

Fôr og ernæring

Grethe Rosenlund og Kjartan Sandnes

Veksten i norsk oppdrettsnæring har vært nært knyttet til utvikling av effektive tørrfôr. Vi forventer at denne utviklingen vil fortsette også når det gjelder akvakulturnæringen på verdensbasis. Tørrfôr med en sammensetning som gir en optimal dekning av fiskens behov for næringsstoffer, er en forutsetning for intensivt og effektivt fiskeoppdrett. Fôr til akvakultur utgjør mindre enn 5 % av verdens totale produksjon av dyrefôr.

Den dominerende rollen marine råvarer spiller i akvafôr og i fôr til laksefisk i særdeleshet, gjør denne næringen svært følsom for svingninger i tilgang, kvalitet og pris på denne type råvarer. Videre vekst i akvakulturnæringen, både nasjonalt og internasjonalt, vil kreve et større utvalg av råvarer til bruk i fiskefôr, kunnskap om deres ernæringsmessige verdi for fisk samt økt kunnskap om fiskens behov for ulike næringsstoffer uttrykt som inntak heller enn som andel av fôret.

Kontroll av fôrinntak er viktig både fra et økonomisk og miljømessig synspunkt. Dette sikrer bedre fôrutnyttelse, da både over- og underfôring kan unngås. Slik oppnås best mulig vekst og minimalisering av utslipp til miljøet. Videre må vi forvente at dagens økte fokus på matvaresikkerhet også vil knyttes til førsikkerhet i alle former for animalsk produksjon inklusive fisk. Full sporbarhet gjennom hele produksjonskjeden forventes å bli et absolutt krav.

Markedstrender indikerer et framtidig forbruksmønster med et mer differensiert utbud av produkter enn i dag, og spesielt ser det ut til at økologiske produkter blir mer og mer etterspurt. Hittil er det landbruket som har vært i front på dette området, men økologisk akvakultur kommer nå etter. En EU-forordning (Nr. 1804/1999) legger opp til å få utarbeidet regler for økologisk akvakulturproduksjon så snart som mulig. Grunnprinsippene som gjelder for økologisk produksjon generelt kan tilpasses akvakultur, men spesifikke regler må likevel utarbeides. Stikkord her er en mest mulig bærekraftig produksjon med hensyn til fôrressurser, fravær av syntetisk framstilte tilsetninger, miljø, helse og etikk.

Ressursgrunnlag

Den globale produksjonen av fisk og krepsdyr i 1995 var på vel 14 millioner tonn (Tacon 1998), og dette tilsvarte et forbruk på mer enn 8.5 millioner tørrt fôr (tabell 1). Den totale produksjonen av fisk og krepsdyr som krever tilførsel av fôr, er forventet å stige til 25 millioner tonn i 2000 og videre til 60 millioner tonn i 2010. Dette tilsvarer fôrbehov på henholdsvis 15.6 og 48.5 millioner tonn (tabell 1).

Fiskemel og olje

Verdens produksjon av fiskemel og olje er regulert av fiskekvoter, og har siden 1986 variert mellom 6 og 7 millioner tonn fiskemel og 1 til 1.7 millioner tonn fiskeolje. Dette tilsvarer omtrent en tredjedel av verdens fiskefangst på ca 110 millioner tonn. En kan ikke regne med at det totale fangstvolumet vil øke. Derimot vil antakelig en større del av fangsten gå direkte til humant konsum for å dekke behovet for fisk i takt

med økningen i verdens befolkning. Tilgangen på fiskemel og olje som råvarer til fôr vil derfor gå ned.

Tabell 1 Mengde tørt fôr, fiskemel og fiskeolje brukt til oppdrett av fisk og krepsdyr i 1995, og tilsvarende estimat for 2000 og 2010. Alle tall i millioner tonn.

Amount of dried food, fish meal and fish oil used for farming of fish and crustaceans in 1995 and corresponding estimates for 2000 and 2001. All numbers in million tonnes.

Tabellen er ikke tilgjengelig.

Dagens volum av fiskemel og olje kan imidlertid nærmest fordobles dersom man tar bedre vare på bifangst og biprodukter fra fiskeforedlingsindustrien. Til tross for dette er det en økende bekymring i enkelte befolkningsgrupper om riktigheten av å bruke høyverdig animalske råvarer til annen dyreproduksjon istedenfor til menneskeføde, og videre om det totale volumet fisk som høstes faktisk representerer et bærekraftig uttak på lengre sikt.

Tabell 1 viser at behovet for fiskemel og olje til produksjon av fôr til akvakulturindustrien i 2010 vil tilsvare ca 25 % og 100 % av verdens totale produksjon av henholdsvis fiskemel og olje. Fjorårets værphenomen El Niño, viste tydelig at tilgangen på disse råvarene, og da særlig fiskeolje, kan bli begrenset lenge før det. I første omgang fører det til økte råvarepriser, siste El Niño doblet prisen på fiskeolje i løpet av et år, men knapphet kan føre til at kvaliteter som ellers ikke ville blitt brukt i fiskefôr blir benyttet. Konsekvensen av dette kan bli økt pigmentkostnad fordi astaxanthin forbrukes som antioksydant, men nedsatt fôropptak og derved vekst samt at negativ effekt på slaktet produkt ikke kan utelukkes.

Alternative proteinkilder

Verdensproduksjonen av ulike typer proteinråvarer var i 1996/97 på 69.5 millioner tonn proteinekvaliteter. Som det framgår av figur 1 utgjorde fiskemel kun 6.2% av den totale produksjonen. For å redusere avhengigheten av denne spesifikke råvaren, har det i en årrekke foregått forskning med henblikk på å øke antallet råvarer som er aktuelle i fiskefôr.

Fiskemel brukes som referanse for ernæringsverdi på andre proteinkilder. Imidlertid vil proteinverdien av denne råvaren påvirkes av variasjoner i innholdet av essensielle aminosyrer, av råvarekvalitet og av produksjonsbetingelser. Vegetabiliske proteinkilder har generelt et mye lavere proteininnhold enn fiskemel og må vanligvis tilsettes en eller flere essensielle aminosyrer. Disse proteinkildene er også rike på fytinsyre som binder seg til både divalente og trivalente joner i tarmen. Ved høy innblanding av i fôret kan dette ha en negativ effekt på opptak av essensielle mineraler (for eksempel sink). Fytinssyre kan imidlertid fjernes effektivt ved hjelp av enzymer.

Tilgangen på soya er ca 10 ganger høyere enn fiskemel på verdensbasis. Ulike soyaprodukter er aktuelle som proteinkilde i fiskefôr. Fullfet soya (40 % protein) eller fetttekstrahert soya (48 % protein) er i hovedsak kun varmebehandlet for å fjerne antinæringstoffer. Det er vist at denne type produkter kan inngå som hovedproteinkilde i fôr til omnivore arter (karpe).

I karnivore arter som for eksempel laks og ørret bør nivået ligge på maksimum 20-30 % av fôret. Videre behandling av soyamelet til soya-isolat og soya-konsentrat der blant annet karbohydratet fjernes, resulterer i høyverdige proteinkilder også for karnivore fiskeslag. Ved adekvat supplering av aminosyrene lysin og metionin, kan disse inngå som hovedproteinkilde i fôr til laksefisk.

Av andre vegetabiliske proteinkilder er raps og gluten mest aktuelle. Skikkelig fraksjonering og behandling av rapsmel gir en høyverdig proteinkilde som kan erstatte fiskemel i fôr til laksefisk. Gluten, som er et biprodukt fra produksjon av stivelse fra mais og hvete, har høyt proteininnhold og lavt nivå av antinæringsstoffer. Gluten har vist høy proteinverdi også i fisk ved å supplere lysin.

Animalske biprodukter som beinmel, blodmel, fjørmel, er høyverdige proteinkilder som i større kvantiteter enn fiskemel. Selv om disse råvarene ernæringsmessig er godt egnet som proteinkilder i fiskefôr, er bruken i Norge og en rekke andre lakseproduserende land, begrenset som følge av kugalskapskandalen i Storbritannia for noen år siden. Biprodukter fra lakseslakterier i Norge utgjør nå mer enn 100.000 tonn, og øker prosentvis mer enn lakseproduksjonen på grunn av økende bearbeidingsgrad. Dette råstoffet er en potensiell råvare i akvafôr ut fra en ren ernæringsmessig betraktning, men hygieniske, etiske og markedsmessige krav gjør det neppe aktuelt å anvende dette råstoffet i fôr til samme art. Hvorvidt råstoffet kan brukes til andre arter, eventuelt i andre geografiske områder, gjenstår å se. EU arbeider med lovverk omkring behandling og anvendelse av biprodukter, og hvilke regler som vedtas vil også ha betydning for Norge.

Encelle-protein representerer primærleddet i næringskjeden. Bortsett fra begrensede mengder gjær (biprodukt fra bryggeriene) og alger (*Spirulina*), har det inntil nylig ikke eksistert metoder for lønnsom kommersiell produksjon av encelle-protein. En mer effektiv prosess for produksjon av bakterier basert på metan som substrat er nå utviklet. Produktet som inneholder 70 % protein, har vist god biologisk verdi i laks ved nivåer på inntil 50 % i fôret. Bruk av bioteknologiske teknikker åpner videre for utvikling av proteinkilder som er bedre tilpasset bruk i fiskefôr.

Alternative fettkilder

Verdensproduksjon av vegetabiliske oljer og fett var i 1998 på 100.6 millioner tonn, eller omlag hundre ganger høyere enn produksjonen av fiskeolje. Produksjonen er økende og den har siden 1990 steget fra 76 millioner tonn. Plantefett er kvantumsmessig en ubegrenset fettkilde for fiskefôr. Som det framgår av figur 2, representerer soya også den største vegetabiliske fettkilden, tett fulgt av palmeolje. Sammenliknet med proteinkilder, er det et større mangfold av tilgjengelige fettkilder. Dette gjenspeiles i en stor prosentandel ikke navngitte råvarer (<1 %) i figur 2. Plantefett inneholder typisk 18 karbon fettsyrer, og disse er ofte rike på umettede fettsyrer (enumettede eller flerumettede av n-3 eller n-6 familien). Imidlertid er de lange n-3 fettsyrene som kjennetegner marine fett, fraværende. Fisk kan nytte alle typer fettsyrer som energikilde, men fisk har ikke metabolske systemer for å danne umettede fettsyrer av n-3 og n-6 familiene. Disse må derfor tilføres gjennom fôret. Behovet for disse essensielle fettsyrene er imidlertid svært lavt, bestemt til ca. 1 % av fôret i ørret. Eksakt behov for essensielle fettsyrer for laks er ikke kjent, men antas å være i samme størrelsesorden. Til sammenlikning inneholder dagens fôr til laks mellom 30 og 40 %.

Laks og ørret har evne til å omdanne C18-fettsyrer til lengre og mer umettede fettsyrer. Betydelige mengder av fiskeoljen i fiskefôr kan erstattes med planteolje uten at vekst og fôrutnyttelse påvirkes negativt. Det er imidlertid satt fokus på forholdet mellom n-3 og n-6 fettsyrer i fôret og mulige effekter av dette på fiskens helse og kvaliteten på sluttproduktet.

Animalske biprodukter, som for eksempel svinefett og oksetalg, er også tilgjengelige fettkilder for fiskefôr. Dyrefett er imidlertid mindre aktuelle i fôr til kaldtvannsarter på

grunn av deres høye innhold av mettede fettsyrer som har lav fordøyelighet. I enkelte land eller regioner kan fjørfeolje være en relevant fettkilde til fisk, fordi den inneholder mindre mettet fett enn andre animalske biprodukt. I Norge er det i dag en selvpålagt restriksjon om ikke å benytte husdyrproduktet i fiskefôr. Fermentering og bruk av bioteknologiske metoder representerer store potensialer for framstilling av spesialoljer med høyt innhold av fettsyrer karakteristisk for marine oljer. Foreløpig er slik produksjon knyttet til nisjeprodukter for marin yngelproduksjon, men åpner perspektiver for skreddersyng av oljer til akvakultur.

Andre råvarer

Karbohydratkilder

Fisk har ikke et spesifikt behov for karbohydrat, men det er vist at 8-10 % fordøyelig karbohydrat i fôret (v/v) gir best fôrutnyttelse og vekst. Årsaken ligger i effekter på fettmetabolismen og proteinsparing. Karbohydrat utgjør for øvrig en viktig strukturgiver i tørrfôr. Hvete er den dominerende råvaren og forbruket til akvakultur er minimalt i forhold til tilgangen på slike råvarer.

Pigmentkilder til laksefisk

Syntetiske pigmenter, lik dem vi finner i naturen, er vanligst som pigmentkilde i fôr til laksefisk. Det er vist at røde og gul/orange fargestoffer fra alger, tomat, paprika og andre planter absorberes fra tarmen i laksefisk. Imidlertid er det i dag kun asta- og canthaxanthin som er relevante kilder for laksefisk. Derfor er FoU-innsatsen hovedsakelig rettet mot å finne løsninger som effektiviserer utnyttelsen av disse kostbare stoffene. Vi regner likevel med at utvikling innen bioteknologi, planteforedling og kjemisk prosessering av naturlige pigmentkilder, vil utvide spekteret av produkter i årene framover.

Fôr og kvalitet

Fôret er bare en av en rekke faktorer som påvirker kvaliteten av oppdrettsfisk. I tillegg vil genetisk bakgrunn (arv), fôringsrutiner, slakterrutiner samt prosessering under videreforedling ha betydning for kvaliteten på det endelige oppdrettsproduktet som tilbys forbrukeren.

Det er tidligere vist at en rekke kvalitetskriterier for laksefisk kan påvirkes gjennom fôr og fôring. Fettinnhold og fettfordeling, fettsyremønster og innhold av fettløselige komponenter (eksempelvis vitamin E) er naturlig de faktorene som lettest lar seg påvirke. Dette, sammenholdt med effekter av fiskestørrelse, vanntemperatur/årstid og driftsrutiner, gir muligheter for å skreddersy laksefisk i forhold til spesifikke markedskrav.

Et av de viktigste kvalitetskriterier for laks og ørret er farge. Enkelte markeder stiller faktisk krav til fargeinnhold og fargeintensitet som går utover artens fysiologiske grenser. Innfarging er kostbart, og en rekke studier er i gang for å avklare forhold omkring dette, både grunnleggende studier og direkte anvendbare problemstillinger. Et viktig poeng når vi diskuterer fôr og kvalitet er hvordan alternative fôrmidler påvirker kvalitetsparametre som i stor grad er innarbeidet med marine råvarer i fôret. Det er ikke påvist forandringer i kvalitet på fisk (farge, fettfordeling, smak, lukt) ved 20-30 % innblanding av soya. Ved høyere innblanding har smakspanel vurdert fisk

fôret med soya som annerledes enn fisk gitt kun fiskemel. Bruk av alternative oljekilder påvirker fettsyreprofilen i sluttproduktet, men ut over der er effektene på fiskekvalitet marginale. I tilfeller der smakspanel har bedømt fisk fôret med alternative fettkilder er de vurdert både bedre og dårligere enn fisk gitt kun marine oljer.

Ernæring og helse

Ernæringsstudier har oftest som mål å bestemme behovet for et næringsstoff og omsetningen i organismen, og gjennomføres som regel under optimale og konstante miljøbetingelser. I slike studier blir vekst og dødelighet bestemt. Dette viser at allerede i utgangspunktet omfatter forskerens hypotese ernæring og helse.

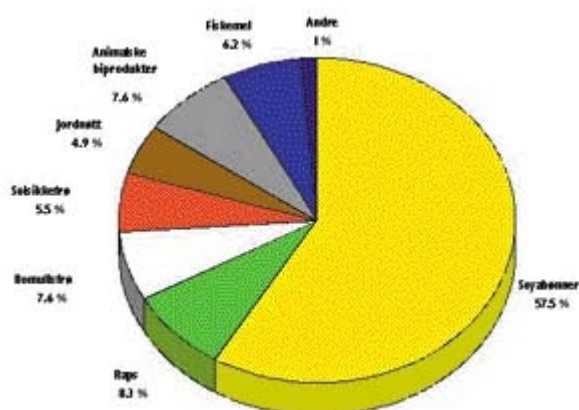
I praktisk oppdrett vil fisken bli utsatt for stresspåvirkninger av ulike slag, herunder sykdomsfremkallende agens.

Et forholdsvis nytt fagområde har vokst fram de senere år med den engelske betegnelsen «nutritional immunology», dvs. studier av interaksjoner mellom ernæring og immunologi. Også for fisk er dette feltet nå etablert, og en rekke næringsstoffer er vist å ha betydning.

Formulering, prosess og fôrvarekvalitet

Fôrblandinger som er feil sammensatt i forhold til fiskens metabolske behov vil påføre stress som i neste omgang er negativt for helsetilstanden. Slike indirekte effekter på helse vil kunne forårsakes av en rekke andre faktorer også, som for eksempel dårlig røkting, vannkvalitet og fôringsrutiner.

Direkte negative effekter på helse kan videre forårsakes av enkeltkomponenter i fôret, enten med årsak i for dårlige prosessbetingelser under framstilling av fôret eller dårlig kvalitet av råvarer. Eksempler på prosessbetingelser som kan gi negative virkninger er for høy prosesseringstemperatur (kan gi redusert proteinkvalitet og ødelegge vitaminer). For høyt vanninnhold i fôr under lagring kan gi betingelser for vekst av mikroorganismer som kan være skadelige, slik som soppen *Aspergillus flavus* som danner giftige toksiner.



Figur 1 Verdens produksjon av proteinråvarer i 1996/97 angitt i prosent av en total produksjon på 69.5 millioner tonn protein. Fra/from Tacon 1998.

Worlds total production of protein products 1996/97 given in percentage of a total production of 69.5 million tonnes of protein.

Ingen prosess kan «reparere» ødelagte råvarer, men det fins en rekke eksempler på prosessbetingelser som øker næringsverdien av en fôrråvare. Det klassiske eksemplet her er varmebehandling av soya for å ødelegge stoffer (antinæringstoffer) som hemmer proteinfordøyelsen. På dette området vil vi nok se en betydelig utvikling i de kommende år ettersom flere «vanskelige» råvarer må modifiseres for å kunne introduseres som en del av råstoffgrunnlaget til akvafôr. Problemkomplekset er særlig knyttet til antinæringstoffer i vegetabilier.

Det er således vist at ekstrahert soya gir patologiske forandringer i tarmepitelet hos laks. Dette gir seg blant annet utslag i at tarmen blir »lekk» for større molekyler som kan svekke funksjonen som smittebarriere.

Spesifikke næringstoffer

De mest aktuelle mikronæringstoffene er vitamin C (askorbinsyre), vitamin E, vitamin A, karotenoider og enkelte mineraler og sporelementer. Enkeltvis, eller i samspill (synergi), har disse komponentene vist seg å påvirke sykdomsresistens hos fisk. Det er rapportert skader i hjertemuskelen etter inntak av fôr med solsikkeolje, og denne effekten er tilskrevet høyt inntak av n-6 fettsyrer og/eller et ugunstig forhold mellom n-3 og n-6 fettsyrer. Tilsvarende er ikke funnet i laks fôret i 3 måneder der 100 % av tilsatt olje var soyaolje.

Ellers har en rekke studier vist at oksidert fett kan redusere sykdomsresistens hos fisk. Marine oljer er spesielt utsatt for oksidasjon, men med dagens kunnskap er dette ikke et stort problem for næringen.

Katarakt har tidvis forårsaket betydelige problemer i lakseoppdrett. En rekke ernæringsfaktorer har vært satt i sammenheng med denne lidelsen, men studier hittil har ikke avdekket klare sammenhenger mellom enkeltfaktorer i fôret og katarakt slik vi ser det i praktisk oppdrett i dag.

Immunstimulanter

Immunstimulanter forsterker uspesifikke forsvarsmekanismer og/eller det spesifikke immunsystemet i en organisme. En rekke stoffer med slik effekt er beskrevet og kommersielt tilgjengelige, hvorav noen også kan tilføres gjennom fôret. Av disse er effekten av glukaner best dokumentert.

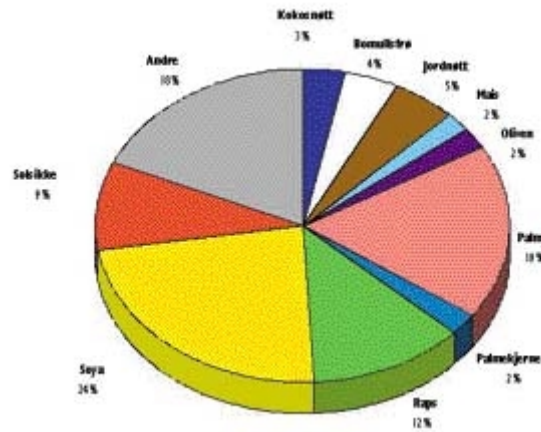
I helsesammenheng er det også forventninger til at utvikling av orale vaksiner og probiotika i fôr vil lykkes, noe som kan gi betydelige gevinster i form av bedre helse og forenklet produksjonsteknologi i intensivt oppdrett.

Konklusjoner og anbefalinger

Dersom tilgjengelige råvarer tas i bruk vil mangel på akvafôr ikke være begrensende for vekst i akvakulturnæringen. Fisk som alle andre dyr og mennesker, har ikke behov for spesifikke råvarer, men for et sett næringsstoffer som inkluderer aminosyrer, fettsyrer, mineraler og vitaminer. Behovet for essensielle næringsstoffer og energi til vekst, vedlikehold og andre metabolske prosesser må dekkes gjennom fôret.

Tilgjengelighet av et næringsstoff er produktet av nivå i fôr, fordøyelighet og fôrinntak, hvor hver faktor er like viktig. Optimal utnyttelse av tilgjengelige råvarer krever økt kunnskap om fordøyelsen samt om hvordan spesifikke fôrkomponenter kan påvirke vekst, fôrutnyttelse og helse gjennom fiskens livsstadier. Dette innebærer også at fokus i større grad rettes mot faktiske ernæringsbehov istedenfor dagens praksis

med angivelse av konsentrasjon per vektenhet fôr. Da reelt fôropptak er vanskelig å bestemme i praktisk oppdrett, er dette en joker for mer effektiv og miljøvennlig drift. Vi ser nå at næringen møter stadig nye krav fra forbruker og marked. Dette vil kreve langt større innsikt i sammenhenger mellom fôr, driftsrutiner og produktkvalitet, og må i økende grad tas hensyn til i ernæringsrelatert akvakulturforskning.



Figur 2 Verdens produksjon av vegetabiliske oljer og fett i 1998 angitt i prosent av en total produksjon på 100.6 millioner tonn (FAOSTAT 1990-1998).
The world's production of vegetable oils and fat in 1998 given in percentage of a total production of 100.6 million tonnes (FAOSTAT 1990-1998).

Artikkelen er basert på kapittel Produksjon i "Kunnskapsstatus for produksjon av laksefisk" utgitt av Norges forskningsråd, februar 2000.

Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no