



## Restråstoffer fra videreforedling av sløyd laks (*Salmo salar* L.)

Ernæringsmessige egenskaper med vekt på fett

Maren Lootz Aarthun

Masteroppgave i Fiskeri og havbruksvitenskap (60 stp.) FSK3960 mai 2021

Norges fiskerihøgskole

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi





# **Restråstoffer fra videreforedling av sløyd laks (*Salmo salar* L.)**

## **Ernæringsmessige egenskaper med vekt på fett**

Maren Lootz Aarthun

Mastergrad i Fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp.)

Norges fiskerihøgskole  
Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi  
UiT, Norges arktiske universitet

Tromsø  
mai 2021



Foto forside: Audun H. Rikardsen med tillatelse



## Forord

Denne oppgaven markerer slutten på det lærerike studentlivet på Norges Fiskerihøgskole og starten på en ny epoke i livet som Fiskerikandidat. Det er mange fantastiske mennesker som fortjener en takk.

Først og fremst vil jeg takke Ragnar Ludvig Olsen, for din tid og ditt enestående engasjement i en hektisk tid. Dine innspill og veiledning har vært enestående, og jeg hadde ikke på noen måte klart meg så bra uten deg. Jeg vil også takke Guro Kristine Edvinsen og Tone Friis Aune for utmerket veiledning og opplæring på lab.

Ikke minst vil jeg takke min familie for støtte under studieløpet, da spesielt min bonusfar Tron Bjelland Helgesen for sine utallige korrekturlesninger. Til slutt vil jeg takke mine medstudenter, da spesielt Rikke Stabell og Camilla Johnsen for motivasjon, latter, glede og hjelp gjennom lange og tunge studiedager.

Maren Lootz Aarthun

Tromsø, mai 2021

## Sammendrag

Omtrent 20% av laksen som blir slaktet i Norge videreføres til filetoprodukter før de eksporteres eller selges innenlands. Buklister, rygger, hoder, kjøttavskjær («Bits and pieces») og mørk muskel (brunkjøtt) fra skinn etter dypskinning er restråstoffer fra sekundær prosessering av oppdrettslaks egnet til menneskemat. Produktene anvendes gjerne i supper og farseprodukter. Formålet med denne oppgaven var å undersøke næringsinnholdet med vekt på fett i disse industrielt produserte restråstoffene.

Kjøtt utvunnet manuelt fra buklister, brunkjøtt og rygger utgjorde til sammen cirka 590 gram fra 5 kg laks. Andelen kjøtt varierte fra 77% i buklister til 42% i de industrielt produserte ryggene. Fettinnholdet i kjøttet fra buklister og brunkjøtt ble funnet å være cirka 26 – 28%, mens det i kjøtt fra rygger og «Bits and pieces» var cirka 13% fett. Resultatene viste at ved svært høyt fettinnhold var proteininnholdet på 9 – 11% lavere enn det som ble funnet i filetene (15 – 18%). Dette tyder på at det er en nedre grense for hva vanninnholdet i et muskelprodukt kan være og at ved høyt fettinnhold blir proteininnholdet redusert. De essensielle og de ikke-essensielle aminosyrene utgjorde omtrent en like stor andel av proteinene i alle produktene.

Fettsyresammensetningen i restråstoffene var noenlunde lik det man fant i filetene med cirka 8 - 10% langkjedede omega-3 fettsyrer. Den høye fettprosenten i buklister og brunkjøtt resulterte i at disse produktene inneholdt cirka 2,6g/100g av de nevnte fettsyrene, cirka dobbelt så mye som det var i filetoproduktene, ryggkjøtt og kjøttavskjær. Dersom man antar at dagsbehovet for disse fettsyrene er 0,5 gram for et voksent menneske, vil 100 gram buklister eller brunkjøtt dekke behovet i 5 dager, mens 100 gram av de andre produktene dekker behovet i 2,5 dager. Ikke overraskende var mørk muskel (brunkjøtt) mer utsatt for oksidasjon enn filetoproduktene under fryselagring. Dette på grunn av høyt innhold av umettede fettsyrer og prooksidative metaller.

Restråstoffene fra den sekundære prosessering av laks har helt klart et verdifullt næringsinnhold som gjør dem velegnet som menneskemat.

## Summary

Approximately 20% of the farmed salmon slaughtered and gutted in Norway is further processed into fillet products before they are exported or sold domestically. Belly flaps, frames, heads, meat cuts ("Bits and pieces") and dark muscle (brown meat) from skins after deep skinning, are residual raw materials after secondary processing of farmed salmon. These are suitable for human consumption and often used in soups and fish paté products. The purpose of this thesis was to investigate the content of nutrients with emphasis on fat in these industrially produced residual raw materials.

Meat extracted manually from belly flaps, brown meat and frames together amounted to approximately 590 grams from 5 kg of salmon. The proportion of meat varied from 77% in belly flaps to 42% in the industrially produced frames. The fat content of the meat from belly flaps and brown meat was found to be approximately 26 – 28%, while meat from frames and "Bits and pieces" had about 13% fat. The results showed that with a very high fat content in the products, the protein content of 9 – 11% was lower than in the fillets (15 – 18%). This indicates that there is a lower limit for what the water content in a muscle product can be, and with a higher fat content the protein content is reduced. The essential and the non-essential amino acids made up about an equal proportion of the proteins in all the products.

The fatty acid composition of the residual raw materials was roughly similar to what was found in the fillets with approximately 8 - 10% long-chain omega-3 fatty acids. The high fat percentage in belly flaps and brown meat resulted in these products containing approximately 2.6g/100g of the mentioned fatty acids, approximately twice as much as it was in the fillet products, frame meat and meat cuts. Assuming that the daily requirement of these fatty acids is 0,5 grams for an adult person, 100 grams of belly flaps or brown meat will cover the need for 5 days while 100 grams of the other products cover the need for 2,5 days. Not surprisingly, brown meat (dark muscle) was more prone to oxidation during frozen storage than the fillet products. This is due to the high content of unsaturated fatty acids and prooxidative metals in dark muscle.

The residual raw materials from the secondary processing of salmon clearly have a valuable content of nutrients that makes them suitable as human food.

# Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
2	Bakgrunn .....	6
2.1	Fett i fisk.....	6
2.2	Fettsyresammensetning i fôr og oppdrettslaks .....	6
2.3	Omega-3 fettsyrer og helse .....	8
2.4	Oksidasjon av fettsyrer.....	9
3	Materialer og metoder .....	13
3.1	Materialer .....	13
3.1.1	Vanlig skinn- og dypskinn laksefilet.....	13
3.1.2	Buklist .....	14
3.1.3	Rygger .....	15
3.1.4	Bits and pieces.....	15
3.1.5	Hoder.....	16
3.2	Kjemikalier.....	17
3.3	Analyser .....	17
3.3.1	Vann- og askeinnhold.....	17
3.3.2	Ekstraksjon av fett.....	18
3.3.3	Fettsyresammensetning .....	18
3.3.4	Aminosyresammensetning og proteininnhold.....	19
3.3.5	Oksidasjon.....	20
4	Resultater.....	22
4.1.1	Vekt og vektutbytte .....	22
4.1.2	Kjemisk sammensetning .....	22
4.1.3	Fettsyresammensetning .....	24
4.1.4	Aminosyresammensetning .....	27
4.1.5	Sekundære oksidasjonsprodukter.....	30



5	Diskusjon.....	31
6	Konklusjon .....	36
7	Referanser.....	37

## Forkortelser og akronymer

AA	Arakidonsyre (20:4n-6)
ALA	a-Linolensyre (18:3n-3)
CHD	Hjertekarsykdom (Coronary Heart Disease)
DHA	Dokosaheksansyre (22:6n-3)
DPA	Dokosapentansyre (22:5n-3)
EDTA	Ethylendiamintetraeddiksyre
EPA	Eikosapentaensyre (20:5n-3)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
LA	Linolsyre (18:2n-6)
LC-PUFA n-3	Langkjedede flerumettede omega-3 fettsyrer
MDA	Malonaldehyde bis(diethyl acetal)
MUFA	Enumettede fettsyrer
ND	Ikke påvist (Not Detected)
PGE <sub>2</sub>	Prostaglandin E <sub>2</sub>
PGE <sub>3</sub>	Prostaglandin E <sub>3</sub>
SFA	Mettede fettsyrer (Saturated Fatty Acids)
TBA	Thiobarbitursyre
TCA	Triklorideddiksyre
TXA <sub>2</sub>	Tromboxan A <sub>2</sub>
TXA <sub>3</sub>	Tromboxan A <sub>3</sub>
p.a.	Pro analysis (for analyse)
PUFA	Flerumettede fettsyrer
WHO	World Health Organization

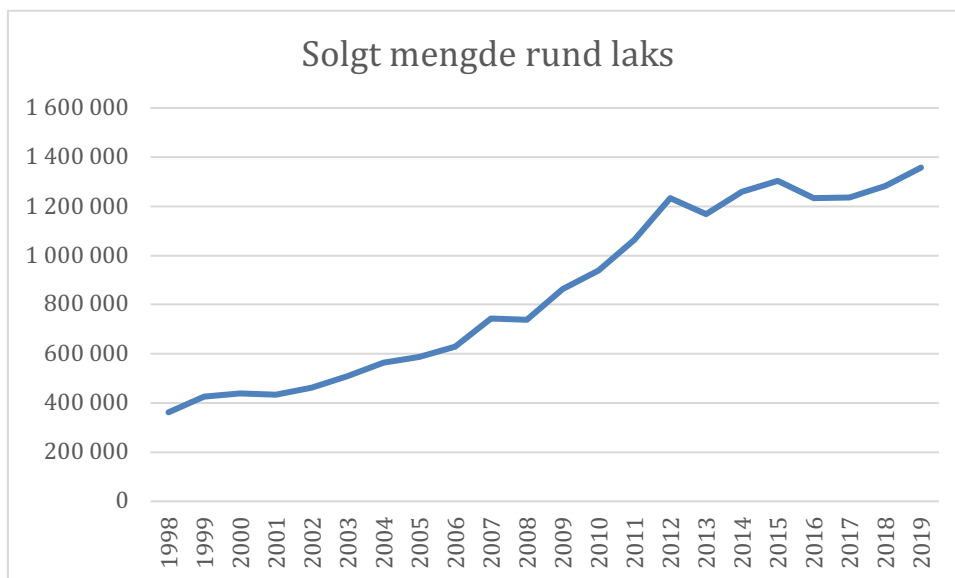
# 1 Innledning

Sjømat har helt siden mennesker bosatte seg i Norge hatt en stor betydning for befolkningen langs kysten. Norges lange kyst med havområder som er mer enn seks ganger større enn landområdet vårt, er som skapt for fiskeri og havbruk. Før var fiskerinæringen den viktigste kilden for salg av sjømat, men i dag eksporteres laks fra havbruksnæringen til en eksportverdi mer enn dobbelt så stor (74,2 milliarder kroner) som all annen norsk fisk (31,5 milliarder kroner) til sammen i 2020 (Norges sjømatråd, 2021a). Fiskeri og havbruksnæringen er en av Norges største eksportnæringer og hver dag ble det i 2020 spist 37 millioner måltider med norsk sjømat i 150 land til sammen (Norges sjømatråd, 2021b).

Tidligere var rød fisk som laks og ørret en eksklusiv vare forbeholdt de få, men på grunn av oppdrett er laks og ørret, er laks og ørret nå blitt tilgjengelig året rundt til en relativ rimelig pris i mange land. I dag finner man laks blant annet på alle sushisteder i Japan og verden ellers, og til og med på pizza i Italia. Internasjonal logistikk gjør at norsk laks har god tilgjengelighet. Råvaren har mulighet til å være på markedet både i USA og i Japan nesten like rask som vi får fisken i våre egne fiskedisker. Laks har stor popularitet grunnet sensoriske egenskaper og den store anvendeligheten med nesten uendelige muligheter. Den kan brukes i alle måltid både røkt på brødskeen til frokost, rå i sushi til lunsj og varmebehandlet til middag. Dette kan ikke sies om mange andre fiskearter.

Feit fisk som oppdrettslaks er ikke bare en god kilde til langkjedede omega-3 fettsyrer (Jensen *et al.*, 2012), men inneholder som annen fisk også mye lettfordøyelige proteiner av høy kvalitet. Innholdet av vitaminer (D, B12 og A), mineraler (sink selen, magnesium og jod) og taurin er betydelig (Lund, 2013). I motsetning til vill laks, kan fersk oppdrettslaks spises rå uten at man behøver å være bekymret for parasittiske nematoder (kveis) i kjøttet. Grunnet til dette er at laksen får varmebehandlet ekstrudert fôr (Levsen & Maage, 2016).

Ifølge Fiskeridirektoratet (2020), har salget av norsk laks de siste 20 årene økt fra cirka 400 000 tonn i 1999 til nesten 1,4 millioner tonn i 2019 (Figur 1). I 2019 eksporterte vi 1 283 445 tonn laks og ifølge Norges sjømatråd var andelen sløyd laks på 81% og resten bearbejdede produkter (Lars Olai Flydal Rorgemoen, Norges sjømatråd, pers. med.). Restråstoffene fra videreforedling av sløyd laks er for eksempel hoder, skinn, rygger og avskjær.



Figur 1: Utvikling i salg av norsk laks (tonn rundvekt) fra 1998 til 2019 (Fiskeridirektoratet, 2020).

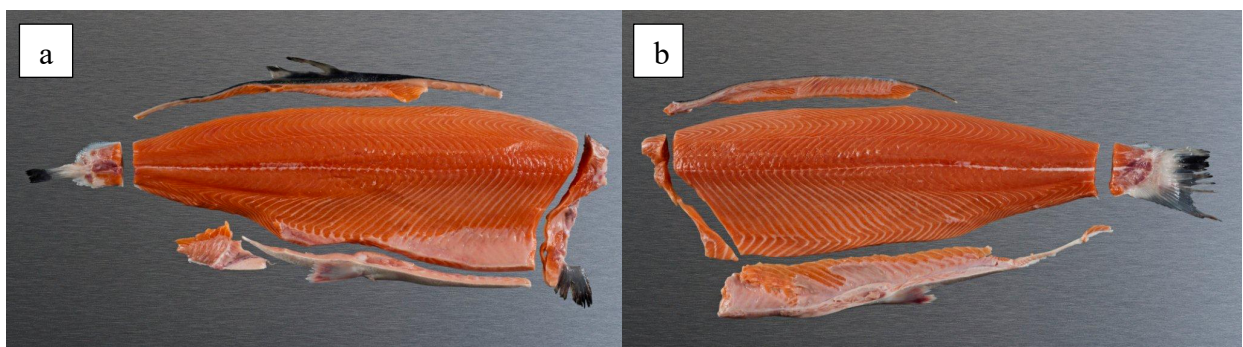
I dag videreføres mindre av sjømaten i Norge og mye av fisken som skal videreføres eksporteres dessverre ut av landet. Viktige grunner er kostnadsnivået og lav lønnsomhet innen foredling. I tillegg kommer tollbarrierer på videreførte produkter. Regjeringen har som ambisjon å skape mer verdier per kilo fisk. En økt foredling i Norge vil kunne stimulere til økt verdiskapning og sikre en bærekraftig utnyttelse av verdifulle ressurser (Regjeringen, 2019). Det totale slaktede kvantumet av laks og ørret i 2019, var på om lag 1,542 millioner tonn. Av dette utgjorde restråstoffet og døde fisk om lag 458 500 tonn, hvor ca. 93% av dette ble utnyttet (Myhre *et al.*, 2020)

Tabell 1: Restråstoff (tonn) fra havbruk (matfisk; laks og ørret), i 2019 (Myhre *et al.*, 2020)

Type restråstoff	Totalt oppstått	Ikke utnyttet	Utnyttet
Dødfisk	117 400		117 400
Blod	30 200	30 200	
Utkast	19 900		19 900
Slo	162 700		162 700
Hoder	31 000		31 000
Rygg og spor	33 100		33 100
Skinn	23 900		23 900
Buklist	15 500		15 500
Div. avskjær	24 800		24 800
<b>Total</b>	<b>458 500</b>	<b>30 200</b>	<b>428 300</b>

Av restråstoffet (inkludert kategori 2 fisk) produsert i havbruksnæringen i 2019 er det bare hoder, rygger med spor, skinn, buklist og diverse avskjær («Bits and pieces»), totalt 128 300 tonn, som er egnet til humant konsum (Tabell 1). Dette betyr at 28% av restråstoff har potensiale for salg til humant konsum. Resten er egnet til bruk som fôr eller biodrivstoff. Etter primær prosessering ved slakteriene i Norge er utbytte av sløyd laks cirka 83% (Aas *et al.*, 2019). Innvollene fra laks (kategori 3) blir i hovedsak konservert med maursyre for deretter å bli produsert til et proteinhydrolysat og en olje. Alternativt så kan ferskt lakseslo bli direkte prosessert til fiskemel og olje. Disse produktene blir oftest brukt indirekte til mat ved at de brukes i fôr til oppdrettsfisk, gris og fjærkre (Olsen *et al.*, 2014). Selvdød laks eller laks som av andre grunner ikke kan brukes til mat (kategori 2), konserveres ved ensilering og selges som pelsdyrfôr eller til bruk for produksjon av biodrivstoff. I Skottland er det rapportert at i 2015 ble cirka 15% av restråstoff fra lakseforedling, totalt 76 052 tonn, brukt til humant konsum mens 75% og 10% gikk til henholdsvis fôr og gjødsel eller biodrivstoff (Stevens *et al.*, 2018).

Laksefiletene regnes ofte som den spiselige delen av fisken og utgjør vanligvis 59 – 63% av 5 – 6 kg rund fisk (Liaset *et al.*, 2003). Disse produseres i den såkalte sekundære prosesseringen ved at laksen hodekappes før den går gjennom fileteringslinja. Hode og rygg med spor utgjør gjerne henholdsvis 10 – 12% og 9 – 15% av rund vekt (Liaset *et al.*, 2003). Laksefileten kan trimmes, dvs reinskjæres, i økende reinskjæring fra grad A til grad E. I grad A trimmet filet er bukbein (bellybone) skjært bort, mens hos B trimmet filet er også ryggfinne, kragebein (nakkebein), bukfett og bukfinner fjernet. Hos C-filet er i tillegg halestykket kuttet av og tykkfiskbeinene (pin bones) fjernet (Figur 2a). Fullt trimmet filet (D-filet) har også fått bukhinne fjernet samtidig med at ryggfett og nakkestykket er trimmet bort (Figur 2b). E-trimmet filet er D-filet der skinnet er blitt fjernet enten ved vanlig skinning eller såkalt dypskinning hvor mesteparten av mørk muskel er blitt fjernet fra fileten sammen med skinnet.



Figur 2: Reinskjæring/trimming av filet. a) C-trimmet filet; uten ryggbein, bukbein, ryggfinne, kragebein, bukfett, bukfinner, tykkfiskbein og halestykket. b) D-trimmet filet; Som C, men i tillegg er bukhinne fjernet og nakkestykket og ryggfett trimmet bort (Inkafisk.no)

Andelen av laksen som faktisk brukes direkte til mat bestemmes av slakteutbyttet og hvordan avskjær fra den sekundære foredlingen av laks utnyttes. Det finnes i dag produksjonsstatistikk på den totale lakseproduksjonen, eksportvolum og verdi som både er nøyaktig og kan sammenlignes over år. Men nøyaktig statistikk på bruk av restråstoff til menneskemat eller restråstoff som omdannes til føringredienser er derimot ikke tilgjengelig (Aas *et al*, 2019). Noen restråstoffer som blod, bein og innvoller er lite aktuelt til humant konsum mens andre har stort potensiale. Dette er restråstoffer som inneholder større eller mindre mengder fiskekjøtt. Slikt kjøtt inneholder de samme verdifulle vitaminer, mineraler, proteiner og fettsyrer som vanlig filet og i et bærekraftperspektiv bør mest mulig bli brukt som mat. Som nevnt innledningsvis eksporteres mesteparten av laksen i sløyd form for videreforedling i utlandet. Hvordan restråstoffer fra denne videreforedlingen utnyttes er ikke kjent, men man kan anta at mye går til humant konsum enten etter å ha vært frosset eller blitt solgt direkte i fersk form (Figur 3).

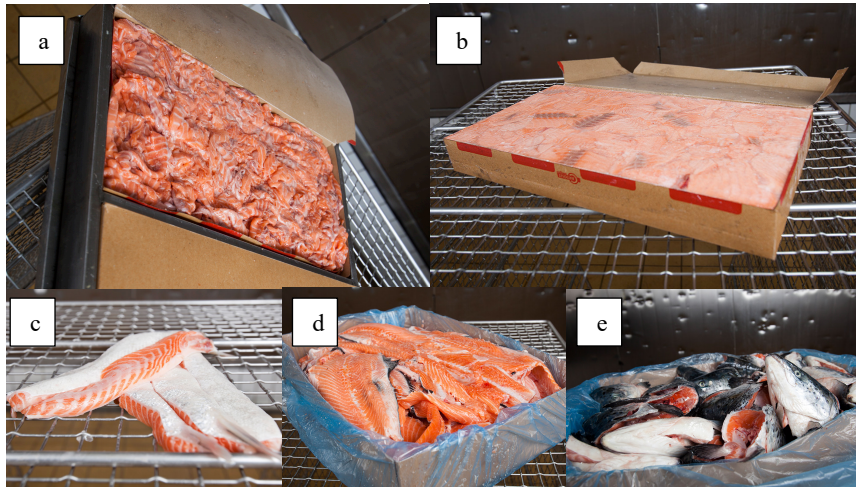


Figur 3: Laksehoder og buklister i konsumentpakninger og solgt i supermarked i Kina (Rubin, 2004)

I Norge blir ferskt restråstoff fra sekundær prosessering av laks også brukt i produksjon av lakseolje, fiskeproteinkonsentrat eller proteinhydrolysat (Myhre *et al.* 2020). Disse produktene selges hovedsakelig som fôr eller kosttilskudd for kjæledyr (Biomega, 2021). Alternativt eksporteres slike restråstoffer i frossen tilstand fra Norge for eksempel i blokker à 7,5 eller 20 kg (Figur 4). Typer av lakseprodukter er hoder, rygger med spor, buklister, mørk muskel («brunkjøtt») fra skinn etter dypskinning og «Bits and pieces». Det siste er beinfritt filetavskjær fra trimming av laksefilet.

Hoder og rygger blir hovedsakelig brukt til supper. Alternativt kan kjøttet på ryggsoyla fjernes med en bein-separator og kan på samme måte som «Bits and pieces» brukes til supper eller lakseburgere og i wok-retter. Noen røyker også ryggene og surrer dem i bunter som selges

i butikk (Mari Utegn, Brødrene Karlsen AS, pers. med.). Ved trimming av filet er det vanlige å ta vare på buklist som det er ganske stor interesse for i Japan (Rubin, 2004).



Figur 4: Brunkjøtt (a) fra dypskinning, «Bits and pieces» (b), buklister (c), rygger (d) og hoder (e) (foto Brødrene Karlsen AS, 2020)

Det er så vidt vi vet ikke tilgjengelige data for næringsinnholdet i restråstoff fra den sekundære prosesseringen av laks i Norge. Formåler med denne oppgaven har derfor vært å undersøke næringsinnholdet med vekt på fett i de industrielt produserte restråstoffene; hoder, rygger med spor, brunkjøtt fra skinn etter dypskinning, buklister og produktet «Bits and pieces».

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Fett i fisk

Fiskens fettsammensetning varierer stort og avhenger av flere faktorer, blant annet art, kjønn og sesong. Fiskeolje (fiskefett) fra marine arter inneholder relativt høye konsentrasjoner av langkjedede omega-3 fettsyrer. Her er EPA og DHA de mest fremtredende fettsyrene. Laks inneholder også relativt store mengder fettløselige antioksidanter som tokoferol og astaxanthin som kan omdannes til vitamin A (Lerfall *et al.*, 2016; Orlando *et al.*, 2020).

Fettsyrenes lengde og metningsgrad er med på å gi fettene sine spesifikke fysiske egenskaper. Det er dette som bestemmer om fettene er av god eller dårlig ernæringsmessig karakter. I dagens kostholdsråd anbefales det å unngå transfettsyrer og å redusere inntaket av mettede fettsyrer og heller øke inntaket av langkjedede omega-3 fettsyre (LC-PUFA n-3) som bare finnes i sjømat. I det gjennomsnittlige norske kostholdet bidrar mettede fettsyrer med ca. 15 energiprosent, noe som er over det anbefalte inntaket som er under 10% (Helsedirektoratet, 2016a).

I fiskekjøtt er det normalt at fett og vann utgjør til sammen rundt 80%. Det vil si at jo fetere fisken er, desto lavere blir vanninnholdet. Proteininnholdet er derimot relativt stabilt og ligger på rundt 16 – 20% (Love, 1974). Vann- og fettinnhold varierer fra art til art og innad i arten fra årstid til årstid. Sesongendringene har sin årsak i for eksempel våroppblomstring av plankton og energiforbruk ved gyting. I oppdrettslaks svinger disse sesongendringene lite, da fisken har en kontinuerlig tilgang til fôr. Laks klassifiseres oftest som mellomfet eller fet fisk avhengig av om den er villfanget eller oppdrettet. I 2010 ble det funnet ut at havlaks hadde 6,3% fett og 19,8% protein i muskelen, mens laks fra oppdrett inneholdt 12,3% fett og 18,3% protein. Vanninnholdet var henholdsvis 71,0 og 64,3% (Jensen *et al.*, 2012). Mye av fettene lagres ved finnefestene og i bukhulen, men også i selve muskelen.

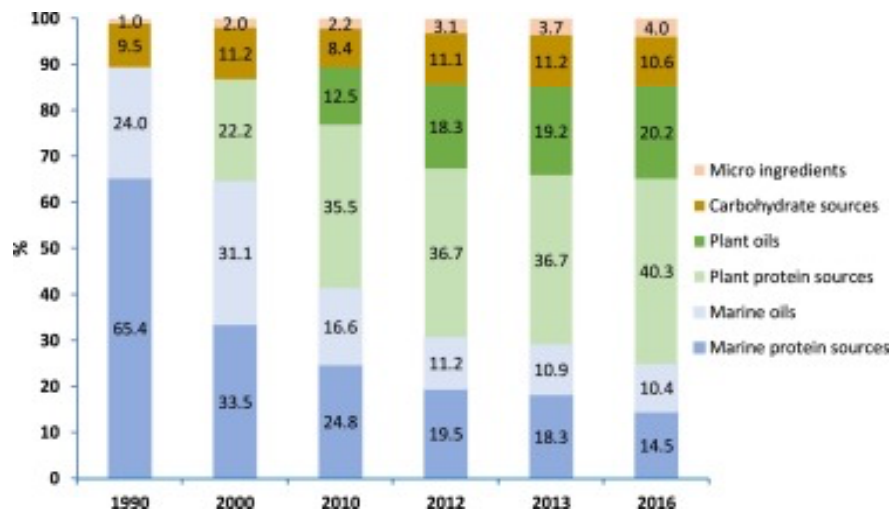
### 2.2 Fettsyresammensetning i fôr og oppdrettslaks

Innholdet i laksefôr har endret seg betydelig siden 1990. Da var fiskoljer og fiskemel stort sett enerådende i fôret til laks og annen fisk i intensivt marint oppdrett. Mengden marine ingredienser har gradvis blitt erstattet med planteingredienser. I 1990 utgjorde fiskeolje 24,0% av fôret, mens andelen i 2016 var mer enn halvert til 10,4%. Mengden planteoljer i laksefôret har fra 1990 til 2016 økt fra 0 til 20,2% (Figur 5). Mye av grunnen til dette er begrensninger i tilgangen på fiskolje, i forhold til økningen i oppdrett av laks og annen fisk (FAO, 2020). For at produksjonen av oppdrettslaks skal kunne drives på en bærekraftig måte (økonomisk,



miljømessig og sosialt) har produsentene gått over til heller å bruke fôr bestående av betydelige mengder vegetabiliske oljer. Dette betyr at fôret laksen tilbys avviker fra laksens naturlige diett som er småfisk og krepsdyr. Planteoljer, inkludert rapsolje som brukes i laksefôr, inneholder ikke de langkjedede omega-3 fettsyrene (LC-PUFA n-3). Resultater fra nyere forskning tyder på at fôret til laks bør inneholde til sammen 2% EPA (eikosapentaensyre; 20:5n-3) og DHA (dokosaheksaensyre; 22:6n-3) for at laksen skal ha normal vekst og utvikling (Sissener *et al.*, 2016; Bou *et al.*, 2017). Dette selv om rapsolje inneholder cirka 10%  $\alpha$ -linolensyre (ALA; 18:3n-3) som til en viss grad kan omdannes til EPA og DHA i laks (Olsen, 2017).

Det høye inkluderingsnivået av rapsolje i fôret fører til at laksen får et betydelig innhold av de flerumettede fettsyrene man typisk finner mye av i planteoljer, nemlig linolsyre (LA; 18:2n-6) og 18:3n-3. Samtidig blir konsentrasjonen av EPA og DHA i fileten lavere enn i vill laks.



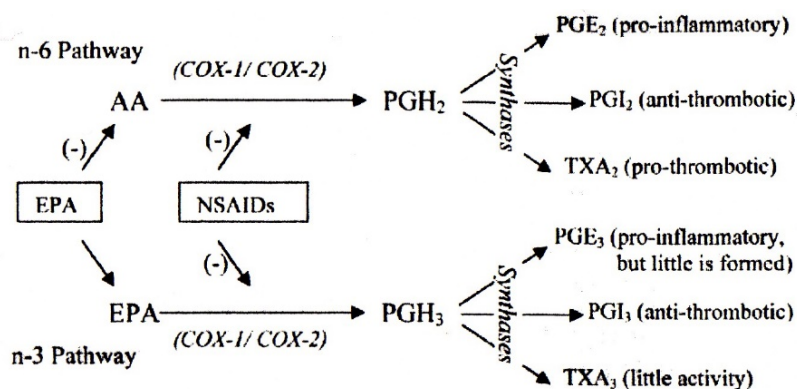
Figur 5: Råmaterialer (%) i norsk laksefôr fra 1990 til 2016 (Aas *et al.*, 2019)

Allikevel vil oppdrettslaks være en særdeles god kilde til EPA og DHA fordi det totale fettinnholdet er betydelig høyere enn i vill laks (Jensen *et al.*, 2012; Henriques *et al.*, 2014; de Roos *et al.*, 2020). Fisk fôret med et høyt innslag av vegetabiliske oljer i fôret vil som nevnt få et betydelig innhold av fettsyren 18:2n-6 og videre derved et forhøyet ratio mellom n-6 og n-3 fettsyrene (n-6/n-3). I et tradisjonelt vestlig kosthold har et n-6/n-3 forholdet blitt rapportert å være 15 – 17 på grunn av det høye inntaket av planteoljer (Simopoulos, 2004). Den samme forfatteren anbefaler at forholdet bør være på 5 eller mindre gjennom å spise mer sjømat. Hos oppdrettslaksen i 2010 ble det rapportert at forholdet var 0,44 (Jensen *et al.*, 2012). Å spise oppdrettslaks vil derfor være med på å redusere n-6/n-3 forholdet i et vanlig kosthold. Det er også blitt hevdet at laks med mye planteoljer i fôret får en mildere smak av fisk i kjøttet. Dette kan foretrekkes hos enkelte (Olsen, 2017).

## 2.3 Omega-3 fettsyrer og helse

Det var ikke før på 1970 tallet at en så sammenhengen mellom det å spise sjømat og positive helseeffekter. Studier av Bang og Dyerberg på Grønland viste at dødeligheten av hjertekarsykdom (CHD) var mye lavere hos grønlandske inuitter, og det ble foreslått å ha sammenheng med det høye inntaket av sjømat (Dyerberg *et al.*, 1978; Bang & Dyerberg, 1980). Helt siden da har sjømat blitt ansett som sunn mat. I de følgende årene kom det en rekke studier som bekreftet at de helsemessige og ernæringsmessige fordelene ved å spise fisk var i stor grad knyttet til det unike og høye innholdet av de langkjedede omega-3 fettsyrene (sammenfattet av Sidhu, 2003). Disse n-3 fettsyrene ble funnet å redusere innholdet av triacylglyserol i blodet som kan være en risikofaktor for utvikling av CHD (Bang & Dyerberg, 1980).

I tillegg har EPA og DHA betennelsesdempende effekter. Eikosanoidene (fettsyrehormoner) som kan dannes fra 20:5n-3 er mindre betennelsesfremmende (inflammatoriske) enn de tilsvarende fra 20:4n-6 (Figur 6). Fra arakidonsyre, i figuren forkortet AA, dannes det for eksempel eikosanoidene prostaglandin E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>) og tromboxan A<sub>2</sub> (TXA<sub>2</sub>) som er betennelsesfremmende (pro-inflammatorisk) og framskynder blodproppdannelse (pro-trombotisk). De tilsvarende eikosanoidene (PGE<sub>3</sub> og TXA<sub>3</sub>) fra EPA har lavere biologisk aktivitet.



Figur 6: Dannelse prostaglandiner (PGH, PGE, PGI) og tromboxan (TXA) fra arakidonsyre (AA; 20:4n-6) og EPA (20:5n-3). Cox-1/cox-2 og syntetaser er enzymer involvert i syntesen. NSAID = betennelsesdempende legemidler (Hentet fra Cleland *et al.*, 2006)

Det er verdt å merke seg at det er de samme enzymene (cox-1/cox-2 og syntetaser) som lager de nevnte eikosanoidene fra både arakidonsyre og EPA. Forholdet mellom n-6 og n-3 fettsyrer (n-6/n-3) i kosten vil derfor ha betydning for hvor mye av de ulike eikosanoidene som dannes. Dersom det er et høyt forhold mellom n-6 og n-3 (f.eks. n-6/n-3 = 25) vil det sannsynligvis dannes mer av de mulig skadelige eikosanoidene.

Med utgangspunkt i EPA og DHA kan det også dannes andre stoffer, kalt resolviner, som også hemmer betennelsesreaksjoner (Calder, 2009). I denne oversiktsartikkelen nevnes også at de marine omega-3 fettsyrene kan redusere syntesen av betennelsesfremmende polypeptider (cytokiner). Alt dette har antakelig stor betydning for en rekke sykdommer, inkludert hjertekarsykdommer, der betennelsesreaksjoner (inflammasjoner) er involvert (Calder, 2009).

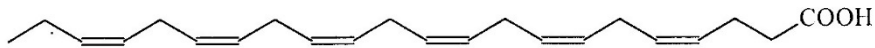
De langkjedede omega-3 fettsyrene kan man få i seg ved å spise sjømat, særlig fet fisk, eller ved ta kosttilskudd som inneholder disse fettsyrene. Det er ikke enighet om slike kosttilskudd reduserer risikoen for hjertekarsykdommer. Noen undersøkelser har vist at det ikke er noen slik sammenheng (Aung *et al.*, 2018; Manson *et al.*, 2019), mens i andre publikasjoner dokumenteres det at kosttilskudd med EPA og DHA har en positiv effekt på hjertekarhelsen (Innes & Calder, 2020; Bernasconi *et al.*, 2021; Weinberg *et al.*, 2021). De fleste er imidlertid enige om at fiskespising er sunt for å redusere risikoen for hjertekarsykdommer (Albert *et al.*, 1998; Tong *et al.*, 2019; Mohan *et al.*, 2021). I en større undersøkelse med over 400 000 deltakere over 15 år ble det vist at høyt fiskekonsum reduserte den totale dødeligheten ved en rekke sykdommer, inkludert hjertekarsykdommer (Zhang *et al.*, 2018).

I tillegg har DHA en viktig funksjon for vekst og utvikling hos unge individer, spesielt i fosterstadiet. Dette fordi øye og hjerne/nervevev inneholder mye av denne fettsyren (Salem *et al.*, 2001) og det anbefales derfor at gravide må være nøye med å spise nok sjømat (Hibbeln *et al.*, 2007).

Helsedirektoratet i Norge anbefaler å spise fisk to til tre ganger i uken, med en total fiskemengde på 300 – 450 gram. Cirka halvparten av disse grammene bør være fet fisk som laks (Helsedirektoratet, 2016b). Tilsvarende råd gis også av ansvarlige helsemyndigheter i mange andre land (Kris-Etherton *et al.*, 2009; Rimm *et al.*, 2018). I noen land spesifiseres det hva gjennomsnittlig daglig inntak av EPA og DHA bør være og ofte ligger nivåene i området 0,25 – 0,50g (Kris-Etherton *et al.* 2009).

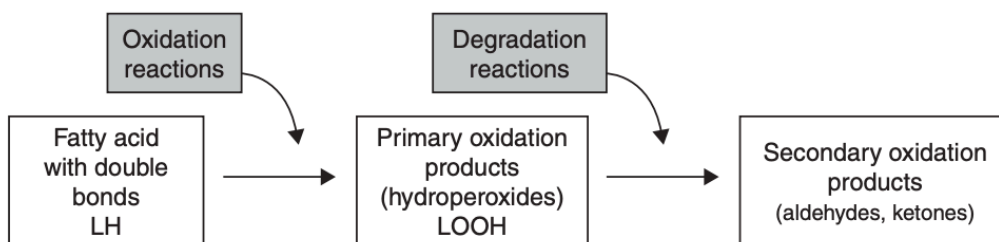
## 2.4 Oksidasjon av fettsyrer

Fettsyrer i fisk er mer utsatt for oksidativ nedbrytning enn fettsyrer i både vegetabilsk og animalske produkter. Årsaken er at fettsyrer med 5 og 6 dobbeltbindinger som oksiderer svært lett bare finnes i betydelige mengder i marin fisk og annen sjømat. I naturen er det alltid 2 enkeltbindinger mellom hver dobbeltbinding i fettsyrer (Figur 7).



Figur 7: Dokosaheksaensyre (22:6n-3)

Dobbeltbindingene gjør at karbonatomet mellom dem lett binder oksygen slik at det dannes fettsyreperoksider som er såkalte primære oksidasjonsprodukter uten smak og lukt (Figur 8). Fettsyreperoksidene (LOOH) vil så brytes ned til de sekundære oksidasjonsprodukter. Disse kan være flyktige lavmolekylære aldehyder og ketoner som ofte gir opphav til ubehagelig lukt og smak. Dannelse av fettsyreperoksider er altså avhengig av at oksygen er til stede.

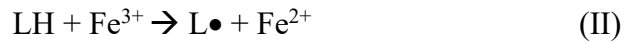


Figur 8: Oksidasjon av umettede fettsyrer. LH = umettede fettsyrer, LOOH = fettsyreperoksider (fra Turner et al. 2006)

I luft er det større mengder oksygen, cirka 21%, og da vil oksidasjonen være uavhengig av oksygenkonsentrasjonen. Minsker konsentrasjonen av oksygen derimot blir oksidasjonen proporsjonal med den mengden oksygen som er til stede. Vanligvis regner man med at oksygen i lufta trenger 0,5 – 1 cm inn i kjøtt, og fettsyrene i overflaten av fiskekjøttet eller i oppmalt kjøtt er derfor mest utsatt for oksidasjon (Olsen, 2017). Dannelse av fettsyreperoksider i fiskekjøtt skjer vanligvis gjennom ikke-enzymatiske mekanismer enten i form av en radikal mekanisme eller ved såkalt fotooksidasjon. Det vil alltid være små mengder av radikaler tilstede i et biologisk materiale, feks. hydroxylradikal ( $\bullet\text{OH}$ ). Gjennom radikal mekanismen kan LOOH dannes på følgende måter. Radikalet kan reagere med en umettet fettsyre og danne et fettsyreradikal ( $\text{L}\bullet$ ) (lign. I).



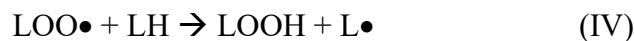
Alternativt så kan et oksidert transisjonsmetall, jern eller kobber ( $\text{Fe}^{3+}/\text{Cu}^{2+}$ ), ta opp et elektron fra en umettet fettsyre slik at fettsyreradikal dannes samtidig med metallet reduseres (lign. II).



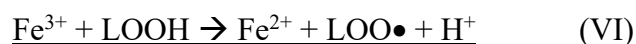
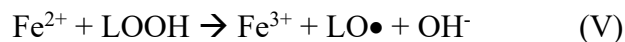
Dannet fettsyreradikal ( $\text{L}\bullet$ ) vil lett reagere med oksygen (lign. III).



Dermed dannes et fettsyreperoksidradikal ( $\text{LOO}\bullet$ ). Dette radikalet vil reagere med en umettet fettsyre og danne et nytt fettsyreradikal og et fettsyreperoksid (lign. IV).



Fettsyreradikalet reagerer med et nytt oksygenmolekyl og kjedereaksjonen, hvor det kontinuerlig dannes nye fettsyreperoksidmolekyler, er i gang. Nedbrytningen av fettsyreperoksider til sekundære oksidasjonsprodukter (Figur 8) skjer ved at transisjonsmetaller, f.eks. jern fungerer som katalysator (lign V og VI). Transisjonsmetaller, spesielt kobber og jern, virker som sterke pro-oksider. Grunnen til dette er at disse metallene kan skifte mellom to valenser (oksidasjons-tilstander), dvs.  $\text{Fe}^{3+}/\text{Cu}^{2+}$  (oksidert) og  $\text{Fe}^{2+}/\text{Cu}^{+}$  (reduisert).



Fettsyreperoksidradikalet vil kunne reagere med en ny fettsyre (lign. IV), mens fettsyrealkoxyradikalet ( $\text{LO}\bullet$ ) fragmenteres til de lavmolekulære sekundære oksidasjonsproduktene som for eksempel malondialdehyde.

Oksidasjon kan ses på som innlemming av oksygen i en fettsyre. En måte det kan skje på er som beskrevet over. Ved at fettsyreradikalet reagerer med oksygen som er i sin grunntilstand (vanlig oksygen/ triplet/  $^3\text{O}_2$ ). Vanlig oksygen er ikke nok reaktivt slik at det direkte kan reagere med en flerumettet fettsyre. Singlet oksygen ( $^1\text{O}_2$ ) derimot er mye mer reaktiv og kan reagere direkte med flerumettet fettsyrer og danne fettsyre peroksider (lign. VII).



Singlet oksygen kan dannes ved såkalt fotooksidasjon. I noen næringsmidler har en stoffer, oftest pigmenter, som kalles «senitizers». Eksempler på disse er klorofyll, riboflavin, pigmentdelen (hematin) av hemoglobin og myoglobin. Disse påvirkes av lys (spesielt UV) og blir eksitert til en høyere energitilstand (senitizer<sub>Seksitert</sub>). Det eksiterte pigmentet omdanner vanlig oksygen til singlet oksygen:



Fotooksidasjon av umettede fettsyrer kan hemmes ved at antioksidanter, som karotenoider og tokoferol, omdanner singlet oksygen ( ${}^1\text{O}_2$ ) tilbake til vanlig oksygen ( ${}^3\text{O}_2$ ).

Prooksidantene; kobber og jern, finnes både naturlig i animalsk vev og plantemateriale, men også fra salt, vann eller metallisk utstyr fra foredlingsprosessen. Oksidasjonsprodukter av fettsyrer kan i stor grad være helseskadelig for mennesker. Store mengder kan gi skader som; diaré, nedsatt veksthastighet, muskelskader i skjelett og hjerte, økt opptak av kolesterol som videre kan føre til aterosklerose, hemolytisk anemi, forstørret lever og tap av antioksidant vitaminer (Turner *et al.* 2006; Olsen, 2017). Det som er greit for oss er at mat som inneholder store mengder oksidasjonsprodukter lukter og smaker så vondt at en ikke ønsker å spise den.

## 3 Materialer og metoder

### 3.1 Materialer

Ferske laksefileter og de ulike typene restråstoff fra *post rigor*, sekundær prosessering, av laks (*Salmo salar* L.) ble gitt verderlagsfritt av Brødrene Karlsen AS, Husøy. Alle prøvene var 3-4 dager gamle og ble levert i plastposer som hadde blitt oppbevart kjølig. Ifølge firmaet var fiskene fra den normale produksjonen og hadde en rund vekt på 4 - 5kg.

#### 3.1.1 Vanlig skinnnet- og dypskinnnet laksefilet

Laksefileter fra 3 fisk ble mottatt. Høyre fileten fra hver fisk var dypskinnnet maskinelt hos bedriften, mens venstre filet ble levert med skinnnet på. Denne ble avskinnnet manuelt på vanlig måte i laboratoriet ved Fiskerihøgskolen (Figur 9). Filtene ble veid og vektforskjellen ble registrert. Et filetstykke (cirka 5cm bredt) i området Norwegian Quality Cut ble så skåret ut fra hver filet som indikert i figuren. Disse ble homogenisert en gang med en farsekvern (Bosch ProPower 2200W, Tyskland) og lagret i lynlåsposer ved -20°C. Før analyse ble det oppmalte fiskekjøttet tint i kjøleskap over natten.



Figur 9: Vanlig skinnnet filet fra laks (a) og dypskinnnet filet (b) fra samme fisk. Sorte linjer på tvers viser hvilke områder av filetene (Norwegian Quality Cut) som ble analysert

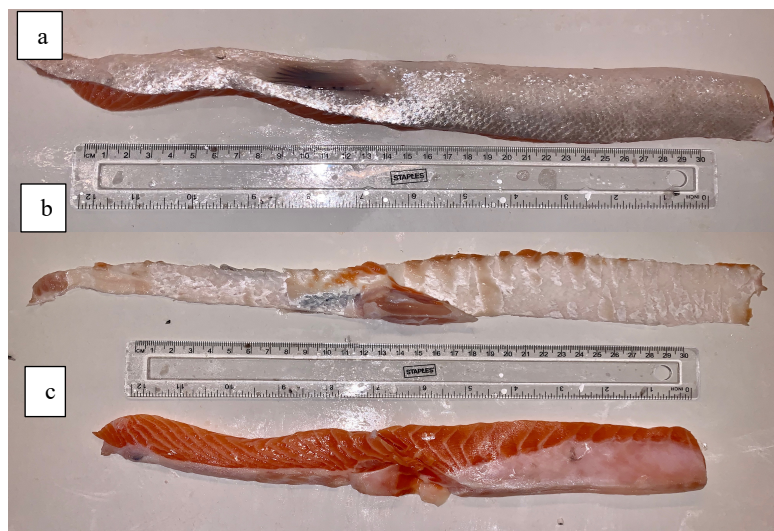
Mørk muskel (brunkjøtt) fra skinn (n=6) etter industriell dypskinning av filet ble fjernet fra skinnet ved å bruke en filetkniv (Figur 10). Vekt av skinn med brunkjøtt og separert brunkjøtt fra samme produkt ble registrert. Brunkjøttet fra 6 fileter ble slått sammen, oppmalt og lagret som beskrevet ovenfor.



Figur 10: Adskilt skinn (a) og brunkjøtt (b) etter dypskinning av laksefilet

### 3.1.2 Buklist

Skinn og bukfinne fra industrielt produsert buklist ble skåret vekk for hånd (Figur 11). Vekt av intakt buklist og kjøtt fra samme produkt ble bestemt. Kjøtt fra 6 buklist ble slått sammen, oppmalt og lagret som beskrevet i 3.1.1.



Figur 11: Intakt buklist fra industrielt produserte laks (a), bukfinne og skinn fra buklist etter fjerning av kjøtt (b), Kjøtt fra buklist (c)



### 3.1.3 Rygger

Kjøtt ble fjernet manuelt fra 4 lakserygger og vekten til intakt rygg og separert kjøtt ble registret (Figur 12). Deretter ble kjøttet fra de 4 ryggene slått sammen, oppmalt og lagret som beskrevet i 3.1.1. To rygger med kjøtt ble kvernet samtidig i en kraftig kvern (La Minerva, Compress A/E32R, Italia) og den oppmalte massen ble fryselaagret og senere tint slik som de andre prøvene.



Figur 12: Rygg fra industrielt produsert laks (a), rygg der kjøtt har blitt manuelt fjernet (b)

### 3.1.4 Bits and pieces

Produktet “Bits and pieces” ble levert samfengt fra bedriften og var fra den sekundære prosesseringen (Figur 13). Kjøttbiter som vist i figuren, ble oppmalt i en Bosch ProPower kvern som for de andre rene kjøttvarene, lagret og tint som beskrevet i 3.1.1.



Figur 13: Produktet “Bits and pieces” ble levert samfengt fra Brødrene Karlsen AS

### 3.1.5 Hoder

Åtte laksehoder ble kløyvd manuelt med en kraftig forskjærskniv (Figur 14) og homogenisert samlet ved å bruke den kraftige kverna som beskrevet for de intakte lakseryggene. Det oppmalte materialet ble, slik som de andre prøvene, fryselagret ved -20°C før tining og analyse.



*Figur 14: Kløyvde laksehoder før homogenisering*

## 3.2 Kjemikalier

Følgende kjemikalier var fra VWR Chemicals Inc., Fontenay sous Bois, Frankrike: Diklormetan (100% p.a.), Metanol (100% p.a.), Natriumklorid (100% p.a.) og Heptan (99,8%). Svovelsyre (95,0-97,0% p.a.) og Saltsyre ( $\geq 37\%$  p.a.) var fra Fluka™, Seelz, Tyskland. Lithium loading buffer ((pH 2,2) var fra Biochrom, Cambridge, UK). Internstandard heptadekansyre (17:0) og PUFA-1, PUFA-2 og PUFA-3 var fra Supelco Analytical (Bellefonte, PA, USA). Aminosyreinternstandard DL-Norleucine var fra samme firma. Fettsyrestandard GLC 411 (Nu-Chek Prep, Inc, Elysian, MN, USA.) Følgende kjemikalier var fra Sigma – Aldrich, (St. Louis, MO, USA): Propyl Gallat ( $\geq 98\%$  p.a.), Ethylendiamintetraeddiksyre (EDTA), 2-thiobarbitursyre ( $\geq 98\%$  p.a.), Ninhydrin og A9906 Physiological amino acid standard. Triklorideddiksyre (TCA) og 1,1,3,3-tetraethoxypropane (Malonaldehyde bis (diethyl acetal) var begge fra Merck (Darmstadt, Tyskland). Nitrogengass var levert av Linde Gas AS (Oslo, Norge).

## 3.3 Analyser

### 3.3.1 Vann- og askeinnhold

Vanninnhold i tinte og oppmalt prøver ble bestemt med 3 paralleller ved å veie ut cirka, nøyaktig 5g i merkede, tarerte aluminiumsbegre. Disse ble tørket ved 105°C i et varmeskap (Heratherm™, Thermo Fisher Scientific, Osterode, Tyskland) i 48 timer. Etter måling av tørrvekten ble vanninnholdet i prøvene beregnet ved hjelp av Formel 1:

**Formel 1:**

$$\text{Vanninnhold (\%)} = \frac{\text{våttvekt (g)} - \text{tørrvekt (g)}}{\text{våttvekt (g)}} * 100\%$$

Askeinnholdet ble deretter bestemt med også her 3 paralleller ved å plassere de vannfrie prøvene i en forbrenningsovn (Nabertherm GmbH, Lilienthal, Tyskland) ved 540°C i 16 timer før de ble veid på nytt. Askeinnholdet ble beregnet ved Formel 2:

**Formel 2:**

$$\text{Askeinnhold (\%)} = \frac{\text{vekt etter tørkning og forbrenning (g)}}{\text{våttvekt (g)}} * 100\%$$

### 3.3.2 Ekstraksjon av fett

Ekstraksjon av fett ble gjort med en modifisert utgave av metoden til Folch *et al.* (1957). Tinte prøver med mellom 5 – 6 paralleller ble veid ut (0,5g) i sentrifugerør (50ml Falcon polypropylen) og nøyaktig vekt ble notert. 9,5ml diklormetan/metanol (DCM/MeOH, 2:1v/v) og 50µl (10mg/ml) internstandard (17:0) i DCM/MeOH (2:1v/v) ble deretter tilført sentrifugerørene. Prøvene ble blandet godt (setting 6; 1180rpm) ved bruk av en Multi Reax ristemaskin (Heidolph Instruments GmbH & Co.KG, Schwabach, Tyskland) og satt i avtrekkskap i 25min. De ferdig ristede prøvene ble videre filtrert gjennom et foldefilter (Whatman, 125mm diameter), til nye sentrifugerør. Løsningene ble så tilsatt 2ml 0,9% NaCl, ristet med en reagensrørmikser (VWR International) og videre sentrifugert på 2000g i 10 min (Heraeus Multifuge 1 S-R, Thermo Fisher Scientific, Osterode, Tyskland). Løsningene skilte seg i to faser. Den øverste polar fasen ble fjernet. Den nederste upolare fasen bestående av diklormetan og lipider ble overført til forhåndsveide glassrør (4 eller 8ml) og satt i varmeblokk (30°C, Stuart Block Heater, Stuart®, Stone, Staffordshire, UK). Her ble de videre inndampet under nitrogen gass. Etter ferdig inndamping ble glassrørene veid på nytt og fettinnholdet i prøvene beregnet ved Formel 3:

#### Formel 3:

$$\% \text{ Fett} = \frac{(\text{glassrør med innhold (g)} - \text{tomt glassrør (g)})}{\text{innveid mengde prøve (g)}} * 100\%$$

### 3.3.3 Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetningen ble bestemt med gaskromatografi (GC). Før GC-analysen ble det ekstraherte fett hydrolysert og fettsyrene metylert med hjelp av metoden til Stoffel *et al.* (1959). Det ekstraherte fett ble løst ut i DCM/MeOH (2:1v/v) til en konsentrasjon på 10mg/ml. Deretter ble 100µl av dette overført til glassrør (Kimax rør) og tilsatt 0,9ml diklormetan og 2ml 2% H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> i metanol. Prøvene ble videre satt på varmeblokk (Thermo Fisher Scientific, Osterode, Tyskland) ved 100°C i en time i avtrekkskap. Etter avkjøling ble 3,5ml heptan og 3,5ml 5% NaCl tilsatt prøvene og ristet. Det ble dannet to faser. Den øvre fasen (lipid/heptan) ble videre pipettert over i nye glassrør og dampet tørre som beskrevet tidligere med nitrogen i en Stuart Block Heater.

De tørre prøvene ble deretter tilsatt 100µl heptan og overført til GC-rør og analysert i en gaskromatograf Agilent 6890N (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). En kapillærkolonne CP7419 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) ble benyttet for å

skille de ulike fettsyrene. Separasjonen av fettsyrene foregikk ved hjelp av helium som bæregass. Her ble følgende temperaturprogram benyttet: GC-ovnen ble holdt ved 50°C i to minutter, for så å øke til 150°C (10°C/min), deretter opp til 205°C (2°C/min), videre opp til 255°C (15°C/min) og til slutt 10 minutter hvor temperaturen ble holdt på 255°C. Fettsyrene ble identifisert ved å sammenligne retensjonstid mot kjente fettsyrestandarder: PUFA-1, PUFA-2, PUFA-3 og GLC411. 8 paralleller av hver prøver ble analysert. Andelen av de enkelte fettsyrene ble bestemt av arealprosent og mengde fettsyrer per 100g prøve. Til disse utregningene ble Formel 4 og 5 benyttet:

**Formel 4:**

$$\text{Areal (\%)} = \frac{\text{arealet av den enkelte fettsyretopp i kromatogrammet}}{\text{totale arealet av alle fettsyretoppene}} * 100\%$$

**Formel 5:**

$$\text{Mengde fettsyre (g) pr. 100g prøve} = \frac{\text{areal topp FA}}{\text{areal Topp IS}} * \frac{\text{tilsatt IS (g)}}{\text{vektrpøve (g)}} * 100g$$

### 3.3.4 Aminosyresammensetning og proteininnhold

De homogeniserte prøvene med 2 paralleller ble veid ut (0,2g) i 4ml glassrør, hvor vekt ble notert nøyaktig. Deretter ble 0,5ml internstandard (DL-Norleucine) med en konsentrasjon på 20mM og 0,7ml destillert H<sub>2</sub>O (milliQ) tilsatt. Dette totalvolumet på 1,2ml ble så tilført 1,2ml konsentrert saltsyre (37%). Rørene ble dampet med nitrogengass i 10 sekunder før lokkene ble skrudd på glassrørene. Prøvene ble deretter hydrolysert i varmeskap ved 105°C i 22 timer. Videre ble prøvene avkjølt før 1ml prøve ble overført til eppendorfrør og sentrifugert (Centrifuge 5424 R, Eppendorf AG, Tyskland) på 14000rpm i 5 min. 100µl ble så overført til «GC-rør» og dampet tørre med nitrogengass. Deretter ble prøvene tilsatt 1ml lithium loading buffer pH 2,2 for analyse med en Biochrom 30 aminosyreanalysator (Biochrom Co. Cambridge, UK) med enlitiumcitrat kalibrert kolonne og post-kolonne derivatisert med ninhydrin. Signalene fra dette ble videre analysert ved programvaren Chromeleon (Dinoex, Sunnyvale, CA, USA). Identifisering av aminosyrene ble gjort ved sammenligning mot den fysiologiske aminosyrestandarden A9906.

Proteininnhold i lakseprøvene ble bestemt som summen av det totale antall aminosyrer der molekylvektene til de individuelle aminosyrene ble redusert med molekylvekten til vann (18) som anbefalt av FAO (2003) (Formel 6).

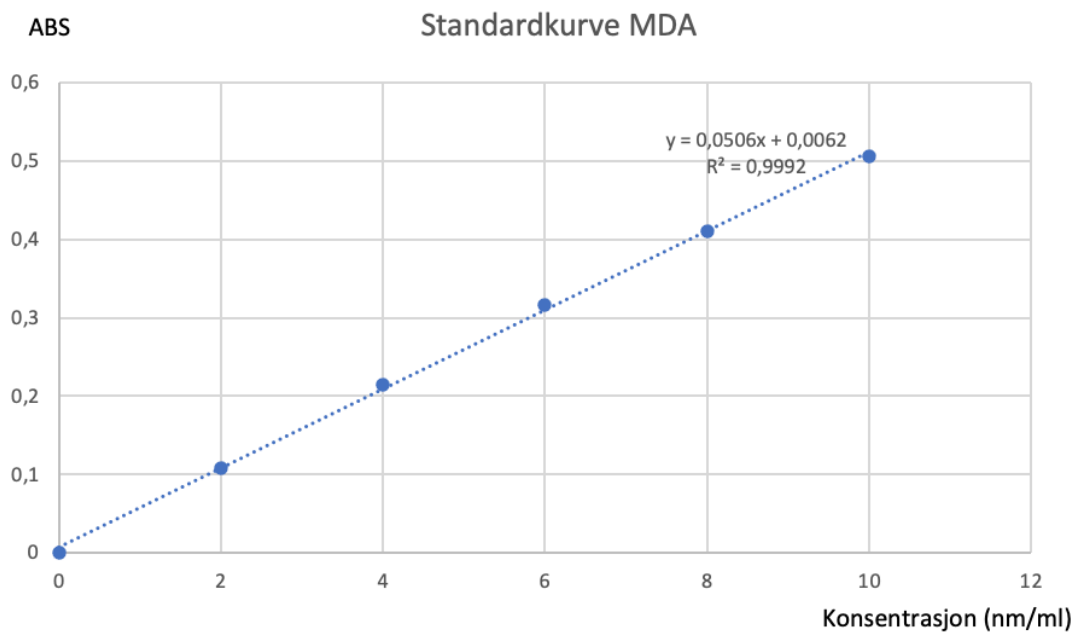
**Formel 6:**

$$\text{Totalprotein(\%)} = \frac{\text{mg aminosyre}}{\text{g prøve}} * \frac{\text{molekylvekt aminosyre} - \text{molekylvekt vann}}{\text{molekylvekt aminosyre}} * 100$$

**3.3.5 Oksidasjon**

Graden av oksidasjon (harskning) i oppmalte prøver som hadde vært fryselagret (-20°C) ble bestemt ved å måle mengden thiobarbitursyrereaktive stoffer (TBARS). Metoden ble opprinnelig beskrevet av Kohn & Liversedge (1944) og senere modifisert av Esterbauer & Cheeseman (1990).

Én prøve homogenisert brunkjøtt (lagret ved -20°C i 5 måneder), 3 prøver homogenisert vanlig skinnnet filet og 3 prøver homogenisert dypskinnnet filet (lagret ved -20°C i 3 måneder), ble analysert. Homogenisert muskelvev (8g) i 50ml sentrifugerør (Falcon polypropylene med skrukork) ble tilsatt 15ml ekstraksjonsløsning (10% TCA, 0,1% propylgallat og 0,1% EDTA) og homogenisert i 2x15 sekunder med en Ultra Turrax homogenisator (Janke & Kunkel, Staufen, Tyskland). Homogenatet ble så plassert i et kokende vannbad i 30min. Under kokingen ble massen blandet med jevnlike mellomrom og siden avkjølt i isvann. Rørene av hver masse ble deretter sentrifugert ved 1000rpm i 10min. Supernatanten ble filtrert gjennom et filterpapir (Whatman) før 1ml av supernatanten ble tilsatt til Eppendorfrør (2,2ml) og tilsatt 1ml thiobarbitursyre (TBA) reagens (0,6% i vann). Et hull ble stukket i lokket av Eppendorfrørene med en kanyle og rørene med lokket på ble så varmebehandlet i et kokende vannbad i 30 minutter. Prøvene ble deretter avkjølt i isvann og absorbansen ble bestemt spektrofotomerisk (Genesys, Thermo Fisher Scientific, Osterode, Tyskland) ved 532nm. Blank prøve bestod av 1ml ekstraksjonsløsning og 1ml TBA-reagens som hadde gjennomgått samme behandling. Ved analyse av brunkjøtt ble 0,5ml ekstrakt tilsatt 0,5ml ren ekstraksjonsløsning før 1ml TBA ble tilsatt. Mengden TBARS ble uttrykt som nmol/g muskel ved bruk av 1,1,3,3-tetraethoxypropane (MDA; malonaldehyde bis(diethyl acetal)) som standard (2-10nmol/ml) (Dulavik *et al.* 1998). De avleste verdiene ble satt inn i standardkurve (Figur 15) og nmol TBARS/g muskel beregnet ut fra Formel 7:



Figur 15: Standardkurve med malonaldehyde bis(diethyl acetal; MDA). Y-akse viser absorbans(abs) ved 532nm og X-akse viser konsentrasjon av MDAnm/ml.

**Formel 7:**

$$\text{nmol TBAR/g prøve} = \frac{(\text{avlest nmol/ml}) * (15\text{ml}) * \text{eventuelt fortykning}}{8\text{g (innveid prøve)}}$$

## 4 Resultater

### 4.1.1 Vekt og vektutbytte

Vekten av den vanlig skinnede fileten fra de 3 laksene var 1518,1; 1439,1 og 1787,3g (Tabell 2). De dypskinnede filetene veide henholdsvis 1483,8; 1399,1 og 1571,5g. For laks nr 1 og 2 førte dypskinning til en vektreduksjon av fileten på 2,3 og 2,8% sammenlignet med vanlig skinning. For laks nr 3 ble vekt tapet ved dypskinning målt til hele 12,1%. Gjennomsnittsvekta til de vanlige skinnede og dypskinnede filetene var på henholdsvis  $1581,5 \pm 182,6$ g og  $1484,8 \pm 86,2$ g. Dette ga en gjennomsnittlig vektreduksjon på filetene ved dypskinning på  $5,7 \pm 5,5\%$ .

Tabell 2: Vekt (g) av vanlig skinnet filet (VS) og av dypskinnert filet (DS). Reduksjon av filettekt (%) ved dypskinning (VR).

Laks nr	VS	DS	VR i
1	1518,1	1483,8	4,4
2	1439,1	1399,1	2,8
3	1787,3	1571,5	12,1
Gjennomsnitt	$1581,5 \pm 182,6$	$1484,8 \pm 86,2$	$5,7 \pm 5,5$

Gjennomsnittlig vekt av buklist, skinn med mørk muskel og rygger fra industriell prosessering av sløyd laks var henholdsvis  $127,7 \pm 8,4$ ;  $161,2 \pm 60,4$  og  $536,8 \pm 30,5$ g (Tabell 3). I samme rekkefølge ble prosentandelen kjøtt på restråstoffene funnet å være  $77,2 \pm 1,3\%$ ;  $52,8 \pm 3,6\%$  og  $42,3 \pm 2,4\%$ , det vil si  $98,6 \pm 7,7$ ;  $84,0 \pm 29,4$  og  $224,7 \pm 12,2$ g kjøtt. Til sammen utgjorde kjøtt fra disse restråstoffene cirka 590g fra en 5kg laks.

Tabell 3: Total vekt, vekt av kjøtt (g) og andelen kjøtt (%) i industrielt produsert restråstoff; buklist (n=6), skinn med mørk muskel (n=6) og rygger (n=4).

Laks nr	Buklist	Skinn m/ mørk muskel	Rygg
Total vekt	$127,7 \pm 8,4$	$161,2 \pm 60,4$	$536,8 \pm 30,5$
Vekt kjøtt	$98,6 \pm 7,7$	$84,0 \pm 29,4$	$224,7 \pm 12,2$
Andel kjøtt	$77,2 \pm 1,3$	$52,8 \pm 3,6$	$42,3 \pm 2,4$

### 4.1.2 Kjemisk sammensetning

Vanlig skinnert filet inneholdt  $9,8 \pm 3,9\%$  fett;  $64,7 \pm 0,7\%$  vann og  $17,8 \pm 5,8\%$  protein (Tabell 4). Tilsvarende tall for dypskinnert filet var  $8,9 \pm 1,9\%$  fett;  $66,1 \pm 0,6\%$  vann og  $15,1 \pm 0,7\%$  protein. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller ( $P > 0,05$ ) i protein, vann og fettinnhold mellom de 2 filettypene.



Tabell 4: Fett-, vann- og proteininnhold (%) i vanlig skinnen og industrielt produsert dypskinnen filet (n=3 for begge).

	Vanlig skinnen	Dypskinnen
Fett	9,8 ± 3,9	8,9 ± 1,9
Vann	64,7 ± 0,7	66,1 ± 0,6
Protein	17,8 ± 5,8	15,1 ± 0,7

Mørk muskel (brunkjøtt) fra skinn etter industriell dypskinning av filet hadde et fett-, vann- og proteininnhold på henholdsvis 26,3 ± 4,1; 60,6 ± 0,4 og 9,3 ± 0,6% (Tabell 5). Buklistkjøtt inneholdt 27,6 ± 3,6% fett, 53,0 ± 4,0% vann og 11,4 ± 0,8% protein. Tilsvarende prosentandeler for ryggkjøtt var 13,5 ± 1,5; 65,3 ± 0,1 og 13,7 ± 0,7%. Den kjemiske sammensetningen i Bits & pieces var 13,3 ± 3,1% fett, 63,5 ± 0,7% vann og 14,4 ± 0,5% protein.

Tabell 5: Fett-, vann- og proteininnhold (%) i brunkjøtt, ryggkjøtt og buklistkjøtt i tillegg til i Bits & pieces. Brunkjøtt fra 6 skinn, kjøtt fra 6 buklister og kjøtt fra 4 rygger ble malt opp samlet og analysert som en prøve.

	Brunkjøtt	Buklistkjøtt	Ryggkjøtt	Bits & pieces
Fett	26,3 ± 4,1	27,6 ± 3,6	13,5 ± 1,5	13,3 ± 3,1
Vann	60,6 ± 0,4	53,0 ± 4,0	65,3 ± 0,1	63,5 ± 0,7
Protein	9,3 ± 0,6	11,4 ± 0,8	13,7 ± 0,7	14,4 ± 0,5

Industrielt produserte rygger hadde ett fett-, vann- og proteininnhold på henholdsvis 18,5 ± 0,1; 61,0 ± 1,2 og 12,6 ± 0,7% (Tabell 6). Tilsvarende kjemiske sammensetning for hele hoder lå på 16,5 ± 0,1; 61,8 ± 0,3 og 9,9 ± 0,3%.

Tabell 6: Fett-, vann- og proteininnhold (%) i industrielt produserte hele rygger (n=2) og hoder (n=8). Ryggene med bein og hoder ble kvernet og analysert som en prøve hver.

	Rygger med bein	Hoder
Fett	18,5 ± 0,1	16,5 ± 0,1
Vann	61,0 ± 1,2	61,8 ± 0,3
Protein	12,6 ± 0,7	9,9 ± 0,3

Askeinnholdet ble målt til 1,0 ± 0,0; 3,7 ± 0,8 og 1,6 ± 0,4% i Bits & pieces, hele hoder og i rygger med bein (Tabell 7)

Tabell 7: Askeinnhold (%) i hele ryggeprodukter (n=2) og hoder (n=8) analysert med bein og i Bits & pieces. Oppmalte rygger og hoder ble malt opp samlet og analysert som en prøve hver.

	Bits & pieces	Rygger med bein	Hoder
Aske	1,0 ± 0,0	1,6 ± 0,4	3,7 ± 0,8

### 4.1.3 Fettsyresammensetning

Omega-3 fettsyrene (PUFA n-3) utgjorde  $15,5 \pm 2,7\%$  av fettsyrene i vanlig skinnnet filet og  $12,8 \pm 1,1\%$  i dypskinnnet filet (Tabell 8). Arealprosenten til EPA, DPA og DHA var henholdsvis  $3,3 \pm 0,4$ ;  $1,5 \pm 0,2$  og  $5,8 \pm 1,0\%$ , til sammen  $10,6 \pm 1,6\%$  LC-PUFA n-3. Tilsvarende i dypskinnnet filet var  $3,0 \pm 0,1\%$  EPA;  $1,4 \pm 0,2\%$  DPA og  $3,6 \pm 0,5\%$  DHA, tilsammen  $8,0 \pm 0,8\%$  LC-PUFA n-3. Vanlig skinnnet filet og dypskinnnet filet inneholdt begge  $16,4 \pm 0,7\%$  linolsyre (LA). Gjennomsnittlig forholdet mellom n-6/n-3 var 1,06 i vanlig skinnnet filet og 1,28 i dypskinnnet filet.

I vanlig skinnnet filet var det  $2,4 \pm 1,5\text{g}$  mettede fettsyrer (SFA)/100g filet,  $5,1 \pm 2,6\text{g}$  enumettede fettsyrer (MUFA)/100g og  $3,7 \pm 1,9\text{g}$  flerumettede fettsyrer (PUFA)/100g. For dypskinnnet filet var mengden på  $2,5 \pm 1,2\text{g}$  SFA/100g,  $5,2 \pm 2,9\text{g}$  MUFA/100g og  $3,4 \pm 2,0\text{g}$  PUFA/100g (Tabell 8). Innholdet av omega-3 fettsyrer (PUFA n-3) var hos vanlig skinnnet filet og dypskinnnet filet på henholdsvis  $1,8 \pm 0,9\text{g}/100\text{g}$  og  $1,7 \pm 1,0\text{g}/100\text{g}$ . Den totale mengden på de langkjedene omega-3 fettsyrene (LC-PUFA n-3) var i samme rekkefølge på  $1,3 \pm 0,7\text{g}/100\text{g}$  og  $1,2 \pm 0,7\text{g}/100\text{g}$  filet.

Tabell 8: Fettsyreinnholdet (areal%) og mengde fettsyre i g/100g muskel i vanlig skinnnet filet og industrielt dypskinnnet filet. SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, LC-PUFA n-3 = langkjedede, flerumettede omega-3 fettsyrer, n-6/n-3 – forholdet mellom omega-6 og omega-3 fettsyrer.

Fettsyrer	Vanlig skinnnet		Dypskinnnet	
	Fettsyreinnhold (%)	Mengde fettsyre i g/100g filet	Fettsyreinnhold (%)	Mengde fettsyre i g/100g filet
C14:0	$3,1 \pm 0,6$	$0,4 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$
C16:0	$12,6 \pm 1,8$	$1,5 \pm 0,9$	$13,8 \pm 1,3$	$1,5 \pm 0,8$
C18:0	$4,1 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,8$	$0,5 \pm 0,2$
<b>Total SFA</b>	<b><math>19,8 \pm 2,9</math></b>	<b><math>2,4 \pm 1,5</math></b>	<b><math>21,7 \pm 2,3</math></b>	<b><math>2,5 \pm 1,2</math></b>
C16:1 n-7	$2,8 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,2$
C18:1 n-9	$31,3 \pm 4,0$	$3,3 \pm 1,3$	$32,3 \pm 0,9$	$3,3 \pm 1,8$
C18:1 n-7	$2,8 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,2$
C20:1 n-9	$3,9 \pm 1,6$	$0,4 \pm 0,2$	$4,4 \pm 1,1$	$0,5 \pm 0,3$
C20:1 n-11	$6,4 \pm 1,1$	$0,8 \pm 0,8$	$5,6 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,4$
<b>Total MUFA</b>	<b><math>47,2 \pm 7,3</math></b>	<b><math>5,1 \pm 2,6</math></b>	<b><math>47,6 \pm 2,3</math></b>	<b><math>5,2 \pm 2,9</math></b>
C18:2 n-6	$16,4 \pm 0,7$	$1,9 \pm 1,0$	$16,4 \pm 0,7$	$1,7 \pm 1,0$
C18:3 n-3	$4,9 \pm 1,1$	$0,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
C20:5 n-3	$3,3 \pm 0,4$	$0,4 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,2$
C22:5 n-3	$1,5 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$
C22:6 n-3	$5,8 \pm 1,0$	$0,7 \pm 0,4$	$3,6 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,4$
<b>Total PUFA</b>	<b><math>31,9 \pm 3,4</math></b>	<b><math>3,7 \pm 1,9</math></b>	<b><math>29,2 \pm 1,8</math></b>	<b><math>3,4 \pm 2,0</math></b>
<b>Total FA</b>	<b><math>98,9 \pm 13,6</math></b>	<b><math>11,2 \pm 6,0</math></b>	<b><math>98,5 \pm 6,4</math></b>	<b><math>11,1 \pm 6,1</math></b>
<b>PUFA n-3</b>	<b><math>15,5 \pm 2,7</math></b>	<b><math>1,8 \pm 0,9</math></b>	<b><math>12,8 \pm 1,1</math></b>	<b><math>1,7 \pm 1,0</math></b>
<b>LC-PUFA n-3</b>	<b><math>10,6 \pm 1,6</math></b>	<b><math>1,3 \pm 0,7</math></b>	<b><math>8,0 \pm 0,8</math></b>	<b><math>1,2 \pm 0,7</math></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>1,06</b>		<b>1,28</b>	

Omega-3 fettsyrene (PUFA n-3) utgjorde  $17,5 \pm 0,2$ ;  $17,6 \pm 0,3$ ;  $18,1 \pm 0,5$  og  $14,2 \pm 3,1\%$  av fettsyrene i restråstoffene brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces (Tabell 9).

Arealprosentene til EPA, DPA og DHA var henholdsvis  $3,1 \pm 0,0$ ;  $1,5 \pm 0,0$  og  $4,7 \pm 0,1\%$ , til sammen  $9,3 \pm 0,1\%$  LC-PUFA n-3 i brunkjøtt. Tilsvarende for buklistkjøtt var  $3,4 \pm 0,1\%$  EPA;  $1,6 \pm 0,0\%$  DPA og  $3,9 \pm 0,1\%$  DHA, til sammen  $8,9 \pm 0,2\%$  LC-PUFA n-3. I ryggkjøtt var arealprosentene  $3,5 \pm 0,1$  EPA;  $1,6 \pm 0,0$  DPA og  $4,4 \pm 0,2\%$  DHA. LC-PUFA n-3 var til sammen på  $9,5 \pm 0,3\%$ . I Bits & pieces var arealprosentene til EPA, DPA og DHA på henholdsvis  $2,5 \pm 0,6$ ;  $1,2 \pm 0,3$  og  $3,6 \pm 0,7\%$ , til sammen  $7,3 \pm 1,6\%$  LC-PUFA n-3. Restråstoffene brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces inneholdt  $15,9 \pm 0,3$ ;  $14,5 \pm 0,2$ ;  $14,5 \pm 0,2$  og  $13,4 \pm 1,9\%$  linolsyre (LA). Forholdet mellom omega-6 og omega-3 fettsyrer var på  $0,94$ ;  $0,85$ ;  $0,84$  og  $0,98$  i den tilsvarende rekkefølgen av restråstoffene.

Tabell 9: Fettsyreinnholdet (areal%) for brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces. ND = ikke påvist, SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, LC-PUFA n-3 = langkjedede flerumettede omega-3 fettsyrer, n-6/n-3 – forholdet mellom omega-6 og omega-3 fettsyrer.

Fettsyrer	Brunkjøtt	Buklistkjøtt	Ryggkjøtt	Bits & pieces
C14:0	$2,1 \pm 0,0$	$2,3 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$	$3,8 \pm 1,5$
C16:0	$10,2 \pm 0,4$	$9,8 \pm 0,2$	$10,6 \pm 0,5$	$16,8 \pm 6,1$
C18:0	$3,3 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,2$	$5,2 \pm 1,7$
<b>Total SFA</b>	<b><math>15,6 \pm 0,7</math></b>	<b><math>15,2 \pm 0,5</math></b>	<b><math>16,3 \pm 0,8</math></b>	<b><math>25,8 \pm 9,3</math></b>
C16:1 n-7	$2,5 \pm 0,0$	$2,8 \pm 0,0$	$2,7 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,5$
C18:1 n-9	$39,7 \pm 0,3$	$40,3 \pm 0,6$	$40,3 \pm 0,2$	$37,0 \pm 4,5$
C18:1 n-7	$3,0 \pm 0,0$	$3,0 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,0$	$3,3 \pm 0,2$
C20:1 n-9	$3,2 \pm 0,0$	$3,7 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,0$	$3,2 \pm 0,5$
C22:1 n-11	$1,7 \pm 1,1$	$2,0 \pm 1,1$	$0,7 \pm 0,0$	$0,6 \pm 0,0$
C24:1 n-9	$0,5 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,0$	ND	ND
<b>Total MUFA</b>	<b><math>50,6 \pm 1,4</math></b>	<b><math>52,2 \pm 1,9</math></b>	<b><math>50,5 \pm 0,3</math></b>	<b><math>46,1 \pm 5,7</math></b>
C18:2 n-6	$15,9 \pm 0,3$	$14,5 \pm 0,2$	$14,5 \pm 0,2$	$13,4 \pm 1,9$
C18:3 n-3	$7,3 \pm 0,1$	$7,8 \pm 0,1$	$7,8 \pm 0,2$	$5,9 \pm 1,3$
C18:4 n-3	$0,9 \pm 0,0$	$0,9 \pm 0,0$	$0,8 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,2$
C20:4 n-6	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,1$
C20:5 n-3	$3,1 \pm 0,0$	$3,4 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,6$
C22:5 n-3	$1,5 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,0$	$1,2 \pm 0,3$
C22:6 n-3	$4,7 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,7$
<b>Total PUFA</b>	<b><math>33,9 \pm 0,7</math></b>	<b><math>32,6 \pm 0,7</math></b>	<b><math>33,3 \pm 0,7</math></b>	<b><math>28,1 \pm 5,1</math></b>
<b>Total FA</b>	<b><math>100,1 \pm 2,8</math></b>	<b><math>100,0 \pm 3,1</math></b>	<b><math>100,1 \pm 1,3</math></b>	<b><math>100,0 \pm 20,1</math></b>
<b>PUFA n-3</b>	<b><math>17,5 \pm 0,2</math></b>	<b><math>17,6 \pm 0,3</math></b>	<b><math>18,1 \pm 0,5</math></b>	<b><math>14,2 \pm 3,1</math></b>
<b>LC-PUFA n-3</b>	<b><math>9,3 \pm 0,1</math></b>	<b><math>8,9 \pm 0,2</math></b>	<b><math>9,5 \pm 0,3</math></b>	<b><math>7,3 \pm 1,6</math></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>0,94</b>	<b>0,85</b>	<b>0,84</b>	<b>0,98</b>

Mengdene fettsyrer i 100g brunkjøtt var  $4,5 \pm 1,2$ g mettede fettsyrer,  $14,4 \pm 3,8$ g enumettede fettsyrer og  $9,6 \pm 2,6$ g flerumettede fettsyrer (tabell 10). I buklistkjøtt var det totalt  $4,5 \pm 0,9$ g SFA/100g,  $15,4 \pm 3,3$ g MUFA/100g og  $9,8 \pm 2,1$ g PUFA/100g. Ryggkjøtt inneholdt  $2,0 \pm 0,4$ g

SFA/100g,  $6,0 \pm 1,3$ g MUFA/100g og  $3,9 \pm 0,8$ g PUFA/100g. For Bits & pieces var det  $1,9 \pm 0,5$ g SFA/100g,  $3,9 \pm 1,8$ g MUFA/100g og  $2,3 \pm 1,3$ g PUFA/100g .

Innholdet på omega-3 fettsyrer (PUFA n-3) hos restråstoffene i tilsvarende rekkefølge var på  $5,0 \pm 1,3$ ;  $5,3 \pm 1,2$ ;  $2,1 \pm 0,4$  og  $1,2 \pm 0,7$ g/100g. Den totale mengden av de langkjedene omega-3 fettsyrene (LC-PUFA n-3) i brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces var henholdsvis på  $2,6 \pm 0,7$ ;  $2,7 \pm 0,6$ ;  $1,1 \pm 0,2$  og  $0,6 \pm 0,4$ g/100g.

Tabell 10: Mengde fettsyre i g/100g for brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces. ND = ikke påvist, SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, LC-PUFA n-3 = langkjedede flerumettede omega-3 fettsyrer.

Fettsyrer	Brunkjøtt	Buklistkjøtt	Ryggkjøtt	Bits & pieces
C14:0	$0,6 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$
C16:0	$2,9 \pm 0,8$	$2,9 \pm 0,6$	$1,3 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,3$
C18:0	$1,0 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
<b>Total SFA</b>	<b><math>4,5 \pm 1,2</math></b>	<b><math>4,5 \pm 0,9</math></b>	<b><math>2,0 \pm 0,4</math></b>	<b><math>1,9 \pm 0,5</math></b>
C16:1 n-7	$0,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
C18:1 n-9	$11,3 \pm 2,9$	$12,0 \pm 2,3$	$4,8 \pm 1,0$	$3,1 \pm 1,5$
C18:1 n-7	$0,9 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$
C20:1 n-9	$0,9 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$
C22:1 n-11	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,4$	$0,1 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
C24:1 n-9	$0,1 \pm 0,0$	$0,1 \pm 0,0$	ND	ND
<b>Total MUFA</b>	<b><math>14,4 \pm 3,8</math></b>	<b><math>15,4 \pm 3,3</math></b>	<b><math>6,0 \pm 1,3</math></b>	<b><math>3,9 \pm 1,8</math></b>
C18:2 n-6	$4,5 \pm 1,2$	$4,3 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,4$	$1,1 \pm 0,6$
C18:3 n-3	$2,1 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,3$
C18:4 n-3	$0,3 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,0$	$0,1 \pm 0,0$
C20:4 n-6	$0,1 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
C20:5 n-3	$0,9 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
C22:5 n-3	$0,4 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,0$	$0,1 \pm 0,1$
C22:6 n-3	$1,3 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,2$
<b>Total PUFA</b>	<b><math>9,6 \pm 2,6</math></b>	<b><math>9,8 \pm 2,1</math></b>	<b><math>3,9 \pm 0,8</math></b>	<b><math>2,3 \pm 1,3</math></b>
<b>Total FA</b>	<b><math>28,5 \pm 7,6</math></b>	<b><math>29,7 \pm 6,3</math></b>	<b><math>11,9 \pm 2,5</math></b>	<b><math>8,1 \pm 3,6</math></b>
<b>PUFA n-3</b>	<b><math>5,0 \pm 1,3</math></b>	<b><math>5,3 \pm 1,2</math></b>	<b><math>2,1 \pm 0,4</math></b>	<b><math>1,2 \pm 0,7</math></b>
<b>LC-PUFA n-3</b>	<b><math>2,6 \pm 0,7</math></b>	<b><math>2,7 \pm 0,6</math></b>	<b><math>1,1 \pm 0,2</math></b>	<b><math>0,6 \pm 0,4</math></b>

Omega-3 fettsyrene (PUFA n-3) utgjorde  $17,7 \pm 0,6\%$  av fettsyrene i rygger med bein og  $17,8 \pm 0,6\%$  i hoder (tabell 11). Arealprosentene til EPA, DPA og DHA var henholdsvis  $3,5 \pm 0,1$ ;  $1,5 \pm 0,0$  og  $4,2 \pm 0,2\%$ , til sammen  $9,2 \pm 0,3\%$  LC-PUFA n-3. I hoder var det  $3,8 \pm 0,1\%$  EPA;  $1,4 \pm 0,2\%$  DPA og  $4,7 \pm 0,1\%$  DHA, til sammen  $9,9 \pm 0,4\%$  LC-PUFA n-3. Rygger med bein og hoder inneholdt  $14,2 \pm 0,2$  og  $13,3 \pm 0,2\%$  linolsyre (LA). Forholdet mellom n-6/n-3 var  $0,84$  i rygger med bein og  $0,75$  i hoder.

I vanlig rygger med bein var det  $2,6 \pm 0,1$ g SFA/100g filet,  $7,8 \pm 0,7$ g MUFA/100g og  $5,8 \pm 0,5$ g PUFA/100g. For hoder var mengden  $1,7 \pm 0,5$ g SFA/100g,  $4,3 \pm 1,2$ g MUFA/100g og  $2,7 \pm 0,6$ g PUFA/100g (Tabell 11). Innholdet av omega-3 fettsyrer (PUFA n-3) var i rygger  $2,6 \pm 0,3$ g/100g og i hoder  $1,5 \pm 0,3$ g/100g. Den totale mengden på de langkjedene omega-3

fettsyrene (LC-PUFA n-3) var i tilsvarende rekkefølge på  $1,3 \pm 0,2$ g/100g og  $0,8 \pm 0,2$ g/100g filet.

Tabell 11: Fettsyreinnholdet (areal%) og mengde fettsyre i g/100g muskel i rygger med bein og hoder. ND = ikke påvist, SFA = mettede fettsyrer, MUFA = enumettede fettsyrer, PUFA = flerumettede fettsyrer, LC-PUFA n-3 = langkjedede, flerumettede omega-3 fettsyrer, n-6/n-3 = forholdet mellom omega-6 og omega-3 fettsyrer.

Fettsyrer	Rygger med bein		Hoder	
	Fettsyreinnhold (%)	Mengde fettsyre i g/100g filet	Fettsyreinnhold (%)	Mengde fettsyre i g/100g filet
C14:0	2,5 ± 0,2	0,4 ± 0,0	2,6 ± 0,2	0,3 ± 0,1
C16:0	11,1 ± 0,6	1,7 ± 0,1	12,7 ± 0,6	1,1 ± 0,3
C18:0	3,4 ± 0,2	0,5 ± 0,0	3,9 ± 0,1	0,3 ± 0,1
<b>Total SFA</b>	<b>17,0 ± 1,0</b>	<b>2,6 ± 0,1</b>	<b>19,2 ± 0,9</b>	<b>1,7 ± 0,5</b>
C16:1 n-7	2,7 ± 0,0	0,4 ± 0,0	2,6 ± 0,0	0,2 ± 0,1
C18:1 n-9	40,2 ± 0,3	6,2 ± 0,6	39,1 ± 0,4	3,4 ± 0,8
C18:1 n-7	3,2 ± 0,0	0,5 ± 0,0	3,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1
C20:1 n-9	3,7 ± 0,0	0,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1
C22:1 n-11	0,6 ± 0,0	0,1 ± 0,0	1,5 ± 1,2	0,1 ± 0,1
<b>Total MUFA</b>	<b>50,4 ± 0,3</b>	<b>7,8 ± 0,7</b>	<b>49,8 ± 1,8</b>	<b>4,3 ± 1,2</b>
C18:2 n-6	14,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	13,3 ± 0,2	1,2 ± 0,3
C18:3 n-3	7,6 ± 0,2	1,2 ± 0,1	7,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1
C18:4 n-3	0,9 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,9 ± 0,1	0,1 ± 0,0
C20:4 n-6	0,6 ± 0,0	1,0 ± 0,0	ND	ND
C20:5 n-3	3,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	3,8 ± 0,1	0,3 ± 0,1
C22:5 n-3	1,5 ± 0,0	0,2 ± 0,0	1,4 ± 0,2	0,1 ± 0,0
C22:6 n-3	4,2 ± 0,2	0,6 ± 0,1	4,7 ± 0,1	0,4 ± 0,1
<b>Total PUFA</b>	<b>32,5 ± 0,8</b>	<b>5,8 ± 0,5</b>	<b>31,1 ± 0,8</b>	<b>2,7 ± 0,6</b>
<b>Total FA</b>	<b>99,9 ± 2,1</b>	<b>16,2 ± 1,3</b>	<b>100,1 ± 3,5</b>	<b>8,7 ± 2,3</b>
<b>PUFA n-3</b>	<b>17,7 ± 0,6</b>	<b>2,6 ± 0,3</b>	<b>17,8 ± 0,6</b>	<b>1,5 ± 0,3</b>
<b>LC-PUFA n-3</b>	<b>9,2 ± 0,3</b>	<b>1,3 ± 0,2</b>	<b>9,9 ± 0,4</b>	<b>0,8 ± 0,2</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>0,84</b>		<b>0,75</b>	

#### 4.1.4 Aminosyresammensetning

Resultatene viser en variasjon mellom aminosyreprofilene i vanlig skinnen og dypskinnen filet. Leucin, lysin og treonin utgjorde i vanlig skinnen filet  $16,2 \pm 6,4$ ;  $20,5 \pm 6,7$  og  $18,3 \pm 19,2$ mg/g våtvekt muskel. I dypskinnen filet var innholdet på de samme essensielle aminosyrene i mg/g av fileten på  $15,2 \pm 0,7$ ;  $18,1 \pm 0,8$  og  $9,3 \pm 0,4$  (Tabell 12).

De ikke-essensielle aminosyrene asparagin/asparaginsyre og glutamin/glutaminsyre i skinnen filet var på  $19,1 \pm 6,2$  og  $32,6 \pm 10,1$ mg/g muskel. I dypskinnen filet var innholdet av disse henholdsvis  $17,0 \pm 0,7$  og  $28,1 \pm 1,5$ mg/g. Innholdet av prolin i vanlig skinnen filet og i dypskinnen filet henholdsvis  $8,4 \pm 2,5$  og  $6,8 \pm 1,0$ mg/g. Hydroksyprolin ble ikke påvist i noen av filetene. Innholdet av glycin var her i skinnen filet og dypskinnen filet på henholdsvis  $11,1 \pm 3,3$  og på  $9,5 \pm 0,4$ mg/g filet. Det totale innholdet av aminosyrer i vanlig skinnen filet ble funnet

til å være 207,8mg/g våtvekt der de essensielle aminosyrene utgjorde 50%. Tilsvarende for dypskinnnet fillet var 176 mg/g og 48% Tabell 12).

Tabell 12: Aminosyresammensetningen (mg/g våtvekt) vanlig skinnnet fillet og dypskinnnet fillet.

<b>Aminosyrer</b>	<b>Skinnet fillet</b>	<b>Dypskinnnet fillet</b>
<b>Essensielle aminosyrer,</b>		
<b>Totalt:</b>	<b>102,9 ± 49,0</b>	<b>85,1 ± 6,6</b>
Arginin	5,7 ± 2,0	7,0 ± 1,1
Histidin	6,2 ± 2,2	5,5 ± 2,2
Isoleucin	9,9 ± 3,8	7,3 ± 0,4
Leucin	16,2 ± 6,4	15,2 ± 0,7
Lysin	20,5 ± 6,7	18,1 ± 0,8
Metionin	7,0 ± 2,2	6,1 ± 0,3
Fenylalanin	9,1 ± 3,0	7,9 ± 0,3
Treonin	18,3 ± 19,2	9,3 ± 0,4
Valin	10,0 ± 3,5	8,7 ± 0,4
<b>Ikke-essensielle aminosyrer,</b>		
<b>Totalt:</b>	<b>104,9 ± 32,9</b>	<b>90,9 ± 5,0</b>
Alanin	14,1 ± 4,5	12,4 ± 0,5
Asparaginsyre + Asparagin	19,1 ± 6,2	17,0 ± 0,7
Glutaminsyre + Glutamin	32,6 ± 10,1	28,1 ± 1,5
Glycin	11,1 ± 3,3	9,5 ± 0,4
Hydroksyprolin	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Serin	9,6 ± 3,0	8,4 ± 0,4
Tyrosin	8,5 ± 2,6	7,5 ± 0,4
Prolin	8,4 ± 2,5	6,8 ± 1,0
Cystein	1,5 ± 0,4	1,2 ± 0,1

Innholdet av leucin i brunkjøtt var på  $9,5 \pm 0,7$ mg/g. I buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces var innholdet av leucin henholdsvis  $10,9 \pm 1,1$ mg/g;  $13,3 \pm 0,7$ mg/g og  $14,1 \pm 0,6$ mg/g våtvekt. For de 3 første restråstoffene var lysininholdet på henholdsvis  $10,0 \pm 0,8$ ;  $14,8 \pm 1,3$  og  $15,4 \pm 0,9$ mg/g. I Bits and pieces ble det ikke funnet lysin (Tabell 13).

For de ikke-essensielle aminosyrene var innholdet av asparagin/asparaginsyre og glutamin/glutaminsyre i brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces på  $9,8 \pm 0,8$  og  $17,2 \pm 1,3$ mg/g;  $12,1 \pm 1,0$  og  $20,9 \pm 1,9$ ;  $14,6 \pm 0,8$  og  $24,6 \pm 1,5$  og  $15,1 \pm 0,0$  og  $25,9 \pm 0,9$ mg/g. Innholdet av prolin var i de tilsvarende restråstoffene på  $5,2 \pm 0,2$ ;  $6,6 \pm 0,1$ ;  $6,8 \pm 0,3$  og  $7,0 \pm 0,1$ mg/g. Hydroksyprolin var her i disse restråstoffene på  $0,9 \pm 0,2$ ;  $1,1 \pm 0,4$ ;  $0,7 \pm 0,0$  og  $0,9 \pm 0,0$ mg/g. I samme rekkefølge på restråstoffene var innholdet av glycin på  $7,5 \pm 0,2$ ;  $9,5 \pm 0,7$ ;  $9,8 \pm 0,7$  og på  $10,3 \pm 0,1$ mg/g. Det totale innholdet av aminosyrer i brunkjøtt ble funnet å være 109,9mg/g våtvekt der de essensielle aminosyrene utgjorde 47%. Tilsvarende for buklistkjøtt var 136mg/g og 47% (Tabell 13). For ryggkjøtt var det 160,7mg/g og 49% essensielle aminosyrer. For Bits and pieces var det 152,8mg aminosyrer/g og av disse utgjorde de essensielle aminosyrene 43% (Tabell 13).

Tabell 13: Aminosyresammensetningen (mg/g) til brunkjøtt, buklistkjøtt, ryggkjøtt og Bits & pieces.

Aminosyre	Brunkjøtt	Buklistkjøtt	Ryggkjøtt	Bits & pieces
<b>Essensielle aminosyrer, totalt:</b>	<b>51,5 ± 3,4</b>	<b>64,5 ± 5,6</b>	<b>78,3 ± 4,2</b>	<b>66,3 ± 2,2</b>
Arginin	5,6 ± 0,1	7,0 ± 0,1	10,9 ± 0,6	11,9 ± 0,3
Histidin	2,7 ± 0,2	3,6 ± 0,4	4,5 ± 0,3	4,5 ± 0,2
Isoleucin	4,3 ± 0,3	5,1 ± 0,5	6,3 ± 0,3	6,5 ± 0,2
Leucin	9,5 ± 0,7	10,9 ± 1,1	13,3 ± 0,7	14,1 ± 0,6
Lysin	10,0 ± 0,8	14,8 ± 1,3	15,4 ± 0,9	0,0 ± 0,0
Metonin	3,9 ± 0,2	4,6 ± 0,4	5,5 ± 0,3	5,9 ± 0,2
Fenylalanin	4,9 ± 0,2	5,6 ± 0,6	6,8 ± 0,3	7,1 ± 0,2
Treonin	5,7 ± 0,6	6,8 ± 0,6	8,1 ± 0,4	8,5 ± 0,3
Valin	4,9 ± 0,3	6,1 ± 0,6	7,5 ± 0,4	7,8 ± 0,2
<b>Ikke-essensielle aminosyrer, totalt:</b>	<b>58,4 ± 3,9</b>	<b>71,5 ± 5,8</b>	<b>82,4 ± 4,4</b>	<b>86,5 ± 2,5</b>
Alanin	7,4 ± 0,3	9,3 ± 0,6	11,2 ± 0,3	11,6 ± 0,3
Asparaginsyre + Asparagin	9,8 ± 0,8	12,1 ± 1,0	14,6 ± 0,8	15,1 ± 0,5
Glutaminsyre + Glutamin	17,2 ± 1,3	20,9 ± 1,9	24,6 ± 1,5	25,9 ± 0,9
Glycin	7,5 ± 0,2	9,5 ± 0,7	9,8 ± 0,7	10,3 ± 0,1
Hydroksyprolin	0,9 ± 0,2	1,1 ± 0,4	0,7 ± 0,0	0,9 ± 0,0
Serin	5,4 ± 0,4	6,4 ± 0,4	7,4 ± 0,4	7,9 ± 0,2
Tyrosin	4,2 ± 0,4	5,0 ± 0,6	6,5 ± 0,3	6,7 ± 0,2
Prolin	5,2 ± 0,2	6,6 ± 0,1	6,8 ± 0,3	7,0 ± 0,1
Cystein	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,1 ± 0,2

Innholdet av leucin i rygger med bein og hoder var på  $12,0 \pm 1,1$  og  $8,6 \pm 0,1$  mg/g. Lysin utgjorde  $13,9 \pm 1,3$  mg/g i rygger med bein, men ble ikke funnet i hoder (Tabell 14). Asparagin/asparaginsyre i rygger med bein og i hoder henholdsvis på  $13,4 \pm 1,0$  og  $9,9 \pm 0,2$  mg/g. Mengden glutamin/glutaminsyre var i rygger med bein og i hoder på henholdsvis  $23,4 \pm 1,8$  og  $17,4 \pm 0,3$  mg/g. I tilsvarende restråstoff var innholdet av prolin på  $6,6 \pm 0,3$  og  $6,7 \pm 0,2$  mg/g. Innholdet av hydroksyprolin i rygger med bein var på  $1,1 \pm 0,3$  mg/g. Aminosyren ble ikke funnet i hoder. Innholdet av glycin var på  $10,2 \pm 1,1$  i rygger og  $12,0 \pm 0,6$  mg/g i hoder. Det totale innholdet av aminosyrer i rygger med bein ble funnet å være  $148,4$  mg/g våtvekt der de essensielle aminosyrene utgjorde 47%. Tilsvarende for hoder var  $106,8$  mg/g og 39% (Tabell 14).

Tabell 14: Aminosyre sammensetningen til proteinfaksjon fra industrielt produsert rygger med bein og hoder. Totale og frie aminosyrer er oppgitt i mg/g våtvekt av restråstoffet.

Aminosyre	Rygger med bein	Hoder
<b>Essensielle aminosyrer, totalt</b>	<b>70,3 ± 5,6</b>	<b>41,6 ± 1,0</b>
Arginin	9,6 ± 0,4	7,7 ± 0,3
Histidin	3,9 ± 0,2	2,9 ± 0,1
Isoleucin	5,5 ± 0,6	3,8 ± 0,1
Leucin	12,0 ± 1,1	8,6 ± 0,1
Lysin	13,9 ± 1,3	0,0 ± 0,0
Metionin	5,1 ± 0,3	3,8 ± 0,1
Fenylalanin	6,2 ± 0,6	4,7 ± 0,1
Treonin	7,5 ± 0,6	5,4 ± 0,1
Valin	6,6 ± 0,5	4,7 ± 0,1
<b>Ikke-essensielle aminosyrer, totalt</b>	<b>78,1 ± 5,7</b>	<b>65,2 ± 2,3</b>
Alanin	10,2 ± 0,3	8,4 ± 0,5
Asparaginsyre + Asparagin	13,4 ± 1,0	9,9 ± 0,2
Glutaminsyre + Glutamin	23,4 ± 1,8	17,4 ± 0,3
Glycin	10,2 ± 1,1	12,0 ± 0,6
Hydroksyprolin	1,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0
Serin	7,1 ± 0,3	6,0 ± 0,2
Tyrosin	5,3 ± 0,5	3,8 ± 0,1
Prolin	6,6 ± 0,3	6,7 ± 0,2
Cystein	0,8 ± 0,1	1,0 ± 0,2

#### 4.1.5 Sekundære oksidasjonsprodukter

Sekundære oksidasjonsprodukter målt som mengden thiobarbitursyrereaktive stoffer (TBARs) i brunkjøtt fryselaagret ved -20°C i 5 måneder og vanlig skinnnet og dypskinnnet filet lagret ved -20°C i 3 måneder. Brunkjøttet inneholdt 36,4nmol TBARs/g (Tabell 15). Dypskinnnet og vanlig skinnnet filet hadde et gjennomsnittlig innhold på henholdsvis 5,6 ± 0,2 og 7,2 ± 0,6nmol TBARs/gram kjøtt.

Tabell 15: Mengde thiobarbitursyrereaktive stoffer (TBARs) i brunkjøtt (lagret ved -20°C i 5 måneder) og i dypskinnnet og vanlig skinnnet filet (n=3 for begge som hadde vært lagret ved -20°C i 3 måneder).

	Brunkjøtt	Dypskinnnet filet	Vanligskinnnet filet
TBARs (nmol/g)	36,4	5,6 ± 0,2	7,2 ± 0,6



## 5 Diskusjon

Omtrent 20% av laksen som blir slaktet i Norge videreføres til filetoprodukter før de eksporteres eller selges innenlands. Restråstoffene fra slik videreføring; hoder, rygger, buklister, avskjær («Bits and pieces») og brunkjøtt (mørk muskel) fra dypskinning av fileten blir i betydelig grad eksportert for konsum. Målet med oppgaven var å undersøke næringsinnholdet med vekt på fett i disse industrielt produserte restråstoffene fra sekundære prosesseringen av laks i Norge. Denne studien er ikke et mål på bærekraft, men snarere et forsøk på å dokumentere at disse restråstoffene er velegnet som menneskemat.

Fra et foredlingsanlegg kan laksefileter eksporteres trimmet med skinnen sittende på eller etter fjerning av skinnen. I noen tilfeller ønsker kundene at avskinningen skjer ved såkalt dypskinning der mye av den mørke muskelen fjernes sammen med skinnen. For filetene fra 2 av laksene utgjorde den mørke muskelen (brunkjøttet) i gjennomsnitt 2,55% av den vanlige skinnede fileten (tabell 3). Det vil si at 1000kg skinnfri fileten får en vektreduksjon på 25,5kg ved dypskinning. For den tredje laksen ble det funnet at brunkjøttet utgjorde 12,1% av filettevekten og dette bedømmes å være svært høyt uten at årsaken kan forklares. Gjennomsnittlig vekt av buklister og rygg per laks var henholdsvis 255g og 537g (Tabell 3), det vil si 5,1% og 10,7% av en 5kg laks. Prosentandelen rygg stemmer overens med tidligere publiserte verdier, men for buklistene var andelen 3 – 4x høyere (Liaset *et al.* 2003; Stevens *et al.* 2018). Forklaringen kan ligge i hvor mye buklist som trimmes bort. Fra den samme tabellen ser man at per laks utgjorde skinn med mørk muskel i gjennomsnitt 322g mens bare skinnene veide til sammen 154g, dvs 3,1% av en 5kg laks som er i overensstemmelse med Stevens *et al.* (2018).

Biprodukter som inneholder kjøtt slik som hoder, rygger, buklister og skinn fra dypskinning er av god næringsmessig verdi som inneholdende høykvalitets proteiner og lipider i tillegg til mikronæringsstoffer (Olsen *et al.* 2014).

Fra buklister, skinn med mørk muskel og rygger, ble bein, brusk og skinn fjernet manuelt. Buklist hadde det totalt høyeste innholdet av kjøtt på 77,2% av sin totalvekt på 127,7g. Hos skinn med mørk muskel var kjøttutbytte (brunkjøtt) på 52,8% og hos rygger lå kjøttandelen på 42,3%. Buklist vil dermed med sitt høye kjøttutbytte være best for videre bruk til mat. I tillegg kommer et høyt fettinnhold (se senere). Rygger vil være mer krevende å utnytte da denne inneholder mye bein. En kan imidlertid bruke en kjøtt- og beinseparator for å utvinne kjøttet. Da ryggene veier mer enn buklistene til sammen, kan kjøttutbyttet være stort selv om det bare ligger på 42,3% av en industrielt produsert lakserygg. Brunkjøtt fra skinn etter dypskinning produseres og selges allerede i dag.

Det er velkjent at mørk muskel har et høyere fettinnhold enn lys muskel. Dette gjelder spesielt i fet fisk som laks, makrell og sild. Årsaken er at slike pelagiske fiskeslag bruker den aerobe mørke muskelen til å forbrenne fett ved langdistansesvømming. Analysene viste et lavere fettinnhold i dypskinnet filet der mesteparten av den mørke muskelen er fjernet enn i skinnet filet (Tabell 4). Vanninnholdet var også som forventet, dvs. litt høyere i fileten med det laveste fettinnholdet. Resultatene for vann og fettinnhold var imidlertid ikke signifikant forskjellige mellom de 2 filettypene, men bare 3 fileter av hver type ble undersøkt. Fettinnholdet i vanlig skinnet og dypskinnet «Norwegian Quality Cut» området hos oppdrettslaksen ble funnet å være henholdsvis  $9,8 \pm 3,9\%$  og  $8,9 \pm 1,9\%$  (Tabell 4). For vanlig skinnet oppdrettsfilet er fettinnholdet tidligere blitt rapportert til å være betydelig høyere i hel filet der synlig fett i buklister og ved ryggfinner var blitt skjært bort. Jensen *et al.* (2012) publisert et fettinnhold i oppdrettslaks slaktet i 2010 på  $12,3 \pm 1,7\%$  mens for laks fra 2017 var det økt til  $17,9 \pm 2,8\%$  (Jensen *et al.*, 2020). Et bidrag til den store forskjellen mellom disse resultatene og hva som ble funnet i oppgaven kan være at råstoffet for analysen, hel filet kontra «Norwegian Quality Cut» området. Dette forklarer imidlertid neppe alt. Vanninnholdet i laksefileten fra 2017 ble rapportert til å være  $61,4 \pm 1,6\%$  mens i oppgaven hadde vanlig og dypskinnet filet henholdsvis  $64,7 \pm 0,7\%$  og  $66,1 \pm 0,6\%$  vann (Tabell 4). Dette tyder på at noe av de omtalte forskjellene i fettinnhold er reelle. Men når fettinnholdet i tabellen ( $9,8\%$  og  $8,9\%$ ) sammenlignes med mengden fettsyrer (g/100g filet) i Tabell 8 er det høyst sannsynlig at det målte fettinnholdet er for lavt. For begge typene fileter ble det totale innholdet av fettsyrer funnet å være cirka 11g/100g filet (Tabell 8). Det har vært rapporter at den totale mengden fettsyrer utgjør 60 – 70% av det totale fettinnholdet (Jensen *et al.*, 2012).

Proteininnholdet i vanlig skinnet og dypskinnet filet ble funnet å være  $17,8 \pm 5,8\%$  og  $15,1 \pm 0,7\%$  basert på aminosyreanalysen. Dette er bare litt mindre enn hva Jensen *et al.* (2012) publiserte ( $18,3 \pm 0,9\%$ ) ved bruk av samme metode. Tradisjonelt har proteininnhold blitt bestemt ved å måle nitrogeninnholdet (Kjeldahls metode) og tidligere har et noe høyere proteininnhold i fiskekjøtt blitt rapportert; 19% (Damodaran, 1996) og 20 – 22% (Foegeding *et al.*, 1996). Det er nå dokumentert at proteininnhold i mat, inkludert fisk, måles til betydelig lavere med aminosyremetoden enn med Kjeldahls metode (Mæhre *et al.*, 2018). Ved Kjeldahls metode antas det at det at proteiner generelt inneholder 6,25% nitrogen og når man finner hvor mye nitrogen en prøve inneholder kan man kalkulere proteinmengden. Ulike typer proteiner, for eksempel muskelproteiner og planteproteiner vil kunne ha litt forskjellige prosentandel nitrogen og dette vil påvirke det endelige resultatet.

Som tidligere nevnt i innledningen blir mye av fettlaget ved finnefestene, i buklistene og i selve muskulaturen, særlig i den mørke muskelen. Brunkjøttet, dvs det mørke kjøttet som ble skåret bort ved dypskinningen, og buklistene hadde som forventet et høyt fettinnhold (Tabell 5). Fettprosenten var nesten 3 ganger høyere enn i vanlig skinn og dypskinnet filet.

I fisk er det en klar sammenheng mellom vann- og fettinnhold i fileten. Øker mengden av fett blir vanninnholdet redusert, og det sees tydelig for restråstoffene i Tabell 5. Det vil si at summen av vann- og fettforholdet holder seg omtrent konstant. I fiskefilet utgjør summen normalt rundt 78 – 80% (Love, 1974). Et spørsmål blir om det er en nedre grense for vanninnhold når det er et svært høyt fettinnhold. Resultatene for restråstoffene brunkjøtt og buklistkjøtt kan tyde på det (Tabell 6). Disse hadde et fettinnhold på 26 – 28% og et vanninnhold i brunkjøttet på 61% og i buklistkjøtt bare på 53%. Dette sistnevnte virker noe lavt, og standardavviket er stort. Samtidig ser man proteininnholdet er svært lavt, bare 9 – 11%. Dette kan tolkes dit hen at summen av vann- og fettprosent øker når sistnevnte blir spesielt høy samtidig med at proteininnholdet blir redusert. Det samme sees for intakte rygger og hoder (Tabell 6) der man forventer et høyt askeinnhold. Askeinnholdet i de intakte ryggene ble bare målt til 1,6%, mens i hodene var det 3,7% (Tabell 7). Antakelig har de oppmalte prøvene vært for små og ikke homogene nok slik at representative mengder bein ikke kom med i prøvene satt til forbrenning.

I vanlig skinn og dypskinnet filet var inneholdt av linolsyre (LA, 18:2 n-6) på hele 16% hos begge filetene (Tabell 8). Også i restråstoffene ble det funnet mye av LA; fra 13,3 til 15,9 %. Dette er et resultat av oppdrettslaksens diett som nå inneholder betydelig mere planteolje enn for eksempel i 2010 (Aas *et al.*, 2019). I 2010 og i 2017 ble det funnet henholdsvis 9,1 og 14,4% linolsyre i fileten av oppdrettslaks (Jensen *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2020). I laksefôr er rapsolje den vanligste fettkilden og den inneholder cirka 10% 18:3 n-3 ( $\alpha$ -linolensyre) og 20% LA (Nofima, 2013; Olsen, 2017).  $\alpha$ -linolensyre kan i noen grad omdannes til de langkjedede omega-3 fettsyrene av laksen. I filetene ble det funnet 3 – 4x mer 18:2n-6 enn 18:3n-3 og dette kan være et uttrykk for at sistnevnte er blitt omdannet til lengere omega-3 fettsyrer. I restråstoffene var det imidlertid cirka 2x så mye av linolsyre som  $\alpha$ -linolensyre, dvs det forholdet man finner i rapsolje. I fiskeoljer finnes det bare 1 – 2%  $\alpha$ -linolensyre og linolsyre (McGill & Moffat, 1992) og disse fettsyrene kan derfor brukes som markør for at fôret til fisken har inneholdt planteoljer.

Når det gjelder fett i oppdrettslaks så fokuseres det i ernæringsmessig sammenheng mest på innholdet av lang-kjedede omega-3 fettsyrene. I oppgaven ble det funnet et innhold i vanlig

skinnet og dypskinnet filet på henholdsvis 10,6 og 8,0% LC-PUFA n-3. Dette er omtrent det samme som ble funnet i 2017 (Jensen *et al.*, 2020), men betydelig lavere enn i 2010 da det ble funnet 16,7 % (Jensen *et al.*, 2012). I ernæringsmessig sammenheng er det imidlertid ikke det prosentvise innholdet som er viktig, men de absolutte mengdene som er avhengig av fettinnholdet.

Ifølge Kris-Etherton *et al.* (2009) har ansvarlige internasjonale organisasjoner og helsemyndigheter i flere land anbefalt inntak av langkjedede flerumettete omega-3 fettsyrer, varierende fra 0,25 til 0,7g LC-PUFA n-3 (Australia and New Zealand National Health and Medical Research Council, 2006; Martin, 2001; Health Council of the Netherlands, 2006; Superior Health Council of Belgium, 2004; UK Scientific Advisory Committee on Nutrition, 2004; FAO/WHO, 2003). Dersom man antar at et daglig behov er på 0,5g LC-PUFA n-3, vil det ukentlige behovet for LC-PUFA n-3 være på 3,5g. En 200g porsjon av skinnet filet gir omtrent 2,6g LC-PUFA-n-3 (Tabell 8). Ved å spise to 200g porsjoner skinnet filet i uken, vil en få i seg mer enn nok av langkjedede omega-3 fettsyrer. Innholdet i brunkjøtt og buklistkjøtt, skilte seg spesielt ut ved sitt høye innhold av LC-PUFA n-3. 200g brunkjøtt dekket behovet for disse fettsyrene for 10,4 dager, mens buklistkjøtt dekket behovet for 10,8 dager (Tabell 10). Selv restråstoffet Bits & pieces og hoder, som hadde det laveste innholdet av LC-PUFA n-3, dekket det tilsvarende behovet på et 200 grams kjøttstykke på 2,4 dager (Tabell 10) og 3,2 dager (Tabell 11).

Forholdet mellom n-6 og n-3 lå i 2010 på 0,44 (Jensen *et al.*, 2012), mens det i 2017 lå på 0,7 (Jensen *et al.*, 2020). Mye av grunnen til denne økningen er økt mengde n-6 i fiskekjøttet. Dette vises også ved vanlig skinnet filet med et n-6/n-3 forhold på 1,06 og ved industrielt dypskinnet filet på 1,28 (Tabell 8) eller restråstoffene med et gjennomsnittsforshold på 0,87 (Tabell 9 og Tabell 11).

Kvaliteten til et protein relateres til proteinets innhold av essensielle aminosyrer og hvor lett kroppen vår kan fordøye proteinet (Helsedirektoratet, 2016c). Skinnet og dypskinnet filet inneholdt 50 og 48% essensielle aminosyrer av aminosyresammensetningen (Tabell 12), noe som også stemmer god overens med tidligere litteratur hvor fisk har en aminosyresammensetning med bestående av 48,5% essensielle aminosyrer og resten ikke-essensielle. Dette gjelder også inneholde av essensielle aminosyrer i biff (48%) (Damodaran, 1996). Hoder inneholdt svært lite proteiner. Mengden essensielle aminosyrer var lavest på 39% (Tabell 14). Årsaken til dette kan vanskelig forklares, men kan ha med et høyt innhold av bindevevsproteiner (kollagen) som inneholder mye ikke-essensielle aminosyrer, glycin og prolin (Foegeding *et al.*, 1996). Som tidligere nevnt hadde noen av restråstoffene store mengder

fett, altså brunkjøttet og buklistkjøttet, et lavt innhold av proteiner. Proteinenes kvalitet var derimot god, hvor innholdet av essensielle aminosyrer var henholdsvis på 47% og 56% (Tabell 13).

Sekundære oksidasjonsprodukter ble målt i brunkjøtt, dypskinnet filet og vanlig skinnet filet etter fryselaagring (Tabell 15). Resultatene viste at vanlig skinnet filet hadde et litt høyere innhold av sekundære oksidasjonsprodukter (TBARs) og dette kan komme av mer mørk muskel.

I det fryselaagrede brunkjøttet var innholdet av TBARs 5 – 7 ganger høyere enn i filetene (Tabell 15). Forklaringen er at mørk muskel er aerob og derfor inneholder mer av de prooksidative metallene jern (fra for eksempel hemoglobin) og kobber fra mitokondriepoteiner. Mørk muskel fra sei er rapportert å inneholde 3 ganger mer av disse metallene enn lys muskel (Dulavik *et al.*, 1998). I tillegg kommer det høye fettinnholdet i mørk muskel. At kjøpere av laksefilet ønsker at den er dypskinnet kommer antakelig av en slik filet vil utvikle mindre harsk lukt og smak etter fryselaagring, eventuelt etter røyking som forlenger holdbarheten. I tillegg kan en dypskinnet filet se mer delikat ut og dermed være mer appetittvekkende.

## 6 Konklusjon

Kjøtt utvunnet manuelt fra buklister, brunkjøtt og rygger utgjorde til sammen cirka 590 gram fra 5 kg laks. Andelen kjøtt varierte fra 77% i buklister til 42% i de industrielt produserte ryggene. Fettinnholdet i kjøttet fra buklister og brunkjøtt ble funnet å være cirka 26 – 28% mens det i kjøtt fra rygger og «Bits and pieces» ble funnet å være cirka 13% fett. Resultatene viste at ved svært høyt fettinnhold var proteininnholdet lavere, cirka 9 – 11%, enn det som ble funnet i filetene (15 – 18%). Dette tyder på at det er en nedre grense for hvor lavt vanninnholdet kan være i et muskelprodukt og at ved høyt fettinnhold blir proteininnholdet redusert. De essensielle og de ikke-essensielle aminosyrene utgjorde omtrent en like stor andel av proteinene i alle produktene.

Fettsyresammensetningen i restråstoffene var noenlunde lik det man fant i filetene med cirka 7 til 10% langkjedede omega-3 fettsyrer. Den høye fettprosenten i buklister og brunkjøtt resulterer i at disse inneholder cirka 2,6g/100g av de nevnte fettsyrene, cirka dobbelt så mye som det er i filetproduktene, ryggkjøtt og kjøttavskjær. Det høye innholdet av linolsyre i de ulike produktene (13,3 til 16,4%) bekrefter et høyt innhold av planteoljer i laksefôret. Ikke overraskende var mørk muskel (brunkjøtt) mer utsatt for oksidasjon enn filetproduktene under frysing. Disse restråstoffene fra foredling av laks har helt klart et verdifullt næringsinnhold som gjør dem velegnet som menneskemat.

## 7 Referanser

- Aas, T.S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. (2019). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture Reports*, **15**, No100216.
- Albert, C.M., Hennekens, C.H., O'Donnell, C.J., Ajani, U.A., Cary, V.J., Willett, W.C., Ruskin, J. N. & Manson, J. E. (1998). Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *The Journal of the American Medical Association*, **279**, 23-28.
- Aung, T., Halsey, J., Kromhout, D., Gerstein, H.C., Marchioli, R., Tavazzi, L., Geleijnse, J.-H.M., Rauch, B., Ness, A., Galan, P., Chew, E.Y., Bosch, J., Collins, R., Lewinton, S., Armitage, J. & Clarke, R. (2018). Associations of omega-3 fatty acid supplement use with cardiovascular disease risks: meta-analysis of 10 trials involving 77 917 individuals. *The Journal of the American Medical Association Cardiology*, **3**, 225-233.
- Australia and New Zealand National Health and Medical Research Council (2006). Nutrient reference values for Australia and New Zealand including recommended dietary intakes, Reference no: N35, N36, N37
- Bang, H.O. & Dyerberg, J. (1980). Lipid metabolism and ischemic heart disease in Greenland Eskimos. *Advances in Nutrition Research*, (H. H. Draper, red.) **3**, 1-22, Springer Science and Business Media, New York.
- Bernasconi, A.A., Wiest, M.M., Lavie, C.J., Milani, R.V. & Laukkanen, J.A. (2021). Effect of omega-3 dosage on cardiovascular outcomes: an updated meta-analysis and meta-regression of interventional trials. *Mayo Clinic Proceedings*, **96**, 304-313.
- Biomega (2021). <https://biomegagroup.com/>. Hentet 12.03.21.
- Bou, M., Berge, G.M., Baevefjord, G., Sigholt, T., Østbye, T.-K. & Ruyter, B. (2017). Low levels of very-long-chain n-3 PUFA in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diet reduce fish robustness under challenging conditions in sea cages. *Journal of Nutritional Science*, **6**, e32.
- Calder, P.C. (2009). Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: new twists in an old tale. *Biochimie*, **91**, 791-795.
- Cleland, L.G., James, M.J. & Proudman, S.M. (2006). Fish oil: what the prescriber need to know. *Arthritis Research & Therapy*, **8**, art no 202.
- Damodaran, S. (1996). Amino acids, peptides and proteins. I *Food Chemistry* (O. R. Fennema, red.), Marcel Dekker Inc., 3. utgave, kapittel 6.
- de Roos, B., Wood, S., Bremner, D., Bashir, S., Betancor, M.B., Fraser, W.D., Duthie, S.J., Horgan, G.R. & Sneddon, A.A. (2020). The nutritional and cardiovascular health benefits of rapeseed oil-fed farmed salmon in humans are not decreased compared with those of traditionally farmed salmon: a randomized controlled trial. *European Journal of Nutrition*, <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02396-w>.
- Dulavik, B., Sørensen, N.K., Barstad, H., Horvli, O. & Olsen, R.L. (1998). Oxidative stability of frozen light and dark muscles of sathie (*Pollachius virens* L.). *Journal of Food Lipids*, **5**, 233-245.
- Dyerberg, J., Bang, H.O. & Hjorne, N. (1975). Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **28**, 958-966

- Esterbauer, H. & Cheeseman, K.H. (1990). [42] Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. *Methods in Enzymology*, **186**, 407-421.
- FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en/>. Hentet: 18.03.21
- FAO/WHO (2003). Technical N. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- FAO (2003) Food energy – methods of analysis and conversion factors. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Fiskeridirektoratet (2020). <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon>. Hentet: 25.02.21
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C. & Hultin, H.O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. *Food Chemistry* (O. R. Fennema, red.), Marcel Dekker Inc., 3. utgave, kapittel 15.
- Folch, J., Lees, M. & Stanley, G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **226**, 497-509.
- Henriques, J., Dick, J.R., Tocher, D.R. & Bell, J.G. (2014). Nutritional quality of salmon products available from major retailers in the UK: content and composition of *n*-3 long-chain PUFA. *British Journal of Nutrition*, **112**, 964-975.
- Helsedirektoratet (2016a). 2.3. Fett. <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/inntak-av-naeringsstoffer/fett>. Hentet: 16.02.21
- Helsedirektoratet (2016b). Kostrådene og næringsstoffer – 5. Fisk til middag to til tre ganger i uken <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/kostrad-for-befolkningen/fisk-til-middag-to-til-tre-ganger-i-uken#null-praktisk>. Hentet: 15.01.21.
- Helsedirektoratet (2016c). Protein. <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/inntak-av-naeringsstoffer/protein>. Hentet: 19.04.21
- Health Council of the Netherlands (2006). Guidelines to a healthy diet 2006. The Hague: Publication no: 2006/21E
- Hibbeln, J.R., Davis, J.M., Steer, C., Emmett, P., Rogers, I., Williams, C. & Golding, J. (2007). Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study. *The Lancet*, **369**, 578-585.
- Innes, J.K. & Calder, P.C. (2020). Marine Omega-3 (N-3) Fatty acids for cardiovascular health: an update for 2020. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, 1362.
- Jensen, I.-J., Eilertsen, K.E., Otnæs, C.H.A., Mæhre, H.K. & Elvevoll, E.O. (2020). An update on the content of fatty acids, dioxins, PCBs and heavy metals in farmed, escaped and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Foods*, **9**, 1901.
- Jensen, I.-J., Mæhre, H.K., Tømmerås, S., Eilertsen, K.E., Olsen, R.L. & Elvevoll, E. (2012). Farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is a good source of long chain omega-3 fattyacids. *Nutrition Bulletin*, **37**, 25-29.
- Kohn, H.I. & Liversedge, M. (1944). On a new aerobic metabolite whose production by brain is inhibited by Apomorphine, Emetine, Ergotamine, Epinephrine, and Medadione. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **82**, 292-300.



- Kris-Etherton, P.M., Grieger, J.A. & Etherton, T.D. (2009). Dietary reference intakes for DHA and EPA. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, **81**, 99-104.
- Lerfall, J., Bendiksen, E.Å., Olsen, J.V., Morrice, D. & Østerlie, M. (2016). A comparative study of organic-versus conventional farmed Atlantic salmon. I. Pigment and lipid content and composition, and carotenoid stability in ice-stored fillets. *Aquaculture*, **451**, 170-177.
- Levsen, A. & Maage, A. (2016). Absence of parasitic nematodes in farmed, harvest quality Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway– results from a large scale survey. *Food Control*, **68**, 25-29.
- Liaset, B., Julshamn, K. & Espe, M. (2003). Chemical composition and theoretical nutritional evaluation of the produced fractions from enzymic hydrolysis of salmon frames with Protamex™. *Process Biochemistry*, **38**, 1747-1759.
- Love, R.M. (1974). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press, London and New York.
- Lund, E. K. (2013). Health benefits of seafood; is it just the fatty acids? *Food Chemistry*, **140**, 413-420.
- Manson, J.E., Cook, N.R., Lee, I.-M., Christen, W., Bassuk, S.S., Mora, S., Gibson, H., Albert, C.M., Cordon, D., Copeland, T., D'Agostino, D. & Friedenber, G. (2019). Marine n-3 fatty acids and prevention of cardiovascular disease and cancer. *New England Journal of Medicine*, **380**, 23-32.
- Martin, A. (2001) Apports nutritionnels conseillés pour la population Française, 3<sup>rd</sup> ed. Tech. & Doc Lavoisier, France
- McGill, A.S. & Moffat, C.F. (1992). A study of the composition of fish liver and body oil triglycerides. *Lipids*, **27**, 360-370.
- Mohan, D., Mente, A., Dehghan, M., Rangarajan, S., O'Donnell, M., Weihsong, H., Dagenais, G., Weilgosz, A., Lear, S., Wei, L., Diaz, R., Avezum, A., Lopez-Jaramillo, P., Lanus, F., Swaminathan, S., Kaur, M., Vijayakumar, K., Mohan, V., Gupta, R., Szuba, A., Iqbal, R., Yusuf, R., Mohammadifrad, N., Khatib, R., Yusoff, K., Gulec, S., Rosengren, A., Yusufali, A., Wentzel-viljoen, E., Chi-famba, J., Dans, A., Alhabib, K.F., Yeates, K., Teo, K., Gerstein, H.C. & Yusuf, S. (2021). Associations of fish consumption with risk of cardiovascular disease and mortality among individuals with or without vascular disease from 58 countries. *The Journal of the American Medical Association Internal Medicine*, **181**, 631-649.
- Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R. & Strandheim, G. (2020). Rapport- Analyse marint restråstoff 2019. SINTEF Ocean AS, Kontali Analyse AS. [https://www.sintef.no/contentassets/6b30fa1babad4d6eba0e243e08192d08/analyse-marint-restrastoff-2019\\_endelig.pdf](https://www.sintef.no/contentassets/6b30fa1babad4d6eba0e243e08192d08/analyse-marint-restrastoff-2019_endelig.pdf). Hentet: 21.01.21
- Mæhre, H.K., Dalheim, L., Edvinsen, G.K., Elvevoll, E.O. & Jensen, I.-J. (2018). Protein determination – method matters. *Foods*, **7**, 5.
- Nofima (2013). Utredning: Effekter av endret fettsyre-sammensetning i fôr til laks relatert til fiskens helse, velferd og robusthet. <http://www.nofima.no/filearchive/900889-sluttrapport-fett-for-fiskehelse-godkjent-28062013.pdf>. Hentet: 03.04.2021
- Norges sjømatråd (2021a). Nøkkeltall. <https://seafood.no/markedsinnsikt/nokkeltall/>. Hentet: 20.01.2021

- Norges sjømatråd (2021b). 2020 var året der koronapandemien tok et jerngrep på verdenssamfunnet. Samtidig var det tidenes nest beste år for Norges sjømateksport. Det viser hvilken sterk posisjon den Norske sjømaten har globalt <https://seafood.no/aktuelt/Fisketanker/mer-beviste-forbrukere-er-godt-nytt-for-norsk-sjomat/>. Hentet: 19.01.2021.
- Olsen, R.L. (2017). Lipidkjemi – med vekt på fisk. UiT Norges arktiske universitet. 4. utgave.
- Olsen, R.L., Toppe, J. & Karunasagar, I. (2014). Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, **36**, 144-151.
- Orlando, P., Giardinieri, A., Lucci, P., Nartea, A., Balzano, M., Pacetti, D., Ferga, N.G., Silvestri, S. & Tiano, L. (2020). Impact of traditional and mild oven cooking treatments on antioxidant compounds levels and oxidative status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets. *LWT – Food Science and echnology*, **134**, No110011.
- Regjeringen (2019). Sjømatnæringen ønsker økt foredling i Norge. Innovasjon Norge. <https://www.innovasjon norge.no/no/om/nyheter/2019/sjomatnaring-onsker-okt-foredling-i-norge/>. Hentet: 20.02.2021.
- Rimm, E.B., Appel, L.J., Chiuve, S.E., Djoussé, L., Engler, M.B., Kris-Etherton, P.M., Mozaffarian, D., Siscovick, D.S. & Lichtenstein, A.H. (2018). Seafood long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association. *Circulation*, **138**, 35-47.
- Rubin (2004). Økt omsetning av biprodukter av sjømat til konsum. [http://www.rubin.no/images/files/documents/4607-113\\_konsumprodukter\\_med\\_logo.pdf](http://www.rubin.no/images/files/documents/4607-113_konsumprodukter_med_logo.pdf). Hentet: 27.01.21
- Salem, N., Litman, B., Kim, H.-Y. & Gawrisch, K. (2001). Mechanisms of action of docosahexaenoic acid in the nervous system. *Lipids*, **36**, 945-959.
- Sidhu, K.S. (2003). Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **38**, 336-344.
- Simopoulos, A.P. (2004). Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International*, **20**, 77-90.
- Sissener, N.H., Torstensen, B.E., Stubhaug, I. & Rosenlund, G. (2016). Long-term feeding of Atlantic salmon in seawater with low dietary long-chain n-3 fatty acids affects tissue status of the brain, retina and erythrocytes. *British Journal of Nutrition*, **115**, 1919-1929.
- Stevens, J.R., Newton, R.W., Tlusty, M. & Little, D.C. (2018). The rise of aquaculture by-products: increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy*, **90**, 115-124.
- Stoffel, W., Chu, F. & Ahrens, E.H. (1959). Analysis of long-chain fatty acids by gas-liquid chromatography. *Analytical Chemistry*, **31**, 307-308.
- Superior Health Council of Belgium (2004). Advisory report: recommendations and claims made on omega-3 fatty acids.
- Tong, T.Y.N., Appleby, P.N., Bradbury, K.E., Perez-Cornago, A., Travis, R.C., Clarke, R. & Key, T.J. (2019). Risks of ischaemic heart disease and stroke in meat eaters, fish eaters, and vegetarians over 18 years of follow-up: results from the prospective EPIC-Oxford study. *BMJ - British Medical Journal*, **366**, 14897.

- Turner, R., McLean, C.H. & Silvers, K.M. (2006). Are the health benefits of fish oils limited by products of oxidation? *Nutrition Research Reviews*, **19**, 53-62.
- UK Scientific Advisory Committee on Nutrition (2004). Advice on fish consumption: benefits and risks.
- Weinberg, R.L., Brook, R.D., Rubenfire, M. & Eagle, K.A. (2021). Cardiovascular impact of nutritional supplementation with omega-3 fatty acids: *JACC Focus Seminar. Journal of the American College of Cardiology*, **77**, 593-608.
- Zhang, Y., Zhuang, P., He, W., Chen, J.N., Wang, W.Q., Freedman, N.D., Abnet, C.C., Wang, J.B & Jiao, J.J. (2018). Association of fish and long-chain omega-3 fatty acids intakes with total and cause-specific mortality: prospective analysis of 421 309 individuals. *Journal of Internal Medicine*, **284**, 399-417.





