

Rapport nr. 302/9

RUBINFÔR TIL OPPDRETTSFISK

delrapport 11

TEKNISKE UNDERSØKELSER AV GELBEHANDLET FISKEFÔR



RAPPORT-TITTEL

RUBIN-FÔR TIL OPPDRETTSFISK – delrapport II Tekniske undersøkelser av gelbehandlet fiskefôr

RAPPORTNUMMER	302/09	PROSJEKTNUMMER	302
UTGIVER	RUBIN	DATO	01.12.92

UTFØRENDE INSTITUSJONER

Norges landbrukshøgskole

Institutt for tekniske fag

Postboks 5065

1432 Ås

Telefon: 09 948700

Kontaktperson: Odd Ingar Widnes

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Generelt om prosjektet

Målet er å skape en mulighet for lokal utnyttelse av biprodukter fra fiskeriene ved å utvikle og utprøve et nytt våtfôrkonsept for fiskeoppdrett. Dette søkes oppnådd ved å produsere et fôr som vil gi oppdretter en bedre økonomi. Fôret må ha markedsmessig potensiale til å ta unna vesentlige mengder biprodukter. Fôret skal være konkurransedyktig med tørrfôr mhp. pris og ha et næringsinnhold som gjør at oppdrettsfisken produseres med god tilvekst og kvalitet. Det skal utvikles metoder for størst mulig grad av automatisk behandling av fôret fra innkjøp av råvarer til utføring på merdkanten. Fôret skal produseres med lite mel og mye biprodukter. Fôret tilsettes en binder for deretter å geles i et kalsiumklorid-bad. Konseptet er basert på sentralt fôrkjøkken for å sikre rasjonell produksjon, jevn tilgang på fôr og sikker kvalitet. Pelletering og geling gjøres av oppdretter.

Innenfor prosjektet skal man gjennomføre utprøving og optimalisering av fôrresepser, utstyr og metoder for fôring av laks. Føringforsøk skal utføres for å dokumentere at dette er et fullverdig fôr til laks.

Delrapport 11 – orienterende forsøk

RUBIN-fôret, som er under utvikling, skal produseres med mye biprodukter og lite mel (<15 %). For å tilfredsstillende konsistens på fôret, blandes det i en binder - Algibind (produsert av Algea Produkter). Etter pelletering slippes fôret opp i et kalsiumklorid-bad for geling. Undersøkelsene gikk i hovedtrekk ut på å produsere våtfôr med forskjellig innhold av binderen (2,5 og 5 %), for deretter å undersøke de tekniske egenskapene til dette fôret etter ulike oppholdstider i Ca-badet (1,3,5 og 10 min). Fôret ble sammenlignet med tradisjonelt mykfôr med 40 % innblanding av mel. Resultatene viser at det var stor forskjell på fôret med 2,5 og 5 % binder der 2,5 % innblanding er for lite, mens 5 % innblanding gir en tilfredsstillende konsistens.

Det var liten forskjell på fôret med hensyn på ulike oppholdstider i gelingsbadet. Synkehastigheten for fôret var vesentlig lavere enn for mykfôr og tørrfôr, og gelbehandlet fôr ble svært lite oppløst i vann etter over ett døgn i vannbad sammenlignet med mykfôr. Etter lagring ble konsistensen ytterligere forbedret og fôrpartiklene klistret seg lite sammen. Fôret klebrer i liten grad til PVC og aluminium.

Stiftelsen RUBIN
Pirsenteret, Brattøra
7005 Trondheim

Telefon 73 51 82 15
Telefax 73 51 70 84

INNHold

Sammendrag	2
Innledning	3
Prøveplan og beskrivelse av metoder	3
Gjennomføring	6
Forsøksopplegg	7
Resultater og diskusjon	8
1. Volumvekt og tørrstoffinnhold.	8
2. Synkehastighet	10
3. Hygroskopiske egenskaper.	12
4. Oppløselighet i vann	13
5. Rasvinkel.	15
6. Motstand mot ytre påvirkninger	15
7. Klebing til Al og til PVC	18
Sluttkommentarer	18
VEDLEGG:	21

TEKNISKE UNDERSØKELSER AV GELBEHANDLET FISKEFÔR.

Sammendrag

På oppdrag fra stiftelsen RUBIN ble det ved ITF utført prøver med en ny type våtfôr for fiskeoppdrett "gelbehandlet våtfôr". Undersøkelsene gikk i hovedtrekk ut på å produsere et gelbehandlet våtfôr med forskjellig innhold av Algibind, og å undersøke de tekniske egenskapene til dette fôret etter forskjellige oppholdstider i Ca-bad. To fôrkvaliteter skulle undersøkes, fôrkvalitet **A** med 5 % Algibind og fôrkvalitet **B** med 2,5 % Algibind.

Fôrkvalitetene A og B skulle prøves etter **fire** forskjellige tider i Ca-bad. Resultatene fra undersøkelsen skulle sammenstilles med tilsvarende kjente parametere for tørrfôr.

Undersøkelsene omfatter volumvekt og tørrstoffbestemmelse, synkehastighet i vann, hygroskopiske egenskaper, motstand mot ytre påvirkninger, oppløselighet i vann, rasvinkel og klebrighet til Al og PVC.

Innledende forsøk viste at fôret hadde en helt annen konsistens enn det som var forutsatt.

Fôret var mykt og ved sammenpressing ble fôret tilsynelatende varig deformert. Da fôret var mer likt mykfôr enn tørrfôr ble det laget et mykfôr med kjent innhold for den videre sammenligningen, fôrkvalitet C. Det var ikke mulig å produsere pellets av våtfôret før gelbehandling.

Resultatene fra prøvene viser at det var relativt stor forskjell på fôrkvalitetene med hensyn på innholdet av Algibind, mens det var relativt liten forskjell på kvaliteten med hensyn på de forskjellige oppholdstidene i Ca-badet. Fôr B var helt klart av for dårlig kvalitet og det ble av den grunn ikke gjennomført alle prøvene med denne kvaliteten.

Resultatene viser at volumvekten for fôr B i gjennomsnitt var 719 g/l, dette er 24 % høyere volumvekt enn for fôr A og 31 % høyere enn for fôr C. Normal volumvekt for tørrfôr er ca. 650 g/l. Det var relativt liten forskjell på tørrstoffinnholdet i fôr A og fôr B, mens tørrstoffinnholdet i fôr C var i gjennomsnitt 18 prosentenheter høyere. Til sammenligning har tørrfôr et tørrstoffinnhold på over 90 %.

Synkehastigheten for fôr A var høyere enn for fôr B, mens synkehastigheten for fôr C var over dobbelt så høy som for fôr B. Etter at fôret hadde vært lagret økte synkehastigheten til fôrpartiklene i forhold til synkehastigheten for ferskt fôr. Synkehastigheten til fôr A ligger ca. 50 % lavere enn tilsvarende tørrfôr hvor synkehastigheten ligger mellom 12 og 14 cm/s.

Resultatene viser at det gelbehandlede fôret nesten ikke blir påvirket av opphold i fuktig og rått klima og i vann, mens fôr C får en raskt vektøkning ved opphold i vann og går raskt i oppløsning.

Det gelbehandlede våtfôret må karakteriseres som plastisk og ser ut til å bli varig deformert etter ytre påvirkning. Etter lagring viste det seg at fôrpartiklene nesten ikke klistret seg sammen og ved berøring gled partiklene lett fra hverandre. Fôr C hadde en klart hardere konsistens enn fôr A og fôr B. Det var liten forskjell på fôrets konsistens etter lagring i ca. et døgn. Fôret tålte ikke pumpetesten, fôret gikk raskt i oppløsning.

Undersøkelsene viste at fôret i svært liten grad klebet seg til Al og PVC.

Innledning

På oppdrag fra RUBIN prosjektet ble det ved ITF utført undersøkelser for å vurdere tekniske egenskaper ved en ny type fiskefôr, senere omtalt som gelbehandlet våtfôr. Videre ble det gjort teoretiske betraktninger om mulighetene for praktisk bruk av fôret. Følgende bedrifter har vært med i prosjektet:

RUBIN (prosjektansvarlig).

Algea (produserer alginat, testing av fôr).

Asmico (fôringsutstyr, teknisk uttesting).

ITF (tekniske egenskaper til fôret).

Målet med RUBIN's våtfôrprosjekt er å produsere et fôr til fiskeoppdrett som inneholder størst mulig (grad av våte fôrmidler (bilde 1)). Fôrmidlene skal komme fra biprodukter, dvs. avfallsprodukter produsert av fiskerierne, evt. fra oppdrett noar sykdom/smitteproblem er løst. Fiskeavfallet skal blandes med et bindingsmiddel (Algibind) , med en relativt liten andel fiskemel og evt. fiskeolje før det blir pelletert og behandlet i kalsiumbad (Ca - bad). Ca badet skal lage en gelhinne utenpå fôret. Etter denne behandlingen skal fôret være ferdig til utfôring. Fôret må også være konkurransedyktig i pris med tilsvarende tørre fôrmidler.

Bilde 1. To kar med fiskeavfall som skal brukes i produksjonen av gelbehandlet våtfôr.

Karet til venstre viser avfall fra feit fisk, i hovedsak makrell, karet til høyre viser mager fisk, i hovedsak torsk og kolje.

Utgangspunktet for prøvene var at det gelbehandlede våtfôret skulle sammenlignes med egenskapene til kjent tørrfôr, dvs. at vi skulle bruke de samme metoder og utstyr som blir brukt for å bestemme og sammenligne tørrfôr. Det ble laget et prøveopplegg med dette som utgangspunkt.

Følgende egenskaper ved det aktuelle fôret skulle undersøkes:

1. Synkehastighet.
2. Bruddstyrke.
3. Elastisitetsmodul.
4. Hygroskopiske egenskaper.
5. Oppløselighet i vann.
6. Rasvinkel.
7. Klebing til Al og PVC.

Resultatene fra undersøkelsene skulle sammenholdes med tilsvarende parametere for tørrfôr.

Prøveplan og beskrivelse av metoder

Opplegg for prøving av gelbehandlet vatrer:

A. SYNKEHASTIGHET (cm/s)

Utstyr :

- Sylinder med vann.
- Stoppeklokke.

Metode:

Slipper 5 tilfeldige valgte partikler en og en ned i sylindren og tar tida p'a 1,15 m synk og beregner synkehastigheten (cm/s).

Fôret slippes 30 cm over vannflata og synker 40 cm før en starter klokka.

B. OPPLØSELIGHET I VANN**Utstyr:**

Kar med sil.

Rører med magnet.

Vekt - digital for innveining av prøver.

Plastposer m/glidelås for uttak av prøver.

Metode: (Beskrevet i ITF-Notat Nr.158/92)

Tar ut 3 prøver à 100.0 gram fra hver fôrtype. Forsegler og merker 1 av dem for tørrstoffbestemmelse.

De andre prøvene legges i hver sin sil og hvert sitt kar med 1,5 liter vann. Den ene prøven for omrøring (dvs. sirkulerende vann), den andre i stillestående vann. Prøvene vil bli vurdert ved henholdsvis 30 min, 60min, 20 min og 240 min.

C. RASVINKEL**Utstyr:**

PVC - plate 50 cm x 50 cm.

Vater.

Tot-nmestokk.

Sylinder i perspex, diameter 100 mm og høyde 200 mm (1,571).

Metode:

Sylinderen fylles 20 cm høyt hver gang = 1,57 l fôr.

Sylinderen løftes vekk.

Måler høyde og diameter på kjeglen. Beregner rasvinkel.

D. KLEBRIGHET**Utstyr:**

Sylinder som beskrevet under C.

PVC – plate

Al – plate

Tommestokk

Metode:

Reiser plata sakte opp til alt fôr har rast av. Måler høyde og beregner vinkel.

Hvis ikke alt raser: Reiser plata opp til loddrett med en jevn bevegelse. Holdes der 5 sek.

Legges ned igjen (tilbake).

Fastklebet fôr veies.

E. ELASTISITETSMODUL OG BRUDDSTYRKE**Utstyr:**

Lloyd L 100 R materialprøveinstrument

Metode:

Utføres i henhold til prøveplan beskrevet i **ITF-notat nr. 124/91**

F. VOLUMVEKT**Utstyr:**

En - liters målesylinder.

AL-plate.

Vekt.

Metode:

En liter fôr måles opp, strykes av og veies.

G. FÔRETS HYGROSKOPISKE EGENSKAPER.**Utstyr:**

Fordampingskasse m/varmekolbe, termometer og omrører.

Petriskåler.

Vekt.

Metode:

En fôrprøve ca. 50 g tas ut og settes i luft med 100 % rel. fuktighet . Prøvene vil bli veid etter 20 timer og etter 24 timer for å registrere evt. vektøkning.

Gjennomføring

Prøvene ble gjennomført ved Institutt for husdyrfag, pelsdyrgården ved NLH den 27., 28. og 29. oktober 1992. Tilstede under prøvene var en representant fra RUBIN, en representant fra Asmico, en representant fra Algea, to representanter fra ITF og en representant fra fôrkjøkkenet.

Spesielle forhold ved gjennomføringen

Det var stor usikkerhet omkring hvordan det aktuelle fôret ville se ut. Forskjellige fôrblandinger ble derfor laget og det ble raskt klart at deler av det prøveopplegget som var bestemt ikke kunne gjennomføres. Det gelbehandlede våtfôret hadde en helt annen konsistens enn forutsatt.

Det ble klart at det aktuelle fôret ikke direkte kunne sammenliknes med tørrfôr, men var mer likt mykfôr. Fôret var mykt og ved sammenpressing ble fôret tilsynelatende varig deformert. Fôret må karakteriseres som plastisk. Da fôret var mer likt mykfôr ble det laget et mykfôr med kjent innhold for den videre sammenligningen. Under de tekniske prøvene ble mykfôret kjørt soim en parallell til de andre prøvene.

Det ble klart at det ikke var mulig å måle noen bruddstyrke og heller ikke beregne noen elastisitetsmodul på de gelbehandlede våtfôret. På grunn av fôrets konsistens og det utstyret som ble brukt under forsøkene var det ikke mulig å produsere pellets av våtfôret før gelbehandling (bilde 2 og 3). Alle fôrprøvene ble derfor behandlet i Ca - badet i relativt lange lengder (bilde 4).

Bilde 2 Produksjon av gelbehandlet våtfôr. Det viste seg at fôret var for bløtt til at det utstyret som ble brukt kunne lage pellets. Når kniven skulle kutte strengene ble fôret klint sammen til en deig.

Bilde 3 Produksjon av fôret etter at kniven, som skulle lage pellets, var tatt bort. Fôret kommer ut av matrisen som lange pølser.

Bilde 4 Produksjon av gelbehandlet våtfôr. Fôret ble laget i lengder som vist på bildet. Fôret gikk rett fra matrisen og ned i Ca- badet uten å bli kuttet.

Fôrprøvene ble produsert i et rom med 18,6°C og 80 % R/H, mens den videre behandlingen skjedde i et rom med 17,5 °C og 40 % R/H. Kraft- og energimålingene med hensyn på motstand mot ytre påkjenninger ble gjort på ITF i vanlig inneklime.

Forsøksopplegg

Forsøket gikk i hovedtrekk ut på å produsere et gelbehandlet våtfôr for oppdrettsfisk med forskjellig innhold av Algibind, og å undersøke de tekniske egenskapene til dette fôret etter forskjellig oppholdstider i Ca-bad.

To fôrkvaliteter skulle undersøkes (fôr **A** og fôr **B**), samt et mykfôr for sammenligning (fôr C). Fôret skal prøves etter fire forskjellige tider i **Ca - bad**.

Følgende forsøksoppstilling ble benyttet:

- A1** 5,0 % Algibind og 1 min i Ca-bad.
- A2** 5,0 % Algibind og 3 min i Ca-bad.
- A3** 5,0 % Algibind og 5 min i Ca-bad.
- A4** 5,0 % Algibind og 10 min i Ca-bad.

- B1** 2,5 % Algibind og 1 min i Ca-bad.
- B2** 2,5 % Algibind og 3 min i Ca-bad.
- B3** 2,5 % Algibind og 5 min i Ca-bad.
- B4** 2,5 % Alcibind og 10 min i Ca-bad.

- C1** Mykfôr for sammenligning.

Resultater og diskusjon

1. Volumvekt og tørrstoffinnhold.

Tabell 1 Volumvekt (g / l) for A.

Fôrtype	1	2	3	4	5	Xbar (g/l)
A1	608	596	620	585	625	607
A2	585	564	590	582	567	578
A3	557	572	555	572	573	566
A4	565	576	571	574	580	573

Volumvekten i A serien var i gjennomsnitt 581 g/l. Det ble gjort fem målinger (gjentak) for hver fôrtype. En kan på grunnlag av de målingene som er gjort ikke si at det er noe forskjell mellom de ulike prøvene (tabell 1).

Tabell 2 Volumvekt (g / l) for B og for C.

Fôrtype	1	2	3	4	5	Xbar (g/l)
B1	738	731				735
B2	741	720	758			740
B3	712	695	710			706
B4	682	710				696
C1	539	539	554	567		550

Volumvekten i B serien var i gjennomsnitt 719 g/l. Det er bare gjort fra to til tre målinger (gjentak) for hver fôrtype, da det ikke var nok fôr til flere målinger. En kan på grunnlag av de målingene som er gjort ikke si at det er noe forskjell mellom de forskjellige prøvene (tabell 2). Volumvekten for fôr C var i gjennomsnitt 550 g/l.

Fôr C hadde den minste volumvekten med 550 g/l, deretter kom fôr A med 581 g/l og fôr B med den høyeste volumvekten med 719 g/l. Normal volumvekt for tørrfôr ligger på ca. 650 g/l.

Årsaken til den store forskjellen mellom fôr A og fôr B er fôrkonsistensen. Fôr B hadde liten "spenst" og ble "deigete", mens fôr A hadde bedre styrke og beholdt bedre sin opprinnelige form slik at det ble mer luft mellom fôrpartiklene.

På grunn av lite fôr til prøvene, små prøver og på grunn av noe håndtering av fôret før målingene ble gjort, er det relativ stor usikkerhet knyttet til disse målingene.

Tabell 3 Tørrstoffinnhold (%) i fôr A, fôr B og fôr C.

Fôrtype	Innveid prøve (g)	Prøve etter tørking (g)	Svinn (g)	Svinn (%)	Tørrstoff (%)
A1	99.87	37,76	62,11	62,19	37,8
A2	99,69	37,44	62,25	62,44	37,6
A3	100.62	37,66	62,96	62,57	37,4
A4	101.27	37,87	62,60	62,60	37,6
B1	103.75	37,43	66,32	63,92	36,1
B2	99.39	35,71	63,68	64,05	36,0
B3	107.17	38,86	68,31	63,74	36,3
B4	119.82	43,37	76,45	63,80	36,2
C	100.56	54,89	45,67	45,42	54,6
A0	118.29	46,11	72,11	61,02	39,0
B0	128.20	47,82	80,38	62,70	37,3

C0	99.20	53,77	45,43	45,80	54,2
----	-------	-------	-------	-------	------

Det er relativt liten forskjell på tørrstoffinnholdet i fôr A og fôr B, mens tørrstoffinnholdet i fôr C var i gjennomsnitt 17,8 prosentenheter høyere. A0 og B0 er tørrstoffprøver av fôr A og fôr B som ikke har vært i Ca-badet, CO er tørrstoffprøve av fôr C før det ble pelletert. Tørrstoffinnholdet i fôr A og fôr B ble noe lavere etter det har hadde vært i Ca-badet (tabell 3).

Tabell 3b Det gjennomsnittlige tørrstoffinnhold (%) i fôr A, fôr B og fôr C.

Fôr type	% tørrstoff Xbar
A1 – A4	37,5
B1 – B4	36,1
C	54,6

Det gjennomsnittlige tørrstoffinnholdet i A fôret var 37,5 %, mens tørrstoffinnholdet i B fôret var 36,1 %. Mykfôret hadde et gjennomsnittlig tørrstoffinnhold på 54,6 %.

Til sammenligning har tørrfôr et tørrstoffinnhold på over 90 %.

2. Synkehastighet

Det ble målt synkehastighet til fôret både første og andre forsøksdag. Første forsøksdag ble synkehastigheten til de forskjellige fôrkalitetene, fôr A, fôr B, og fôr C målt. Fôr A og fôr B ble kappet i lengder på ca. 30 mm, mens fôr C var pelletert og lengder på ca. 15 mm til 20 mm ble prøvd (tabell 4 og tabell 5). Andre forsøksdag ble synkehastigheten til fôr A og fôr C prøvd begge med en partikkellengde mellom 15 mm og 20 mm (tabell 6). I tillegg ble det målt synkehastighet på fôr A med partikkellengde 30 mm (tabell 7).

Tabell 4 Synkehastighet (cm/s) fôr A og fôr C.

Fôrtype	1	2	3	4	5	Xbar	Xbar (cm/s)
A1	17,0	13,0	15,5	14,5	13,5	14,7	7,8
A2	15,0	16,5	13,5	14,5	14,0	14,7	7,8
A3	12,0	14,0	14,0	14,0	12,0	13,2	8,7
A4	13,0	13,0	12,0	14,0	12,5	12,9	8,9
C1	9,0	9,5	9,5	9,0	8,5	8,9	12,9
	9,5	8,0	8,5	8,5	9,0		

Den gjennomsnittlige synkehastigheten for A fôret varierte fra 7,8 cm/s til 8,9 cm/s, synkehastigheten var høyest for det fôret som hadde ligget lengst i Ca-badet. Det var relativt stor forskjell på synkehastigheten mellom de ulike partiklene (gjentakene), noe som antakelig kan forklares med at partiklene hadde forskjellig form, overflate og innhold. Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr C var 12,9 cm/s (tabell 4).

Tabell 5 Synkehastighet (cm/s) fôr B.

Fôrtype	1	2	3	4	5	Xbar	Xbar (cm/s)
B1	20,0	17,0	18,5	16,0	18,0	17,9	6,4
B2	19,5	21,5	14,0	17,5	14,0	17,3	6,6
B3	17,5	12,5	16,0	20,0	15,0	16,2	7,1
B4	18,5	18,5	21,5	19,5	17,0	19,0	6,1

Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr B var 6,55 cm/s. Det var relativt liten forskjell mellom prøvene. Det var relativt stor forskjell på synkehastigheten mellom de ulike partiklene

(gjentakene), noe som antakelig kan forklares med at partiklene hadde forskjellig form, overflate og innhold (tabell 5). Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr C var 12,9 cm/s (tabell 4).

Tabell 6 Synkehastighet (cm/s), fôr A og fôr C.

Type fôr	Gjentak					Gj.snitt synketid (s/1.15m)	Gj.snitt synkehastighet (cm/s)
	1	2	3	4	5	Xbar	
A1	10,0	10,5	10,0	10,5	10,5	10,3	11,2
A2	11,0	10,5	9,5	10,5	9,5	10,2	11,3
A3	11,5	12,5	10,5	10,5	10,0	11,0	10,5
A4	9,5	10,0	10,5	10,0	11,0	10,2	11,3
C1	8,5	8,0	7,5	8,5	9,0	8,15	14,1
C1	7,5	8,5	7,5	8,0	8,0	8,15	14,1

Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr A, partikkellengde 15 - 20 mm, var 11,1 cm/s. Det var relativt liten forskjell på synkehastigheten mellom de ulike prøvene og det var liten forskjell mellom gjentakene i de ulike seriene. Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr C, partikkellengde 15 - 20 mm, var 14,1 cm/s (tabell 6).

Tabell 7 Synkehastighet (cm/s) fôr A.

Fôrtype	Gjentak					Gj.snitt synketid (s/1.15m)	Gj.snitt synkehastighet (cm/s)
	1	2	3	4	5	Xbar	
A1	11,0	11,0	12,5	11,0	12,5	11,6	9,9
A2	10,0	11,0	11,0	11,5	12,5	11,2	10,3
A3	11,0	11,0	10,5	10,5	10,5	10,7	10,7
A4	12,0	8,0	10,0	10,0	11,0	10,2	11,3
A4 R20	13,5	13,5	14,5	13,0	12,0	13,3	8,6

(A4 R 20) = Fôr A4 etter at fôret hadde ligget i sirkulerende vann i 20 timer.

Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr A, partikkellengde 30 mm, varierte fra 9,9 cm/s til 11,3 cm/s. Synkehastigheten var høyest for det fôret som hadde ligget lengst i Ca-badet. Det var relativt stor forskjell på synkehastigheten mellom de ulike prøvene, mens det var liten forskjell på synkehastigheten mellom gjentakene i de ulike prøvene. Den gjennomsnittlige synkehastigheten for fôr A4 etter at det hadde ligget i sirkulerende vann i 20 timer var 8,6 cm/s (tabell 7).

Målingene utført 28.10 viser at synkehastigheten for fôr A i gjennomsnitt har vært noe høyere enn for B fôret. Synkehastigheten for fôr C har i gjennomsnitt vært over dobbelt så høy som for fôr B og 55 % høyere enn for fôr A.

Målingene utført 29.10, etter at fôret var lagret i åpent kar ca. 20 timer, viser at den gjennomsnittlige synkehastigheten til fôr A har økt med nesten 28 % i forhold til ferskt fôr. Fôr A med partikkellengde 15-20 mm hadde ca. 5 % høyere synkehastighet enn fôr med 30 mm partikkellengde. Synkehastigheten til fôr C økte fra 12,9 cm/s til 14,1 cm/s etter at fôret hadde vært lagret.

3. Hygroskopiske egenskaper.

Tabell 8 Opptak av fuktighet fôr A.

Fôr-type	Inn Tid gram	M-skål Tid/g Ut-brutto	Ut-skål Tid/g Brutto	Vekt skål (g)	Vekt (g) 20 t	Vekt (g) 24 t
A1	1156 50,3g	0756 120,6	1156 120,2	72,29	48,4	48,0
A2	1219 52,3g	0819 127,8	1219 127,4	77,5	50,3	49,9
A3	1241 50,9	0841 128,2	1241 127,9	79,1	49,1	48,8
A4	1252 50,8	0852 121,2	1252 120,7	71,9	49,3	48,8

Det er ikke registrert noe opptak av fuktighet i fôr A (tabell 8).

Tabell 9 Opptak av fuktighet fôr B og fôr C.

Fôr-type	Inn Tid gram	M-skål Tid/g Ut-brutto	Ut-skål Tid/g Brutto	Vekt skål (g)	Vekt (g) 20 t	Vekt (g) 24 t
B1	1415 52,1g	1015 125,5	1415 125,1	75,0	50,5	50,1
B2	1443 50,9	1043 127,6	1443 127,2	78,5	49,1	48,7
B3	1502 50,7g	1102 93,0	1502 92,6	44,5	48,5	48,1
B4	1517 50,4g	1117 90,4	1517 90,0	42,7	47,7	47,3
C1	1535 51,4	1135 95,1	1535 95,0	44,3	50,8	50,7

Det ble ikke registrert opptak av fuktighet i noen av fôrtypene B og C.

4. Oppløselighet i vann

Tabell 10 Oppløselighet i vann, fôr A og fôr C. Bedømmelse av fôrprøvene etter opphold i sirkulerende og stillestående vann i henholdsvis 0,5t, 2,0t, 4,0t og 20,0t (fôr C = 15t).

Fôrtype	Røre 0,5 t	Stille 0,5 t	Røre 2,0t	Stille 2,0t	Røre 4,0t	Stille 4,0t	Røre 20 t	Stille 20 t
A1	÷	÷	÷	÷	÷	÷	Noe grums	Nesten klar
A2	÷	÷	÷	÷	÷	÷	Noe grums	Nesten klar
A3	÷	÷	÷	÷	÷	÷	Noe grums	Nesten klar
A4	÷	÷	÷	÷	÷	÷	Noe grums	Nesten klar
C1	Grumset begynner å løse seg opp	Grumset begynner å løse seg opp	Fôret er relativt mye oppløst	Fôret er relativt mye oppløst	Fôret ser ut til å være helt oppløst	Fôret ser ut til å være helt oppløst	Helt oppløst, men fôret går ikke gjennom silen.	

Det var ikke noe av fôret i A serien som ble oppløst i vann, verken i sirkulerende vann eller i stillestående vann. Vannet var nesten klart etter 20 timer. Fôr C begynte å løse seg opp allerede etter 30 min, og var helt oppløst etter 15 timer (bilde 5).

Bilde 5 Fôr A og fôr C etter at fôret har ligget i vann i henholdsvis 20 timer og 15 timer. Fôr A er nesten ikke berørt av behandlingen, mens fôr C er helt oppløst.

Tabell 11 Vektøkning i vann (%), fôr A og fôr C, stillestående og sirkulerende vann.

Fôrtype	Metode	Sil nr.	Brutto vekt m/sil	Netto innveid fôr	Vekt sil	Vekt fôr etter 20 t	Vektøkning (%)
A1	Røre	3	248,3	102,8	123,0	125,3	2
	Stille	8	244,1	100,6	119,8	124,3	2
A2	Røre	2	258,7	100,1	136,7	122,0	2
	Stille	9	249,7	101,9	129,2	120,5	1
A3	Røre	1	245,1	103,0	124,1	121,0	1
	Stille	5	235,5	100,2	115,5	120,0	2
A4	Røre	UN	241,2	102,3	120,5	120,7	1
	Stille	6	235,9	99,8	119,2	116,7	1
C1	Røre	7	338,3	100,4	120,4	217,9 (Vekt e. 15 t)	1

Etter 20 timer i vann har fôr A i gjennomsnitt fått en vektøkning på nesten 20 %. Det er relativt liten forskjell mellom A1, A2, A3 og A4 og mellom de prøvene som har vært i sirkulerende vann og i stillestående vann. Fôr C har fått en vektøkning på hele 117 %.

Tabell 12 Vektøkning i vann (%), fôr C, i stillestående og sirkulerende vann, etter at fôret hadde vært lagret ca.16 timer.

Fôrtype	Metode	Brutto inn (g)	Vekt sil	Sil nr.	Tid inn	Tid ut	Netto inn	Brutto ut	Netto ut	Vekt-økning (%)
C1	R	221,4	121,3	I	11.02	11.32	100,1	253,5	132,2	32
C2	S	219,9	119,9	UN		(30 min)	100,0	250,4	130,5	31
C1	R	235,9	135,5	2	11.02	12.02	100,4	275,7	140,2	40
C2	S	219,8	119,4	7		(60 min)	100,4	260,7	141,3	41
C1	R	220,1	119,0	8	11.02	13.02	101,1	281,2	162,2	60
C2	S	218,8	118,8	6		(120 min)	100,0	277,9	159,1	59
C1	R	215,2	114,9	5	11.02	15.02	100,3	303,2	188,3	88
C2	S	226,6	126,4	9		(240 min)	100,2	310,4	184,0	84

Fôr C tar opp vann fra vannbadet, det er ikke noe forskjell på fôret fra stillestående eller sirkulerende vann. Vektøkningen har etter 30 min i gjennomsnitt vært 31,5%, etter 60 min har vektøkningen vært 40,5%, etter 120 min 59,5% og etter 240 min har vektøkningen i gjennomsnitt vært 86% (bilde 6). Fôret begynte allerede etter 30 min å gå i oppløsning og fôret var helt oppløst etter 2 timer (bilde 6).

Bilde 6 Fôr C etter at det hadde ligget forskjellige tider i sirkulerende og stillestående vann. Resultatene viser at fôr A nesten ikke blir påvirket av opphold i fuktig og rått klima og i vann, mens fôr C raskt går i oppløsning i vann.

5. Rasvinkel.

Tabell 13 Beregnet rasvinkel (grader), for A og for C.

Fôr- type	Gjentak			Gj.snitt Xbar	$\text{tg}\alpha =$ h/D/2	$\alpha^\circ =$ rasvinkel
	1	2	3			
A1	h = 103 D/2 = 105	h = 90 D/2 = 110	h = 88 D/2 = 112	hx = 93,7 D/2x = 109	0,85963	40,7
A2	h = 91 D/2 = 117,5	h = 88 D/2 = 115	h = 97 D/2 = 115	hx = 92 D/2x = 115,8	0,79447	38,5
A3	h = 80 D/2 = 120	h = 100 D/2 = 117,5	h = 95 D/2 = 115	hx = 91,6 D/2x = 117,5	0,77957	37,9
A4	h = 98 D/2 = 125	h = 74 D/2 = 120	h = 80 D/2 = 120	hx = 84 D/2x = 121,6	0,69079	34,6
C1	h = 75 D/2 = 130	h = 80 D/2 = 120	h = 82 D/2 = 125	hx = 79 D/2x = 125	0,63200	32,3

Rasvinkelen var størst for fôr A1 med 40,7°, og minst for fôr A4 med 34,6° (bilde7).

Rasvinkelen for fôr C var 32,3° (tabell 13).

Rasvinkelen målt på tørrfôr, med tilsvarende størrelse (10 mm), varierer mellom 18° og 36°.

Bilde 7 Fôr A4 danner en kjegle etter at sylindren er løftet bort. Kjeglens diameter og høyde danner grunnlaget for beregning av rasvinkelen.

Det ble ikke målt rasvinkel på fôr B, da dette fôret var for mykt og klissete.

6. Motstand mot ytre påvirkninger

Innledende forsøk

For å vurdere fôret med hensyn på motstand mot ytre påvirkning ble det målt en kraft (N/m partikkellengde) etter at partikkelen ble sammenpresset til 7 mm og energi per lengdeenhet (J/N) for å sammenpresse prøvene 4 mm. Det ble også laget en sylinder av PVC med 150 mm diameter og høyde 500 mm. Denne sylindren skulle fylles med fôr og belastes med ca. 2,2 kg (2 kg lodd + dekkplate 200 g) for å vurdere hvordan fôret ble etter noe belastning og etter en tid lagring. En prøve etter første forsøksdag viste at ca. 75 % av sammenpressingen (synkingen) skjedde allerede etter den første timen. Etter 16 timer lagring viste målingene at prøvene var sammenpresset 7,5 cm uten belastning og 13,5 cm med 2,2 kg belastning (bilde 8).

Bilde 8 To sylindere med gelbehandlet våtfôr, etter 16 timer lagring med og uten belastning. Fôret har den konsistensen som ble vurdert til å være den beste første forsøksdag. Begge sylindrene ble fylt med fôr, lagerhøyde 50 cm.

Etter at fôret var lagret i 16 timer ble sylindrene løftet av. Fôret skled meget lett ut av sylindrene og ble stående som egne sylindere. Det ble ikke sittende igjen noe fôrpartikler i sylindrene. Fôret som ikke hadde vært belastet (bilde 9) var noe mindre deformert enn det fôret som hadde vært belastet med 2,2 kg (bilde 10).

Bilde 9 Gelbehandlet våtfôr etter 16 timer lagring i sylinder uten belastning, sylindere er løftet av.

Bilde 10 Gelbehandlet våtfôr etter 16 timer lagring i sylinder med 2,2 kg belastning, sylindere er løftet av.

Ved vurdering av fôret som hadde vært i sylindere viste det seg at fôret nesten ikke hadde klebet seg sammen. Ved berøring gled fôret (alle pølsene) lett fra hverandre, men de var blitt varig deformerte (bilde 11).

Bilde 11 Fôr A4 etter at sylindere var fjernet og fôret var lagt utover. Fôret var blitt relativt mye deformert.

Tabell 14 Sammenpressing av fôr A i sylinder, lagerhøyde 500mm og belastning 2,2 kg. Sammenpressingen ble målt etter 1 time og etter 2 timer.

Fôrtype	1 time sammenpresset (mm)	2 t sammenpresset (mm)
A1	82	86
A2	105	110
A3	101	107
A4	103	107

Sammenpressingen av fôret var noe større etter 2 timer enn etter 1 time. Det var relativt liten forskjell mellom fôrkalitetene A2, A3 og A4. Fôr A1 var minst sammenpresset, årsaken til dette var at det var feil med målesylindere. Ved vurdering av de forskjellige prøvene var det en klar oppfatning av at fôr A1 var løsest, og A4 var det fasteste fôret. Det var liten forskjell mellom A2 og A3 (bilde 12).

Bilde 12 Fôr A etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylindere er tatt av og fôrsylindere lagt ned.

Tabell 15 Sammenpressing av fôr B og fôr C i sylinder, lagerhøyde 500mm og belastning 2,2 kg. Sammenpressingen ble målt etter 1 time og etter 2 timer.

Fôrtype	1 time sammenpresset (mm)	2 t sammenpresset (mm)
B1	47	50
B2	50	53
B3	53	56
B4	59	63
C1	100	105

Sammenpressingen av fôret var noe større etter 2 timer enn etter 1 time. Det var relativt liten forskjell mellom fôrkalitetene B1, B2, B3 og B4, mens fôr C ble nesten sammenpresset dobbelt så mye som B fôret.

Ved vurdering av ulike prøvene i B serien var det en klar oppfatning av at alle prøvene med B fôr var av for dårlig kalitet. Fôret var mykt og klissete, og det hadde tendenser til å klebe seg

sammen (bilde 13). C fôret beholdt stort sett samme konsistens etter lagringen som før fôret ble lagret (bilde 14).

Bilde 13 Fôr B etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylinderene er tatt av og fôrsylinderene lagt ned. Fôret er bløtt og klissete.

Bilde 14 Fôr C etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylinderene er tatt av og fôrsylinderene står fortsatt oppreist.

Måling i Lloyd materialprøvemaskin viser følgende resultater:

Tabell 16 Måling av energi (J/m) og kraft (N/m), fôr A, fôr B og fôr C, med Lloyd materialprøvemaskin.

Fôrtype	dato	E/l (J/m)	(N/m)
A1	28.10	0,14	71
A2	28.10	0,10	50 og 87
A3	28.10	0,18	89
A4	28.10	0,16	100 og 67
B4	28.10	0,07	34 og 21
C1	28.10	0,30	200
A3	29.10	0,30	80
A4	29.10	0,35	100 og 75
C1	29.10	0,40	150

Energien per lengdeenhet (J/m) for å sammenpresse prøvene 4 mm beregnes etter formelen:

$$E / l = \int_0^{0,004} F \cdot dx$$

l = prøvens lengde

F = kraft i N

dx = infinitesimal sammenpressing

Belastningshastigheten var 10 mm/min.

Resultatene viser at det er forskjell på fôr A, fôr B og fôr C. B fôret er klart bløtest og C fôret hardest. Innen A serien er det små forskjeller. Etter et døgns lagring kreves det mer energi for å presse prøvene sammen, mens kraften som må til for å presse prøvene sammen ved 7 mm tykkelse er på samme nivå. Dette betyr at kraften som må til for å deformere prøvene ved liten deformasjon øker etter et døgns lagring.

Pumpetest

Fôrets styrke ved pumping ble også undersøkt, men på grunn av fôrets konsistens og det utstyret som tidligere har vært brukt var det ikke mulig å gjennomføre dette prøveopplegget. Fôret gikk raskt i oppløsning.

7. Klebing til Al og til PVC

Prøve programmet ble ikke gjennomført, men de prøvene som ble gjort viste at fôret i svært liten grad klebet til Al eller PVC. Fôret hadde en fuktig og glatt overflate som gjorde at fôret gled lett mot overflaten på både Al og PVC, det ble ikke noe synlig fôr igjen på prøveplatene.

Sluttkommentarer

Generelle betraktninger

Fôrets fysiske egenskaper var svært forskjellig fra det vi forventet. Flere av våre prøvemetoder var i utgangspunktet tilpasset et fôr som var elastisk, og kunne dermed ikke benyttes uten relativt store endringer.

Før gelbehandling var fôret mykt og klissete. Det var ikke mulig å lage pellets av voatfôret før gelbehandling med det utstyret som var tenkt for prosessen. Fôrprøvene ble gelet som "pølser" fra 10 em til 15 cm lengde. Det var i første rekke kniven som skulle kappe pølsene til pellets,

som skapte de største problemene. Med en annen type kniv, som må være tynnere og smalere, og ei kvern (matrise) som står vertikalt istedenfor horisontalt i forhold til Ca-badet vil det antakelig være mulig å produsere pellets.

Det var stor forskjell på fôrkonsistensen til fôr A og til fôr B. Fôr A som hadde det høyeste inneholder av Algibind (5%) var klart best. Fôret hadde en tilsynelatende tilfredsstillende konsistens både før og etter en viss mekanisk behandling. Fôr B hadde en slik konsistens at det antakelig ikke er aktuelt å produsere en slik fôrkvalitet. Oppholdstiden i Ca-badet var av mindre betydning, men det så ut til at prøve A1 var bløtest, og at prøve A2 og A3 var noe fastere, men det var relativt liten forskjell mellom dem, mens A4 var den prøven med best konsistens. Fôret er plastisk slik at det vil skje en varig formendring (sammenpressing) av fôr ved lagring i høyden. Lagring av ferdig gelet fôr kan således ikke skje i silo, el.l. Aktuelle alternativer kan være kasser, bånd eller skrue.

Fôrets synkehastighet var lavere enn for tørrfôr. Dette bør vurderes som et konkurransefortrinn overfor tørrfôr.

Klebrighet mellom fôrpartikler eller mellom fôrpartikler og PVC eller Al så ikke ut til å by på noen problemer. Klebrigheten var overraskende liten, og så ikke ut til å innvirke på valg av lagringsmåte. Det synes i første omgang som fôret er lettere håndterbart ved lagring en tid etter gelbehandling (fastner noe). Sannsynligvis skyldes dette bare uttørking i overflate, og er antakelig også avhengig av konsentrasjonen i Ca - badet. For å spare plass til mellomlagring vil det være en fordel å fore ut fôret samme dagen som det tillages.

Forsøk med vannstabilitet viste stor holdbarhet mot oppløsning i vann. Vannstabilitet uten handtering er bedre enn for tørrfôr. Kombinert med handtering (pumping) var derimot vannstabiliteten svært dårlig. Etter gelbehandling far fôret en hinne som beskytter mot vannoppløsning. Ved brekkasje brytes hinnen og fôret går raskt i oppløsning. Et forsøk med pumping av fôret (lange pølser) gjennom en sentrifugalpumpe gikk ikke. Det gelede våtfôret gikk umiddelbart i oppløsning, men dette skyldes antageligvis at fôret var i pølser og således ikke kunne gå helt gjennom pumpen. Tørrfôr lar seg pumpe ved en slik test.

Ut fra prøvene vil vi foreslå at fôret må pelleteres før gelbehandling dersom det skal transporteres i vann. Før det er gjennomført forsøk med pelletert og gelet fôr er det ikke mulig å vurdere om vannutmating er mulig. De samme forutsetninger er knyttet til sentral utfôring med luft som transportmedium.

Utfôring - Sentralutfôringsanlegg

Vi forutsetter pelletering og gelbehandling på oppdrettsanleggene.

Fôrets fysiske egenskaper umuliggjør bruk av spredeorgan i tilknytting til fôrautomat, da dette antagelig vil ødelegge gelbehandlingen. Uten å ha gjennomført noen forsøk med det aktuelle fôret vil vi anta at skiveautomater er egnet. Skrueautomater (Betten o.l.) og vibratorautomater (Sterner o.l.) kan være mulige.

Det er også laget fôrautomater som lager pellet av mykfôr direkte, slik at massen bare kan pumpes oppi automaten. Ved noe ombygging vil kanskje det samme prinsippet også kunne benyttes ved tillaging av gelbehandlet våtfôr.

Produksjon og transport av fôr

Vi kan se for oss 3 alternativer for produksjon og transport av fôret:

1. *Blanding, pelletering og gelbehandling på sentraltfôrkjøkken*

Et sentralt fôrkjøkken vil ha de beste forutsetninger for kontroll med råvarer og med produksjonsprosessen. Eksisterende utstyr kan utnyttes slik at samlede produksjonskostnader minimaliseres. Transport til de enkelte anlegg kan ikke gjøres med eksisterende biler for tanktransport, men en må bruke stykkgodsbiler og transport i kasser.

Dette gjør at kostnadene blir høye fordi det er dårlig bilutnyttelse og volumutnyttelse. Alternativet gjør at arbeidsbehovet på det enkelte anlegget blir lavt.

2. *Blanding sentralt, pelletering og gelbehandling lokalt*

Krever større investeringer ved at hvert anlegg må ha lagringstanker, pelleterings- og gelbeliandlingsutstyr. Forenkler transport dersom fôret er pumpbart, ved at eksisterende tankbiler kan benyttes. Alternativet for enklere lagrings- og utføringsproblematikken på anlegget.

3. *Blanding, pelletering og gelbehandling lokalt*

Dette alternativet krever de største investeringer og størst arbeidsinnsats på hvert anlegg. Løsningen gir de samme lagrings- og utføringsfordeler som alt. 2.

Etter vår vurdering vil alt. 2 være mest aktuelt. Det gir best forutsetning for kontroll med råvarer. Dersom det ferdigblandede fôret er pumpbart vil det redusere investeringer for transport til anleggene. Handtering av ferdig fôr bør være svært skånsom for å unngå brekkasje og deformasjon, som tilsier at sluttprosessen bør gjennomføres så nær utfôring som mulig.

Forslag til videre arbeid

Dersom beregninger av fôrpris gir rom for nødvendige investeringer og kan dekke det merarbeid som bruk av dette fôret medfører, synes vi det bør være interessant å gå videre med arbeidet. Vi vil anbefale at det bygges en enhet for varmeisolert lagring av ferdigblandet råstoff med påmontert pelleteringskvern og gelbehandlingsbad. I tillegg til dette bør det utvikles et egnet lager for ferdig fôr.

Det bør utarbeides et enkelt økonomisk overslag på kostnader ved blanding/tillaging på sentralt forkjøkken, transport, lagring på anlegget, innblanding og gelbehandling (også medberegnet tekniske installasjoner). På denne måten kan en se hva det er mulig "å betale" for råstoffet.

VEDLEGG:

- Bilde 1** To kar med fiskeavfall som skal brukes i produksjonen av gelbehandlet våtfôret. Karet til venstre viser avfall fra feit fisk, i hovedsak makrell, karet til høyre viser mager fisk, i hovedsak torsk og kolje.
- Bilde 2** Produksjon av gelbehandlet våtfôr. Det viste seg at fôret var for bløtt til at det utstyret som ble brukt kunne lage pellets. Når kniven skulle kutte strengene ble fôret klint sammen til en deig.
- Bilde 3** Produksjon av fôret etter at kniven, som skulle lage pellets, var tatt bort. Fôret kommer ut av matrisen som lange pølser.
- Bilde 4** Produksjon av gelbehandlet våtfôret. Fôret ble laget i lengder som vist på bildet. Fôret gikk rett fra matrisen ($\varnothing = 10 \text{ mm}$) og ned i Ca- badet uten å bli kuttet.
- Bilde 5** Fôr A og fôr C etter at fôret har ligget i vann i henholdsvis 20 timer og 15 timer. Fôr A er nesten ikke berørt av behandlingen, mens fôr C er helt oppløst.
- Bilde 6** Fôr C etter at det hadde ligget forskjellige tider i sirkulerende og stillestående vann.
- Bilde 7** Fôr A4 danner en kjegle etter at sylindren er løftet bort. Kjegleens diameter og høyde danner grunnlaget for beregning av rasvinkelen.
- Bilde 8** To sylindere med gelbehandlet våtfôr , etter 16 timer lagring med og uten belastning. Fôret har den konsistensen som ble vurdert til å være den beste første forsøksdag. Begge sylindrene ble fylt med fôr, lagerhøyde 50 cm
- Bilde 9** Gelbehandlet våtfôr etter 16 timer lagring i sylinder uten belastning, sylindren er løftet av.
- Bilde 10** Gelbehandlet våtfôr etter 16 timer lagring i sylinder med 2,2 kg belastning, sylindren er løftet av.
- Bilde 11** Fôr A4 etter at sylindren var fjernet og fôret var lagt utover. Fôret var blitt relativt mye deformert.
- Bilde 12** Fôr A etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylindrene er tatt av og fôrsylindrene lagt ned.
- Bilde 13** Fôr B etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylindrene er tatt av og fôrsylindrene lagt ned. Fôret er bløtt og klissete.
- Bilde 14** Fôr C etter lagring i to timer i sylinder og med belastning. Sylindrene er tatt av og fôrsylindrene står fortsatt oppreist.

