

Rapport nr. 302/46

RUBIN-FÔRET

Våtfôr til oppdrettsfisk

Videreutvikling av gelingsteknikk



RAPPORT-TITTEL

**RUBIN-FÔRET. Våtfôr til oppdrettsfisk.
Videreutvikling av gelingsteknikk**

RAPPORTNUMMER	302/46	PROSJEKTNUMMER	302
UTGIVER	RUBIN	DATO	Juni 1995

UTFØRENDE INSTITUSJONER

Institutt for Bioteknologi, NTH (NOBIPOL)
7034 Trondheim, tlf: 73 59 40 00

Kontaktperson: Kurt Ingar Draget

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Prosjektet er en videreføring av det tidligere RUBIN-fôr-prosjektet "Utprøving av teknikk og fôringsforsøk" (RUBIN-rapport 302/36). Hensikten har vært å forbedre gelingsteknikken for å kunne kontrollere den tekniske kvaliteten av pellets uavhengig av råstofftype (mager eller feit fisk), foruten å kunne gå ned på melinnblanding. Feitfisk i fôret reduserer behovet for tilsats av ekstra olje. Dette, sammen med redusert melinnblanding, reduserer kostnadene.

Prosjektet har vært gjennomført ved gelingsforsøk i laboratoriet på NTH. Videre har Akvaforsk målt fordøyeligheten av fôrpellets med ulike typer og mengder alginat ved sin forsøksstasjon på Sunndalsøra.

De viktigste variable i gelingsforsøkene har vært type fiskeråstoff (mager/feit), type gelingsvæske (kalsiumbad/syrebadd), alginattype og -konsentrasjon, ulike stivelseskilder, samt effekt av kompleksdanner og emulgator.

Det ble forsøkt 2 typer feitfisk, hhv. høstmakrell (svært feit) og sild. Med kalsiumbadet ble det oppnådd gode resultater med opptil 85% ren sild i blandingen. Dette betyr kraftig reduksjon av de tørre ingrediensene. Høstmakrellen var mer problematisk og ga mer variable resultater. Men en blanding av inntil 50% makrell av total fiskemengde (75% fiskeråstoff) ser ut til å gi rimelig bra pellets.

Geling i syrebaddet (5% maursyreoppløsning) ga lovende resultater. Det ble oppnådd gode mekaniske egenskaper av pellets for alle kombinasjoner av mager og feit fisk (sild). Med bruk av makrell bør innblanding av feitfisk ikke overstige 50% av fiskemassen. Prosessen syntes å bli mer stabil med syrebadd enn med kalsiumbad, og lagringsstabiliteten blir sannsynligvis bedre pga. lavere pH (5.5-6.0).

Forsøk med flere typer alginat viste at alginatkonsentrasjonen kan presses ned mot 0,5%.

Et enkelt fordøyelighetsforsøk med syregelet pellets viste ingen uheldige effekter

Det gjenstår å få bekreftet resultatene i fullskala.

Stiftelsen RUBIN
Pirsenteret, Brattøra Telefon 73 51 82 15
7005 Trondheim Telefax 73 51 70 84

STIFTELSEN
RUBIN
*Resirkulering og utnyttelse av
organiske biprodukter i Norge*

RUBIN-fôr til oppdrettsfisk.

Delprosjekt om gelingsteknikk.

(RUBIN's prosjektnr. 2.23.02)

Sluttrapport

**Forfattere: Dr. scient. Kurt Ingar Draget
Norsk Biopolymerlaboratorium
Institutt for Bioteknologi
NTH**

**Dr. scient. Erland Austreng
AKVAFORSK
Avdeling Ås**

INNHOLDSFORTEGNELSE	SIDE
SAMMENDRAG	1
INNLEDNING / BAKGRUNN.....	2
MATERIALER OG METODER.....	4
RESULTATER OG DISKUSJON	6
KONKLUSJON OG OPPSUMMERING.....	15
SLUTTKOMMENTAR.....	17
REFERANSER.....	18

- Vedlegg 1: Alginater brukt i dette prosjektet
- Vedlegg 2: Standardblandinger
- Vedlegg 3: Mekaniske data for pellets gelet i kalsiumbad
- Vedlegg 4: Mekaniske data for pellets gelet i syrebad
- Vedlegg 5: Resultater fra fordøyelighetsforsøk

SAMMENDRAG

Dette prosjektet har vært en videreføring av tidligere RUBIN-prosjekt for å øke anvendelsesområdet for våtfôr til oppdrettsfisk. Et av hovedmålene har vært å kunne kontrollere den tekniske kvaliteten av pellets uavhengig av råstoffkilde (mager eller feit fisk). I denne forsøksserien har de viktigste variablene vært type fiskeråstoff (mager/feit) og pelleteringsbad, alginattype og -konsentrasjon, ulik stivelseskilde samt effekt av tilsatt kompleksdanner og emulgator. I alt 4 ulike meltyper har vært undersøkt, og generelt kan det sies at hvete er bedre enn mais og tapioka. Det har ikke blitt observert bedrede mekaniske egenskaper for pellet ved tilsats av kompleksdanner (for å binde frie kalsiumioner) eller ved tilsats av emulgator.

I første omgang ble det sett på en utvidelse av anvendelsesområdet ved å forsøke å bruke ren feit fisk som utgangspunkt for våtfôrpellet. Dette hadde tidligere blitt definert som et problem siden pellets basert på denne type fisk ga dårlige mekaniske egenskaper. Den rapporterte forsøksserien ble utført i tiden oktober-november 1994. Det betyr at den feite fisken som ble forsøkt nytt til dette formålet var på sitt absolutt feitest. To typer feit fisk ble undersøkt: makrell og sild. Med CaCl_2 i pelleteringsbadet ble det oppnådd gode resultater med opptil 85% ren sild i pellet. Dette betyr at innholdet av tørre ingredienser er redusert vesentlig, noe som gjør dette konseptet enda mer økonomisk bærekraftig. Høst-makrellen ble derimot observert å være noe mer problematisk og variabel i disse forsøkene (både fersk og frossen). Men en innblanding av inntil 50% makrell av total mengde fisk ser ut til å gi pellets av rimelig god kvalitet. Forsøksserien med kalsium som pelleteringsbad var en direkte videreføring av tidligere prosjekt.

Det nye i dette prosjektet har vært å evaluere syre som mulig pelleteringsbad. Dette ble gjort ved å tilsette små mengder kalsiumkarbonat i pelleteringsmassen og bruke fortynnet maursyre (5%) som gelingsbad. Resultatene og erfaringen fra denne type pelletering er lovende. Gode mekaniske egenskaper for pellets av både mager og feit fisk (sild) samt alle blandinger av disse ble oppnådd, og pH på sluttproduktet ligger mellom 5.5 og 6 fordi karbonatet er med på å buffre systemet. Variasjonene med denne metoden har blitt mindre sammenlignet med kalsiumbad, og metoden kan også gi bedret lagringsstabilitet for ferdig pellet. Det ble observert at den ferdig blandede pelleteringsmassen er stabil slik at muligheten ligger åpen for halvfabrikatproduksjon hos et sentralt forkjøkken. Rent prosessteknisk vil det også være enklere å utføre kontinuerlig fôrproduksjon siden tilstanden i gelingsbadet kan kontrolleres 'on-line' ved tilkobling av et vanlig pH-meter. Ekstra syre kan dermed tilsettes automatisk etter hvert som den forbrukes. Frysing/tining av pellet ser ikke ut til å gi vesentlig endrede mekaniske egenskaper, men ved bruk av rensede alginater med god geldanningsevne kan det virke som om en ytterligere mekanisk forsterkning av pellet finner sted etter tining. Et enkelt fordøyelighetsforsøk med syregelet pellet viste ingen uheldige effekter.

INNLEDNING / BAKGRUNN

Dette prosjektet er en direkte videreføring av tidligere RUBIN-prosjekter (RUBIN-rapportene 302/8, 302/9 og 302/36), og konseptet bygger på å kunne nyttiggjøre seg biprodukter fra fiskeforedlingsindustrien (avskjær) som protein/fett-ressurs i våtfôr for oppdrettsfisk. De tidligere arbeidene, utført av professor Erland Austreng ved AKVAFORSK på Ås og Trude Olafsen ved RUBIN, viste at mekanisk gode våtfôrpellets ble oppnådd med mager fisk som hovedingrediens, mens feit fisk var noe mer problematisk. Storskala fôrforsøk med dette fôret har vært utført ved Vikenco A/S på Aukra med godt resultat.

Norsk Biopolymerlaboratorium (NOBIPOL) ble kontaktet av RUBIN på ettermøtet vinteren 1994 og forespurte om å gå inn i et videreføringsprosjekt på RUBIN våtfôr. NOBIPOL har sitt kompetansetynghedspunkt innen biopolymere generelt og alginat spesielt. Tanken bak var at NOBIPOL skulle kunne gå inn med sin kompetanse på alginat- og gel-siden og undersøke muligheten av en forbedring av det eksisterende konseptet. Etter en studietur til Aukra i april, ble en projektskisse utarbeidet sammen med Erland Austreng sommeren 1994. Dette prosjektet ble godkjent av RUBIN's styre på ettersommeren 1994.

Teknologien for fôret som Austreng og Olafsen utviklet har vært basert på alginat (Algibind fra Algea Produkter A/S) som binder og geldanner, og mekanisk stabilt fôr har blitt oppnådd ved pelletering i kalsiumbad. Alginat er en lineær blokk-copolymer bestående av to uronsyrer som skiller seg ved å være C5-epimer av hverandre; -L-guluronsyre og -D-mannuronsyre. En overgang fra løsning til gel ("fast stoff") skjer ved at kalsiumioner bindes kooperativt mellom blokker av guluronsyre slik at et alginatnettverk dannes; dvs. at vi får en overgang fra flere molekyler til et kjempemolekyl. Den kjemiske sammensetningen av alginat varierer mellom de ulike marine algene det isoleres fra, og også når på året algen blir høstet. Som skissert over, så skal vi få det mest kompakte (sterkeste) nettverket med et alginat som har høyest innhold av guluronsyre, eller mer korrekt: som har de lengste guluronatblokkene. Algibind isoleres fra grisetang (*Ascophyllum nodosum*), og har et innhold av guluronsyre på ca.30%. Det høyeste guluronatinnhold finner man i alginat isolert fra stilk hos stortare (*Laminaria hyperborea*), og kan inneholde så mye som 70% guluronat. Dette viser i grove trekk den spennvidden for den kjemiske sammensetningen av alginat man kan spille på, og en problemstilling i dette prosjektet har vært å undersøke hvor langt ned man kan presse alginatinholdet i pelleteringsmassen ved å øke innholdet av guluronat. I henhold til projektsøknaden var hovedmålene å undersøke mulighetene av forbedringer innenfor eksisterende konsept slik at man med kalsium som pelleteringsbad skulle kunne gjøre seg uavhengig av type råstoff. Et annet essensielt mål i dette prosjektet var å evaluere muligheten av å redusere mengden tørre ingredienser for derved å bedre økonomien.

Det finnes prinsipielt to forskjellige teknikker for å gele alginat ionisk. Den ene er den som nåværende konsept hviler på, nemlig en diffusjon av kalsiumioner fra et ytre reservoar inn i en masse som inneholder natriumalginat. Den andre måten dette kan gjøres på er ved såkalt *in situ* geling; dvs. at man har en kalsiumkilde tilstede i Na-alginatløsningen uten at kalsiumionene er tilgjengelige for alginatet; dvs. at kalsiumionene enten foreligger sterkt kompleksbundet eller som tungtløselige salter. Disse ionene frigjøres kontrollert ved bruk av kjemiske agens, gjerne syre, og geling inntreffer (Draget *et al.* 1991). I tillegg til hovedmålet skissert over ble det derfor også skissert et løsningsforslag med bruk av syre som pelleteringsbad i stedet for kalsiumioner, og da med tilsats av tungtløselig kalsiumkarbonat som kalsiumkilde for geling. Hensikten med denne endringen var om mulig å bedre

reproduserbarheten i konseptet og øke anvendeligheten. Fordelen med å bruke proton-gradient er at protonvandring ikke er sammenlignbar med en gradient av kalsiumioner som vil være diffusjon av masse. Protoner vandrer mye raskere, og vil dermed initiere og gjennomgele pellets på kortere tid. I tillegg til den rene ioniske kryssbindingen som skyldes syrekatalysert frigjøring av Ca^{2+} fra karbonatet, så vil en større fraksjon av proteinene i fiskemassen under denne syrebehandlingen få netto positiv ladning slik at man også kan tenke seg rene elektrostatiske interaksjoner mellom positivt ladde proteiner og negativt ladde uronsyrer i alginatet. Dette vil bevirke en ytterligere stabilisering av pellets. Kalsiumkarbonatet var også, i tillegg til å fungere som kalsiumdonor, tiltenkt en rolle som buffer i systemet slik at pH i slutfôret ikke ble så lav at det gikk ut over smakeligheten. En applikasjonsmessig fordel ved denne løsningen er at fôret vil få en initielt bedret konservering ved syrebehandlingen og dermed potensielt lengre lagringstid.

”

MATERIALER OG METODER.

Alginattypene som ble brukt i denne studien er beskrevet i Vedlegg 1. Fiskeråstoff ble velvillig gitt av Midt-Norsk Fôr på Lade, hvor type fisk varierte avhengig av hva som var tilgjengelig for øyeblikket. Feit fisk kunne derfor være både sild og makrell. Loddeolje og LT-mel ble kjøpt fra Stormøllen i Trondheim, og denne bedriften ga også en prøve av sitt eget produkt med ekstrudert hvete. Andre meltyper som ble studert var ekstrudert hvete, mais og tapioka fra Suprex som ble gitt som prøver fra Harald Mathiesen A/S, Oslo. Maursyre ble kjøpt på 25 liters kanne fra Felleskjøpet, og var standard 85 % til bruk for gress-silo. Polyfosfat, kalsiumkarbonat og kalsiumklorid var produsert av Merck og ble levert av Chr. Falckenberg A/S. Soyalecitin ble velvillig gitt som prøve fra Denofa-Lilleborg A/S.

Hvis ikke annet er fastslått i teksten, så gjelder standardoppskrifter gitt i vedlegg 2. Standard meltype som ble brukt var Stormøllen's ekstruderte hvete; ganske enkelt fordi det var det melet som kom først i hus. Alle endringer i mengde tilsatt alginat ble alltid kompensert for med tilsvarende endring i mengde stivelsesmel. Alle endringer i mengde fisk i pelleteringsmassen ble kompensert for med tilsvarende endring i mengde LT-mel. Hvis ikke annet er fastslått, så ble alle tørre ingredienser blandet sammen, satt til fiskemassen (både feit og mager hvis blanding) og blandet i 15 minutter. Ved tilsats av loddeolje, så ble denne tilsatt etter at fisk og tørre ingredienser var blandet i 15 minutter, og pelleteringsmassen ble blandet i ytterligere 5 minutter.

Mekanisk styrke på pellet ble målt etter følgende metode:

Etter henstand på kjølerom over natta, så ble pellets ekvilibrert til romtemperatur og delt opp i 8 mm lange segmenter. Disse prøvene ble karakterisert ved en kompresjonsanalyse med et Stevens LFRA Texture Analyser, og ble klassifisert etter den kraften som var nødvendig for å komprimere pellet-prøven 3 mm ved en hastighet på 0.2 mm/s. Dette er, i reologiske termer, en såkalt "single-point measurement" og er i så henseende et rimelig grovt estimat som vil inneholde både statiske og dynamiske elementer. Så selv om denne metoden ikke er i stand til å gjenspeile subtile forskjeller, så var vi i stand til å skille mellom ulike fôrblandinger med en faktor 10 (fra ca. 20 til ca. 200 g) og var dermed i stand til å grov-inndele fôret med hensyn på mekanisk styrke. Det må påpekes at den behandlingen pellet'en ble utsatt for forut for den mekaniske testen i seg selv er et kvalitetskriterium; vi hadde prøver som hadde form av pellet, men som ikke tålte denne behandlingen og derfor heller ikke ga måleresultater. Det er også klart at denne testen ga rimelig store standardavvik, men at dette nok har sin grunn i den ujevne sammensetningen av pellet'en (innslag av bein, sprekkdannelse o.l.) heller en usikkerhet i selve metoden

A. GELING MED KALSIUMBAD

Etter fullført blandetid, ble massen pelletert ned i en 5% CaCl_2 -løsning (ca. 0.3 M), og gelingstid var 2 minutter. Pellet-prøver ble tatt ut, satt på kjølerom over natta, og styrke på pellet ble målt ved romtemperatur som beskrevet over.

B. GELING MED SYREBAD

Etter fullført blandetid, ble massen pelletert ned i et 5% (av 85%) maursyrebad. Behandlingstid i gelbadet var også her 2 minutter. Hvis ikke annet er fastslått, så var standardmengde kalsiumkarbonat tilsatt fôrblendingen 1.5 g per kilo masse. pH i noen pellet- og pelleteringsmasse-prøver ble målt ved å riste opp en prøve i ionefritt vann og måle pH i væskefasen etter noen tids henstand.

C. FORDØYELIGHETSFORSØK

Fordøyelighetsforsøket ble utført ved AKVAFORSK på Sunndalsøra i ukene 50 og 51 i 1994. Denne forsøksserien ble utført med fôr inneholdende ulik type og mengde alginat. Fôret ble tillaget og frosset i dagsrasjoner i Trondheim, og videresendt til Sunndalsøra.

Fôrsammensetningen var 70% mager fisk, 5% LT-mel, 15% loddeolje og 10% av alginat og ekstrudert hvete tilsammen (m.a.o. ble en endring i alginatinnhold kompensert ved en endring i hvetemel). I tillegg var det tilsatt 1.5g CaCO_3 og 100mg Y_2O_3 (ufordøyelig indikator) for hver kilo ferdig fôr.

Fisken som ble brukt i dette forsøket var laks med middelvekt på ca. 500g. Den ble holdt i 1 m^3 sjøvannskar med en temperatur på mellom 9 og 10°C. Hver av de 8 fôrtypene ble bare gitt til ett kar. Fisken ble gitt forsøksfôret i 8 dager før gjødselstryking. Stryking ble utført manuelt etter standardprosedyrer ved AKVAFORSK.

Prøver av fôr og avføring ble analysert for tørrstoff (frysetørking), yttrium (ICP-spektroskopi), nitrogen (semi-micro-Kjeldahl, Kjeltex-Auto system) og energi (Parr 1271 automatisk bombekalorimeter). Fordøyelighet ble beregnet som følger:

$$\text{Fordøyelighetskoeffisient} = 100 \cdot (D-F) / D$$

D=næringsstoff/indikator i fôr

F=næringsstoff/indikator i gjødsel

RESULTATER OG DISKUSJON

I løpet av denne forsøksserien har det vært utført ca. 110 fôrblandinger, inklusive etterprøvinger og tillaging av fôr for fordøyelighetsforsøk på Sunndalsøra. Jeg har valgt å presentere resultatene ved å nummerere forsøkene i den kronologiske orden de ble utført. Absoluttverdiene på mekanisk styrke kan variere noe mellom forsøksseriene slik at det som blir viktig å vektlegge er de målte forskjeller innbyrdes i samme serie. Jeg har også valgt å dele resultatene inn i to bolker, avhengig av hvilket gelingsbad som er blitt brukt. De viktigste resultatene med hensyn på mekanisk styrke er presentert i tabellform i vedlegg 3 og 4; en tabell for hvert gelingsbad. Jeg har valgt å presentere et utvalg av resultatene heller enn alle slik at de vesentligste momentene blir vektlagt og ikke forsvinner i mengden.

A. KALSIMUMBAD

De to første dagene av denne forsøksserien (blandingene 1-17) var Erland Austreng tilstede for å sikre best mulig overføring av kunnskap fra tidligere prosjekt. Utgangspunktet var oppskrift som skissert i kap. 2.9 (Rubin-rapport 302/36), men med 70% ren feit fisk (makrell) og en oljetilsats på 5%. Algibind- og melinnblanding var hhv. 5 og 20%. Kort skissert, så ble resultatene fra disse forsøkene som tidligere (E. Austreng, pers. komm.): ren feit fisk ga langt dårligere pellets sammenlignet med ren mager. Det ble ikke registrert bedring i de mekaniske egenskapene til feitfisk-pellet om man tok ut Algibind fra resten av det tørre og lot det blande sammen med fisken før LT- og stivelses-mel ble tilsatt. Forlenget blandetid, fra 15 til 30 minutter, ga heller ikke noe positivt bidrag.

For å være på helt sikker side, ble det også utført et innledende forsøk hvor vi pelleterte fôret ned i en NaCl-løsning med samme ionestyrke som kalsiumbadet. Dette for å utelukke at den solidifiseringen som ble observert under pelletering ikke var en uspesifikk ioneeffekt. Og som forventet viste det seg at pellets gikk i oppløsning ved henstand i NaCl-bad. Konklusjonen blir derfor at kalsium er essensiell.

Det ble også utført en serie med "halvblanding" av feit og mager fisk med 5% olje og uten andre tørre ingredienser enn 5% Algibind og 4% hvete. Her ble det observert en økt mekanisk styrke når Algibind fikk gå sammen med den magre fisken i 10 minutter før feit fisk ble tilsatt. Resultatene viser (Vedlegg 3) at hvis denne prosedyren ble fulgt (forsøk 16), så ble det observert 3 ganger høyere mekanisk styrke sammenlignet med hvor feit og mager fisk ble blandet før tilsats av Algibind (forsøk 12). Disse forsøkene viste også at et visst innhold av tørre ingredienser er nødvendig for å få riktig tekstur på pelleteringsmassen. Ved kun tilsats av 5% Algibind ble pelleteringsmassen klebrig og ville ikke slippe kanten av blandekaret. En tilsats av hvetemel som beskrevet over (4%; totalt 9% tørre ingredienser) bedret pelleteringsmassen i så henseende. Dette viser at innholdet av tørre ingredienser med god vannbindingsevne (alginat og ekstrudert stivelse) kan presses ned mot 10% uten at det går utover massens beskaffenhet (forutsatt en god blander).

Men ved etterprøving på et senere tidspunkt, så lot det seg ikke gjøre å reproducere de positive resultatene som ble oppnådd ved å blande alginat og mager fisk før tilsats av feit fisk (forsøkene 34, 35 og 36). Denne serien var lik den som ble skissert i forrige avsnitt (halvblanding mager/feit) bortsett fra at her var det et fullverdig laksefôr med 3% hvete (totalt 7%) og 13% LT-mel i tillegg. Ved å se på resultatene i vedlegg 3, så kan det fastslås at det ikke gjorde noe vesentlig utslag om alginatet ble blandet sammen med feit og mager fisk (#34), sammen med kun mager fisk (#35) eller kun sammen med feit fisk (#36) før resten ble tilsatt. I blandinger med rein mager fisk ble det heller ikke observert noen effekt av om

alginatet ble satt til fisken eller til en blanding av fisk og olje. Dette viser med all tydelighet de variasjoner man kan observere i dette systemet. Det er mulig at det økte innholdet av tørre ingredienser kan ha forårsaket at den positive effekten er blitt borte. Men det må også kunne fastslås at med så mange komponenter og relativt lite vann så blir systemet veldig komplekst molekylært sett. Når man i tillegg er avhengig av en massediffusjon (kalsiumioner) i et slikt system for å bevirke geling, så er det rimelig å anta at variasjonene kan bli betydelige. Det er også mulig at fiskemassens kvalitet kan spille inn; forsøkene 34-36 ble utført med fisk som ikke lenger var helt fersk,

Etter hvert tok imidlertid makrell-sesongen slutt, og vi måtte skifte råstoff til sild. Ved å benytte den samme blandingen som tidligere (68% fisk), så var det kanskje en liten økning å spore i mekanisk egenskap sammenlignet med makrell selv om det heller ikke med sild (#17) var en merkbart, umiddelbar geling slik vi kjenner den fra mager fisk. Heller ikke her ble det observert noen effekt av blandetid og -rekkefølge. Etter at vi nå hadde fått en viss føling med teknikk og problemer med denne prosessen, så var det på tide å forfølge noen av de foreslåtte strategiene for løsning på problemet med pellets basert på ren feit fisk. Et av de aktuelle problemene var tilstedeværelse av fritt kalsium i fiskemassen. Dette kunne bevirke at alginatet eller deler av det tilsatte alginatet gelet før det ble løst i fiskemassen. I sin tur ville dette føre til at alginatets totale kapasitet ikke ble fullt utnyttet. For å undersøke dette, så ble den malte silda tilsatt 2% polyfosfat. Hvis vi sammenligner resultatene fra dette forsøket (#21) med pellets laget uten polyfosfat-tilsats (#17), så ser vi ingen merkbare endringer. Tilsetter vi i stedet 2% EDTA (etylen-diamin-tetraeddiksyre; en sterkere kompleksbinder av kalsiumioner enn polyfosfat), så får vi kanskje en noe bedret mekanisk styrke (#22). Dette kan bety at fritt kalsium har en viss men ikke avgjørende betydning for full utnyttelse av alginatets kapasitet som geldanner. Og det er i alle fall klart at dette problemet, om enn lite, ikke kan løses med aktuell tilsats av kompleksdanner (polyfosfat); EDTA anser jeg som ikke relevant i denne sammenheng, både med tanke på pris og som tilsats i fôr.

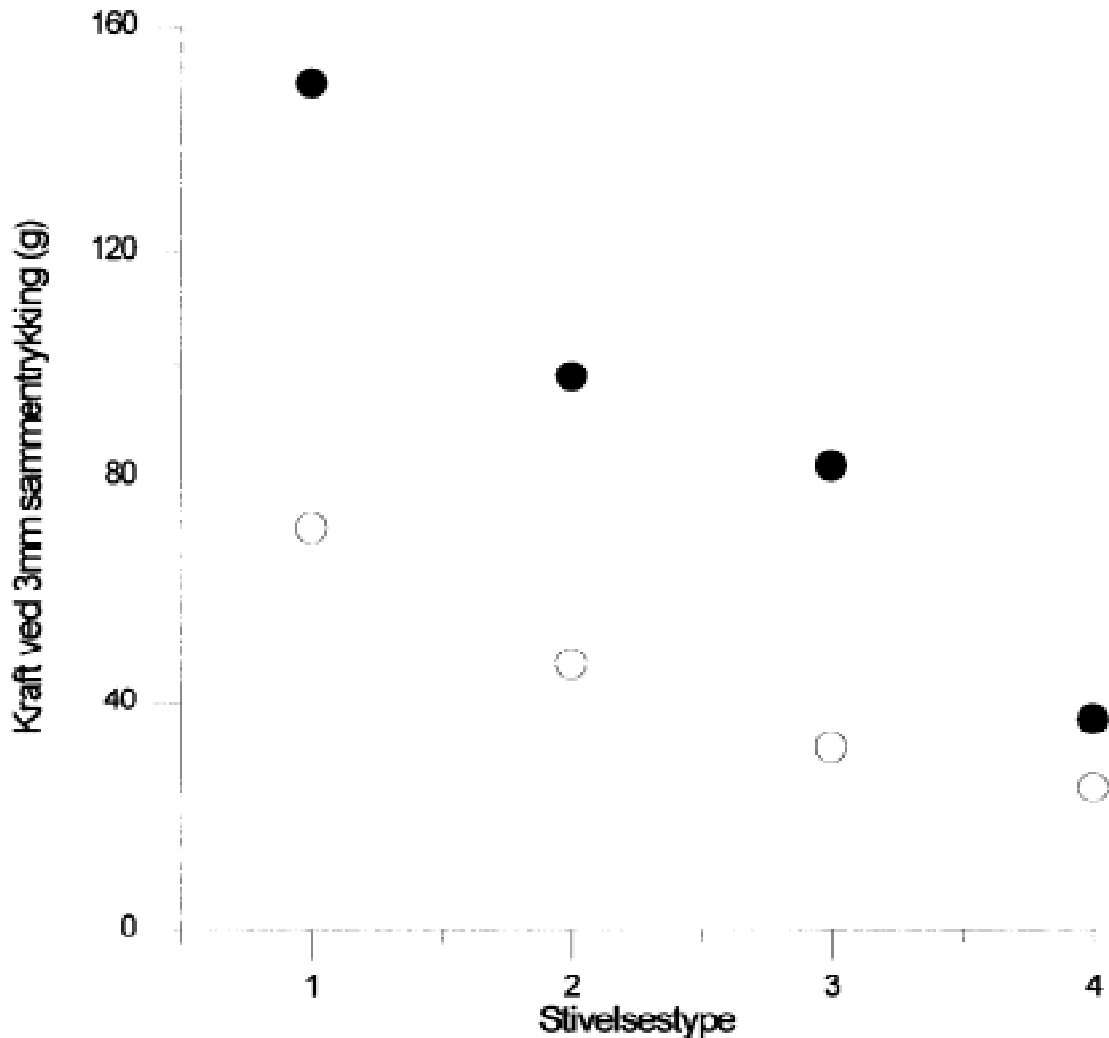
Standard-blandingen av fôr laget av feit fisk ble etter hvert endret til den som er skissert i Vedlegg 2. Gruntanken var at med 85% fisk, så skulle ekstra oljetilsats være unødvendig. Samtidig ble innblandingen av stivelse og LT-mel halvert (til hhv. 3.5 og 6.5%). Alt i alt betyr dette at fôret blir mer prisgunstig. Og sammenligner vi de mekaniske måldata fra denne type blanding (#24) med tidligere standard (#17), så ser vi at de faktisk er minst like gode. Det bør også tilføyes at massen før pelletering oppførte seg like bra. Dermed er et av målene nådd i henhold til prosjektbeskrivelsen; innblanding av tørre ingredienser er redusert og konseptet forbedret økonomisk. For mager fisk er antallet frihetsgrader noe mindre fordi man er tvunget til å blande inn 15% olje. Dette betyr i praksis at det vil by på problemer å presse innholdet av mager fisk opp i mer enn 75% hvis man skal ha inn noe tørre ingredienser (ved siden av alginat) for å sikre riktig tekstur på pelleteringsmassen.

Heller ikke i denne nye standardoppskriften viste det seg at tilsats av polyfosfat ga bedre mekaniske egenskaper, men snarere en reduksjon (#26). For første gang ble det også prøvd å bytte ut stivelseskilde fra Stormøllens hvete til Suprex tapioka. Fra norsk importør ble det opplyst at dette melet skulle ha bedre fettbindingsegenskaper, og dette gjorde tapioka til en interessant ingrediens med tanke på de problemene feit fisk gir. Men i dette forsøket (#25), og i flere andre etterpå, så viste det seg at vi fikk en reduksjon i mekanisk styrke ved bruk av denne meltypen. Grunnen til dette er ikke klar.

Resultatet fra forsøk 28 er en etterprøving av den nye standardoppskriften (85% fisk). Samme dag ble det også for første gang gjort blandinger med ulik type og konsentrasjon av alginat. Blanding 30 er som standardblandingen (#28) men med halve mengden Algibind (2.5%). Mekanisk test viser som forventet en klar nedgang i styrke. Blanding 31 er med 5% stilkalginat (prøve 1 i Vedlegg 1) i stedet for Algibind, og testen viser en sterkere pellet sammenlignet med #28. Dette resultatet er også å forvente med tanke på at dette alginatet har et langt høyere innhold av guluronat sammenlignet med Algibind. Blanding 32 er som #31, men med kun 1% stilkalginat. Vi ser en betydelig reduksjon i mekanisk styrke, men fremdeles er pellets fra dette forsøket sterkere enn med 2.5% Algibind (#30). Dette viser at selv om den mekaniske styrken er lav, så lar det seg gjøre å lage pellets med så lavt alginatinnhold som 1%.

Et annet mulig problemområde som var blinket ut i forbindelse med fôr basert på kun feit fisk, var tilstedeværelse og distribusjon av fett under oppløsning av alginat. For å undersøke om dette var et viktig problemområde, så ble det laget noen blandinger hvor det ble tilsatt emulgator i form av soyabasert rå-lecitin. Blanding 39 er en etterprøving av standardoppskrift (#24), og viser rimelig bra overensstemmelse med tidligere resultater. Blandingene 40 og 41 er ekvivalente med #39, bortsett fra at de inneholder henholdsvis 1 og 5% lecitin. Ut fra resultatene så kan vi spore en reduksjon i mekanisk styrke sammenlignet med #39 heller enn en økning. Ut fra dette kan vi trekke slutningen av at om tilstedeværelse og distribusjon av fett under oppløsning av alginat skulle være et problem, så lar dette seg ikke løse med tilsats av fosfolipider.

For å evaluere effekten av mengde feit fisk i ferdig pellet ble det også gjort en forsøksserie (# 43, 44 og 45) hvor mengde feit fisk (sild) ble variert fra 85 via 80 til 75%. Reduksjonen i mengde fisk ble kompensert for ved å øke mengde stivelse. Fra styrkemålingene ser vi at resultatene er sammenlignbare i alle 3 blandinger. Det kan dermed fastslås at styrken ikke avtar med økende mengde fisk i området 75-85%.



Figur 1 Mekanisk styrke som funksjon av stivelsestype tilsatt. Åpne symboler er for feit fisk-pellet; lukkede for mager. 1=Stormøllen hvete, 2=Suprex hvete, 3=Suprex mais og 4=Suprex tapioka.

Som nevnt, så synes den maksimale grense for innhold av mager fisk å ligge på 75%. Det ble derfor gjort en blanding som inneholdt denne mengden fisk, og 5% LT-mel ble kuttet ut i forhold til standardoppskrift i Vedlegg 2. Resultatene fra denne blandingen (#50) ser ut til å gi pellets av god nok mekanisk styrke, selv om den ligger noe lavere enn standardoppskrift (#53). Også her medførte en tilsats av lecitin nedsatt styrke (#51).

Både for feit og mager fisk ble betydningen av type stivelse evaluert. For mager fisk, så ser vi at både Suprex mais (#54), Suprex hvete (#55) og Suprex tapioka (#56) ligger godt under tilsvarende blanding basert på Stormøllens hvete (#53). For feit fisk er trenden akkurat den samme; Suprex mais (#57), Suprex hvete (#58) og Suprex tapioka (#59) ligger alle noe under hva som hadde blitt oppnådd med Stormøllen hvete med standardoppskrift (eks. #24 og 28). Disse resultatene er også framstilt grafisk (Figur 1). Det som er viktig å merke seg, er at bildet i begge tilfeller er nøyaktig det samme: Stormøllen hvete er bedre enn Suprex hvete som er bedre enn Suprex mais og til slutt kommer Suprex tapioka. Hvorvidt dette resultatet vil være gyldig under alle betingelser er vel uklart, men denne trenden er vel verdt å ha i minne under framtidig arbeid.

På slutten av forsøksserien ble det også gjort forsøk med blandinger av feit og mager fisk (se vedlegg 2 for standardoppskrifter). Dette ble riktig nok gjort med fisk som hadde vært frosset og tint. Blanding 96 var 75% mager/25% feit fisk, #97 var 50/50 og #98 var 25/75.

Resultatene viser, som forventet, at styrke avtar med økende innhold av feit fisk, og at med 75% feit fisk så ble den ferdige pellet for svak til å måle på. Feit fisk i disse forsøkene var makrell. Disse resultatene sier nødvendigvis ikke at sild eller fersk makrell vil oppføre seg på samme måte.

B. SYREBAD

Det første vi var engstelig for ved tilsats av kalsiumkarbonat til pelleteringsmassen var at karbonatet, på grunn av den generelle bufferkapasiteten i fiskemassen, skulle omsettes og mengde fritt kalsium skulle føre til geling i blandekaret. Dette skjedde ikke; pelleteringsmassen var like fin selv etter 1 døgn på kjølerom. Det er imidlertid klart at en omsetning av karbonatet må finne sted fordi pH i pelleteringsmassen ble bestemt til 6.5, og ved denne pH skal karbonatet være omsatt til bikarbonat/karbondioksyd og fritt kalsium. Dette må bety at det i pelleteringsmassen finnes naturlige kompleksdannere som konkurrerer med alginatet om kalsiumionene. Etter de innledende forsøkene ble karbonatet blandet sammen med resten av de tørre ingrediensene uten at dette bød på problemer. Det man skal være oppmerksom på med denne metoden og som er forskjellig fra Ca-bad, er at det ikke er så utpreget tydelig geling umiddelbart, men at styrken kommer etter hvert (også etter at behandlingen i syrebadet er avsluttet)

I begynnelsen ble det tilsatt 5 g CaCO_3 per. kilo pelleteringsmasse, men siden 1.5 g ga like god effekt ble dette standardoppskrift (se også vedlegg 2). De første blandingen ble pelletert ned i 5% eddiksyre fordi maursyre ikke var tilgjengelig.

Blanding #60 (vedlegg 4) var standardoppskrift for feit fisk (85% sild) og standard tilsats av karbonat. Resultatene viser at den mekaniske styrken ikke ligger noe tilbake for Ca-bad. #61 var som #60, men med 5g/kg karbonat. Mekanisk ble fôret ikke signifikant sterkere ved denne økningen. Initielt ble det også utført noen kontrollforsøk for å evaluere betydningen av de ulike ingrediensene. #63 var uten alginat (økt med tilsvarende mengde stivelse) og uten karbonat. Ingen geling ble observert. Forsøk #64 var med alginat men uten karbonat. Resultatet fra dette forsøket viser at også her får vi geldannelse, men at styrken er noe lavere sammenlignet med #60. Dette betyr at man får geldannelse selv uten tilsats av karbonat, og at dette kan skyldes protein-polysakkarid interaksjoner ved den gitte pH, men at det også er en mulighet for at det eksisterer kompleksbundet kalsium i fiskemassen som frigjøres med syrebehandling. Blanding #65 er ekvivalent med #53 (standardoppskrift for mager fisk) men med karbonat. De mekaniske testresultatene viser at styrken er sammenlignbar i disse to forsøkene.

Tabell 1 viser pH i ferdig pellet og pelleteringsmasse i forsøkene skissert i avsnittet ovenfor. Resultatene viser at pH for ferdig pellet i alle tilfeller ligger mellom 5.5 og 5.7. Unntaket fra dette finner vi i #63 (uten alginat og karbonat) hvor pH ligger nærmere 5. pH for pelleteringsmasse (før syrebehandling) ligger rundt 6.5.

Tabell 1 pH i ferdig pellet og pelleteringsmasse for blandingene 60-65. Subskrift p angir pellet, og m angir pelleteringsmasse.

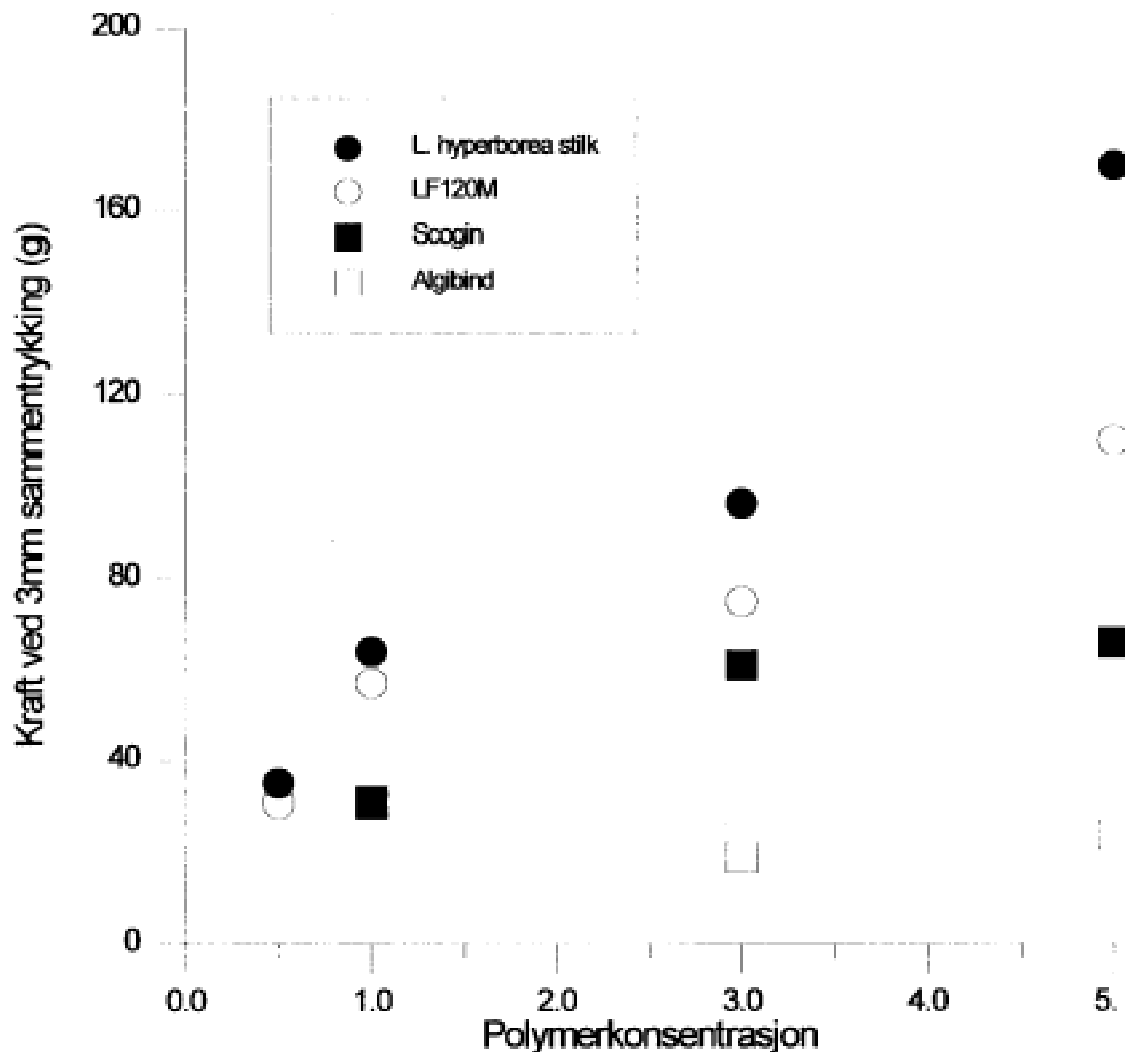
Blanding #	pH
60 _p	5.54
61 _p	5.70
63 _p	5.07
64 _p	5.68
65 _p	5.40
65 _m	6.44

Det ble også gjort noen forsøk med lavmolekylært stilkalginat (LFR 5/60; alginat #2 i vedlegg 1) med bakgrunn i at det skulle være enklere å få lavmolekylært alginat løst i fiskemassen og fremdeles være over såkalt kritisk overlappkonsentrasjon for geldannelse. Resultatene fra denne serien stod imidlertid ikke til forventningene. Det viste seg at dette alginatet ga en svært dårlig pellet som det ikke var mulig å måle styrke på, og veldig lav bindeeffekt i pelleteringsmassen. Vi kan derfor konkludere med at høymolekylært alginat er en forutsetning for en mekanisk god pellet.

Det ble også gjort enkelte forsøk hvor overskudd syre på ferdig pellet ble tatt bort med papir. Verken mekanisk styrke eller slutt-pH endret seg vesentlig med denne behandlingen.

Blandingene 71 til og med 84 er med feit fisk og ulik type og konsentrasjon av alginat. #71, 72 og 73 er med henholdsvis 5, 3 og 1% rent *Ascophyllum*-alginat ("Scogin"; #4 i vedlegg 1). #74 og 75 er med henholdsvis 5 og 3% Algibind (#5 i vedlegg 1). 1% Algibind ble ikke utført grunnet den lave mekaniske styrken som ble observert for 3% Algibind. #77, 78 og 79 er med 5, 3 og 1% Protanal LF120M; et blandingsalginat fra *Ascophyllum* og blad av *L. hyperborea* (#3 i vedlegg 1). #80, 81 og 82 er med 5, 3 og 1% høymolekylært alginat fra stilk av *L. hyperborea* (#1 i vedlegg 1). #83 og 84 er med 0.5% alginat av henholdsvis Protanal LF120M og høymolekylært stilkalginat. For tallmateriale henvises til vedlegg 4.

Figur 2 viser resultatene fra de mekaniske styrketestene i disse blandingene. Det som er interessant å merke seg i denne figuren, er at resultatene stemmer godt overens med det man kan forvente ut fra kjemisk sammensetning av de ulike alginatene: stilk er bedre enn blanding blad/*Ascophyllum* som er bedre enn rent *Ascophyllum* og til slutt kommer grovalginatet som til nå har vært brukt i standardoppskriften. Denne overensstemmelsen mellom mekanisk styrke og alginatets kjemiske sammensetning er betryggende for konseptets reproduserbarhet. Det er også verdt å merke seg at alginatinnholdet kan presses ned mot 0.5%.



Figur 2 Mekanisk styrke som funksjon av ulike alginattype og konsentrasjon.

Forsøkene 85, 86 og 87 er med mager fisk og 1% alginat; henholdsvis Scogin, Protanal LF120M og stilk. Også her kan vi se at styrketesten gir god korrelasjon til alginatets kjemiske sammensetning. Blandingene 88, 89 og 90 er med henholdsvis 25/75-, 50/50- og 75/25-forhold mellom mager/feit fisk (sild). Geldanner var 1% Protanal LF120M. Av resultatene (vedlegg 4) kan vi se, som forventet ut fra tidligere problemer med feit fisk, at den mekaniske styrken går ned med økende innhold av feit fisk.

Mot slutten av prosjektet ble det også sett på hvordan et fiskeråstoff som hadde vært frosset virket inn på den mekaniske styrken til ferdigfôret. Igjen ble vi avhengig av å ta tilgjengelig råstoff, og igjen endte vi opp med makrell som feit fisk. Makrell var det ikke blitt arbeidet med siden de innledende kalsiumbad-forsøkene med ulike blandingsforhold mellom mager og feit fisk. Blanding 91 var standard feit fisk blanding med tint makrell som basis. Ferdigpellet fra denne blandingen ble så dårlig at de ikke lot seg teste. Som neste approksimasjon ble mengde fisk redusert til 80% og da med 5% mer LT-mel (#92). Denne blandingen ga målbar pellet, men resultatene ligger godt under halvparten av standardoppskrift for sild (f.eks. #60). Dette kan skyldes at materialet hadde vært frosset, men det er også vårt inntrykk at makrell generelt er et noe vanskeligere råstoff enn sild. Dette synspunktet støttes også av resultatene oppnådd i blanding 94 som var standard blanding med mager fisk, men nå med fiskemasse som hadde

vært frosset. Disse resultatene viser at det for mager fisk bare er en ubetydelig forskjell mellom frossent og ferskt materiale (jfr. for eksempel #65). Også med materiale som hadde vært frosset gikk det bra å lage fôr (75% fiskemasse totalt) med 50/50 forhold feit/mager (#95).

Siden det ble vist at 1% alginat var nok til å understøtte pelletdannelse, så ble det også gjennomført en blanding med 99% mager fisk og 1% Protanal LF120M med 1.5g/kg CaCO_3 (#99). Dette ga en meget vanskelig pelleteringsmasse å jobbe med, og den ferdige pellet viste en overgang til geltilstand, men med så lav mekanisk styrke at disse ikke var mulig å måle på. Dette forsøket viser igjen at et minimum innhold av tørre ingredienser er nødvendig; både for å få "riktig" konsistens på pelleteringsmassen og bra nok tekstur på ferdig pellet.

Det ble også laget 8 fôr til fordøyelighetsforsøk på Sunndalsøra (se eget kapittel C nedenfor). Disse var basert på mager fisk og loddeolje, og skilte seg fra hverandre på mengde og type alginat. I denne sammenheng ble det også gjort stabilitetsforsøk med hensyn på frysing/tinging av ferdig pellet. Mekanisk testing før og etter frysing viser en nedgang i styrke men ikke dramatisk (jfr. #94 og #94f i vedlegg 4).

Til slutt i dette kapitlet må det nevnes at denne teknologien med geling med syre, som vi trodde vi var alene om, allerede er i bruk. Det eksisterer en teknologi som benyttes av en bedrift i Australia i dag for å lage "pet-food". Det er grunn til å påpeke at 'vårt' konsept med pelletering i syrebad på langt nær er optimalisert; det være seg med hensyn på både type syre og konsentrasjon samt fôrets behandlingstid i syrebadet. Dessverre kan vi heller ikke trekke noen direkte veksler på den metoden som i dag benyttes til "pet-food" fordi denne skiller seg litt men essensielt fra syrepelletering. I "pet-food" prosessen blir massen av kjøtt/alginat/karbonat/stivelse *tilsatt* syre før denne blandingen blir ført ut på et transportbelte. Etter ca. 1/2 minutt geler massen og kan deretter kuttes opp i passende 'chunks' med kniver. Det foregår m.a.o. ingen pelletering i vår forstand. Det som er sammenlignbart i de to prosessene er selve blandingen før syrebehandling. Det viser seg at blandetid i de to prosessene er sammenlignbar; fra ca. 1/2 time og oppover. Det er ingen begrensning i hvor lenge denne blandingen kan gå, ofte opp til noen timer. Dette er *ikke* for å øke effektiviteten, men heller for å tilpasse produksjonen til prosessen (K.O. von Husby, pers. komm.). I "pet-food" prosessen brukes helst sitronsyre (gir best resultat) men på grunn av pris blir eddiksyre i praksis brukt mest.

C. FORDØYELIGHETSFORSØK

I tidligere utførte fordøyelighetsforsøk med fôr gelet i kalsiumbad, ble det ikke påvist uheldige effekter med så mye som inntil 9% innblanding av Algibind. Det ble derfor også bestemt å utføre et enkelt fordøyelighetsforsøk med syregelet fôr til laks inneholdende ulike alginattyper og -mengder. Sammensetning av de 8 ulike fôrtypene og resultatene på fordøyelighet og fôropptak er gitt i vedlegg 5.

Under fôringforsøket viste det seg at konsistens og tekstur på noen av fôrtypene ble noe "i hardeste laget" for fisken. Dette forholdet forverret seg med tid fra opptining; spesielt fôr 4 og 5 ble etter hvert meget elastisk og gummiaktig. Disse fôrtypene så ikke ut til å falle i smak hos fisken, og det ble derfor også svært lite gjødsel fra disse fiskegruppene. Dette resultatet stemmer godt overens med alginatets kjemiske struktur og geldanningsevne; alginattypene som ble brukt i disse fôrtypene har høyest potensiell gelstyrke.

Dette fordøyelighetsforsøket var ment som en enkel test og variasjonen i resultatene er stor. Generelt er det noe lave koeffisienter i hele serien; dette skal likevel ikke vektlegges som et resultat av alginatinnblanding. Et parallelt forsøk med tørrfôr viste sammenlignbare størrelser.

Algibind var ment som "kontroll" og oppførte seg som forventet. Resultatene viser videre at 3% innblanding av renframstilte alginater var i meste laget; en for hard konsistens ga redusert fôropptak som resultat (spesielt 4 og 5). Innblanding av 1% alginat har tilsynelatende fungert bra, og forsøyelighetskoeffisientene avslører ingen uheldige effekter. Men hvis noen av disse alginattypene skulle bli ansett som aktuelle i praktisk bruk, så må det selvsagt utføres mer inngående forsøksserier.

KONKLUSJON OG OPPSUMMERING

A. KALSIOUMBAD

1. Det er fullt mulig å lage et fôr bestående av 100% feit fisk (opptil 85% av totalmengde) så lenge det dreier seg om fersk sild. Frossen sild er ikke undersøkt. Makrellen er noe verre, men det er fullt mulig å lage bra fôr med 50% innblanding av makrell. Makrellen blir i hvert fall ikke bedre med frysing.
2. Ulempen, slik vi oppfatter det, er at variasjonene i fôrets mekaniske egenskaper varierer for mye; fra batch til batch med fisk og i verste fall også fra dag til dag. Noe av forklaringen på det siste kan være knyttet til at ferskheten på fiskeråstoffet også kan ha betydning.
3. Det er lite å hente på blandetider over 15 minutter (+5 minutter for eventuell olje). Alle tørre ingredienser kan blandes sammen til ett "mel" før dette tilsettes fisken.
4. Ingen fordelaktige effekter ble observert ved tilsats av kompleksdanner (polyfosfat) eller emulgator (fosfolipider); i noen forsøk førte dette til nedsatt mekanisk styrke. Som stivelseskilde synes hvete å være bedre sammenlignet med mais og tapioka.
5. Tørrstoff må til; både for å få en god pelleteringsmasse som ikke kleber, og for å få god fôrkvalitet. For feit fisk antar vi at øvre grense ligger i nærheten av 85%, mens den er nær 75% for mager fisk (på grunn av tilsats av olje). Men essensielt for konseptets økonomi er at tilsatsen av tørre ingredienser trenger ikke å være større enn ca. 10%.

B. SYREBAD

1. Dette er i utgangspunktet en endring av det eksisterende konseptet. Men endringen er ikke dramatisk; den består i å skifte pelleteringsbad samt tilføre små mengder ekstra tørre ingredienser. Kostnadmessig er det ikke utført kalkyler, men det er ingen grunn til å antyde vesentlige kostnadspåslag. Rent prosessteknisk er den enklere fordi man lettere kan tenke seg kontinuerlig produksjon på grunn av at man med et enkelt pH-meter kan sjekke forbruk av syre. Dette pH-meteret kan kobles til en automatisk titrator som tilsetter syre ved en økning i pH. Man er også sikret mot mikrobiell vekst i pelleteringsbadet. En stabil, ferdiglaget pelleteringsmasse åpner for muligheten av tillaging på sentralt fôrkjøkken hvis ønskelig.
2. Systemet ser ut til å gi bedre reproduserbarhet enn kalsiumbad, og mekaniske egenskaper på ferdig fôr følger det man skal forvente ut fra den kjemiske sammensetningen av de alginatene som har vært forsøkt. Alginatkonsentrasjonen kan presses ned mot 0.5%. Også her holder det med 10% tørre ingredienser.
3. Alle mulige kombinasjoner av feit og mager fisk kan lages (basert på fersk sild som feit fisk). Innblanding av makrell bør ikke overstige 50% av total fiskemasse.
4. pH på det ferdige fôret er akseptabel og ligger mellom 5.5 og 6.
5. Hvis det skulle bli aktuelt å modifisere synkehastigheten på fôret, så kan dette gjøres ved tilsats av mer karbonat (eventuelt bikarbonat) som gir CO₂-utvikling under syrebehandlingen.

6. Grunnet syrebehandling ved pelletering er det grunn til å tro at dette fôret vil ha bedre lagringsstabilitet.

7. Ut fra resultater, inntrykk og rent prosesstekniske grunner, så mener forfatteren at dette konseptet bør testes ut også i stor skala og utredes videre som kanskje den mest lovende teknikken for å lage våtfôr til fisk.

Med tanke på storskalaproduksjon hos bruker vil det nå være naturlig at innsatsen konsentreres om optimalisering på oppskaleringssiden. Det er allerede utført et storskala-forsøk hos Vikenco A/S på Aukra hvor flere parametere ikke var optimalisert. Dette forsøket viste at det var mulig å lage pellets i stor skala med maursyre som gelingsbad, men at den mekaniske langtidsstabiliteten var for dårlig. Følgende parametere må optimaliseres hos bruker:

I. Pelleteringseenhet med tanke på mindre tørre ingredienser i fôrblandingen (som medfører et bedre økonomisk fundament), og dermed også våtere pelleteringsmasse.

II. Behandlingstid i gelbadet. Denne parameteren er ikke undersøkt i detalj i laboratoriet, og det er mulig at denne vil måtte øke noe når vi går over til pellets med større volum. Dette punktet understøttes av den observerte dårlige langtidsstabiliteten på pellets laget ved Vikenco A/S; kombinasjonen av større pellet og kortere oppholdstid i syrebadet kan medføre at pH stiger for mye over tid slik at man for eksempel mister den positive elektrostatiske interaksjonen mellom alginat og positivt ladede proteiner ved lavere pH.

III. Man bør tilstrebe å benytte hvete som stivelseskilde siden denne er vist å gi bedre mekaniske egenskaper sammenlignet med andre meltyper.

IV. Det er også mulig at man kan bedre mekanisk kvalitet ved å endre forholdet mellom fiskemel og stivelse. Med økt mengde fisk i blandingen så bør man kunne gå ned på mengde LT-mel og erstatte det med stivelse. På kostsiden bør det også evalueres om LT-kvalitet er ernæringsmessig nødvendig siden fersk fisk blir brukt i denne anvendelsen.

V. Utforming av blander og blandetid bør også kartlegges og optimaliseres. Det er klart at en redusert blandetid vil medføre større produksjon per tidsenhet (bedret økonomi) og samtidig redusere faren for skjær-destruering av alginat i den grad det måtte være et problem.

VI. Selv om "Algibind" vil være standardalginat for denne anvendelsen også for framtiden, så vil vi kanskje bli nødt til å se litt nærmere på alginattype og konsentrasjon.

SLUTTKOMMENTAR

Jeg vil med dette takke alle enkeltpersoner og institusjoner/bedrifter som har gjort dette prosjektet mulig. Spesielt nevnes:

- ingeniør Ingrid Aune er den som har utført det meste av det praktiske arbeidet; hun har tatt det meste med godt humør, ukesgammel sild inkludert.
- Midt-Norsk Fôr A/L ved daglig leder Knut Arne Selbekk må takkes for at jeg fikk lov til å forstyrre i prosessen for å ta ut fisk til forsøksseriene.
- Professor David Levine stilte velvillig plass til disposisjon i "Pilothallen" på NTH slik at forsøkene kunne gjennomføres uten at kolleger ved Instituttet ble plaget unødig.
- SINTEF Havbrukssenter på Brattøra ved Herborg Håland lånte ut sin Hobarth blandemaskin fra fôrkjøkkenet.
- Harald Mathiesen A/S i Oslo ved Hans Petter Moen ordnet og leverte prøver på Suprex-kvaliteter fra Nederland.
- Stormøllen A/S i Trondheim ved Frank Melhus ga prøve av sin ekstruderte hvete.
- Denofa-Lilleborg i Fredrikstad ved Tor Kristoffersen ga prøve av sitt rå-lecitin basert på soya.

Til slutt vil forfatteren få lov til å takke for godt samarbeid med Sigrun Bekkevold og Øistein Bækken ved RUBIN og Jarle Nerbøvik ved Vikenco A/S.

REFERANSER

1. RUBINFÔR til oppdrettsfisk; Algibind i våtfôr - Effekt på fordøyelighet (Rapport nr. 302/8)
2. RUBINFÔR til oppdrettsfisk; Tekniske undersøkelser av gelbehandlet fiskefôr (Rapport nr. 302/9)
3. RUBIN-fôret. Våtfôr til oppdrettsfisk. Utprøving av teknikk og fôringsforsøk (Rapport nr. 302/36)
4. KI Draget, K Østgaard & O Smidsrød (1991) Homogeneous alginate gels; A technical approach. *Carbohydr. Polym.* **14**: 159-178

Vedlegg 1 Egenviskositet ($[\eta]$) og kjemisk sammensetning av de alginater som har vært benyttet i dette prosjektet. Egenviskositet er også et uttrykk for molekylvekt hvis man sammenligner alginater med lik kjemisk sammensetning (#1 og 2). F_G og F_M angir fraksjonene av henholdsvis guluronat og mannuronat i de ulike alginatene. F_{GG} angir fraksjonen av guluronat i nabo med guluronat, F_{MM} angir den samme fraksjonen for mannuronat og $F_{GM, MG}$ angir fraksjon av alternerende struktur. n.d.=ikke bestemt.

Alginatprøve og type	$[\eta]$ (dl/g)	F_G	F_M	F_{GG}	F_{MM}	$F_{MG, GM}$
1. Høymolekylær <i>L. hyperborea</i> stilk (Batch 048319)	11.6	0.68	0.32	0.58	0.21	0.11
2. Lavmolekylær <i>L. hyperborea</i> stilk (Protanal LFR 5/60)	1.7	0.69	0.31	0.58	0.19	0.11
3. Blanding <i>L. hyperborea</i> blad og <i>Ascophyllum</i> (Protanal LF 120 M)	7.1	0.44	0.56	0.28	0.40	0.16
4. Ren <i>Ascophyllum</i> (‘Scogin’; SLP 1607)	9.3	0.35	0.65	0.19	0.49	0.16
5. <i>Ascophyllum</i> grovalginat (‘Algibind’)	n.d.	0.36	0.64	0.24	0.52	0.12

Vedlegg 2 Standardoppskrifter benyttet i denne studien (mager/feit/blandinger). Alle verdier i gram og vektprosent. Ved pelletering i syrebad kommer 3.0 g CaCO₃ i tillegg (til 2 kilo pelleteringsmasse).

Ingrediens	Pellet basert på mager fisk	Pellet basert på feit fisk	25/75 Mager/Feit	50/50 Mager/Feit	75/25 Mager/Feit
Mager fisk	1400 (70%)	-----	350 (17.5%)	700 (35%)	1050 (52.5%)
Feit fisk	-----	1700 (85%)	1280 (64%)	850 (42.5%)	426 (21%)
Alginat	100 (5%)	100 (5%)	100 (5%)	100 (5%)	100 (5%)
Hvetemel	100 (5%)	70 (3.5%)	77 (4%)	90 (4.5%)	95 (5%)
LT-mel	100 (5%)	130 (6.5%)	123 (6%)	110 (5.5%)	105 (5%)
Loddeolje	300 (15%)	-----	70 (3.5%)	150 (7.5%)	225 (11.5%)
Totalt	2000 (100%)	2000 (100%)	2000 (100%)	2000 (100%)	2001 (100%)

Vedlegg 3 Resultater fra mekaniske tester på fôrpellet ved bruk av CaCl₂ som gelbad.

Blanding #	Deformasjonskraft (g)	Standardavvik (±g)
12	58	7
16	170	10
17	63	17
21	69	2
22	114	11
24	71	5
25	45	5
26	61	8
28	69	8
30	18	3
31	100	2
32	28	8
34	102	5
35	109	9
36	93	17
39	101	2
40	75	10
41	86	20
43	143	33
44	127	8
45	133	13
50	134	17
51	82	9

53	150	10
54	82	11
55	98	2
56	37	7
57	32	2
58	47	5
59	25	4
96	87	8
97	57	9

Vedlegg 4 Resultater fra mekaniske tester på fôrpellet med syre som pelleteringsbad.

Blanding #	Deformasjonskraft (g)	Standardavvik ($\pm$g)
60	73	7
61	54	10
63	ingen geling	-----
64	55	5
65	131	9
71	66	3
72	61	8
73	31	1
74	24	4
75	19	5
77	110	10
78	75	5
79	57	7
80	170	26
81	96	20
82	64	7
83	31	4
84	35	3
85	99	20
86	105	5
87	151	23
88	47	5

89	66	11
90	108	4
92	29	3
94	125	11
94f	90	17
95	79	10

Vedlegg 5 Tabell over fôropptak og fordøyelighetskoeffisienter mellom de ulike fôrtypene som ble testet ved AKVAFORSK på Sunndalsøra. De ulike alginatenes kjemiske sammensetning er gitt i Vedlegg 1.

ALGINATTYPE OG -MENGDE	Fôropptak (%)			Fordøyelighetskoeffisienter		
	17/12	18/12	21/12	Tørrstoff	Protein	Energi
1. Algibind (5%)	100	100	100	58	74	75
2. Algibind (3%)	100	100	100	59	69	79
3. "Scogin" (3%)	50	70	90	52	70	73
4. LF120M (3%)	0	0	10	58	-	71
5. 048319 (3%)	10	10	20	59	-	-
6. "Scogin" (1%)	100	100	100	60	80	80
7. LF120M (1%)	100	100	100	58	75	80
8. 048319 (1%)	100	100	100	57	70	79