

Rapport nr. 4603/97

RÅENSILASJE I PRODUKSJON AV SPESIALKVALITET FISKEMEL

Markeds- utvikling

RAPPORT-TITTEL

Råensilasje i produksjon av spesialkvalitet fiskemel

RAPPORTNUMMER	4603/97	PROSJEKTNUMMER	4603
UTGIVER	RUBIN	DATO	Des. 2001

UTFØRENDE INSTITUSJONER

SSF

Kjerreidviken 16
5141 Fyllingsdalen
Kontaktperson: Aage Oterhals

Norsildmel Kjerreidviken 16, 5141 Fyllingsdalen

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Ensilasje har stort sett gått til produksjon av fiskeolje og proteinkonsentrat for innblanding i landbruks- og fiskefôr. Pga. avsetningsproblemer på slutten av 90-tallet ble det i 2000 startet opp et prosjekt ved Norsildmel/SSF for å studere muligheter for å blande inn råensilasje ved produksjon av fiskemel. Bakgrunnen for avsetningsproblemene var bl.a. tekniske problemer ved innblanding av proteinkonsentrat i fôrproduksjonsprosessen fordi vanninnholdet i råvaren ga fettlekkasje i det ekstruderte fiskefôret. Inkorporering av råensilasje i et tørt standardisert melprodukt er tenkt å bedre markedsmulighetene, spesielt internasjonalt. Prosjektet har vært finansiert av Norges Forskningsråd, SND og RUBIN.

Prosjektet har hatt 5 delmål: 1) Etablere krav til kvalitet av råensilasje anvendt i fiskemelprosessen, 2) Undersøke effekt av råensilasje på mel og -oljekvalitet ved anvendelse til fiskefôr, 3) Undersøke effekt av råensilasje på melkvalitet ved anvendelse til smågris, 4) Dokumentere tekniske kvalitet av fiskemel m/ensilasje anvendt til produksjon av ekstrudert høyfett fiskefôr, 5) Undersøke driftstekniske problemer ved bruk av råensilasje i fiskemelfabrikk

Forsøkene gir følgende konklusjoner:

Selv om innblanding av 10-30% ensilasje før kokeprosessen i fiskemelfabrikk gir økt nivå av vannløslig protein og ammoniakk, tilfredstiller allikevel fiskemelet alle krav til høykvalitets Norse-LT 94. I fôringsforsøk på laks er det ikke påvist negativ ernæringsbiologisk effekt ved bruk av fiskemel med ensilasje. I fôr til smågris har fiskemel med ensilasje av høy kvalitet gitt positiv effekt på fôropptak og tilvekst.

Anvendelse av kommersiell ensilasje i fiskemelprosessen øker oksidasjonsnivået i oljen. Dette er ikke tilfelle ved bruk av høykvalitets ensilasje framstilt i pilotskala. Fiskeolje separert fra råensilasjen under kontrollert lagringsforsøk økte nivået av frie fettsyrer, mørkfarging og avvikende lukt. Samtlige oljer produsert i pilotskala- og i storskalaforsøk på fabrikk ga imidlertid gode vekstresultater på laks. Det ble ikke funnet forskjeller mht. vekst, fôrutnyttelse og pigmentering av laks ved innblanding av ren ensilasjeolje i fôret i forhold til olje produsert fra fiskemelprosessen der ensilasjen er tilsatt før koking. Forsøkene indikerer dessuten at det er mulig å oppnå en redusert fettlekkasje ved produksjon av ekstrudert fiskefôr ved bruk av ensilasmel i forhold til fiskemel uten ensilasje. Det er ikke avdekket driftstekniske problemer i fabrikk, men ensilasjen kan gi økte korrosjonsproblemer i prosessutstyret og dermed øke vedlikeholdskostnadene.

Prosjektet har gitt kunnskapsgrunnlag for kommersiell utnyttelse av fiskeensilasje i fiskemelindustrien.

Stiftelsen RUBIN
Pirsenteret
7462 Trondheim

Telefon 73 54 56 30
Telefax 73 51 70 84
E-mail: rubin@rubin.no
Internett: www.rubin.no

INNHALDSFORTEGNELSE

SLUTTRAPPORT RUBIN

ANVENDELSE AV RÅENSILASJE TIL PRODUKSJON AV SPESIALKVALITET FISKEMEL

1. OPPNÅDDE FAGLIGE RESULTATER	2
Delmål 1 Etablere krav til kvalitet på råensilasje anvendt i prosessen.....	2
Effekt av temperatur og tid under lagring av råensilasje.....	2
Hydrolysegrad og molekylvektbestemmelse i råensilasje under lagring	3
Pilotproduksjon av ensilasjemel og -oljer	3
Storskala produksjon med tilsetning av råensilasje til koker i fiskemelsprosessen.....	4
Delmål 2 Undersøke effekt av råensilasje på fiskemel- og oljekvalitet innen anvendelses-området fiskefôr.....	5
Effekt av kommersielle produksjonsbetingelser på oljekvalitet.....	5
<i>Vekstforsøk laksesmolt</i>	6
<i>Slaktekvalitetsforsøk stor laks</i>	7
<i>Lagringsstabilitet av astaxanthin i fôr</i>	8
Lagringsforsøk råensilasje i pilotskala - effekt av tid og temperatur på mel og oljekvalitet.....	8
<i>Kvalitet ren ensilasjeolje</i>	8
<i>Kvalitet ensilasjemel og -oljer</i>	9
<i>Vekstforsøk med ensilasjemel og -oljer (laksesmolt)</i>	10
Delmål 3 Undersøke effekt av råensilasje på fiskemelkvalitet innen anvendelsesområdet smågris.	11
Delmål 4 Dokumentere teknisk kvalitet for fiskemel m/ensilasje anvendt innen produksjon av ekstrudert høyfett fiskefôr.....	13
Delmål 5 Undersøke driftstekniske problemer og etablere driftsrutiner for anvendelse av råensilasje ved sildemelfabrikk.	14
Konklusjoner	14
2. POPULÆRVITENSKAPELIG FRAMSTILLING	15
Bakgrunn	15
Resultater	16
Nytteverdi og mulig anvendelse	17
3. BRUKERNYTTE	17
4. PROSJEKTMEDARBEIDERE	17

SLUTTRAPPORT RUBIN

Anvendelse av råensilasje til produksjon av spesialkvalitet fiskemel

Rubin prosjekt nr.: 2.46.03

Hovedmål: Dokumentere produktkvalitet og etablere råstoff/produktspesifikasjoner og driftsrutiner ved anvendelse av råensilasje innen produksjon av fiskemel og fiskeolje.

1. OPPNÅDDE FAGLIGE RESULTATER

Delmål 1 Etablere krav til kvalitet på råensilasje anvendt i prosessen.

Kommersielt tilgjengelig ensilasje er dårlig beskrevet hva angår råstofftype, ensileringsbetingelser, lagringstid, prosessering og hydrolysegrad. I forbindelse med gjennomføring av tekniske og ernæringsmessige undersøkelser av ensilasje, er det av sentral betydning å standardisere råstoff- og prosessbetingelser for karakterisering av ensilasjeprotein og for å belyse betydning av variasjoner i råstoffkvalitet. I foreliggende prosjekt er det vektlagt å etablere ulike analysemetoder for bestemmelse av hydrolysegrad på ensilasje relatert til innhold av frie aminosyrer, peptidstørrelse og vannløselig protein.

Effekt av temperatur og tid under lagring av råensilasje

Råensilasje ble produsert i pilotskala fra ferskt sildeavskjær (Fl.N = 9,7 mg N/100g) ved tilsetning av maursyre (2,4% ENSILOX™ m/1% ethoxyquin). I løpet av et døgn ble det oppnådd en homogen, lettflytende masse som ble fordelt til lagring ved to ulike temperaturer (4 og 20 °C) i en periode på totalt 4 måneder. Kjemisk sammensetning av blandingen viste at råprotein, tørrstoff, fett og aske holdt seg konstant under lagringen. Det ble ikke dannet biogene aminer under lagringen, noe som samsvarer med høy stabilitet av samtlige aminosyrer, inklusive syrelabile aminosyrer som tryptofan, i hele lagringsperioden. SSF lykkes ikke innenfor prosjektrammene å utvikle en analysemetode for glutamin/asparagin, men det er ellers gjennomført analyser som beskrevet i NFR-søknaden (inkludert tryptofan og cystein/cystin). Råensilasjonen var generelt av svært høy kvalitet og viste en meget begrenset utvikling i flyktige forbindelser målt som TVN og TMA, samtidig som TMAO var høyt selv etter 4 mnd. lagring ved 20 °C. Fettnivået i ensilasjonen var stabil i hele lagringsperioden

Tab. 1 FFA, vannløselig protein, viskositet og hydrolysegrad i ensilasjonen under lagring ved 4 og 20 °C

Lagrings- tid	FFA %		Vannløselig prot. %		Viskositet, cP (dv/dx=100 s ⁻¹ v/20 °C)		Hydrolysegrad,% TCA-ekstraksjon		Hydrolysegrad, % Formoltitrering	
	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C	4 °C	20 °C
0			45.3	45.3	157	157	34.4	34.4	15	15
2	6.7		56.7		116		49.7		20.3	
3	6.6	7.6			81	74	62.8	61.7	24.5	25.5
4	7.2	8.8					59.3	64.0	25.9	26.2
6	8.1	9.7					62.0	66.3	25.2	27.9
8	8.5	10.8					60.5	69.3	26.4	30.6
10	9.0	11.3					57.9	72.9	24.2	30.8
12	9.4	11.7			85	36	59.3	72.2	25.1	32.1
14	9.7	12.7					61	74.9	26.1	32.4
61		13.9		87.7		27		86.4		38.3
62	11.5		71		40		71.6		32.9	
111		15.2		87.7		28		90.2		40.1
112	12.3		74.6		37		76.5		35.8	

(7,6 til 7,9 %) samtidig som FFA innholdet økte signifikant som funksjon av økende lagringstid og -temperatur (Tabell 1). Forandringene var størst de første 14 dagene for deretter

å flate ut. Surgjøring og autolyse av råstoffet medførte økte nivå av vannløselig protein og en hurtig reduksjon i viskositeten i ensilasjen.

Hydrolysegrad og molekylvektbestemmelse i råensilasje under lagring

Det er etablert 2 analysemetoder for å bestemme hydrolysegrad i råensilasjen. Formoltitrering angir hydrolysegraden basert på innhold av frie aminosyrer. TCA-løselig fraksjon angir hydrolysegraden som andel av totalprotein som er løselig i trikloreddisyre (Tabell 1). Vannløselig protein og viskositet i råensilasjen var korrelert til hydrolysegrad analysert ved begge disse metodene ($r^2 = 0.96-0.98$).

Molekylvektbestemmelse av vannløselige proteiner og peptider i råensilasjen ble utført ved væskechromatografi (HPLC) med en LKB- kolonne og detektor bølgelengde på 220 nm. Molekylvektfordelingen endret seg i råensilasjen under lagring, og det ble påvist forskjeller relatert til lagringstemperatur. Andel frie aminosyrer (molevekt < 200 dalton) i råensilasjen utgjorde ca 75% ved 4 °C og 85% ved 20 °C etter 4 måneders lagring. Ved kjølelagring ble det funnet ca 22% peptider med molekylvekt 4000-6000 dalton, mens lagring ved 20 °C ikke gav peptider med molevekt > 4000 dalton. Det ble funnet 1-3% store peptider (molevekt > 60.000 dalton) i nylaget og kjølelagret ensilasje. Reduksjonen i høymolekylære og økningen i lavmolekylære forbindelser viser en forventet utvikling relatert til lagringstid og -temperatur. Frie aminosyrer bestemt med HPLC (molevekt < 200 dalton) samsvarer ikke med hydrolysegrad basert på innhold av frie aminosyrer (formoltitrering), men det ble likevel funnet gode sammenhenger mellom vannløselig protein, hydrolysegrad, effektiv viskositet og molekylvektfordelingen i råensilasjen ($r^2 > 0.96$). Hydrolysegrad bestemt ved TCA-ekstraksjon og vannløselig protein bestemt som % av totalprotein, viste tallverdier i samme størrelsesorden, mens hydrolysegrad bestemt ved formoltitrering gav vesentlig lavere tallverdier. Videre metodeoptimalisering synes nødvendig for å sikre kvantitativt riktige resultater.

Pilotproduksjon av ensilasjemel og -oljer

Fersk råensilasje og råensilasje lagret til 2 og 4 mnd. ved to ulike temperaturer ble anvendt i framstilling av fiskemel/olje på SSF's forsøksanlegg. Ensilasjen ble tilsatt fiskeråstoffet (20% innblanding) på kokettrinnet tilsvarende prosess på fiskemelfabrikk. Fiskeråstoffet var basert på henholdsvis tidlig NVG sild (17.02), utgytt NVG sild (17.04) og feit Nordsjøsil (06.06). Kjemisk sammensetning og kvalitet viste at ensilasjemelene var produsert innenfor krav til Norse-LT 94 (spesifikasjoner gitt i bilag 1; Tabell 2). Biologisk proteinfordøyelighet var svært høy og melene var fri for biogene aminer. Høy autolysegrad av ensilasjeprotein kan

Tab. 2 Kjemisk sammensetning og kvalitet av ensilasjemel tilsatt fersk og lagret råensilasje

Meltype:	Ensilasjemel	Ensilasjemel	Ensilasjemel	Ensilasjemel	Ensilasjemel
Produksjonsdato råensilasje:	17.02.00	17.04.00	18.04.00	06.06.00	07.06.00
Lagringstid råensilasje:	0	2 mnd, 20 °C	2 mnd, 4 °C	4 mnd, 20 °C	4 mnd, 4 °C
Råprotein, %	73.4	73.7	74.2	73.1	74.8
Vannløselig prot., %	20.4	29.5	28.4	31.4	30.5
Vann, %	6.6	7.7	6.1	7.6	6.6
Aske, %	10.6	11.4	11.6	10.6	10.7
Fett, soxhlet, %	9.6	8.0	8.4	9.4	8.8
Salt (NaCl), %	2.8	1.7	1.6	2.2	2.2
Total flyktig Nitrogen, %	0.14	0.17	0.16	0.19	0.18
Putrecin, g/kg	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Cadaverin, g/kg	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Histamin, g/kg	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
pH i mel	5.35	5.43	5.44	5.41	5.43
Biologisk fordøyelig protein, mink, %	95.4	94.5	95.3	95.1	95.5

forklare økningen i vannløselig protein, men noe av dette kan også skyldes årstidsvariasjoner i silderåstoffet. pH verdien i melene ble redusert med ca 1 enhet relativt til tradisjonelle fiskemel. Kvaliteten av olje separert fra ensilasjen, samt olje produsert ved tilsetning av fersk og lagret råensilasje under fremstilling av ensilasjemelene, er beskrevet under delmål 2.

Aminosyresammensetning av ensilasjemel produsert med tilsetning av fersk og lagret råensilasje viste små forskjeller relatert til lagringstemperatur og -tid (Tabell 3). Biologisk fordøyelighet av aminosyrene (mink) var høy for samtlige forsøksmel. Aminosyresammensetningen er sammenlignet med et tilfeldig kontrollmel produsert av fersk NVG-sild. Ettersom det er anvendt ulike råstoff både for kontrollmel og for de enkelte ensilasjemelene, er det vanskelig å trekke konklusjoner mht. produksjonsmetodens betydning for totalnivå aminosyrer. Ensilasjemelene er biologisk testet på laks og smågris.

Tab. 3 Aminosyrer (total og fordøyelig) i kontrollmel og i ensilasjemel tilsatt fersk og lagret råensilasje

Meltype: Råensilasje:	Kontrollmel Uten		Ensilasjemel Fersk		Ensilasjemel 2 mnd, 20°C		Ensilasjemel 2 mnd, 4°C		Ensilasjemel 4 mnd, 20°C		Ensilasjemel 4 mnd, 4°C	
	Total AA	Fordøy AA	Total AA	Fordøy AA	Total AA	Fordøy AA	Total AA	Fordøy AA	Total AA	Fordøy AA	Total AA	Fordøy AA
	g/100g	%	g/100g	%	g/100g	%	g/100g	%	g/100g	%	g/100g	%
Asparaginsyre	8,1	94,2	7,3	97,7	8,1	92,8	7,8	92,5	8,1	93,3	8,2	94,5
Glutaminsyre	12,1	95,3	11,0	96,9	11,7	94,9	11,7	94,8	11,3	95,0	11,7	95,6
Hydroxyprolin	1,0	91,1	0,6	87,7	0,9	83,3	0,9	83,0	0,6	83,3	0,6	85,5
Serin	4,2	88,5	3,9	89,7	3,9	88,9	3,9	88,7	3,8	88,8	4,0	91,0
Glycin	6,4	89,3	5,5	91,9	6,4	89,3	6,4	89,1	5,6	90,3	6,0	91,1
Histidin	2,1	92,5	1,7	92,5	1,7	93,5	1,8	94,5	2,2	95,2	2,6	95,9
Arginin	7,2	96,7	6,4	97,1	5,5	94,8	5,8	95,0	5,6	95,6	5,8	96,1
Threonin	4,3	89,7	3,6	90,1	3,7	89,0	3,8	89,4	4,0	89,8	3,9	90,9
Alanin	6,4	94,3	5,5	95,2	5,6	93,5	5,8	93,6	6,0	94,6	5,7	94,8
Prolin	4,3	90,1	3,9	90,8	4,1	89,1	4,1	89,0	3,7	89,4	4,0	90,5
Tyrosin	2,9	93,9	2,5	95,0	2,6	94,9	2,6	95,0	2,6	94,8	2,8	95,1
Valin	4,9	93,5	4,5	95,1	4,4	94,7	4,5	94,8	4,6	95,0	5,3	95,6
Methionin	2,8	94,9	2,5	96,5	2,7	96,0	2,7	96,1	2,7	96,5	2,8	96,6
Isoleucin	4,0	93,2	4,0	95,8	3,9	95,4	3,9	95,6	4,0	95,7	4,0	95,6
Leucin	7,4	94,2	7,0	96,0	7,0	95,9	7,0	96,1	7,1	96,1	7,4	96,3
Phenylalanin	3,3	92,7	3,3	95,4	3,4	95,8	3,5	95,9	3,5	96,0	3,2	95,3
Lysin	7,0	95,3	6,3	97,0	6,8	96,7	6,9	96,9	7,0	97,1	7,5	97,2
Cystein/Cystin	1,0	76,6	1,1	85,0	1,0	84,4	1,0	82,6	1,1	84,2	1,1	85,1
Tryptofan	1,0	88,8	1,0	93,5	0,9	92,5	1,0	94,3	0,9	91,8	1,1	94,2
Sum aminosyrer	90,4		81,6		84,3		85,1		84,4		87,7	
Ford. protein , mink, %		93,2		95,4		94,3		95,3		95,1		95,5

Storskala produksjon med tilsetning av råensilasje til koker i fiskemelsprosessen

Produksjonsprosessen for framstilling av kommersielle ensilasjemel og -oljer ble gjennomført i storskala forsøk på Silfas Moldtustranda. Kontrollmel og -olje fra NVG-sild ble tatt ut etter at fabrikken var kommet i balanse. Ensilasjemel og -olje ble tatt ut etter tilsetning av 20% fersk råensilasje på koketrinnet. For å kunne vurdere betydningen av pH senkningen ved tilsetning av syre, ble det for den tredje varianten tilsatt kun maursyre (ekvivalente mengder) over koker. Protein og fettinnhold på fettfritt tørrstoff basis var tilnærmet konstant for alle melvariantene (Tabell 4).

Vannløselig protein økte signifikant fra 20,9 til 27,2% samtidig som det ble funnet en markert økning i flyktige N-forbindelser (TVN og TMA) ved tilsetning av råensilasje til silderåstoffet. Lavere innhold av vannløselig protein i melet fra maursyreforsøket kan i tillegg til syrekoagulering også skyldes produksjonstekniske forhold. Samtlige mel ble likevel produsert innenfor krav til LT-mel med hensyn på vannløselig protein (< 32 %) og biologisk proteinfordøyelighet (> 90 %). Det ble funnet en pH-reduksjon på ca. 1,5 enheter ved produksjon av ensilasjemel og ved tilsetning av maursyre. FFA i

soxhlet fett ekstrakt og biogene aminer i melene viste ubetydelige endringer som følge av tilsetning av råensilasje i prosessen. Reduksjonen i TMAO skyldes hovedsakelig tidseffekten av råstofflagringen.

Tab. 4. Analyseverdier for sluttprodukt på prøvebasis av forsøksmel produsert med og uten tilsetning av ensilasje og syre

Analyser/Prøver	Mel av NVG-sild Kontroll	Mel av NVG-sild med ensilasje	Mel av NVG-sild med maursyre
% Protein	74,3	70,1	74,8
% Fett	12,0	11,4	11,2
% Vann	5,3	9,8	6,3
% Aske	10,4	9,8	8,5
Sum: %	102,0	101,1	100,8
% Protein / Fett-fritt tørrstoff	89,8	89,0	90,7
% Fett / Fett-fritt tørrstoff	14,5	14,5	13,6
% Aske / Fett-fritt tørrstoff	12,6	12,4	10,3
% Salt	2,4	2,4	1,9
% FFA i restfett	4,9	5,2	5,7
% Vannløselig protein av prot.	20,9	27,2	17,7
Putrescin g/kg	0,17	0,19	0,2
Cadaverin g/kg	0,37	0,39	0,33
Histamin g/kg	<10	<10	<10
pH	6,47	5,07	5,03
% Biologisk proteinford.	93,3	93,6	93
Vannaktivitet Aw	0,28	0,38	0,28
TVN mg N/100g	70	160	140
TMA mg N/100g	30	65	60
TMAO mg N/100g	91	75	44

Effekter på oljekvalitet er beskrevet under delmål 2. De kommersielle ensilasjemelene er testet ut i vekstforsøk med smågris mens oljene er biologisk testet i kontrollerte fôringsforsøk med laks; beskrevet under delmål 2. Begrensninger i tilgang på åteholdig tobisråstoff sesongen 2000, medførte at det ikke var mulig å gjennomføre produksjon av ensilasjemel med vannløselig protein utenfor LT-kravet.

Delmål 2 Undersøke effekt av råensilasje på fiskemel- og oljekvalitet innen anvendelsesområdet fiskefôr.

Effekt av kommersielle produksjonsbetingelser på oljekvalitet

Hovedmålsettingen med dette delmålet var å kartlegge effekt av ulike produksjonsprosesser for kjemisk og ernæringsbiologisk kvalitet av marine oljer. Produksjonsprosessen for fremstilling av forsøksoljene ble gjennomført i storskala forsøk på Silfas Moltustrand. Kjemiske og biologiske egenskaper av en kommersielt framstilt kontrollolje av NorSalmOil kvalitet (spesifikasjoner gitt i bilag 2; Olje O6/99) ble sammenlignet med den samme oljen produsert ved tilsetning av 20% råensilasje (Olje O7/99) under framstilling av ensilasjemel og ved tilsetning av kun maursyre for å undersøke effekten av pH senkning alene (O8/99). Kvaliteten av de fabrikkframstilte oljene ble sammenlignet med en kommersiell ensilasjeolje (Olje O5/99). I kontrollerte forsøk med laks ble ensilasjeoljen tilsatt som fôr olje i graderte mengder til 25, 50, 75 og 100 % i bytte mot kontrolloljen av NorSalmOil kvalitet. Samtlige oljer ble vurdert mhp. kjemisk kvalitet og luktintensitet (Tabell 5) før videre uttesting i

biologiske forsøk med laks. Kontrolloljen produsert av sild var karakterisert av langkjedete monoene fettsyrer og middels høye nivå av flerumettede n-3 fettsyrer. Ensilasjeolje O5/99 produsert av avskjær fra sei og sild var karakterisert av en høyere andel av flerumettede fettsyrer, både n-3 og n-6. Høy innhold av n-6 fettsyrer skyldes en utilsiktet innblanding av ca. 10% vegetabilisk olje fra leverandøren. O5/99 ble brukt i et innledende fôringsforsøk med laksesmolt, mens det ble innhentet en ny kommersiell ensilasje-olje (O1/00, se tab.5) til slaktekvalitetsforsøket etter overføring av fisken (750 g) til sjø.

Tab. 5 Kvalitet av en kommersielle ensilasjeoljer og sildoljer fremstilt i storskala produksjonsforsøk på fiskemelfabrikk.

	Ensilasjeolje (kommersiell) O5/99	Ensilasjeolje (kommersiell) O1/00	Sildolje (kontroll) O6/99	Sildolje (råensilasje tilsatt) O7/99	Sildolje (maursyre tilsatt) O8/99
FFA, %	9.8	9.4	0.8	2.3	1.4
Vann, %	0.61	0.28	0.22	0.24	0.40
Smuss, %	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01
PV, mEkv O/kg	0.8	0.9	3.3	5.1	6.0
AV	13	14	6.9	21.2	19.4
Totox (2PV+AV)	14.6	15.8	13.5	31.4	31.4
Fargetall, A _{450nm}	2.49	2.52	0.32	0.62	0.50
Uforsåpbart	1.1	1.5	1.0	1.2	1.0
Luktintensitet ¹⁾	1	1	4.5	2,8	3

¹⁾ Luktintensitet er bedømt av et sensorisk panel (4 dommere) ved SSF etter en gradert skala: 5: Utmerket; 4: Meget god; 3: Middels god; 2: Mindre god; 1: Dårlig

Råensilasjetilsetning over koker medførte økt oksidasjon (totox) i oljen. Produksjonsprosessen for framstilling av olje fra ren råensilasje resulterte i ensilasjeoljer med høyt nivå av frie fettsyrer, mørkfarging og kvalitetsforringelse ved utvikling av en sterkt avvikende lukt (Tabell 5). Surgjøring av kokermassen ved tilsetning av maursyre, gav samme effekt på oljekvalitet som tilsetning av råensilasje. Det ble konkludert med at problem relatert til økende oksidasjon i oljene sannsynligvis skyldes pH senkning i råstoffet. Det ble registrert en kvalitetsforringelse mhp. luktintensitet for oljer produsert med tilsetning av råensilasje over koker, og med tilsetning av kun maursyre, relativt til kontrolloljen.

Vekstforsøk laksesmolt

I et 9 ukers forsøk med laks (300g) ble det ikke funnet signifikante forskjeller i vekst (SGR = 1,45-1,52 %), fôrinntak (1.18 – 1.22 %/dg/biomasse) eller fôrutnyttelse (0,90 – 0,93) mellom diettgrupper fôret med de ulike oljene. Relative verdier for vekst, fôrinntak og fôrutnyttelse i forhold til kontrollgruppen som fikk en ren sildeolje (Diett 1), er vist i tabell 6. Resultatene viser at kommersielle ensilasjeoljer tilsatt helt opp til 75 % fungerer utmerket med hensyn til vekstresultat for liten laks, samtidig som fôrinntaket per fisk og fôrutnyttelse totalt i hele fôringsperioden er lik eller bedre enn kontrollgruppen. Lave tilsetningsnivå av ensilasjeolje (25% av fôroljen) synes å virke svakt appetitt stimulerende samtidig som fôrutnyttelsen var lik kontrolloljen. Dette kan bidra til å forklare tendens til positivt vekstresultat ved lave tilsetningsnivå av ensilasjeolje. I et markedsmessige perspektiv antas det å være vanskelig å introdusere oljer med mørk farge og avvikende lukt. Dersom råstoffpotensialet innenfor ensilering øker til et kommersielt interessant nivå, vil det sannsynligvis være behov for å foreta tekniske forbedringer i produksjonsprosessen som kan bidra til å heve kvaliteten av oljene.

Tab 6. Tilvekst, fôrinntak og fôrutnyttelse relativt til kontrolldiett (Diett 1)

	Diett 1 Sildolje Kontroll	Diett 2 Sildolje / Maursyre	Diett 3 Sildolje / Ensillasje	Diett 4 Ensillasjeolje 100 %	Diett 5 Ensillasjeolje 75 %	Diett 6 Ensillasjeolje 50 % ¹⁾	Diett 7 Ensillasjeolje 25 %
Tilvekst, g	100	104	97	95	102	102	103
SGR, %	100	103	99	97	101	101	102
Vekstfaktor	100	103	98	97	102	102	103
Fôrinntak	100	100	103	98	99	99	102
Fôrutnyttelse	100	101	97	99	102	102	100

¹⁾ n= 2 karparallel

Slaktekvalitetsforsøk stor laks

I et påfølgende 16 ukers fôringsforsøk etter overføring av forsøksfisken (750 g) til sjø, ble det heller ikke registrert signifikante forskjeller i vekst (SGR = 0,68 – 0,72), fôrinntak (0,69 – 0,72 %/dg/biomasse) eller fôrutnyttelse (1,05 – 1,07) mellom forsøksgruppene fôret med marine oljer framstilt under ulike produksjonstekniske betingelser. Relative verdier for vekst, fôrinntak og fôrutnyttelse i forhold til kontrollgruppen som fikk en ren sildeolje (Diett 1), er vist i tabell 7.

Tab 7. Vekst, fôrinntak og fôrutnyttelse relativt til kontrolldiett (Diett 1)

	Diett 1 Sildolje Kontroll	Diett 2 Sildolje 20% råensillasje	Diett 3 Ensillasjeolje 100 %	Diett 4 Ensillasjeolje 50 %	Diett 5 Ensillasjeolje 25 %
Tilvekst, g	100	97	104	105	105
SGR, %	100	100	104	104	103
VF	100	99	104	105	104
Fôrinntak	100	103	104	104	101
Fôrutnyttelse	100	98	101	102	102

Resultatene indikerer at kommersielle ensillasjeoljer fungerer utmerket også med hensyn til vekstresultat for stor laks, samtidig som fôrinntaket per fisk og fôrutnyttelse totalt sett er lik eller bedre enn kontrollgruppen. Råensillasjetilsetning på koker, synes å gi en svak reduksjon i tilvekst og fôrutnyttelse i denne forsøksperioden. Ved forsøkets avslutning var fisken ca 1,5 kg. Astaxanthin-nivå i muskel var da identisk mellom fisk fôret med en høykvalitets kontrollolje av NorSalmOil kvalitet, oljer produsert ved tilsetning av råensillasje over koker og ensillasjeoljer tilsatt i graderte mengder helt opp til 100% av fôroljen. Det ble ikke påvist forskjeller i vekt, lengde, sløyd vekt, levervekt, eller de tilhørende parametrene K-faktor, sløyevinn eller leverindeks (HSI) blant prøvefisk uttatt fra samtlige grupper. Det ble funnet signifikante forskjeller i vitamin E status i muskel mellom fisk fôret med kontrollolje (26 mg/kg) relativt til ensillasjeolje tilsatt til det høyeste nivået (20 mg/kg). Vitamin E status synes likevel tilstrekkelig til å motvirke oksidasjon på vevsnivå. Analyse av TBARS verdier i

muskel, lever og plasma viste ingen signifikante diettforskjeller ($p > 0,05$), samtidig som nivået generelt var lavere enn det som kan indikere begynnende oksidasjon i ulike vev. Multivariate analyser viste at fettsyresammensetningen i forsøksoljene ble reflektert både i fôr og i fiskemuskel. Dette indikerer at fettsyrene fortsatt er intakte og ikke utsatt for oksidasjon som følge av de ulike produksjonstekniske løsningene. Avslutningsvis ble det foretatt en sensorisk beskrivende test av lukt, smak og tekstur (fasthet og saftighet) av laks fra alle grupper. Testen ble gjennomført på helt ferskt fiskemateriale av et trent sensorisk panel ved Norconserv. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller med hensyn til noen av de undersøkte variablene og det ble heller ikke funnet avvik i form av fremmedlukt eller –smak for noen dietter. Når det gjelder vurdering av smak og saftighet, ble det funnet lavest score blant fisk fôret med det høyeste tilsetningsnivå av ensilasjeolje (100%) og p-verdier som indikerte nær signifikante diettforskjeller ($p \leq 0,10$). Lave diett-tilsetninger av ensilasjeolje (25%) synes uproblematiske m.h.t. sensorisk vurdering av fisken.

Lagringsstabilitet av astaxanthin i fôr

Det er gjennomført to lagringsforsøk på henholdsvis 12 og 17 uker. I det første forsøket der 5 mm pellet fra sjøforsøket ble lagret ved 12-15 °C i 12 uker, ble det ikke påvist klare effekter på lagringsstabilitet av astaxanthin relatert til ulik fôr- og oljekvalitet. Relativt tap av astaxanthin var da $< 13\%$ for samtlige forsøksfôr. I det neste forsøket ble lagringsperioden økt til 17 uker (15 °C; Tabell 8). Det ble da funnet en signifikant korrelasjon mellom lagringsstabilitet av astaxanthin og nivå av FFA i fôrene ($p < 0,05$). SSF har tidligere vist at lagringsstabilitet av astaxanthin i fôrpellet er en funksjon av tid, temperatur og kvalitet av fôroljen analysert ved FFA. Høy lagrings-temperatur synes å være den mest kritiske variabel for stabilitet av astaxanthin. I foreliggende lagringsforsøk ble det funnet et akseptabelt diettnivå av astaxanthin på 40 mg/kg selv etter 17 ukers lagring av fôrpellet med FFA nivå på 8,1 %.

Tab.8. FFA i fôr, samt astaxanthin ved forsøksstart og etter lagring i 17 uker ved ca. 15 °C

	Kontrollolje NorSalmOil	Olje produsert med 20 % råensilasje	Ensilasjeolje 100%	Ensilasjeolje 50%	Ensilasjeolje 25%
FFA i fôr, %	1.6	2.7	8.1	5.0	3.2
Astaxanthin i fôr, mg/kg					
Start	58	59	56	57	55
17 uker	54	52	40	45	47
Nivå relativt til start, %	93	88	71	79	85

Lagringsforsøk råensilasje i pilotskala - effekt av tid og temperatur på mel og oljekvalitet

Kvalitet ren ensilasjeolje

Det er gjennomført analyser av ensilasjeolje separert direkte fra råensilasjen under lagring ved kontrollerte betingelser, som beskrevet under delmål 1. Tabell 9 viser kvalitet av ensilasjeoljene tatt ut fra helt fersk råensilasje og råensilasje lagret til 2 og 4 mnd. ved to ulike temperaturer.

Tab. 9. Kvalitet av ensilasjeolje separert direkte fra råensilasje lagret ved 4 og 20 °C

	Fersk Olje 101	2 mnd, 4°C Olje 102	2 mnd, 20°C Olje 103	4 mnd, 4°C Olje 104	4 mnd, 20°C Olje 105
FFA, %	4.5	11.9	14.9	13.9	16.1
Vann, %	0.28	0.25	0.27	0.24	0.28
PV, mEkv O/kg	<1	3.7	5	4.6	5.9
AV	1.1	1.4	1	1.3	0.9
Totox (2PV+AV)	<3.1	8.8	11	10.5	12.7
Konj. Diener	0.75	0.62	0.63	0.67	0.68
Konj. Triener	0.08	0.04	0.03	0.04	0.05
Fargetall, A _{450nm}	1.00	1.97	1.87	1.76	2.01
Uforsåpbart	2.7	1.4	1.5	1.4	1.7

Nivå av frie fettsyrer (FFA) og fargeintensitet økte i ensilasjeoljene som funksjon av økende lagringstid, samtidig som det ble funnet noe høyere FFA nivå ved lagring av råensilasjen ved 20°C. Oksidasjonsnivået analysert ved totox og konjugerte diener/triener holdt seg lavt og viste ingen endring som følge av råensilasje lagring. Luktintensitet ble ikke evaluert for olje produsert i pilotskala grunnet utilstrekkelige oljemengder. Fettsyresammensetning av oljene viste en klar nivåøkning relativt til utgangsnivået for EPA (12-18%) og DHA (37-45%) som funksjon av lagringstid (Tabell 10). Økningen var markert fra start til 2 mnd og viste deretter en svakere stigning (5%). Det antas at surgjøring og hydrolyse av råstoffet har medført en høyere frigjøring av membranbundet fett (karakterisert av fosfolipider med høyt innhold av flerumettede fettsyrer), enn det som er normalt ved tradisjonell produksjon av fiskemel. Lagringstemperaturen synes å ha liten betydning for frigjøringen av fettsyrer.

Tab.10. Fettsyresammensetning (% andel /100g) i ensilasjeoljer separert fra fersk og lagret råensilasje.

	Fersk Olje 101	2 mnd, 4°C Olje 102	2 mnd, 20°C Olje 103	4 mnd, 4°C Olje 104	4 mnd, 20°C Olje 105
Sum mettet	20,6	20,7	21,0	20,9	21,8
Sum monoener	51,9	49,4	49,2	49,9	49,5
Sum PUFA(n-6)	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7
Sum PUFA(n-3)	15,1	18,4	18,0	18,5	18,8
Sum PUFA-tot.	17,4	20,7	20,2	20,8	21,2
Total sum	89,9	90,8	90,4	91,6	92,4
EPA	4,9	5,6	5,5	5,7	5,8
DHA	6,4	8,9	8,8	9,1	9,3

Kvalitet ensilasjemel og -oljer

Det er gjennomført pilotframstilling av ensilasjemel med tilsetning av fersk råensilasje og råensilasje lagret til 2 og 4 mnd. ved to temperaturer (Delmål 1). Tilstrekkelige mengder ble produsert av samtidig produserte oljer til å evaluere både kjemisk (Tabell 11) og ernæringsbiologisk (Tabell 12) kvalitet. Kvalitet av ensilasjemelene er beskrevet under delmål 1 (Tabell 2). Anvendelse av fersk og lagret råensilasje under framstilling av ensilasjemel ga som forventet en langt mindre påvirkning på FFA nivået i de samtidig produserte oljene (Tabell 11) relativt til rene ensilasjeoljer separert direkte fra råensilasjen (Tabell 9). Uavhengig av temperatur ble det funnet en markert utvikling av fargeintensiteten av oljene i lagringsperioden. Det er uklart i hvilken grad dette kan forklares ut fra sesongvariasjoner i

silderåstoffet ettersom råstoffet anvendt under produksjon av ensilasjemelene var basert på henholdsvis tidlig NVG sild (17.02), utgytt NVG sild (17.04) og feit Nordsjøsil (06.06). Under kontrollerte lagringsbetingelser ble det ikke funnet endringer i oksidasjonsnivå analysert som totox eller konjugerte forbindelser, relatert til lagringstid eller -temperatur. Mørkfargingen av oljene i pilotforsøket kan imidlertid påvirke analyse av anisidin som inngår i beregningen av Totox. Det er derfor uklart om vi kan ha problem med oksidasjon i oljene. Ved fabrikkforsøket var fargenivået i oljer etter tilsetning av råensilasje på koker så lavt at dette sannsynligvis ikke gav problem med analyse av anisidin (ref. Tabell 5)

Tab. 11 Kvalitet av fiskeoljer produsert med tilsetning av fersk og lagret råensilasje på koker under fremstilling av ensilasjemel.

Lagringstid, ensilasje: Olje:	Fersk Olje 06/00	2 mnd, 4 °C Olje 08/00	2 mnd, 20 °C Olje 07/00	4 mnd, 4 °C Olje 10/00	4 mnd, 20 °C Olje 09/00
FFA, %	0.8	3.2	3.8	2.3	2.1
Vann, %	2.0	0.25	1.0	0.15	0.14
PV, mEkv O/kg	2.1	2.9	1.0	2.1	2.6
AV	15	16	14	12	12
Totox (2PV+AV)	19.2	21.8	16	16.2	17.2
Konj. Diener,%	0.56	0.66	0.62	0.63	0.59
Konj. Triener,%	0.024	0.034	0.028	0.028	0.018
Fargetall, A _{450nm}	0.774	1.044	1.046	2.32	2.35
Uforsåpbart	1.3	1.4	1.3	1.1	1.1

Vekstforsøk med ensilasjemel og -oljer (laksesmolt)

I gjennomføring av det biologiske forsøket ble det valgt ut tre ensilasjemel tilsatt 20% med henholdsvis fersk råensilasje og råensilasje lagret i 2 og 4 mnd ved høy temperatur (20 °C), samt de tre tilsvarende oljene fra melproduksjonen (Olje 06, 07 og 09/00). I et 12 ukers fôringsforsøk med laks (startvekt 105 g), ble det ikke funnet signifikante forskjeller i vekst (SGR = 1,72-1,78 %, TGC = 3,21 – 3,36) eller fôrutnyttelse (0,75 – 0,78) mellom forsøksgruppene ($p > 0.05$) relativt til kontroll. For ensilasjemelene ble det likevel funnet en tendens til redusert fôrutnyttelse med økende lagringstid av ensilasje, samtidig som det ble funnet signifikant høyere fôrintak hos fisk fôret med råensilasje lagret til 4 mnd. relativt til kontrollfisk (Tabell 12). Økt fôrintak har vært registrert flere ganger i respons til ensilasjemel (interne rapporter, SSF). Dette kan forklares som en ren smakelighetseffekt, en kompensasjon til redusert fôrutnyttelse eller en kombinasjon av begge. Positiv effekt på fôrintak ble registrert både for ensilasjemel og -oljer, samtidig som tilveksten også var svakt positiv for samtlige grupper relativt til kontroll (Tabell 12). Det ble ikke påvist forskjeller i vekt, lengde, sløyd vekt, levervekt, eller de tilhørende parametrene K-faktor, sløyevinn eller leverindeks (HSI) blant prøvafisk ($p > 0.05$). Fettinnhold i muskel var lik for samtlige grupper ($p > 0.05$), mens det ble funnet signifikante forskjeller i pigmentering mellom fisk fôret med ensilasjemel produsert ved tilsetning av fersk råensilasje (Diett 1) og kontrollfôr (Diett 4), $p < 0.05$. Astaxanthin i muskel var henholdsvis 2.2, 1.6, 1.6, 1.6, 1.8, 1.8 og 1.5 mg/kg for fisk fôret med diett 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Sluttvekt på fisken varierte mellom 478 og 502 g basert på biomasse (Tabell 12), og 478 og 528 g basert på vekt av prøvafisk.

Tab. 12 Sluttvekt, tilvekst, fôrinntak og fôrutnyttelse relativt til kontrollgruppen (Diett 4)

Fiskemel / -olje: Lagringstid,ensilasje: Diett:	Ensil.mel Fersk Diett 1	Ensil.mel 2mnd Diett 2	Ensil.mel 4 mnd Diett 3	Kontroll Diett 4	Olje O6/00 Diett 5	Olje O7/00 Diett 6	Olje O9/00 Diett 7
Sluttvekt, g	497	478	502	478	490	494	495
Relativ tilvekst	105	100	106	100	103	104	105
SGR	102	101	103	100	101	102	102
TGC	103	101	105	100	102	103	103
Fôrinntak							
Totalt	104	102	111	100	103	107	107
g/dg/fisk	104	103	111	100	105	106	107
%/dg/BW	101	103	106	100	102	103	102
FCR	100	97	96	100	99	99	99

Fettinnhold i fisk var signifikant korrelert til vekt av prøvefisk ($p < 0,05$), men astaxantin nivå i muskel ikke var korrelert til hverken fiskevekt eller fettinnhold i muskel ($p > 0,05$). Det kan ikke utelukkes at resultatene kan skyldes tilfeldig variasjon i individuell pigmentering av fisk av denne størrelse, og det er derfor behov for å få verifisert disse resultatene.

Delmål 3 Undersøke effekt av råensilasje på fiskemelkvalitet innen anvendelsesområdet smågris.

Smågris er et interessant marked for høykvalitets fiskemel og anvendes i nivåer opp til 10-12% eller rundt 40% av totalproteinet. Hos gris i tidlig vekstfase er produksjon av fordøyelsesenzymer lav og fiskemel med oppløst protein fra ensilasje kan derfor ha en positiv effekt på proteinutnyttelsen. Fôrmidler som gir en relativt hurtig senking av pH (lav bufferkapasitet) er også ønskelig. Fiskemel har en relativt høy bufferkapasitet og kommer ikke spesielt godt ut i denne sammenheng. Tilsetning av maursyre fra ensilasje i fiskemelprosessen kan derfor forventes å gi tilleggseffekter utover det som oppnåes ved høy proteinkvalitet. For å undersøke disse problemstillingene er det gjennomført 2 fôringsforsøk med smågris. Forsøkene er gjennomført på purker og kasterte hanngriser av den norske krysningsrasen NOROC.

Det første forsøket ble gjennomført på 30 smågris fordelt på 3 dietter med 12% innblandet fiskemel av forskjellig kvalitet. Forsøket viste ingen forskjell på to kvaliteter av Norse-LT 94 (Tabell 13). Innblanding av kommersiell ensilasjekonsentrat i fiskemelet (12% på proteinbasis) under fremstilling på fabrikk resulterte i redusert fôropptak og tilvekst. Størst negativ effekt ble registrert de første ukene etter avvenning. De fire første ukene var fôropptak og tilvekst hhv. 14 og 18% lavere relativt til kontroll. I hele forsøksperioden fra start fram til oppnådd 22 kg levende vekt ble det registrert 8% lavere tilvekst ($p < 0,05$) mens det ikke ble registrert noen vesentlig forskjell i fôropptak.

Det andre forsøket ble gjennomført på 60 smågris fordelt på 6 dietter med 12% fiskemel produsert uten (kontroll) og med 20% innblandet råensilasje i prosessen: Kontrollmel (kommersiell fiskemel), mel tilsatt fersk ensilasje og mel tilsatt lagret ensilasje ved 4 °C (lagret 2 og 4 måneder) og 20 °C (lagret 2 og 4 måneder) (Tabell 14). De anvendte ensilasjevariantene i dette forsøket var produsert ved SSF under kontrollerte betingelser og hadde alle en høy kvalitet uavhengig av lagringstid og temperatur (jfr. Delmål 1). I forhold til kontroll

gruppen ga fiskemel med ensilasje i gjennomsnitt 10% større tilvekst med 5% høyere fôropptak de 3 første ukene etter avvenning. De brukte 1,5 dager kortere tid til oppnådd 22 kg levende vekt. Det framkommer ikke noen klare forskjeller mellom de ulike ensilajemelene. Verken lagringstid eller lagringstemperatur av ensilasje har medført endringer i næringsverdi som har påvirket fôropptak eller tilvekst hos smågrisene negativt.

De to forsøkene viser klart forskjellig respons på tilsetning av ensilasje i fiskemelet. Det kommersielle ensilajekonsentratet anvendt i forsøk 1 (Tabell 13) hadde på tørrstoffbasis relativt høye nivå av biogene aminer. Dette tyder på dårlig kvalitet på biproduktene før ensileringen eller at selve ensilasjonen ikke har vært stabil. I forsøk 2 (Tabell 14) ble det anvendt ensilasje av meget høy kvalitet og det er her oppnådd et generelt positiv effekt i alle grupper. Negativ effekt av ensilasetilsetning er også rapportert tidligere og kan skyldes bl.a. redusert smakelighet ved innblanding over visse nivå i dietten. Det er også spekulert i at redusert smakelighet kan skyldes økt oksidasjonsnivå i restfett fra ensilasjonen. Det har ikke vært mulig innenfor rammen av dette prosjektet å følge opp dette eksperimentelt, men det er bekreftet fra andre deler av prosjektet (delmål 2) at ensileringsprosessen har en klart negativ effekt på oljens sensoriske og kjemiske kvalitet. Resultatene bekrefter vårt generelle inntrykk av at dagens kvalitet på ensilajekonsentrat er variabel og at bruk inn mot markedet husdyrfôr vil kreve etablering av kvalitetssikringssystemer for å sikre en jevn og reproducerbar kvalitet.

Tab. 13. Vekstresultater hos smågris gitt fôr med ulike fiskemelstyper.

Diett	1	2	3	SEM ¹⁾
Fiskemel	Sild	Kolmule	Kolmule +Ensilasje	
Antall gris	10	10	10	
Startvekt, kg	6,94	7,09	6,93	0,53
Tilvekst, gram/gris/dag				
1.periode (0-14 dager)	184	219	156	17
2.periode (14-28 dager)	549	575	494	32
Gj.sn. 1.+2. periode (0-28 dg)	366	397	325	22
Til oppnådd 22 kg	442	458	421	10
Fôropptak, gram/gris/dag				
1. periode (0-14 dager)	230	238	194	18
2. periode (14-28 dager)	637	636	553	34
Gj.sn. 1.+2. periode (0-28 dg)	443	437	374	24
Til oppnådd 22 kg	546	531	510	13
Fôrutnyttelse, fôr/tilvekst				
1. periode	1,25	1,09	1,40	0,10
2. periode	1,16	1,11	1,13	0,02
Gj.sn. 1.+2. periode	1,18	1,10	1,16	0,02
Til oppnådd 22 kg	1,24	1,16	1,21	0,02
Dager i forsøk til oppnådd 22 kg	35,3	33,7	36,7	1,4

¹⁾SEM = Standardfeil på middeltall = $\sqrt{(s^2/n)}$

Tab. 14. Vekstresultater smågris for dietter uten (kontroll) og med ensilasje tilsatt fiskemelet. 0 – 3 uker og dager i forsøk til oppnådd 22 kg levende vekt.

Diett	1	2	3	4	5	6
	Kontroll	E 0 - 4°	E 2 – 20°	E 2 – 4°	E 4 – 20°	E 4 – 4°
Startvekt, kg	8,94	8,98	8,93	9,15	8,84	8,95
Tilvekst, rel.*	100	108	114	104	110	112
Fôropptak rel.*	100	108	108	99	106	103
Fôr/ tilvekst (kg)	1,26	1,31	1,17	1,19	1,20	1,14
Dager i forsøk	29,4	27,7	27,5	29,0	27,9	27,5

* rel. kontroll = 100

E0, E2, E4 = lagringstid ensilasje 0, 2 eller 4 måneder ved henholdsvis 4 og 20 °C

Delmål 4 Dokumentere teknisk kvalitet for fiskemel m/ensilasje anvendt innen produksjon av ekstrudert høvfett fiskefôr.

I de siste årene har fettinnholdet i ekstrudert fiskefôr økt og det er kommet klare signaler fra flere av fiskefôrprodusentene at de har problemer med å anvende ensilasjekonsentrat under produksjon av slikt fôr. Dette er bekreftet i egne forsøk på SSF og skyldes primært at tilsetningen gir mindre spillerom for bruk av vann/steam som reguleringsparameter i ekstruderen (ensilasjekonsentrat inneholder ca 60% vann) og at det er vanskeligere å ekspandere fôret. Ensilasjen bidrar til å binde pelleten, men resulterer også i en mindre og mer kompakt pellet som ikke absorberer ønsket mengde fett. Ved tilsetning av råensilasje i fiskemelprosessen vil ensilasjen foreligge som et tørt produkt i fiskemelet. Dette gir ekstruderoperatøren større frihetsgrader til bruk av vann/steam i prosessen. I prosjektet er det gjennomført ekstrudertekniske forsøk for å dokumentere fordeler/ulempes ved bruk av ensilasjemel i ekstruderprosessen relativt til dagens Norse-LT 94 og spesielt for å få frem dokumentasjon innen området høvfettfôr. Forsøkene er gjennomført i SSF sitt anlegg for produksjon av ekstrudert fiskefôr og ved bruk av vakuumcoater. Hovedkonklusjonen fra forsøkene er at bruk av ensilasjemel ikke gir tekniske problemer ved produksjon høvfettfôr. Resultatene kan også tyde på at det er lettere å oppnå bedre pelletstyrke og høyt fettinnhold for ensilasjemel enn for vanlige LT-mel.

Fiskemel med 10 og 20% ensilasje er sammenlignet med et kontrollmel basert på det samme fiskeråstoffet. Ekstruderen ble i dette tilfellet justert slik at man oppnådde omtrent samme styrke på pelleten. For alle forsøkene er det oppnådd over 36% fett etter coater. Fiskemel med 10% ensilasje viser omtrent de samme egenskaper som kontrollmelet. I forsøk med fiskemel m/20% ensilasje ble det tilsatt 2% mer fett til forbehandlingsenheten. Dette har resultert i tilsvarende høyere fett% i pellet etter coater. Testing av fett-trekking på lab viser her et potensiale på 41%. Testing av fettlekkasje er testet ved 40 °C og viser omtrent samme nivå for alle forsøkene.

I et annet forsøk er fiskemel med 30% ensilasje testet mot kontroll. Her ble ekstruderen kjørt med målsetning å oppnå samme fettinnhold i pellet etter tørke. For begge testkjøringene er det oppnådd høye nivå fett i pellet etter coater (38-39%) og i labtest. For å oppnå dette har vi økt tilsetning av olje til forbehandlingsenheten. For kontrollmelet har dette resultert i svært dårlig styrke. Et nivå på 1,8 kp er ikke salgbar pelletkvalitet og det var heller ikke mulig å forbedre dette ved bruk av så høye nivå fett i forbehandlingsenheten. Ved tilsetning av ensilasje til fiskemelet er det både oppnådd god styrke og høy fetttrekking. Resultatene indikerer også at det er mulig å oppnå redusert fettlekkasje ved bruk av mel tilsatt ensilasje. Dette skyldes trolig

at man oppnår mindre porestørrelse i pelleten. Pellet med ensilasjemel er noe vanskeligere å tørke og dette har trolig sammenheng med økt vannbindingsevne og mindre porestørrelse.

Delmål 5 Undersøke driftstekniske problemer og etablere driftsrutiner for anvendelse av råensilasje ved sildemelfabrikk.

Det er i prosjektet gjennomført 2 forsøk i industriell skala ved fiskemelfabrikk. I forsøkene er det enten dosert råensilasje til koker eller tilsatt ensilasjekonsentrat direkte til tørken. Produksjonsforsøkene er gjennomført uten merkbare driftstekniske problemer i fabrikkene. For å kunne anvende ensilasje som råstoff i prosessen må imidlertid fabrikkene investere i økt lagerkapasitet på råstoffsidene og utstyr for kontroll og dosering av ensilasje til prosessen.

Tilsetning av ensilasje vil medføre at vannaktiviteten til melet reduseres. Dette gir seg utslag i økte avvanningskostnader ved bruk av varmluftstørke dersom en ønsker samme vanninnholdet i mel med ensilasje som i mel uten ensilasje. Når råensilasje tilsettes koker vil en som følge av pH-reduksjonen i fiskemassen imidlertid oppnå en tørrere presskake og dermed mindre vann å fjerne i tørken. Økte avvanningskostnader på tørke som følge av redusert vannaktivitet i melet, blir utlignet ved den energimessige gevinsten fra pH-reduksjonen.

På grunn av høye prosessstemperaturer (85-100 °C) og reduksjon i pH på massestrømmene, kan det forventes en økt tendens til korrosjon på prosessutstyret. Dette problemområdet må utredes nærmere ved gjennomføring av korrosjonstester for å kvantifisere eventuelle økte korrosjonsrater.

Konklusjoner

Ved anvendelse av råensilasje til produksjon av fiskemel av Norse LT-94 eller tilsvarende kvalitet, må det etableres krav som reflekterer råstoffkvalitet eller innhold av nedbrytningsprodukter fra bakteriell aktivitet. Det vil være naturlig å innføre minimum de samme krav til biogene aminer på tørrstoff-basis som i dag anvendes for spesialmel kvaliteter. Ensilasje produsert av biprodukter fra NVG-sild (kort tid etter fileteringsprosess) vil inneholde TMAO (trimetylaminoksyd) dersom det i prosessen har vært benyttet maursyre med antioksidant og man har hatt god kontroll med pH-verdi og reduksjon i viskositet under fremstillingen. TMAO-verdier >0 vil kunne anvendes som en indikator på både god råstoffkvalitet og kontroll med selve ensileringsprosessen. Hydrolysegrad, viskositet og pH er også aktuelle kriterier for å vurdere kvaliteten av råensilasje.

Det er dokumentert at råensilasje produsert fra ferskt avskjær fra NVG-sild kan lagres inntil 4 mnd ved 4 °C og 20 °C uten tap av syrelabile aminosyrer eller utvikling av biogene aminer. Ensilasjen inneholdt høye nivå TMAO (trimetylaminoksyd) etter lagring i 4 mnd ved 20 °C.

Høykvalitets fiskemel kan fremstilles innenfor krav til Norse LT-94 ved tilsetning av inntil 20 % råensilasje. Vannløselig protein øker noe som følge av tilsetning av syreautolysert råstoff, samtidig som pH i melet senkes med 1 –1,5 enheter. Protein og fettinnhold, samt innhold av aminosyrer (herunder også de syrelabile) påvirkes ikke gjennom prosessen. Proteinfordøyelighet er generelt høy og upåvirket av ensilasjens hydrolysegrad.

Surgjøring og hydrolyse av råstoffet gir en fiskeolje med høyt nivå av FFA, mørkfarging og utvikling av avvikende lukt. Dette er funnet både ved kommersiell produksjon av råensilasje og ved kontrollert lagring av råensilasje ved 4 og 20 °C.

Anvendelse av råensilasje som råstoff i kommersiell fiskemelproduksjon kan gi økt oksidasjonsnivå på fiskeoljen. Ved anvendelse av høykvalitets råensilasje i pilotfremstilt ensilasjemel ble det imidlertid ikke funnet forskjeller i oksidasjonsnivå relativt til kontroll, men det ble påvist en økende mørkfarging av oljen som funksjon av lagringstid på ensilasjen.

Oljer som varierer sterkt med hensyn til nivå FFA, oksidasjon, farge og lukt, har i forsøk med laks ikke gitt negativ effekt på vekst, fôrutnyttelse, pigmentering eller slaktekvalitet. Lave tilsetningsnivå av ensilasjeoljer tenderer til å gi svak positiv effekt på fôrinntak og tilvekst.

Ensilasjemel har i gjentatte fôringsforsøk gitt en svak positiv eller signifikant økt tilvekst av laksesmolt (0-6%). Det er påvist tendens til redusert fôrutnyttelse med økende lagringstid av råensilasje (høy hydrolysegrad), til dels kompensert ved høyere fôrinntak. Ernæringsbiologisk betydning av hydrolysegrad i ensilasjen er noe usikker.

Tilsetning av ensilasjemel i fôr til smågris har gitt positiv effekt på fôropptak og tilvekst ved bruk av ensilasje av høy kvalitet produsert under kontrollerte betingelser. Tilsvarende forsøk der det er anvendt et kommersielt ensilasjekonsentrat av dårligere kvalitet i fiskemelet har derimot gitt negative effekter. Resultatene har avdekket behov for å gjennomføre flere studier for å utrede disse forhold og kvalitetssikre ensilasjemel rettet mot dette markedet.

I tekniske forsøk med bruk av fiskemel med ensilasje til produksjon av ekstrudert høyfett fiskefôr er det ikke observert problemer med å oppnå god styrke og høy evne til fett-trekking. Forsøkene har også indikert at det er mulig å oppnå en lavere fettlekkasje i pellet.

Produksjonsforsøk på fiskemelfabrikk har ikke avdekket driftstekniske problemer ved bruk av råensilasje eller ensilasjekonsentrat i prosessen. Fabrikkene må imidlertid investere i lagertanker og doseringsutstyr før slikt råstoff kan anvendes. Tilsetning av ensilasje vil i liten grad påvirke produksjonskostnadene, men kan gi økte vedlikeholdskostnader dersom slik dosering gir økte korrosjonsrater i prosessutstyret.

2. POPULÆRVITENSKAPELIG FRAMSTILLING

Bakgrunn

Ved filetering og annen bearbeiding av fisk til konsum ender opptil 50% av råstoffet som biprodukter i form av hode, rygg, innvoller etc. Biproduktene er et verdifullt marint råstoff og utgjorde ca 650.000 tonn i 1999. Det arbeides med utnyttelse av dette råstoffet innen produksjon av nye konsumprodukter, biokjemikalier og andre halvfabrikata, men disse områdene utgjør foreløpig et svært begrenset volum. Kun anvendelse til produksjon av fôrråvarer i form av ensilasje-konsentrat, fiskeolje og proteinholdige melprodukter har en mottakskapasitet og et marked som er stort nok til å ta i mot de nevnte kvanta. Det forventes om få år en mangel på fiskeolje på verdensmarkedet og marine protein-råvarer representerer

et etterspurt og høyt betalt produkt innen fôrindustrien. Disse produktene utgjør hovedkomponentene i fôr til oppdrettsfisk og anvendes også i fôr til husdyr og kjæledyr grunnet høy ernæringsverdi og gunstig virkning på dyrenes immunsystem og helse.

Dersom ikke biproduktene kan anvendes i fersk tilstand, har det vist seg mest kostnads-effektivt å tilsette syre og produsere såkalt fiskeensilasje. Ensileringsprosessen gir et lagrings-stabilt mellom-produkt. Ensilasjen utnyttes i dag hovedsakelig til produksjon av fiskeolje og et proteinkonsentrat. Konsentratet kan anvendes inne produksjon av fiskefôr, men har tekniske egenskaper som begrenser slik anvendelse og dette har de siste årene resultert i avsetningsproblemer for produktet.

I prosjektet har vi studert anvendelse av fiskeensilasje som råstoff i fiskemelindustrien til produksjon av olje- og melprodukter. Gjennom en slik anvendelse vil fiskeensilasjen bli utnyttet til produksjon av standardiserte råvarer som brukes av fôrindustrien internasjonalt. Dette vil åpne opp for nye markedsmuligheter for utnyttelse av fiskeensilasje og etablere en sikker avsetningsmulighet for fiskebiprodukter.

Resultater

Kvaliteten på kommersiell fiskeensilasje varierer og det har vært behov for å gjennomføre et kontrollert forsøk for å dokumentere om dette skyldes dårlig kontroll med kvaliteten på de anvendte fiskebiprodukter og/eller langtidslagring av ensilasjen. Det er i prosjektet demonstrert at ensilasje av svært god kvalitet kan fremstilles ved anvendelse av ferske biprodukter fra sild. Ensilasjen er lagret ved 4 og 20 °C i en periode på 4 måneder og kvaliteten fulgt ved måling av viskositet og kjemiske metoder. Forsøket har dokumentert at det er mulig å produsere en fiskeensilasje som ikke utvikler biogene aminer og med en stabil aminosyresammensetning (inkludert de syre-labile aminosyrene tryptofan og cystein/cystin). Kvaliteten på den fremstilte ensilasjen var betydelig bedre enn det som normalt observeres i kommersiell skala og har avdekket behov for utvikling av kvalitetssikringsrutiner ved kommersiell produksjon av fiskeensilasje.

Det er gjennomført testproduksjon av fiskemel i pilot og fabrikk-skala der 10-30% ensilasje er tilsatt annet ferskt fiskeråstoff før kokeprosessen. Forsøkene viser at slik tilsetning øker fiskemelets nivå av vannløselig protein og ammoniakk, men tilfredstiller alle krav til høykvalitets produktet Norse-LT 94. I foringsforsøk på laks er det ikke påvist noen negativ ernæringsbiologisk effekt ved bruk av fiskemel med ensilasje. I fôr til smågris har fiskemel med ensilasje av høy kvalitet gitt positiv effekt på fôropptak og tilvekst.

Anvendelse av en kommersiell ensilasje i fiskemelprosessen påvirket oljekvaliteten negativt ved økt oksidasjonsnivå, mens tilsvarende ikke ble funnet ved anvendelse av en høykvalitets ensilasje fremstilt i pilotskala. Fiskeolje som ble separert fra råensilasjen under det kontrollerte lagringsforsøket, var karakterisert av økende nivå frie fettsyrer, mørkfarging og utvikling av en avvikende lukt. Samtlige oljer produsert i pilotskala og i storskala forsøk på fabrikk ga gode vekstresultater i forsøk med laks, til tross for store variasjoner i kjemisk og sensorisk (lukt og farge) kvalitet. Det ble ikke funnet forskjeller mht vekst, fôrutnyttelse og pigmentering av laks ved anvendelse av ren ensilasjeolje, eller olje produsert ved tilsetning av ensilasje i fiskemelprosessen.

Flere av fiskefôrprodusentene i Norge har meldt om problemer med å anvende ensilasjekonsentrat under produksjon av høyfett fiskefôr. Dette er bekreftet i egne pilotforsøk på SSF.

Ensilasjen bidrar til å binde pelleten, men resulterer også i en mindre og mer kompakt pellet som ikke absorberer ønsket mengde fett. I prosjektet er det gjennomført testproduksjoner av ekstrudert fiskefôr der vanlig fiskemelkvalitet er sammenlignet med mel tilsatt ensilasje. Det er i forsøkene vært enklere å oppnå både god fysisk pelletkvalitet og høy fett-trekkingsevne ved bruk av fiskemel med ensilasje. Bruk av kun tørre fôrråvarer i prosessen gir større mulighet for regulering og det har vært mulig å utnytte ensilasjemelets forbedrede bindeegenskaper til fremstilling av pellet med både god styrke og høy evne til fett-trekking (38-39% fett). Forsøkene indikerer også at det er mulig å oppnå en redusert fettlekkasje ved bruk av ensilasjemel. Dette skyldes trolig at man oppnår en redusert porestørrelse i pelleten.

Nytteverdi og mulig anvendelse

Prosjektet har utviklet kunnskapsgrunnlaget for kommersiell anvendelse av fiskeensilasje i fiskemelindustrien. Det er 12 fiskemelfabrikker i Norge og den geografiske spredningen vil sikre mottaks-kapasitet og skape nye markedsmuligheter for biprodukter som ikke anvendes i fersk tilstand. Kunnskap fra prosjektet vil også kunne bidra til å etablere industrielle løsninger på utnyttelse av de økende mengder biprodukter fra oppdrettsfisk i Norge.

3. BRUKERNYTTTE

Det er i gjennomføring av prosjektet vært etablert en styringsgruppe med representanter fra sentrale personer i fiskemelnæringen, dir. Harald Røkenes (NPG) og tekn. dir. Bjørn Marki (Silfas).

I forbindelse med avslutning av prosjektet er det gjennomført møter med disse eierorganisasjonene for å orientere om resultater og diskutere interesse for videreføring og anvendelse av konseptet. Det er gitt positiv tilbakemelding fra næringen med ønske om en kommersiell oppfølging av prosjektet.

4. PROSJEKTMEDARBEIDERE

Følgende personer har arbeidet på prosjektet:

Siv. ing. Åge Oterhals (prosjektleder)
 Dr. scient. Anders Aksnes
 Dr. scient. Sissel Albrektsen
 Siv. agronom Harald Mundheim
 Siv. ing. Tor Andreas Samuelsen
 Ing. Britt Hope
 Ing. Øistein Høstmark

Laborant Rolf Egil Myrmel
 Laborant Sigurd Teigland
 Laborant Vidar Yri
 Agronom Nils Brekke
 Agronom Andreas Kjellesvik
 Agronom Paul Halhjem
 Agronom Solveig Johannessen
 VK akvakultur Geir Mandelid
 Fagarb. akvakultur Kent Olav Mikkelsen

Norse-LT 94

Produksjonsprosess

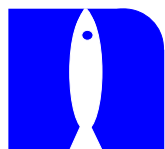
Norse-LT 94 er et spesialfiskemel framstilt fra friskt, kjølt råstoff som inneholder maks. 50 mg flyktig nitrogen/100 gr. råstoff ved produksjon. Norse-LT 94 er et helmel produsert under skånsomme tørkebetingelser og av fabrikker som har gjennomgått et omfattende og strengt godkjenningsprogram. En effektiv kjemisk, biologisk og bakteriologisk kontroll blir gjennomført for å sikre at produktet tilfredsstiller kvalitetskravene.

Spesifikasjon

Protein (basis 71,0 %)		min. 68,0 %
Vann	max. 10,0 %	min. 6,0 %
Fett (Soxhlet)	max. 11,5 %	
Saltfri Aske	max. 14,0 %	
Salt (NaCl)	max. 3,5 %	
Totalt Flyktig Nitrogen (NH₃-N)	max. 0,18%	
Cadaverin	max. 1,0 g/kg	
Histamin	max. 0,5 g/kg	
Vannløselig protein	max. 32,0 %	min. 18,0 %
Salmonella	ikke påvist	
Biologisk fordøyelig protein (mink)		min. 90,0 %
Antioksidant (EMQ)	tilsatt	

Bruksområde

Norse-LT 94 anbefales brukt i fôr til fisk og tidlig avvendte smågris. Biologisk fordøyelighet av proteinet blir testet i hvert parti før skipning. Denne kvalitetskontrollen er unik for den norske fiskemelindustrien og garanterer den biologiske kvaliteten av produktet. Det er dokumentert en betydelig økning i tilvekst av mink, tidlig avvendte smågris, liten og stor laks, piggvar og kveite ved bruk av Norse-LT 94.



norsildmel

Norsk Sildolje- og Sildemelindustri Salgslag A/L
 Adresse: **Norsildmel, Kjerreidviken 16, N-5141 Fyllingsdalen**
 Telefon 55 50 13 00 - Telefaks: 55 50 13 99
 e-post: office@norsildmel.no

Oppdatert 27.04.1998

NorSalmOil

Produksjonsprosess

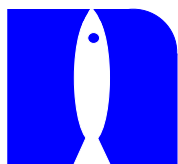
NorSalmOil er en uraffinert spesialfiskeolje med en frisk og karakteristisk lukt. Oljen er produsert av råstoff som inneholder max. 90 mg flyktig nitrogen/100 gr. råstoff ved produksjon. Råstoffet er utvalgte fiskearter, hovedsakelig lodde og sild. NorSalmOil er produsert på fabrikker av høy teknisk standard og med gode hygieniske forhold.

Spesifikasjon

	Typisk	Max.
Frie fettsyrer	3 %	5,0 %
Vann og smuss	0,2%	0,5 %
Totox (anisidin + 2 x peroksid)	15	25
Antioksidant (BHT)	tilsatt	

Bruksområde

NorSalmoil anbefales brukt i fôr til fisk og pelsdyr.



norsildmel
 Norsk Sildolje- og Sildemelindustri Salgslag A/L
 Adresse: Norsildmel, Kjerreidviken 16, N-5141 Fyllingsdalen
 Telefon: 55 5013 00 - Telefaks: 55 50 13 99
 e-post: office@norsildmel.no

Oppdatert 28.04.99