



UiT Norges arktiske universitet

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Biokjemisk sammensetning av gonader fra kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*)

Effekt av sesong, miljø og førsammensetning

Anna Mjøen Holstad

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap FSK-3960 (60 stp) mai 2022

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på fem fine år ved Norges Fiskerihøgskole, en opplevelse jeg ikke ville vært foruten. Dette hadde vært umulig uten alle de gode støttespillerne jeg har rundt meg.

Først og fremst vil jeg takke Karl-Erik Eilertsen for god veiledning og for tiden han har viet til denne oppgaven. Jeg vil også takke Edel O. Elvevoll og Mari Johannessen Walquist, mine biveiledere, for gode råd og tilbakemeldinger.

Takk til Philip James og Lars-Arne Boge for at jeg fikk analysere kråkebollene deres, og for at jeg fikk mulighet til å skrive om dette spennende temaet.

En kjempestor takk må rettes til Guro Kristine Edvinsen og Tone Friis Aune for eksepsjonell hjelp på lab, for at dere tok dere tid til å svare på alle «dumme» spørsmål vi masterstudenter måtte ha og for at dere fant løsninger på store og små problemer.

En stor takk må også rettes til mine flotte medstudenter som har gjort tiden i Tromsø uforglemmelig. Vi har dratt hverandre gjennom tunge eksamensperioder, og ikke minst gjennom mastertiden, med god humor og litt for lange kaffepauser.

Til min kjære samboer, Jonas: Takk for alle middagene jeg slapp å lage og oppvasken jeg slapp å ta. Og, ikke minst, takk for all oppmuntring og for din tålmodighet i denne perioden.

Anna Mjøen Holstad

Tromsø, juni 2022

Sammendrag

Drøbakkråkebollen (*Strongylocentrotus droebachiensis*) har i de siste 50 årene beitet ned tareskog langs norskekysten, og omtales ofte som et skadedyr. I andre deler av verden er kråkebollegonader en høyt ansett matvare på grunn av sin karakteristiske søt-salte smak. Gonadene man finner i drøbakkråkeboller langs norskekysten er som regel for små til at kommersiell fangst kan bli lønnsomt, og det har derfor vært en økt interesse for fangst av ville kråkeboller og påfølgende oppfôring for å øke gonadeutbytte. Én av de viktigste suksessfaktorene i slik produksjon er formuleringen av fôret, som påvirker både vekst, smak, tekstur, farge og biokjemisk sammensetning av kråkebollegonadene. I tillegg vil gonadene påvirkes av sesong og av hvilket geografisk område de er høstet fra, slik at det er viktig å kartlegge hvordan det påvirker sluttproduktet. I denne oppgaven ble vann-, aske-, protein-, lipidinnhold samt sammensetning av fettsyrer og aminosyrer bestemt i gonader fra ville og oppfôrede kråkeboller fra fire ulike oppfôringsforsøk (populasjonsforsøk (PF) 1, PF2, fôringsforsøk (FF) 1 og FF2). I PF1 og PF2 ble kråkeboller høstet fra fire ulike lokaliteter i henholdsvis november 2020 og juli 2021, og gitt et kommersielt formulert fôr i ni uker. Effekten av sesong, habitat og fôrsammensetning på gonader ble undersøkt. Gonadeindeksen (GI) varierte både mellom de ulike populasjonene og årstidene. Etter oppfôring med samme fôr i 9 uker, var både GI og næringsammensetning normalisert slik at det bare var mindre variasjoner mellom de forskjellige populasjonene. Eksempelvis inneholdt alle de oppfôrede gonadene en gunstig fettsyresammensetning med høyere innhold av de marine n-3 flerumettede fettsyrene (PUFA), og da særlig eikosapentaensyre (EPA: C20:5n-3) sammenlignet med n-6 PUFA. I FF1 og FF2 ble kråkeboller høstet fra én lokalitet per forsøk i henholdsvis april og juli 2021, og gitt ulike eksperimentelle formulerte fôr samt naturlige dietter bestående av *S. latissima* i ni uker. Effekt av fôrsammensetning på gonader ble undersøkt. Etter at kråkeboller fra samme populasjon hadde blitt fôret med ulike fôr i 9 uker var det større variasjon i næringsinnhold (aske, protein og lipider) og sammensetningen av fettsyrer og aminosyrer (AA), sammenlignet med populasjonsforsøkene. Disse variasjonene i fettsyresammensetning og særlig aminosyresammensetning (høyere innhold av bitre AA sammenlignet med ville gonader) kan ha stor betydning for smaksegenskapene til gonadene. Konklusjonen er at oppfôring av kråkeboller er en effektiv måte å produsere sjømat med gunstig ernæringsprofil inkludert relativt høy andel av marine n-3 PUFA som EPA, men gjennom bruk av ulike fôrsammensetning så er det mulig å påvirke sammensetning av proteiner og lipider i gonadene.

Abstract

The green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* has grazed down vast areas of kelp forests along the coast of Norway throughout the last 50 years and is largely considered a pest. However, sea urchin gonads are a prized food item in other parts of the world. The gonads found in *S. droebachiensis* along the Norwegian coast are generally too small to harvest commercially, and there has been increased interest in the catch and following feeding of wild urchins to increase gonad yield, known as roe enhancement. One of the most important success factors in roe enhancement is the formulation of the feed, which affects growth, quality characteristics, and biochemical composition of sea urchin gonads. The gonads will also be affected by season and by the geographical area the urchins are harvested from. It is important to characterize how these parameters influence the end product. In this thesis the moisture-, ash-, protein-, lipid content, and composition of fatty acids and amino acids were characterized in gonads from wild and enhanced sea urchins from four different feeding trials (Population trial (PF) 1, PF2, feeding trial (FF) 1 and FF2). In PF1 and PF2 sea urchins were collected from four separate locations in November 2020 and July 2021 and fed a commercial formulated feed for a duration of 9 weeks. Effect of season, habitat and feed composition on gonads was analysed and compared to that of wild urchins. The gonadal index (GI) varied between the different populations and the seasons. After feeding with the same feed for nine weeks, both GI and nutrient composition were normalized so that there were only minor variations between the different populations. For example, all the enhanced gonads contained a favourable fatty acid composition with a higher content of the marine n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosapentaenoic acid (EPA: C20: 5n-3) compared to n-6 PUFA. In FF1 and FF2 urchins were collected from one location per trial and given different experimental feeds as well as a natural diet consisting of *S. latissima* for a duration of 9 weeks. Effect of feed composition on gonads was analysed. After sea urchins from the same population had been fed different feeds for nine weeks, there was greater variation in nutrient content (ash, protein and lipids) and the composition of fatty acids and amino acids (AA) compared with the population experiments. These variations in fatty acid composition and especially amino acid composition (higher content of bitter AA compared to wild gonads) can be of great importance for the taste properties of the gonads. In enhanced sea urchins, the content of bitter AA was higher compared to wild sea urchins. In conclusion, sea urchin gonad enhancement is an effective way to produce seafood with a favourable nutritional profile, including a relatively high proportion of marine n-3 PUFA such as EPA, but by using different feed compositions, it is possible to influence the composition of proteins and lipids in the gonads.

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	1
1 Introduksjon.....	2
2 Bakgrunn	4
2.1 Sjømat og helse	4
2.2 Biokjemisk sammensetning av sjømat	4
2.2.1 Lipider	4
2.2.2 Proteiner	6
2.3 Drøbakkråkeboller (<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>)	7
2.3.1 Biokjemisk sammensetning av gonader fra kråkeboller	8
2.3.2 Marked.....	9
2.3.3 Oppfôring av ville kråkeboller	10
2.3.4 Smak.....	11
3 Materiale og metoder.....	12
3.1 Forsøksdesign.....	12
3.1.1 Populasjonsforsøk 1 og 2	13
3.1.2 Fôringsforsøk.....	14
3.2 Metoder	15
3.2.1 Uttak av kråkebollegonader og gonadeindeks.....	15
3.2.2 Frysetørking.....	15
3.2.3 Vann & askeinnhold	15
3.2.4 Fettekstraksjon.....	16
3.2.5 Fettsyresammensetning	16
3.2.6 Totale aminosyrer	17
3.2.7 Frie aminosyrer.....	18
3.2.8 Beregning av karbohydratinnhold	18
4 Resultater	19

4.1	Populasjonsforsøk	19
4.1.1	Gonadeindeks	19
4.1.2	Biokjemisk sammensetning.....	19
4.1.3	Fettsyresammensetning	21
4.1.4	Aminosyresammensetning	28
4.2	Fôringsforsøk	32
4.2.1	Biokjemisk sammensetning.....	32
4.2.2	Fettsyresammensetning	34
4.2.3	Aminosyresammensetning	41
5	Diskusjon.....	46
5.1	Populasjonsforsøk	46
5.1.1	Gonadeindeks	46
5.1.2	Biokjemisk sammensetning.....	47
5.1.3	Fettsyresammensetning	49
5.1.4	Aminosyresammensetning	51
5.2	Fôringsforsøk	52
5.2.1	Biokjemisk sammensetning.....	52
5.2.2	Fettsyresammensetning	53
5.2.3	Aminosyresammensetning	54
6	Konklusjon.....	56
	Referanseliste	58

Forkortelser

A	Eksperimentelt fôr A	n-3PUFA	Flerumettet omega-3 fettsyre
AA	Aminosyre	n-6PUFA	Flerumettet omega-6 fettsyre
ALA	α -linolensyre	NEAA	Ikke-essensiell aminosyre
ARA	Arakidonsyre	NMI	Non-methylene interrupted
B	Eksperimentelt fôr B	PF1	Populasjonsforsøk 1
C	Eksperimentelt fôr C	PF2	Populasjonsforsøk 2
-CH₃	Metylgruppe	PUFA	Flerumettet fettsyre
-COOH	Karboksygruppe	T	<i>Lokalitet 1 - Tunnel</i>
D	Eksperimentelt fôr D	TAA	Totale aminosyrer
DCM	Diklormetan	VK	Ville kråkeboller
DHA	Dokosaheksaensyre	YK	<i>Lokalitet 4 – Ytre Kårvik</i>
DPA	Dokosapentaensyre		
FF1	Fôringsforsøk 1		
FF2	Foringsfôringsforsøk 2		
E	Eksperimentelt fôr E		
EAA	Essensiell aminosyre		
EFA	Essensiell fettsyre		
EPA	Eikosapentaensyre		
FK	Oppfôrede kråkeboller		
FA	Fettsyre		
FK(A)	Kråkeboller fôret med fôr A		
FAA	Frie aminosyrer		
FK(B)	Kråkeboller fôret med fôr B		
GI	Gonadeindeks		
H	<i>Lokalitet 2 - Havn</i>		
IS	Internstandard		
K	<i>Lokalitet 3 - Kårvik</i>		
LA	Linolsyre		
MeOH	Metanol		
MUFA	Enumettet fettsyre		

1 Introduksjon

Verdens befolkning vil i 2050 nå 9,1 milliarder mennesker, og for å kunne fø den voksende befolkningen må matproduksjonen økes med 50 % (FAO, 2017). Havet utgjør omtrent 70 % av jordas overflate og er grunnlaget for halvparten av jordas biologiske produksjon, men kun 7 % av verdensbefolkningens totale inntak av protein kommer derfra (FAO, 2020). Andelen bærekraftig beskattede bestander har gått fra 90 % i 1974 til 65,8 % i 2017 (FAO, 2020), og økt fangst på allerede kommersielt utnyttede arter er derfor ikke et godt alternativ til økt produksjon fra havet. For å kunne øke matproduksjonen fra havet på en bærekraftig måte pekes det i stor grad på fangst og akvakultur av utnyttede lavtrofiske arter (European Commission et al., 2017). Som en av verdens ledende sjømatprodusenter, med høy kompetanse innen marin forskning og næringsutvikling (Agnalt et al., 2018), og med sin lange kyst, har Norge et stort potensial for å bidra i utviklingen av økt bærekraftig verdiskapning fra havet.

Drøbakkråkebollen *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Müller, 1776) finnes i store mengder langs norskekysten (Gundersen et al., 2010) og blir ofte omtalt som et skadedyr da den beiter ned tareskog og har etterlatt seg store områder med undersjøiske ørkener (Norderhaug & Christie, 2009). Havforskningsinstituttet (2016) rapporterer at kråkeboller «... står for det største biomassetapet av tareskog langs norskekysten», og Gundersen et al. (2010) beregnet at det nedbeitede arealet dekker over 3 500 km². Dette har store miljømessige konsekvenser da tareskog danner habitatet og næringsgrunnlaget til en rekke marine organismer (Christie et al., 2003). Det er imidlertid også rapportert at å fjerne kråkeboller fra nedbeitede områder fører til rask gjenvekst av tareskog (Norderhaug & Christie, 2007, 2008). Reetablering av den tapte tareskogen vil kunne sørge for økt biodiversitet, samt binding av 14 millioner tonn CO₂ (Gundersen et al., 2010).

I markeder som Japan og de europeiske middelhavslandene er kråkebollegonader regnet som en delikatesse, og kan oppnå høye priser dersom kvaliteten er god (Stefansson et al., 2017). Den totale fangsten av kråkeboller på verdensbasis har gått ned som følge av overbeskatning og i dag dekkes ikke etterspørselen i markedet (Stefansson et al., 2017; Sun & Chiang, 2015). Det har ført til en økt interesse for oppfôring av kråkeboller og en rekke studier de siste tiårene som har fokusert på utvikling og forbedring av praksisen (Lourenço et al., 2019).

Formålet med denne oppgaven er å karakterisere biokjemisk sammensetning av gonader fra oppfødte kråkeboller (*S. droebachiensis*) og undersøke hvordan sesong, miljø og fôrsammensetning påvirker vann-, aske-, protein- og lipidinnhold, fettsyresammensetning og aminosyresammensetning.

2 Bakgrunn

2.1 Sjømat og helse

Å spise fisk og sjømat er knyttet til en rekke positive helseeffekter, og helsemyndigheter verden over anbefaler inntak av fisk og sjømat som en del av et balansert kosthold (Helsedirektoratet, 2016; EFSA, 2017; Lichtenstein et al., 2021). En av de mest velkjente og dokumenterte effektene et kosthold med høyt inntak av sjømat har på helse er at det forebygger hjerte- og karsykdommer. Siden 70-tallet da Bang et al. (1971) undersøkte hvorfor inuitter som ble værende på Grønland hadde så mye lavere forekomst av hjerte-karsykdom sammenlignet med inuitter som flyttet til Danmark, har fisk og spesielt langkjedede n-3 flerumettede fettsyrer (n-3 LC-PUFA) vært ansett å redusere faren for hjerte-karsykdom. Fokuset har til nå stort sett rettet seg mot n-3 PUFA, mens det i senere år også har vært økt fokus på synergistiske effekter av de ulike næringsstoffene i sjømat (Jensen et al., 2016; Walquist et al., 2017).

Årsaken til at norske, amerikanske og europeiske myndigheter anbefaler at man øker inntaket av fisk og sjømat er primært for å dekke behovet for n-3 LC-PUFA (EFSA, 2017; Helsedirektoratet, 2016; Lichtenstein et al., 2021). EUs råd for vitenskapelig og uavhengig kostholdsråd (EFSA) anbefaler at man sikrer et daglig inntak av 250 mg av n-3 LC-PUFA eikosapentaensyre (20:5 n-3, EPA) og dokosaheksaensyre (22:6 n-3, DHA) for å opprettholde normal hjerte- og karfunksjon (EFSA, 2017). Helsedirektoratet anbefaler å spise fisk 2 til 3 ganger, tilsvarende 300-450 g, i uka til middag eller andre måltider. Av dette bør 200 g være feit fisk slik som makrell, sild eller laks (Helsedirektoratet, 2021). American Heart Association anbefaler at man spiser fisk minst to ganger per uke, og at dette har størst effekt hvis det erstatter mat som inneholder mye mettet fett (Lichtenstein et al., 2021).

2.2 Biokjemisk sammensetning av sjømat

2.2.1 Lipider

Lipider er en stor gruppe fett- og fettlignende stoffer som har til felles at de kan løses i organiske væsker og er uløselige i vann. De har flere viktige biologiske funksjoner i kroppen som energikilde, komponent i alle membraner og cellestrukturer, signalmolekyler, bærere av fettløselige vitaminer, hormoner og eikosanoider. Både sammensetningen og innholdet av lipider i sjømat vil variere mellom ulike arter, men en fellesnevner er at marine organismer er kilde til n-3 LC-PUFA.

2.2.1.1 Fettsyrer

Fettsyrer (FA) er en gruppe lipider som består av en karboksylgruppe (-COOH) og en metylgruppe (-CH₃) i hver sin ende av en karbonkjede på vanligvis mellom 12 og 22 karbonatomer. Plante- og dyrefett inneholder ofte korte fettsyrer med 4-18 karbonatomer, mens marine organismer i tillegg inneholder en del lange fettsyrer (20-22 karbonatomer). Fettsyrer kan være mettede (SFA), enumettede (MUFA), eller flerumettede (PUFA) som vil si at karbonkjedene henholdsvis har kun enkeltbindinger, én- eller flere dobbeltbindinger (Christie, 2022b). Avstanden mellom dobbeltbindinger i PUFA kan variere, men i vanlige n-3 og n-6 PUFA er dobbeltbindingene separert av en metylengruppe og disse kan derfor kalles *methylene interrupted* (MI) PUFA (Christie, 2022a). Jo lengre en fettsyre er og jo flere dobbeltbindinger en fettsyre har, jo mer fleksibel vil den være ved lavere temperaturer. Langkjedede flerumettede fettsyrer (LC-PUFA) er derfor viktige for vekselvarme marine organismer som lever i tempererte farvann, da de bidrar til å opprettholde cellemembranens fleksibilitet og funksjon. Av disse er omega-3 fettsyrene EPA og DHA dominerende.

Linolsyre (18:2 n-6, LA) og α -linolensyre (18:3 n-3, ALA) er de to fettsyrene som er essensielle (EFA) for mennesker og dyr, da vi ikke har enzymene som trengs for å plassere dobbeltbindinger nærmere enn 9 karbonatomer fra metylenden. Fra LA og ALA kan vi med elongaser og desaturaser syntetisere henholdsvis arakidonsyre (20:4 n-6, ARA) og EPA/DHA (Olsen, 2017). Metabolittene som dannes fra ARA og EPA/DHA vil ha svært ulik effekt i kroppen. Eikosanoider dannet fra ARA virker proinflammatorisk, protrombotisk og proarytmisk, mens eikosanoider og andre metabolitter som dannes fra EPA og DHA virker antiinflammatorisk, anti-arytmisk og anti-aterotrombotisk (Calder, 2006; Simopoulos, 2002, 2006).

Omdannelsesprosessene i kroppen fra LA og ALA skjer ved hjelp av de samme enzymene, og forholdet mellom n-6 og n-3 FA i dietten vil derfor bestemme hvilke fettsyrer og følgelig hvilke metabolske produkter som dannes (Olsen, 2017). Det vestlige kostholdet inneholder mellom 15 og 16,7 ganger mer n-6 enn n-3 FA (Simopoulos, 2006) i tillegg til at en stor andel av ALA blir oksidert til energi (Arterburn et al., 2006), noe som gjør at syntetisering av EPA og DHA hos mennesker blir lite effektiv og man får en overvekt av proinflammatoriske eikosanoider. For å utjevne forskjellen er det derfor anbefalt å få i seg EPA og DHA direkte gjennom kosten via for eksempel sjømat (Olsen, 2017). Et omega-6/omega-3-forhold mellom 4:1 og 1:1 i dietten er ønskelig da det vil kunne redusere risikoen for en rekke livstilsrelaterte sykdommer inkludert hjerte- og karsykdommer, selv om det også

er kjent at store mengder n-3 LC-PUFA kan øke faren for blødninger og hjerteflimmer (Liao et al., 2021). Som nevnt over anbefaler EFSA, AHA og helsedirektoratet et daglig inntak av EPA+DHA på 250-500 mg for å senke risikoen for hjerte- og karsykdommer (EFSA, 2017; Helsedirektoratet, 2016; Lichtenstein et al., 2021).

2.2.2 Proteiner

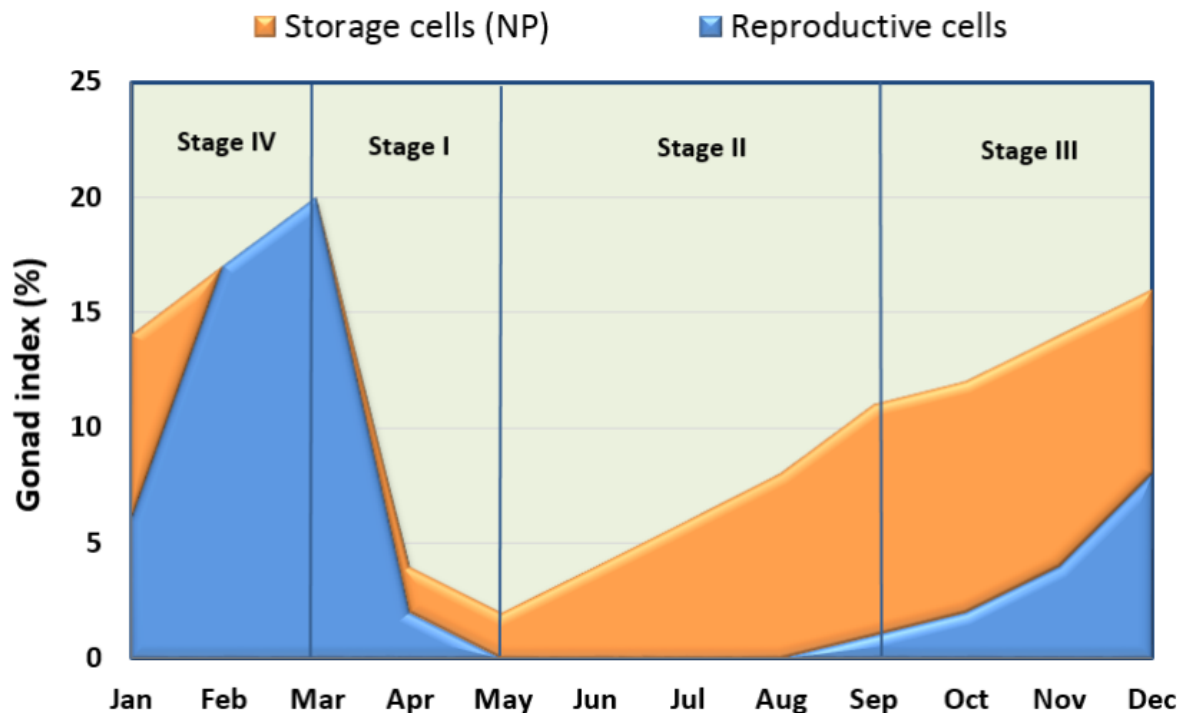
Proteiner er komplekse polymerer som består av aminosyrer (AA) bundet sammen med peptidbindinger. De er kjent som kroppens byggesteiner og er nødvendige i dannelsen av nye celler. Proteiner består av ulike kombinasjoner av 20 forskjellige aminosyrer som gir de ulike struktur og ulike egenskaper. Av disse er 9 AA essensielle for mennesker; histidin, isoleucin, leucin, lysin, metionin, fenylalanin, threonin, tryptofan og valin. Disse kan altså ikke syntetiseres i kroppen og må derfor tilføres gjennom kosten. Et protein av høy kvalitet vil inneholde alle de essensielle AA (EAA) over referanseverdiene gitt av FAO/WHO/UNU (2007) (Tabell 1), og samtidig være like lett fordøyelig som eggehvite eller melk (Damodaran, 2017). Sjømat er generelt lett fordøyelig og inneholder ofte høye verdier av EAA sammenlignet med referanseverdiene og er derfor en god kilde til proteiner av høy kvalitet (Nunes et al., 2010).

Tabell 1 Anbefalt daglig inntak av de essensielle aminosyrene (mg/g protein) (FAO/WHO/UNU, 2007). (AA = aminosyre, EAA = essensielle aminosyrer)

EAA	mg/g protein
Histidin	15
Isoleucin	30
Leucin	59
Lysin	45
Metionin	16
Fenylalanin (+ tyrosin)	38
Threonin	23
Tryptofan	6
Valin	39
∑ EAA	277

2.3 Drøbakkråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*)

Kråkeboller eller sjøpinnsvin er virvelløse bentiske organismer som tilhører i rekken pigghuder (Hågvar, 2010). Drøbakkråkebollen er den mest utbredte arten i familien Strongylocentrotidae (Scheibling & Hatcher, 2013). Drøbakkråkebollen er sirkumpolar og er den mest tallrike kråkebollearten langs norskekysten (Havforskningsinstituttet, 2019). På 1970-tallet opplevde man en massiv vekst i kråkebollebestanden i Norge (Norderhaug et al., 2020) og det ble i 2010 estimert at populasjonen av drøbakkråkebollen langs kysten av Norges tre nordligste fylker utgjorde 56 000 tonn, eller hele 80 milliarder individer (Gundersen et al., 2010). De lever hovedsakelig på steinete bunn (Himmelman, 1986; Scheibling & Raymond, 1990) på 0-50 meters dypde, men de kan finnes så dypt som 300 m (Jensen, 1974), og også på grus- eller sandbunn (Brady & Scheibling, 2005; Filbee-Dexter & Scheibling, 2012). Primærdietten til drøbakkråkeboller består av tare, og av de mest vanlige makroalgene foretrekker de ofte brunalger i slektene *Alaria*, *Chordaria*, *Laminaria*, *Nereocystis*, *Petalonia* og *Ulvaria* (Briscoe & Sebens, 1988; Larson et al., 1980; Scheibling & Hatcher, 2007; Vadas, 1977), men dette kan variere mellom ulike populasjoner, habitater og sesonger (Scheibling & Hatcher, 2013). Kråkeboller er omnivorer, som vil si at de tar til seg næring fra både planter og dyr, og de vil spise den beste maten som er tilgjengelig i et gitt habitat. Den animalske delen av dietten består som regel av muslinger, rur, andre krepsdyr og mosdyr, men også fisk, svamper, sekkdyr, børstemark, sjøstjerner og andre pigghuder blir spist dersom det er den beste tilgjengelige næringen (Scheibling & Hatcher, 2007). Likevel har kråkeboller en klar preferanse for tare, og er i Norge i dag ansett for å være et skadedyr som ved høye tettheter spiser opp tareskog og etterlater seg havbunnen som en undersjøisk ørken (Norderhaug et al., 2020).



Figur 1. Reproduksjonssyklus for drøbakkråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*). Gonadeindeks (gonadevekt relativt til kroppsvekt) er høyest i mars, like før gyting. Forholdet mellom næringsfagocytter (somatiske celler som lagrer næring) og reproduksjonsceller er illustrert med oransj og blå farge, og innholdet av næringsfagocytter er størst på høsten. Denne syklusen kan variere betydelig i og mellom ulike populasjoner (James et al., 2018).

2.3.1 Biokjemisk sammensetning av gonader fra kråkeboller

Den biokjemiske sammensetningen av gonadene til kråkeboller er sterkt påvirket av reproduksjonssyklusen. Gonadene består av reproduksjonsceller og næringsfagocytter, og fungerer både som reproduksjonsorgan og næringslager. Gyting hos drøbakkråkeboller foregår på våren, vanligvis rundt april og i månedene etter gyting er gonadene små og ikke særlig verdifulle. På sensommeren/høsten vil kråkebollene produsere næringsfagocytter, somatiske celler som lagrer næringsstoffer, og gonadene vil øke i størrelse. Utover vinteren starter gametogenesisen, hvor næringsfagocytterne erstattes med kjønnsceller frem til gyting på våren (James et al., 2018). En typisk reproduksjonssyklus for drøbakkråkeboller med endring i celledensetning er vist i Figur 1. Kvaliteten på gonadene er best på høsten, før gametogenesisen inntreffer.

Gonadene er drøbakkråkebollens viktigste næringslager og typisk sammensetning er 0-14% protein, 2-6% fett og 2-3% aske/mineraler, men næringsinnholdet vil variere noe med årstiden (de Jong-Westman et al., 1995; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b). Gonadene vokser parallelt med at total mengde lipider og protein akkumuleres i perioden fram mot

gytingen som skjer på våren, mens andelen lipider og protein er mer konstant (de Jong-Westman et al., 1995; Giese et al., 1959). Fettsyresammensetningen i gonadene er sammenlignbar med andre marine organismer, med en høy andel av EPA og n-3 LC-PUFA totalt, samt et lavt n-6/n-3 forhold (Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b; Pozharitskaya et al., 2015). I tillegg til de vanlige fettsyrene har kråkeboller også flere fettsyrer hvor avstanden mellom dobbeltbindingene ikke følger det normale mønsteret med en metylengruppe mellom dobbeltbindingene. Slike atypiske fettsyrer kalles gjerne non-methylene interrupted (NMI) FA. Særlig fire slike NMI diener (20:2 Δ 5,11 og 20:2 Δ 5,13 samt 22:2 Δ 7,13 og 22:2 Δ 7,15) er kjent fra studier av lipidene i kråkeboller (Barnathan, 2009). NMI-FA er til stede i varierende mengder hos bentiske organismer som muslinger, gastropoder, leddsnegler, kråkeboller og sjøstjerner (Barnathan, 2009; Castell et al., 2004; Joseph, 1982). I litteraturen har det vært uenighet om hvilke arter som egentlig syntetiserer disse FA, men det ser ut til at bare planteetende arter er i stand til å syntetisere NMI-FA gjennom de novo syntese fra kjedeforlengelse og Δ 5-desaturasjon av forløperne 16:1 n-7 og 18:1 n-9 (Zhukova, 1991).

Den biologiske funksjonen til NMI-FA er fortsatt ikke helt kartlagt, men det spekuleres i om de kan være en tilpasning hos bentiske organismer som gjør cellemembranen mer motstandsdyktig mot oksidative reaksjoner og mikrobielle lipaser, i høyere grad enn de mer vanlige PUFA (Barnathan, 2009). Det er også foreslått at disse fettsyrene syntetiseres i større grad ved mangel på EFA og bidrar i fysiologiske funksjoner hvor fettsyrer som EPA, DPA (dokosapentaensyre, 22:5 n-3), DHA og/eller ARA er viktige (Ackman & Hooper, 1973; González-Durán et al., 2008).

Gonadene fra drøbakkråkeboller inneholder relativt lite protein sammenlignet med fisk og annen muskelbasert sjømat, men sammensetningen av proteinene er gunstig med en høy andel EAA (Lee & Haard, 1982). Andre studier har derimot indikert at i enkelte deler av reproduksjonssyklusen kan gonadene inneholde så mye som 19% protein (Pearce et al., 2002). Gonadene inneholder også frie AA (FAA) og en rekke AA er viktige for smaken av gonadene (Lee & Haard, 1982) (se også kap. 2.3.3.1).

2.3.2 Marked

Kråkebollegonader er regnet som en delikatess og er ettertraktet i flere europeiske land, Chile, Nord-Amerika, Asia og spesielt i Japan som står for 90 % av den globale etterspørselen (Sun & Chiang, 2015). I 2019 er det estimert at global fangst på kråkeboller lå like under 70 000 tonn og det ble produsert like under 10 000 tonn kråkeboller fra akvakultur (FAO, 2021), mens det i toppåret 1995 ble høstet omtrent 120 000 tonn (Stefansson et al., 2017).

Nedgangen i produksjon skyldes et høyt beskatningspress på kråkeboller i konvensjonelle fangstnasjoner, som har ført til kollaps av en rekke bestander (Sun & Chiang, 2015). Det globale markedet i dag er derfor undermettet (Stefansson et al., 2017). Ettersom det ikke er noen tradisjon for fangst og konsum av kråkeboller i Norge er markedet og markedspotensialet innenlands begrenset (Stefansson et al., 2017). James et al. (2017) og Stefansson et al. (2017) konkluderte med at Europa var det mest aktuelle markedet for oppfôrede kråkebollegonader fra Norge sammenlignet med det japanske markedet, da fraktkostnadene er betydelig lavere og prisene man får for produktet er relativt like. I Norge fant de at det først og fremst er et nisjemarked hvor man kan få solgt et lavt volum til en relativt høy pris.

2.3.3 Oppfôring av ville kråkeboller

Oppfôring av ville kråkeboller – eller «roe enhancement» som uttrykket heter på engelsk – er fangst og påfølgende fôring av ville kråkeboller som har for lav kvalitet, eller er for små til å prosesseres eller selges hele (James et al., 2018). Sammenlignet med tradisjonell akvakultur er oppfôring en langt mindre tidkrevende prosess da man etter kun 12-16 uker kan oppnå god størrelse og -kvalitet på gonadene. Hos ville kråkeboller kan gonadeindeksen (GI), det vil si andel gonader av total kroppsvekt, variere fra 1 til 20 %, avhengig av en rekke faktorer som tilgang på mat, dagslys, temperatur, vannstrømninger samt kråkebollens reproduksjonssyklus (James et al., 2018). I kommersiell sammenheng blir en GI på 10 % ofte ansett som et minstemål (Walker et al., 2015). Kråkebollene med lavest GI finner man gjerne der kråkebolletettheten er stor, og det er lite tareskog (Siikavuopio & Christiansen, 2002). Farge og smak på gonader er også to viktige kvalitetsparametere som varierer hos ville kråkeboller avhengig av tilgang og kvalitet på mat, samt sesong (Agatsuma et al., 2005). Langs kysten av Norge har drøbakkråkebollen beitet ned arealer på over 3 500 km² (Gundersen et al., 2010) og dannet undersjøiske ørkener hvor tilgangen på mat er lav, og kråkebolletettheten stor. Man ønsker derfor å høste kråkebollene i disse områdene for å reetablere tareskog, men disse har ofte for lav GI til at fangst og direktealg er lønnsomt (Walker et al., 2015). Dette gjelder omtrent to tredjedeler av den norske bestanden av *S. droebachiensis*, og et godt alternativ er derfor å høste disse kråkebollene for å øke gonadekvalitet og verdi gjennom oppfôring (James et al., 2015).

2.3.3.1 Fôr

I en hvilken som helst type akvakulturproduksjon er formulert fôr, med sammensetning som sikrer et rett næringsinnhold, nødvendig for å kunne opprettholde stabil produksjon. For drøbakkråkebollen, som for mange andre kråkebollearter, er det vist at dietter bestående av formulerte fôr gir en høyere gonadevekst sammenlignet med naturlige dietter slik som tare, og en klart høyere vekst sammenlignet med ville individer (Eddy et al., 2012; Pearce et al., 2002). Fôr har allikevel vært en av flaskehalsene innen kommersialisering av oppfôring da det mangler kunnskap om hvordan blant annet innhold av aminosyrer og karotenoider påvirker kvalitetsparametere som smak og farge i gonader (Lourenço et al., 2019).

Den viktigste fôrkomponenten for å gi høyt gonadeutbytte er protein, og en rekke studier har undersøkt effekten av ulike proteinnivåer på gonadevekst. Eddy et al. (2012) og Siikavuopio et al. (2007) fant at et proteininnhold utover 20 % i dietten ikke vil ha noen betydelig effekt på gonadeutbytte. Dale et al. (2006) fant også, for samme art, at et høyt proteininnhold i fôret ga bedre gonadevekst, men dårligere gonadekvalitet. Takagi et al. (2022) har vist at nødvendig innhold av protein i dietten avhenger av fôrets stabilitet i vannet, og at ved bruk av gode bindere kan behovet for høye konsentrasjoner av proteiner i fôret reduseres.

2.3.4 Smak

Smaken av ulike matvarer bestemmes i stor grad av sammensetningen av vannløselige og lavmolekylære ekstraktivkomponenter. Disse kan deles inn i nitrogenholdige (frie aminosyrer og små peptider, nukleotider, organiske baser etc.) og ikke-nitrogenholdige komponenter (organiske syrer og sukker) (Fuke & Konosu, 1991). Hos kråkeboller er det vist at aminosyrer og nukleotider er de mest innflytelsesrike komponentene når det gjelder smak (Walker et al., 2015). Av aminosyrene er de viktigste: glysin og alanin som gir søt smak, valin som gir en karakteristisk bitterhet, glutaminsyre som gir umamismak og metionin som er bitter og bidrar til en forsterket ettersmak som er essensiell for den særegne kråkebollesmaken (Komata, 1964). Det har vært vist at innholdet av FAA hos drøbakkråkeboller varierer med årstidene og at FAA-sammensetningen kan modifiseres gjennom fôrformuleringen (Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002a). I likhet med fisk og skaldyr inneholder også kråkeboller LC-n3 PUFA, som EPA og DHA, som bidrar med karakteristisk fiskesmak.

3 Materiale og metoder

3.1 Forsøksdesign

Gonadeprøvene benyttet i denne oppgaven kom fra to ulike prosjekter, som igjen bestod av to forsøk. Hovedmålet for prosjektene var å se på effekt av oppfôring på gonader fra *S. droebachiensis*. Innhøsting, design og gjennomføring av selve fôringsforsøkene som beskrevet i de følgende punktene ble utført av P. James, Nofima.

Populasjonsforsøk:

I populasjonsforsøkene ble det benyttet ville kråkeboller fra fire ulike lokaliteter innenfor et avgrenset geografisk område. Kråkebollene ble fôret med samme kommersielt fôr i 9 uker. For å undersøke sesongmessige variasjoner i kråkebollene ble Populasjonsforsøk 1 og 2 (PF1 og PF2) utført henholdsvis på vinteren og sommeren. Ville kråkeboller fra de samme fire lokalitetene ble også høstet etter oppfôringen var gjennomført for å sammenligne observerte forskjeller mot naturlige endringer i gonaden. I tillegg ble variasjonene mellom de ulike habitatene undersøkt.

Fôringsforsøk:

I fôringsforsøkene ble ville kråkeboller høstet og fôret i 9 uker med ulike eksperimentelle fôr samt naturlig diett. Fôringsforsøk 1 (FF1) bestod av fire kråkebollegrupper som alle var kråkeboller høstet fra samme lokalitet. To av kråkebollegruppene ble fôret med eksperimentelle formulerte fôr og to kråkebollegrupper ble fôret, med henholdsvis fersk og frosset sukkertare, *Saccharina latissima*. I tillegg ble ville kråkeboller høstet fra samme lokalitet ved endt fôring for å kunne sammenligne effekten av oppfôring med naturlige endringer i gonader. I Fôringsforsøk 2 (FF2) ble kråkeboller høstet fra en annen lokalitet og delt inn i fire kråkebollegrupper som ble fôret med hvert sitt nye eksperimentelle fôr i 9 uker. Effekten ulike fôrsammensetninger har på kråkebollegonader ble undersøkt.

Innhøsting og transport:

Kråkebollene ble høstet av fridykkere i fangstposer før de ble overført til nettingposer i plast og oppbevart i sjøvann frem til transport. Nettingposene med kråkebollene ble fraktet i isolerte og forseglede beholdere med våtposer for å opprettholde luftfuktigheten. Transporttiden fra alle innhøstingslokalitetene til det landbaserte anlegget var på under 30 minutter.

Lokaliteter brukt til innhøsting av kråkeboller

Kråkeboller ble høstet fra fire ulike lokaliteter innenfor en radius på 5 km i Kvalsundet, Tromsø. Lokalitetene inkluderte:

Lokalitet 1 (Tunnel) som består av flat steinbunn ispedd sand som heller fra 1 til 4-5 meters dybde. Det er sterke strømmer i området, og høsting kan bare utføres i fjære eller lav flo. Det vokser tare på alle strukturer og harde overflater nært vannoverflaten og tidligere undersøkelser har vist at ved dybder større enn 5 meter var det en god del tareskog. Det var høy tetthet av kråkeboller på denne lokaliteten.

Lokalitet 2 (Havn) er en havn med steinmolo som er relativt grunn med en maksdybde på 2-3 m. Bunnen består av mykt sediment med sporadiske innslag av steiner og hard bunn. Det var noe driftende tare/tang, stort sett grisatang (*Ascophyllum nodosum*), på lokaliteten. Kråkebolletettheten var middels høy.

Lokalitet 3 (Kårvik) består av hardt substrat og sandbunn med bratt helning fra 1 til 7-8 meters dybde. Det var noe, men lav forekomst av tare/tang og da sporadisk driftende i vannmassene. Kråkebolletettheten var høy, men de var generelt små i størrelse.

Lokalitet 4 (Ytre Kårvik) er et grunt rev bestående av flat steinbunn og spredte områder med store steiner. På den sjøvendte siden går det over til sandbunn ved omtrent 2-3 meters dybde. Det var høy kråkebolletetthet på denne lokaliteten.

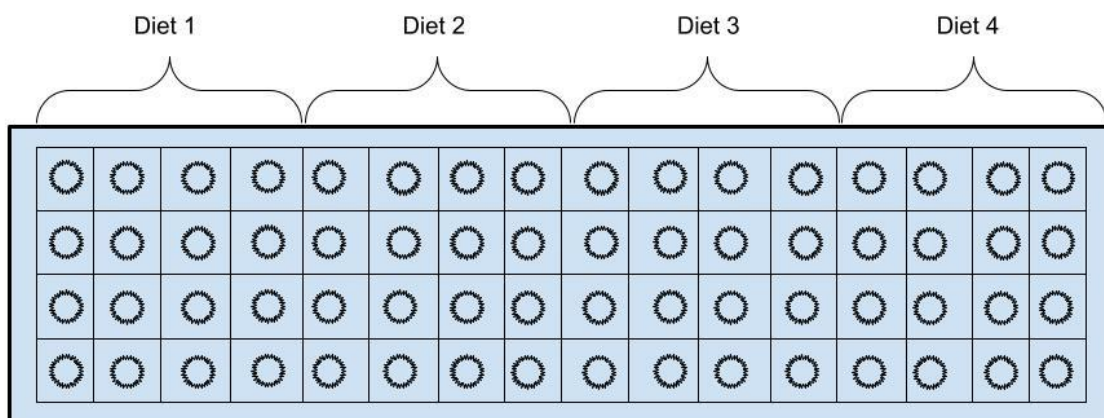
3.1.1 Populasjonsforsøk 1 og 2

I populasjonsforsøk 1 (PF1) ble kråkeboller ($n = 160$, $n = 40$ fra hver lokalitet beskrevet i 3.1) høstet i november 2020 og tilfeldig fordelt i 5 tanker ($n=8$) per lokalitet, altså 20 tanker totalt. Kråkebollene ble holdt i et gjennomstrømningsanlegg ved Nofimas forskningsstasjon i Kårvik. Anlegget hadde en kontinuerlig strøm av filtrert ($50 \mu\text{m}$) sjøvann og kontinuerlig belysning. Kråkebollene ble fôret med samme kommersielle fôr og det ble gitt 4 g (1 pellet) per kråkebolle per fôring. Oppfôringen varte i 9 uker og endelig prøvetaking ble gjort 31. januar 2021. Tankene ble tømt for vann ukentlig og vegger og bunn ble spylt rene. Vanntemperatur ble målt hver sjettede time og oksygennivå målt ukentlig i utløpsvannet (var over 98 % gjennom hele forsøket). Populasjonsforsøk 2 var utformet identisk med PF1, med innhøsting og oppstart av fôring i midten av juli 2021 og fôringsperioden ble avsluttet 20. september 2021.

3.1.2 Fôringsforsøk

Det ble gjennomført to fôringsforsøk, men alle kråkebollene ble hentet kun fra én lokalitet per forsøk.

I FF1 ble de ville kråkebollene hentet fra Ytre Kårvik og i FF2 ble de høstet fra havn (se 3.1). Kråkebollene ble høstet og fraktet til havbruksstasjonen i Kårvik og holdt i 3 gjennomstrømningskar. I hvert gjennomstrømningskar ble 64 kråkeboller (192 totalt) tilfeldig plassert i hver sitt kammer og delt inn i fire grupper med hver sin diett (Figur 2). Betingelsene var ellers som beskrevet for populasjonsforsøket i 3.1.1, men oksygenivå og temperatur ble ikke målt.



Figur 2. Oversikt over oppsettet til fôringsforsøkene. Kråkebollene ble høstet og fraktet til havbruksstasjonen i Kårvik og holdt i 3 gjennomstrømningskar inndelt i 64 kammer som skissert. Anlegget hadde en kontinuerlig strøm av filtrert (50 µm) sjøvann og kontinuerlig belysning. I hvert gjennomstrømningskar ble 64 kråkeboller (192 totalt) plassert i individuelle kammer og delt inn i fire grupper som fikk hver sin diett. Kråkebollene ble fôret 4 g (1 pellet) per kråkebolle to ganger i uken med fire forskjellige fôr. To av fôrene var formulerte fôr, mens to av fôrene var frosset og fersk *S. latissima*. Oppfôringen varte i 9 uker.

Fôringsforsøk 1 startet 20. april 2021 og varte i 9 uker. Fôrene bestod av; fersk sukkertare (*S. latissima*), frosset sukkertare og to ulike eksperimentelle fôr. Av knofidensialitetshensyn er ikke fôrene identifisert. Kråkebollene ble fôret med omtrent 4 g hver av sine respektive fôr to ganger i uka. Det ble ikke tatt ut prøver av fersk sukkertare, men de andre fôrene ble oppbevart ved -20°C for seinere analyser.

Foringsforsøk 2 startet 2. juli 2021 og varte i 9 uker. I dette forsøket ble kråkebollene høstet fra lokalitet 2 «Havn» og gitt fire ulike eksperimentelle fôr i fôringsperioden, ellers var alle parameterne like som i fôringsforsøk 1.

3.2 Metoder

3.2.1 Uttak av kråkebollegonader og gonadeindeks

Før og etter endt fôring ble kråkebollene veid (våtvekt) og deretter åpnet opp før gonadene ble tatt ut og veid. Dette ble brukt til å beregne gonadeindeks (GI) = (Gonadevekt/total våtvekt) × 100 for prøvene fra PF1 og PF2. Gonadeprøvene ble preparert ved at en eller to av gonadene fra ca. 10-20 av de 30 kråkebollene ble slått sammen til en samleprøve (pooled sample), frosset og oppbevart ved -20°C i påvente av de biokjemiske analysene. Innhøsting og gjennomføring av selve fôringsforsøkene ble gjennomført av P. James, Nofima, mens jeg har utført alle de følgende laboratorieanalysene i forsøkene.

3.2.2 Frysetørking

Frossen sukkertare (*S. latissima*) som ble brukt som fôrkontroll i fôringsforsøk 1 ble frysetørket før analyse av lipider og aminosyrer i en Genesis EL35 freeze dryer (VirTis SP Scientific, NY, USA). Prøvematerialet ble veid og fordelt i to poser, fryst ned til -70 °C og frysetørket til vekten var konstant.

3.2.3 Vann & askeinnhold

Metodene beskrevet er modifisert fra AOAC 950.46b og AOAC 938.08 (Association of Official Analysis Chemists International, 1975). Omtrent 10 gram prøvemateriale ble veid inn i forhåndsveide aluminiumsbegre. Hver prøve ble analysert i 3 replikater som ble satt til tørk i et Heratherm OMS180 varmeskap (Thermo Electron LED GmbH, Langenselbold, Tyskland) ved 105 °C i ett til tre døgn, til prøvene var helt tørre. De ble deretter veid på nytt og vanninnhold ble beregnet ved bruk av formel 1:

Formel 1:

$$\% \text{ Vann} = \frac{\text{Vekt}_{\text{før tørking}} - \text{Vekt}_{\text{etter tørking}}}{\text{Vekt}_{\text{før tørking}}} * 100 \%$$

De tørkede prøvene ble så satt i forbrenningsovn (Nabertherm GmbH. Program Controller S27, Lilienthal, Tyskland) ved 540 °C i 16 timer, og avkjølt før de ble veid. Askeinnhold ble beregnet ved bruk av formel 2:

Formel 2:

$$\% \text{ Aske} = \frac{Vekt_{\text{før tørking}} - Vekt_{\text{etter forbrenning}}}{Vekt_{\text{før tørking}}} * 100 \%$$

3.2.4 Fettekstraksjon

Fettekstraksjon ble utført ved en modifisert versjon av en metode beskrevet av Folch et al. (1957). Omtrent 0.5 g prøvemateriale ble veid ut i 3 analysereplikater i 15 ml sentrifugerør. Det ble så tilsatt internstandard (IS) C17:0 heptadekanoidsyre (Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, USA) beregnet til mellom 4 og 10 % av det forventede totale fettinnholdet og 10 ml diklormetan:metanol (DCM:MeOH, 2:1, v/v) (begge fra VWR chemicals Inc., Radnor, PA, USA). Prøvene ble så homogenisert i Heidolph Multi Reax (Heidolph Instruments, Schwabach, Tyskland) i 25 minutter før de ble sentrifugert 10 minutter i Eppendorf Centrifuge 5804 R (Eppendorf, Hamburg, Tyskland) ved 10 000 x g. Væskefasen ble så overført til nye 15 ml sentrifugerør. Dersom det fortsatt var synlig fast materiale i prøvene, ble sentrifugering og overføring til nye rør gjentatt nødvendig antall ganger til væsken var klar. Det ble så tilsatt 2 ml eller 2,5 ml 0.9% NaCl (VWR chemicals Inc., Radnor, PA, USA) i prøvene med henholdsvis vått og tørt materiale, og rørene ble godt vendt før ny sentrifugering på 10 minutter ved 4500 x g. Mesteparten av den øverste væskefasen ble pipettert vekk før den nederste fasen med diklormetan og lipider ble hentet ut med en pasteurpipette og overført til forhåndsveide glassrør med kork. Lipidprøvene ble så dampet til tørrhet med nitrogengass (Linde Gas AS, Oslo, Norge) ved 30° C i varmeblokk med prøvekonsentrator (SBH130D/3; SBHCONC/1, Stuart, Staffordshire, Storbritannia). De tørkede prøvene ble deretter veid og totalt fettinnhold ble bestemt ved bruk av formel 3:

Formel 3:

$$\% \text{ Fett} = \frac{Glassrør_{\text{med innhold}} - Glassrør_{\text{tomt}}}{Innveid mengde prøve} * 100 \%$$

3.2.5 Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetningen ble utført som beskrevet av Christie og Han (2010), men med noen modifikasjoner. Lipidprøvene fra fettekstraksjon ble løst i DCM:MeOH (2:1, v/v) til en konsentrasjon på 10 mg/ml og 100 µl prøve ble overført til duran-rør med kork sammen med 0,9 ml DCM og 2 ml 2% svovelsyre (95-97%) (Honeywell, Charlotte, NC, USA) i metanol. Rørene ble så satt i varmeblokk Drybath Std (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) ved 100 °C i én time. Det ble tilsatt 3,5 ml 5% NaCl og 3,5 ml heptan (VWR chemicals Inc., Radnor, PA, USA) og løsningene ble homogenisert med vortex. Mesteparten av den

øverste lipidfasen ble overført til 4 ml glassrør med kork og dampet inn til tørrhet som beskrevet for lipidprøvene (3.2.4). Prøvene ble så løst i 100 µl heptan og overført til analyserør for analyse på en Agilent 6890N gasskromatograf med en 7683B autoinjektor og flammeionisasjonsdetektor hvor de ulike fettsyrene (FA) ble separert på bakgrunn av ulik vandrings hastighet gjennom en Varian CP7419 kapillærkolonne (50 m x 250 µm x 0,25 µm nominal) med helium som bæregass (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). Injektoren hadde en temperatur på 240 °C og detektoren en temperatur på 250 °C. Temperaturprogrammet i kolonneovnen var som følger; Start: 60°C (hold 1 min) → økning med 30°C/min til 150 °C → økning med 1,2°C/min til 200°C → økning med 30°C/min til 240°C (hold 5 min). Fettsyrene ble identifisert ved å sammenligne retensjonstiden til de ulike fettsyretoppene med kjente standarder (PUFA-1, PUFA-2 og PUFA-3, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA og GLC 502, Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, USA). Andelen av de kjente FA ble bestemt fra arealprosenten, og mengden av hver FA ble bestemt på bakgrunn av mengdeforholdet til internstandard ved bruk av formel 4.

Formel 4:

$$\text{mengde FA (mg/100g prøve)} = \frac{\text{Arealtopp FA}}{\text{Arealtopp IS}} * \frac{\text{Tilsatt IS (g)}}{\text{Innveid prøve (g)}} * 100\,000 \text{ mg}$$

3.2.6 Totale aminosyrer

Metoden beskrevet er modifisert fra Moore og Stein (1963). 200 mg vått eller 40 mg tørt prøvemateriale ble veid inn i 4 ml glassrør med kork. Av den frysetørkede sukkertaren ble det veid inn 120 mg. Alle prøvene ble analysert i 3 replikater. Alle de utveide prøvene fikk så tilsatt 0,7 ml milli-Q vann, 0,5 ml 20mM DL-norleucine (Sigma-Aldrich, MO, USA) og 1,2 ml konsentrert saltsyre 37% (VWR Chemicals Inc., Radnor, PA, USA). Prøvene ble så flushet 10 sekunder med nitrogen, inkubert i varmeskap Heratherm OMS180 (Thermo Electron LED GmbH, Langenselbold, Tyskland) ved 105 °C i 22-24 timer og deretter avkjølt. En (1,0) ml av prøvene ble overført til 1.5 ml eppendorfrør og sentrifugert ved 18400 x g (14000 rpm) i 5 minutter i en eppendorfsentrifuge 5424 R (Eppendorf, Hamburg, Tyskland). Et gitt volum (0.1 ml) av supernatanten ble overført til analyserør og dampet inn til tørrhet under en strøm av nitrogen som for lipidprøvene (3.2.4), og løst i 1 ml lithium loading buffer, pH 2,2 (Biochrom, Cambridge, Storbritannia). Prøvene ble til slutt analysert på Biochrom 30+ aminosyreanalysator (Biochrom Co, Cambridge, Storbritannia) med en litiumcitrat-ekvilibrert kolonne og postkolonne-derivatisering med ninhydrin. Signalene ble analysert med

Chromeleon Software og sammenlignet med A6407 Amino acid standards, physiological – acids and neutrals og A6282 Amino acid standards, physiological – basics (Sigma Chemical Co., St Louis, MO, USA) for identifisering av de enkelte aminosyrene. Aminosyrene ble så kvantifisert relativt til internstandard. For utregning av totalt proteininnhold ble ett vannmolekyl subtrahert fra hver av de proteinbundne aminosyrene, før disse ble summert.

3.2.7 Frie aminosyrer

De frie aminosyrene ble ekstrahert som beskrevet av Mierke-Klemeyer et al. (2008) med noen modifikasjoner. Hver prøve ble analysert i tre replikater hvor 1 g vått eller 200 mg tørt prøvemateriale ble veid inn i 15 ml sentrifugerør og blandet med 1 ml internstandard 20mM DL-norleucine (Sigma-Aldrich, MO, USA) og 9 ml milli-Q-vann før homogenisering med Ultra Turrax T25 basic (IKA, Tyskland). Etter tilsetning av 1 ml 35 % 5-Sulfosalicylic acid dihydratre (Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, USA) ble prøvene ble sentrifugert ved 10 000 x g i 10 minutter ved romtemperatur i en eppendorfsentrifuge 5804 R. Én ml av supernatanten ble overført til mindre sentrifugerør og prøvene ble sentrifugert på nytt i 10 minutter ved 18400 x g (14000 rpm) i en eppendorfsentrifuge 5424 R. Supernatanten (200 µl) ble overført til analyserør sammen med 800 µl lithium loading buffer, pH 2,2 og analysert på Biochrom 30+ aminosyreanalysator som beskrevet for totale aminosyrer.

3.2.8 Beregning av karbohydratinhold

Totalt innhold av karbohydrater er beregnet ved å bestemme rest etter substraksjon av «vann», totalt innhold av protein, lipid og aske (Maclean et al., 2003).

4 Resultater

4.1 Populasjonsforsøk

4.1.1 Gonadeindeks

I Tabell 2 og Tabell 3 vises GI i ville og fôrede kråkeboller fra henholdsvis PF1 og PF2. GI hos ville kråkeboller var lavere i juli sammenlignet med november på alle lokalitetene. Av de ville kråkebollene hadde kråkebollene høstet fra Ytre Kårvik høyest GI både sommer og vinter. Det var også kråkebollene fra denne lokaliteten som hadde høyest GI etter oppfôring i begge forsøkene. GI var høyere i oppfôrede kråkeboller enn i ville. De ville kråkebollene fra Kårvik hadde den laveste gonadeindeksen både ved start og slutt av oppfôringen i begge sesongene, men under oppfôring var det disse som hadde høyest relativ tilvekst av de fire populasjonene.

Tabell 2. Gonadeindeks i kråkeboller (ville og fôrede) høstet om vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Prøvene er tatt ved start av fôringsforsøk PF1 og etter 9 ukers fôring (januar 2021) med et kommersielt fôr.

Gonadeindeks	Tunnel	Havn	Kårvik	Ytre Kårvik
	%	%	%	%
November – vill	9,5	9,0	8,2	11,8
Januar – vill	10,8	9,4	6,6	14,1
Januar - oppfôret	15,9	16,8	17,5	19

Tabell 3. Gonadeindeks i kråkeboller (ville og fôrede) høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Prøvene er tatt ved start av fôringsforsøk PF2 og etter 9 ukers fôring (september 2021) med et kommersielt fôr.

Gonadeindeks	Tunnel	Havn	Kårvik	Ytre Kårvik
	%	%	%	%
Juli – vill	6,1	6,7	5,2	7,3
September – vill	8,8	7,4	5,5	6,8
September - oppfôret	15,7	15,8	15,8	17,7

4.1.2 Biokjemisk sammensetning

Sammensetning av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i gonader og fôr fra vinterperioden (PF1), og sommerperioden (PF2), er vist i henholdsvis Tabell 4 og Tabell 5. Sammensetningen av gonadene fra oppfôrede kråkeboller var ulik fra sammensetningen av gonader fra ville kråkeboller. Felles for alle gonadeprøvene i PF1 var at lipidinnhold var

lavere sammenlignet med ville kråkeboller, mens i PF2 var lipidinnhold lavere i alle prøvene foruten kråkebollene fra Ytre Kårvik hvor lipidinnholdet var det samme i de ville som i de fôrede kråkebollene. Askeinnhold var også lavere i fôrede kråkeboller sammenlignet med ville etter 9 uker med fôring i alle gonadeprøvene fra PF1, og i alle prøver fra PF2 med unntak av kråkebollene fra Tunnel. Proteininnholdet i fôret var på 9,3 g/100 g, og alle gonadeprøvene fra PF1 hadde et høyere proteininnhold i uke 9 enn i uke 0. For gonadeprøvene fra Kårvik og Ytre Kårvik fra PF2 hadde også proteininnhold steget, mens det i prøvene fra tunnel og havn hadde sunket. Fôret hadde et beregnet karbohydratinnhold på 52,5 g/100 g, og andelen karbohydrater var høyere i alle gonadeprøver fra oppfôrede kråkeboller sammenlignet med ville, foruten i prøven Ytre Kårvik fra PF2.

Tabell 4. Innhold (g/100g) av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i gonadeprøver (ville og fôrede) fra kråkeboller høstet om vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (januar 2021) med et fôr med næringsinnhold som presentert i første kolonne. (VK= ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)

	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik		
	Fôr g/100 g	VK g/100 g	FK g/100 g	VK g/100 g	FK g/100 g	VK g/100 g	FK g/100 g	VK g/100 g	FK g/100 g
Vann	16,7 ± 0,1	79,5 ± 0,1	79,7 ± 0,0	80,6 ± 0,0	79,5 ± 0,1	79,9 ± 0,1	79,4 ± 0,6	80,6 ± 0,2	79,1 ± 0,1
Aske	19,6 ± 0,3	2,2 ± 0,0	1,9 ± 0,0	2,6 ± 0,0	1,9 ± 0,0	2,4 ± 0,0	1,6 ± 0,0	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,0
Proteiner	9,3 ± 0,0	6,2 ± 0,0	7,1 ± 0,1	6,1 ± 0,0	7,2 ± 0,0	7,0 ± 0,0	7,1 ± 0,1	6,1 ± 0,1	7,4 ± 0,3
Lipider	1,9 ± 0,1	5,3 ± 0,2	3,6 ± 0,2	5,1 ± 0,1	4,0 ± 0,1	4,9 ± 0,1	3,9 ± 0,0	4,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1
Karbohydrater	52,5	6,8	7,7	5,6	7,4	5,8	8,0	6,2	7,4

Tabell 5. Innhold (g/100 g) av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i gonadeprøver (ville og fôrede) fra kråkeboller høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (september 2021) med et fôr med sammensetning som presentert i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik		
	Fôr g/100 g	VK g/100 g	FK g/100g	VK g/100g	FK g/100g	VK g/100g	FK g/100g	VK g/100g	FK g/100g
Vann	16,7 ± 0,1	77,3 ± 0,1	79,4 ± 0,6	77,2 ± 0,1	78,3 ± 1,2	79,6 ± 0,4	78,6 ± 1,3	76,7 ± 0,4	78,1 ± 1,5
Aske	19,6 ± 0,3	1,8 ± 0,0	1,8 ± 0,1	2,1 ± 0,0	1,7 ± 0,1	1,9 ± 0,0	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,0	1,6 ± 0,1
Proteiner	9,3 ± 0,0	9,0 ± 0,0	8,2 ± 0,1	8,6 ± 0,1	8,3 ± 0,1	7,5 ± 0,3	8,1 ± 0,1	7,8 ± 0,5	9,1 ± 0,1
Lipider	1,9 ± 0,1	5,0 ± 0,1	3,6 ± 0,0	4,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,6 ± 0,0	4,0 ± 0,0	4,9 ± 0,0	4,9 ± 0,2
Karbohydrater	52,5	6,9	7,0	7,2	7,4	6,4	7,6	8,5	6,3

4.1.3 Fettsyresammensetning

Andel og mengde av de ulike fettsyrene som ble identifisert i gonader og fôr fra PF1 er vist i henholdsvis tabell 6 og tabell 7. Kråkebollegonadene inneholdt svært mange forskjellige fettsyrer og andelen SFA og MUFA var ganske lik. Dominerende SFA i gonadeprøvene var 16:0 tett etterfulgt av 14:0, både for ville og oppfôrede kråkeboller fra alle lokalitetene. Av MUFA utgjorde 20:1 n-15 den største andelen i alle de ville kråkebollegonadene, mens det i oppfôrede kråkeboller var 20:1 n-9 for populasjon havn og Kårvik. I gonadeprøvene fra ville kråkeboller var andelen EPA størst av PUFA hos populasjonene tunell, Kårvik og Ytre Kårvik, mens andelen av 20:2 Δ5,11 var størst hos prøven fra lokalitet havn. I oppfôrede kråkeboller utgjorde EPA den største andelen av PUFA i gonadeprøvene fra tunnel og Ytre Kårvik, mens prøvene fra havn og Kårvik inneholdt en større andel av 20:2 Δ5,11. Andelen av alle n-6PUFA var høyere i alle gonadeprøvene som hadde fått kommersielt fôr, foruten andelen av 22:4 n-6 som kun ble funnet i gonadene fra ville kråkeboller fra havn. NMI-FA ble funnet i alle gonadeprøvene som forventet, og ikke i fôret.

Andel og mengde av de ulike fettsyrene som ble identifisert i gonader og fôr fra PF2 er vist i henholdsvis tabell 8 og tabell 9. I likhet med PF1 var 16:0 og 14:0 dominerende SFA i alle gonadene, og 20:1 n-15 og 20:2 Δ5,11 de dominerende MUFA. Av PUFA var også her EPA størst i gonadene fra ville kråkeboller, men hos oppfôrede kråkeboller var andelen EPA i gonadene lavere, som gjorde at 20:4 n-6 utgjorde den største andelen i prøvene fra havn og Kårvik.

De tre dominerende fettsyrene i det kommersielle fôret var 16:0, 18:1 n-9 og ALA (hhv. 19,5; 25,6 og 28,2 %). Dersom man ser på mengdene av hver fettsyre i gonadeprøvene (tabell 7 og tabell 9) ser man at innholdet av alle fettsyrene var lavere i gonadene fra oppfôrede kråkeboller unntatt LA og 20:2 n-6 som var høyere sammenlignet med ville kråkeboller.

Tabell 6. Sammensetning (% av totale fettsyrer) av fettsyrer i gonadeprøver (ville og førede) fra kråkeboller høstet om vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers føring (januar 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som presentert i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = førede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)

FA	Fôr %	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK %	FK %	VK %	FK %	VK %	FK %	VK %	FK %
14:0	5,6 ± 0,2	9,7 ± 0,1	9,4 ± 0,1	10,2 ± 0,2	9,9 ± 0,1	8,9 ± 0,3	9,8 ± 0,1	10 ± 0,2	9,8 ± 0,1
15:0*	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID	0,6 ± 0,0	ID	ID	ID
16:0	19,5 ± 0,1	11,9 ± 0,0	12,6 ± 0,1	12,6 ± 0,2	12,7 ± 0,1	11,3 ± 0,2	12,5 ± 0,1	12,1 ± 0,1	12,9 ± 0,0
18:0	2,5 ± 0,0	2,4 ± 0,1	2,2 ± 0,0	2,5 ± 0,1	2,7 ± 0,0	2,3 ± 0,1	2,6 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,5 ± 0,0
14:1 n-5	ID	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,9 ± 0,0
16:1 n-7	2,1 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,4 ± 0,0	4,1 ± 0,0	3,8 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,5 ± 0,0	3,5 ± 0,0	3,6 ± 0,0
16:1n-5*	ID	2,5 ± 0,0	2,6 ± 0,0	2,5 ± 0,0	2,7 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,7 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,7 ± 0,0
18:1n-12*	ID	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	ID	ID
18:1 n-9	25,6 ± 0,1	2,8 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,3 ± 0,0	4,1 ± 0,0	3,1 ± 0,0	4,5 ± 0,0	2,9 ± 0,1	3,4 ± 0,0
18:1 n-7	0,9 ± 0,0	2,9 ± 0,0	2,7 ± 0,0	3,2 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,6 ± 0,0	2,7 ± 0,0	2,7 ± 0,0
20:1n-15*	ID	6,3 ± 0,0	6,2 ± 0,0	5,9 ± 0,0	5,3 ± 0,1	5,7 ± 0,1	4,8 ± 0,0	6,3 ± 0,0	5,8 ± 0,0
20:1 n-9	0,7 ± 0,0	5,1 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,6 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,7 ± 0,0
20:1n-7*	ID	1,3 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,0
22:1 n-11	0,6 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,3 ± 0,0
22:1 n-9	ID	1,7 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,9 ± 0,0
18:2 n-6 (LA)	28,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	3,8 ± 0,0	1,5 ± 0,0	3,9 ± 0,0	2,3 ± 0,0	6,1 ± 0,0	1,5 ± 0,0	3,6 ± 0,0
18:3 n-3 (ALA)	3,0 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,8 ± 0,0
18:4 n-3	1,8 ± 0,0	5,7 ± 0,0	3,0 ± 0,0	4,2 ± 0,3	3,2 ± 0,0	2,9 ± 0,0	1,9 ± 0,0	4,9 ± 0,0	3,7 ± 0,0
20:2 Δ5,11*	ID	7,6 ± 0,0	8,5 ± 0,1	9,2 ± 0,1	8,8 ± 0,0	8,9 ± 0,1	9,0 ± 0,0	9,1 ± 0,1	8,3 ± 0,0
20:2 Δ5,13*	ID	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,0
20:2 n-6	ID	1,7 ± 0,0	2,3 ± 0,0	1,6 ± 0,0	2,3 ± 0,0	1,9 ± 0,0	3,0 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,3 ± 0,0
20:4 n-6 (ARA)	4,4 ± 0,0	5,2 ± 0,0	6,8 ± 0,0	6,2 ± 0,1	7,0 ± 0,1	6,2 ± 0,0	6,4 ± 0,0	5,7 ± 0,0	5,9 ± 0,0
20:3 n-3	ID	2,1 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,7 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,3 ± 0,0
20:5 n-3 (EPA)	2,9 ± 0,0	12 ± 0,0	9,6 ± 0,1	7,8 ± 0,1	6,9 ± 0,1	9,4 ± 0,2	5,8 ± 0,0	10,5 ± 0,1	9,3 ± 0,0
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID
22:2 Δ7,15*	ID	1,6 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,7 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,2 ± 0,0
22:4 n-6*	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	1,4 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0	3,5 ± 0,1	1,9 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0
ΣUID	0,7 ± 0,0	3,8 ± 0,0	5,1 ± 0,0	4,8 ± 0,0	6,2 ± 0,0	6,2 ± 0,0	7,0 ± 0,0	4,1 ± 0,0	4,9 ± 0,0
n-6:n-3	3,6 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,3 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,7 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

Tabell 7. Mengde fettsyrer oppgitt i mg/100 g gonadeprøve fra kråkeboller (ville og etter fôring) høstet om vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (januar 2021) med et fôr med sammensetning som presentert i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)

FA	Fôr mg/100 g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g
14:0	82 ± 0,6	389 ± 40	183 ± 4	339 ± 7	234 ± 4	255 ± 7	227 ± 2	329 ± 5	253 ± 2
15:0*	ID	ID	ID	21 ± 0	ID	18 ± 0	ID	ID	ID
16:0	286 ± 6	476 ± 46	247 ± 4	418 ± 7	300 ± 3	323 ± 4	290 ± 3	397 ± 9	332 ± 1
18:0	37 ± 1	95 ± 8	43 ± 1	81 ± 2	64 ± 1	67 ± 2	59 ± 0	72 ± 2	65 ± 1
14:1 n-5	ID	29 ± 3	16 ± 1	24 ± 0	22 ± 0	22 ± 0	21 ± 0	27 ± 1	23 ± 0
16:1 n-7	30 ± 1	142 ± 14	67 ± 1	137 ± 1	90 ± 1	103 ± 2	82 ± 1	116 ± 3	92 ± 0
16:1 n-5*	ID	98 ± 9	52 ± 1	83 ± 0	64 ± 1	69 ± 1	64 ± 1	80 ± 2	69 ± 0
18:1 n-12*	ID	25 ± 2	14 ± 0	26 ± 1	16 ± 0	21 ± 1	16 ± 0	ID	ID
18:1 n-9	375 ± 10	114 ± 12	71 ± 2	109 ± 1	96 ± 1	89 ± 1	104 ± 1	95 ± 1	88 ± 1
18:1 n-7	13 ± 0	114 ± 11	52 ± 1	105 ± 0	67 ± 1	81 ± 2	60 ± 1	89 ± 3	69 ± 0
20:1n-15*	ID	253 ± 24	121 ± 2	197 ± 1	126 ± 2	164 ± 3	110 ± 2	208 ± 6	150 ± 1
20:1 n-9	10 ± 0	203 ± 19	107 ± 2	180 ± 1	131 ± 1	157 ± 3	130 ± 2	180 ± 6	148 ± 1
20:1 n-7*	ID	53 ± 5	22 ± 1	39 ± 0	24 ± 1	32 ± 1	23 ± 2	40 ± 2	33 ± 0
22:1 n-11	9 ± 1	74 ± 7	22 ± 1	47 ± 0	27 ± 0	56 ± 1	23 ± 1	52 ± 2	33 ± 0
22:1 n-9	ID	69 ± 7	27 ± 1	53 ± 1	35 ± 0	53 ± 1	34 ± 1	58 ± 2	48 ± 0
18:2 n-6 (LA)	414 ± 11	50 ± 5	75 ± 2	51 ± 0	93 ± 1	67 ± 1	140 ± 2	51 ± 1	94 ± 1
18:3 n-3 (ALA)	44 ± 1	89 ± 8	31 ± 0	56 ± 0	43 ± 1	40 ± 2	38 ± 0	61 ± 2	47 ± 0
18:4 n-3	27 ± 1	228 ± 22	58 ± 1	137 ± 9	76 ± 1	83 ± 2	45 ± 1	161 ± 5	95 ± 0
20:2 Δ5,11*	ID	302 ± 27	165 ± 4	304 ± 3	209 ± 1	253 ± 6	207 ± 3	298 ± 11	214 ± 1
20:2 Δ5,13*	ID	82 ± 7	39 ± 1	73 ± 1	45 ± 0	53 ± 1	42 ± 1	68 ± 2	53,4 ± 1
20:2 n-6	ID	67 ± 6	45 ± 1	54 ± 0	55 ± 0	54 ± 1	70 ± 1	59 ± 2	59 ± 1
20:4 n-6 (ARA)	64 ± 2	206 ± 20	133 ± 2	207 ± 2	167 ± 3	176 ± 4	149 ± 3	188 ± 6	151 ± 1
20:3 n-3	ID	83 ± 8	25 ± 0	41 ± 1	26 ± 0	27 ± 1	16 ± 0	57 ± 2	34 ± 0
20:5 n-3 (EPA)	42 ± 2	480 ± 46	187 ± 4	258 ± 2	163 ± 4	268 ± 8	134 ± 3	345 ± 12	239 ± 1
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	21 ± 1	ID
22:2 Δ7,15*	ID	65 ± 6	25 ± 1	51 ± 1	28 ± 0	49 ± 1	22 ± 0	58 ± 2	30 ± 0
22:4 n-6*	ID	ID	ID	21 ± 1	ID	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	21 ± 1	57 ± 6	30 ± 0	40 ± 0	27 ± 0	99 ± 3	44 ± 1	38 ± 2	31 ± 0
tot. Uid	11 ± 0	153 ± 14	99 ± 2	159 ± 2	146 ± 1	178 ± 3	162 ± 3	135 ± 4	126 ± 1
ΣSFA	405 ± 7	960 ± 93	472 ± 8	858 ± 16	598 ± 8	663 ± 10	576 ± 23	799 ± 15	650 ± 3
ΣMUFA	437 ± 12	1174 ± 113	569 ± 10	998 ± 3	697 ± 6	847 ± 12	667 ± 11	944 ± 27	753 ± 3
ΣPUFA	611 ± 18	1708 ± 161	812 ± 15	1292 ± 12	931 ± 8	1168 ± 28	908 ± 14	1403 ± 47	1046 ± 6
ΣEPA+DHA	63 ± 2	537 ± 52	217 ± 4	297 ± 2	190 ± 4	367 ± 11	179 ± 4	383 ± 14	270 ± 1
Σn-6PUFA	478 ± 13	323 ± 31	253 ± 5	333 ± 3	315 ± 3	297 ± 5	359 ± 5	298 ± 8	303 ± 2
Σn-3PUFA	133 ± 5	937 ± 90	330 ± 5	531 ± 9	334 ± 4	516 ± 14	278 ± 5	661 ± 23	445 ± 2
n-6:n-3	3,6 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,3 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,7 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

Tabell 8. Sammensetning (% av totale fettsyrer) av fettsyrer i gonadeprøver (ville og førede) fra kråkeboller høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers føring (september 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som presentert i første kolonne. (VK = ville og FK = førede). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

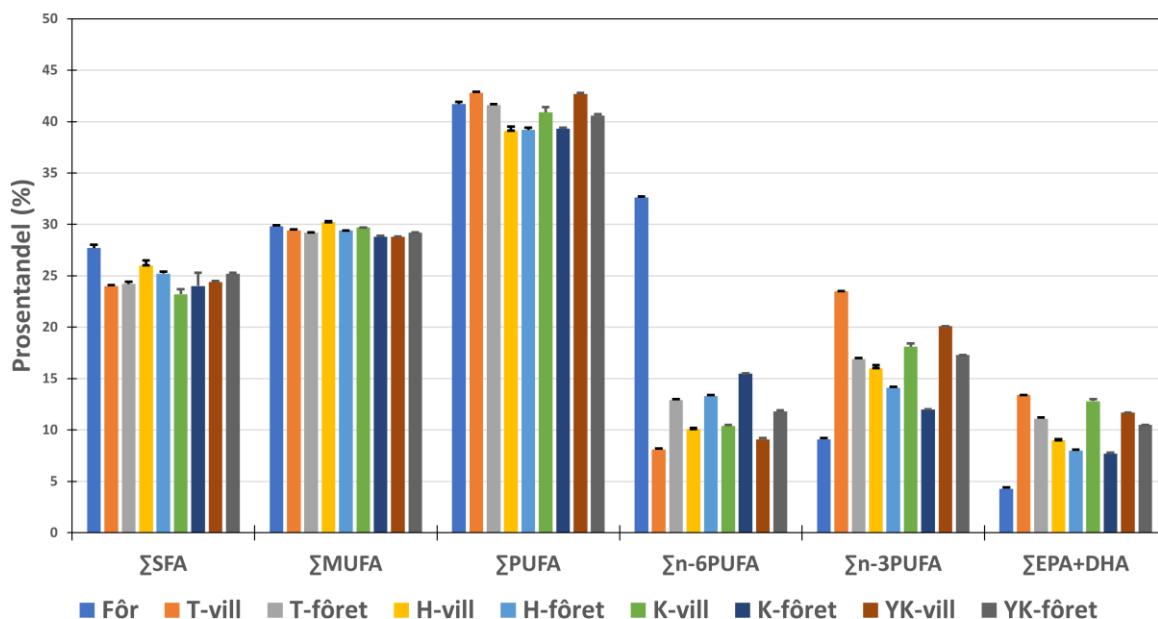
FA	Fôr %	Tunnel		Harbour		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK %	FK %	VK %	FK %	VK %	FK %	VK %	FK %
14:0	5,6 ± 0,2	9,4 ± 0,1	9,3 ± 0,1	9,7 ± 0,1	9,7 ± 0,1	8,4 ± 0,0	9,3 ± 0,1	9,8 ± 0,2	9,6 ± 0,0
15:0*	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID	0,6 ± 0,0	ID	ID	ID
16:0	19,5 ± 0,1	12,7 ± 0,2	12,7 ± 0,2	12,6 ± 0,2	12,9 ± 0,0	11,7 ± 0,1	13,2 ± 0,0	12,7 ± 0,2	13,3 ± 0,1
18:0	2,5 ± 0,0	3,0 ± 0,0	2,6 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,8 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,6 ± 0,0	2,6 ± 0,1	2,7 ± 0,0
20:0	ID	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0	ID	ID	ID	ID	ID	0,7 ± 0,0
14:1 n-5	ID	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	ID	0,8 ± 0,0	0,6 ± 0,0
16:1 n-7	2,1 ± 0,0	3,4 ± 0,1	3,4 ± 0,0	4,1 ± 0,0	3,8 ± 0,0	3,5 ± 0,0	3,4 ± 0,0	3,4 ± 0,0	3,2 ± 0,0
16:1 n-5*	ID	2,4 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,5 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,0 ± 0,0
18:1n-12*	ID	0,6 ± 0,0	ID	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	ID	0,6 ± 0,0	ID
18:1 n-9	25,6 ± 0,1	2,8 ± 0,0	4,2 ± 0,0	3,3 ± 0,0	4,9 ± 0,0	3,1 ± 0,0	5,0 ± 0,0	2,8 ± 0,1	4,5 ± 0,0
18:1 n-7	0,9 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,5 ± 0,0	3,2 ± 0,0	2,5 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,7 ± 0,0	2,3 ± 0,0
20:1n-15*	ID	6,4 ± 0,1	5,4 ± 0,0	5,8 ± 0,1	4,8 ± 0,0	5,6 ± 0,0	4,5 ± 0,0	6,4 ± 0,1	5,1 ± 0,0
20:1 n-9	0,7 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,6 ± 0,0	5,4 ± 0,0	5,8 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,7 ± 0,0	5,5 ± 0,1	5,9 ± 0,0
20:1n-7*	ID	1,4 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0
22:1 n-11	0,6 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,2 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,2 ± 0,0
22:1 n-9	ID	1,7 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,7 ± 0,0	2,0 ± 0,0
18:2 n-6 (LA)	28,2 ± 0,1	1,2 ± 0,0	5,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	6,1 ± 0,0	2,3 ± 0,0	7,9 ± 0,0	1,5 ± 0,0	6,2 ± 0,0
18:3 n-3 (ALA)	3,0 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,8 ± 0,0
18:4 n-3	1,8 ± 0,0	5,5 ± 0,0	3,5 ± 0,0	4,3 ± 0,0	3,1 ± 0,0	2,9 ± 0,1	2,1 ± 0,0	4,8 ± 0,0	3,1 ± 0,0
20:2 Δ5,11*	ID	7,5 ± 0,0	7,5 ± 0,1	9,3 ± 0,0	8,2 ± 0,0	8,9 ± 0,0	8,1 ± 0,0	8,9 ± 0,0	7,8 ± 0,0
20:2 Δ5,13*	ID	2,0 ± 0,0	1,7 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,6 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,8 ± 0,0
20:2 n-6	ID	1,6 ± 0,0	3,2 ± 0,0	1,6 ± 0,0	3 ± 0,0	1,9 ± 0,0	3,4 ± 0,0	1,8 ± 0,0	3,1 ± 0,0
20:4 n-6 (ARA)	4,4 ± 0,0	5,1 ± 0,1	6,3 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,5 ± 0,0	6,2 ± 0,0	6,6 ± 0,0	5,6 ± 0,1	5,9 ± 0,0
20:3 n-3	ID	2,0 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,7 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,0 ± 0,0
20:5 n-3 (EPA)	2,9 ± 0,0	11,5 ± 0,1	9,0 ± 0,1	7,7 ± 0,1	6,3 ± 0,0	9,4 ± 0,1	6,1 ± 0,0	10,1 ± 0,2	8,0 ± 0,0
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID
22:2 Δ7,15*	ID	1,7 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,7 ± 0,0	0,9 ± 0,0
22:4 n-6*	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	ID	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	1,4 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,3 ± 0,0	3,5 ± 0	1,8 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,2 ± 0,0
tot, Uid	0,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0	4,8 ± 0,0	5,0 ± 0,3	5,6 ± 0,0	6,1 ± 0,1	7,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	5,0 ± 0,3
n-6:n-3	3,6 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,2 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	1,0 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

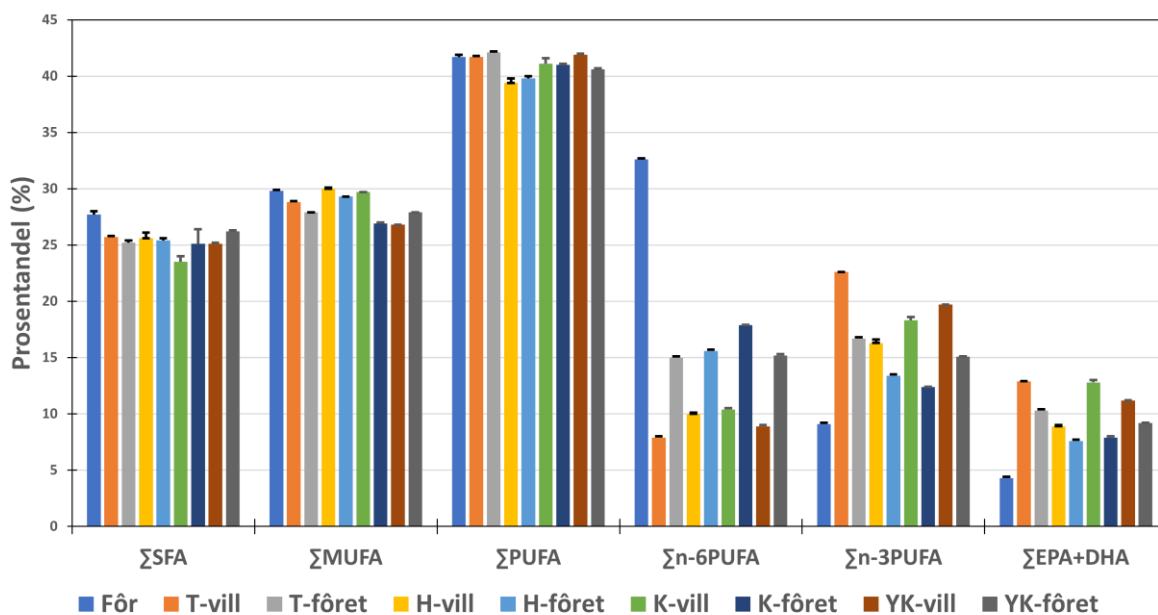
Tabell 9. Sammensetning (mg/100 g prøve) av fettsyrer i gonadeprøver (ville og førede) fra kråkeboller høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers føring (september 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = førede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

FA	Fôr mg/100 g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g	VK mg/100 g	FK mg/100 g
14:0	82 ± 1	426 ± 5	210 ± 3	405 ± 7	260 ± 2	332 ± 12	246 ± 3	430 ± 8	281 ± 16
15:0*	ID	ID	ID	25 ± 0	ID	24 ± 1	ID	ID	ID
16:0	286 ± 6	572 ± 9	288 ± 1	529 ± 10	348 ± 0	465 ± 20	350 ± 2	561 ± 10	390 ± 22
18:0	37 ± 1	135 ± 2	59 ± 1	113 ± 4	74 ± 1	110 ± 5	69 ± 1	114 ± 3	80 ± 6
20:0	ID	28 ± 0	14 ± 0	ID	ID	ID	ID	ID	21 ± 1
14:1 n-5	ID	31 ± 1	16 ± 0	32 ± 1	18 ± 0	31 ± 1	ID	36 ± 1	18 ± 1
16:1 n-7	30 ± 1	153 ± 4	77 ± 2	172 ± 3	103 ± 1	141 ± 6	91 ± 0	149 ± 2	94 ± 5
16:1 n-5*	ID	107 ± 2	ID	103 ± 1	60 ± 0	94 ± 4	54 ± 0	105 ± 1	60 ± 3
18:1n-12*	ID	28 ± 0	52 ± 1	31 ± 1	16 ± 0	27 ± 1	ID	26 ± 1	ID
18:1 n-9	375 ± 10	125 ± 1	96 ± 2	138 ± 1	132 ± 1	123 ± 4	133 ± 1	124 ± 5	133 ± 7
18:1 n-7	13 ± 0	127 ± 2	57 ± 1	133 ± 2	68 ± 0	111 ± 5	63 ± 0	117 ± 1	68 ± 4
20:1n-15*	ID	288 ± 4	121 ± 1	243 ± 4	129 ± 0	223 ± 9	120 ± 1	280 ± 4	149 ± 8
20:1 n-9	10 ± 0	226 ± 3	128 ± 2	227 ± 2	156 ± 1	217 ± 2	150 ± 1	240 ± 2	173 ± 10
20:1n-7*	ID	63 ± 1	23,2 ± 1	52 ± 2	27 ± 0	44 ± 9	23 ± 1	55 ± 1	34 ± 2
22:1 n-11	9 ± 1	79 ± 2	26 ± 1	59 ± 1	32 ± 0	78 ± 3	30 ± 0	67 ± 2	35 ± 2
22:1 n-9	ID	74 ± 2	36 ± 1	67 ± 1	47 ± 0	73 ± 3	47 ± 0	76 ± 1	59 ± 3
18:2 n-6 (LA)	414 ± 11	55 ± 0	125 ± 2	64 ± 1	165 ± 1	92 ± 4	208 ± 1	67 ± 2	181 ± 10
18:3 n-3 (ALA)	44 ± 1	98 ± 2	37 ± 1	76 ± 3	50 ± 0	63 ± 3	48 ± 0	87 ± 1	54 ± 4
18:4 n-3	27 ± 1	249,8 ± 6	79 ± 1	181 ± 2	84 ± 0	117 ± 4	56 ± 0	211 ± 2	91 ± 5
20:2 Δ5,11*	ID	336 ± 5	171 ± 4	387 ± 4	220 ± 0	351 ± 14	213 ± 1	392 ± 3	228 ± 13
20:2 Δ5,13*	ID	91 ± 2	38 ± 1	93 ± 1	46 ± 0	73 ± 3	41 ± 0	90 ± 1	53 ± 3
20:2 n-6	ID	73 ± 1	73 ± 1	67 ± 1	81 ± 0	75 ± 3	91 ± 0	78 ± 1	92 ± 5
20:4 n-6 (ARA)	64 ± 2	229 ± 6	142 ± 3	261 ± 4	174 ± 1	244 ± 9	175 ± 1	246 ± 4	175 ± 10
20:3 n-3	ID	90 ± 2	29 ± 1	50 ± 1	22 ± 0	37 ± 2	17 ± 0	75 ± 1	29 ± 2
20:5 n-3 (EPA)	42 ± 2	520 ± 13	203 ± 6	324 ± 7	170 ± 1	372 ± 12	161 ± 2	446 ± 10	234 ± 13
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	28 ± 0	ID
22:2 Δ7,15*	ID	71 ± 2	26 ± 0	67 ± 1	26 ± 0	70 ± 3	27 ± 0	77 ± 1	28 ± 2
22:4 n-6*	ID	ID	ID	27 ± 0	ID	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	21 ± 1	61 ± 2	30 ± 1	49 ± 1	35 ± 0	138 ± 5	47 ± 0	48 ± 1	35 ± 2
tot, Uid	11 ± 0	169 ± 4	109 ± 2	210 ± 11	150 ± 0	241 ± 11	186 ± 1	178 ± 2	148 ± 14
ΣSFA	405 ± 7	1160 ± 15	571 ± 4	1072 ± 20	683 ± 2	931 ± 38	664 ± 3	1106 ± 20	772 ± 45
ΣMUFA	437 ± 12	1300 ± 17	631 ± 12	1256 ± 13	788 ± 1	1161 ± 45	711 ± 3	1182 ± 140	822 ± 45
ΣPUFA	611 ± 18	1879 ± 40	952 ± 19	1646 ± 23	1071 ± 1	1630 ± 60	1085 ± 5	1844 ± 26	1201 ± 68
ΣEPA+DHA	63 ± 2	581 ± 15	233 ± 6	373 ± 8	205 ± 1	509 ± 17	208 ± 2	494 ± 11	270 ± 15
Σn-6PUFA	478 ± 13	357 ± 7	340 ± 6	419 ± 5	420 ± 1	411 ± 15	474 ± 2	391 ± 7	448 ± 24
Σn-3PUFA	133 ± 5	1019 ± 25	378 ± 9	680 ± 13	360 ± 1	726 ± 25	329 ± 2	867 ± 16	444 ± 25
n-6:n-3	3,6 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,2 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	1,0 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

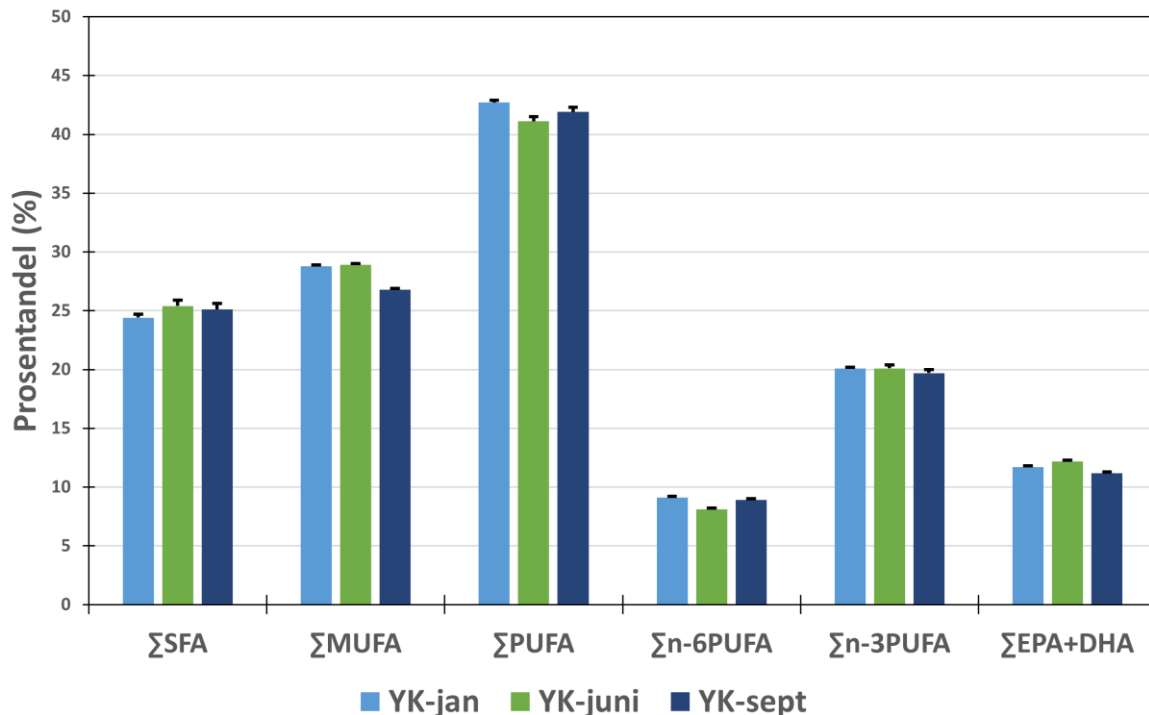


Figur 3. Prosentandel av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i gonader fra kråkeboller (ville og fôrede) høstet på vinteren (november 2020) fra fire forskjellige lokaliteter (T=tunnel, H=Havn, K=Kårvik, YK=Ytre Kårvik). Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker oppfôring (januar 2021) med et kommersielt fôr. Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)



Figur 4. Prosentandel av ulike fettsyreklasser i gonader fra kråkeboller (ville og fôrede) høstet på sommeren (juli 2021) fra fire forskjellige lokaliteter (T=Tunnel, H=Havn, K=Kårvik, YK=Ytre Kårvik). Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker oppfôring (september 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i figuren. Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

I figur 3 og figur 4 vises prosentandelen av de ulike fettsyreklassene i fôrprøven og de forskjellige gonadeprøvene fra henholdsvis PF1 og PF2. Fettsyreprofilene i gonadene var svært like om sommeren og vinteren. Av SFA, MUFA og PUFA var PUFA den største fettsyreklassen i alle gonadeprøvene. Fôret hadde et høyt innhold av n-6PUFA og gonadene fra de oppfødte kråkebollene hadde et forhøyet innhold av disse fettsyrene sammenlignet med de ville. Andelen n-3PUFA i fôret var derimot lav, og også lavere i oppfødte kråkeboller enn i ville.



Figur 5. Sesongmessig variasjon i prosentandel (%) av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i gonader fra ville kråkeboller høstet i januar (PF1), juni (FF1) og september (PF2) 2021 fra lokalitet Ytre Kårvik (YK). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller.

Den sesongmessige variasjonen i sammensetning av ulike fettsyreklasser i gonader fra ville kråkeboller fra Ytre Kårvik er presentert i figur 5. Sammensetningen var veldig lik på tvers av sesongene, med en marginalt høyere andel av PUFA i januar sammenlignet med juni og september, og noe mindre MUFA i september sammenlignet med de andre månedene.

4.1.4 Aminosyresammensetning

4.1.4.1 Totale AA

Tabell 10 og tabell 11 viser totalt innhold av ulike aminosyrer i fôr- og gonadeprøver fra henholdsvis PF1 og PF2. Glysin, glutaminsyre og arginin var de dominerende aminosyrene i alle gonadeprøvene, både i ville og oppfôrede kråkeboller. I fôret utgjorde glutaminsyre klart den største andelen av aminosyrene med 29,2 mg/g prøve. Innholdet av glutaminsyre i gonadeprøvene fra oppfôrede kråkeboller var også høyere enn i ville. Taurin ble kun detektert i noen av de ville gonadeprøvene, og ikke i fôret. For alle kråkebollegonadene utenom de fra tunnel i PF2 var det totale innholdet av EAA høyere i oppfôrede enn i ville kråkeboller. I PF1 var det totale innholdet av AA betraktelig høyere i oppfôrede kråkeboller enn i ville for gonadeprøvene fra lokalitetene tunnel, havn og Ytre Kårvik, mens i Kårvik som hadde det høyeste innholdet av alle de ville prøvene var det ikke noen forskjell mellom ville og oppfôrede. I PF2 var derimot det totale innholdet av AA i alle de oppfôrede gonadeprøvene lavere enn i ville. De ville gonadeprøvene i PF2 hadde et høyere innhold av totale AA enn de ville fra PF1.

Tabell 10. Sammensetning (mg/g prøve) av totale aminosyrer i gonadeprøver (ville og fôrede) fra kråkeboller høstet om vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (januar 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)

AA	Fôr mg/g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g
Ile	3,5 ± 0,3	3,3 ± 0,0	3,8 ± 0,1	3,0 ± 0,1	4,0 ± 0,0	3,4 ± 0,0	4,1 ± 0,2	2,9 ± 0,1	3,9 ± 0,1
Leu	7,8 ± 0,1	5,5 ± 0,0	6,8 ± 0,0	4,6 ± 0,0	6,8 ± 0,0	5,6 ± 0,0	7,6 ± 0,3	5,3 ± 0,1	6,8 ± 0,2
Lys	4,3 ± 0,3	5,5 ± 0,0	5,4 ± 0,1	5,0 ± 0,0	5,3 ± 0,1	6,5 ± 0,0	4,8 ± 0,2	5,3 ± 0,1	5,3 ± 0,2
Met	2,0 ± 0,1	1,8 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,6 ± 0,1	2,1 ± 0,0	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,0	1,7 ± 0,1	2,0 ± 0,0
Phe	5,1 ± 0,3	3,3 ± 0,0	3,7 ± 0,0	2,8 ± 0,0	3,9 ± 0,0	3,5 ± 0,1	4,2 ± 0,1	3,2 ± 0,1	4,0 ± 0,0
Thr	3,7 ± 0,1	3,4 ± 0,0	3,5 ± 0,0	2,9 ± 0,0	3,6 ± 0,1	3,4 ± 0,0	3,4 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,6 ± 0,1
Trp*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val	4,5 ± 0,3	4,1 ± 0,0	4,7 ± 0,1	3,4 ± 0,0	4,8 ± 0,1	4,4 ± 0,1	5,3 ± 0,3	3,9 ± 0,1	5,0 ± 0,2
His	2,4 ± 0,0	1,5 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,0 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1
ΣEAA	33,3 ± 0,5	28,4 ± 0,1	31,9 ± 0,2	24,5 ± 0,0	32,5 ± 0,1	30,5 ± 0,2	33,3 ± 0,7	26,9 ± 0,7	32,5 ± 0,4
Arg	8,3 ± 0,3	6,0 ± 0,4	9,3 ± 0,1	7,5 ± 0,2	8,5 ± 0,2	9,4 ± 0,2	8,2 ± 0,3	5,1 ± 0,2	9,4 ± 0,5
Ala	6,0 ± 0,0	4,1 ± 0,1	5,3 ± 0,1	4,3 ± 0,0	5,1 ± 0,1	3,8 ± 0,0	4,6 ± 0,3	4,0 ± 0,1	5,0 ± 0,4
Asp**	8,1 ± 0,1	4,1 ± 0,0	3,9 ± 0,1	3,9 ± 0,0	4,2 ± 0,0	4,1 ± 0,1	3,5 ± 0,4	3,9 ± 0,1	4,4 ± 0,5
Cys	2,8 ± 0,4	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,1 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Gly	5,6 ± 0,2	11,3 ± 0,0	11,6 ± 0,1	12,0 ± 0,1	12,5 ± 0,2	11,9 ± 0,0	10,3 ± 1,3	10,7 ± 0,2	13,2 ± 1,4
Glu**	29,2 ± 0,3	8,0 ± 0,1	9,8 ± 0,0	6,9 ± 0,1	9,5 ± 0,1	8,1 ± 0,2	9,4 ± 0,3	8,3 ± 0,2	10,1 ± 0,7
Pro	8,0 ± 0,3	3,5 ± 0,1	2,2 ± 0,4	6,3 ± 0,1	3,9 ± 0,3	6,6 ± 0,4	3,6 ± 0,1	2,9 ± 0,3	8,0 ± 0,8
Ser	5,0 ± 0,1	3,6 ± 0,0	4,4 ± 0,0	3,1 ± 0,0	4,7 ± 0,1	3,6 ± 0,0	4,7 ± 0,1	4,0 ± 0,0	4,8 ± 0,1
Tyr	2,7 ± 0,3	3,1 ± 0,0	3,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	3,5 ± 0,2	3,6 ± 0,1	3,8 ± 0,3	2,8 ± 0,1	3,5 ± 0,2
Taurin	ID	0,5 ± 0,1	ID	0,4 ± 0,0	ID	0,6 ± 0,1	ID	ID	ID
ΣNEAA	75,7 ± 0,3	44,7 ± 0,6	50,6 ± 0,7	47,6 ± 0,5	52,4 ± 0,2	52,4 ± 0,3	49,1 ± 2,3	42,3 ± 1,0	58,9 ± 3,8
ΣTAA	109,1 ± 0,4	73,2 ± 0,6	82,5 ± 0,9	72,1 ± 0,6	84,9 ± 0,1	82,9 ± 0,1	82,4 ± 1,7	69,1 ± 1,7	91,4 ± 3,7

*Tryptofan brytes ned under syrehydrolyse og vil derfor ikke detekteres

**Asparagin og glutamin deamineres under syrehydrolyse, og er derfor inkludert under hhv. asparagin- og glutaminsyre

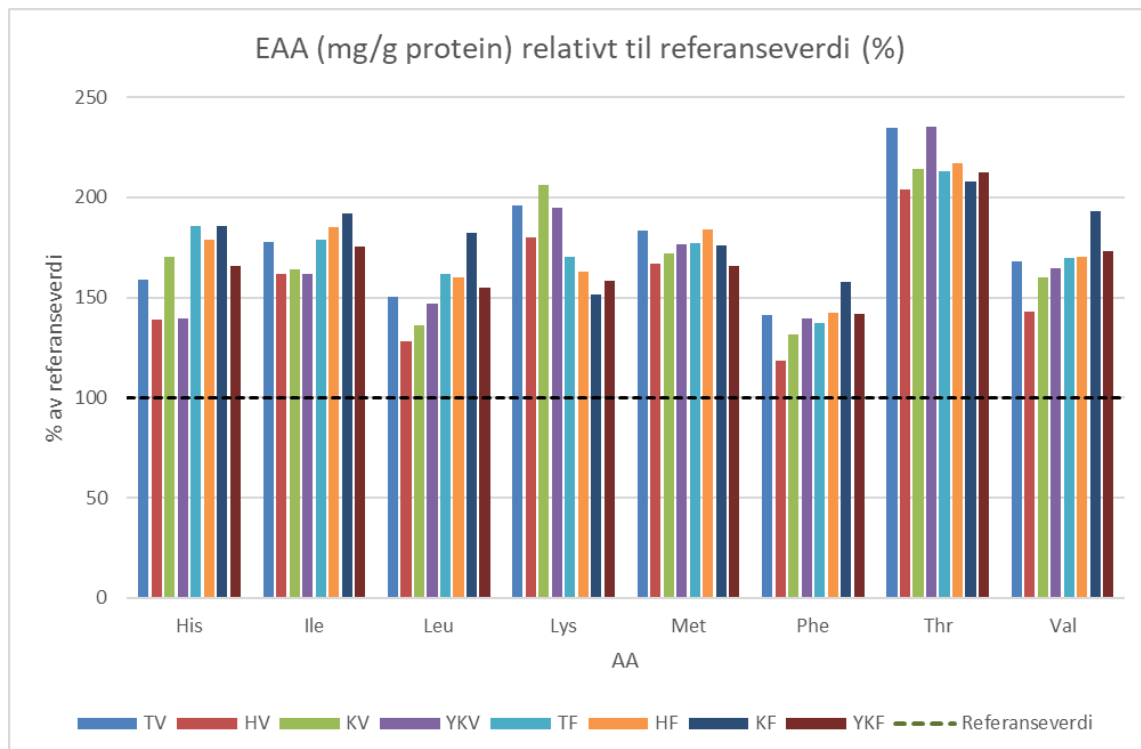
Tabell 11. Sammensetning (mg/g prøve) av totale aminosyrer i gonadepøver (ville og førede) fra kråkeboller høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadepøvene er tatt etter 9 ukers føring (september 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i første kolonne. (VK = ville kråkeboller og FK = førede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

AA	Fôr mg/g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g
Ile	3,5 ± 0,3	4,5 ± 0,1	4,8 ± 0,1	3,6 ± 0,1	4,9 ± 0,0	4,1 ± 0,1	4,8 ± 0,0	3,6 ± 0,1	5,1 ± 0,1
Leu	7,8 ± 0,1	7,7 ± 0,1	8,0 ± 0,1	6,1 ± 0,1	8,5 ± 0,1	6,5 ± 0,1	8,3 ± 0,1	5,8 ± 0,0	8,6 ± 0,0
Lys	4,3 ± 0,3	7,7 ± 0,1	5,8 ± 0,1	8,0 ± 0,1	5,7 ± 0,0	7,1 ± 0,1	5,8 ± 0,1	7,7 ± 0,0	6,2 ± 0,1
Met	2,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,4 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,8 ± 0,1
Phe	5,1 ± 0,3	4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,0	3,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,6 ± 0,0	3,6 ± 0,0	4,9 ± 0,1
Thr	3,7 ± 0,1	4,9 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,0 ± 0,0	4,0 ± 0,1	4,0 ± 0,1	4,2 ± 0,0	4,3 ± 0,1
Trp*	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val	4,5 ± 0,3	6,6 ± 0,2	5,6 ± 0,1	5,2 ± 0,1	6,0 ± 0,0	5,6 ± 0,1	5,9 ± 0,1	4,9 ± 0,0	6,3 ± 0,2
His	2,4 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,5 ± 0,1	2,4 ± 0,0	2,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	2,8 ± 0,1
ΣEAA	33,3 ± 0,5	41,4 ± 0,1	38,0 ± 0,5	35,7 ± 0,2	38,5 ± 0,2	35,9 ± 0,2	37,8 ± 0,4	34,1 ± 0,2	41,4 ± 0,5
Arg	8,3 ± 0,3	12 ± 0,2	10,3 ± 0,1	12,6 ± 0,1	10,4 ± 0,1	11,9 ± 0,2	10,1 ± 0,1	14,0 ± 0,2	11,4 ± 0,2
Ala	6,0 ± 0,0	4,2 ± 0,1	4,9 ± 0,0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,0	3,2 ± 0,0	4,5 ± 0,0	4,7 ± 0,0	4,8 ± 0,0
Asp**	8,1 ± 0,1	5,8 ± 0,0	4,3 ± 0,1	5,5 ± 0,0	4,5 ± 0,0	4,7 ± 0,1	4,3 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,0 ± 0,1
Cys	2,8 ± 0,4	0,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,0	1,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,1
Gly	5,6 ± 0,2	14,0 ± 0,1	11,6 ± 0,2	15,5 ± 0,2	12,1 ± 0,2	11,9 ± 0,1	11,6 ± 0,1	14,4 ± 0,1	12,4 ± 0,2
Glu**	29,2 ± 0,3	10,2 ± 0,2	11,3 ± 0,1	10,3 ± 0,1	12,1 ± 0,1	5,8 ± 4,1	11,5 ± 0,0	3,6 ± 5,1	13,2 ± 0,3
Pro	8,0 ± 0,3	8,5 ± 0,8	4,0 ± 0,8	8,0 ± 1,1	4,1 ± 0,1	4,8 ± 0,3	4,2 ± 0,4	7,5 ± 1,1	7,7 ± 1,1
Ser	5,0 ± 0,1	4,0 ± 0,0	5,0 ± 0,1	4,2 ± 0,1	5,1 ± 0,1	4,0 ± 0,1	5,4 ± 0,2	4,4 ± 0,1	5,6 ± 0,2
Tyr	2,7 ± 0,3	4,9 ± 0,2	4,8 ± 0,1	4,2 ± 0,1	5,2 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,2 ± 0,8	3,9 ± 0,1	5,7 ± 0,1
Taurin	ID	ID	ID	0,4 ± 0,0	ID	ID	ID	0,5 ± 0,0	ID
ΣNEAA	75,7 ± 0,3	63,7 ± 0,6	58,4 ± 1,2	65,7 ± 1,5	58,2 ± 0,6	52,0 ± 3,8	56,8 ± 0,6	57,7 ± 6,2	65,7 ± 1,4
ΣTAA	109,1 ± 0,4	105,1 ± 0,5	96,4 ± 1,6	101,4 ± 1,7	96,7 ± 0,8	87,9 ± 3,6	94,6 ± 1,0	91,8 ± 6,0	107,1 ± 1,7

*Tryptofan brytes ned under syrehydrolyse og vil derfor ikke detekteres

**Asparagin og glutamin deamineres under syrehydrolyse, og er derfor inkludert under hhv. asparagin- og glutaminsyre

Innholdet av EAA i kråkebollegonader fra PF1 relativt til referanseverdiene gitt av FAO/WHO/UNU (2007) er presentert i figur 6. Alle gonadeprøvene inneholdt alle EAA godt over referansenivåene. Det samme ble sett for kråkebollegonader fra PF2, FF1 og FF2.



Figur 6. EAA (mg/g protein) i gonader fra ville (V) og fôrede (F) kråkeboller fra PF1 (vinter) høstet fra fire ulike lokaliteter (T = tunnel, H = havn, K = Kårvik og YK = Ytre Kårvik) presentert som andel (%) av de anbefalte mengdene satt av FAO/WHO/UNU (2007). Tryptofan er utelatt da den brytes ned under syrehydrolyse og ikke blir detektert. Resultatene er gjennomsnitt, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller.

4.1.4.2 Frie AA

Sammensetning av frie aminosyrer i prøvene fra PF1 og PF2 vises i henholdsvis tabell 12 og tabell 13. Glysin var den aminosyren som dominerte i alle gonadeprøvene fra begge forsøkene, både i ville og oppfôrede kråkeboller. Innholdet av alanin, var høyere i gonader fra oppfôrede kråkeboller enn fra ville. Innholdet av valin, en annen viktig smakgivende AA for kråkeboller som gir bitter smak, var høyere i alle de oppfôrede kråkebollene enn i de ville for begge forsøkene. I PF1 var det totale innholdet av FAA høyest i de oppfôrede gonadeprøvene som inneholdt 33,0-43,2 mg/g mens de ville hadde et innhold på 28,8-33,2 mg/g prøve. Det samme ble sett i PF2 hvor ville gonader inneholdt 28,2-36,2 mg FAA/g prøve og oppfôrede gonadeprøver inneholdt mellom 42,7 og 46,8 mg/g prøve.

Tabell 12. Sammensetning (mg/g prøve) av FAA i gonadeprøver fra kråkeboller høstet på vinteren (november 2020) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers føring (januar 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i første kolonne. De viktige smaksgivende AA som funnet av Komata (1964) er markert: ^B=bitter, ^S = søt og ^U = umami. (VK = ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF1)

AA	Fôr mg/g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g
Ile	ID	1,2 ± 0,0	1,8 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,1 ± 0,1	2,6 ± 0,0	1,1 ± 0	1,7 ± 0
Leu	ID	2,1 ± 0,0	3,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	3,0 ± 0,0	1,9 ± 0,0	4,5 ± 0,0	2,0 ± 0	3,1 ± 0
Lys	ID	2,2 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,1 ± 0,0	3,1 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,2 ± 0	1,3 ± 0
Met ^B	ID	0,5 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,5 ± 0	0,5 ± 0
Phe	ID	1,0 ± 0,0	1,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0	1,6 ± 0,0	0,9 ± 0,0	2,4 ± 0,0	1,0 ± 0	1,7 ± 0,1
Thr	ID	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,7 ± 0	0,7 ± 0
Trp	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val ^B	ID	1,8 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	2,0 ± 0,0	1,9 ± 0,0	3,1 ± 0,1	1,8 ± 0,1	2,1 ± 0
His	ID	0,4 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,7 ± 0,0	1,2 ± 0,0	0,4 ± 0	0,8 ± 0
ΣEAA	0,0	10,0 ± 0,1	11,9 ± 0,0	6,1 ± 0,0	11,4 ± 0,2	10,7 ± 0,2	17,4 ± 0,1	9,6 ± 0,1	12,0 ± 0,1
Arg	1,1 ± 0,0	4,2 ± 0,1	3,3 ± 0,0	3,1 ± 0,0	2,9 ± 0,1	5,4 ± 0,0	3,9 ± 0,0	3,5 ± 0	3,3 ± 0
Ala ^S	ID	1,9 ± 0,0	2,5 ± 0,1	2,0 ± 0,0	2,2 ± 0,1	1,3 ± 0,0	2,4 ± 0,0	1,7 ± 0	2,4 ± 0
Asp	2,3 ± 0,0	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Cys	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Gly ^S	0,4 ± 0,0	9,3 ± 0,1	9,1 ± 0,1	10,0 ± 0,1	9,3 ± 0,1	9,9 ± 0,0	8,2 ± 0,0	8,9 ± 0,1	10,4 ± 0,1
Glu ^U	2,7 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,6 ± 0,2	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,5 ± 0	1,2 ± 0
Pro	ID	1,3 ± 1,3	2,0 ± 0,2	3,7 ± 0,5	0,8 ± 0,0	0,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0	1,4 ± 0,2
Ser	ID	1,1 ± 0,0	1,9 ± 0,0	0,7 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	2,7 ± 0,0	1,6 ± 0	2,2 ± 0
Tyr	ID	1,4 ± 0,0	1,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,0	3,1 ± 0,1	1,3 ± 0	1,7 ± 0
Taurin	ID	0,6 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,6 ± 0	0,2 ± 0
Asn	ID	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0	0,6 ± 0,1
Gln	ID	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,8 ± 0,2	1,2 ± 0,0	0,5 ± 0,0	1,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,7 ± 0
ΣNEAA	6,6 ± 0,2	23,2 ± 1,3	24,8 ± 0,2	22,7 ± 0,8	21,5 ± 0,5	22,9 ± 0,0	25,8 ± 0,1	21,4 ± 0,1	25,6 ± 0,4
ΣFAA	6,6 ± 0,2	33,2 ± 1,4	36,7 ± 0,3	28,8 ± 0,8	33,0 ± 0,7	33,5 ± 0,2	43,2 ± 0,1	31,1 ± 0,2	37,5 ± 0,5

Tabell 13. Sammensetning (mg/g prøve) av frie aminosyrer i gonadeprøver (ville og fôrede) fra kråkeboller høstet om sommeren (juli 2021) fra fire ulike lokaliteter (tunnel, havn, Kårvik og Ytre Kårvik). Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (september 2021) med et kommersielt fôr med sammensetning som vist i første kolonne. De viktige smaksgevende AA som funnet av Komata (1964) er markert: ^B=bitter, ^S = søt og ^U = umami. (VK = ville kråkeboller og FK = fôrede kråkeboller). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (PF2)

AA	Fôr mg/g	Tunnel		Havn		Kårvik		Ytre Kårvik	
		VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g	VK mg/g	FK mg/g
Ile	ID	1,7 ± 0	2,4 ± 0,1	1,1 ± 0	2,5 ± 0,1	1,9 ± 0	2,4 ± 0,1	0,8 ± 0	2,4 ± 0
Leu	ID	3,0 ± 0	4,1 ± 0	1,5 ± 0	4,3 ± 0	2,7 ± 0	4,2 ± 0	1,2 ± 0	4,3 ± 0
Lys	ID	2,9 ± 0	1,6 ± 0	2,7 ± 0	1,7 ± 0	3,2 ± 0	1,7 ± 0	2,4 ± 0	1,7 ± 0
Met ^B	ID	0,8 ± 0	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0	0,8 ± 0,1	0,3 ± 0	0,7 ± 0
Phe	ID	1,6 ± 0	2,2 ± 0,1	0,7 ± 0	2,1 ± 0	1,3 ± 0	2,1 ± 0,1	0,5 ± 0	2,2 ± 0,1
Thr	ID	1,0 ± 0	1,1 ± 0	0,6 ± 0	1,0 ± 0	1,2 ± 0	1,1 ± 0	0,4 ± 0	1 ± 0
Trp	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val ^B	ID	2,7 ± 0	2,9 ± 0	1,7 ± 0	3,0 ± 0	2,9 ± 0	3,1 ± 0	1,4 ± 0	3,2 ± 0,2
His	ID	0,8 ± 0	1,1 ± 0	0,6 ± 0	1,2 ± 0	1,3 ± 0	1,4 ± 0	0,5 ± 0	1,4 ± 0
ΣEAA	0,0	14,3 ± 0,2	16,2 ± 0,1	9,2 ± 0,0	16,5 ± 0,2	15,0 ± 0,0	16,9 ± 0,2	7,3 ± 0,0	16,7 ± 0,3
Arg	1,1 ± 0	2,0 ± 0,1	3,5 ± 0	2,0 ± 0,1	4,3 ± 0,1	2,6 ± 0,2	4,5 ± 0	3,8 ± 0,2	5,3 ± 0,1
Ala ^S	ID	1,4 ± 0	2,1 ± 0	1,3 ± 0	1,6 ± 0	0,9 ± 0	1,9 ± 0	1,5 ± 0	2,1 ± 0
Asp	2,3 ± 0	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Cys	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Gly ^S	0,4 ± 0	8,9 ± 0	8,8 ± 0	9,3 ± 0,1	8,8 ± 0,1	8,2 ± 0,1	8,6 ± 0	9,1 ± 0,1	9,2 ± 0,1
Glu ^U	2,7 ± 0,2	1,0 ± 0	1,1 ± 0	0,9 ± 0	1,1 ± 0	1,1 ± 0	0,9 ± 0	1,4 ± 0	1,1 ± 0
Pro	ID	0,2 ± 0	1,4 ± 0,1	0,1 ± 0	0,9 ± 0,1	0,1 ± 0	1,1 ± 0,1	0,1 ± 0	1,1 ± 2,9
Ser	ID	0,8 ± 0	2,4 ± 0	0,8 ± 0	2,4 ± 0	1,3 ± 0	2,8 ± 0	0,9 ± 0	2,8 ± 0
Tyr	ID	2,7 ± 0,1	3,1 ± 0,1	1,9 ± 0	3,2 ± 0	3,6 ± 0	3,2 ± 0,2	1,3 ± 0	3,9 ± 0,3
Taurin	ID	0,3 ± 0	0,1 ± 0	0,4 ± 0	ID	0,3 ± 0	0,2 ± 0	0,5 ± 0	0,2 ± 0
Asn	ID	0,6 ± 0	0,4 ± 0	0,4 ± 0	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0	0,6 ± 0	0,2 ± 0	0,6 ± 0
Gln	ID	1,1 ± 0	2,3 ± 0	1,0 ± 0	2,5 ± 0	1,0 ± 0	2,4 ± 0	1,1 ± 0	2,8 ± 0,1
ΣNEAA	6,6	20,2	26,6	19,2	26,3	21,2	27,1	20,9	30,1
ΣFAA	6,6	34,5	42,7	28,4	42,8	36,2	43,9	28,2	46,8

4.2 Fôringsforsøk

4.2.1 Biokjemisk sammensetning

Sammensetning av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i fôr og gonadeprøver fra FF1 er presentert i tabell 14. Vanninnholdet i gonadeprøvene fra FF1 lå alle relativt nært 80 g/100 g, mens de eksperimentelle fôrprøvene hadde et lavt vanninnhold (12,3 og 11,3 g/100 g) sammenlignet med frossen sukkertare (89,6 g/100 g). Askeinnhold i gonadene fra kråkebollene som ble gitt eksperimentelle fôr var lavere enn i ville, mens kråkebollene gitt tare hadde et mer likt innhold som i de ville. Til tross for et lavt fettinnhold i frossen sukkertare (0,04 g/100 g) var fettinnholdet hos kråkebollene fôret med fersk og frossen sukkertare høyere enn hos ville, mens hos de som hadde fått eksperimentelle fôr med et lipidinnhold på rundt 3 %, var det lavere. Det totale innholdet av protein var lavere i oppfôrede kråkeboller enn i ville for de fleste gonadeprøvene med unntak av gonader fra de som fikk Fôr A, som var det fôret med høyest proteininnhold.

Tabell 15 viser sammensetningen av gonade- og fôrprøvene fra FF2. I fôrprøvene var vanninnholdet på 12,8-13,2 g/100 g, som er relativt likt som for de eksperimentelle fôrene i FF1.. Askeinnholdet varierte mellom 1,3 og 1,5 g/100 g i gonadeprøvene, samtidig hadde fôrprøvene et relativt høyt askeinnhold (22-23,8 g/100 g) sammenlignet med fôrprøvene fra FF1 (7,3 og 10,5 g/100 g). Lipidinnholdet i fôrprøvene fra FF2 var lavt og lå mellom 0,7 og 1 g/100 g. I gonadeprøvene lå lipidinnholdet mellom 3,6 og 4,1 g/100 g. Proteininnholdet i gonadeprøvene lå på mellom 7,5 og 7,9 g/100 g, mens fôrene hadde et proteininnhold på 10 – 11,9 g/100 g.

Tabell 14. Innhold (g/100 g) av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i gonadeprøver (ville og fôrede) fra kråkeboller høstet på våren (april 2021) fra lokalitet Ytre Kårvik. Gonadeprøvene er tatt etter 9 ukers fôring (juni 2021) med eksperimentelle fôr (A og B) og frossen sukkertare (FST) med sammensetning som vist i de tre første kolonnene. (VK = ville kråkeboller og FK(x) = fôrede kråkeboller(fôr gitt)) ((ST) = fersk sukkertare, ble ikke analysert). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF1)

	<u>Fôr</u>			<u>Gonader</u>				
	A g/100 g	B g/100 g	FST* g/100 g	VK g/100 g	FK(A) g/100 g	FK(B) g/100 g	FK(FST) g/100 g	FK(ST) g/100 g
Vann	11,3 ± 0,0	12,3 ± 0,0	89,6 ± 0,2	79,3 ± 0,1	78,6 ± 0,1	80,2 ± 0,4	78,8 ± 0,1	80,4 ± 0,1
Aske	7,3 ± 0,0	10,5 ± 0,1	4,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,4 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,9 ± 0,0
Proteiner	19,1 ± 0,3	13,8 ± 0,2	0,6 ± 0,0	7,7 ± 0,3	7,8 ± 0,4	7,2 ± 0,0	6,2 ± 0,1	7,3 ± 0,4
Lipider	3,1 ± 0,1	3,0 ± 0,1	0,04 ± 0,0	5,1 ± 0,0	3,8 ± 0,1	3,5 ± 0,1	5,4 ± 0,4	5,6 ± 0,6
Karbohydrater	59,2	60,4	5,7	5,9	8,6	7,7	7,4	4,8

*Vann- og askeinnhold ble bestemt fra analyser av våt sukkertare, mens protein- og lipidinnhold ble kalkulert fra analyser gjort på frysetørket materiale

Tabell 15. Innhold (g/100 g) av vann, aske, proteiner, lipider og karbohydrater i gonader fra oppfôrede kråkeboller høstet på sommeren (juli 2021) fra lokalitet Kårvik. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppfôring (september 2021) med eksperimentelle fôr (C, D, E og F) med sammensetning som vist i de fire første kolonnene. (FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF2)

	<u>Fôr</u>				<u>Gonader</u>			
	C g/100 g	D g/100 g	E g/100 g	F g/100 g	FK(C) g/100 g	FK(D) g/100 g	FK(E) g/100 g	FK(F) g/100 g
Vann	13,2 ± 0,0	12,8 ± 0,0	12,8 ± 0,0	13,1 ± 0,0	79,0 ± 0,8	79,9 ± 0,7	80,2 ± 1,0	79,6 ± 0,4
Aske	22,0 ± 0,1	23,8 ± 0,2	23,5 ± 0,1	22,3 ± 0,1	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,0
Proteiner	11,9 ± 0,4	10,3 ± 0,0	10,0 ± 0,1	11,3 ± 0,1	7,9 ± 0,3	7,6 ± 0,8	7,5 ± 0,1	7,7 ± 0,1
Lipider	1,0 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,6 ± 0,0	3,9 ± 0,0	4,1 ± 0,1
Karbohydrater	51,9	52,4	52,9	52,5	7,9	7,6	6,9	7,2

4.2.2 Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetning (%) i gonade- og fôrprøver fra FF1 vises i tabell 16, mens mengden av hver enkelt fettsyre per 100 g gonade- og fôrprøve vises i tabell 17. For alle gonadeprøvene fra FF1 var 14:0, 16:0 og EPA de dominerende fettsyrene som til sammen utgjorde over 30 % av fettsyrene i alle prøvene. Av MUFA utgjorde 20:1 n-15 den største andelen i både ville kråkebollegonader og i gonadene til kråkebollene som hadde blitt fôret med sukkertare (FST). I FK(A) var 20:1 n-9 den dominerende MUFA og i FK(B) var det 16:1n-7. Dominerende PUFA var EPA i alle gonadeprøvene.

Fettsyresammensetning (%) i gonade- og fôrprøver fra FF2 vises i tabell 18, og mengden av de ulike fettsyrene (mg/100 g prøve) vises i tabell 19. I FF2 var 14:0, 16:0 og EPA de dominerende fettsyrene i alle gonadeprøvene som også var tilfellet i FF1. Dominerende MUFA i gonadeprøvene var 20:1 n-15 (F(E) og F(F)) eller 20:1 n-9 (F(C) & F(D)). Dokosapentaensyre (DPA, 22:5 n-3) ble detektert i alle fôrprøvene, men ikke i gonadeprøvene.

Tabell 16. Fettsyresammensetning (%) i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på våren (april 2021) fra lokalitet Ytre Kårvik. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (juni 2021) med eksperimentelle fôr (A og B) og fersk (ST) og frosset sukkertare (FST) med sammensetning som vist i de tre første kolonnene. Fersk sukkertare (ST) ble ikke analysert. (VK = ville kråkeboller, FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF1)

FA	Fôr			Gonader				
	A %	B %	FST %	VK %	FK(A) %	FK(B) %	FK(FST) %	FK(ST) %
14:0	6,6 ± 0,1	6,7 ± 0,8	11,8 ± 1,0	9,2 ± 0,2	10,3 ± 0,7	10,1 ± 0,1	8,7 ± 0,1	9,6 ± 0,3
16:0	18,6 ± 0,2	18,0 ± 2,0	33,9 ± 2,6	13 ± 0,2	13,6 ± 0,6	13,7 ± 0,2	12,9 ± 0,1	13,3 ± 0,2
18:0	4,6 ± 0,1	3,1 ± 0,4	8,3 ± 0,9	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,3 ± 0,0	2,3 ± 0,0
20:0	ID	ID	ID	0,7 ± 0,1	ID	ID	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0
14:1 n-5	ID	ID	ID	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0
16:1 n-7	7,6 ± 0,0	2,5 ± 0,4	6,8 ± 0,5	3,3 ± 0,0	3,8 ± 0,1	4,7 ± 0,0	3,5 ± 0,0	3,7 ± 0,1
16:1 n-5*	ID	ID	ID	2,6 ± 0,0	2,5 ± 0,1	3,3 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,5 ± 0,0
18:1n-12*	ID	1,1 ± 0,4	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0
18:1 n-9	9,6 ± 0,1	12,4 ± 0,8	11,1 ± 0,6	2,8 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,1 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,5 ± 0,0
18:1 n-7	3,0 ± 0,0	1,2 ± 0,0	0,7 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,6 ± 0,1	3,3 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,8 ± 0,0
20:1n-15*	ID	0,9 ± 0,5	ID	6,2 ± 0,0	3,7 ± 0,1	4,5 ± 0,0	6,2 ± 0,1	6,2 ± 0,1
20:1 n-9	1,6 ± 0,0	8,2 ± 0,6	ID	5,3 ± 0,0	5,3 ± 0,1	4,4 ± 0,0	5,3 ± 0,0	5,3 ± 0,1
20:1n-7*	ID	ID	ID	1,1 ± 0,0	0,8 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,1
22:1 n-11	2,4 ± 0,0	14,9 ± 0,7	1,3 ± 0,1	1,7 ± 0,0	2,8 ± 0,1	1,3 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,0 ± 0,1
22:1 n-9	ID	0,7 ± 0,0	ID	1,8 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,5 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,1
24:1 n-9	ID	0,5 ± 0,0	ID	ID	ID	ID	ID	ID
18:2 n-6 (LA)	8,8 ± 0,0	13,8 ± 1,6	4,4 ± 0,3	1,5 ± 0,1	5,6 ± 0,1	2,6 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,3 ± 0,1
18:3 n-3 (ALA)	1,6 ± 0,0	1,8 ± 0,3	3,0 ± 0,2	1,6 ± 0,0	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,8 ± 0,0
18:4 n-3	1,9 ± 0,0	2,7 ± 0,3	2,9 ± 0,3	4,8 ± 0,1	3,8 ± 0,2	3,5 ± 0,0	6,3 ± 0,0	6,1 ± 0,2
20:2 Δ5,11*	ID	ID	ID	8,7 ± 0,1	7,2 ± 0,2	7,6 ± 0,0	7,6 ± 0,0	7,8 ± 0,2
20:2 Δ5,13*	ID	ID	ID	2,0 ± 0,0	1,5 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,2 ± 0,1
20:2 n-6	ID	ID	ID	1,5 ± 0,0	2,3 ± 0,1	1,8 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0
20:4 n-6 (ARA)	1,4 ± 0,0	0,6 ± 0,1	4,9 ± 0,4	5,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	3,9 ± 0,0	5,2 ± 0,1	4,8 ± 0,1
20:3 n-3	ID	ID	ID	1,5 ± 0,1	0,8 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,9 ± 0,0	1,8 ± 0,0
20:5 n-3 (EPA)	15,5 ± 0,0	3,7 ± 0,6	5,1 ± 0,6	11,2 ± 0,0	9,4 ± 0,3	11,9 ± 0,1	12,1 ± 0,1	10,9 ± 0,1
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	0,7 ± 0,0	ID	ID	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0
22:2 Δ7,15*	ID	ID	ID	1,5 ± 0,0	0,8 ± 0,1	1,1 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,4 ± 0,1
22:5 n-3	2,2 ± 0,0	ID	ID	ID	0,6 ± 0,0	0,9 ± 0,0	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	10,4 ± 0,1	4,6 ± 0,7	1,1 ± 0,2	1 ± 0,0	4,3 ± 0,1	4,3 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,0 ± 0,0
tot, Uid	4,1 ± 0,1	3,4 ± 2,2	3,1 ± 1,2	4,6 ± 0,0	3,4 ± 0,1	3,0 ± 0,0	3,1 ± 0,0	3,6 ± 0,6
n-6:n-3	0,3 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

Tabell 17. Fettsyresammensetning (mg/100 g prøve) i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på våren (april 2021) fra lokalitet Ytre Kårvik. Gonadeprovne ble tatt etter 9 uker med oppføring (juni 2021) med eksperimentelle fôr (A og B), frosset (FST (tørrvekt)) og fersk (ST, ikke analysert) sukkertare med sammensetning som vist i de tre første kolonnene. (VK = ville, FK(x) = fôrede (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller (FF1)

FA	Fôr			Gonader				
	A mg/100 g	B mg/100 g	FST (t.v.) mg/100 g	VK mg/100 g	FK(A) mg/100 g	FK(B) mg/100 g	FK(FST) mg/100 g	FK(ST) mg/100 g
14:0	139 ± 6	174 ± 18	24 ± 2	434 ± 4	328 ± 22	300 ± 11	407 ± 6	410 ± 23
16:0	392 ± 12	469 ± 44	69 ± 6	609 ± 16	433 ± 14	409 ± 7	605 ± 6	566 ± 16
18:0	97 ± 2	81 ± 6	17 ± 1	118 ± 3	84 ± 2	81 ± 3	106 ± 2	100 ± 3
20:0	ID	ID	ID	32 ± 6	ID	ID	29 ± 0	27 ± 1
14:1 n-5	ID	ID	ID	34 ± 0	24 ± 2	28 ± 1	32 ± 1	34 ± 2
16:1 n-7	159 ± 6	68 ± 20	14 ± 3	155 ± 3	121 ± 10	140 ± 3	163 ± 1	158 ± 5
16:1 n-5*	ID	ID	ID	120 ± 1	81 ± 7	98 ± 3	110 ± 1	105 ± 3
18:1 n-12*	ID	28 ± 11	1 ± 0	31 ± 3	23 ± 2	19 ± 0	27 ± 1	27 ± 2
18:1 n-9	213 ± 13	332 ± 69	23 ± 5	131 ± 1	119 ± 9	92 ± 2	110 ± 1	107 ± 2
18:1 n-7	64 ± 2	31 ± 6	1 ± 0	129 ± 2	84 ± 7	99 ± 3	130 ± 1	118 ± 3
20:1 n-15*	ID	23 ± 11	ID	291 ± 6	119 ± 6	133 ± 4	289 ± 6	264 ± 7
20:1 n-9	33 ± 1	218 ± 48	ID	247 ± 5	169 ± 13	132 ± 4	250 ± 4	227 ± 7
20:1 n-7*	ID	ID	ID	54 ± 2	26 ± 1	31 ± 1	60 ± 2	52 ± 4
22:1 n-11	51 ± 2	398 ± 76	3 ± 1	79 ± 2	91 ± 8	38 ± 1	102 ± 1	85 ± 5
22:1 n-9	ID	19 ± 3	ID	86 ± 2	43 ± 4	43 ± 2	94 ± 1	86 ± 5
24:1 n-9	ID	14 ± 3	ID	ID	ID	ID	ID	ID
18:2 n-6 (LA)	185 ± 7	371 ± 95	9 ± 2	73 ± 6	179 ± 15	77 ± 2	55 ± 1	57 ± 4
18:3 n-3 (ALA)	33 ± 2	48 ± 14	6 ± 2	76 ± 2	49 ± 8	36 ± 1	86 ± 1	78 ± 2
18:4 n-3	41 ± 1	73 ± 17	6 ± 2	223 ± 6	122 ± 12	105 ± 3	295 ± 4	259 ± 8
20:2 Δ7,11*	ID	ID	ID	409 ± 7	232 ± 20	227 ± 7	357 ± 4	334 ± 10
20:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	98 ± 2	48 ± 4	66 ± 2	98 ± 1	93 ± 3
20:2 n-6	ID	ID	ID	72 ± 2	75 ± 6	53 ± 2	69 ± 1	64 ± 2
20:4 n-6	30 ± 1	16 ± 4	10 ± 3	237 ± 3	131 ± 11	116 ± 4	241 ± 5	206 ± 5
20:3 n-3	ID	ID	ID	72 ± 2	25 ± 2	26 ± 1	88 ± 2	76 ± 3
20:5 n-3 (EPA)	325 ± 11	99 ± 31	11 ± 3	524 ± 10	302 ± 28	353 ± 12	568 ± 10	466 ± 11
22:2 Δ7,13*	ID	ID	ID	31 ± 2	ID	ID	28 ± 0	28 ± 1
22:2 Δ7,15*	ID	ID	ID	69 ± 3	26 ± 3	33 ± 2	64 ± 1	58 ± 3
22:5 n-3	47 ± 2	ID	ID	ID	20 ± 2	26 ± 1	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	218 ± 6	123 ± 3	2 ± 1	49 ± 1	138 ± 13	128 ± 5	67 ± 1	43 ± 2
tot, Uid	87 ± 4	81 ± 42	7 ± 4	218 ± 5	109 ± 9	89 ± 3	146 ± 2	152 ± 27
ΣSFA	627 ± 20	724 ± 67	111 ± 9	1192 ± 16	846 ± 33	789 ± 15	1146 ± 10	1093 ± 42
ΣMUFA	519 ± 13	1131 ± 213	43 ± 9	1358 ± 22	898 ± 65	853 ± 25	1367 ± 18	1262 ± 35
ΣPUFA	879 ± 29	730 ± 196	46 ± 13	1928 ± 33	1338 ± 119	1245 ± 40	2016 ± 28	1760 ± 42
ΣEPA+DHA	543 ± 17	222 ± 66	13 ± 4	573 ± 10	440 ± 41	481 ± 16	634 ± 11	509 ± 13
Σn-6	215 ± 8	387 ± 100	20 ± 5	383 ± 5	385 ± 33	246 ± 8	365 ± 6	325 ± 8
Σn-3	664 ± 21	344 ± 96	25 ± 7	943 ± 17	656 ± 59	674 ± 22	1103 ± 17	922 ± 24
n-6:n-3	0,3 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,0

*Fettsyreer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

Tabell 18. Fettsyresammensetning (%) i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på sommeren (juli 2021) fra lokalitet Havn. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (september 2021) med eksperimentelle fôr (C, D, E og F) med sammensetning som vist i de fire første kolonnene. (VK = ville, FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF2)

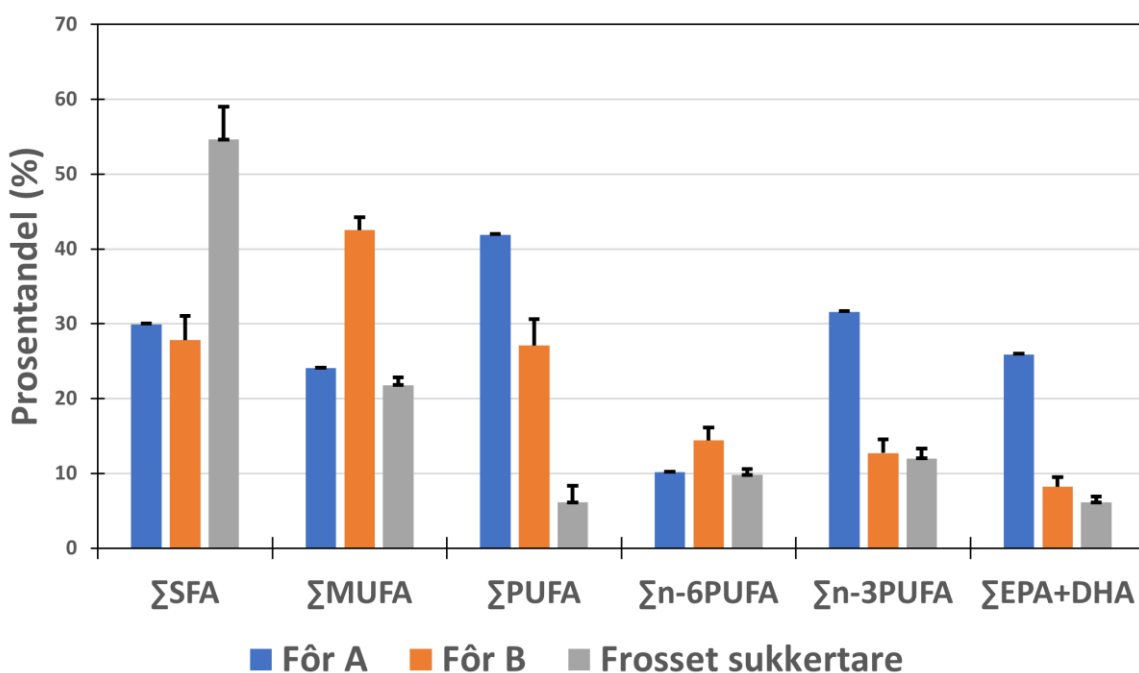
FA	Fôr				Gonader			
	C %	D %	E %	F %	FK(C) %	FK(D) %	FK(E) %	FK(F) %
14:0	5,3 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,4 ± 0,0	5,1 ± 0,1	9,6 ± 0,4	9,3 ± 0,2	8,6 ± 0,1	8,2 ± 0,0
16:0	17,4 ± 0,1	16,4 ± 0,1	16,3 ± 0,1	16,5 ± 0,1	13,2 ± 0,3	13,0 ± 0,0	12,9 ± 0,1	13,8 ± 0,2
18:0	3,4 ± 0,0	3,3 ± 0,0	3,1 ± 0,0	3,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,9 ± 0,1
14:1 n-5	ID	ID	ID	ID	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0	ID
16:1 n-7	4,8 ± 0,1	4,5 ± 0,0	4,7 ± 0,0	4,8 ± 0,1	4,1 ± 0,0	4,0 ± 0,0	4,3 ± 0,0	4,2 ± 0,0
16:1 n-5*	ID	ID	ID	ID	2,5 ± 0,0	2,6 ± 0,0	2,4 ± 0,0	2,4 ± 0,0
18:1n-12*	ID	ID	ID	ID	0,7 ± 0,1	ID	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0
18:1 n-9	16,3 ± 0,0	17,2 ± 0,1	17,7 ± 0,1	17,5 ± 0,1	3,6 ± 0,0	3,4 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,6 ± 0,0
18:1 n-7	2,3 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,2 ± 0,0	3,0 ± 0,0	3,0 ± 0,0	3,1 ± 0,0	3,1 ± 0,0
20:1n-15*	ID	ID	ID	ID	4,8 ± 0,1	5,0 ± 0,0	5,1 ± 0,0	5,1 ± 0,1
20:1 n-9	1,6 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	5,2 ± 0,1	5,1 ± 0,0	4,9 ± 0,0	4,9 ± 0,0
20:1n-7*	ID	ID	ID	ID	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0
22:1 n-11	2,4 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,6 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,0
22:1 n-9	ID	ID	ID	ID	1,6 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,7 ± 0,0
18:2 n-6 (LA)	21,2 ± 0,1	27,2 ± 0,1	28,1 ± 0,1	27,5 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,7 ± 0,0	4,8 ± 0,0	4,9 ± 0,0
18:3 n-3 (ALA)	1,7 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,5 ± 0,0	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,0	1,7 ± 0,0	1,3 ± 0,0
18:4 n-3	1,4 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	3,6 ± 0,2	3,8 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,5 ± 0,0
20:2 Δ5,11*	ID	ID	ID	ID	7,9 ± 0,2	8,0 ± 0,0	8,8 ± 0,1	8,5 ± 0,1
20:2 Δ5,13*	ID	ID	ID	ID	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,3 ± 0,0
20:2 n-6	ID	ID	ID	ID	2,5 ± 0,0	2,8 ± 0,0	2,9 ± 0,0	2,9 ± 0,0
20:4 n-6	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	5,3 ± 0,1	6,1 ± 0,1	5,7 ± 0,0	5,6 ± 0,0
20:3 n-3	ID	ID	ID	ID	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,0
20:5 n-3 (EPA)	10,5 ± 0,1	9,7 ± 0,1	9,9 ± 0,1	10,1 ± 0,1	9,6 ± 0,2	9,9 ± 0,1	9,0 ± 0,1	9,3 ± 0,1
22:2 Δ7,15*	ID	ID	ID	ID	1,1 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0
22:5 n-3	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,3 ± 0,0	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	8,6 ± 0,1	5,4 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,8 ± 0,0	3,3 ± 0,1	2,0 ± 0,0	1,9 ± 0,0	2,1 ± 0,0
tot, Uid	0,8 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,9 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,4 ± 0,0	4,7 ± 0,3	4,6 ± 0,0
n-6:n-3	0,9 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,8 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)

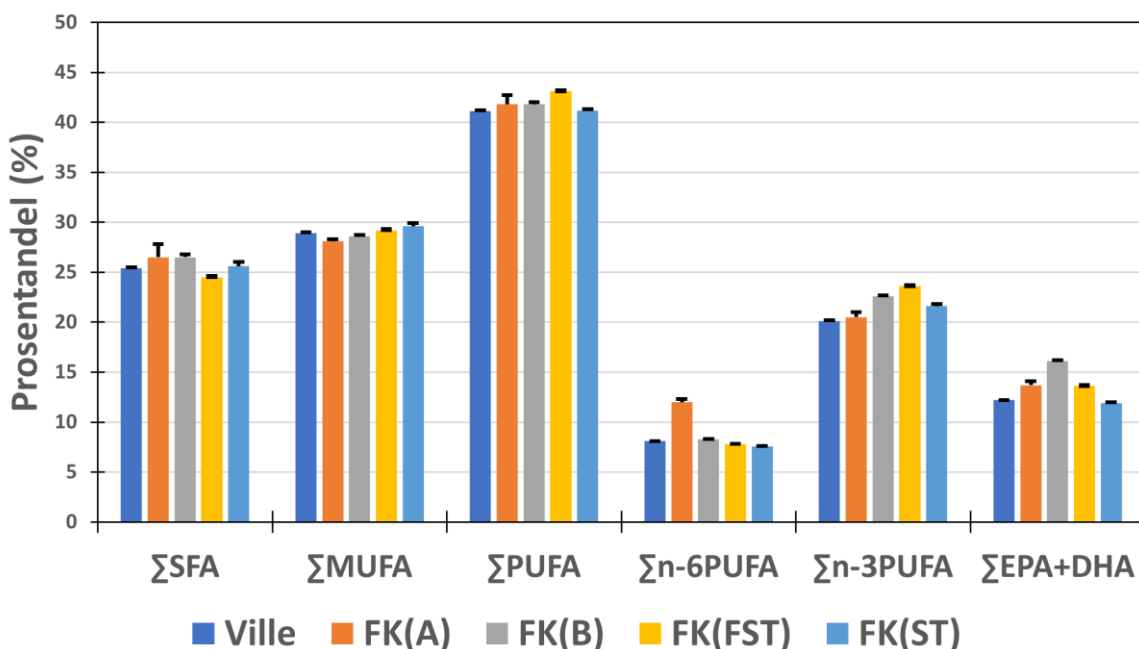
Tabell 19. Fettsyresammensetning (mg/100 g prøve) i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på sommeren (juli 2021) fra lokalitet Havn. Gonadeprovne ble tatt etter 9 uker med oppfôring (september 2021) med eksperimentelle fôr (C, D, E og F) med sammensetning som vist i de fire første kolonnene. (VK = ville, FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF2)

FA	Fôr				Gonader			
	C	D	E	F	FK(C)	FK(D)	FK(E)	FK(F)
	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
14:0	45 ± 3	28 ± 2	32 ± 3	34 ± 4	211 ± 13	172 ± 3	153 ± 3	141 ± 3
16:0	146 ± 9	85 ± 4	97 ± 10	109 ± 11	292 ± 14	241 ± 7	229 ± 2	236 ± 1
18:0	29 ± 1	17 ± 1	19 ± 2	20 ± 2	44 ± 2	37 ± 1	35 ± 0	50 ± 0
14:1 n-5	ID	ID	ID	ID	15 ± 0	14 ± 0	12 ± 0	ID
16:1 n-7	41 ± 2	23 ± 1	28 ± 3	32 ± 4	90 ± 3	74 ± 2	77 ± 1	72 ± 2
16:1 n-5*	ID	ID	ID	ID	55 ± 2	48 ± 1	44 ± 0	42 ± 1
18:1n-12*	ID	ID	ID	ID	14 ± 2	ID	13 ± 0	12 ± 0
18:1 n-9	137 ± 7	89 ± 4	105 ± 10	116 ± 13	79 ± 3	62 ± 2	66 ± 0	62 ± 2
18:1 n-7	19 ± 1	11 ± 1	13 ± 1	15 ± 2	66 ± 2	55 ± 2	55 ± 1	53 ± 1,3
20:1n-15*	ID	ID	ID	ID	107 ± 5	92 ± 3	91 ± 1	87 ± 1
20:1 n-9	13 ± 1	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 1	114 ± 4	95 ± 3	86 ± 1	84 ± 2
20:1n-7*	ID	ID	ID	ID	25 ± 1	21 ± 1	18 ± 0	18 ± 1
22:1 n-11	20 ± 1	7 ± 0	6 ± 1	6 ± 1	35 ± 1	26 ± 1	23,8 ± 0	23 ± 1
22:1 n-9	ID	ID	ID	ID	36 ± 1	29 ± 1	31 ± 0	30 ± 1
18:2 n-6 (LA)	177 ± 10	141 ± 7	168 ± 17	183 ± 20	90 ± 3	87 ± 2	86 ± 1	84 ± 2
18:3 n-3 (ALA)	15 ± 1	11 ± 1	12 ± 1	17 ± 2	37 ± 1	32 ± 1	30,1 ± 0	23 ± 1
18:4 n-3	12 ± 1	7 ± 0	7 ± 1	8 ± 1	80 ± 6	71 ± 2	63 ± 1	59 ± 1
20:2 Δ5,11*	ID	ID	ID	ID	174 ± 6	148 ± 4	156 ± 2	145 ± 4
20:2 Δ5,13*	ID	ID	ID	ID	44 ± 1	38 ± 1	41 ± 1	40 ± 1
20:2 n-6	ID	ID	ID	ID	55 ± 2	53 ± 2	51 ± 0	50 ± 1
20:4 n-6	9 ± 1	5 ± 0	4 ± 0	5 ± 1	118 ± 5	113 ± 4	101 ± 1	96 ± 2
20:3 n-3	ID	ID	ID	ID	22 ± 1	19 ± 1	17 ± 0	15 ± 0
20:5 n-3 (EPA)	88 ± 5	50 ± 2	59 ± 6	67 ± 8	213 ± 8	184 ± 5	159 ± 2	160 ± 4
22:2 Δ7,15*	ID	ID	ID	ID	25 ± 1	22 ± 1	21 ± 0	19 ± 1
22:5 n-3	10 ± 1	6 ± 0	7 ± 1	8 ± 1	ID	ID	ID	ID
22:6 n-3 (DHA)	72 ± 4	28 ± 1	28 ± 3	32 ± 4	73 ± 3	36 ± 1	34 ± 0	35 ± 1
tot. Uid	6 ± 0	5 ± 0	6 ± 1	6 ± 1	95 ± 3	81 ± 2	84 ± 5	80 ± 2
ΣSFA	219 ± 13	130 ± 7	148 ± 15	163 ± 17	548 ± 28	450 ± 11	417 ± 5	427 ± 4
ΣMUFA	229 ± 12	134 ± 6	156 ± 15	175 ± 20	635 ± 22	516 ± 16	516 ± 4	483 ± 11
ΣPUFA	383 ± 21	249 ± 11	286 ± 28	321 ± 36	929 ± 32	804 ± 23	759 ± 8	731 ± 21
ΣEPA+DHA	160 ± 9	78 ± 3	87 ± 8	99,3 ± 12	286 ± 10	220 ± 6	193 ± 2	195 ± 5
Σn-6	186 ± 10	146 ± 7	172 ± 17	188 ± 21	263 ± 9	253 ± 7	238 ± 2	231 ± 6
Σn-3	197 ± 11	103 ± 4	114 ± 11	133 ± 16	424 ± 15	343 ± 10	304 ± 3	292 ± 7
n-6:n-3	0,9 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,4 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0	0,8 ± 0,0

*Fettsyrer som manglet i de benyttede fettsyrestandardene ble identifisert på bakgrunn av retensjonstid og sammenligning med litteratur (González-Durán et al., 2008; Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b)



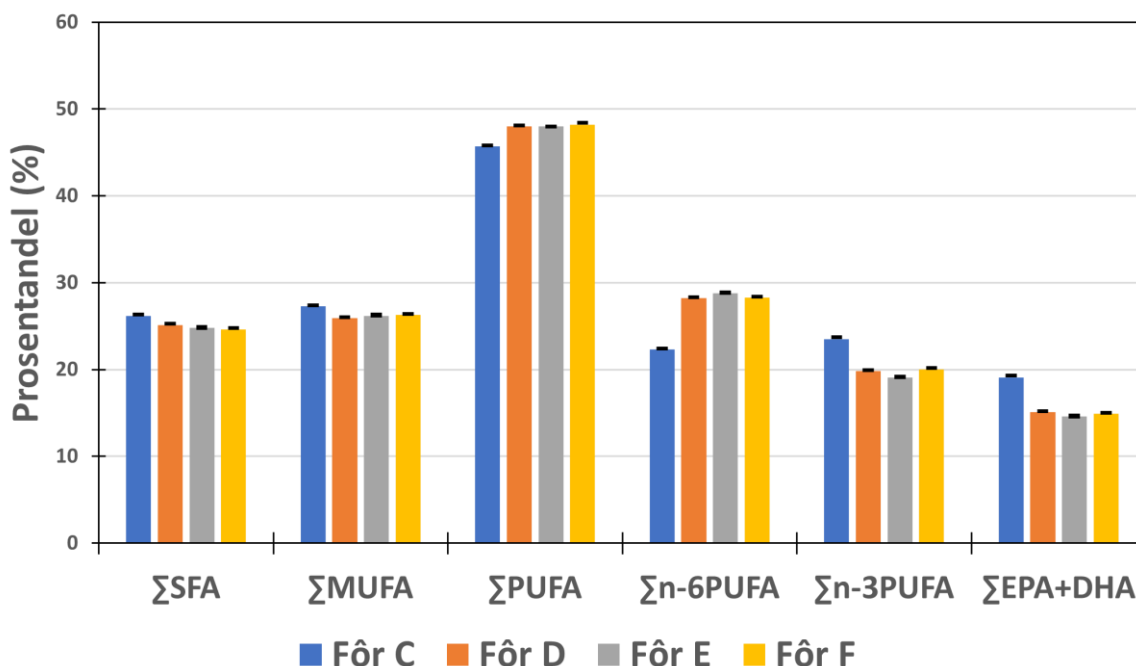
Figur 7. Prosentandel av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i eksperimentelle fôr (A og B) og frosset sukkertare brukt til oppfôring av kråkeboller i fôringsforsøk 1 (FF1). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller



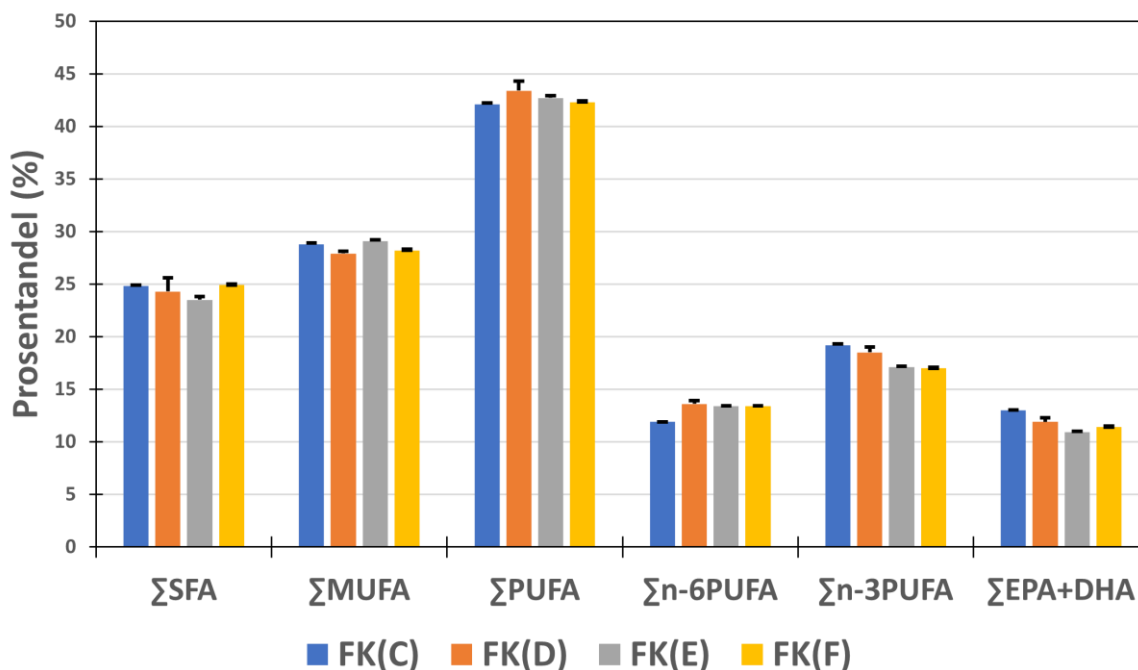
Figur 8. Prosentandel (%) av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i gonader fra kråkeboller fra fôringsforsøk 1 (FF1) høstet på våren (april 2021). Gonadeprøvene fra ville og fôrede kråkeboller ble tatt i juli 2021, etter 9 uker oppfôring med ulike eksperimentelle fôr (A og B) samt fersk og frosset sukkertare (ST og FST). (FK(x) = fôrede kråkeboller(fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller.

Sammensetning av de ulike fettsyreklassene i fôr og gonadeprøver fra FF1 er vist i henholdsvis figur 7 og figur 8. Det var store forskjeller i sammensetningen til de ulike fôrene. Frossen sukkertare inneholdt mest SFA, fôr B mest MUFA og fôr A inneholdt mest PUFA. Fôr A inneholdt en mye større andel n-3PUFA og EPA+DHA enn de andre fôrene. Kråkebollegonadene var mer like hverandre i sammensetning. FK(A) hadde et høyere innhold av n-6PUFA.

Sammensetning av de ulike fettsyreklassene i fôr og gonadeprøver fra FF2 er vist i henholdsvis figur 9 og figur 10. De eksperimentelle fôrene var ganske like i sammensetning, men fôr C hadde et noe lavere innhold av n-6PUFA, og et høyere innhold av n-3PUFA og EPA+DHA enn de andre fôrene. Gonadeprøvene hadde også lik fettsyresammensetning, og sammensetningen i gonadeprøven FK(C) viste de samme tendensene som fôr C, bare i noe mindre grad.



Figur 9. Prosentandel (%) av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i fire eksperimentelle fôr (C, D, E og F) brukt til oppfôring av kråkebolle i fôringsforsøk 2 (FF2). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik (SD), og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkebolle.



Figur 10. Prosentandel (%) av ulike fettsyreklasser av totale fettsyrer i gonader fra kråkeboller fra fôringsforsøk 2 (FF2). Kråkebollene ble høstet på sommeren (juli 2021) og fôret opp i 9 uker med fire ulike eksperimentelle fôr (C, D, E og F). Gonadeprøver fra de fôrede kråkebollene ble tatt ved forsøkets slutt (september 2021). (FK(x) = Fôrede kråkeboller(fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller.

4.2.3 Aminosyresammensetning

4.2.3.1 Totale AA

Innhold av totale AA for prøver fra FF1 er vist i tabell 20. Innholdet av arginin i kråkebollene som hadde fått frossen sukkertare lå på 1,9 mg/g etter 9 uker med oppfôring mens det i de ville lå på 10,3 mg/g. Taurin ble kun detektert i den ville gonadeprøven og i de kråkebollene som hadde fått frossen eller fersk sukkertare. Samtidig ble det ikke identifisert noe taurin i tareprøven. Alle gonadene hadde et høyere innhold av EAA etter endt fôringsforsøk, og gonadene som fikk formulerte fôr inneholdt mer enn de som fikk frossen eller fersk sukkertare. Totalt hadde F(ST) og F(A) et høyere innhold av TAA, F(B) inneholdt marginalt mindre og F(FST) inneholdt en del mindre enn den ville prøven.

Tabell 20. Sammensetning (mg/g) av TAA i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på våren (april 2021) fra lokalitet Ytre Kårvik. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (juni 2021) med eksperimentelle fôr (A og B) og fersk (ST) og frossen sukkertare (FST) med sammensetning som vist i de tre første kolonnene. Fersk sukkertare ble ikke analysert. (F(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF1)

AA	Fôr			Gonader				
	A mg/g	B mg/g	FST mg/g	VK mg/g	FK(A) mg/g	FK(B) mg/g	FK(FST) mg/g	FK(ST) mg/g
Ile	9,5 ± 0,1	6,4 ± 0	2,8 ± 0,2	3,8 ± 0,1	6,2 ± 0,2	5,7 ± 0	3,8 ± 0	4,3 ± 0,1
Leu	20,3 ± 0,3	16,0 ± 0,2	5,7 ± 0,3	6,1 ± 0,3	12,2 ± 0,4	9,5 ± 0,1	6,1 ± 0,1	6,8 ± 0
Lys	15,0 ± 0,5	6,0 ± 0,2	3,9 ± 0,2	6,0 ± 0,3	6,6 ± 0,3	7,3 ± 0,1	6,2 ± 0	6,2 ± 0
Met	5,0 ± 0,4	3,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,8 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,0 ± 0	2,1 ± 0,1
Phe	11,6 ± 0	8,0 ± 0,3	3,7 ± 0,3	3,5 ± 0,2	6,0 ± 0,3	5,1 ± 0,1	3,7 ± 0	4,3 ± 0,1
Thr	10,7 ± 0,2	5,9 ± 0,1	3,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,2 ± 0	3,7 ± 0,1	3,8 ± 0
Try	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val	11,1 ± 0,3	8,6 ± 0,7	3,6 ± 0,1	4,7 ± 0,3	7,0 ± 0,2	6,3 ± 0,1	4,7 ± 0,1	5,2 ± 0
His	6,4 ± 0	2,8 ± 0,3	1,1 ± 0,1	1,5 ± 0	3,1 ± 0,1	3,0 ± 0,0	1,6 ± 0	1,7 ± 0
ΣEAA	89,7 ± 1,1	57,4 ± 1,0	26,1 ± 1,3	31,2 ± 1,4	48,6 ± 1,8	43,5 ± 0,1	31,9 ± 0,3	34,3 ± 0,3
Arg	12,7 ± 0,4	6,6 ± 0,3	2,5 ± 0,5	10,3 ± 0,5	6,2 ± 0,5	4,7 ± 0,2	1,9 ± 0,2	8,2 ± 0,3
Ala	14,7 ± 0,4	9,8 ± 0,2	6,9 ± 0,2	3,9 ± 0,2	4,0 ± 0,2	3,1 ± 0	4,1 ± 0	3,6 ± 0,1
Asp**	18,3 ± 0,3	8,5 ± 0,1	7,3 ± 0,2	4,5 ± 0,2	4,3 ± 0,2	4,0 ± 0	3,1 ± 0,1	4,5 ± 0
Cys	2,4 ± 0,4	1,9 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0	0,9 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0
Gly	11,6 ± 0,3	7,8 ± 0,1	4,2 ± 0,2	11,3 ± 0,3	9,5 ± 0,4	7,7 ± 0,1	12,3 ± 0	12,1 ± 0,1
Glu**	39,7 ± 0,5	41,2 ± 0,7	8,7 ± 0,4	9,1 ± 0,5	8,4 ± 0,3	7,5 ± 0	9,5 ± 0,1	8,9 ± 0,1
Pro	12,5 ± 0,6	15,9 ± 0,4	3,0 ± 0,3	7,0 ± 0,3	3,5 ± 0,3	2,4 ± 0,1	2,6 ± 0,2	11,7 ± 4,4
Ser	11,7 ± 0,2	8,6 ± 0,2	3,6 ± 0,1	4,1 ± 0,2	5,7 ± 0,2	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1
Tyr	7,0 ± 0,8	5,6 ± 0,1	1,9 ± 0,2	3,6 ± 0,1	5,5 ± 0,7	5,9 ± 0,4	4,1 ± 0,2	5,0 ± 0,3
Taurin	ID	ID	ID	0,5 ± 0	ID	ID	0,6 ± 0	0,5 ± 0
ΣNEAA	130,5 ± 2,5	105,8 ± 1,9	39,1 ± 2,0	55,2 ± 2,4	48,0 ± 2,4	40,7 ± 0,2	42,8 ± 0,4	59,3 ± 4,8
ΣTAA	220,2 ± 3,5	163,2 ± 2,9	65,2 ± 3,3	86,4 ± 3,7	96,6 ± 4,2	84,2 ± 0,2	74,6 ± 0,6	93,6 ± 5,1

*Tryptofan brytes ned under syrehydrolyse og vil derfor ikke detekteres

**Asparagin og glutamin deamineres under syrehydrolyse, og er derfor inkludert under hhv. asparagin- og glutaminsyre

Totale AA for gonade- og fôrprøver fra fôringsforsøk 2 er vist i tabell 21. Glutaminsyre var den dominerende AA i alle fôrprøvene (22,2-26,4 mg/g). I de fôrede gonadeprøvene var glysin, glutaminsyre og leucin de dominerende fettsyrene. Taurin ble ikke detektert i noen av prøvene fra dette forsøket.

Tabell 21. Sammensetning (mg/g) av totale aminosyrer i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på sommeren (juli 2021) fra lokalitet havn. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (september 2021) med eksperimentelle fôr (C, D, E og F) med sammensetning som vist i de fire første kolonnene. (FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF2)

AA	Fôr				Gonader			
	C	D	E	F	FK(C)	FK(D)	FK(E)	FK(F)
	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Ile	6,7 ± 0,2	5,7 ± 0,1	5,6 ± 0,1	6,0 ± 0,2	5,5 ± 0,2	5,4 ± 0,6	5,0 ± 0,1	5,4 ± 0,1
Leu	13,6 ± 0,6	11,2 ± 0,1	11,3 ± 0,1	12,1 ± 0,1	9,3 ± 0,2	9,2 ± 1,0	8,8 ± 0,1	9,5 ± 0,1
Lys	9,1 ± 0,4	6,6 ± 0,2	6,5 ± 0,1	8,0 ± 0,4	7,1 ± 0,2	7,2 ± 0,7	6,3 ± 0,1	6,5 ± 0,0
Met	3,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,6 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,0	1,9 ± 0,1
Phe	7,7 ± 0,2	6,4 ± 0,0	6,1 ± 0,2	6,9 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,0 ± 0,5	4,9 ± 0,1	5,1 ± 0,0
Thr	6,2 ± 0,0	5,2 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,4 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,5	3,7 ± 0,1	3,9 ± 0,0
Try	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val	7,4 ± 0,3	6,2 ± 0,0	5,5 ± 0,5	6,2 ± 0,3	6,1 ± 0,2	6,2 ± 0,7	5,5 ± 0,1	6,0 ± 0,1
His	3,5 ± 0,0	2,8 ± 0,2	3,3 ± 0,2	3,7 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,8 ± 0,3	2,8 ± 0,0	2,8 ± 0,1
ΣEAA	57,4 ± 1,8	46,6 ± 0,2	45,7 ± 0,6	50,9 ± 0,5	42,4 ± 1,3	41,7 ± 4,4	38,9 ± 0,5	41,2 ± 0,1
Arg	6,5 ± 0,7	7,6 ± 0,3	6,9 ± 0,5	8,9 ± 0,6	7,2 ± 0,7	9,8 ± 0,9	7,4 ± 0,4	8,6 ± 0,1
Ala	9,5 ± 0,4	7,4 ± 0,2	6,8 ± 0,1	7,7 ± 0,2	3,5 ± 0,1	3,2 ± 0,3	3,1 ± 0,1	3,4 ± 0,0
Asp**	11,7 ± 0,4	9,8 ± 0,0	9,3 ± 0,2	11 ± 0,4	4,5 ± 0,1	4,7 ± 0,5	4,4 ± 0,0	4,6 ± 0,0
Cys	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,4 ± 0,2	2,2 ± 0,2	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,0	0,7 ± 0,0
Glys	7,3 ± 0,3	5,6 ± 0,1	5,5 ± 0,1	6,0 ± 0,0	8,8 ± 0,2	9,5 ± 1,0	8,6 ± 0,1	9,0 ± 0,1
Glu**	26,4 ± 0,8	23 ± 0,3	22,2 ± 0,1	25,8 ± 0,8	9,0 ± 0,2	9,5 ± 0,9	8,5 ± 0,2	9,2 ± 0,1
Pro	9,1 ± 0,6	7,4 ± 0,1	8,0 ± 0,1	8,7 ± 0,1	2,6 ± 0,5	5,1 ± 0,6	2,5 ± 0,4	2,9 ± 0,3
Ser	7,6 ± 0,2	6,7 ± 0,1	6,3 ± 0,0	7,3 ± 0,2	4,6 ± 0,1	4,8 ± 0,5	4,3 ± 0,0	4,6 ± 0
Tyr	5,4 ± 0,4	4,2 ± 0,3	3,9 ± 0,2	4,9 ± 0,3	6,2 ± 0,5	6,1 ± 0,7	7,0 ± 0,2	6,8 ± 0,2
Taurin	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
ΣNEAA	85,2 ± 2,4	73,6 ± 0,7	70,4 ± 1,2	82,4 ± 1,0	47 ± 2,4	53,5 ± 5,5	46,6 ± 0,8	49,8 ± 0,6
ΣTAA	142,6 ± 4,2	120,1 ± 0,5	116,2 ± 1,4	133,3 ± 1,5	89,4 ± 3,7	95,2 ± 9,9	85,5 ± 1,2	91,0 ± 0,7

*Tryptofan brytes ned under syrehydrolyse og vil derfor ikke detekteres

**Asparagin og glutamin deamineres under syrehydrolyse, og er derfor inkludert under hhv. asparagin- og glutaminsyre

4.2.3.2 Frie AA

Innhold av frie aminosyrer i prøvene fra FF1 og FF2 vises i henholdsvis tabell 22 og tabell 23. For begge forsøkene var glysin en av de dominerende AA i alle gonadeprøvene hvor innholdet lå på 6,5-10,3 mg/g prøve. Totalt varierte innholdet av FAA fra 35,9 til 59 mg/g prøve i gonadeprøvene fra fôrede kråkeboller i FF1, mens den ville gonadeprøven hadde et innhold på 34,6 mg/g prøve. De gonadeprøvene som hadde høyest innhold av FAA fra FF1 var F(A) og F(B) (hhv. 56,1 og 59,0 mg/g prøve) som begge hadde fått eksperimentelle fôr. De eksperimentelle fôrene inneholdt ingen FAA og den frosne sukkertaren inneholdt 5,6 mg FAA/g prøve. I FF2 lå innholdet av FAA i gonadeprøvene mellom 51,8 og 56,3 mg/g prøve. Fôr C hadde ingen FAA, mens fôr D, E og F alle inneholdt 1,1 mg FAA/g som bestod av kun arginin.

Tabell 22. Sammensetning (mg/g) av frie aminosyrer i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på våren (april 2021) fra lokalitet Ytre Kårvik. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (juni 2021) med eksperimentelle fôr (A og B) og fersk (ST) og frossen sukkertare (FST) med sammensetning som vist i de tre første kolonnene. Fersk sukkertare ble ikke analysert. (V = ville og F(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)). De viktige smaksgivende AA som funnet av Komata (1964) er markert: ^B=bitter, ^S = søt og ^U = umami. Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF1)

AA	A mg/g	Fôr		Gonader				
		B mg/g	FST mg/g	VK mg/g	FK(A) mg/g	FK(B) mg/g	FK(FST) mg/g	FK(ST) mg/g
Ile	ID	ID	ID	1,4 ± 0	4,2 ± 0	4,4 ± 0	1,2 ± 0	1,9 ± 0
Leu	ID	ID	ID	2,5 ± 0	8,7 ± 0,1	7,4 ± 0	2,1 ± 0	3,2 ± 0
Lys	ID	ID	ID	2,4 ± 0	3,5 ± 0	5,2 ± 0	2,3 ± 0	2,6 ± 0
Met ^B	ID	ID	ID	0,5 ± 0	1,2 ± 0	1,3 ± 0	0,5 ± 0	0,5 ± 0
Phe	ID	ID	ID	1,1 ± 0	3,6 ± 0,1	3,7 ± 0,1	1,2 ± 0	1,9 ± 0
Thr	ID	ID	ID	0,8 ± 0	2,3 ± 0	2,5 ± 0	0,6 ± 0	1,0 ± 0
Try	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val ^B	ID	ID	ID	2,1 ± 0	4,5 ± 0	4,6 ± 0	1,8 ± 0	2,7 ± 0
His	ID	ID	ID	0,4 ± 0	2,1 ± 0	2,3 ± 0	0,4 ± 0	0,6 ± 0
ΣEAA	0,0	0,0	0,0	11,1 ± 0,2	29,9 ± 0,3	31,4 ± 0,3	10,1 ± 0,1	14,4 ± 0,1
Arg	ID	ID	2,2 ± 0,7	4,9 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,2 ± 0,2
Ala ^S	ID	ID	ID	1,6 ± 0	1,9 ± 0	1,7 ± 0	1,6 ± 0	1,2 ± 0
Asp	ID	ID	2,0 ± 0,1	ID	ID	ID	ID	ID
Cys	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Gly ^S	ID	ID	1,4 ± 0	8,6 ± 0,1	6,7 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,3 ± 0	9,1 ± 0,1
Glu ^U	ID	ID	ID	1,4 ± 0	0,8 ± 0	0,9 ± 0	1,6 ± 0	1,2 ± 0
Pro	ID	ID	ID	0,6 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,9 ± 0	2,7 ± 0,6	2,6 ± 0,4
Ser	ID	ID	ID	1,6 ± 0	3,6 ± 0	3,1 ± 0	1,0 ± 0	1,3 ± 0
Tyr	ID	ID	ID	1,8 ± 0,1	3,5 ± 0,6	5,5 ± 0,6	1,9 ± 0,1	3,2 ± 0,2
Taurin	ID	ID	ID	0,5 ± 0	ID	0,2 ± 0	0,7 ± 0	0,5 ± 0
Asn	ID	ID	ID	0,7 ± 0,1	1,6 ± 0	2,3 ± 0	0,6 ± 0	0,9 ± 0
Gln	ID	ID	ID	1,2 ± 0	1,6 ± 0	1,7 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0
ΣNEAA	0,0	0,0	5,6 ± 0,8	23,5 ± 0,1	26,2 ± 0,7	27,6 ± 0,8	25,8 ± 0,4	26,1 ± 0,4
ΣFAA	0,0	0,0	5,6 ± 0,8	34,6 ± 0,2	56,1 ± 0,1	59,0 ± 1,1	35,9 ± 0,4	40,5 ± 0,4

Tabell 23. Sammensetning (mg/g) av frie aminosyrer i gonader fra oppfødte kråkeboller høstet på sommeren (juli 2021) fra lokalitet Havn. Gonadeprøvene ble tatt etter 9 uker med oppføring (september 2021) med eksperimentelle fôr (C, D, E og F) med sammensetning som vist i de fire første kolonnene. (FK(x) = fôrede kråkeboller (fôr gitt)) De viktige smaks-givende AA som funnet av Komata (1964) er markert: ^B=bitter, ^S= søt og ^U= umami. Resultatene er gjennomsnitt ± standardavvik, og hver prøve er analysert i 3 parallelle uttak fra prøver sammenslått av 1-2 gonader fra 10-20 kråkeboller. (FF2)

AA	Fôr				Gonader			
	C mg/g	D mg/g	E mg/g	F mg/g	FK(C) mg/g	FK(D) mg/g	FK(E) mg/g	FK(F) mg/g
Ile	ID	ID	ID	ID	3,9 ± 0,1	3,7 ± 0,1	3,4 ± 0	3,7 ± 0
Leu	ID	ID	ID	ID	6,7 ± 0,1	6,6 ± 0,1	6,1 ± 0	6,6 ± 0
Lys	ID	ID	ID	ID	4,6 ± 0	4,4 ± 0,1	3,7 ± 0	3,7 ± 0
Met ^B	ID	ID	ID	ID	1,1 ± 0,1	0,7 ± 0	0,6 ± 0	0,7 ± 0
Phe	ID	ID	ID	ID	3,2 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,0 ± 0	3,0 ± 0
Thr	ID	ID	ID	ID	2,1 ± 0	1,9 ± 0	1,6 ± 0	1,7 ± 0
Try	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Val ^B	ID	ID	ID	ID	4,3 ± 0	4,2 ± 0,1	3,7 ± 0	4,0 ± 0
His	ID	ID	ID	ID	2,1 ± 0	2,0 ± 0	1,9 ± 0	2,0 ± 0
ΣEAA	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0 ± 0,2	26,7 ± 0,3	24,1 ± 0,1	25,3 ± 0,1
Arg	ID	1,1 ± 0	1,1 ± 0	1,1 ± 0	4,0 ± 0,8	3,9 ± 0,8	4,7 ± 0,2	5,5 ± 0,1
Ala ^S	ID	ID	ID	ID	1,8 ± 0	1,4 ± 0	1,2 ± 0	1,4 ± 0
Asp	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Cys	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Gly ^S	ID	ID	ID	ID	7,4 ± 0,3	7,8 ± 0,2	7,1 ± 0	7,0 ± 0,1
Glu ^U	ID	ID	ID	ID	0,9 ± 0	1,0 ± 0	0,9 ± 0	0,9 ± 0,1
Pro	ID	ID	ID	ID	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0	0,6 ± 0,1	1,2 ± 0
Ser	ID	ID	ID	ID	2,9 ± 0	3,0 ± 0	2,5 ± 0	2,6 ± 0
Tyr	ID	ID	ID	ID	4,3 ± 0,1	5,0 ± 0,2	4,9 ± 0,1	4,2 ± 0,1
Taurin	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Asn	ID	ID	ID	ID	2,3 ± 0	2,6 ± 0	2,4 ± 0	2,5 ± 0,1
Gln	ID	ID	ID	ID	2,3 ± 0,1	2,8 ± 0	2,4 ± 0,1	1,9 ± 0
ΣNEAA	0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	28,3 ± 1,3	29,3 ± 1,0	27,7 ± 0,2	28,7 ± 0,4
ΣFAA	0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0	56,3 ± 1,1	56 ± 1,2	51,8 ± 0,3	54,1 ± 0,5

5 Diskusjon

Denne oppgavens hovedmål var å undersøke effekt av sesong, miljø og fôrsammensetning på biokjemisk sammensetning av gonader fra ville kråkeboller fôret opp på ulike formulerte fôr. Den biokjemiske sammensetningen av kråkebollegonader fra fire ulike fôringsforsøk, og de ulike kommersielle og eksperimentelle fôrene ble karakterisert.

5.1 Populasjonsforsøk

5.1.1 Gonadeindeks

Et viktig mål med fôring av kråkeboller er å øke størrelsen, og derved andelen av gonadene. Høsting av kråkeboller fra forskjellige lokaliteter viste at det var stor variasjon mellom GI i ville kråkebollepopulasjoner. Kråkeboller fra lokalitetene Ytre Kårvik og Kårvik hadde høyest (PF1: 11,8 og PF2: 7,3) og lavest (PF1: 8,2 og PF2: 5,2) GI ved oppstart av forsøkene. Ulikhet mellom, og også innad i, populasjoner er å forvente hos kråkeboller, også innen relativt små geografiske områder, da det avhenger av tilgang på mat, strømforhold, temperatur og reproduksjonssyklus (James et al., 2017). En annen ting som spiller inn er at kråkebollene fra Kårvik var små av størrelse (3.1), noe som kan tyde på at de bestod av umodne individer med mindre utviklede gonader, som igjen kan bidra til å forklare lavere GI. Det er vist at størrelsen på kråkebollene har stor betydning for gonadeindeks og vekstraten til gonadene er høyere enn vekstraten til kroppsmassen opp til en viss størrelse før GI vil synke med kroppsvekst (Conor, 1972; Pearce et al., 2004). Sammenlignet med ville kråkeboller i alle populasjoner ble det i denne oppgaven observert en høy økning i GI etter oppfôring av kråkebollene. Dette var et forventet resultat da økning i GI som følge av oppfôring også er rapportert i en rekke tidligere fôringsforsøk av ulike kråkebollearter (Lourenço et al., 2019; Pearce et al., 2002), og viser at oppfôring er effektivt. Det var også en klar forskjell i GI mellom de ville kråkebollene høstet i vinter- og sommersesongen der den var høyere på vinteren enn på sommeren. Dette henger nok sammen med at kråkebollene i denne regionen vanligvis gyter seint i april, og gytingen reduserer GI dramatisk (James et al., 2017). Etter oppfôringen derimot var forskjellene i GI mer eller mindre utjevnet både for sommer- og vinter. Dette indikerer at fôringen kan utjevne sesong- og habitatsmessige forskjeller. Etter foring var gjennomsnittlig GI for alle populasjonene spredt fra 15,7 til 19,0. Dette er langt over 10 %, som blir ansett som et minstemål i kommersiell sammenheng (Walker et al., 2015), noe som tyder på at disse kråkebollene vil kunne egne seg for kommersielt salg.

5.1.2 Biokjemisk sammensetning

Askeinnholdet var lavere i sommersesongen sammenlignet med vintersesongen og i gonadene til fôrede kråkeboller sammenlignet med ville. Det stemmer overens med funnene til Liyana-Pathirana (2001) som fant lavere askeinnhold i kråkebollegonader på sommeren enn vinteren. Denne forskjellen kan skyldes at tare, som er primærdietten til ville kråkeboller, generelt har et høyt askeinnhold som også er rapportert høyest på vinteren (Schiener et al., 2015). I denne studien ble det funnet at proteininnholdet var lavere på vinteren enn om sommeren i gonader fra ville kråkeboller (hhv. 6,4 og 8,2 % i gjennomsnitt), mens Liyana-Pathirana (2001) fant at proteininnhold i ville drøbakkråkeboller var høyest på høsten, og høyere på vinteren enn på sommeren. Det er begrenset med studier som undersøker sesongmessige variasjoner i sammensetningen av gonader fra drøbakkråkeboller, men studier gjort på for eksempel kråkebollen *Paracentrotus lividus*, viser også et høyere proteininnhold i gonader på vinteren enn sommeren (Ouchene et al., 2021; Rocha et al., 2019). *P. lividus* har utbredelse i Sør-Europa og drøbakkråkebollene som ble undersøkt av Liyana-Pathirana (2001) befant seg på kysten av Newfoundland som ligger noen breddegrader lengre sør enn Tromsø. Med tanke på at tare er avhengig av lys for å vokse, er det naturlig å tenke at ville kråkeboller høstet om vinteren for bruk i denne oppgaven hadde dårligere tilgang på mat som resulterte i et lavere proteininnhold. Ouchene et al. (2021) fant også at *P. lividus* med høyt proteininnhold i gonadene hadde høy GI, som heller ikke stemmer overens med resultatene fra denne oppgaven hvor kråkebollene med høyest GI også hadde lavest proteininnhold. Det er mulig at kråkebollene brukt i denne oppgaven hadde kommet lengre i reproduksjonssyklusen enn kråkebollene undersøkt av både Liyana-Pathirana (2001) og Ouchene et al. (2021), og at proteiner i større grad var omdannet til kjønnseller. Det er også usikkert om resultater fra *P. lividus* kan overføres direkte til drøbakkråkeboller.

Proteininnholdet varierte noe mellom de ville kråkebollene fra de ulike lokalitetene. Variasjonene mellom sommer og vinter var derimot større og de fleste populasjonene hadde en moderat endring i proteininnhold etter oppfôring. Likevel var disse variasjonene i proteininnhold mindre enn variasjonen i GI. På vinteren, da de ville kråkebollene hadde lavest proteininnhold, var proteininnholdet høyere i alle de oppfôrede kråkebollene, mens på sommeren var proteininnholdet høyere i de ville hos to av populasjonene. Proteininnholdet i det kommersielle fôret som ble benyttet i de to populasjonsforsøkene var forholdsvis lavt, på 9,3 %. Ettersom proteiner er viktig for vekst og samtidig en stor kostnad ved oppfôring av ulike arter av kråkeboller har en rekke studier undersøkt effekten av dietter med forskjellig

proteininnhold (de Jong-Westman et al., 1995; Heflin et al., 2012; Pearce et al., 2002). Litteraturen viser at fôr med høyt proteininnhold generelt gir bedre vekst, og Pearce et al. (2002) fant at et proteininnhold i fôret på 29 %, versus innhold på 19 og 24 %, ga høyest vekst hos kråkebollene. På den andre siden rapporterte de også at høyere proteininnhold i fôret resulterte i dårligere smak og mindre gul/oransj farge på gonadene. de Jong-Westman et al. (1995) fant at et fôr med 20 % proteiner ga bedre vekst enn fôr med 10 % proteiner, og at en naturlig diett bestående av brunalgen *Nereocystis luetkeana*, som har et lavt proteininnhold (7,6 – 11,7 % av tørrvekt (Rosell & Srivastava, 1985)), ga bedre vekst enn formulerte fôr med 10 % proteiner. En nylig studie gjort av Takagi et al. (2022) på kråkebollen *Mesocentrotus nudus*, viste derimot at dersom fôr er formulert med bindere som i stor grad hindrer utvasking av proteiner fra fôrpelleten, vil proteinbehovet være på 12 %. Dette er noe høyere enn proteininnholdet i fôret som ble brukt i denne oppgaven (9,3 g/100 g). Om dette resultatet er overførbart til drøbakkråkebolle er også uvisst, men Pearce et al. (2002) fant også at type og konsentrasjon av binder har en signifikant effekt på gonadeutbytte hos drøbakkråkebollen. Selv om proteininnhold ikke ble undersøkt i studiet, kan dette tyde på at kvaliteten og konsentrasjonen av bindere i fôret til drøbakkråkeboller er viktig for gonadevekst.

Analyse av aminosyrer som metode for bestemmelse av proteininnhold er vist å kunne gi noe lave estimater, da visse aminosyrer vil brytes ned under syrehydrolyse. Samtidig kan andre vanlige metoder som baserer seg på for eksempel nitrogeninnhold føre til overestimater (Mæhre et al., 2018). I denne oppgaven ble proteininnhold bestemt ved aminosyreanalyse, mens andre studier som er beskrevet (Liyana-Pathirana, 2001; Takagi et al., 2022) brukte andre metoder. Dette kan forklare hvorfor proteininnholdet i gonadeprøvene fra denne oppgaven var lavere enn det som for eksempel Liyana-Pathirana (2001) fant (9,5 % på vinteren og 11,1 % på sommeren).

I denne oppgaven var lipidinnholdet i gonadene fra ville kråkeboller forholdsvis likt for alle lokalitetene, og lipidinnholdet var kun marginalt lavere på sommeren sammenlignet med vinteren for populasjonene fra tunnel, havn og Kårvik. Sammenlignet med lipidinnholdet i ville kråkeboller (vintergonadene varierte fra 4,9 til 5,3 %, mens sommerprøvene varierte fra 4,6 til 5,0%) var lipidinnholdet noe lavere etter fôring for de fleste populasjonene (varierte fra 3,6 til 4,9%). Liyana-Pathirana (2001) fant derimot en mye større forskjell i lipidinnhold mellom sesongene der det varierte fra 2,3 til 6,1 %. I denne studien var lipidinnholdet høyest rett før gytingen om våren, og det laveste lipidinnholdet var

på vinteren. Andre har demonstrert at drøbakkråkeboller akkumulerer store mengder protein og lipider i gonadene i forkant av gametogenesisen for å sikre næring til yngelen (Giese et al., 1959; Walker, 1982). Kråkebollene bruker lipidreservene i gametogenesisen (de Jong-Westman et al., 1995), og det jevne lipidinnholdet i gonadene fra de ville kråkebollene skyldes sannsynligvis at disse var høstet flere måneder før/etter gytesesongen og derfor har hatt anledning til å bygge opp lipidreservene igjen. Det lave lipidinnholdet funnet i gonadene fra de oppfødte kråkebollene i denne oppgaven var ikke overraskende da fôret hadde et lavt lipidinnhold (1,9 g/100 g) og et høyt karbohydratinnhold (52,5 g/100 g). For alle populasjonene hvor lipidinnholdet var lavere for oppfødte kråkeboller enn for ville, var også det beregnede karbohydratinnholdet høyere etter fôringen. Kråkeboller bruker karbohydrater som energireserve når lipider ikke er tilgjengelig, og med det høye karbohydratinnholdet i dietten kan det virke som at kråkebollene har prioritert akkumulering av karbohydrater fremfor lipider. Metoden som ble brukt for bestemmelse av karbohydratinnhold i denne oppgaven er dog noe unøyaktig, og dersom man ønsker å undersøke dette forholdet nærmere anbefales det å direkte analysere tilgjengelig karbohydrat (Maclean et al., 2003).

5.1.3 Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetningen i gonadene som ble undersøkt i denne oppgaven stemte relativt godt overens med hva som er kjent fra litteraturen (Kelly et al., 2008; Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002b). Som forventet ble de observert endel forskjeller i fettsyresammensetning i gonadene fra de ulike kråkebollegruppene undersøkt i denne oppgaven. De største forskjellene i fettsyresammensetning ble funnet mellom de ville og de oppfødte kråkebollene. Det er en klar indikasjon på at fôret har hatt en effekt på fettsyresammensetningen i kråkebollegonadene, spesielt på innholdet av n-6PUFA, men det var likevel noe overraskende at fettsyreprofilene ikke var blitt enda mer homogene etter fôringsperioden. Fra annen akvakultur er det etablert sannhet at man «blir det man spiser» når det kommer til fettsyresammensetning (Sissener, 2018). Det ble funnet dobbelt så høyt innhold av LA i oppfødte kråkebollegonader sammenlignet med ville for alle populasjonene, og for noen av populasjonene fire ganger høyere. Denne økningen var forventet siden LA var den dominerende fettsyren i det kommersielle fôret og utgjorde 28,2 % av fettsyrene. LA er en terrestrisk fettsyre som ofte tilsettes kommersielle fôr i akvakulturen (Olsen, 2017), og er ikke i stor grad en del av naturlig diett for kråkeboller. Det ble ikke identifisert noe av 20:2 n-6 i fôret, mens innholdet av samme fettsyre var høyere i

gonadene fra oppfødte kråkeboller sammenlignet med ville. Dette tyder på at 20:2 n-6 har blitt omdannet fra LA.

Andelen EPA og DHA var lavere i gonadene fra oppfødte kråkeboller enn fra ville, dette var forventet ettersom andelen n-6PUFA var såpass mye høyere. Spesielt var innholdet av EPA lavere, mens innholdet av DHA varierte mindre mellom ville og fødte kråkeboller. For populasjonen fra Kårvik derimot, var innholdet av DHA også betraktelig lavere i oppfødte kråkeboller. Drøbakkråkeboller kan ikke syntetisere DHA selv (González-Durán et al., 2008), og det er sannsynlig at innholdet som ble funnet i denne oppgaven kom fra dietten. Dette indikerer at kråkebollene høstet fra Kårvik, der den ville populasjonen hadde et mye høyere DHA-innhold enn de andre populasjonene både sommer og vinter, hadde tilgang på en naturlig DHA-rik diett og at innholdet av DHA i fôret (1,4 % av totallipid eller 21 mg/100 g fôr) ikke var tilstrekkelig for å opprettholde det naturlige nivået.

Som en konsekvens av det forhøyede innholdet av n-6 og det lavere innholdet av n-3 i oppfødte kråkeboller var n-6/n-3 forholdet høyere. Mens ville kråkeboller hadde et n-6/n-3 forhold på 0,3 – 0,6 i gonadene, lå det på 0,7 – 1,4 hos oppfødte kråkeboller. Allikevel er dette er godt innenfor anbefalingen om et forhold mellom 5-4:1 og 1:1 (Liao et al., 2021), og fødte kråkeboller ser ut til å ha en gunstig fettsyresammensetning sammenlignet med en typisk vestlig diett.

Andelene av SFA, MUFA og PUFA varierte ikke utpreget mye mellom sesongene. I gjennomsnitt var andelen SFA og PUFA noe høyere på sommeren enn vinteren, mens andelen MUFA var litt høyere på vinteren enn sommeren. Liyana-Pathirana (2001) fant derimot at sesong påvirker fettsyresammensetningen i mye større grad. Hun fant en signifikant økning i PUFA på vinteren, mens andelene av SFA og MUFA var betraktelig lavere sammenlignet med sommersesongen. Andelen PUFA som ble identifisert i denne oppgaven (ca. 41 % begge sesonger) var også mye lavere enn funnene hennes (47,5 % på sommeren og 55,6 % på vinteren). Dette kan skyldes ufullstendig karakterisering av fettsyrene i denne oppgaven, hvor det i snitt var 5,3 % (PF1) og 5,2 % (PF2) uidentifiserte FA. Man kan derfor anta at en stor andel av de uidentifiserte FA i denne oppgaven er PUFA.

I kromatogrammene fra fettsyrebestemmelsene ble det også funnet topper som korresponderte med de typiske NMI dienene for kråkeboller (20:2 Δ 5,11, 20:2 Δ 5,13, 22:2 Δ 7,13 og 22:2 Δ 7,15), selv om laboratoriet ved NFH ikke hadde standarder for sikker identifisering av disse uvanlige fettsyrene. Disse ble funnet i alle gonadeprøvene, både sommer og vinter, foruten 22:2 Δ 7,13 som kun ble funnet i de ville kråkebollene fra lokalitet

Ytre Kårvik. Mest sannsynlig var denne fettsyren til stede i gonadene fra de andre kråkebollene også, men i for lav konsentrasjon, da deteksjonsgrensen som ble brukt var på 0,5 %. Andelen av de ulike NMI dienerne varierte ikke mellom sesongene. De oppfødte kråkebollene hadde et noe lavere innhold av NMI diener enn ville kråkeboller. Ingen NMI diener ble detektert i fôret, og den lave forskjellen i innhold mellom ville og fôrede kråkeboller i noen av populasjonene tyder på at dette er fettsyrer som kråkebollene syntetiserer selv. Dette kan skje via $\Delta 5$ -desaturase av 20:1 n-7 og 20:1 n-9 (Barnathan, 2009; González-Durán et al., 2008; Kabeya et al., 2017; Zhukova, 1991), men den spesifikke synteseveien for disse FA i kråkeboller er ennå ikke kartlagt.

5.1.4 Aminosyresammensetning

Økning i GI hos alle populasjoner tyder på at proteininnholdet i fôret var tilstrekkelig og av høy kvalitet. Kråkebollegonader ser ut til å være en god kilde til proteiner av høy kvalitet da alle gonadeprøvene inneholdt alle EAA over referanseverdiene satt av FAO/WHO/UNU (FAO/WHO/UNU, 2007). Innholdet av totale aminosyrer i gonader fra PF1 og PF2 varierte mellom sesong, og mellom ville og oppfødte kråkeboller. På vinteren (PF1) lå det totale innholdet på 69,1 – 82,9 mg/g i ville og 82,4 – 91,4 mg/g i fôrede kråkeboller. På sommeren var det totale innholdet høyere og lå på 87,9-105,1 mg/g i ville og 94,6-107,1 mg/g i fôrede kråkeboller. Innholdet av EAA var høyere i oppfødte enn ville kråkeboller i de fleste populasjonene og indikerer at oppfôring gir kråkebollegonader med høyere proteinkvalitet enn i ville kråkeboller.

Glutaminsyre var den dominerende AA i fôret (29,2 mg/g) og det totale innholdet av glutaminsyre i gonadeprøvene var høyere i oppfødte kråkeboller enn i ville. Forskjellen mellom fôrede og ville kråkeboller var størst i de populasjonene hvor innholdet av glutaminsyre var lavt hos ville kråkeboller. I fri form var glutaminsyreinnholdet mer likt mellom ville og oppfødte kråkeboller. Glutaminsyre er vist å bidra med umami-smak i kråkebollegonader (Komata, 1964). I tråd med tidligere studier (Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002a) ble det i denne oppgaven funnet at glysin var den dominerende aminosyren i kråkebollegonader, både i ville og oppfødte, og mesteparten var i fri form. Innholdet av glysin i fri form varierte fra 8,2 til 10,4 mg/g gonade, og var generelt noe lavere på sommeren (PF2) enn på vinteren (PF1). Som en viktig smaksgivende AA (søtsmak) (Komata, 1964) er det positivt at innholdet av glysin i denne oppgaven ikke var betydelig lavere hos oppfødte kråkeboller enn hos ville. Samtidig ble det funnet et økt innhold av valin og metionin i de

oppfôrede kråkebollene som gir bitter smak. Økt konsentrasjon av bitre substanser i kråkebollegonader kan maskere søt smak selv om konsentrasjonen av substansene som gir søt smak ikke er lavere (Dale et al., 2006). I denne oppgaven ble det funnet forskjeller i innhold av arginin i fri form mellom både sesongene, og mellom fôrede og ville kråkeboller. Innholdet i ville kråkeboller var høyest på vinteren (PF1) og høyere enn i fôrede kråkeboller fra PF1, mens i oppfôrede kråkeboller var innholdet høyest på sommeren (PF2) og høyere enn i ville kråkeboller fra PF2. Murata et al. (2019) mente det var grunnlag for å tro at arginin, som er en bitter AA (Kawai et al., 2012), også spiller en viktig rolle for smaken av kråkebollegonader. Av de AA som ble regnet for viktige for smak i kråkebollegonader av Komata (1964) var forholdet mellom søt/umami/bitter smak som følger: 0,75/0,08/0,17 i ville kråkeboller og 0,71/0,07/0,22 i oppfôrede kråkeboller. Alt tatt i betraktning vil gonadene fra oppfôrede kråkeboller i denne oppgaven kanskje ha en mer bitter og uønsket smak enn gonadene fra de ville kråkebollene. Optimalt sett kunne man ha satt disse resultatene opp mot sensoriske analyser av smak, og det anbefales at videre studier som ønsker å undersøke smak av oppfôrede kråkeboller kombinerer FAA- og sensorisk analyse.

5.2 Fôringsforsøk

5.2.1 Biokjemisk sammensetning

I foringsforsøkene hvor det ble brukt forskjellige fôr, var det tydelig at fôrsammensetningen påvirket askeinnhold i kråkebollegonadene. Gonadene fra kråkeboller fôret med fersk og frosset sukkertare hadde høyest innhold og lå nærmest innholdet i de ville kråkebollene, mens innholdet var lavere i kråkebollene som hadde fått eksperimentelle fôr. Dette stemmer overens med resultatene fra populasjonsforsøkene i denne oppgaven samt funnene til (Liyana-Pathirana, Shahidi & Whittick, 2002), og med at kråkebollers naturlige diett inneholder mye aske (Schiener et al., 2015).

Proteininnholdet i de oppfôrede kråkebollene fra FF1 lå mellom 6,2 og 7,8 g/100 g gonade, hvorav de som hadde fått frossen sukkertare hadde det laveste innholdet ved forsøkets slutt. Dette kan tyde på at proteininnholdet i *S. latissima* (0,6 % av våtvekt) var for lavt, og at de ville kråkebollene hadde tilgang på andre tarearter med et høyere proteininnhold. Kråkebollene som ble fôret med fersk sukkertare hadde et betydelig høyere proteininnhold. de Jong-Westman et al. (1995) undersøkte ikke proteininnhold i gonadene, men fant at en naturlig diett bestående av taren *N. luetkeana* ga høy vekst sammenlignet med

formulerte dietter med proteininnhold på 10 %, og foreslo at andre næringsstoffer i tare spiller en viktig rolle for den helhetlige diettkvaliteten.

Fôret med høyest proteininnhold (A: 19,1 g/100 g) ga kråkebollegonadene med det høyeste proteininnholdet (7,8 g/100 g) i FF1, men innholdet var ikke nevneverdig høyere enn i de ville kråkebollene som inneholdt 7,7 g proteiner/100g gonade. Dette tyder også på at andre næringsstoffer i den naturlige dietten til kråkeboller har en innvirkning på opptak av næringsstoffer og kvalitet. I tillegg kan, som tidligere nevnt, kvalitet og konsentrasjon av bindere i fôret ha spilt en rolle (Pearce et al., 2002; Takagi et al., 2022). I FF2 var spredningen i proteininnhold lavere, som sannsynligvis skyldes at fôrene var ganske like hverandre i sammensetning. Her var det en direkte sammenheng mellom proteininnhold i fôr og gonader, hvor gonadene med høyest proteininnhold kom fra kråkebollene som hadde fått fôret med høyest proteininnhold. Det ble ikke tatt ut noen prøver fra ville kråkeboller i dette forsøket, men sammenlignet med kråkebollene fra PF2 var proteinnivåene i FF2 lave, både i oppfôrede og ville kråkeboller.

Av de oppfôrede kråkebollene ble det høyeste lipidinnholdet ble funnet i F(ST) og F(FST) (5,6 og 5,4 g/100 g) fra FF1 som hadde blitt fôret med sukkertare, mens blant fôrene hadde FST det klart laveste lipidinnholdet (0,04 g/100 g våtvekt, 0,4 g/100 g tørrvekt) av alle fôrene både i FF1 og FF2. Dette understreker nok en gang at innhold av enkeltvise makronæringsstoffer i dietten i seg selv ikke vil bestemme sammensetningen i gonadene, men at det er kombinasjonen av ulike næringsstoffer som er avgjørende.

5.2.2 Fettsyresammensetning

Sammensetningen av SFA (23,5 % - 26,5 %), MUFA (27,9 - 29,6 %) og PUFA (41,1 – 43,4 %) i gonadeprøvene var ikke veldig ulike fra hverandre i disse forsøkene. I FF1 var andelen n-3 PUFA noe høyere i oppfôrede kråkeboller enn i ville, og alle gonadeprøvene inneholdt en høyere andel n-3 PUFA enn kråkebollene fra FF2. Fôr A fra FF1 hadde klart høyest innhold av n-3PUFA (31,6 %), EPA (15,5 %) og DHA (10,4 %), og lavest innhold av n-6 PUFA (10,2 %) av alle fôrene som ble benyttet i fôringsforsøkene. Til tross for dette var innholdet av n-3 PUFA i F(A), som hadde blitt fôret med fôr A, lavere enn i gonadene fra de andre oppfôrede kråkebollene i forsøket. Innholdet av DHA var høyere i kråkebollene som fikk kommersielt fôr enn de som fikk tare, og også høyere enn i de ville kråkebollene. Ettersom kråkeboller ikke kan syntetisere DHA selv (González-Durán et al., 2008) kommer dette direkte fra de eksperimentelle fôrene, som jo hadde et mye høyere innhold av DHA enn frosset sukkertare. Til tross for at Fôr A inneholdt betraktelig mye mer DHA enn Fôr B, var

både andelen og mengden av DHA i kråkebollegonadene som hadde fått de respektive fôrene så å si lik. Dette indikerer at kråkebollene kun vil ta opp en viss mengde DHA i gonadene. Å produsere fôr med like høye mengder DHA som i Fôr A vil i så fall medføre unødvendig høye kostnader, og fôr med innhold likt Fôr B (123 mg/100 g fôr, 4,6 %) vil være tilstrekkelig for oppfôring av kråkeboller. Innholdet av EPA varierte ikke like mye mellom de forskjellige gruppene til tross for at innholdet i fôret gjorde det, men det synes som om gonadene har en preferanse for EPA foran DHA.

Både andelen og mengden NMI diener var i denne oppgaven høyere i ville kråkeboller og kråkeboller gitt fersk eller frosset sukkertare enn hos de som fikk eksperimentelle fôr. González-Durán et al. (2008) foreslo at NMI diener syntetiseres i større grad av kråkeboller ved mangel på EFA. Dette kan stemme overens med at sukkertaren som ble analysert i denne oppgaven hadde en lav andel LA sammenlignet med de formulerte fôrene, og de lave mengdene lipider totalt gjorde at mengdene av LA og ALA var svært lave i sukkertare. Fettsyren som i denne oppgaven ble identifisert som 20:1 n-15 ble også identifisert i gonader fra drøbakkråkeboller av Liyana-Pathirana, Shahidi, et al. (2002b) og Kelly et al. (2008). Denne ble også observert i større andel hos ville kråkeboller og kråkeboller fôret opp på naturlig diett i denne oppgaven og González-Durán et al. (2008) mente at denne kan være en NMID. Dette vil dog kreve andre standarder eller mer spesifikke metoder slik som GC-MS for å få en sikrere identifisering av de sjeldne fettsyrene observert i gonadene.

5.2.3 Aminosyresammensetning

Etter oppfôring hadde alle kråkebollegonadene et høyere totalt innhold av EAA enn i gonadene fra de ville kråkebollene, og forholdet mellom EAA og NEAA var høyere. Dette viser at oppfôring av kråkeboller gir gonader med høyere proteinkvalitet enn det man finner i ville kråkeboller. Alle gonadeprøvene inneholdt også alle de EAA over referanseverdiene gitt av FAO/WHO/UNU (2007) (Tabell 1).

Glutaminsyre var den viktigste aminosyren i alle fôrene, og var også den dominerende AA i den frosne sukkertaren. Fôr A og Fôr B, som hadde høyest innhold av TAA totalt, hadde det høyeste innholdet av glutaminsyre med 39,7 og 41,2 mg/g. Frossen sukkertare inneholdt til sammenligning 8,7 mg glutaminsyre/g. Til tross for de store forskjellene i de ulike diettene var innholdet relativt likt i gonadeprøvene, og kråkebollene gitt naturlige fôr

(fersk eller frosset sukkertare) i FF1 hadde alle et høyere innhold enn F(A) og F(B) (8,9 – 9,5 mg/g versus 8,4 og 7,5 mg/g i F(A) og F(B)).

Aminosyresammensetningen i fôr har stor innvirkning på aminosyresammensetningen i gonader fra oppfôrede kråkeboller (Liyana-Pathirana, Shahidi, et al., 2002a), og påvirker smaken av gonadene (Woods et al., 2008). Av FAA var glysin en av de dominerende AA i gonadeprøvene. Glysin er som tidligere nevnt en viktig AA som bidrar med søt smak i kråkebollegonader (Komata, 1964), noe som er et viktig kvalitetsparameter. Kråkebollene som hadde høyest innhold av glysin i fri form var de ville (8,6 mg/g) og de som hadde blitt fôret med frossen (10,3 mg/g) og fersk sukkertare (9,1 mg/g). Samtidig var innholdet av valin og metionin, som gir bitter smak (Komata, 1964), høyere i kråkeboller fôret med eksperimentelle fôr. Forholdet mellom aminosyrer som gir søt/umami/bitter smak var: 0,70/0,10/0,18 i ville kråkeboller, 0,73/0,09/0,18 i kråkeboller gitt naturlige dietter og 0,59/0,06/0,35 i gonader fra kråkebollene som fikk eksperimentelle fôr. Dette indikerer at kråkebollene som fikk fôrmulerte fôr er dårligere på smak sammenlignet med de ville, og de som fikk frosset eller fersk sukkertare. Smaksgivende aminosyrer som ble vektlagt i denne oppgaven ble utvalgt basert på funnene til Komata (1964), og det er ikke blitt tatt hensyn til andre aminosyrer som potensielt også kan være viktige for smak i kråkebollegonader (f. eks. arginin (Murata et al., 2019) eller det jernholdige aminosyrederivatet pulcherrimine (Murata et al., 2002)). Det hadde vært gunstig å kunne sammenligne disse resultatene med sensoriske analyser av smak.

6 Konklusjon

Resultatene fra denne oppgaven viste at førsammensetning, sesong og habitat har effekt på biokjemisk sammensetning av gonader fra oppfødte kråkeboller. Både ville og oppfødte kråkeboller er gode kilder til essensielle aminosyrer og de gunstige lankjededede marine omega-3 fettsyrene EPA og DHA. I samsvar med tidligere funn ga oppføring av drøbakkråkeboller med formulerte fôr høy gonadevekst sammenlignet med vekst i ville kråkeboller, og er en effektiv metode for å øke GI. Oppføring utjevnet også sesongmessige variasjoner i GI. Fôr med proteininnhold på 19,1 % ga ikke nevneverdig høyere proteininnhold i gonader sammenlignet med kråkeboller som fikk fôr med proteininnhold på 9,3 – 13,8 % i disse forsøkene. Dette tyder på at andre faktorer enn kun innhold av makronæringsstoffer spiller en rolle for kvaliteten på fôret, og at man med riktig fôrformulering kan kutte kostnadene som medfølger et høyt proteininnhold. For senere studier anbefales det at fôringredienser, som for eksempel bindere, og deres effekt på gonadesammensetning og kvalitet undersøkes. Fettsyresammensetningen var ikke nevneverdig påvirket av sesong, mens oppføring ga en endret sammensetning. Innholdet av de gunstige n-3PUFA var generelt lavere i oppfødte kråkeboller, mens innholdet av n-6PUFA var høyere sammenlignet med ville kråkeboller. Fôr med høy andel n-3PUFA og lav andel n-6PUFA ga ikke store utslag på sammensetningen av gonadene sammenlignet med de andre fôrene, og dette indikerer at det er unødvendig å tilsette store mengder DHA i fôr. Men det er viktig å poengtere at fôrene brukt i denne oppgaven alle hadde lavt fettinnhold, men ingen hadde svært lav andel n-3PUFA ettersom laveste andel n-3PUFA var 9,1% og EPA+DHA var 4,3%. Også aminosyresammensetningen i fôret påvirket aminosyresammensetningen i gonadene, og ga et økt innhold av bitre aminosyrer som kan gi uønsket smak. For å kunne formulere et fôr som gir optimal gonadevekst og kvalitet anbefales det at fremtidige studier kombinerer sensorisk analyse med aminosyreanalyse for å undersøke disse sammenhengene nærmere. Det anbefales også at farge på gonadene undersøkes da dette er en viktig kvalitetsparameter.

Referanseliste

- Ackman, R. G. & Hooper, S. N. (1973). Non-methylene-interrupted fatty acids in lipids of shallow-water marine invertebrates: A comparison of two molluscs (*Littorina littorea* and *Lunatia triseriata*) with the sand shrimp (*Crangon septemspinosus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 46(1), 153-165. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0491\(73\)90057-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0491(73)90057-6)
- Agatsuma, Y., Sato, M. & Taniguchi, K. (2005). Factors causing brown-colored gonads of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in northern Honshu, Japan. *Aquaculture*, 249(1), 449-458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.054>
- Agnalt, A. L., Duinker, A., Grefsrud, E. S., Hansen, P. K., Harboe, T., James, P., Jansen, H., Magnesen, T., Mangor-Jensen, A., van der Meeren, T., Mortensen, S., Moy, F., Norderhaug, K. M., Opstad, I., Powell, M., Skiftesvik, A. B., Strand, H. K., Sveier, H., Sæle, Ø., Troedsson, C., Wijffels, R. & Åkerøy, H. (2018). *Framtidsrettet matproduksjon i kyst og fjord - En vurdering av muligheter for økt sjømatproduksjon i Norge* (Rapport fra havforskningen, nr. 23). Havforskningsinstituttet.
- Arterburn, L. M., Hall, E. B. & Oken, H. (2006). Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6 Suppl), 1467-1476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1467S>
- Association of Official Analysis Chemists International. (1975). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (12. utg.).
- Bang, H. O., Dyerberg, J. & Nielsen, A. B. (1971). Plasma Lipid and Lipoprotein Pattern in Greenlandic West-Coast Eskimos. *Lancet*, 297(7710), 1143-1146. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(71\)91658-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(71)91658-8)
- Barnathan, G. (2009). Non-methylene-interrupted fatty acids from marine invertebrates: Occurrence, characterization and biological properties. *Biochimie*, 91(6), 671-678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biochi.2009.03.020>
- Brady, S. & Scheibling, R. E. (2005). Repopulation of the shallow subtidal zone by green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) following mass mortality in Nova Scotia, Canada. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(6), 1511-1517. <https://doi.org/10.1017/S0025315405012713>
- Briscoe, C. S. & Sebens, K. P. (1988). Omnivory in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinodermata: Echinoidea): predation on subtidal mussels. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 115(1), 1-24. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(88\)90186-4](https://doi.org/10.1016/0022-0981(88)90186-4)
- Calder, P. C. (2006). n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1505-1519. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1505S>
- Castell, J. D., Kennedy, E. J., Robinson, S. M. C., Parsons, G. J., Blair, T. J. & Gonzalez-Duran, E. (2004). Effect of dietary lipids on fatty acid composition and metabolism in juvenile green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 242(1), 417-435. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.003>
- Christie, H., Jørgensen, N. M., Norderhaug, K. M. & Waage-Nielsen, E. (2003). Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria Hyperborea*) along the Norwegian Coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(4), 687-699. <https://doi.org/10.1017/S0025315403007653h>
- Christie, W. W. (2022a, 4. mai). *Fatty Acids: Polyunsaturated with Methylene-Interrupted Double Bonds*. LipidMaps®. Hentet 30. mai fra

- https://www.lipidmaps.org/resources/lipidweb/lipidweb_html/lipids/fa-eic/fa-poly/index.htm
- Christie, W. W. (2022b, 1. mars). *A Lipid Primer - the Diversity of Natural Lipids*. LipidMaps®. Hentet 30. mai fra https://www.lipidmaps.org/resources/lipidweb/lipidweb_html/lipids/basics/whatlip/index.htm
- Christie, W. W. & Han, X. (2010). The preparation of methyl and other esters of fatty acids. I *Lipid Analysis* (4. utg., s. 146-152). Oily Press.
- Conor, J. J. (1972). Gonad growth in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson) (echinodermata: Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 10(2), 89-103. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0981\(72\)90095-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0981(72)90095-0)
- Dale, T., Siikavuopio, S. I., Aksnes, A., Hope, B., Gebauer, R. & Carlehog, M. (2006). *Smak og tekstur på kråkebolleogonader. Forholdet mellom biokjemisk sammensetning og produktkvalitet* (4/2006). Nofima AS (tidligere Fiskeriforskning). <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2576899>
- Damodaran, S. (2017). Amino Acids, Peptides and Proteins. I S. Damodaran & K. Parkin (Red.), *Fennema's Food Chemistry* (5. utg., s. 235-356). CRC Press.
- de Jong-Westman, M., March, B. E. & Carefoot, T. H. (1995). The effect of different nutrient formulations in artificial diets on gonad growth in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology*, 73(8), 1495-1502. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/z95-177>
- Eddy, S. D., Brown, N. P., Kling, A. L., Watts, S. A. & Lawrence, A. (2012). Growth of Juvenile Green Sea Urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, Fed Formulated Feeds with Varying Protein Levels Compared with a Macroalgal Diet and a Commercial Abalone Feed. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(2), 159-173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00560.x>
- EFSA. (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, 14(12), n/a. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation & Group of Chief Scientific Advisors. (2017). *Food from the oceans : how can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits?* Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2777/66235>
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture - Trends and challenges*.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Roma. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FAO. (2021). *FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019*. Roma. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cb7874t>
- FAO/WHO/UNU. (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation* (9241209356). (WHO technical report series, nr. 935). World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43411>
- Filbee-Dexter, K. & Scheibling, R. E. (2012). Hurricane-mediated defoliation of kelp beds and pulsed delivery of kelp detritus to offshore sedimentary habitats. *Marine ecology. Progress series* (Halstenbek), 455, 51-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.3354/meps09667>
- Folch, J., Lees, M. & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The journal of biological chemistry*, 226(1), 497-509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)

- Fuke, S. & Konosu, S. (1991). Taste-active components in some foods: a review of Japanese research. *Physiology & Behaviour*, 49(5), 863-868. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(91\)90195-t](https://doi.org/10.1016/0031-9384(91)90195-t)
- Giese, A. C., Greenfield, L., Huang, H., Farmanfarmaian, A., Boolootian, R. & Lasker, R. (1959). Organic Productivity in the Reproductive Cycle of the Purple Sea Urchin. *The Biological bulletin (Lancaster)*, 116(1), 49-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1539155>
- González-Durán, E., Castell, J., Robinson, S. & Blair, T. (2008). Effects of dietary lipids on the fatty acid composition and lipid metabolism of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 276, 120-129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.01.010>
- Gundersen, H., Christie, H. & Rinde, E. (2010). *Perspektivstudie av kråkeboller - fra problem til ressurs. - Analyse av ressursgrunnlaget for høsting av kråkeboller og vurdering av økologiske perspektiver knyttet til høstingen* (NIVA-rapport, nr. 6001). Norsk institutt for vannforskning. <http://hdl.handle.net/11250/215047>
- Hågvær, E. B. (2010). *Det zoologiske mangfoldet : dyregruppens systematikk, bygning og levevis* (3. utg.). Universitetsforlaget.
- Havforskningsinstituttet. (2016). *Havforskningsrapporten 2016* (Fisken og havet, nr. 1-2016). Havforskningsinstituttet. <http://hdl.handle.net/11250/2408626>
- Havforskningsinstituttet. (2019). *Tema: Kråkebolle*. Hentet 11. mai 2022 fra <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/krakebolle>
- Heflin, L. E., Gibbs, V. K., Powell, M. L., Makowsky, R., Lawrence, J. M., Lawrence, A. L. & Watts, S. A. (2012). Effect of dietary protein and carbohydrate levels on weight gain and gonad production in the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Aquaculture*, 358-359, 253-261. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.009>
- Helsedirektoratet. (2016). *Fisk til middag to til tre ganger i uken*. Helsedirektoratet. Hentet 30. mai fra <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/kostradene-og-naeringsstoffer/kostrad-for-befolkningen/fisk-til-middag-to-til-tre-ganger-i-uken#apiUrl>
- Helsedirektoratet. (2021). *Kostråd om fisk og annen sjømat*. Helsedirektoratet. Hentet 30. mai fra <https://www.helsenorge.no/kosthold-og-ernaring/kostrad/spis-fisk-oftere/>
- Himmelman, J. H. (1986). Population biology of green sea urchins on rocky barrens. *Marine Ecology - Progress Series*, 33(1986), 295-306. <https://doi.org/https://doi.org/10.3354/meps033295>
- James, P., Evensen, T. & Samuelsen, A. (2017). *Commercial scale sea urchin roe enhancement in Norway: Enhancement, transport and market assessment* (Nofima rapportserie, nr. 7/2017). Nofima AS. <http://hdl.handle.net/11250/2436979>
- James, P., Siikavuopio, S. I. & Johansson, G. S. (2018). *A Guide to the Sea Urchin Reproductive Cycle and Staging Sea Urchin Gonad Samples* (2. utg.). Nofima AS.
- James, P., Siikavuopio, S. I. & Mortensen, A. (2015). *Sea Urchin Aquaculture in Norway*. I *Echinoderm Aquaculture* (s. 147-173). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119005810.ch7>
- Jensen, I.-J., Walquist, M., Liaset, B., Elvevoll, E. O. & Eilertsen, K.-E. (2016). Dietary intake of cod and scallop reduces atherosclerotic burden in female apolipoprotein E-deficient mice fed a Western-type high fat diet for 13 weeks. *Nutrition & Metabolism*, 13(7), 8. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0068-z>
- Jensen, M. (1974). The Strongylocentrotidae (Echinoidea), a morphologic and systematic study. *Sarsia*, 57(1), 113-148. <https://doi.org/10.1080/00364827.1974.10411273>

- Joseph, J. D. (1982). Lipid composition of marine and estuarine invertebrates. Part II: Mollusca. *Progress in Lipid Research*, 21(2), 109-153. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0163-7827\(82\)90002-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0163-7827(82)90002-9)
- Kabeya, N., Sanz-Jorquera, A., Carboni, S., Davie, A., Oboh, A. & Monroig, O. (2017). Biosynthesis of Polyunsaturated Fatty Acids in Sea Urchins: Molecular and Functional Characterisation of Three Fatty Acyl Desaturases from *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816). *PloS one*, 12(1), e0169374-e0169374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169374>
- Kawai, M., Sekine-Hayakawa, Y., Okiyama, A. & Ninomiya, Y. (2012). Gustatory sensation of l- and d-amino acids in humans. *Amino Acids*, 43(6), 2349-2358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00726-012-1315-x>
- Kelly, J. R., Scheibling, R. E., Iverson, S. J. & Gagnon, P. (2008). Fatty acid profiles in the gonads of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* on natural algal diets. *Marine ecology. Progress series (Halstenbek)*, 373, 1-9. <https://doi.org/10.3354/meps07746>
- Komata, Y. (1964). Studies on the extractives of "uni" - IV. Taste of each component in the extractives. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 30(9), 749-756. <https://doi.org/10.2331/suisan.30.749>
- Larson, B. R., Vadas, R. L. & Keser, M. (1980). Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Maine, USA. *Marine Biology*, 59(1), 49-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00396982>
- Lee, Y. Z. & Haard, N. F. (1982). Evaluation of the Green Sea Urchin Gonads as a Food Source. *Canadian Institute of Food Science and Technology journal*, 15(3), 233-235. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(82\)72544-1](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(82)72544-1)
- Liao, J., Xiong, Q., Yin, Y., Ling, Z. & Chen, S. (2021). The Effects of Fish Oil on Cardiovascular Diseases: Systematical Evaluation and Recent Advance. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.802306>
- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Vadiveloo, M., Hu, F. B., Kris-Etherton, P. M., Rebholz, C. M., Sacks, F. M., Thorndike, A. N., Van Horn, L. & Wylie-Rosett, J. (2021). 2021 Dietary Guidance to Improve Cardiovascular Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 144(23), 472-487. <https://doi.org/https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001031>
- Liyana-Pathirana, C. (2001). *Quality characteristics of green sea urchin (Strongylocentrotus droebachiensis) gonads as affected by the season and dietary factors* [Masteroppgave, Memorial University of Newfoundland]. Newfoundland og Labrador, Canada. <http://research.library.mun.ca/id/eprint/1638>
- Liyana-Pathirana, C., Shahidi, F. & Whittick, A. (2002). The effect of an artificial diet on the biochemical composition of the gonads of the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Food Chemistry*, 79(4), 461-472. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00218-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00218-2)
- Liyana-Pathirana, C., Shahidi, F., Whittick, A. & Hooper, R. (2002a). Effect of season and artificial diet on amino acids and nucleic acids in gonads of green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(2), 389-398. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(02\)00178-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00178-2)
- Liyana-Pathirana, C., Shahidi, F., Whittick, A. & Hooper, R. (2002b). Lipids and lipid soluble components of gonads of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Journal of food lipids*, 9(2), 105-126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2002.tb00213.x>

- Lourenço, S., Valente, L. M. P. & Andrade, C. (2019). Meta-analysis on nutrition studies modulating sea urchin roe growth, colour and taste. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 766-781. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12256>
- Macleán, W. C., Harnly, J. M., Chen, J., Chevassus-Agnes, S., Gilani, G., Livesey, G., Mathioudakis, B., Munoz De Chavez, M., Devasconcellos, M. T. & Warwick, P. (2003). *Food energy - methods of analysis and conversion factors* (Food and Agriculture Organization of the United Nations Technical Workshop Report, nr. 77). FAO. <https://www.fao.org/3/y5022e/y5022e00.htm>
- Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O. & Jensen, I.-J. (2018). Protein Determination-Method Matters. *Foods*, 7(1), 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods7010005>
- Mierke-Klemeyer, S., Larsen, R., Oehlenschläger, J., Mæhre, H., Elvevoll, E. O., Bandarra, N. M., Parreira, R., Andrade, A. M., Nunes, M. L., Schram, E. & Lutén, J. (2008). Retention of health-related beneficial components during household preparation of selenium-enriched African catfish (*Clarias gariepinus*) fillets. *European Food Research and Technology*, 227(3), 827-833. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0793-7>
- Moore, S. & Stein, W. H. (1963). [117] Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment. *Methods in Enzymology*, 6, 819-831. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0076-6879\(63\)06257-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0076-6879(63)06257-1)
- Murata, Y., Yokoyama, M., Unuma, T., Sata, N. U., Kuwahara, R. & Kaneniwa, M. (2002). Seasonal changes of bitterness and pulcherrimine content in gonads of green sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* at Iwaki in Fukushima prefecture [Japan]. *Fisheries science*, 68(1), 184-189. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00406.x>
- Murata, Y., Yoshimura, H. & Unuma, T. (2019). Compositions of extractive components in the testes and ovaries of various sea urchins: comparisons among species, sexes, and maturational status. *Fisheries science*, 86(1), 203-213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12562-019-01388-y>
- Norderhaug, K. & Christie, H. (2007). *Reetablering av tareskog i områder av Midt-Norge som tidligere har vært beitet av kråkeboller* (NIVA-rapport, nr. 5516-2007). Norsk institutt for vannforskning. <http://hdl.handle.net/11250/213880>
- Norderhaug, K. & Christie, H. (2008). *Reetablering av tareskog på Helgelandskysten - Kvantitative målinger av tare og kråkeboller* (NIVA-rapport, nr. 5661-2008). Norsk institutt for vannforskning. <http://hdl.handle.net/11250/214205>
- Norderhaug, K. M. & Christie, H. C. (2009). Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. *Marine Biology Research*, 5(6), 515-528. <https://doi.org/10.1080/17451000902932985>
- Norderhaug, K. M., Nedreaas, K., Huserbraten, M. & Moland, E. (2020). Depletion of coastal predatory fish sub-stocks coincided with the largest sea urchin grazing event observed in the NE Atlantic. *Ambio*, 50(1), 163-173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13280-020-01362-4>
- Nunes, M. L., Bandarra, N. M. & Batista, I. (2010). Health Benefits Associated with Seafood Consumption. I *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications* (s. 367-379). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781444325546.ch29>
- Olsen, R. L. (Red.). (2017). *Lipidkjemi med vekt på fisk* (4. utg.). UiT Norges Arktiske Universitet.
- Ouchene, H., Chahouri, A., Hafidi, N., Elouizgani, H. & Hermas, J. (2021). Seasonal Changes in Gonad Index, Biochemical Composition and Heavy Metal Determination of Sea Urchin *Paracentrotus lividus* Gonads from the South Coast of Morocco. *Ocean Science Journal*, 56(4), 344-354. <https://doi.org/10.1007/s12601-021-00038-8>

- Pearce, C. M., Daggett, T. L. & Robinson, S. M. C. (2002). Effect of protein source ratio and protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 214(1), 307-332. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00041-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00041-8)
- Pearce, C. M., Daggett, T. L. & Robinson, S. M. C. (2004). Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture*, 233(1), 337-367. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.027>
- Pozharitskaya, O. N., Shikov, A. N., Laakso, I., Seppänen-Laakso, T., Makarenko, I. E., Faustova, N. M., Makarova, M. N. & Makarov, V. G. (2015). Bioactivity and chemical characterization of gonads of green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* from Barents Sea. *Journal of functional foods*, 17, 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.030>
- Rocha, F., Rocha, A. C., Baião, L. F., Gadelha, J., Camacho, C., Carvalho, M. L., Arenas, F., Oliveira, A., Maia, M. R. G., Cabrita, A. R., Pintado, M., Nunes, M. L., Almeida, C. M. R. & Valente, L. M. P. (2019). Seasonal effect in nutritional quality and safety of the wild sea urchin *Paracentrotus lividus* harvested in the European Atlantic shores. *Food Chemistry*, 282, 84-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.097>
- Rosell, K.-G. & Srivastava, L. M. (1985). Sasonal Variations in Total Nitrogen, Carbon and Amino Acids in *Macrocystis integrifolia* and *Nereocystis luetkeana* (Phaeophyta). *Journal of Phycology*, 21(2), 304-309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1985.00304.x>
- Scheibling, R. E. & Hatcher, B. G. (2007). Chapter 18 Ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis*. I *Developments in aquaculture and fisheries science* (Bd. 37, s. 353-392). [https://doi.org/10.1016/S0167-9309\(07\)80082-2](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(07)80082-2)
- Scheibling, R. E. & Hatcher, B. G. (2013). Chapter 26 - *Strongylocentrotus droebachiensis*. I *Developments in aquaculture and fisheries science* (Bd. 38, s. 381-412). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00026-5>
- Scheibling, R. E. & Raymond, B. G. (1990). Community dynamics on a subtidal cobble bed following mass mortalities of sea urchins. *Marine Ecology Progress Series*, 63(2/3), 127-145. <https://doi.org/https://doi.org/10.3354/meps063127>
- Schiener, P., Black, K. D., Stanley, M. S. & Green, D. H. (2015). The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*, 27(1), 363-373. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0327-1>
- Siikavuopio, S. I. & Christiansen, J. S. (2002). *Effekt av temperatur og kroppsstørrelse på fôrinntak og gonadevekst hos villfanget Drøbak-kråkebolle* (Nofima rapportserie, nr. 1/2002). Nofima AS (tidligere Fiskeriforskning). <http://hdl.handle.net/11250/2574822>
- Siikavuopio, S. I., Dale, T. & Carlehog, M. (2007). Sensory quality of gonads from the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, fed different diets. *Journal of Shellfish Research*, 26(2), 637-643. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2007\)26\[637:Sqogft\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2007)26[637:Sqogft]2.0.Co;2)
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
- Simopoulos, A. P. (2006). Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 60(9), 502-507. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopha.2006.07.080>

- Sissener, N. H. (2018). Are we what we eat? Changes to the feed fatty acid composition of farmed salmon and its effects through the food chain. *Journal of Experimental Biology*, 221(Suppl 1), jeb161521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1242/jeb.161521>
- Stefansson, G., Kristinsson, H., Ziemer, N., Hannon, C. & James, P. (2017). *Markets for Sea Urchins: A Review of Global Supply and Markets* (Internal Matis report: Skýrsla Matís, nr. 10-17). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12657.99683>
- Sun, J. & Chiang, F. S. (2015). Use and Exploitation of Sea Urchins. I N. P. Brown & S. D. Eddy (Red.), *Echinoderm Aquaculture* (s. 25-53). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119005810>
- Takagi, S., Takahashi, K., Kaneta, T., Sugawara, A., Narita, M., Kato, S., Akino, M., Takeda, H., Hasegawa, N., Machiguchi, Y. & Unuma, T. (2022). Modest Dietary Protein Requirement for Sea Urchin Gonad Production Demonstrated by Feeding Trials with Consideration of Protein Leaching. *Aquaculture Nutrition*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3140222>
- Vadas, R. L. (1977). Preferential Feeding: An Optimization Strategy in Sea Urchins. *Ecological monographs*, 47(4), 337-371. <https://doi.org/10.2307/1942173>
- Walker, C. W., Böttger, S. A., Unuma, T., Watts, S. A., Harris, L. G., Lawrence, A. L. & Eddy, S. D. (2015). Enhancing the commercial quality of edible sea urchin gonads-technologies emphasizing nutritive phagocytes. I N. P. Brown & S. D. Eddy (Red.), *Echinoderm aquaculture* (s. 263-286). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119005810.ch12>
- Walker, M. M. (1982). Reproductive periodicity in *Evechinus chloroticus* in the Hauraki Gulf. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 16(1), 19-25. <https://doi.org/10.1080/00288330.1982.9515944>
- Walquist, M. J., Stormo, S. K., Jensen, I.-J., Østerud, B. & Eilertsen, K.-E. (2017). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities in Extracts from Minke Whale (*Balaenoptera acutorostrata*) Blubber. *Mediators of Inflammation*, 2017, 9. <https://doi.org/10.1155/2017/3835851>
- Woods, C. M. C., James, P. J., Moss, G. A., Wright, J. & Siikavuopio, S. (2008). A comparison of the effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the sea urchin *Evechinus chloroticus* Valenciennes. *Aquaculture International*, 16(1), 49-68. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9124-z>
- Zhukova, N. V. (1991). The pathway of the biosynthesis of non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in molluscs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 100(4), 801-804. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0491\(91\)90293-M](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0491(91)90293-M)

