



UiT Norges arktiske universitet

Norges fiskerihøgskole

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

**Biokjemisk sammensetning av ulike filetstykker fra vill og oppdrettet  
atlantisk laks (*Salmo salar* L.)**

- med hovedfokus på fettinnhold og fettsyresammensetning

Simon Skålvik Hansen

Masteroppgave i Fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp)

Mai 2020



## **Forord**

Denne masteroppgaven markerer slutten på et lærerikt studieforløp ved Norges Fiskerihøgskole. Det er mange fantastiske mennesker som fortjener en takk.

Først og fremst vil jeg takke min veileder, Ida-Johanne Jensen, for din tid og engasjement i en hektisk tid. Din veiledning og innspill gjennom hele oppgaven har vært uvurderlig. Jeg vil også takke medlemmene av sjømatgruppa for tilbakemelding på oppgaven. En spesiell takk til Guro Kristine Edvinsen for god opplæring og veiledning på lab.

Jeg vil takke mine nærmeste for å støtte og ha troen på meg gjennom mine studier. Til slutt vil jeg takke mine medstudenter på sjømat for hjelp, motivasjon og gode samtaler, gjennom lange og harde studiedager.

Simon Skålsvik Hansen,  
Tromsø, mai 2020.

## Sammendrag

Norge er den største produsenten av atlantisk laks (*Salmo salar* L.) på verdensbasis. Etterspørselen av fiskemel og fiskeoljer er høy, noe som har medført at vegetabiliske proteiner og oljer har erstattet mye av de marine råvarene i fiskefôret. Vegetabiliske oljer inneholder ikke de langkjedede omega-3 (LC-n-3) fettsyrene eikosapentaensyre (EPA) og dokosaheksaensyre (DHA), som har vært tillagt den helsegivende effekten av å spise fisk. Dette har medført i en endring av fettsyresammensetningen til oppdrettet laks sammenlignet med sin ville artsfrende. Det foreligger lite dokumentasjon på den biokjemiske sammensetningen til ulike deler av laksefilet, og ulike filetstykker har vært brukt til sammenligning. Målet med denne masteroppgaven var å sammenligne biokjemisk sammensetning av forskjellige filetstykker i vill- og oppdrettet atlantisk laks (*Salmo salar* L.), med spesielt fokus på fettinnhold og fettsyresammensetning.

Vill- og oppdrettet laks ble filetert, og en filet ble analysert hel, mens den andre fileten ble delt inn i fire stykker; bukstykke, ryggstykke, Norwegian quality cut (NQC) og sporstykke.

Fettinnholdet i oppdrettet laks varierte fra 8,1 % til 18,3 %, med lavest innhold i sporstykket og høyest i bukstykket. Respektive filetstykker fra villaks hadde et lavere fettinnhold (5,4 % til 9,3 %). Den prosentvise andelen av EPA og DHA var høyere i villaks sammenlignet med oppdrettet laks, men på grunn av fettinnholdet var mengden av fettsyrene lik. Konsentrasjonen av omega-6 fettsyrer var høy i oppdrettet laks, noe som medførte i et høyere n-6/n-3 forhold (0,74) sammenlignet med villaks (0,05). Det ble ikke observert noen forskjell i fettsyresammensetningen til de ulike filetstykkene innad hver art. En porsjon (200 g) av bukstykket fra oppdrettet laks vil gi 2,4 g EPA og DHA, som dekker 9 dager av EFSA's anbefalte daglige inntak på 0,25 g. En tilsvarende porsjon av sporstykket gir 1,2 g EPA og DHA, og vil dekke dagsbehovet for 4 dager. Filetstykkene i villaks, foruten ryggstykket, innfridde det daglige inntaket av EPA og DHA i likhet med respektive stykker fra oppdrettet laks. Ryggstykket i villaks hadde halvparten av mengden EPA og DHA sammenlignet med ryggstykket fra oppdrettet laks.

Proteininnholdet var 15 % for både vill- og oppdrettet laks, og hadde et høyt innhold av essensielle aminosyrer (EAA). For samtlige filetstykker vil en porsjon (200 g) dekke WHO's anbefalte daglige inntak av EAA for en person på 70 kg.

## Summary

Norway is the largest producer of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) worldwide. The demand for fishmeal and fish oils is high, which has led to vegetable proteins and oils having replaced much of the marine raw materials in the fish feed. Vegetable oils do not contain the long-chain omega-3 (LC-n-3) fatty acids eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), which have been attributed to the positive health effects of eating fish. This has resulted in a change of the fatty acid composition of farmed salmon, compared to its wild counterpart. The documentation on the biochemical composition of different parts of the salmon fillet is sparse, and various parts of the fillet have been used for comparison. The aim of this thesis was to compare the biochemical composition of these various parts of the wild- and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillet, with a main focus on fat content and fatty acid composition.

Wild and farmed salmon were filleted, and one fillet was analysed whole, while the other fillet was divided into four pieces; hypaxial loin, epaxial loin, Norwegian quality cut (NQC), and tail.

The fat content of farmed salmon ranged from 8,1 % to 18,3 %, with the lowest content in the tail and the highest in the hypaxial loin. Respective parts from wild salmon fillet had a lower fat content (5,4 % to 9,3 %). The percentage of EPA and DHA was much higher in wild salmon compared to farmed salmon, but due to the fat content, the amount of fatty acids was equal. The concentration of omega-6 fatty acids was high in farmed salmon, resulting in a higher n-6/n-3 ratio (0,74) compared to wild salmon (0,05). No difference was observed in the fatty acid composition of the various parts of the fillet within each species. A portion (200 g) of the hypaxial loin from farmed salmon will provide 2,4 g of EPA and DHA covering 9 days of EFSA's recommended daily intake of 0,25 g. A similar portion from the tail gives 1,2 g of EPA and DHA and will meet the daily requirement for 4 days. The fillet parts from wild salmon, except the epaxial loin, met the recommended daily intake of LC-n-3 just like the respective parts of farmed salmon fillet. The epaxial loin from wild salmon had half the amount of EPA and DHA compared to the epaxial loin of farmed salmon.

The protein content was 15 % for both wild and farmed salmon and had a high content of essential amino acids (EAA). From all the fillet parts, a portion (200 g) will cover WHO's recommended daily intake of EAA for a 70 kg person.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	II
Sammendrag.....	III
Summary.....	IV
Introduksjon.....	1
Utvikling av norsk oppdrettsnæring.....	1
Utviklingen av sammensetningen av laksefôr.....	1
Marint fett og fettsyrer.....	2
Marine proteiner.....	4
Sjømat og helse.....	5
Differensiering av ulike filetstykker.....	6
Mål med oppgaven.....	6
Materialer og Metoder.....	7
Kjemikalier.....	7
Råstoff.....	7
Forsøksdesign.....	7
Fettekstraksjon.....	8
Analyse av fettsyresammensetning; Metylering og gasskromatografi.....	9
Vann- og askeinnhold.....	9
Analyse av aminosyrer.....	10
Resultat.....	11
Biokjemisk sammensetning i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks.....	11
Fettsyresammensetning i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks.....	12
Mengden av fettsyrer i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks.....	13
Totale aminosyrer i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks.....	16
Diskusjon.....	18
Fettinnholdet i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks.....	18

Sammensetning og mengde fettsyrer i forskjellige filletstykker fra vill- og oppdrettet laks	19
Vann- og askeinnhold i forskjellige stykker fra vill- og oppdrettet laks .....	21
Proteininnhold og aminosyresammensetning i forskjellige stykker fra vill- og oppdrettet laks .....	21
Differensiering av laksefilet .....	22
Konklusjon .....	23
Referanser .....	24

## Introduksjon

### Utvikling av norsk oppdrettsnæring

Siden starten på 70-tallet har norsk oppdrettsnæring vokst til å bli en av landets største og viktigste næringer. Per dags dato er atlantisk laks (*Salmo salar* L.) den viktigste arten innenfor norsk oppdrett. I 2019 ble det eksportert 2,65 millioner tonn sjømat, hvor 1,12 millioner tonn var atlantisk laks. Dette utgjorde en eksportverdi på 107,3 milliarder kroner, der lakseeksporten utgjorde 72,51 milliarder kroner (Norges sjømatråd, 2020). Norge er den største produsenten av oppdrettslaks globalt, etterfulgt av Chile, Storbritannia, Canada og Færøyene (NOU 2019: 18, s. 65). Grunnet de naturgitte forholdene i Norge, med lang kystlinje, dype fjorder, gode strømforhold og oksygenrikt kaldt vann, har laks vært lett å oppdrette. Videre har arten også høy føreffektivitet sammenlignet med andre animalske proteinkilder. Hundre kg tørrfôr er vist å gi 65 kg laksefilet, sammenlignet med 20 kg fjærfefilet eller 12 kg svinefilet (Torrissen *et al.*, 2011).

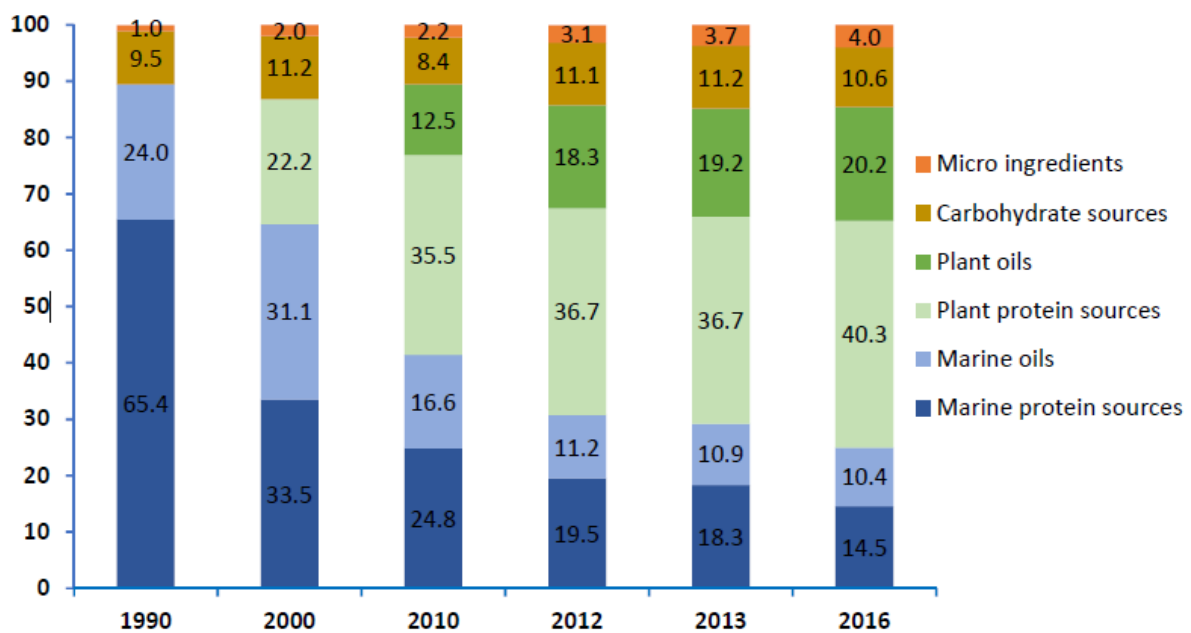
Produksjonen av atlantisk laks har ikke vært utelukkende positiv. På grunn av den store forskjellen i populasjonsstørrelsen mellom oppdrett- og villaks, betraktes oppdrettslaks som den største bidragsyteren for smitte av lakselus på villaks. Dette har medført innføring av et trafikklyssystem, ment for å regulere produksjonsmengden avhengig av hvor mye lakselus det er på oppdrettslaksen (Grefsrud *et al.*, 2019). Rømt oppdrettslaks er en annen utfordring for næringen. Genetisk innblanding av oppdrettslaks i villaksbestandene svekker bestandenes evne til å tilpasse seg miljøet, samt reduserer villaksens evne til reproduksjon. Både næring og forvaltning har nullvisjon på rømming (Grefsrud *et al.*, 2019).

### Utviklingen av sammensetningen av laksefôr

Når oppdrettsnæringen startet på 70-tallet i Norge ble kvernet pelagisk fisk brukt som fôr. Føreffektivitet var lav og det kunne brukes opp mot 7 kg fôr til å produsere 1 kg laks (Torrissen *et al.*, 2011). På 80-tallet ble det innført pellets bestående hovedsakelig av fiskemel og fiskeolje. I disse var det et høyt nivå av protein (45-55 %) og et lavt nivå av fett (8-22 %) (Torrissen *et al.*, 2011). Dette endret seg på 90-tallet med innføringen av ekstruderings- og vakuumbellegg teknologi, som gjorde det mulig å få opp fettnivået til 37 % i pellets (Torrissen *et al.*, 2011).



Fiskemel og fiskeolje regnes som optimale kilder for protein og lipider i fiskefôr til laks. Dette er fordi fiskemelet inneholder de essensielle aminosyrene (EAA) fisken trenger, mens fiskeoljen er rik på langkjedede omega-3 fettsyrer (LC-n-3) (Sørensen *et al.*, 2011). Etterhvert som oppdrettsnæringen har vokst, har etterspørselen av fiskemel og fiskeolje oversteget tilgjengeligheten (Torrissen *et al.*, 2011), noe som har bidratt til at fiskemel og fiskeolje har blitt en dyr vare. Som en konsekvens av dette har oppdrettsnæringen begynt å bruke rimeligere plantebaserte protein- og lipidkilder (figur 1) (Aas *et al.*, 2019). Plantebaserte proteiner inneholder en lavere mengde EAA, og planteoljer har et høyt omega-6 og et lavt omega-3 innhold (Torrissen *et al.*, 2011).



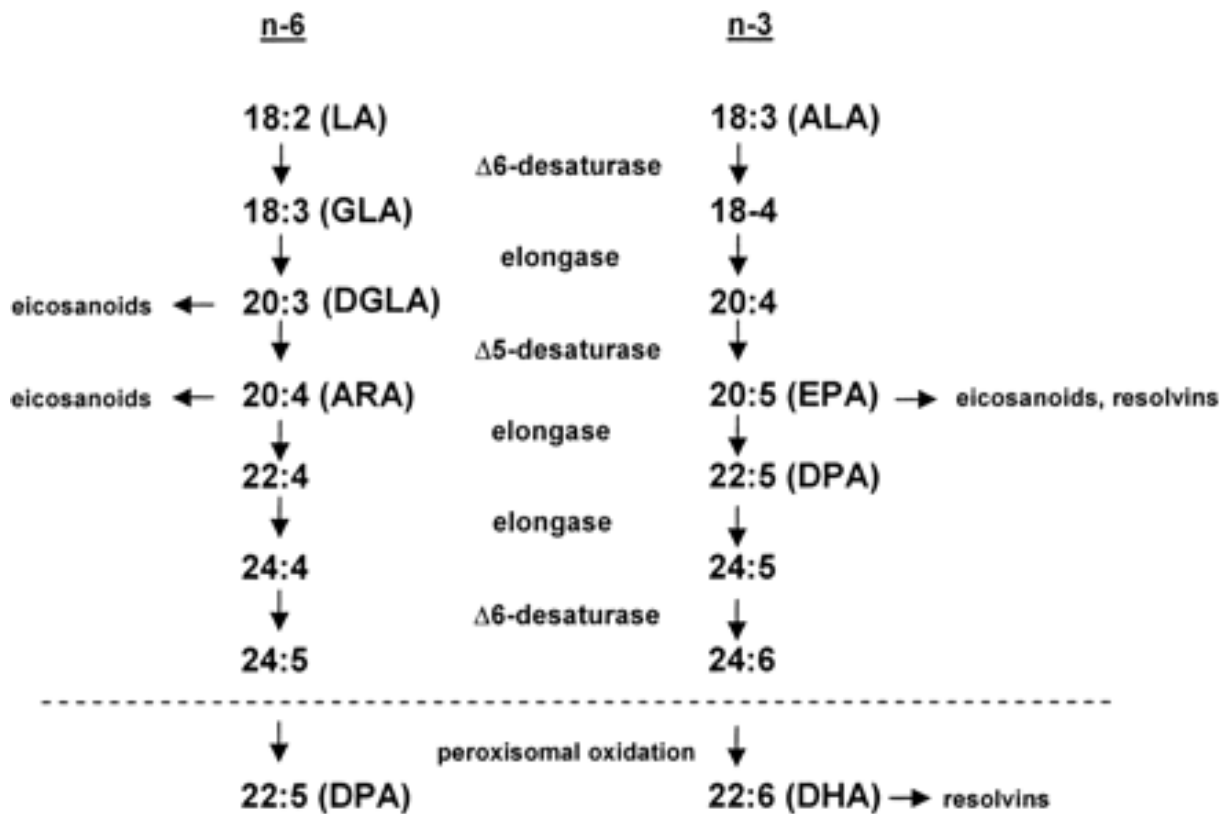
Figur 1: Utvikling av førsammensetningen til norsk lakseoppdrett fra 1990 til 2016. Hver ingrediens er vist som prosentandel av det totale innholdet. Figur fra Aas *et al.* (2019).

### Marint fett og fettsyrer

En fettsyre består av en karbonkjede med en karboksylgruppe. Naturlig har fettsyrene et partall antall karbonatom, og består som regel av 12 til 22 karbonatomer. I dyre og plantefett forekommer oftest fettsyrer med 14, 16 og 18 karbonatomer, mens marine dyr har et høyt innhold av fettsyrer med 20 og 22 karbonatomer. Fettsyrene kan deles inn etter antall dobbeltbindinger i karbonkjeden; mettede fettsyrer (SFA) har ikke dobbeltbinding, enumettede fettsyrer (MUFA) har en dobbeltbinding, og flerumettede fettsyrer (PUFA) har to eller flere

dobbeltbindinger. Videre defineres PUFA ut fra hvor første dobbeltbinding er etter metylenden på karbonkjeden. Hvis dobbeltbindingen er på karbon 3 fra metylenden betegnes det som en omega-3 fettsyre (n-3), og dersom den er på karbon 6 betegnes det som en omega-6 fettsyre (n-6).

Planter og planteplankton har enzymer som kan plassere dobbeltbindingen i n-6 og n-3 posisjon kalt  $\Delta 12$ - og  $\Delta 15$ -desaturase (figur 2). Disse enzymene er nødvendig for å lage linolsyre (LA: 18:2 n-6) og  $\alpha$ -linolensyre (ALA: 18:3 n-3). Dyr (inkludert mennesker) og fisk mangler disse enzymene som gjør at de ikke kan produsere LA og ALA. Dette gjør at disse fettsyrene er essensielle og må tilføres via kosten. Med enzymene  $\Delta 5$ - og  $\Delta 6$ -desaturase kan LA og ALA videre syntetiseres til de viktige fettsyrene arakidonsyre (ARA: 20:4 n-6) og eikosapentaensyre (EPA: 20:5 n-3)/dokosaheksaensyre (DHA: 22:6 n-3). Planter som står lavt i næringskjeden, særskilt marint fytoplankton, har mye av disse enzymene. Dette gjør at de har et høyt innhold EPA og DHA. Dyr og fisk har derimot lite av de samme enzymene, og har lav evne til å syntetisere ARA, EPA og DHA. Dette medfører at disse fettsyrene også må tilføres via kosten (Olsen, 2017).



Figur 2: Skjematisk fremstilling av syntesen av linolsyre (LA: 18:2 n-6) til arakidonsyre (ARA: 20:4 n-6),  $\alpha$ -linolensyre (ALA: 18:3 n-3) til eicosapentaensyre (EPA: 20:5 n-3) og docosaheksaensyre (DHA: 22:6 n-3), samt de nødvendige enzymene for hvert trinn i syntesen. Figur fra Arterburn *et al.* (2006).

## Marine proteiner

Det finnes totalt 20 ulike aminosyrer (AA) hvorav ni er essensielle for mennesker, det vil si at de ikke syntetiseres i kroppen og må tilføres gjennom kosten. De essensielle aminosyrene er fenyylalanin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, metionin, treonin, tryptofan og valin (Wu, 2013). Kvalitet på proteinet bestemmes av fordøyelighet og innhold av EAA. Proteiner som inneholder alle EAA med mengde større enn WHO/FAO/UNUs referanseverdier (tabell 1) (WHO/FAO/UNU, 2007), og kan fordøyes lettere eller likt som eggehvite eller melkeproteiner, kalles for høykvalitetsproteiner. Animalske proteiner fra blant annet fisk regnes som høykvalitetsproteiner (Damodaran, 2017).

Tabell 1: WHO/FAO/UNUs anbefalte daglig inntak av essensielle aminosyrer (EAA) for et voksent menneske. Verdiene er oppgitt i mg/kg per dag. Modifisert fra WHO/FAO/UNU (2007).

Aminosyre	Voksne
Fenylalanin + tyrosin	25
Histidin	10
Isoleucin	20
Leucin	39
Lysin	30
Methionin + cystin	15
Treonin	15
Tryptofan	4
Valin	26
Total essensiell aminosyre	184

Det er blitt mer fokus på aminosyrers helseeffekt utover at de fungerer som byggesteiner for proteiner og polypeptider i kroppen. Det er blitt funnet en gruppe med aminosyrer som deltar og regulerer viktige metabolske prosesser som kan forbedre helse, vekst, utvikling og reproduksjon, kalt funksjonelle aminosyrer (Wu, 2013). De funksjonelle aminosyrene er arginin, cystein, glutamin, leucin, prolin og tryptofan (Wu, 2009).

### Sjømat og helse

God helse er ofte relatert til et godt kosthold. Det er godt dokumentert at inntak av fisk og sjømat gir positive helseeffekter. Disse effektene har vært tillagt LC-n-3 fettsyrene EPA og DHA. Det er dokumentert at inntak av disse fettsyrene kan ha en positiv helseeffekt relatert til hjerte- og karsykdommer (Li *et al.*, 2020), fosterutvikling (Jensen, 2006) og kognitiv og mental utvikling (Hibbeln *et al.*, 2019). Basert på de dokumenterte effektene er det utviklet et anbefalt daglig inntak av LC-n-3, dog disse anbefalingene varierer. European Food Safety Authority (2010) og FAO (2010) anbefaler et daglig inntak på 250 mg, mens Scientific Advisory Committee on Nutrition anbefaler 450 mg (SACN, 2004). Det norske helsedirektoratet har ikke et anbefalt daglig inntak på LC-n-3. I stedet anbefales det å spise 300-450 gram fisk i uken, der minst 200 gram burde være fet fisk (Helsedirektoratet, 2016). Det vestlige kostholdet har endret seg mye de siste 100 årene. På begynnelsen av 1900-tallet økte innholdet av mettede fettsyrer og transfett i kostholdet, og forholdet mellom n-6/n-3 økte fra 2:1 til 15-20:1 (Simopoulos,

2011). Det høye n-6/n-3 forholdet er ofte blitt relatert til livsstilssykdommer, og det er derfor blitt anbefalt å holde forholdet lavt i kostholdet (Simopoulos, 2016). I de to siste tiårene har konsumet av transfett gått drastisk ned igjen, men inntaket av mettede fettsyrer og forholdet mellom n-6/n-3 er fortsatt for høyt (Helsedirektoratet, 2019).

### Differensiering av ulike filetstykker

Kjøttindustrien har lenge utviklet spesifikke stykker som markedsføres som høykvalitetsprodukter. Dette har gitt en substansiell tilleggsverdi til produktene (Skjervold *et al.*, 2001). For å øke sitt konkurransefortrinn har norsk oppdrettsnæring primært fokusert på prosessinnovasjon framfor produktinnovasjon, noe som ikke vil skape varig konkurransefortrinn (Winther *et al.*, 2014). I dag selges laksefilet oftest i porsjonsstykker, hvor det generelt ikke skilles på næringssammensetningen mellom forskjellige stykker. Det er dokumentert forskjeller i næringssammensetningen på fileten, som blant annet hvordan fettinnholdet er fordelt (Einen *et al.*, 1998). Denne dokumentasjonen er blitt fragmentert, da næringssammensetningen til laksefilet ofte er delmål i studier, og måles gjerne fra forskjellige stykker i fileten (Mørkøre *et al.*, 2002).

### Mål med oppgaven

Målet med denne masteroppgaven var å sammenligne den biokjemiske sammensetningen av forskjellige filetstykker i vill- og oppdrettet atlantisk laks (*Salmo salar* L.), med hovedfokus på totalt fettinnhold og fettsyresammensetning.

## Materialer og Metoder

### Kjemikalier

Leverandør av kjemikalier til analyser var Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) hvis ikke annet er oppgitt: Internstandard (IS heptadonoic acid C17:0), Diklormetan (DCM), Metanol (MeOH), Natriumklorid (NaCl), Svovelsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Heptan (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>), N-leucin (C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>2</sub>), Saltsyre (HCl). Litium citrat buffer (Li<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>) levert av Biochrom Co. (Cambridge, UK) og nitrogen gass (N<sub>2</sub>-gass) levert av AGA AS. (Oslo, Norge).

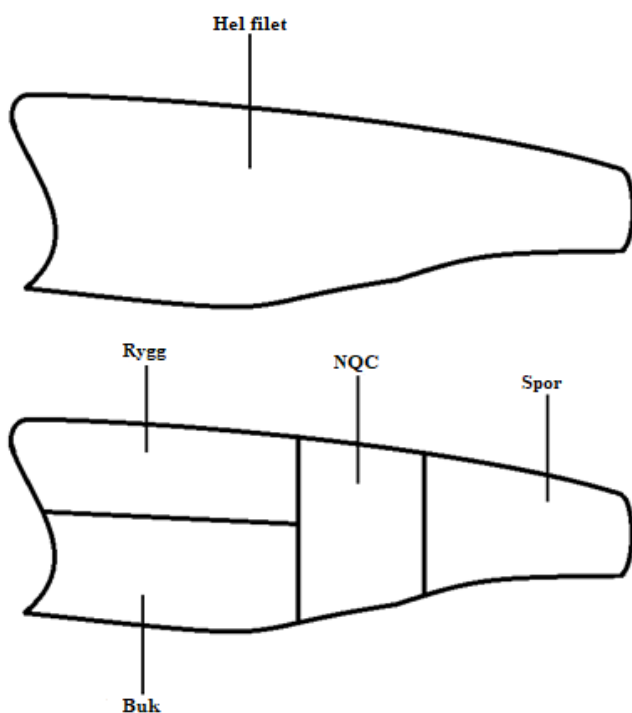
### Råstoff

Vill- og oppdrettet atlantisk laks (*Salmo salar* L.) ble kjøpt ferdig sløyd fra forhandler. Villaksen (n=6, sløyd vekt 4,7 ± 0,7 kg) var fanget ved Loppa kommune i Finnmark og kjøpt hos Eide Handel AS, Tromsø. Oppdrettslaksen (n=6, sløyd vekt 3,8 ± 0,2 kg) var fra Lerøy Aurora AS, Skjervøy.

Etter anskaffelse ble laksen fryselaagret ved - 44 °C før oppstart av analyser. Villaksen ble fryst inn 3 døgn etter slakt og lagret i 1 måned. Oppdrettslaksen ble fryst inn 1 dag etter slakt og lagret i 2 måneder. Vill- og oppdrettslaksen ble tint ved 4 °C i 3 døgn før filetering.

### Forsøksdesign

Fileteringen ble gjennomført manuelt post-rigor. Bein, buklist og skinn ble fjernet fra hver filet. Venstre filet ble beholdt hel og høyre filet ble inndelt i; bukstykke, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykke og sporstykke (figur 3). Hvert stykke ble veid og kvernet individuelt med en kjøttkvern (Bosch ProPower MFW68660, Tyskland), og fryselaagret ved - 44 °C til videre analyser.



Figur 3: Skissert inndeling av vill- (n=6) og oppdrettet (n=6) atlantisk laks (*Salmo salar* L.) etter filetering. Venstre filet (øverst) ble analysert hel, mens høyre filet (nederst) ble delt inn i bukstykke, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykke og sporstykke for videre analyser.

### Fettekstraksjon

Fettekstraksjonen ble gjennomført med en modifisert versjon av Folchs metode (Folch *et al.*, 1957). Cirka 1 gram prøve ble tilsatt 1 ml internstandard (IS) (heptadecanoic acid (C17:0)) med konsentrasjon 10 mg/ml med Diklormetan/Metanol (DCM:MeOH) (2:1, v/v), og 19 ml med DCM:MeOH (2:1, v/v). Prøvene ble kjørt i vortex mixer, og ble deretter ristet i 60 minutter med en automatisk homogenisator (Multi Reax, Tyskland). Løsningen ble filtrert gjennom foldepapir og tilsatt 4 ml 0,9 % natriumklorid (NaCl). Prøvene ble ristet og deretter sentrifugert i sentrifuge (Heraeus Multifuge 1 S-R, Tyskland) på 2000 x (G) i 10 min. Etter sentrifugeringen ble nederste fase bestående av lipider og DCM:MeOH overført til rundkolber, og videre dampet tørr av en nitrogeninddamper (Sample Concentrator SBHCONC/1, England) ved 30 °C, 100-400 mbar.

Fettinnholdet i prøven ble bestemt gravimetrisk med følgende formel:

$$\% \text{ Fett} = \left( \frac{(\text{Rundkolbe med innhold} - \text{Rundkolbe tom})}{\text{Innveid mengde prøve}} \right) \times 100 \%$$

## Analyse av fettsyresammensetning; Metylering og gasskromatografi

Fettsyresammensetningen ble bestemt med metylering og gasskromatografi (Stoffel *et al.*, 1959). Ekstrahert fett ble løst til 10 mg/ml med DCM:MeOH (2:1, v/v), av dette ble 100 µl tilsatt 0,9 ml diklormetan og 2 ml 2 % (v/v) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i metanol. Prøvene satt i en varmeblokk (Drybath Stdrd, Tyskland) på 100 °C i en time, før det ble tilsatt 3,5 ml heptan og 3,5 ml 5 % NaCl. Rørene ble ristet og dannet to faser. Den øverste fasen bestående av heptan og lipider ble pipettert over i rundkolber og dampet tørr med en nitrogeninndamper (Sample Concentrator SBHCONC/1, England) ved 30 °C, før de videre ble løst i 100 µl heptan og overført til analyserør.

Prøvene ble analysert av en Agilent 6890N (USA), med en 7683B autoinjektor og flammeionisasjonsdetektor (FID). Det ble benyttet helium som bæregass og fettsyrene ble identifisert ut av retensjonstiden gjennom en Varian CP7419 kapillærkolonne (50 m x 250 µm x 0,25 µm nominal), etter å bli sammenlignet med kjente standarder.

Andelen av de kjente fettsyrene (FA) ble bestemt ut fra arealprosenten, og mengde fettsyre per 100 g ble beregnet ut fra internstandard (IS) med følgende formel:

$$\left( \frac{\text{Areal topp FA}}{\text{Areal topp IS}} \times \frac{\text{Tilsatt IS (g)}}{\text{Vekt prøve (g)}} \right) \times 100 \text{ g}$$

## Vann- og askeinnhold

Vann- og askeinnholdet ble bestemt med AOAC 950.46b og AOAC 938.08 (Horwitz, 2004). Cirka 10 gram prøve ble plassert i varmeskap på 105 °C til stabil vekt ble oppnådd. Følgende formel ble brukt for å utregne prosentvist vanninnhold:

$$\% \text{ Vanninnhold} = \left( \frac{\text{Vekt (før tørking)} - \text{Vekt (etter tørking)}}{\text{Vekt (før tørking)}} \right) \times 100 \%$$

De tørkede prøvene ble plassert i en forbrenningsovn på 540 °C i 16 timer, før de ble veid på nytt. Følgende formel ble brukt for å utregne prosentvist askeinnhold:

$$\% \text{ Askeinnhold} = \left( \frac{\text{Vekt (etter tørking og forbrenning)}}{\text{Vekt (før tørking og forbrenning)}} \right) \times 100 \%$$



### Analyse av aminosyrer

Total aminosyre ble analysert med syrehydrolyse og væskekromatografi i metode beskrevet av Mæhre *et al.* (2018). 200 mg vått prøvemateriale ble tilsatt 0,2 ml destillert vann, 0,5 ml 20 mM N-leucin (internstandard) og 1,2 ml konsentrert saltsyre (37 %). Prøvene ble flushet med nitrogen i 10-15 sekunder, deretter satt til hydrolyse på 110 °C i 24 timer. Etter hydrolyse ble 100 µl hydrolysat overført til analyserør, dampet tørr med nitrogengass og oppløst i 1 ml loading buffer (litium citrat buffer, pH 2,2). Prøvene ble analysert av en Biochrom 30 Aminosyreanalysator (Biochrom Co., Cambridge, UK) med en litiumcitrat-ekvilibrert kolonne og postkolonne-derivatisering med ninhydrin. UV-signalene fra de deriviserte aminosyrene ble analysert med Chromeleon Software (Dionex, Sunnyvale, CA, USA) og identifisert ved sammenligning mot A9906 fysiologisk aminosyrestandard (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA).

## Resultat

### Biokjemisk sammensetning i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks

Den biokjemiske sammensetningen, innhold av fett, vann, aske og protein, ble bestemt i filet på vill- og oppdrettet atlantisk laks. Hver laks ble filetert, og en filet ble analysert hel, mens den andre fileten ble inndelt i fire stykker: sporstykket, NQC, ryggstykket og bukstykket (tabell 2). Det ble funnet dobbelt så høyt fettinnhold i hel filet av oppdrettet laks (15,6 %) sammenlignet med villaks (8,0 %), og denne forskjellen gjaldt også for de andre stykkene, foruten om sporstykket. Fettinnhold i bukstykket var høyere sammenlignet med de andre stykkene for både vill- (9,3 %) og oppdrettet laks (18,3 %). Ryggstykket og NQC hadde relativt likt fettinnhold, (henholdsvis 6 % i vill- og 12-14 % i oppdrettet laks), mens bukstykket hadde et lavere fettinnhold (henholdsvis 5,4 % og 8,1 %).

Villaksen hadde et høyere vanninnhold enn oppdrettslaksen i samtlige stykker. For både vill- og oppdrettet laks ble det funnet høyest vanninnhold i sporstykket (henholdsvis 73,0 % og 70,6 %), og lavest i bukstykket (henholdsvis 67,8 % og 61,0 %). Som observert for fettinnholdet, var det relativt likt vanninnhold i NQC og ryggstykket på både vill- (71 %) og oppdrettet laks (ca. 64-65 %). Askeinnholdet ble målt likt i hel filet fra vill- og oppdrettet laks, og det ble heller ikke observert noen forskjell på filetstykkene. Proteininnholdet var likt i hel filet fra vill- og oppdrettet laks (ca. 15 %), og det ble heller ikke observert noen forskjell mellom filetstykkene.

Tabell 2: Prosentvis sammensetning av fett, vann, aske og protein i hel filet av vill- (n=6) og oppdrettet (n=6) atlantisk laks (*Salmo salar* L.), samt i sporstykket, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykket og bukstykket. Resultatene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik.

	<b>Fett</b>		<b>Vann</b>		<b>Aske</b>		<b>Protein</b>	
	Villaks	Oppdrettslaks	Villaks	Oppdrettslaks	Villaks	Oppdrettslaks	Villaks	Oppdrettslaks
Hel	8,0 ± 1,6	15,6 ± 1,9	69,9 ± 1,7	63,2 ± 1,4	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	15,5 ± 2,2	14,5 ± 0,8
Spor	5,4 ± 1,6	8,1 ± 2,0	73,0 ± 0,9	70,6 ± 1,2	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	17,3 ± 0,9	15,9 ± 0,6
NQC	6,3 ± 1,4	12,6 ± 1,5	71,3 ± 0,9	65,1 ± 1,2	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	16,2 ± 1,4	15,3 ± 0,6
Rygg	6,1 ± 1,2	14,4 ± 1,5	71,1 ± 0,6	63,7 ± 1,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,0	16,8 ± 0,4	14,7 ± 0,6
Buk	9,3 ± 2,3	18,3 ± 2,2	67,8 ± 1,9	61,0 ± 1,8	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,0	15,5 ± 1,4	13,5 ± 0,3

## Fettsyresammensetning i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks

Fettsyresammensetningen ble bestemt i hel filet av vill- og oppdrettet atlantisk laks, samt i sporstykket, NQC, ryggstykket og bukstykket (tabell 3), og sum av SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6 og n-6/n-3 forholdet ble regnet ut. Fettsyrer med arealprosent under 0,5 % ble ikke inkludert i presentasjon av resultatet.

Den prosentvise andelen SFA var større i villaks (23,7 %) sammenlignet med oppdrettet laks (14,6 %). Palmitinsyre (16:0) utgjorde hoveddelen (henholdsvis 15,3 % og 9,9 %) av SFA i begge artene. Hos villaks utgjorde myristinsyre (14:0) en større andel (5,2 %) enn stearinsyre (18:0) (3,2 %), mens det motsatte var tilfellet for oppdrettet laks hvor andelen stearinsyre (2,9 %) var større enn myristinsyre (1,8 %). Det ble ikke observert noen forskjell i SFA i de forskjellige filetstykkene, hverken for vill eller oppdrettet laks.

Den prosentvise andelen MUFA var høyere i oppdrettet laks (47,0 %) sammenlignet med villaks (43,8 %). Oljesyre (18:1 n-9) var mest dominerende i begge artene, men andelen var mindre i villaks (13,7 %) sammenlignet med oppdrettet laks (36,5 %). I villaks ble det også funnet et relativt høyt nivå av cetolensyre (22:1 n-11) (9,1%) og gadolensyre (20:1 n-9) (7,7 %), mens i oppdrettet laks hadde disse fettsyrene en lavere andel (henholdsvis 1,5 % og 2,3 %). Det ble også detektert et lavt innhold av nervonsyre (24:1 n-9) i villaks (0,8 %), som ikke var tilstede i oppdrettet laks. Det ble ikke observert forskjell i andel MUFA mellom de ulike filetstykkene.

Den prosentvise andel PUFA var høyere i oppdrettet laks (38,0 %) sammenlignet med villaks (31,3 %). Oppdrettet laks hadde en mye høyere andel av n-6 fettsyrer enn villaks, mens det motsatte var gjeldende for n-3 fettsyrer. Av n-6 fettsyrer ble det funnet to i oppdrettet laks, LA (14,4 %) og eikosadienonsyre (20:2 n-6) (1,3 %). For villaks ble det funnet en n-6 fettsyre, LA (1,5 %). I villaks utgjorde DHA, EPA og stearidonsyre (18:4 n-3) mesteparten av n-3 fettsyrene (henholdsvis 13,2 %, 5,4 % og 5,9 %), mens andelen av samtlige fettsyrer var lavere i oppdrettet laks (henholdsvis 5,4 %, 3,0 % og 2,4 %). Oppdrettet laks hadde større andel ALA (9,1 %), enn villaks (2,4 %). Forholdet mellom n-6 og n-3 fettsyrer ble beregnet til 0,05 i villaks, og 0,74 i oppdrettet laks. Det ble ikke observert forskjeller i PUFA, PUFA n-3 og n-6/n-3-forholdet mellom filetstykkene.

### Mengden av fettsyrer i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks

Mengde fettsyrer g/100g filet ble kalkulert utfra prosentvis fettsyresammensetning og fettinnhold (tabell 4). Oppdrettet laks (15,6 %) hadde dobbel så høyt fettinnhold i hel filet sammenlignet med villaks (8,0 %).

Den totale mengden SFA var tilnærmet lik i hel filet på vill- (1,1 g) og oppdrettet laks (2,1 g), mens det ble observert større mengde MUFA og PUFA i hel filet på oppdrettet laks (6,7 g og 5,4 g) sammenlignet med villaks (2,2 g og 1,7g). Villaks hadde en høyere prosentandel av n-3 fettsyrer enn oppdrettet laks, men et lavere fettinnhold. Dette gjorde at den totale mengden n-3 fettsyrer i oppdrettet laks (3,0 g) var større sammenlignet med villaks (1,5 g).

Generelt ble det observert liten forskjell på mengden av de fleste fettsyrene mellom de ulike filetstykkene, i både vill- og oppdrettet laks. Unntaket var de fettsyrene som hadde stor andel i fettsyresammensetningen. For oppdrettet laks var dette palmitinsyre, oljesyre, LA, ALA og DHA, mens for villaks var det palmitinsyre, oljesyre, stearidonsyre og DHA. Selv om det ble funnet et innhold på 0,8 % av nervonsyre i filet på villaks, var mengden så lav at det ikke ble tatt med i tabell 4.

Tabell 3: Fettsyresammensetningen (arealprosent) i hel filet fra vill- (n=6) og oppdrettet (n=6) atlantisk laks (*Salmon salar* L.), samt i sporstykket, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykket og bukstykket. Resultatene er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.

Fettsyre	Villaks					Oppdrettslaks				
	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke
C 14:0	5,2 $\pm$ 1,2	4,4 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 0,5	5,0 $\pm$ 1,0	5,1 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,1
C 16:0	15,3 $\pm$ 3,1	16,0 $\pm$ 2,2	14,9 $\pm$ 1,6	15,3 $\pm$ 2,2	15,1 $\pm$ 1,9	9,9 $\pm$ 0,3	10,2 $\pm$ 0,6	10,2 $\pm$ 0,5	10,2 $\pm$ 0,2	10,2 $\pm$ 0,2
C 18:0	3,2 $\pm$ 0,7	3,6 $\pm$ 0,7	3,2 $\pm$ 0,4	3,3 $\pm$ 0,6	3,1 $\pm$ 0,6	2,9 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1
C 16:1 n-7	4,4 $\pm$ 0,4	4,1 $\pm$ 0,6	4,3 $\pm$ 0,5	4,2 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,1	2,2 $\pm$ 0,0	2,2 $\pm$ 0,1	2,2 $\pm$ 0,1
C 18:1 n-9	13,7 $\pm$ 0,9	12,7 $\pm$ 0,9	13,3 $\pm$ 1,1	13,1 $\pm$ 1,1	13,7 $\pm$ 1,1	36,5 $\pm$ 0,3	34,8 $\pm$ 1,8	36,6 $\pm$ 0,4	36,6 $\pm$ 0,5	37 $\pm$ 0,6
C 18:1 n-7	2,8 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 0,0	2,7 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,0	2,8 $\pm$ 0,0	2,8 $\pm$ 0,0
C 20:1 n-9	7,7 $\pm$ 3,4	6,3 $\pm$ 3,6	8,0 $\pm$ 3,5	7,0 $\pm$ 4,0	7,2 $\pm$ 4,1	2,3 $\pm$ 1,6	2,0 $\pm$ 1,4	2,4 $\pm$ 1,2	2,9 $\pm$ 1,5	2,7 $\pm$ 1,4
C 22:1 n-11	9,1 $\pm$ 4,6	8,5 $\pm$ 3,2	8,7 $\pm$ 4,5	8,7 $\pm$ 4,5	9,0 $\pm$ 4,7	1,5 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1
C 22:1 n-9	5,3 $\pm$ 3,8	3,3 $\pm$ 2,5	4,5 $\pm$ 3,2	4,4 $\pm$ 3,3	5,3 $\pm$ 3,7	1,5 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1
C 24:1 n-9	0,8 $\pm$ 0,4	0,7 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,3	0,8 $\pm$ 0,3	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
C 18:2 n-6	1,5 $\pm$ 0,7	1,4 $\pm$ 0,5	1,7 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,3	14,4 $\pm$ 0,2	13,7 $\pm$ 0,7	14,3 $\pm$ 0,2	14,4 $\pm$ 0,1	14,4 $\pm$ 0,2
C 18:3 n-3	2,4 $\pm$ 2,1	2,4 $\pm$ 1,4	3,7 $\pm$ 2,4	3,3 $\pm$ 3,4	2,6 $\pm$ 2,5	9,1 $\pm$ 0,2	8,6 $\pm$ 0,4	8,9 $\pm$ 0,2	9,1 $\pm$ 0,2	9,0 $\pm$ 0,2
C 18:4 n-3	5,9 $\pm$ 3,0	5,7 $\pm$ 3,2	4,2 $\pm$ 2,3	6,1 $\pm$ 3,2	6,4 $\pm$ 3,3	2,4 $\pm$ 1,5	2,4 $\pm$ 1,3	2,3 $\pm$ 1,2	1,8 $\pm$ 1,5	2,1 $\pm$ 1,4
C 20:2 n-6	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	1,3 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1
C 20:5 n-3	5,4 $\pm$ 0,8	5,8 $\pm$ 0,6	5,5 $\pm$ 0,6	5,4 $\pm$ 0,8	5,2 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,4	3,0 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,0	2,9 $\pm$ 0,0	2,8 $\pm$ 0,1
C 22:5 n-3	2,5 $\pm$ 0,7	2,6 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,0	1,4 $\pm$ 0,0	1,4 $\pm$ 0,0	1,4 $\pm$ 0,0	1,4 $\pm$ 0,0
C 22:6 n-3	13,2 $\pm$ 1,6	16,6 $\pm$ 1,7	14,3 $\pm$ 1,4	14,0 $\pm$ 1,5	12,3 $\pm$ 1,1	5,4 $\pm$ 0,2	6,8 $\pm$ 0,5	5,6 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 0,2	5,1 $\pm$ 0,2
Total SFA	23,7 $\pm$ 4,6	24,0 $\pm$ 3,1	22,9 $\pm$ 2,0	23,5 $\pm$ 2,9	23,3 $\pm$ 2,3	14,6 $\pm$ 0,5	14,9 $\pm$ 0,9	15,0 $\pm$ 0,7	14,7 $\pm$ 0,4	14,8 $\pm$ 0,4
Total MUFA	43,8 $\pm$ 4,6	38,4 $\pm$ 3,7	42,4 $\pm$ 3,4	40,7 $\pm$ 4,6	43,1 $\pm$ 4,8	47,0 $\pm$ 1,8	44,7 $\pm$ 2,5	46,7 $\pm$ 1,0	47,7 $\pm$ 1,8	47,7 $\pm$ 1,7
Total PUFA	31,3 $\pm$ 3,2	35,2 $\pm$ 2,6	32,4 $\pm$ 2,5	33,5 $\pm$ 2,7	31,8 $\pm$ 3,6	38,0 $\pm$ 2,3	38,9 $\pm$ 2,2	38,0 $\pm$ 1,5	37,6 $\pm$ 2,1	37,2 $\pm$ 2,1
PUFA n-3	29,5 $\pm$ 2,4	33,1 $\pm$ 2,0	30,3 $\pm$ 2,6	31,3 $\pm$ 2,5	29,2 $\pm$ 3,6	21,3 $\pm$ 1,8	22,3 $\pm$ 2,0	21,1 $\pm$ 1,4	20,6 $\pm$ 1,7	20,4 $\pm$ 1,6
n-6/n-3	0,05 $\pm$ 0,03	0,04 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,02	0,74 $\pm$ 0,06	0,68 $\pm$ 0,05	0,75 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,06	0,78 $\pm$ 0,06

i.d = ikke detektert (<0,5%), SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, n-6 = omega-6 fettsyrer og n-3 = omega-3 fettsyrer.

Tabell 4: Mengde fettsyrer (g/100 g) i hel filet fra vill- (n=6) og oppdrettet (n=6) atlantisk laks (*Salmon salar* L.), samt i sporstykket, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykket og bukstykket. Resultatene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik.

Fettsyre	Villaks					Oppdrettslaks				
	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke
C 14:0	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0
C 16:0	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,9 ± 0,2	1,4 ± 0,2	0,7 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,2
C 18:0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1
C 16:1 n-7	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,0
C 18:1 n-9	0,7 ± 0,2	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,2	5,2 ± 0,7	2,3 ± 0,8	4,0 ± 0,6	4,6 ± 0,8	5,9 ± 0,6
C 18:1 n-7	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,0
C 20:1 n-9	0,4 ± 0,3	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0,4 ± 0,2	0,5 ± 0,3
C 22:1 n-11	0,5 ± 0,3	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C 22:1 n-9	0,3 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C 24:1 n-9	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
C 18:2 n-6	0,1 ± 0,0	i.d	0,1 ± 0,0	i.d	0,1 ± 0,0	2,0 ± 0,2	0,9 ± 0,3	1,6 ± 0,2	1,8 ± 0,3	2,3 ± 0,2
C 18:3 n-3	0,2 ± 0,1	i.d	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	1,3 ± 0,2	0,6 ± 0,2	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,1
C 18:4 n-3	0,3 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,2
C 20:2 n-6	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C 20:5 n-3	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0
C 22:5 n-3	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C 22:6 n-3	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Total SFA	1,1 ± 0,3	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,2	1,3 ± 0,3	2,1 ± 0,3	1,0 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,9 ± 0,4	2,4 ± 0,3
Total MUFA	2,2 ± 0,9	1,0 ± 0,2	1,5 ± 0,4	1,3 ± 0,4	2,2 ± 0,4	6,7 ± 0,9	3,0 ± 1,1	5,2 ± 0,9	6,0 ± 1,1	7,6 ± 1,0
Total PUFA	1,7 ± 0,7	0,9 ± 0,2	1,2 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,8 ± 0,4	5,4 ± 0,7	2,5 ± 0,7	4,2 ± 0,6	4,8 ± 0,6	6,0 ± 0,5
PUFA n-3	1,5 ± 0,6	0,8 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,7 ± 0,4	3,0 ± 0,4	1,4 ± 0,4	2,3 ± 0,2	2,6 ± 0,3	3,2 ± 0,3

i.d = ikke detektert, SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, n-6 = omega-6 fettsyrer og n-3 = omega-3 fettsyrer.

### Totale aminosyrer i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks

Totale aminosyrer (mg AA/g) ble analysert i hel filet av vill- og oppdrettet atlantisk laks, samt i sporstykket, NQC, ryggstykket og bukstykket (tabell 5). Av de 20 AA var det 3 som ikke ble detektert av aminosyreanalysatoren; tryptofan, asparagin og glutamin. Tryptofan er en syresensitiv AA og brytes ned under syrehydrolyse, og er derfor ikke presentert i tabell 5. Asparagin og glutamin deamineres under syrehydrolyse, og er derfor inkludert i glutamat og asparaginsyre innholdet. I hel filet ble det funnet større mengde TAA i villaks (180,3 mg) sammenlignet med oppdrettet laks (168,4 mg). Med hensyn på standardavvik var denne forskjellen liten. Omtrent 40 % av TAA var EAA for både vill- (71,3 mg) og oppdrettet laks (66,0 mg). Leucin og lysin utgjorde den største mengden av EAA i både vill- (henholdsvis 15,9 mg og 18,4 mg) og oppdrettet laks (henholdsvis 14,8 mg og 17,3 mg). Det ble ikke observert forskjell i TAA mellom de ulike filetstykkene, og heller ikke i mengde av hver AA.

Tabell 5: Total aminosyre (mg AA/g) (TAA) innhold i hel filet fra vill- (n=6) og oppdrettet (n=6) atlantisk laks (*Salmon salar* L.), samt i sporstykket, Norwegian quality cut (NQC), ryggstykket og bukstykket. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt ± standardavvik.

Aminosyrer	<u>Villaks</u>					<u>Oppdrettslaks</u>				
	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke	Hel	Sporstykke	NQC	Ryggstykke	Bukstykke
<b>EAA</b>										
Fenylalanin	8,3 ± 1,3	9,1 ± 0,4	8,4 ± 0,7	8,9 ± 0,3	8,3 ± 0,8	7,8 ± 0,3	8,5 ± 0,3	8,3 ± 0,2	8,0 ± 0,3	7,3 ± 0,2
Histidin	5,8 ± 1,0	6,1 ± 0,4	4,1 ± 2,6	5,3 ± 1,9	5,8 ± 0,6	4,7 ± 0,4	5,2 ± 0,2	5,1 ± 0,2	4,8 ± 0,3	4,3 ± 0,4
Isoleucin	8,2 ± 1,3	9,0 ± 0,4	8,9 ± 0,3	9,0 ± 0,4	8,2 ± 0,8	7,6 ± 0,5	8,4 ± 0,3	8,1 ± 0,3	7,7 ± 0,3	7,1 ± 0,2
Leucin	15,9 ± 2,4	17,4 ± 0,8	16,8 ± 0,7	17,2 ± 0,5	15,9 ± 1,5	14,8 ± 0,8	16,3 ± 0,5	15,7 ± 0,6	15,1 ± 0,4	14,1 ± 0,3
Lysin	18,4 ± 2,7	20,2 ± 1,0	19,5 ± 0,9	20,1 ± 0,7	18,4 ± 1,8	17,3 ± 0,8	18,9 ± 0,6	18,2 ± 0,7	17,6 ± 0,6	16,3 ± 0,3
Metionin	6,3 ± 0,9	7,0 ± 0,4	6,3 ± 1,0	6,6 ± 0,6	6,3 ± 0,6	5,9 ± 0,3	6,6 ± 0,2	6,3 ± 0,2	6,1 ± 0,2	5,6 ± 0,2
Treonin	9,7 ± 1,4	10,6 ± 0,4	10,1 ± 0,5	10,4 ± 0,3	9,6 ± 0,8	9,0 ± 0,5	9,9 ± 0,3	9,5 ± 0,3	9,2 ± 0,2	8,5 ± 0,1
Tryptofan	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
Valin	9,5 ± 1,5	10,4 ± 0,9	10,4 ± 0,3	10,6 ± 0,4	9,6 ± 0,9	9,0 ± 0,5	9,8 ± 0,3	9,5 ± 0,3	9,1 ± 0,4	8,4 ± 0,3
Sum EAA	71,3 ± 10,6	77,9 ± 3,2	73,1 ± 6	76,5 ± 2,2	71,2 ± 6,4	66,0 ± 3,4	72,6 ± 2,0	70 ± 2,2	67,3 ± 2,2	62,3 ± 1,5
<b>NEAA</b>										
Alanin	12,2 ± 1,8	13,4 ± 0,4	12,9 ± 0,5	13,2 ± 0,4	12,1 ± 1,0	11,5 ± 0,6	12,5 ± 0,4	12,1 ± 0,4	11,6 ± 0,2	10,9 ± 0,2
Arginin	15,5 ± 2,8	18,3 ± 2,1	16,0 ± 2,5	17,0 ± 1,6	15,7 ± 2,0	12,3 ± 0,8	13,9 ± 0,6	13,5 ± 0,9	13,0 ± 0,7	12,1 ± 0,7
Asparagin	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
Asparaginsyre	14,0 ± 2,1	15,2 ± 0,6	14,7 ± 0,7	15,3 ± 0,5	14,0 ± 1,3	13,1 ± 0,6	14,3 ± 0,4	13,9 ± 0,6	13,3 ± 0,4	12,4 ± 0,2
Cystein	0,1 ± 0,2	0,4 ± 0,3	0,2 ± 0,3	0,2 ± 0,2	0,1 ± 0,2	0,3 ± 0,3	0,5 ± 0,3	0,3 ± 0,3	0,4 ± 0,3	0,3 ± 0,3
Glutamat	28,5 ± 4,2	31,3 ± 1,6	29,9 ± 1,4	30,7 ± 0,9	28,5 ± 2,8	26,5 ± 1,5	29,3 ± 0,9	28,1 ± 1,1	27,2 ± 0,7	25,3 ± 0,6
Glutamin	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d	i.d
Glycin	9,6 ± 1,4	10,3 ± 0,6	9,8 ± 0,8	10,0 ± 0,3	9,4 ± 0,5	9,3 ± 0,4	9,8 ± 0,4	9,5 ± 0,3	9,0 ± 0,3	8,6 ± 0,2
Prolin	7,5 ± 1,2	8,1 ± 0,7	7,6 ± 0,6	7,9 ± 0,6	7,4 ± 0,6	6,9 ± 0,3	7,4 ± 0,3	7,2 ± 0,2	6,9 ± 0,3	6,4 ± 0,5
Serin	8,0 ± 1,2	8,8 ± 0,4	8,3 ± 0,2	8,6 ± 0,2	8,0 ± 0,7	7,5 ± 0,3	8,2 ± 0,3	7,9 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,1 ± 0,2
Tyrosin	2,6 ± 1,3	5,4 ± 3,8	4,9 ± 3,6	4,6 ± 3,5	3,0 ± 2,2	5,1 ± 2,5	5,4 ± 3,3	4,9 ± 2,6	5,1 ± 2,7	2,6 ± 2,8
Sum TAA	180,3 ± 7,0	200,9 ± 7,6	188,6 ± 7,3	195,6 ± 7,5	180,1 ± 7,0	168,4 ± 6,4	185,1 ± 7,0	177,9 ± 6,8	171,6 ± 6,5	157,4 ± 6,1

AA = aminosyre, EAA = essensiell aminosyre, NEAA = ikke essensiell aminosyre og i.d = ikke detektert.



## Diskusjon

Målet med oppgaven var å sammenligne biokjemisk sammensetning av forskjellige filetstykker av vill- og oppdrettet atlantisk laks (*Salmo salar* L.). Vill- (n=6) og oppdrettet laks (n=6) ble filetert, en filet ble analysert hel, mens den andre fileten ble inndelt i fire stykker: sporstykket, NQC, ryggstykke og bukstykke.

### Fettinnholdet i forskjellige filetstykker fra vill- og oppdrettet laks

Fettinnholdet var dobbelt så høyt i hel filet av oppdrettet laks sammenlignet med villaks, med henholdsvis gjennomsnitt på 15,6 % og 8,0 %. Det høye fettinnholdet viser at oppdrettslaksen har hatt rikelig tilgang på fôr, med et høyt energiinnhold. Med lav innsats for å tilegne seg føde, har oppdrettslaks også et lavt energiforbruk. Dette bidrar til et høyere fettinnhold enn i villaks. Tidligere studier har rapportert lignende funn av fettinnhold på mellom 12,5 – 18,8 % i hel filet fra oppdrettet laks (Hamilton *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2012), og 6,3 – 8,0 % fra villaks (Jensen *et al.*, 2012; Lundebye *et al.*, 2017). Lundebye *et al.* (2017) fant også et fettinnhold på 14 % i NQC fra oppdrettet laks. Det varierende fettinnholdet som er funnet tidligere kan være på grunn av næringsstatus til individene som er testet. I dette forsøket ble det også funnet store individuelle forskjeller på fettinnholdet i hel filet. Den magreste villaksen hadde et fettinnhold på 5,9 %, mens den feteste hadde et fettinnhold på 10,7 %. Oppdrettet laks varierte mellom 13,8 % og 19,6 % fett i hel filet. Villaks er en predator som jakter på føde, der både inntak og forbruk av energi vil variere, og det vil derfor alltid være en individuell forskjell på fettinnholdet. Oppdrettslaks har en tendens til å skape hierarki i merden, noe som kan medføre at noen individer spiser mer enn andre.

Flere tidligere studier har rapportert fettinnhold fra ulike stykker fra fileten. I dette forsøket ble det observert store forskjeller på fettinnholdet mellom de ulike filetstykkene, med et høyere fettinnhold foran på fileten enn lenger bak. Bukstykket fra oppdrettet laks inneholdt 18,3 % fett, ryggstykket 14,4 %, NQC 12,6 % og sporstykket 8,1 %. Disse resultatene samsvarer med tidligere funn (Einen *et al.*, 1998), der det ble dokumentert et fettinnhold på 18,8 % i bukstykket, 15,2 % i ryggstykket, 8,1 % i sporstykket og 16,7 % i hel filet uten buklist. I en artikkel av Mørkøre *et al.* (2002) var det også lignende funn i ulike deler fileten fra regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss* L.), foruten om et høyere fettinnhold i NQC (16,2 %) sammenlignet

med ryggstykket (8,7 %). I et forsøk gjort av Skjervold *et al.* (2001) ble det ikke funnet noen relativ forskjell på fettinnholdet ventralt og dorsalt i fileten. Sistnevnte studie skilte ikke mellom anterior og kaudale deler i fileten, som kan være grunnen til at det ikke var forskjell i fettinnholdet. De ulike fettinnholdene i forskjellige filetstykker fra laksefileten, gjør det vanskelig å sammenligne med resultater fra tidligere studier. For eksempel brukte Bell *et al.* (1998) koteletter fra laks, og ikke hel filet som andre studier. Koteletter som er hentet lenger bak på fisken vil sannsynligvis ha et lavere fettinnhold enn de som er hentet lenger frem. Da det er kjent at buklisten har et høyt fettinnhold, vil det også utgjøre stor forskjell å sammenligne en filet med eller uten buklisten. Lundebye *et al.* (2017) sammenlignet hel filet fra villaks mot NQC fra oppdrettet. Sammenligning mellom NQC og hel filet vil være problematisk. I en artikkel av Einen *et al.* (1998) ble det funnet stor forskjell mellom fettinnholdet mellom NQC (12,6 %) og hel filet (16,7 %). Dette understreker viktigheten med å bruke like filetstykker for å få en reel sammenligning. Siden buklisten har et høyt fettinnhold burde det også presiseres om den er fjernet eller ikke fra fileten, da den kan ha signifikant påvirkning av resultatet.

#### Sammensetning og mengde fettsyrer i forskjellige filletstykker fra vill- og oppdrettet laks

I hel filet ble det funnet et høyere LA-innhold i oppdrettet laks (14,4 %), sammenlignet med villaks (1,5 %). Generelt for marin fisk er innholdet av denne fettsyren under 2 % (McGill og Moffat, 1992), slik som også ble funnet på villaks. Tidligere studier angir lignende resultater med et høyere LA-innhold i oppdrettet laks sammenlignet med villaks (Bell *et al.*, 1998; Blanchet *et al.*, 2005; Hamilton *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2012; Lundebye *et al.*, 2017). Det høye LA-innholdet er sannsynligvis et resultat av at dietten til oppdrettslaksen består av mye planteoljer. Rapsolje som er den vanligste lipidkilden i laksefôr (Aas *et al.*, 2019), har et høyt innhold LA (Sørensen *et al.*, 2011). Rapsolje har også et høyt innhold av ALA og oljesyre (Sørensen *et al.*, 2011), som gjenspeiles med et høyt innhold av ALA (9,1 %) og oljesyre (36,5 %) i fileten på oppdrettet laks, sammenlignet med villaks (henholdsvis 2,4 % og 13,7 %). Tidligere studier viser samme trend med et høyere innhold av LA og ALA i fett av oppdrettet laks sammenlignet med villaks (Blanchet *et al.*, 2005; Hamilton *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2012; Lundebye *et al.*, 2017). I en artikkel av Blanchet *et al.* (2005), ble det funnet et innhold av LA på 7,4 % og ALA på 1,6 % i hel filet fra oppdrettet laks. Jensen *et al.* (2012) fant et høyere innhold av LA (9,1%) og ALA (3,1 %), som igjen var lavere sammenlignet med dette forsøket.

Dette indikerer at fôret til oppdrettet laks inneholder enda høyere andel plantemateriale enn tidligere. Det ble også dokumentert av Aas *et al.* (2019) en økning av vegetabiliske oljer i sammensetningen på laksefôret med 7,7 % mellom 2010 og 2016. Det ble ikke observert forskjeller i fettsyresammensetningen mellom filetstykkene, og forholdet mellom n-6 og n-3 var lik for hel filet og stykkene hver for seg. Einen *et al.* (1998) fant også lik fettsyresammensetning mellom ulike filetstykker fra oppdrettet laks.

Når man skal evaluere næringsinnhold med hensyn på fettsyrer er det viktig å ta hensyn til det totale fettinnholdet i fileten. Sporstykket som hadde det laveste fettinnholdet, hadde også minst mengde av samtlige fettsyrer. Henholdsvis hadde bukstykket høyest fettinnhold, og dermed størst mengde av fettsyrene. Selv om villaks hadde over dobbelt så høy prosentandel EPA og DHA i fettsyresammensetningen, gjorde det høye fettinnholdet i oppdrettet laks at mengden av disse fettsyrene per 100 g filet ble relativt lik for vill- (1,0 g) og oppdrettet laks (1,2 g). Med EFSA's anbefalte daglige dose på 0,25 g LC-n-3 (European Food Safety Authority, 2010), vil en 200 g porsjon av bukstykket fra oppdrettet laks gi 2,4 g EPA og DHA, som dekker det anbefalte inntaket for 9 dager. Ryggstykket med 2,2 g EPA og DHA vil dekke inntaket for 8 dager, NQC (1,8 g) for 7 dager og sporstykket (1,2 g) for 4 dager. En tilsvarende porsjon av de respektive filetstykkene fra villaks, foruten ryggstykket, hadde samme innhold av LC-n-3 som oppdrettet laks. Ryggstykket fra villaks hadde halvparten av EPA og DHA-innholdet (1,2 g) sammenlignet med oppdrettet laks (2,2 g), og vil dekke dagsbehovet for 4 dager.

Dagens vestlige kosthold har et høyt inntak av n-6, med et n-6/n-3-forhold ofte opp mot 15-20:1 (Simopoulos, 2016). Det er generelt anbefalt å konsumere mer fisk for å øke inntaket av LC-n-3, noe som kan bidra med en positiv helseeffekt (Li *et al.*, 2020). I dette forsøket ble det funnet at oppdrettet laks hadde femten ganger så høyt n-6/n-3-forhold enn villaks, henholdsvis 0,74 og 0,05. Selv med denne store forskjellen har oppdrettet laks fortsatt et lavt n-6/n-3-forhold. Da oppdrettet laks er rimeligere og mer tilgjengelig for konsumentene sammenlignet med villaks, kan den være en god kilde for å øke n-3 inntaket i kosten. Fra et ernæringsmessig perspektiv er det også viktig å ta hensyn til totalinntaket av energi. Oppdrettet laks hadde nesten dobbelt fettinnhold sammenlignet med villaks. Ved å bruke tallene fra fettinnholdet til hel filet, vil et 200 g porsjonsstykke fra oppdrettet laks gi 31 g fett, mens ett tilsvarende stykke fra villaks gir 16 g fett. Forskjellen på 15 g fett vil resultere i et økt kaloriinntak på 135 kcal.

### Vann- og askeinnhold i forskjellige stykker fra vill- og oppdrettet laks

Vann- og fettinnhold utgjør vanligvis rundt 80 % av fiskemuskel i fet fisk (Haard, 1992). Det ble funnet et lavere vanninnhold i oppdrettet laks enn villaks. Dette korrelerer med det høyere fettinnholdet i oppdrettet laks. Forskjellen på vanninnholdet mellom stykkene er også reflektert i fettinnholdet. Når fett- og vanninnholdet summeres, utgjør disse rundt 78 % av den biokjemiske sammensetningen av fileten for både oppdrettet og villaks.

Det ble ikke observert noen forskjell på askenivået mellom vill- og oppdrettet laks, eller mellom de forskjellige stykkene. Haard (1992) har rapportert at det ikke er forskjell i askeinnhold mellom vill- og oppdrettet fisk. I en artikkel av Mørkøre *et al.* (2002) ble det funnet signifikant forskjell på ulike filetstykker i regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss* L.). Fisk tilegner seg mineraler fra vannet de omgis og kostholdet, samt kan noen mineraler akkumulere seg i fiskemuskel over tid (Haard, 1992). Dette kan medføre en liten variasjon på askeinnholdet mellom individer.

### Proteininnhold og aminosyresammensetning i forskjellige stykker fra vill- og oppdrettet laks

Proteininnholdet ble analysert ved aminosyreanalyse og bestemt til å være på ca. 15 % for både vill- og oppdrettet laks. Tidligere studier har rapportert et høyere proteininnhold på 19 % i både vill- (Jensen *et al.*, 2012) og oppdrettet laks (Einen *et al.*, 1998; Jensen *et al.*, 2012). Årsaken til forskjellen i proteininnholdet kan være metoden for proteinmåling. Einen *et al.* (1998) brukte Kjeldahls metode, der nitrogeninnholdet analyseres og omregnes til protein med 6,25 som konverteringsfaktor. Metoder som analyserer nitrogeninnholdet har ofte en tendens til å overestimere proteininnholdet (Mæhre *et al.*, 2018). I dette forsøket ble det brukt aminosyreanalyse for å bestemme proteininnholdet. Denne metoden kan ofte underestimere proteininnholdet, da noe av AA-innholdet kan bli redusert eller fullstendig nedbrutt under syrehydrolyse (Mæhre *et al.*, 2018). Under syrehydrolyse ble tryptofan fullstendig nedbrutt, samt noe av innholdet av tyrosin og cystein.

Kvaliteten til protein bestemmes ut fra hvor lett det tas opp i kroppen, samt dekningsgrad av EAA. WHO/FAO/UNU (2007) har utarbeidet et anbefalt daglig inntak av EAA, til bedømmelse av proteinkilder. Det er godt etablert at kjøtt fra fisk er lettere å fordøye enn kjøtt fra terrestriske dyr, da fisk inneholder lavere mengder av bindevevsproteinet kollagen (Haard, 1992). Resultatet viser at samtlige EAA (bortsett fra tryptofan) ble detektert. Da det ikke ble

observert forskjell mellom de ulike filetstykkene, vil et 200 g porsjonsstykke fra både vill- og oppdrettet laks innfri WHO/FAO/UNUs anbefalte daglige inntak av EAA for en person på 70 kg (tabell 6).

Tabell 6: Anbefalte daglige inntak av essensielle aminosyrer (EAA) (WHO/FAO/UNU, 2007) for et voksent menneske på 70 kg, samt innholdet av EAA fra en 200 g porsjon av filetstykkene til vill- og oppdrettet laks. Verdiene er oppgitt i gram.

Aminosyre	Behov for en person på 70 kg	Mengde fra oppdrettet laks	Mengde fra villaks
Fenylalanin + tyrosin	1,8	2,6	2,2
Histidin	0,7	0,9	1,2
Isoleucin	1,4	1,5	1,6
Leucin	2,7	3,0	3,2
Lysin	2,1	3,5	3,7
Methionin + cystin	1,1	1,2	1,3
Treonin	1,1	1,8	1,9
Tryptofan	0,3	i.d	i.d
Valin	1,8	1,8	1,9

i.d = ikke detektert.

### Differensiering av laksefilet

Terrestrisk kjøttproduksjon har lenge differensiert på spesifikke deler av dyr for å øke verdiskapningen (Skjervold *et al.*, 2001). Hvert filetstykke fra denne studien hadde så stor forskjell på fettinnhold at det kunne vært et eget produkt. Denne store variasjonen på fettinnholdet viser et tydelig potensial for bedre utnyttelse og differensiering av fileten under prosessering. Med riktig markedsføring og innovasjonsevne fra næringen, kan dette øke verdiskapningen av laksefilet (Winther *et al.*, 2014). Bedriften Salma har allerede gått i denne retningen, og differensiert mellom buk- og ryggfilet. Med dette og den stabile kvaliteten på produktene sine, har de også klart å markedsføre produktene som høykvalitetsprodukter (Iversen *et al.*, 2010).

## Konklusjon

Fettinnholdet til oppdrettet atlantisk laks (*Salmo salar* L.) var dobbelt så høyt i samtlige filetstykker sammenlignet med villaks. Sporstykket hadde lavest innhold av fett, for NQC og ryggstykket var innholdet likt, mens høyest innhold ble funnet i bukstykket. Fettsyresammensetningen var lik mellom filetstykkene. Den prosentvise andelen av EPA og DHA var høyest i villaks, mens oppdrettet laks hadde en høy prosentandel av n-6. På grunn av det høye fettinnholdet i oppdrettet laks, ble mengden av EPA og DHA tilnærmet lik mellom vill- og oppdrettet laks. En porsjon på 200 g fra bukstykket til oppdrettet laks vil dekke EFSA's anbefalte dagsbehov av LC-n-3 i 9 dager. En tilsvarende porsjon fra sporstykket, som hadde lavest fettinnhold, vil dekke dette dagsbehovet i 4 dager. Respektive stykker fra villaks innfridde dagsbehovet i likhet med oppdrettet laks, foruten ryggstykket som hadde et lavere innhold av EPA og DHA. Oppdrettet laks kan fortsatt anses å være en god LC-n-3 kilde i kostholdet, men fra et ernæringsperspektiv burde en være oppmerksom på det høyere kaloriinnholdet i oppdrettet laks sammenlignet med villaks.

De store forskjellene i fettinnholdet i de ulike filetstykkene viser viktigheten av å bruke like filetstykker til sammenligning av biokjemisk sammensetning. Forskjellen i fettinnholdet viser også et potensiale for å utnytte fileten mer effektivt. Fileten kunne vært segmentert etter fettinnhold, for å tilpasses konsumentens behov.

Proteininnholdet og AA-sammensetningen var relativt lik mellom vill- og oppdrettet laks, og mellom de ulike filetstykkene. Dermed vil en porsjon på 200 g dekke WHO/FAO/UNUs anbefalte daglige inntak av EAA for en person på 70 kg.

## Referanser

- Aas, T. S., Ytrestøyl, T. og Åsgård, T. (2019). Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture Reports*, **15**, 100216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100216>
- Arterburn, L. M., Hall, E. B. og Oken, H. (2006). Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **83(6)**, 1467-1476. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1467S>
- Bell, J. G., McEvoy, J., Webster, J. L., McGhee, F., Millar, R. M. og Sargent, J. R. (1998). Flesh Lipid and Carotenoid Composition of Scottish Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46(1)**, 119-127. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf970581k>
- Blanchet, C., Lucas, M., Julien, P., Morin, R., Gingras, S. og Dewailly, E. (2005). Fatty acid composition of wild and farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Lipids*, **40(5)**, 529-531. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11745-005-1414-0>
- Damodaran, S. (2017). Amino Acids, Peptides, and Proteins, i Damodaran, S. og Parkin, K. L. (red) *Fennema's Food Chemistry*. 5. utg. Boca Raton: CRC Press, s. 235-351.
- Einen, O., Waagan, B. og Thomassen, M. S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, **166**, 85-104. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00279-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00279-8)
- European Food Safety Authority (2010). *EFSA sets European dietary reference values for nutrient intakes* [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/nda100326>
- FAO (2010). *Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation*. FAO Food and Nutrition Paper 91. Genève: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tilgjengelig fra: <http://www.fao.org/3/a-i1953e.pdf>
- Folch, J. Lees, M. og Sloane Stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids for animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **226**, 487-509.

- Grefsrud, E. S., Svåsand, T., Glover, K., Husa, V., Hansen, P. K., Samuelson, O., Sandlund, N. og Stien, L. H. (2019). Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2019. *Fisken og havet*, 2019:5. Bergen: Havforskningsinstituttet. Tilgjengelig fra: <<https://www.hi.no/hi/nettrapporter/fisken-og-havet-2019-5#sec-innledning-metodikk-for-risikovurdering-og-geografisk-inndeling>>
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, **25**, 289-307. DOI: [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90126-P](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90126-P)
- Hamilton, M. C., Hites, R. A., Schwager, S. J., Foran, J. A., Knuth, B. A. og Carpenter, D. O. (2005). Lipid Composition and Contaminants in Farmed and Wild Salmon. *Environmental Science & Technology*, **39**, 8622-8629. DOI: <https://doi.org/10.1021/es050898y>
- Helsedirektoratet (2016). *Kostrådene og næringsstoffer* [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer>>
- Helsedirektoratet (2019). *Utviklingen i norsk kosthold 2019: Matforsyningsstatistikk og forbruksundersøkelser*. IS-2880. Oslo: Helsedirektoratet. Tilgjengelig fra: <<https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold>>
- Hibbeln, J. R., Spiller, P., Brenna, J. T., Golding, J., Holub, B. J., Harris, W. S., Kris-Etherton, P., Lands, B., Connor, S. L., Myers, G., Strain, J. J., Crawford, M. A. og Carlson, S. E. (2019). Relationship between seafood consumption during pregnancy and childhood and neurocognitive development: Two systematic reviews. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, **151**, 14-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2019.10.002>
- Horwitz, W. (2004). Official methods of analysis of AOAC International, USA.
- Iversen, A., Brustad, T. og Jahnsen, S. (2010). *Innovasjon i sjømatnæringen*. Nofima rapportserie 24. Tromsø: Nofima. Tilgjengelig fra: <<https://nofima.no/publikasjon/1172037/>>
- Jensen, C. L. (2006). Effects of n-3 fatty acids during pregnancy and lactation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **83(6)**, 1452-1457. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1452S>
- Jensen, I. J., Mæhre, H. K., Tømmerås, S., Eilertsen, K. E., Olsen, R. L. og 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. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2011.01941.x>



Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., Rao, Z., Du, L., Zhao, R., Yi, M., Wan, Q. og Zhou, Y. (2020). Fish consumption and multiple health outcomes: Umbrella review. *Trends in Food Science & Technology*, **99**, 273-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.033>

Lundebye, A. K., Lock, E. J., Rasinger, J. D., Nøstbakken, O. J., Hannisdal, R., Karlsbakk, E., Wennevik, V., Madhun, A. S., Madsen, L., Graff, I. E. og Ørnsrud, R. (2017). Lower levels of Persistent Organic Pollutants, metals and the marine omega 3-fatty acid DHA in farmed compared to wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environmental Research*, **155**, 49-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.026>

McGill, A. S. og Moffat, C. F. (1992). A study of the composition of fish liver and body oil triglycerides. *Lipids*, **27(5)**, 360-370. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02536151>

Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O. og Jensen, I. J. (2018). Protein Determination – Method Matters. *Foods*, **7(1)**, 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7010005>

Mørkøre, T., Hansen, A. Å., Unander, E. og 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. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08749.x>

Norges sjømatråd (2020). *Nøkkeltall* [Internett]. Tromsø: Norges sjømatråd. Tilgjengelig fra: <https://nokkeltall.seafood.no/>

NOU 2019: 18 *Skattlegging av havbruksvirksomhet*.

Olsen, R. L. (2017). *Lipidkjemi med vekt på fisk*. 4. utg. Tromsø: Universitetet i Tromsø.

SACN (2004). *Advice on fish consumption: benefits & risks*. London: TSO. Tilgjengelig fra: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/338801/SACN\\_Advice\\_on\\_Fish\\_Consumption.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/338801/SACN_Advice_on_Fish_Consumption.pdf)

Simopoulos, A. P. (2011). Evolutionary aspects of diet: the omega-6/omega-3 ratio and the brain. *Molecular Neurobiology*, **44**, 203-215. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12035-010-8162-0>

Simopoulos, A. P. (2016). An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk of Obesity. *Nutrients*, **8(3)**, 128. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8030128>

- Stoffel, W., Chu, F. og Ahrens, E.H. (1959). Analysis of Long-Chain Fatty Acids by Gas-Liquid Chromatography. *Analytical Chemistry*, **31** (2), 307-308. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60146a047>
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O., Østby, P. B., Isaksson, T., Einen, O. og Taylor, R. (2001). Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor fillets. *Aquaculture*, **201**(1), 91-106. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00556-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00556-7)
- Sørensen, M., Berge, G. M., Thomassen, M. S., Ruyter, B., Hatlen, B., Ytrestøyl, T., Aas, T. S. og Åsgård, T. E. (2011). Today's and tomorrow's feed ingredients in Norwegian aquaculture. *Nofima rapportserie*, 2011:52. Tromsø: Nofima. Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/en/pub/1161977/>
- Torrissen, O., Olsen, R. E., Toresen, R., Hemre, G. I., Tacon, A. G. J., Hardy, R. W. og Lall, S. (2011). Atlantic Salmon (*Salmo salar*): The “Super-Chicken” of the Sea?. *Reviews in Fisheries Science*, **19**(3), 257-278. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641262.2011.597890>
- WHO/FAO/UNU (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation*. WHO Technical Report Series 935. Genève: World Health Organization. Tilgjengelig fra: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43411>
- Winther, U., Olafsen, T., Henriksen, K. og Asheim, B. (2014). *Innovasjon og kompetanse i sjømatindustrien*. Sintef A26255 Rapport. Trondheim: Sintef. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/innovasjonkompetansesjomatindustrien.pdf>
- Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, **37**, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>
- Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*, **45**, 407-411. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6>

