

# Fôr til laks -

## Betydning av råvarenes fysikalske og kjemiske egenskaper for fysisk kvalitet

Prosjektleder: Tor Andreas Samuelsen

Ansvarlig organisasjon: Nofima AS

Prosjektstart: 01.06.2010

Prosjektslutt: 31.12.2014

Norge er verdens største produsent av atlantisk laks (*Salmo salar*). I 2013 produserte norsk havbruksnæring 1,2 millioner tonn laks ved bruk av 1,5 millioner tonn kommersielle fôr. Fôrene blir levert til oppdrettsanleggene i storsekker eller i bulk og blåses gjennom lange rør frem til laksemerdene. Det er derfor svært viktig at fôret lages slik at det tåler denne mekaniske belastningen. Hvis ikke knuses fôret til små partikler og støv som fisken ikke kan spise, og støvet kan i tillegg tette utfôringssystemet. Forskning har vist at tap i slike utfôringssystemer ligger i området 0,3 – 1,5 prosent. Dette tilsvarer en årlig merutgift på rundt 40 til 200 millioner kroner.

*Prosjektet har dokumentert egenskaper hos fiskemel som gjør det unikt og forskjellig fra planteproteiner. Denne kunnskapen kan brukes til å forbedre egenskapene til planteproteiner, og gjøre de spesielt godt egnet i fiskefôr (foto: Terje Aamodt/Nofima).*



For å redusere tapet må fôret være av en ensartet og høy fysisk kvalitet. Ekstrudering er en teknologi som muliggjør

produksjon av en slik fôr kvalitet. Ekstrudering av fiskefôr er en termisk prosess som medfører komplekse kjemiske og fysikalske endringer i fôr råvarene for å oppnå ønskede produkt egenskaper. For at den pulverbaserte fôr massen skal kunne presses gjennom dysene i utløpet på en ekstruder må den overføres til en flytende masse (smelte) gjennom tilførsel av mekanisk og termisk energi og vann. Vann er et plastifiserende middel som reduserer den energien som er nødvendig for omdanning fra et pulver til en smelte. Dette øker effektiviteten til ekstruderen. Et plastifiserende middel reduserer også glass- og smelteovergangstemperaturen som kan måles ved hjelp av et kapillær-rheometer. Glassovergangstemperaturen er en temperatur hvor pulveret omdannes fra en sprø glassaktig til en myk gummiaktig tilstand. Smelteovergangstemperaturen er en temperatur hvor pulveret omdannes fra en myk gummiaktig tilstand til en høyviskøs smelte som kan flyte gjennom en dyse. Funn i dette studiet viser at også vannløselige proteiner har en plastifiserende effekt. Slike proteiner presses ut sammen med vann under fremstilling av fiskemel. Væsken som skilles ut kalles limvann, og har positiv ernæringsverdi.

Den fysiske kvaliteten til fiskefôret kan styres og forbedres ved tilsetning av stivelse og andre bindemidler, men proteinene i fôret vil også bidra til hvor godt pelleten holder seg sammen. I kommersielt fiskefôr kommer proteiner i økende grad fra planteriket, og andelen proteiner fra marine råvarer går ned. Dette har ført til nye utfordringer og vist at vi trenger mer kunnskap om de tekniske egenskapene til fôrråvarene.

De viktigste målene for dette prosjektet har vært å kvantifisere fiskemelets fysiske og kjemiske egenskaper samt identifisere hvilke av disse egenskapene som påvirker ekstruderen og hva de betyr for den fysiske kvaliteten på det ferdige fiskefôret.

Forsøkene har vært gjort ved Nofimas Fôrteknologisenter i Bergen.

I dette prosjektet er det publisert fire vitenskapelige artikler:

- I. Samuelsen, T.A., Mjøs, S.A. & Oterhals, Å. (2013) Impact of variability in fishmeal physicochemical properties on the extrusion process, starch gelatinization and pellet durability and hardness. *Animal Feed Science and Technology*, **179**, 77-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.009>.
- II. Samuelsen, T.A., Mjøs, S.A. & Oterhals, Å. (2014) Influence of type of raw material on fishmeal physicochemical properties, the extrusion process, starch gelatinization and physical quality of fish feed. *Aquaculture Nutrition*, **20**, 410-420. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12093>.
- III. Samuelsen, T.A. & Oterhals, Å. (2015) Water-soluble protein level in fishmeal affects extrusion behaviour, phase transitions and physical quality of feed. *Aquaculture Nutrition*, published online 27.01.2015. <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12235>.
- IV. Oterhals, Å. & Samuelsen, T.A. (2015) Plasticization effect of solubles in fishmeal. *Food Research International*, **69**, 313-321. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.028>

### **Oppsummering av artiklene**

I Artikkel I og II ble effekten av variasjon i fiskemelets fysiske og kjemiske egenskaper studert basert på standardiserte ekstruderings- og tørkebetingelser. I Artikkel III ble det undersøkt hvordan vannløselige proteiner og fuktighetsinnhold i ekstruderingsprosessen påvirker den fysiske kvaliteten på fôret. I Artikkel IV ble effekten av vannløselige proteiner på glass- og smelteovergangstemperaturer studert og sammenlignet med vann.

#### Artikkel I og II

Studiene i Artikkel I og II dokumenterer kompleksiteten til fiskemelet med betydelig innvirkning på ekstruderingsprosessen, stivelsesforklistring og fysisk pelletkvalitet. Store forskjeller i teknisk kvalitet innenfor og mellom de undersøkte fiskemeltypene (dvs. sild og tobis) ble observert. Forskningen kvantifiserer en positiv effekt av økte nivåer av vannløselig proteiner på fôrets durabilitet og hardhet. Dette kan forklares ved to forskjellige mekanismer: en kryssbindende effekt av store polypeptider (gelatin), og en plastifiserende effekt av mindre peptider og aminosyrer. Forskjeller i peptidstørrelsesfordelingen mellom de to undersøkte fiskemeltypene ble identifisert med den høyeste andel av store polypeptider (gelatin) for sildemel.

Ved et likt nivå av vannløselig proteiner hadde fôr basert på fiskemel fra tobis signifikant lavere fysisk kvalitet enn fôr som inneholdt sildemel når fôrene ble produsert ved standardiserte betingelser. Dette kan tilskrives forskjeller i termiske og reologiske egenskaper mellom de to undersøkte gruppene og ufullstendig koking i ekstruderen for tobisbaserte fôrmikser. Ufullstendig koking kan resultere i økte nivåer av partikulært materiale i ekstrudatene med medfølgende dårlig fysisk fôr kvalitet.

Studiene dokumenterer også at spesifikasjoner på fiskemel som brukes på verdensmarkedet beskriver de tekniske egenskapene til fiskemelet dårlig.

### Artikkel III

I Artikkel III er effekten på ekstruderingsprosessen, glass- og smelteovergangstemperaturer og fysisk fôr kvalitet ved økende nivåer av vannløselig protein i fiskemelet studert. Den plastifiserende virkningen av vannløselig proteiner kunne sammenlignes med effekten av vann. I motsetning til vann, hadde tilsetning av vannløselig proteiner en positiv effekt på spesifikk mekanisk energi og fysisk pelletkvalitet.

Det ble ikke observert tap av vannløselig proteiner i ekstruderingsprosessen, noe som bekrefter at proteinene ikke danner kovalente (sterke) bindinger i ekstrudatene. Vannløselig proteiner blir ikke fjernet i tørkeprosessen. De vil derfor påvirke de viskoelastiske egenskapene til det endelige produktet, og ha en positiv effekt på fysisk pelletkvalitet ved etablering av et intermolekylært bindingsnettverk gjennom hydrogen- og ionebindinger og hydrofobe interaksjoner.

Det kan konkluderes fra studiet at vannløselige proteiner kan fungere som prosesshjelpemiddel, bindemiddel og næringskomponent i ekstrudert fiskefôr.

### Artikkel IV

I Artikkel IV er signifikante effekter på glass- og smelteovergangstemperaturer ved tilførsel av vannløselige proteiner i fiskemel dokumentert, med reduserte temperaturer ved økende nivåer av vannløselige proteiner. Den dokumenterte effekten av økt tilførsel av vannløselig proteiner på glassovergangstemperaturen var lavere enn effekten av vann pr. masseenheter, men høyere på molar basis. For smelteovergangstemperaturen var effekten tilnærmet lik pr. masseenheter. I et stort variasjonsområde av vannløselige proteiner og vann i fiskemelet oppnådde man en større forskjell mellom smelteovergangs- og glassovergangstemperaturen enn for andre rapporterte planteproteiner. Dette indikerer en redusert temperaturvirkning på viskositeten i smeltefasen for fiskemel i denne regionen. Kombinert med betydelig lavere glassovergangstemperaturer, kan slike forskjeller i fysiske og kjemiske egenskaper bidra til å forklare de unike funksjonelle egenskaper til fiskemel sammenlignet med plantebaserte proteiner.

Det brukes stadig mer proteiner fra planteriket i kommersielle fiskefôr, og andelen proteiner fra marine råvarer går ned. I fôr med mye planteproteiner må det tilsettes mer vann for å lage pellet, sammenlignet med fiskemelbaserte. Dette medfører at mer vann må fjernes under tørking av pelleten noe som øker energiforbruket sammenlignet med et tradisjonelt fiskemelbasert fôr. De studerte vannløselige proteinene har en plastifiserende effekt tilnærmet likt vann. Ved å erstatte noe av det vannet som tilsettes i prosessen med disse vannløselige proteinene kan energiforbruket dermed reduseres.

Detaljert informasjon om de 4 artiklene og bakgrunnsinformasjon finnes i:

Samuelsen, T.A. (2015) Fishmeal physicochemical properties – Impact on the fish feed extrusion process, phase transitions and physical pellet quality. PhD thesis, Department of Chemistry, University of Bergen, Norway. ISBN: 978-82-308-2594-5. <https://bora.uib.no/handle/1956/10080>.