

«Perfekt» er ikke det godes fiende:

Viktigheten av en pragmatisk tilnærming i letingen etter nye fôrråvarer

Jesse Trushenski, Stim AS, Thomas Pettersen og Carl-Erik Arnesen, Polarfeed AS
carl.erik.arnesen@stim.no

Behovet for nye ingredienser

Oppdrettsnæringen har lenge vært avhengig av fiskemel og fiskeolje som primære råvarer i produksjonen av fiskefôr. Disse ingrediensene ble opprinnelig brukt fordi de var relativt rimelige og inneholder mye protein og energi. Fôr basert på fiskemel og fiskeolje ble lett akseptert, fordøyd og utnyttet av nesten all oppdrettsfisk. Senere forsøk på å bruke vegetabiliske ingredienser som erstatning for marine råvarer avslørte hvor overoptimistisk det hadde vært å se på disse råvarene som lett utskiftbare. Fiskeolje og fiskemel er næringsrike og perfekt balanserte kilder til aminosyrer, fettsyrer og andre essensielle næringsstoffer, med en nesten uovertruffen fordøyelighet og smakelighet for laks. På tross av disse positive egenskapene fortsetter fiskeernæringsbiologer og fôrprodusenter letingen etter måter å redusere bransjens avhengighet av marine ingredienser på.

Prisen på marine ingredienser varierer fra år til år og sesong til sesong, men har generelt vært økende. Prisen på fiskemel er grovt regnet tre ganger høyere i dag enn for 20 år siden, og vi ser den samme trenden for fiskeolje. Etter hvert som oppdrettsnæringen fortsetter å vokse og intensiveres, vil den globale etterspørselen etter fiskemel og fiskeolje øke og drive prisene enda høyere i fremtiden. Økonomiske betraktninger og bekymringer omkring den økologiske bærekraften knyttet til å føre fisk med

fisk, fortsetter å forsterke letingen etter alternative ingredienser.

Leting etter alternativer til fiskemel og fiskeolje

Å erstatte fiskemel og fiskeolje med alternative ingredienser er selvsagt ingen enkel oppgave. Det er en rekke egenskaper vi må ta i betraktning når vi skal evaluere nye ingredienser og vurdere potensialet deres. Det er biologiske egenskaper knyttet til sammensetning og praktisk fôrverdi, spørsmål i forbindelse med økonomiske og miljømessige produksjonskostnader og hvordan disse ingrediensene kan påvirke produktkvaliteten, og i tillegg kommer markedshensyn. De første spørsmålene er ofte relatert til en ingrediens' ernæringsmessige egenskaper og hvordan laksen vil respondere på fôr som inneholder denne ingrediensen. Hvilke næringsstoffer er til stede, og hva er deres biologiske tilgjengelighet? Kan eventuelle mangler løses gjennom formulering og balansering med andre ingredienser? Er smakelighet en begrensende faktor? For eksempel har planteproteiner og -oljer ikke samme næringsverdi som marine ingredienser, siden de generelt ikke er like næringstette. Noen essensielle aminosyrer eller fettsyrer er begrensende eller fullstendig fraværende (f.eks. metionin, lysin, taurin og langkjedede omega-3-fettsyrer), og disse ingrediensene blir generelt heller ikke like godt akseptert eller fordøyd av laks.

Vi må også vurdere miljøimplikasjonene av alternative ingredienser for å sikre at vi ikke erstatter én kontroversiell råvare med en annen. Hvor og hvordan blir ingrediensen produsert? Hva er karbonavtrykket? Er den genetisk modifisert eller underlagt andre regulatoriske restriksjoner? Vil markedet akseptere laks som er oppdrettet med fôr som inneholder ingrediensen? Påvirker den næringsstoffretensjonen, og hva vil dette ha å si for miljøet rundt oppdrettsanleggene? For noen landbaserte avlinger er det bekymringer rundt dyrkingsmetoder og miljøødeleggelser, mens det for andre er vanskelig å finne GMO-frie alternativer eller kreves kostbare prosesser for å øke den biologiske fôrverdien. Prosessert dyreprotein og fett er kostnadseffektive kilder til ernæring for laks, men en rekke regulatoriske restriksjoner og bekymringer rundt forbrukernes aksept forhindrer at de kan brukes i norsk lakseoppdrett. Råvarer fra underutviklede fiskerier bare utsetter bekymringer knyttet til bruken av villfisk og bærekraften i tradisjonelle fiskerier, eller omdirigerer dem midlertidig.

De kanskje viktigste betraktningene er dem som har å gjøre med prisingen av ingrediensene og andre praktiske forhold. Det er mange ingredienser som kan oppfylle laksens biologiske behov, men de mest presserende begrensningene som hindrer at disse ingrediensene blir vanlige i bruk, er kostnad, stabil kvalitet, produksjonsvolumer, potensial for oppskalering og andre logistikutfordringer. Alger og insektmel er for eksempel attraktive når vi ser på deres ernæringsmessige sammensetning, men det er utfordringer knyttet til disse ingrediensenes konsistens, kostnad og skalerbarhet. Fiskemel og fiskeolje utvunnet av restråstoff fra fiskeforedlingsindustrien har mange av kjennetegnene til de tradisjonelle marine ingrediensene, men sammensetningen deres er svært variabel og begrenset av en relativ liten og avgrenset tilførsel av råvarer. Økende etterspørsel og stordriftsfordeler kan ofte bidra til å løse kostnadsspørsmålet, men utbredt kommersialisering har vist seg vanskelig for mange nye ingredienser.

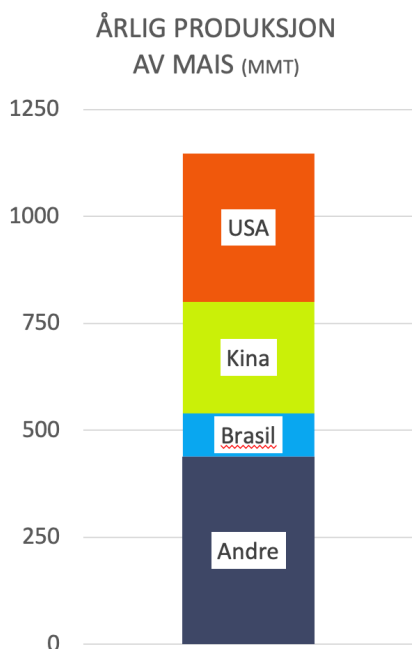
Ingredienser fra landlevende planter og dyr har muliggjort betydelige reduksjoner i bruken av marine ingredienser, men næringen har tatt ut hele potensialet for disse. Nye, innovative ingredienser og strategier trengs for å utnytte de begrensede marine ressursene ytterligere og kontrollere fôrkostnadene i lakseoppdrett. Flere nye ingredienser er lovende, men mange av dem har vært i FoU-fasen i over ti år. Vi må fortsette å bidra til utvikling og modning av nye ingredienser, men bransjen trenger løsninger nå.

Pragmatisme, ikke perfektjon

Letingen etter et «platonisk ideal» blant fôringrediensene kan vise seg å være et håpløst foretagende. Basert på vår kollektive fortrolighet med fiskemel og fiskeolje – forsterket av det ideelle proteinkonseptet, «fisk er hva de spiser» og annen konvensjonell visdom – fortsetter vi å tenke på marine ingredienser som «gullstandard» innen fiskeernæring. Selv disse gylne ingrediensene er imidlertid ufullkomne med tanke på pris, tilgjengelighet, konsistens og sårbarhet overfor ulike miljøtrusler. Det finnes ingen perfekte ingredienser, men for å levere bedre ernæring, trenger vi en pragmatisk tilnærming snarere enn perfektjonisme. Videre kreves det nye tenkemåter omkring fiskemel og fiskeolje, fôrformuleringer og suksessstandarder. Som Turchini et al. skrev i sin siste kommentarartikkel, *Thoughts for the future of Aquaculture Nutrition*¹, er fremskrittene innen substitusjon av fiskeolje og fiskemel nå stort sett små og preget av gradvis innhenting av nye innsikter. Alle de lette stegene er tatt, og vi jobber nå hardt for å redusere fiskemelnivåene med ytterligere 2–5 prosent. Å erstatte fiskemel og fiskeolje er mye vanskeligere nå enn da diettene inneholdt 50 prosent fiskemel.

«Til tross for nedgangen i andelen av fiskemel og fiskeolje og over 60 år med store fremskritt i akvakulturenæring og akvafôrproduksjon, er realitetene at fôr som inneholder lite eller ingen marine råvarer, ikke gir samme utbytte i form av tilvekst som tradisjonelt fôr for kjøttende

¹ Turchini, G.M., J.T. Trushenski, and B.D. Glencross. 2019. Thoughts for the Future of Aquaculture Nutrition: Realigning Perspectives to Reflect Contemporary Issues Related to Judicious Use of Marine Resources in Aquafeeds. *North American Journal of Aquaculture* 81:13-39.



Figur 1. Global maisproduksjon (MMT) i de største produsentlandene. DATAKILDE: FAOSTAT 2021

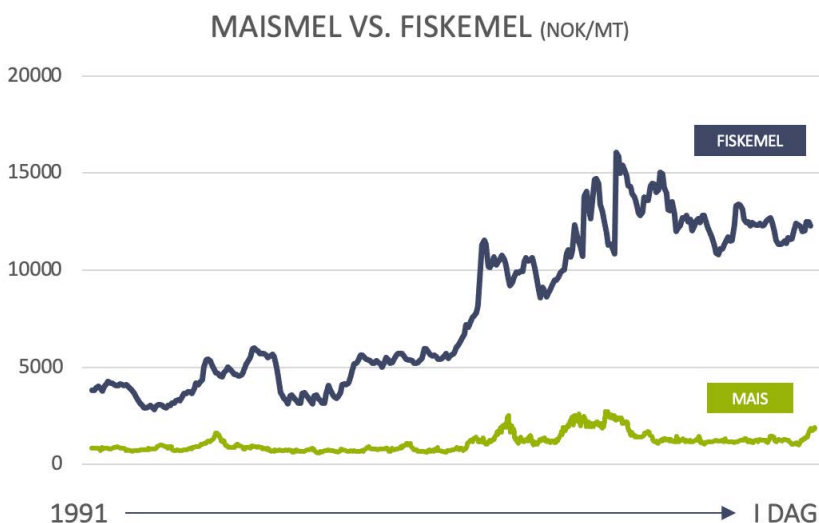
arter. Av disse høytstående oppskriftene uten fiskemel og fiskeolje er det flere som ikke anses å være økonomisk levedyktige, siden de er avhengige av spesialiserte råvarer og kostbare tilsetninger for å erstatte næringsstoffer som finnes i ressurser av marin opprinnelse, og for å gjøre fôret attraktivt. Gitt at de fleste av de 'lavhengende fruktene' for sparing av fiskemel og fiskeolje allerede er plukket, hvordan kan ernæringsbiologer og fôrprodusenter fortsette å redusere bruken av ressurser med marint opphav og fortsatt produsere fôr som er økonomisk og gir tilfredsstillende vekst?»

Som et svar på dette retoriske spørsmålet oppfordret Turchini et al. ernæringsbiologer til å se utover de konvensjonelle grensene med strengt essensielle næringsstoffkrav, tilvekst som det eneste eller viktigste målet for suksess samt enkeltvis utbytting av ingredienser. Videre henviste de til flere lovende, pragmatiske tilnærminger for å akselerere fremskrittene på området akvafôr. Viktigste blant disse var anbefalinger om å undersøke tradisjonelle ingredienser på nytt i lys av nye prosesseringsteknikker samt å formulere fôrvarianter som utnytter oppdrettsfiskens stoffskifte bedre.

Å omsette filosofi til praksis

Polarfeed AS fortsetter letingen etter hvordan vi kan fortsette å levere førsteklasses ernæring i laksefôret vårt til tross for stigende ingredienspriser. I en presentasjon tidligere i år på Stims årlige Lofotseminar, holdt av CEO Carl-Erik Arnesen, bekreftet han på nytt selskapets forpliktelse til å «lytte til fisken», og skisserte en ny innsats i samsvar med ekspertenes oppfordring om omstilling og en pragmatisk tilnærming innen akvaernæring. For å kunne tilby virkelige, realistiske løsninger til norske lakseoppdrettere planlegger Polarfeed en rekke storskalaforsøk for å undersøke egnetheten til ingredienser som ikke brukes i norsk lakseoppdrett i dag, nemlig bioraffinert maisprotein og solsikkeolje.

Mais og maisderivater har ikke blitt mye brukt i laksefôr. Som en akvafôringrediens er mais begrenset av sitt lave proteininnhold, høye innhold av stivelse og ubalanserte aminosyreprofil (**Tabell 1**). På tross av disse begrensningene er det gode grunner til å revurdere mais som råvare. Mais er en av de mest dyrkede avlingene i verden, med en produksjon på over 1 milliard tonn per år (**Figur 1**). Den årlige produksjonen vokser, men denne veksten blir hovedsakelig drevet av bedre utbytte og at annet jordbruksland blir tatt i bruk til maisdyrking. Selv om fotavtrykket fra maisdyrking er stort, vil dermed ikke ytterligere naturhabitater bli omgjort til jordbruksland for å øke produksjonsvolumene. Prisen på mais er også svært stabil og svært lav sammenlignet med fiskemel (**Figur 2**). De mest dyrkede maisvarietetene inneholder gulpigmenterte karotenoider, og det er kjent at å bruke dette i fiskefôret kan gi fileten et gulaktig skjær. I tillegg er mesteparten av maisen som dyrkes i verden, genetisk modifisert for å gi herbicidtoleranse, motstandsdyktighet mot insekter eller kombinasjoner av disse og andre verdifulle egenskaper. Det finnes imidlertid også ikke-genmodifiserte, hvite varieteter av mais som fortsatt er vanlig dyrket. Disse varietetene representerer et relativt lite segment av den globale maisproduksjonen, men denne prosentdelen representerer store



Figur 2. Pris (NOK/MT) på mais- og fiskemel fra 1991 til i dag. DATAKILDER: MACROTRENDS. NET 2021, INDEXMUNDI.COM 2021

² Rombenso, A., G. Turchini, and J. Trushenski. The Omega-3 Sparing Effect of Saturated Fatty Acids: A Reason to Reconsider Common Knowledge of Fish Oil Replacement. Reviews in Aquaculture, accepted.

mengderråvarer. Mye av maisens som dyrkes i USA, er dessuten kontraktprodusert for spesifikke sluttbrukere, noe som betyr at produksjonen av ikke-genmodifisert hvit mais er umiddelbart skalerbar.

Den kanskje viktigste grunnen til å revurdere mais som akvafôringrediens, er at den i stadig økende grad blir fermentert for å produsere etanol og forskjellige kvaliteter av biodrivstoff. Som et resultat av dette er det et stort og voksende volum av fermenterte maisprodukter tilgjengelig som husdyrfôr. Et viktig punkt er at siden disse ressursene er reststoffer fra biodrivstoffsektoren, bidrar de ikke til konkurrerende bruk av jordbruksprodukter som menneskemat kontra dyrefôr eller til den tilhørende diskusjonen. Gjæring av mais gir tre primære produkter: etanol og karbondioksid som dannes under fermenteringen, og gjær, maisolje og protein som blir igjen etter at fermenteringen er fullført. Gjenværende gjær og maisprotein har tradisjonelt blitt solgt som rimelig husdyrfôr, primært til kyr. Men ved å modifisere prosessen kan blandingen bli oppgradert til å produsere

Tabell 1. Typisk næringsstoffinnhold (tørstoff) for fiskemel, mais og MSC™ -50 (et proteinmel fra Green Plains bioraffineringsprosess for mais).

Næringsstoff (% DM)	Fiskemel	Mais	MSC™ 50
Protein	65.4	8.8	49.0
Lysine	5.5	0.3	2.1
Methionine	2.1	0.2	1.1
Tryptophan	0.8	0.1	0.5
Threonine	3.1	0.3	2.1
Isoleucine	3.3	0.3	2.1
Leucine	5.4	1.1	5.9
Phenylalanine	2.9	0.4	2.6
Valine	3.8	0.4	2.7
Histidine	1.7	0.3	1.4
Arginine	4.0	0.4	2.5
Stivelse	<1.0	61.6	4.4
Fiber	1.0	10.0	16
Aske	14.3	1.2	4.8
Fett	7.6	3.8	2.0

DATAKILDE: NRC 2021, GREEN PLAINS INC. 2021

Impregnering til nøter for akvakultur

NetKem leverer vannbaserte notimpregneringer som gir notposen den beste beskyttelsen mot begroing

Netwax NI Gold

En kraftig impregnering for deg som trenger meget god beskyttelse.

Netwax E5 Greenline

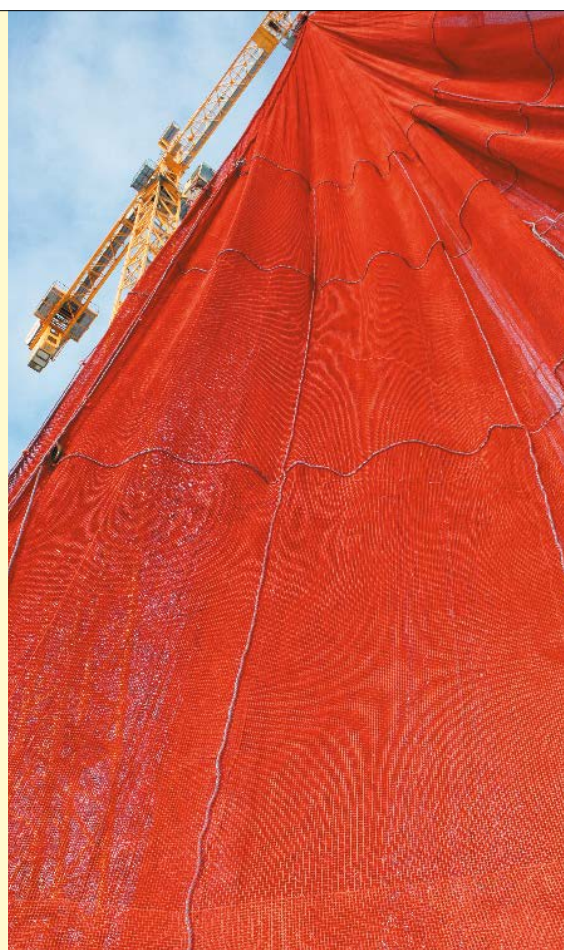
Gir utmerket beskyttelse mot begroing.

Netwax NI 3

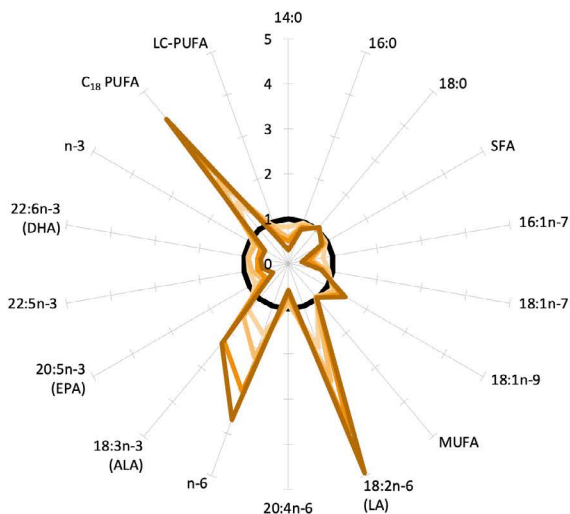
En god og kostnadseffektiv notimpregnering basert på mer enn 30 års erfaring.

NetKem AS

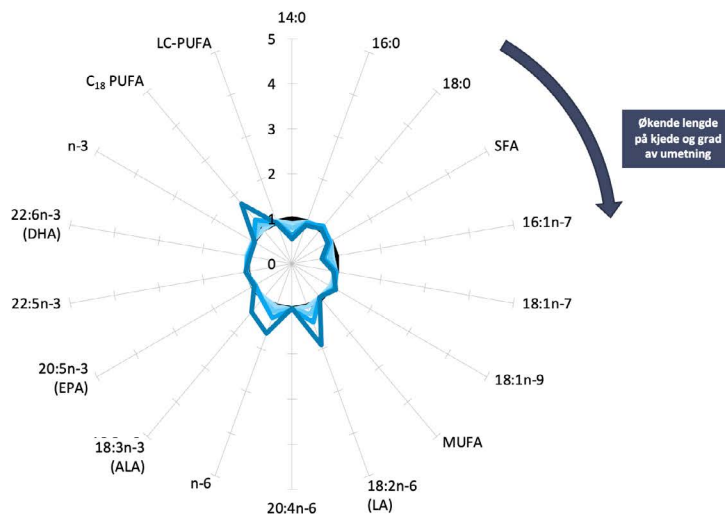
Telefon 66 80 82 15 - post@netkem.no



Dramatisk forvrengning av filetprofil hos fisk foret med C18 PUFA-rik diet.



Relativt konsistente filetfettsyreprofiler hos fisk foret med SFA-rike dietter



Figur 3. Fettsyreprofiler av fiskefôr som inneholder fiskeolje eller økende mengder planteoljer. I diagrammet til venstre ble fiskeolje gradvis erstattet med standard C18 PUFA-rik soyabønneolje (større erstatningsnivåer indikeres med gradvis mørkere oransje linjer). I diagrammet til høyre ble fiskeolje erstattet med SFA-rik, hydrogenert soyabønneolje (større erstatningsnivåer indikeres med gradvis mørkere blå linjer). I alle tilfeller normaliseres vevsfettsyreprofiler til sammensetningen av fiskeolje utelukkende, representert ved den sorte sirkelen med tykk strek i midten av hvert diagram. Dermed indikerer linjer som nøye følger sirkelen sterk likhet i fettsyreprofilen, mens linjer som avviker fra sirkelen indikerer vevsprofiler som har blitt sterkt påvirket av kostsammensetning. DATAKILDE: TRUSHENSKI ET AL. 2013

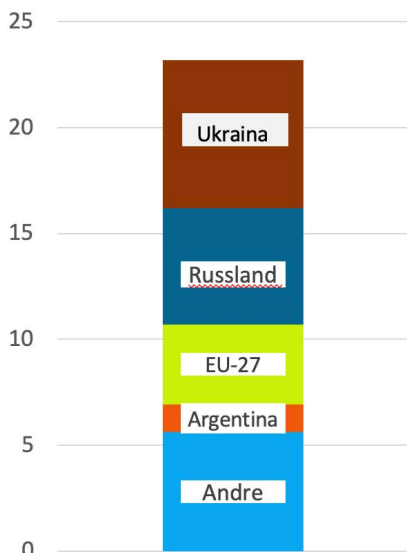
en proteintett, lett fordøyelig fôringrediens som passer for laks.

Ved å utnytte selskapets bånd til Nord-Amerika planlegger Polarfeed å samarbeide med Green Plains Inc., som er et av verdens største bioraffineringselskaper, for å utvikle sine fôringredienser til laks. Ved maisbioraffinerier rundt om i USA har Green Plains startet produksjon av kvalitetsingredienser med særdeles høyt proteininnhold ved bruk av Fluid Quip Technologies' patenterte MSC™-teknologi, for å gi et næringstett mel med dokumentert verdi som akvakulturfôr. Green Plains har aktivt undersøkt mulighetene for å produsere MSC™-ingredienser fra ikke-genmodifiserte eller godkjente sorter mais i stor skala. Resultatene som er tilgjengelige i dag, tyder på at disse ingrediensene kan brukes til å spare fiskemel, soyaproteinkonsentrat og andre kostbare proteinressurser i laksefôret. Det er viktig at MSC™-plattformen er robust på den måten at den kan starte med praktisk talt enhver type mais, og at Green Plains' kapasitet til å produsere disse råvarene er stor og skalerbar.

Det er velkjent at fisk aksepterer et bredt spekter av fett og oljer. Så lenge dens krav til essensielle fettsyrer blir dekket, er tilvekst og overlevelse generelt upåvirket av fettkilden i dietten. De fleste oljer inneholder en kombinasjon av mettede fettsyrer (SFA), enumettede fettsyrer (MUFA) og flerumettede fettsyrer (PUFA). Mens fiskeolje er rik på langkjedede flerumettede fettsyrer (LC-PUFA) som EPA, DHA og andre omega-3-fettsyrer, inneholder planteoljer bare C₁₈-PUFA (som linolsyre og linolensyre). Siden fisk er hva den spiser, vil fôr med lavere innhold av fiskeolje gi laks som inneholder mindre omega-3 og dermed har mindre næringsverdi for forbrukeren.

Det finnes imidlertid metoder for å løse dette problemet og redusere fiskeoljeinnholdet vesentlig uten å pådra seg de vanlige tapene av gunstig omega-3 i oppdrettslaks. Tradisjonelt har fiskeernæringsbiologer unngått fett rikt på SFA og MUFA av hensyn til fordøyeligheten. Men nyere forskning har vist at ikke bare blir fett og oljer rike på SFA og MUFA godt utnyttet av laks og andre kaldtvannssarter: Fôr som hovedsakelig inneholder SFA og MUFA, vil heller ikke

ÅRLIG PRODUKSJON AV SOLSIKKEOLJE (MMT)



Figur 4. Global solsikkeoljeproduksjon (MMT) i de største produksjonslandene. DATAKILDE: INDEXMUNDI.COM 2021

påvirke fileten i samme grad som det som hovedsakelig inneholder C₁₈-PUFA. Faktisk vil det å føre med SFA-rikt fett vanligvis resultere i vevsprofiler som er nesten identiske med dem for fisk som er føret med fiskeolje (Figur 3). Man mener at den såkalte «omega-3-spareeffekten» av SFA- og MUFA-rikt fôr har å gjøre med selektiv katabolisme av SFA og MUFA samt redusert konkurranse mellom LC-PUFA og C₁₈-PUFA for vevsavsetning, noe som resulterer i mer effektiv overføring fra diett til vev av EPA, DHA og andre langkjedede flerumettede fettsyrer. Uavhengig av de underliggende mekanismene kan man, ved å velge alternative fettkilder som inneholder mye SFA og MUFA og lite C₁₈-PUFA, strategisk inducere en omega-3-spareeffekt for å støtte en større og mer effektiv substitusjon av fiskeolje.

I denne konteksten planlegger Polarfeed å utforske bruken av solsikkeolje som fettkilde i laksefôr. Årsproduksjonen av solsikkeolje overskrider 20 millioner tonn (Figur 4). Prisen på solsikkeolje har sunket gjennom det siste tiåret, og dagens pris er langt under prisen på fiskeolje (Figur 5). I likhet med andre planteoljer inneholder ikke solsikkeolje LC-PUFA, men har svært mye MUFA og SFA og lite C₁₈-PUFA (Figur 6). Selv om SFA generelt er mer effektive enn MUFA med tanke på å inducere omega-3-spareeffekten, er MUFA noe bedre for å opprettholde fordøyeligheten ved lave temperaturer. En balanse mellom SFA og MUFA forventes å være ideell for å inducere omega-3-spareeffekten og tilføre nødvendig energi under typiske oppdrettsforhold i Norge.

Konklusjoner

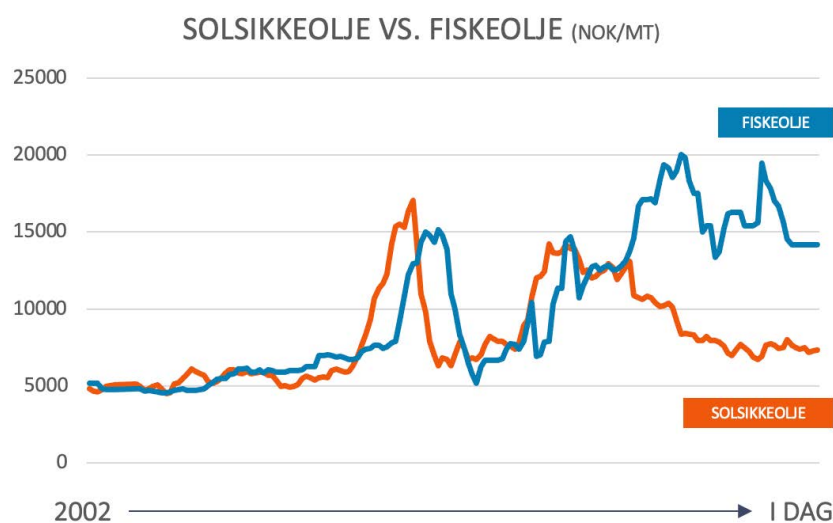
Norsk lakseoppdrettsnæring trenger flere fôrressurser. Letingen etter nye fôrvarer er fortløpende og kommer sannsynligvis ikke til å stoppe opp. Vi må fortsette å utvikle og innovere etter hvert som vi lærer mer om oppdrettsfiskens ernæringsbehov, og etter hvert som kandidater til nye ingredienser dukker opp i horisonten. Hva som er viktigst for oppdretterne og fisken deres, må være styrende i arbeidet med å redusere næringens avhengighet av marine ressurser.

Basert på prisen og tilgjengeligheten til MSC™-ingredienser og solsikkeolje og

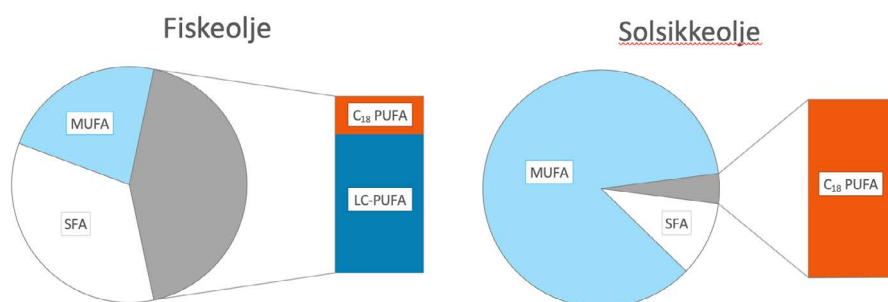
lovende resultatene fra vitenskapelige forsøk, har Polarfeed søkt om forskningskonsesjoner for å evaluere disse ingrediensene i kommersiell skala i samarbeid med lakseoppdrettere. Selskapet har utarbeidet en omfattende plan for å teste disse ingrediensene grundig og demonstrere deres verdi i laksefôr. Som del av denne planen er hensikten å bruke søsterselskapet STIMs kompetanse innen fiskehelse og miljøtjenester for å sikre at alle nyanser knyttet til bruken av disse ingrediensene fanges opp. God tilvekst er viktig, men ikke det eneste som betyr noe, så dette er ikke den eneste faktoren som vil bli målt.

I tillegg til råvarer som MSC™-ingredienser og solsikkeolje undersøker Polarfeed (på nytt) andre fôrstrategier og -ingredienser som egner seg for laksens ernæringsbiologi samt logistikkbehovene i produksjon av laksefôr og oppdrett av laksefisk. Fiskemel og fiskeolje laget av

biprodukter fra fiskeforedlingsindustrien, fett og proteiner fra landdyr samt andre ingredienser blir vurdert ut fra deres verdi som funksjonelt fôr, og det samme blir formuleringer med rebalansert sammensetning av makronæringsstoffer for å maksimere tilvekst, som f.eks. mer protein og mindre fett. Disse ingrediensene og formuleringene passer ikke nødvendigvis for alle bruksområder. Polarfeed erkjenner at beste praksiser og bærekraft ikke er de samme overalt, og at forskjellige oppdrettsanlegg har forskjellige behov. Felles for alle anlegg er behovet for praktiske, pragmatiske løsninger på de mangeårige problemene med økende fôrkostnader og avhengigheten av marine ingredienser. Med dette for øye holder Polarfeed fast ved sin filosofi om å lytte til fisken for å finne måter å levere hva den og næringen trenger, ikke bare for å overleve, men for å vokse og trives.



Figur 5. Pris (NOK/MT) på solsikke- og fiskeolje fra 2002 til i dag. DATAKILDE: FAO 2016



Figur 6. Generalisert fetttsyreinnhold i fiskeolje og solsikkeolje.