, W. J. (1952). Proteins in fish muscle. IV. Denaturation by salt. *Journal of Fisheries Research Board Canada*, 8, 325±331.
- Dunajski, E. (1980). Texture of Fish Muscle. *Journal of Texture Studies*, 10 (4): 301-318.
- Einen, O. & Roem, A. (1997). Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquaculture Nutrition* 3, pp. 115–126.
- Einen, O. & Skrede, G. (1998). Quality characteristics in raw and smoked fillets of Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed high-energy diets. *Aquaculture Nutrition*, 4, 99-108.
- Espe, M. & Lie, Ø. (2001). Kapittel 16: Kvalitet. In: *Fiskeernæring*, (Eds.) R. Waagbø, M. Espe, K. Hamre & Ø. Lie. Kystnæringens Forlag og Bokklubb AS, Bergen, pp. 269-28.
- Espe, M., Nortvedt, R., Lie, Ø., and Hafsteinsson, H. (2002). Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) as raw material for the smoking industry. II: Effects of different smoking methods on losses of nutrients and on the oxidation of lipids. *Food Chem.* 77 (1): 41-46.
- Espe, M., Ruohonen, K., Bjørnevik, M., Frøyland, L., Nortvedt, R., & Kiessling, A. (2004). Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. *Aquaculture*, 240(1–4), 489-504. 4.
- Eide, O., Børresen, T. and Strøm, O. (1982). Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from fatty species. *Journal of Food Science*, 47: 347-349, 354.
- Fahy, E., Subramaniam, S., Murphy, R. C., Nishijima, M., Raetz, C. R., Shimizu, T., Spener, F., van Meer, G., Wakelam, M. J. & Dennis E. A. (2009). Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *The Journal of Lipid Research*. 50:9–14.
- Giese, J. (1995). Measuring physical properties of foods. *Food Technology*.
- Gjerde, B. 1986. Kvalitet. *Fiskeoppdrett med fremtid*, pp.153-16.
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25, 289-307.
- Hagen, Ø. (2008). Muscle growth and flesh quality of farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in relation to season of harvest. PhD Thesis, University of St. Andrews, Scotland. pp. 49.

- Hagen, Ø., Solberg, C., Sirnes, E. & Johnston, I. A. (2007). Biochemical and structural factors contributing to seasonal variation in the texture of farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) flesh. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55 (14): 5803-5808.
- Halvar, J. E & Hardy, R. W. (2002) *Fish nutrition*, Amsterdam, Academic Press.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In: *Muscle as food* (Ed. Bechtel, P. J.). Academic Press Inc, New York, pp 135-199.
- Hatae, K., Yoshimatsu, F. & Matsumoto, J. J. (1990). Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish. *Journal of Food Science*, 55, 693-696.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71, 194-204.
- Jittinandana, S., Kenney, P. B., Slider, S. D. and Kiser, R. A. (2002). Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67 (6): 2095-2099.
- Jensen I. J., Maehre H. K., Tømmerås S., Eilertsen K. E., Olsen R. L. & Elvevoll E. O. (2012). Farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is a good source of long chain omega-3 fatty acids. *Nutrition Bulletin*. 37:25–29.
- Jobling, M., Larsen, A. V., Andersen, B., Sigholt, T., & Olsen, R. L. (2002). Influence of a dietary shift on temporal changes in fat deposition and fatty acid composition of Atlantic salmon post-smolt during the early phase of seawater rearing. *Aquaculture Research*, 33, 875-889.
- Johnston, I. A. (1999). Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture* 177(1–4): 99-115.
- Kiessling, E., Ruohonen, K., & Bjørnevik, M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49 (2006) Special Issue, 137-146.
- Koteng, D. F., (1992). *Markedsundersøkelse, norsk laks*. Fiskerinæringens Landsforening (FNL).
- Katikou, P., Hughes, S. I. & Robb, D. H. F. (2001). Lipid distribution within Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Aquaculture*, 202 (1–2): 89-99.
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (1998a). *Descriptive analysis. I Sensory evaluation of food* (s. 341-378). New York: Chapman & Hall.
- Lie, Ø., Waagbø, R. & Sandnes, K. (1988). Growth and chemical composition of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed dry and silage-based diets. *Aquaculture*, 69 (3): 343-353.

- Love, R. M. (1970). *The chemical biology of fishes*, London, Academic Press.
- Løvgalven, Y (personlig meddelelse). Salten Laks
- Lynnum, L. (2005). *Fisk som råstoff*. Gyldendal.
- Montero, P. & Borderías, J. (1989). Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius* L.) and trout (*Salmo irideus* Gibb). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 189, 530-533.
- Mørkøre, T. & Rørvik, K.-A. (2001a). Seasonal variations in growth, feed utilization and product quality of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) transferred to seawater as 0+ smolts or 1+ smolts. *Aquaculture*, 199 (1): 145-157.
- Mørkøre, T., Vallet, J. L., Cardinal, M., Gomez-Guillen, M.C., Montero, P., Torrissen, O.J., Nortvedt, R., Sigurgisladottir, S., Thomassen, M.S. (2001b). Fat Content and Fillet Shape of Atlantic Salmon: Relevance for Processing Yield and Quality of Raw and Smoked Products. *Journal of Food Science* November 2001; 66(9): 1348-1354
- Mørkøre, T. & Einen, O. (2003). Relating Sensory and instrumental Texture Analyses of Atlantic Salmon, *Journal of food science*—Vol. 68, Nr. 4, 2003.
- Mørkøre, T., Ruohonen, K. & Kiessling, A. (2009). Variation in texture of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L). Relevance of muscle fiber cross-sectional area. *Journal of Texture Studies*, 40 (1): 1-15.
- Mørkøre, T., Hansen, A. 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, 1933-1938.
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I. M., Henehan, G., Nielsen, J. & Nilsen, H. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8 (8): 258-265.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., and Hermansson, A.M. (1993). Liquid holding capacity and structural changes during heating of fish muscle: cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). *Food Structure* 12: 163-174.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R. L. and Hermansson, A. M. (1995). Liquid holding capacity and structural changes in comminuted salmon (*Salmo salar*) muscle as influenced by pH, salt and temperature. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28: 329-339.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R. L., and Hermansson, A.M. (1996). Factors influencing liquid holding capacity and structural changes during heating of

- comminuted cod (*Gadus morhua* L.) muscle. *Lebensm-Wiss U-Technol.* 29: 173-183.
- Rasmussen, R. (2001). Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition yield and sensory characteristics. *Aquaculture Research*, 15, 293-302.
- Regenstein J .M., Jauregui C.A. & Baker R. C. (1984). The effect of pH, polyphosphates and different salts on water retention properties of ground trout muscle. *Journal of Food Biochemistry* 8, 123±131.
- Regost. C., Jakobsen. J. V., Rørå. A.M. (2004). Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Research International* 37, 259-271.
- Robb, D. H. F., Kestin, S. C., Warriss, P. D. and Nute, G. R. (2002). Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and cooked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 205: 345-358.
- Rosenlund, G., Torstensen, B. E., Stubhaug, I., Usman, N., Sissener, N. H., 2016. Atlantic salmon require long-chain n-3 fatty acids for optimal growth throughout the seawater period. *mJ. Nutr. Sci.* 5 (e19), 1–13.
- Rustan A. C. & Drevon C. A. (2000). Fatty acids: structures and properties. *Encyclopedia of Life Sciences*. Nature Publishing, London. <http://www.els.net>.
- Ruyter, B., Rosjo, C., Einen, O., & Thomassen, M. S. (2000a). Essential fatty acids in Atlantic salmon: effects of increasing dietary doses of n-6 and n-3 fatty acids on growth, survival and fatty acid composition of liver, blood and carcass. *Aquaculture Nutrition*, 6(2): 119-127.
- Ruyter, B., Mira, M. B., Bæverfjord, G., Østbye, T. K., Ytrestøyl, T., Bjerke, M., Sigholt, T., (Biomar) & Berge, G. (2016). Langtidseffekter av lave omega -3 nivåer i fôr for laksens helse. Rapport 26/2016. Nofima.
- Rørå, A. M. B., Kvåle, A., Mørkøre, T., Rørvik, K-A., Steinen, S. H., and Thomassen, M.S. (1998). Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics. *Food Res. Internat.* 31: 601-609.
- Rørå, A. M. B., & Einen, O. (2003). Effects of freezing on quality of cold-smoked salmon based on the measurements of physiochemical characteristics. *J. Food Sci.* 68 (6): 2123-2128.
- Rørå, A. M. B., Furuhaug, R., Fjæra, S. O., & Skjervold, P. O. (2004). Salt diffusion in prerigor filleted Atlantic salmon. *Aquaculture*, 232, 255–263.
- Rørå, A. M. B., Birkeland, S., Hultmann, L., Rustad, T., Skåra, T. and Bjerke, B. (2005b). Quality Characteristics of farmed Atlantic salmon fed diets high in soybean or fish oil as affected by cold smoking temperature. *Journal of Food Science*, 38: 201-211.

- Pearce, K. L., Rosenqvold, K., Andersen, H. J. & Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat Science*, 89, 111-124.
- Sensorisk studiegruppe. (1997). *Sensorisk analyse, bedømmelse an næringsmidler*. 2 utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Sidel, J. L. & Thomas, H. A. (1994). Hitting the target: sensory and product optimization. *v. 39(11)*: 826–830.
- Sigholdt, T. (personlig meddelelse). *Biomar*
- Sigurgisladottir, S., Torrissen, O., Lie, Ø., Thomassen, M., Hafsteinsson, H. (1997). Salmon quality: methods to determine the quality parameters. *Reviews in Fisheries Science* 5, 223– 252.
- Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Lie, Ø., Nortvedt, R., Thomassen, M. & Torrissen, O. (1999). Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. *Journal of Food Science*, 64, 99-104.
- Sigurgisladóttir, S., Ingvarsdóttir, H., Torrissen, O. J., Cardinal, M., and Hafsteinsson, H. (2000a). Effect of freezing/thawing on the microstructure and the texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Res. Internat.* 33 (10): 857-865.
- Sigurgisladottir, S., Sigurdardottir, M.S., Torrissen, O., Vallet., J. L., Hafsteinsson, H. (2000b) Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Research International* 33 (2000) 847-855.
- Sigurgisladottir, S., Sigurdardottir, M. S., Ingvarsdottir, H., Torrissen, O. J., & Hafsteinsson, H. (2001). Microstructure and texture of fresh and smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets from fish reared and slaughtered under different conditions. *Aquaculture Research*, 32(1), 1–10.
- Sissner, N. H., Waagbø, R., Rosenlund, G., Tvenning, L., Susort, S., Lea, T. B., Oaland, Ø., Chen, I., Breck, O. (2016b). Reduced n-3 long chain fatty acid levels in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) do not reduce growth, robustness or product quality through an entire full scale commercial production cycle in seawater. *Aquaculture* 464, 236-245.
- Sissener, N. H., Torstensen, B.E., Stubhaug, I., Rosenlund, G. (2016a). Long-term feeding of Atlantic salmon in seawater with low dietary long-chain n-3 fatty acids affects tissue status of brain, retina and red blood cells. *Br. J. Nutr.* 115, 1919–1929.

- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. & Singleton, R. C. (1974). Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Technology*, 28 (11): 24-+.
- Stone, H. & Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices*. Third ed.: Elsevier Academic Press.
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jorgensen, B. & Kristbergsson, K. (2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14 (3): 237-245.
- Singh, M. (2005). Essential fatty acids, DHA and human brain. *The Indian Journal of Pediatrics*, 72, 239-242.
- Swanson, D., Block, R., Mousa, S., A. (2012). Omega-3 fatty acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life. *Advances in Nutrition*, 1, 1-7.
- Shannon, R. A., Probert-Smith, P. A., Lines, J., & Mayia, F. (2004). Ultrasound velocity measurement to determine lipid content in salmon muscle; the effects of myosepta. *Food research International*, 37, 611-620.
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of food science*, 28(4): 385-389.
- Thomassen, M. S. & Røsjø, C. (1989). Different Fats in Feed for Salmon - Influence on Sensory Parameters, Growth-Rate and Fatty-Acids in Muscle and Heart. *Aquaculture*, 79 (1-4):129-135.
- Thompson, K. D., Tatner, M. F., & Henderson, R. J. (1996). Effects of dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid ratio on the immune response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Nutrition*, 2, 21-31.
- Torstensen, B.E., Bell, J. G., Rosenlund, G., Henderson R. J., Graff, I.E., Torcher, D. R., Lie, Ø., Sargent, J. (2005). Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Torstensen, B. E., Ruyter, B., Sissener, N. H., Østbye, T. K., Waagbø, R., Jørgensen, S. M., Ytteborg, E., Rud, I., Liland, N., et al. (2013). Utredning av fett for fiskehelse, effekter av endret fettsyresammensetning i fôr til laks relatert til fiskens helse og velferd (robust fisk) Bergen: NIFES and Nofima, 8- 63.
- Torrissen, O. J., R. W. Hardy, K. D. Shearer, T. M. Scott & F. E. Stone (1990). Effects of dietary canthaxanthin and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 88, pp. 351–362.
- Torrissen, O., Sigurgisladottir, S. & Slinde, E. (2001). *Texture and Technological Properties*

of Fish. Kapittel 5. I: Kestin, S. C. & Warriss, P. D. (red.). *Farmed Fish Quality*. Fishing News Books–Blackwell Science, Oxford, England, 31-41.

Veland, J. O. & Torrissen, O. J. (1999). The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Brazler shear test. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1737-1746.

Waagbø, R., Sandnes K., Torrissen O., Sandvin A., Lie Ø., (1993). Chemical and sensory evaluation of fillets from Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed three levels of N-3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E. *Food Chemistry* 46 (4), 361-366.

Wang, D., Tang, J., & Correia, L. R. (2000). Salt diffusivities and salt diffusion in farmed Atlantic salmon muscle as influenced by rigor mortis. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 115–123.

Yagiz, Y., Kristinsson, H. G., Balaban, M. O., Welt, B.A., Raghavn, S., Marshall, M. R. (2010). Correlation between astaxanthin amount and a^* value in fresh Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during different irradiation doses. *Food Chemistry* 120(1): 121-127.

Ytrestøyl, T., Aas, T. S., & Åsgård, T. S. (2015). Utilization of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture*, 448, 365-374.

7.0 Vedlegg

7.1 Væsketap

Tabell 7.1: Gjennomsnitt \pm SE og gjennomsnitt regresjon (R^2) av væsketap (%) i Atlantisk laks gitt fire ulike EPA og DHA mengder i dietten. (1.04 %, 1.28 %, 1.61 %, 3.45 %). To-veis anova med diett og kjønn som avhengig variabel og hel vekt som co-variables.

	1.04	1.28	1.61	3.54	R²	p-verdi diett
Vanntap fersk laks kotelett	4.09 \pm 0.1	4.13 \pm 0.1	3.51 \pm 0.1	2.45 \pm 0.1	.841	.000
Vanntap røkt laks kotelett	9.10 \pm 0.1	9.32 \pm 0.2	9.01 \pm 0.2	8.29 \pm 0.2	.712	.008

7.2 Tabeller fôrformulering og diettplan

Tabell 7.2.1: Fôrformulering Biomar som ble brukt fra 1 kg til 2.5 kg.

	EPA & DHA g/100g			
Diett kode	1.04	1.28	1.61	3.54
Raps olje, Crude	25.9	24.3	22.8	14.9
Guarmel	20.0	20.0	20.0	20.0
Soya SPC	11.3	11.3	11.3	9.8
Hvete	10.8	10.8	10.8	11.5
Erter Protein	10.7	10.7	10.7	11.3
Fiskemel	5.0	5.0	5.0	5.0
Mais Gluten	5.0	5.0	5.0	5.0
Fiske olje	4.3	5.8	7.3	15.0
Vitaminer, mineraler, tilsetningsstoffer	2.8	2.8	2.9	2.8
Hvete Gluten	2.2	2.2	2.2	2.8
Krystallinske aminosyrer	1.3	1.3	1.3	1.4
Vann endringer	0.5	0.5	0.5	0.5
Pigment 10%	0.055	0.055	0.055	0.055
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

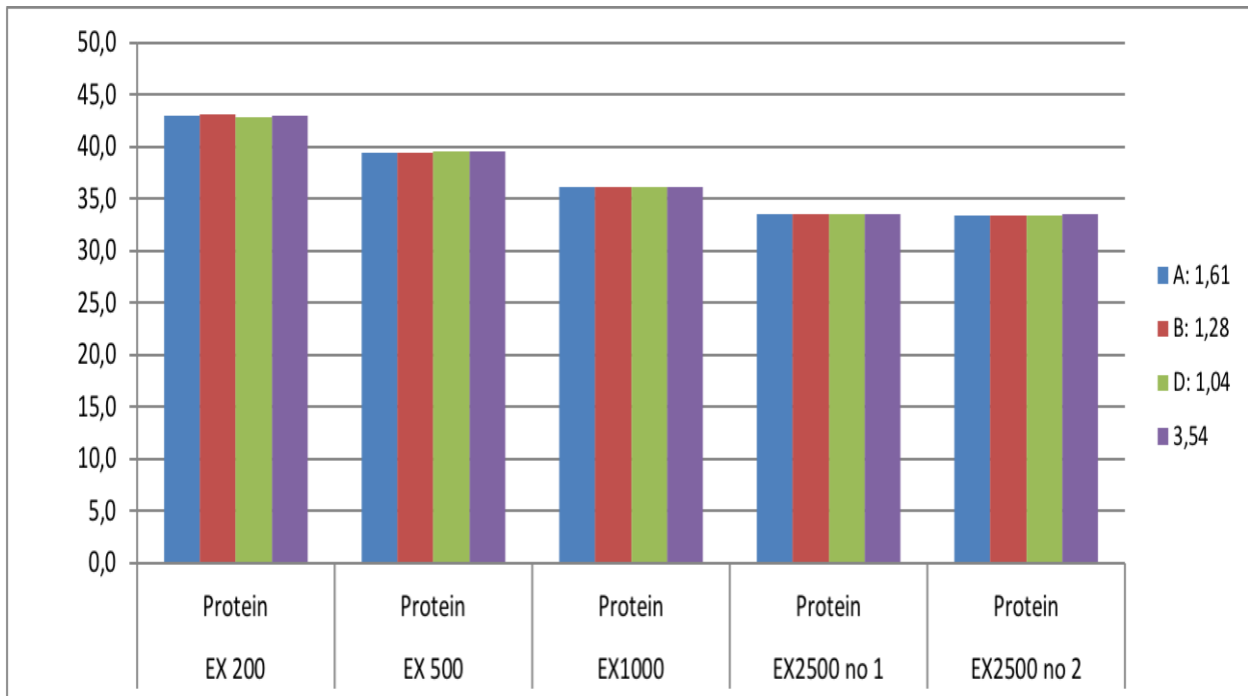
Tabell 7.2.2: Dietskoder (A= 1.04, B=1.28, C=1,61, E=3.54) og Biomar-koder for laksefôr, pellet størrelser, EPA og DHA i mg/g og g/100g er mengde i forhold til det totale fettinnhold.

			Sum EPA/DHA		
VEV:	Dietskoder &Fôrkode		Pellet str.	mg/g	g/100g
FÔR	A-EX 200 16	A	3.5 mm	14.78	1.5
FÔR	C-EX 200 13	A	3.5 mm	11.69	1.2
FÔR	B-EX 200 13	A	3.5 mm	11.66	1.2
FÔR	energyx200hh 50 mg q	START A	3.5 mm	28.70	2.9
FÔR	B EX 500 13	START A 6 mm	6 mm	10.82	1.1
FÔR	A EX 500 16	START A 6 mm	6 mm	12.96	1.3
FÔR	C-EX 500 13 LO	start A 6 mm	6 mm	10.94	1.1
FÔR	E EX 500 HIGH	START 6 mm	6 mm	23.84	2.4
FÔR	A EX 1000 16	START A 9 mm	9mm	16.14	1.6
FÔR	C EX 1000 LO	START A 9 mm	9mm	13.25	1.3
FÔR	E EX 1000 HIGH	START A 9 mm	9mm	31.32	3.1
FÔR	B EX 1000 13	START A 9 mm	9mm	11.88	1.2
FÔR	EX 2500 HIGH	START A	9mm	34.20	3.4
FÔR	C EX2500 LO	START A	9mm	14.61	1.5
FÔR	B EX2500 13	START A	9mm	13.96	1.4
FÔR	A EX2500 16	START A	9mm	17.16	1.7
FÔR	E EX 25002 HIGH	A	9mm	37.38	3.7
FÔR	C EX 25002 13	A	9mm	13.05	1.3
FÔR	B EX 25002 13	A	9mm	13.56	1.4
FÔR	A ex 25002 15	A	9mm	17.07	1.7

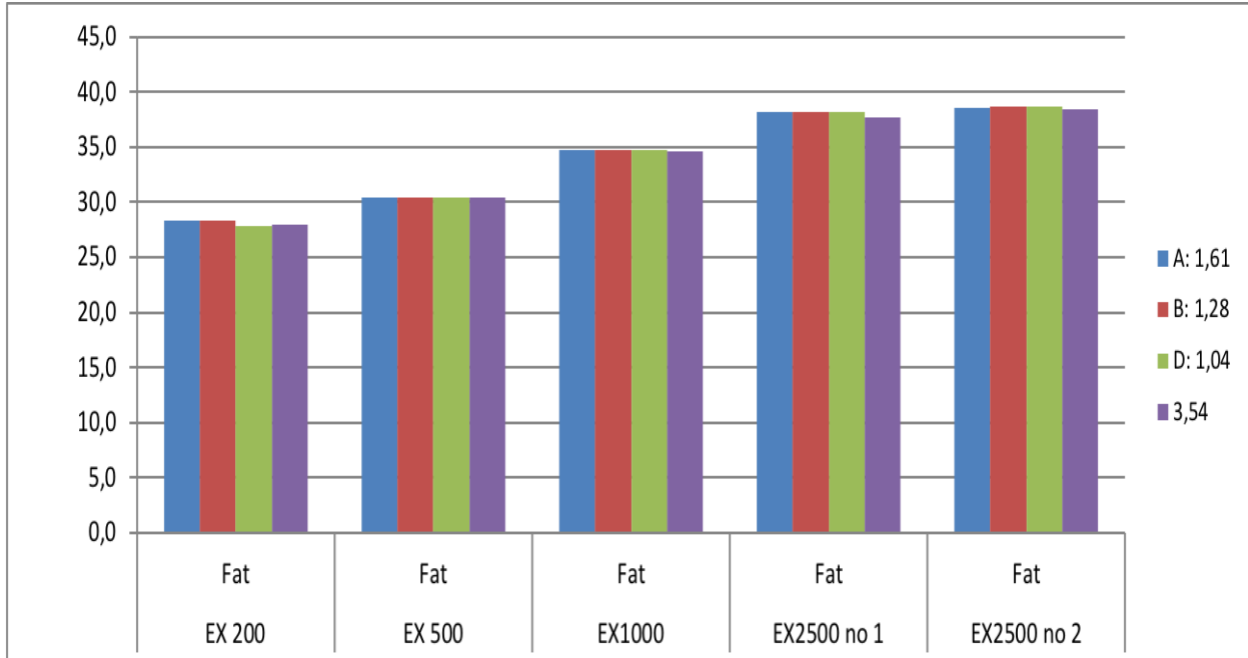
Tabell 7.2.3: Fôrsammensetning EPA og DHA gruppene. RO=rapsolje (%), og FM= fiskemel (%), FA= fatty acids (%), Protein (%), EPA+DHA % av FA (%).

Diett kode	Ingrediens	1.04	1.28	1.61	3.54	
EX 200	FM	15.0	15.0	15.0	15.0	Commercial
EX 200	RO % of oil	88.1	80.7	74.6	50.0	
EX 200	Protein	42.9	43.2	43.0	43.0	
EX 200	Fat	27.9	28.3	28.3	28.0	
EX 200	EPA+DHA, % of FA	3.85	4.94	6.05	10.00	
EX 500	FM	10.0	10.0	10.0	10.0	
EX 500	RO % of oil	87.8	80.4	75.3	57.0	
EX 500	Protein	39.5	39.5	39.4	39.5	
EX 500	Fat	30.4	30.4	30.4	30.4	
EX 500	EPA+DHA, % of FA	3.54	4.60	5.66	9.55	
EX1000	FM	5.0	5.0	5.0	5.0	
EX1000	RO % of oil	85.8	80.7	75.7	49.8	
EX1000	Protein	36.2	36.2	36.2	36.2	
EX1000	Fat	34.7	34.7	34.7	34.6	
EX1000	EPA+DHA, % of FA	3.07	4.03	4.96	9.78	
EX2500 no 1	FM	5.0	5.0	5.0	5.0	
EX2500 no 1	RO % of oil	89.03	85.17	81.36	57.54	
EX2500 no 1	Protein	33.5	33.6	33.6	33.5	
EX2500 no 1	Fat	38.2	38.2	38.2	37.7	
EX2500 no 1	EPA+DHA, % of FA	2.70	3.60	4.50	9.90	
EX2500 no 2	FM	5.0	5.0	5.0	5.0	
EX2500 no 2	RO % of oil	87.54	82.84	77.72	48.10	
EX2500 no 2	Protein	33.4	33.4	33.4	33.5	
EX2500 no 2	Fat	38.7	38.7	38.6	38.4	
EX2500 no 2	EPA+DHA, % of FA	2.78	3.62	4.46	9.63	

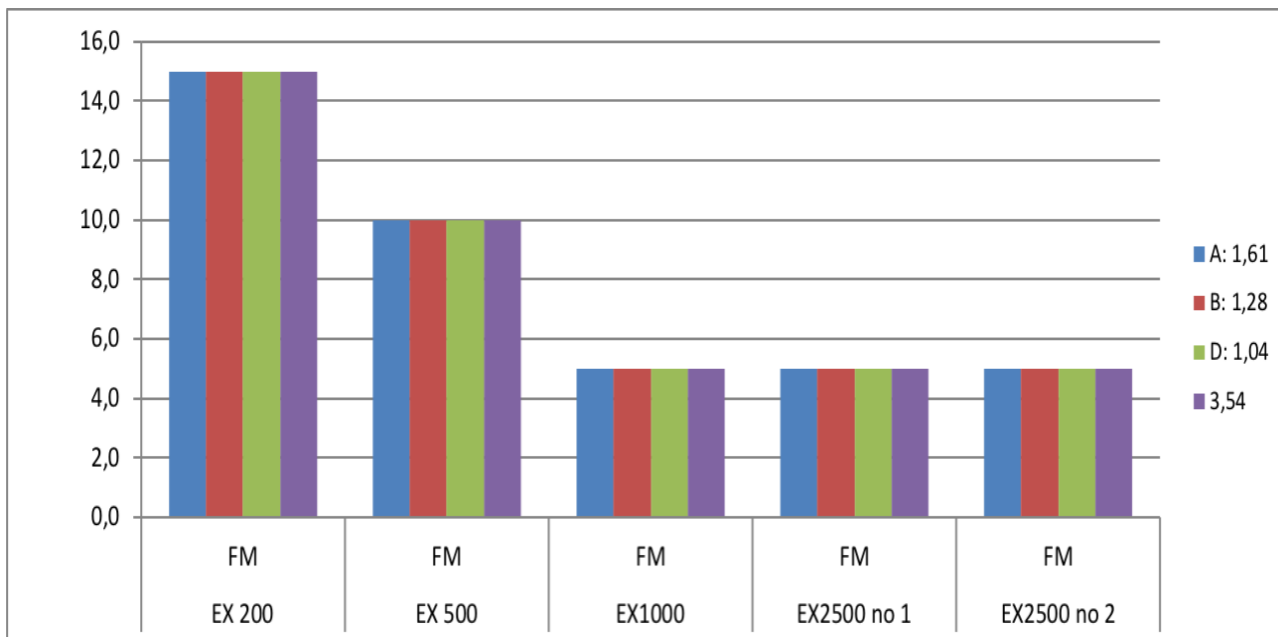
7.3 Figurer av fôr endringer under hele forsøket (%).



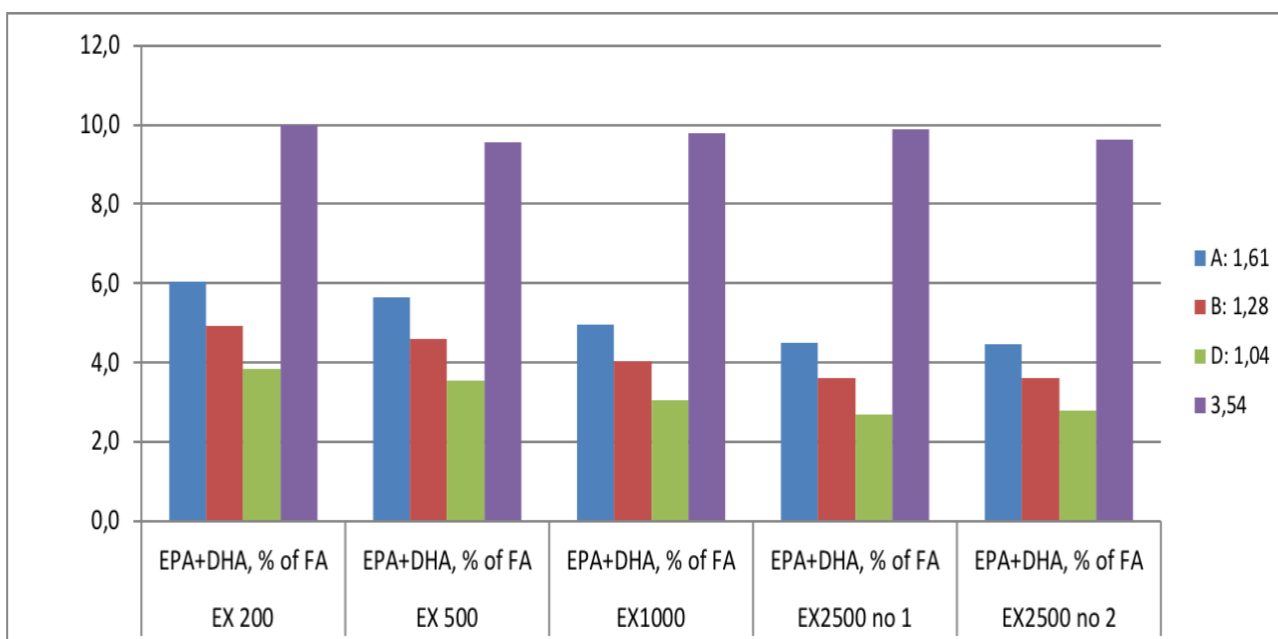
Figur 7.3.1: Protein (%) endringer for de fire ulike EPA og DHA gruppene med økende pellet størrelse.



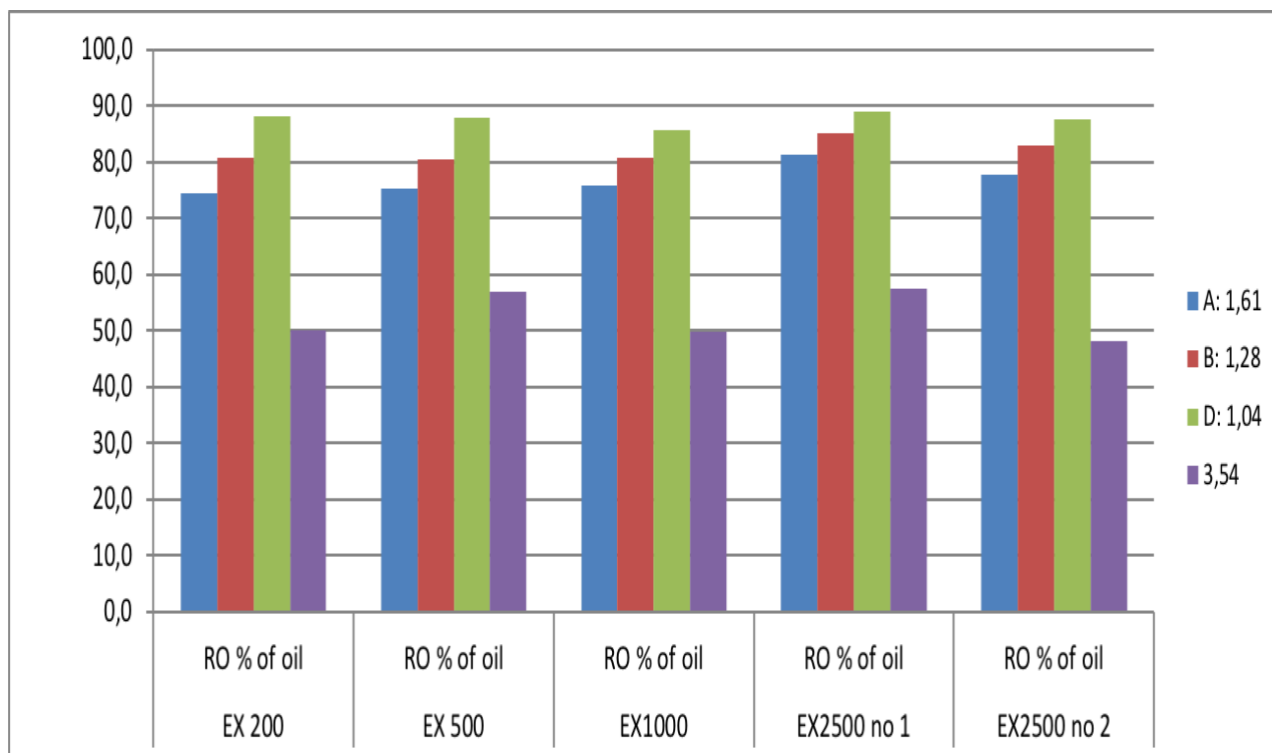
Figur 7.3.2: Fett (%)endringer for de fire ulike EPA og DHA gruppene med økende pellet størrelse.



Figur 7.3.3: Fiskemel (%) endringer for de fire ulike EPA og DHA gruppene med økende pellet størrelse.



Figur 7.3.4: Fettsyrer (%) endringer for de fire ulike EPA og DHA gruppene med økende pellet størrelse.



Figur 7.3.5: RO % av olje endringer for de fire ulike EPA og DHA gruppene med økende pellet størrelse.

7.4 Sensorisk dommerbedømming

Bedømmingssystemet som sensorisk panel utførte vurdering av røkt laks etter.

Sensorisk bedømmelse av røkt laks

DOMMER 1

Mann	
Kvinne	

Alder	20-25	26-35	36-50	>50	
Poengskala	1	2	3	4	5
	dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God

Prøve	Smak	Saftighet	Fasthet	Lukt	Farge
211 (score 1-5)					
569 (score1-5)					
361 (score1-5)					
12(score 1-5)					

Hvilken prøve likte du best?		Ingen preferanse	Hvilken prøve likte du minst		Ingen preferanse
-------------------------------------	--	-------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------

Hvor ofte spiser du fisk per uke?	0	1	2	3 eller mer
--	----------	----------	----------	--------------------

Sensorisk bedømmelse av røkt laks

DOMMER 2

Mann	
Kvinne	

Alder	20-25	26-35	36-50	>50	
Poengskala	1	2	3	4	5
	dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God

Prøve	Smak	Saftighet	Fasthet	Lukt	Farge
734 (score 1-5)					
113 (score1-5)					
543 (score1-5)					
598(score 1-5)					

Hvilken prøve likte du best?		Ingen preferanse	Hvilken prøve likte du minst		Ingen preferanse
------------------------------	--	------------------	------------------------------	--	------------------

Hvor ofte spiser du fisk per uke?	0	1	2	3 eller mer
-----------------------------------	---	---	---	-------------

Sensorisk bedømmelse av røkt laks

DOMMER 3

Mann	
Kvinne	

Alder	20-25	26-35	36-50	>50	
Poengskala	1	2	3	4	5
	dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God

Prøve	Smak	Saftighet	Fasthet	Lukt	Farge
211 (score 1-5)					
113(score1-5)					
543 (score1-5)					
12(score 1-5)					

Hvilken prøve likte du best?		Ingen preferanse	Hvilken prøve likte du minst		Ingen preferanse
------------------------------	--	------------------	------------------------------	--	------------------

Hvor ofte spiser du fisk per uke?	0	1	2	3 eller mer
-----------------------------------	---	---	---	-------------

Sensorisk bedømmelse av røkt laks

DOMMER 4

Mann	
Kvinne	

Alder	20-25	26-35	36-50	>50	
Poengskala	1	2	3	4	5
	dårlig	Litt bedre	Middels	Bedre	God

Prøve	Smak	Saftighet	Fasthet	Lukt	Farge
734 (score 1-5)					
569 (score1-5)					
361 (score1-5)					
598(score 1-5)					

Hvilken prøve likte du best?		Ingen preferanse	Hvilken prøve likte du minst		Ingen preferanse
-------------------------------------	--	-------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------

Hvor ofte spiser du fisk per uke?	0	1	2	3 eller mer
--	----------	----------	----------	--------------------