

Råstoffkilder for anvendelse som attraktanter i fabrikkert agn

Svein Løkkeborg¹, André Sture Bøgevik², Odd-Børre Humborstad¹, Anne Christine Utne Palm¹
¹Havforskningsinstituttet, ²Nofima



Råstoffkilder for anvendelse som attraktanter i fabrikkert agn

Svein Løkkeborg¹, André Sture Bøgevik², Odd-Børre Humborstad¹,
Anne Christine Utne Palm¹

¹Havforskningsinstituttet

²Nofima

Innholdsfortegnelse

Innledning.....	5
Kravspesifikasjoner.....	5
Råstoffkilder.....	7
Råstoffenes kjemiske egenskaper.....	8
Nedstrømsprosessering for økt innhold av attraktanter.....	9
Utnyttelse av råstoffkilder i fabrikkert agn.....	10
Konklusjon.....	11
Referanser.....	11

Innledning

Målsettingen med BIA-prosjektet ”Utvikling av et miljøvennlig alternativt agn for kommersielt linefiske” er å utvikle et effektivt og artsselektivt lineagn som er basert på råstoff som ikke anvendes til konsum. Motivasjonen for denne målsettingen er behovet for å sikre bedre lønnsomhet i linefisket og samtidig gjøre dette fiskeriet mer miljøvennlig. De marine råstoffene som i dag brukes til agn (sild, makrell, akkar) er også etterspurt på konsummarkedet. Den stadig økende etterspørselen etter sjømat på verdensmarkedet er prisdrivende og har skapt et behov for alternative agntyper basert på råstoff som ikke anvendes til konsum.

Denne rapporten gir en oversikt over potensielle råstoff som kan anvendes som lukt- og smaksstoffer (attraktanter) i et fabrikkert lineagn. Prosjektets målsetting om at agnet ikke skal være basert på konsumressurser betinger at attraktantene i agnet må fremstilles av syntetiske forbindelser eller restråstoff fra fiskeindustrien og/eller landbruket. Et artsselektivt agn innebærer at det utvikles flere varianter av agnet som er effektive for fiske etter de artene som lineflåten høster av (torsk, hyse, lange, brosme, blåkveite, steinbit).

Agnforbruket til den norske lineflåten er i overkant av 10 000 tonn per år (Løkkeborg, 2013). Dette setter krav til at aktuelle råstoffkilder for et fabrikkert agn må ha et volum som kan dekke det årlige behovet i de ulike linefiskeriene. Et annet viktig krav til råstoffkildene er pris. Restråstoff fra fiskeri og landbruk er også etterspurt for andre formål, først og fremst til fremstilling av henholdsvis fiskemel og -olje/ensilasje og kjøtt/beinmel som anvendes i fôr, og dette vil påvirke både tilgjengelighet og pris.

I denne rapporten blir potensielle råstoffkilder vurdert ut fra kriterier som kvantum, tilgjengelighet, pris, kjemisk sammensetning og stabilitet. Vi har valgt å dele råstoffkildene inn i tre grupper:

- Marine arter som ikke anvendes til konsum
- Restråstoff fra fiske- og oppdrettsindustrien
- Syntetiske forbindelser.

Rapporten gir også en oversikt over den kjemiske sammensetningen til de tradisjonelle agntypene basert på analyser utført ved Nofima.

Kravspesifikasjoner

Med et årlig agnforbruk på over 10 000 tonn i de norske linefiskeriene må potensielle råstoffkilder være tilgjengelig i et betydelig kvantum. Det brukes i dag ulike agntyper i de ulike linefiskeriene og målsettingen om at agnet skal være artsselektivt tilsier at det må utvikles agntyper som er basert på råstoffkilder med ulik sammensetning av lukt- og smaksstoffer. Det totale kvantum råstoff som kreves for å oppfylle det årlige behovet for agn vil derfor være fordelt på flere typer ressurser. I tillegg til behovet for et gitt kvantum må råstoffressursene være lett tilgjengelige med stabil og forutsigbar leveranse. Bestandene som våre marine ressurser er høstet fra viser store svingninger i total biomasse og dette gjenspeiles

i kvotene og det kvantumet som til en hver tid blir landet. Videre bør det av miljøhensyn i størst mulig grad satses på lokale råstoff. Store deler av dagens agnforbruk utgjøres av ressurser som har sin opprinnelse i fjerntliggende farvann (akkar og saury (makrellgjedde)).

Råstoffprisen er et annet viktig kriterium, men det er vanskelig å sette et absolutt maksimum for denne kostnaden ved framstillingen av et fabrikkert agn. Prisen for et slikt agn vil i tillegg til råstoffprisen være avhengig av utviklings- og produksjonskostnadene. De tradisjonelle agntypene har i de seinere årene variert i pris fra 8 til 12 kr/kg for sild og makrell og fra 14 til 20 kr/kg for akkar og saury (Løkkeborg, 2013). Siden et fabrikkert agn vil ha høye utviklings- og produksjonskostnader må kiloprisen for aktuelle råstofftyper ligge langt under prisene for de tradisjonelle agntypene. I prosjektet "Restrukturert agn og ny produksjonsteknologi for agn til autolineflåten" (FHF-900864) ble det utført en konseptanalyse for tre ulike produksjonsløsninger for restrukturert agn basert på restråstoff. Prisen for denne agntypen ble beregnet til ca. 7 kr/kg basert på en råstoffpris på 1 kr/kg. Basert på dette anslaget og at produksjonskostnadene vil avhenge av teknologien som anvendes bør man ta utgangspunkt i at de totale utgiftene til råstoffet som kreves for å produsere 1 kg agn må ligge på under 5 kr. Det må også tas i betraktning at fiskerne vil være villige til å betale en høyere pris for et fabrikkert agn dersom det fisker bedre enn de tradisjonelle agntypene.

Et effektivt agn må inneholde de lukt- og smaksstoffene som stimulerer matsøk hos de aktuelle artene. En helt sentral egenskap ved et råstoff som skal anvendes i et fabrikkert agn er derfor at det inneholder disse stoffene. Felles for de tradisjonelle agntypene som har vært brukt i linefiske er at de har et høyt fettinnhold (> 10 % for makrell og sild, > 25 % for saury; se analysene beskrevet nedenfor), mens sei som har lav fettprosent er et dårlig agn for andre arter enn i fisket etter steinbit. Årsaken til at disse agntypene fisker godt kan være at de autolyserer raskt og frigir lukt-/smaksstoffer eller at frie fettsyrer stimulerer føreinntak, men det er ikke fastslått hvilke egenskaper som gjør at disse råstoffene er effektive som agn. Akkar som er det foretrukne agnet i fiske etter torsk i Barentshavet har imidlertid et moderat fettinnhold (5 %). Studier som er gjort for å identifisere de stoffene som stimulerer beiteatferd hos fisk viser at frie aminosyrer utgjør den viktigste gruppen attraktanter. Lukt- og smaksstoffer som frigis fra et agn vil i stor grad være vannløselige komponenter og/eller hydrolyseprodukter.

Analyser av naturlig agn som ble utført ved Nofima i 2015, viser at vannløselige komponenter inneholder hovedsakelig hydrolysert protein med ulike peptidstørrelser og deriblant en stor andel frie aminosyrer (Tabell 1). Disse analysene viste at et parti av akkar hadde 4-ganger så mye vannløselige komponenter som sild, og nesten dobbelt så mye som makrell. Det bør også kommenteres at dette partiet av akkar hadde moderat ferskhetsgrad (total flyktig nitrogen på 31 mg per 100 g prøve) sammenlignet med prøvene av sild og makrell, og det kan derfor ha skjedd en større grad av hydrolyse av råproteinene i akkar. I tillegg vil ferskhetsgrad og innholdet av vannløselige komponenter avhenge av mengde åte i mage og tarm.

Et fabrikkert agn har en matriks (bærer) som gir agnet riktig konsistens og fysisk styrke. Egenskapene til en matriks vil bli påvirket av den kjemiske sammensetningen til det råstoffet som anvendes og det er viktig at denne er stabil slik at ikke egenskapene til agnet med hensyn til konsistens og styrke endres. Potensielle råstoffkilder er bør derfor ha en stabil kjemisk sammensetning og kvalitet over tid.

Norge et regelverk knyttet til håndtering av animalske biprodukter. De norske forskriftene som regulerer håndteringen av biprodukter som ikke går til konsum er harmonisert innen EØS-området. Agn for fangst av matproduserende dyr er regulert gjennom biproduktregelverket og skal være av kategori 3. Det som i utgangspunktet er mat, men som er fjernet fra hovedproduktet er kategori 3. Det vil si at biprodukter fra råstoff som går til konsum kan brukes i fabrikkert agn. Hovedformålet med biproduktregelverket er å sikre at materiale med risiko for smitte ikke kommer inn i matkjeden. Dette betyr at for eksempel fisk fra oppdrett som har dødd av sykdom eller lignende ikke kan anvendes i agn.

Råstoffkilder

De fleste marine artene som det høstes av både i Norge og globalt går til konsum. Av den totale globale produksjonen fra fiskerier og oppdrett i 2008 (142,3 millioner tonn), gikk 81 % til konsum og 14 % til fiskemel og fiskeolje (Sørensen m. fl., 2011). I Norge har vi et industritrålfiske etter tobis, øyepål og kolmule, og et trål- og notfiske etter lodde. Disse ressursene går i hovedsak til fremstilling av mel og olje, og utgjør således de eneste fiskebestandene som det fiskes direkte på og som i liten grad omsettes på konsummarkedet. Makrell og sild, som er tradisjonelle agntyper, går i hovedsak til konsummarkedet, mens avskjær fra filetering og en liten andel av landingene blir levert til mel- og oljeproduksjon.

De fire siste årene har fangstene av tobis, øyepål, kolmule og lodde hatt et volum som vil dekke behovet for råstoff til anvendelse i et fabrikkert agn (Tabell 2). Prisene på disse råstoffkildene er også gunstige med tanke på anvendelse til agn. Prisene vil imidlertid svinge i forhold til størrelsen på kvotene og landet kvantum. De årlige totalfangstene av kolmule viser store svingninger og dette har gjort seg utslag i høye priser i enkelte perioder. Videre må en også undersøke hvilken betydning en konkurranse om ressursen med fiskemelsindustrien vil si for tilgjengelighet og pris. Den kjemiske sammensetningen til disse artene må kartlegges gjennom analyser av innholdet av de viktigste attraktantene. Analyser som er gjort av fiskemel basert på disse artene viser høyt innhold av proteiner og en gunstig aminosyreprofil (Sørensen m. fl., 2011). Det er imidlertid en stor forskjell mellom de nevnte artene ved at øyepål og kolmule tilhører torskefamilien og inneholder et lavere innhold av fett enn tobis og lodde. Forskjeller i de kjemiske egenskapene mellom disse artene må videre undersøkes for å kartlegge hvilke arter som kan være mest gunstige å tilsette i et artsselektivt fabrikkert agn.

Dyreplankton utgjør marine ressurser fra lavere trofiske nivåer med svært høy biomasse. Det er beregnet at høsting av 1 % av den årlige produksjonen av raudåte (*Calanus finmarchicus*) vil gi 2,0-3,5 millioner tonn med marine oljer og proteiner (Torrissen m. fl., 2011). Det

foregår i dag et begrenset fiskeri etter denne ressursen som i hovedsak går til produkter som anvendes til humankonsum og kjæledyrfôr (www.calanus.no). Videreutvikling av fangstteknologi og logistikk er nødvendig for å gi et fangstvolum og pris som gjør ressursen tilgjengelig for nye markeder. Krill er en annen stor ressur, og det foregår i dag et fiskeri på denne dyreplanktonarten i Antarktisk. Kvoten for 2011/2012 var på 5,61 millioner tonn, men det ble bare landet 200 000 tonn. Den årlige biomasseproduksjonen av krill er beregnet til over 100 millioner tonn (Olsen, 2011). Mel produsert fra krill har tilnærmet samme aminosyreprofil som fiskemel (Sørensen m. fl., 2011). Fôringforsøk med laks og regnbueørret viste at mel og hydrolysat fra krill hadde stimulerende effekt på fiskens matinntak (Shimizu m. fl., 1990; Oikawa og March, 1997; Rungruangsak-Torrissen, 2007; Hansen m. fl., 2010; 2011). Den stimulerende effekten av krill ble tilskrevet innholdet av glysin, arginin, prolin og nukleotider.

Norsk produksjon av laks er nå på over 1,2 million tonn per år. Dette gir store kvanta restråstoff i form av blod, hode, ryggbein, skinn og innvoller. Både kvantum- og prismessig er dette et potensielt råstoff for produksjon av agn. Filletproduksjonen fra makrell og sild gir også store kvanta restråstoff. Et annet interessant restråstoff er fra reke. Bare i Troms fylke utgjorde denne ressursen 16 000 tonn i 2010/2011 (Larsen og Pleym, 2012). I Norge utgjorde den totale mengden biprodukter fra fiskeriene og oppdrettsnæringa 914 000 tonn i 2010 (Sørensen m. fl., 2011). Av dette ble 716 000 tonn (78 %) utnyttet til ulike formål, først og fremst fiskemel og ensilasje. Biprodukter fra foredlingsindustrien sammen med bifangsten (arter som ikke omsettes) i de ulike fiskeriene utgjør således store lokale ressurser. I tillegg kommer biprodukter fra produksjonen av landbruksdyr. Blod og blodmel har høyt innhold av proteiner og kan derfor vise seg å ha gode egenskaper som attraktanter. Det er imidlertid restriksjoner mot bruk av blodprodukter fra drøvtyggere som tilsetning i fôr.

Mikroorganismer (bakterier, gjær, alger) kan produseres under kontrollerte betingelser. Den kjemiske sammensetningen til mikroorganismene vil avhenge av type organisme og vekstbetingelsene. Gjærekstrakt har vært testet i atferdsforsøk med ulike torskefisker og viste lovende egenskaper som attraktant. De har et naturlig høyt innhold av lavmolekylære forbindelser som kortkjedede peptider, nukleotider og komponenter med prebiotiske egenskaper som β -glukan, i tillegg til at gjær kan ha et høyt innhold av fett, som i sum kan virke positivt på appetitten til fisk (Li og Gatlin, 2006; Refstie m. fl., 2010).

Råstoffenes kjemiske egenskaper

Råstoffets kjemisk sammensetning og innholdet av attraktanter som vannløselig protein og frie aminosyrer vil variere gjennom året (temperatur og åteinhold) og ut fra hvordan råstoffet behandles etter fangst. I ferskt råstoff fra fiskemelartene (tobis, øyepål, kolmule og lodde) vil 1-5 % av proteinet foreligge som frie aminosyrer (Aksnes, 1997). Ved lagring vil proteinhydrolysen skje mikrobielt i åtefritt råstoff, mens en får en større andel av enzymatisk nedbryting av protein fra råstoff med et høyt åteinhold. I tillegg er hydrolysen hurtigere i et åteholdig råstoff, der så mye som 30 % av totalproteinene kan foreligge som frie aminosyrer

(Aksnes, 1997). Ved autolyse frigjøres aminosyrene arginin, serin, histidin, leucin, lysin og tyrosin lettest, etterfulgt av glycin, asparagin/asparaginsyre og glutamin/glutaminsyre. Lagring av råstoff vil sjelden redusere det totale innholdet av spesifikke aminosyrer, med unntak av arginin og serin som kan brytes ned enzymatisk. Mikrobiell aktivitet resulterer i rask nedbrytning av tyrosin, lysin, serin, asparagin og histidin med samtidig økning i innholdet av biogene aminer (tyramin, kadaverin, putresin og histamin). Det er de frie aminosyrene som reduseres ved omdanning til biogene aminer. Samtidig blir det en akkumulering av de aminosyrer som ikke blir bakterielt nedbrutt (hydrofobe og nøytrale aminosyrer). Dette ses i hovedsak på nivået av det frie innholdet av disse aminosyrene. Råstoff bør derfor holdes kjølig og stabiliseres/prosesseres så raskt som mulig for å bevare kvaliteten.

De nevnte hydrolytiske egenskapene til fiskemelartene kan også overføres til andre arter, men vil også være avhengig av vanninnhold og vannaktivitet i de ulike råstoffene. Raudåte og krill med et høyt vanninnhold, vil gå inn i autolyse etter kort tid. Dette vil også gjelde for restråstoff fra fiskeriene der innholdet av innvoller er høyt. Restråstoff av skalldyr (reke, blåskjell og krabbe) og avskjær med høyt innhold av fiskebein vil ha en mindre andel protein og vil i større grad brytes ned mikrobielt. Disse produktene vil også ha en større andel aske, og egenskapen som attraktant må videre undersøkes.

Nedstrømsprosessering for økt innhold av attraktanter

Ferskt råstoff inneholder en mindre andel vannløselige komponenter som regnes som smaks- og luktstoffer. Mikrobiell nedbryting og autolytiske enzymer vil som nevnt øke andelen vannløselige komponenter, men vil også forringe produktkvaliteten. Kjemisk konservering med maursyre til ensilasje eller hydrolyse med enzymer til hydrolysat vil kunne gi en mer kontrollert spalting av aminosyrer fra proteinet og danne et produkt med høy andel av frie aminosyrer. Kvaliteten på det ferdige produktet vil i stor grad være avhengig av kvalitet av råstoffet før prosessen settes i gang og gjennomføringen av videre prosessering. Produktet kan videre separeres for å fjerne fett og suspendert tørrstoff og membranfiltreres for å konsentrere lavmolekylære forbindelser før stabilisering i form av et konsentrat og/eller tørrpulver. Disse prosessene vil øke kostnadene til fremstilling av attraktanten, men også øke konsentrasjonen av de ønskede vannløselige komponentene med behov for betydelig lavere tilsetning i det fabrikkerte agnet for å oppnå tilfredsstillende kjemisk sammensetning.

Av kommersielt tilgjengelige nedstrømsprosesserte produkter finnes det i dag ensilasje, hydrolysat og konsentrat som kan være aktuelle som råstoff i fabrikkert agn. I 2013 gikk 40 % av utnyttet restråstoff fra oppdrettsnæringen og fiskeriene (240.000 tonn) til anvendelse i ensilasje (Olafsen m. fl., 2013). Ensilasjeprodukter selges som kategori 2 produkter fra for eksempel innsamlet selvdød fisk, og kategori 3 produkter fra foredlingsindustrien. Fiskeproteinhydrolysat (13.000 tonn) og -konsentrat (68.500 tonn) fra ensilasjeproduksjonen har en høy andel vannløselige protein (80 %), og kan være et gunstig råstoff som kan tilsettes et fabrikkert agn. Det finnes også et stort volum av ferskt råstoff fra havbruksnæringen

(116.000 tonn, 19 % av utnyttet restråstoff i 2013; Olafsen m. fl., 2013) som brukes til produksjon av olje- og proteinprodukter for humankonsum og til dyrefôr. Hydrolysat av laks kan også være et aktuelt råstoff som kan inkluderes i fabrikkert agn, med høy andel av lavmolekylære komponenter (60 % under 1000D; Salmigo®SD, Biomega). Tilgjengelige hydrolysat fra andre fiskerier kan også benyttes, som for eksempel av krill og reker. Krillmel med et tørrstoffinnhold på 94 % er analysert til å inneholde 14 % vannløselige protein, mens krillhydrolysat med et tørrstoffinnhold på 56 % har protein som er nesten totalt hydrolysert. Det kan også utvikles prosesser for hydrolyse av andre restråstoff som ikke benyttes i så stor grad i dag (hvitfisk og skalldyr).

Utnyttelse av råstoffkilder i fabrikkert agn

Akkar, makrell, sild og saury som benyttes til agn i dag, har en sammensetning av kjemiske komponenter som effektivt tiltrekker og fanger torskefisker. En tilsvarende sammensetning av de aktive komponentene bør også et artsspesifikt fabrikkert agn inneholde. Kjemisk sammensetning av ferskt råstoff, årstid, lagring, prosessering, innblandet mengde og innhold av andre ingrediensen i det fabrikkerte agnet vil bestemme den endelige kjemiske sammensetningen. Studier har vist at aminosyrene glycin og alanin stimulerer matsøk hos torsk (Ellingsen og Døving, 1986), mens Kasumyan og Døving (2003) fant at ulike kombinasjoner av aminosyrene alanin, cystein, serin, glutamin og glycin hadde ulik effekt på søk etter fôr hos ulike marine fiskearter. I tillegg er det vist at en kombinasjon av aminosyrene glycin, alanin, prolin og arginin var mer effektiv for å tiltrekke torsk enn rekeekstrakt (Ellingsen og Døving, 1986).

De tradisjonelle agnartene har tilsvarende samme innhold av proteiner, men artsspesifikke egenskaper, ferskhet, åteinhold og hydrolysegrad har stor betydning for innholdet av frie aminosyrer. Analyser som er gjort til nå har vist at akkar har 3-ganger så mye frie aminosyrer som makrell, og 7-ganger så mye som sild (Tabell 1). Mens frie aminosyrer i sild, saury og makrell er dominert av taurin og histidin, er akkar dominert av en rekke frie aminosyrer deriblant taurin, prolin, glutamin, alanin og leucin som utgjør over 50 % av disse. I arter anvendt til fiskemel i Norge utgjør glycin, alanin og arginin 5,5-7,5 % hver av analysert nitrogen, mens innholdet av prolin er noe lavere (2,9 – 4,5 %) (Aksnes, 1997). I fiskeproteinkonsentrat fra ensilert fisk er det funnet noe høyere innhold av glycin og prolin, og tilsvarende nivå av alanin og arginin (Pro-33, Hordafor AS). I fiskefôr tilsettes ingredienser av akkar og skalldyr som reke og krill for å øke fôropptaket (Lie m. fl., 1989; Shimixu m. fl., 1990; Kousoulaki m. fl., 2013, 2015). Av syntetiske forbindelser brukes betain og taurin, i tillegg til tilskudd av frie aminosyrer, men disse tilsettes først og fremst for å balansere den totale aminosyresammensetningen i fôret (Sørensen m. fl., 2010).

Avhengig av teknikk og matriks som anvendes for å fremstille det fabrikkerte agnet kan ulik innblanding og konsistens brukes av de nevnte råstoffkildene. Innblanding av hydrolysat med lavt tørrstoffinnhold kan påvirke den tekniske egenskapen til agnet, og kan kun tilsettes i mindre mengder. Konsentrat og tørket produkt av hydrolysat kan være gunstig både for

sammensetning og teknisk kvalitet da en har sett at disse bidrar til binding i en fôrpellet. Ut fra en total råvarepris på 5 kr/kg må en ta stilling til valg og kombinasjon av ingredienser for å oppnå ønsket kjemisk sammensetning for et artsspesifikt agn, samtidig med at disse valgene ikke må påvirke den tekniske kvaliteten negativt.

Konklusjon

Et miljøvennlig artsspesifikt lineagn for kommersielt fiske av torsk må ha en ønsket teknisk kvalitet, konsistens og kjemisk sammensetning som effektivt tiltrekker og fanger fisk. Egenskapen til agnets matriks og råstoff, samt pris på råstoff er begrensende for hvor mye råstoff som kan tilsettes for å oppnå ønsket kvalitet. Pelagisk fisk som ikke går til konsum og restråstoff av konsumfisk er råstofftyper med stort potensial som bør vurderes fordi disse kan ha tilnærmet samme egenskaper som de tradisjonelle agnartene makrell og sild. Forsøk har vist at krill, reker og gjærekstrakt har stimulerende effekt på matsøk og appetitt, og kjemiske analyser viser at disse råstoffene har høyt innhold av viktige lukt- og smaksstoffer. I et fabrikkert agn er det fullt mulig å formulere sammensetningen av ulike råstoff til ønsket kjemisk sammensetning. Tilgjengelige restråstoff fra foredlingsindustri av laks og hvitfisk, samt andre utnyttete ressurser og prosesserte råvarer, kan da tenkes brukt sammen med andre råstoff få å oppnå ønsket kjemiske sammensetning.

Referanser

- Aksnes, A (1997) Aminosyrer i råstoff og mel. Totalinnhold og fordøyelighet. *SSF-rapport H-118*. 17 pp.
- Ellingsen, O.F. og Døving, K.B. (1986) Chemical fractionation of shrimp extracts inducing bottom food search behavior in cod (*Gadus morhua* L). *Journal of Chemical Ecology*, **12**, 155-168.
- Hansen, J.Ø., Penn, M., Øverland, M., Shearer, K.D., Krogdahl, Å., Mydland, L.T. og Solbakken, T. (2010). High inclusion of partially deshelled krill meals in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, **310**, 164-172.
- Hansen, J.Ø., Shearer, K.D., Øverland, M., Penn, M., Krogdahl, Å., Mydland, L.T. og Solbakken, T. (2011). Replacement of LT fish meal with a mixture of partially deshelled krill meal and pea protein concentrates in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, **315**, 275-282.
- Kasumyan, A.O. og Døving, K.B. (2003) Taste preferences in fishes. *Fish and Fisheries*, **4**, 289-347.
- Kousoulaki, K., Bøgevik, A.S., Skiftesvik, A.B., Jensen, P.A. og Opstad, I. (2015) Marine raw material choice, quality and weaning performance of Ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae. *Aquaculture Nutrition*, **21**, 644-654.
- Kousoulaki, K., Rønnestad, I., Olsen, H.J., Rathore, R., Campbell, P., Nordrum, S., Berge, R.K., Mjøs, S.A., Kalanathan, T. og Albrektsen, S. (2013) Krill hydrolysate free amino acids responsible for feed intake stimulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition*, **19**, 47-61.
- Larsen, T.A. og Pleym, I.E. (2012) Kartlegging av marint restråstoff i Troms. *Rapport 22/2012*, Nofima, 11s.
- Li, P. og Gatlin Iii, D.M. (2006) Nucleotide nutrition in fish: Current knowledge and future applications. *Aquaculture*, **251**, 141-152.
- Lie, Ø., Lied, E. og Lambertsen, G. (1989) Feed attractants for cod (*Gadus morhua*). *Fish. Dir. Skr., Ser. Ernæring*, vol. 11. No 7, 227-233.
- Løkkeborg, S. (2013) Agnforbruket I det norske linefisket: En analyse av årsakene til variasjonen i anvendelsen av de ulike agntypene. *Rapport fra Havforskningen, Nr. 24-2013*, 12 s.
- Shimizu, C., Ibrahim, A., Tokoro, T. og Shirakawa, Y. (1990) Feeding stimulation in sea bream, pagrus-major, fed diets supplemented with antarctic krill meals. *Aquaculture*, **89**, 43-53.

- Oikawa, C.K. og March, B.E. (1997) A method for assessment of the efficacy of feed attractants for fish. *Progressive Fish-Culturist*, **59**, 213-217.
- Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G. og Kosmo, J.P. (2013) Analyse marint restråstoff, 2013. ISBN 978-82-14-05721-8. 24pp.
- Olsen, Y. (2011) Resources for fish feed in future mariculture. *Aquaculture Environment Interactions*, **1**, 187-200.
- Refstie, S., Baeverfjord, G., Seim, R.R. og Elvebø, O. (2010) Effects of dietary yeast cell wall β -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal. *Aquaculture*, **305**, 109-116.
- Rungruangsak-Torrissen, K. (2007) Digestive efficiency, growth and quality of muscle and oocyte in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed on diets with krill meal as an alternative protein source. *Journal of Food Biochemistry*, **31**, 509-540.
- Shimizu, C., Ibrahim, A., Tokoro, T. og Shirakawa, Y. (1990) Feeding stimulation in sea bream, *Pagrus major*, fed diets supplemented with krill meals. *Aquaculture*, **89**, 43-53.
- Sørensen, M., Berge, G.M., Thomassen, M., Ruyter, R., Hatlen, B., Ytrestøyl, T., Aas, T.S. og Åsgård, T. (2011) Today's and tomorrow's feed ingredients in Norwegian aquaculture. *Report 52/2011*, Nofima, 75 pp.
- Torrissen, O., Olsen, R.E., Toresen, R., Hemre, G.I., Tacon, A.G.J., Asche, F., Hardy, R.W. og Lall, S. (2011) Atlantic salmon (*Salmo salar*): The "super-chicken" of the sea? *Reviews in Fisheries Science*, **19**, 257-278.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av tradisjonelle agnarter. Analysene er basert på hele individer, dvs. med hode og innvoller.

Analyse	Enhet	Sild	Makrell	Akkar	Saury	Sei
Total flyktig nitrogen ¹	mg N/100g	13.0	14.0	31.0	12.0	24.0
Vann ²	% av prøve	66.7	67.8	74.7	46.9	74.5
Råprotein ³	% av prøve	16.9	16.8	18.6	16.9	17.1
Aske ⁴	% av prøve	1.5	1.7	1.7	2.0	2.7
Total fett ⁵	% av prøve	15.9	14.0	5.4	26.6	8.7
Vannløselig tørrstoff ⁶	% av prøve	2.9	7.4	13.1	5.2	6.4
Vannløselig råprotein ⁶	% av prøve	2.9	6.7	10.1	3.7	5.0
Total FAA ⁷	% av prøve	0.5	1.2	3.5	1.6	0.7

1. Diffusjon av de flyktige nitrogenforbindelsene over i en borsyreløsning ved titrering (BioLab A47).
2. Vann/tørrstoff 103 °C over natten (BioLab A04).
3. Råprotein beregnet ut fra 6,25 x nitrogen analysert ved Kjeldahl (BioLab A01).
4. Forbrenning 550 °C over natten (BioLab A02).
5. Ekstraksjon kloroform:metanol + syrehydrolyse ved Folch et al (1957; BioLab A39).
6. Løst tørrstoff/protein i kokende vann (BioLab A34/A20).
7. Total Frie Aminosyrer (FAA) ved UV-derivatisering og HPLC.

Tabell 2. Utvalgte potensielle kilder til råstoff for anvendelse i fabrikkert agn. Volum og pris er gitt for perioden 2012-2015 i Norge. Krill er fangster av antarktisk krill.

Råstoffkilde	Volum (tonn)	Pris (kr/kg)	Type
Lodde	76000-270 000	1,70 - 2,38	Ikke konsumart
Øyepål	3000-47 000	1,70 - 2,20	Ikke konsumart
Kolmule	20000-399 000	1,45 - 2,34	Ikke konsumart
Tobis	30 000-108 000	1,70 - 2,14	Ikke konsumart
Raudåte	520 ¹	variabel ⁴	Ikke konsumart
Krill	93 000 - 179000	0,43 - 0,51	Ikke konsumart
Lakseblod ²	2 % av vekt	0,50 - 1,50	Restråstoff
Lakseavskjær ²	30 % av vekt	0,50 - 1,50	Restråstoff
Pelagisk fisk	1.2 - 1.3 mil	3,81 - 4,64	Restråstoff
Skalldyr	119-213 000	6,47 - 4,40	Restråstoff
Svin- og storfeblod ³	10000	variabel ⁴	Restråstoff

1. Norsk forskningsfangst, Calanus AS, pris avhengig av kvalitet og volum.
2. Opplysninger fra lakseslakterier.
3. Innsamlingsordning der slakteri leverer til Norsk Protein for videreforedling til kjøttbeinmel og animalsk fett.
4. Pristilbud utarbeides på konkrete forespørsler og kan variere mye med kvalitet og volum.