

Vinnsla og vöruþróun  
Processing and Product  
Development

Líftækni  
Biotechnology



Matvælaöryggi  
Food Safety



# Votfóður fyrir eldisporsk

Jón Örn Pálsson

Vinnsla og vöruþróun

Skýrsla Matís 08-09  
Febrúar 2009

ISSN 1670-7192

Titill / Title	Votfóður fyrir eldisþorsk / Moist diet for farmed fish		
Höfundar / Authors	Jón Örn Pálsson, Matis ohf. Þóroddur ehf. Atvest hf		
Skýrsla / Report no.	08-09	Útgáfudagur / Date:	Febrúar 2009
Verknr. / project no.	1304-1803		
Styrktaraðilar / funding:	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi. Forverkefni (S 034-05)		
Ágríp á íslensku:	<p>Gellyfeed er samnefni fyrir tveggja þrepa framleiðsluferli á votfóðri fyrir eldisfisk. Aðferðin var þróuð með það markmið að lækka geymslu-kostnað og framleiða sterkar fóðurpillur. Rannsóknir staðfesta að lútun hráefnis og geymsla í lengri tíma skaðar gæði próteina og gerir hráefnið óhæft til votfóðurgerðar. Hámarks geymslutími fiskhráefnis í sterkt basísku ástandi er 14 dagar. Aðferðin getur verið gagnleg við eyðingu baktería, vírusa og sníkjudýra.</p> <p>Valkostir til geymslu á hráefnum til votfóðurgerðar eru frysting og meltavinnsla. Framleiðsla votfóðurs úr aukaafurðum sem falla til á norðanverðum Vestfjörðum getur verið vænlegur kostur.</p> <p>Löggjöf Evrópska efnahagssvæðisins bannar ekki not á aukaafurðum frá villtum þorski í fóður fyrir eldisþorsk.</p>		
Lýkilorð á íslensku:	Fóður fyrir þorsk, votfóður, aukaafurðir úr fiskvinnslu, slóg, melta		
Summary in English:	<p>Gellyfeed is a name of a two step production process of moist diet for farmed fish. The process is developed to reduce cost of preserving by-products and to make a physical strong pellet. Research confirm that alkaline preserved raw material and long time storing damage the protein quality and make the raw material not suitable to use in moist diet. Maximum storing time of alkaline preserved by-products is 14 days. The process can be practical for eliminating harm from bacteria, viruses or parasites.</p> <p>The alternative methods for storing by-products are freezing or silage production. Moist diet produced from by-products from the northern region of the Westfjords in Iceland seems to be economically promising option.</p> <p>The legislation from the European Union does not forbid using by-products from wild cod as a raw material in production of moist diet.</p>		
English keywords:	Feed for cod, moist diet, fish byproduct, viscera, silage		

## Efnisyfirlit

1. Inngangur .....	1
2. Gellyfeed .....	3
2.1. Framleiðsluaðferð .....	3
2.1.1. Hráefnaaðferð .....	3
2.1.2. Fóðupillugerð .....	5
2.3. Prófanir á gæðum Gellyfeed .....	6
2.4. Umræða um Gellyfeed .....	11
3. Aðrir valkostir .....	12
3.1. Lög og reglur er varða fóður fyrir fisk í eldi .....	12
3.2. Valkostir við fóðrun þorsks .....	13
4. Valið verkefni .....	17
4.1. Heimafengið hráefni .....	17
4.2. Samsetning votfóðurs og hagkvæmni .....	18
5. Umræður .....	20
Heimildir .....	22
Viðhengi 1. ....	26
Viðhengi 2. ....	27

# 1. Inngangur

Á upphafsárum fiskeldis á níunda áratugnum var votfóður, stundum kallað mjúkfóður, notað í mörgum laxeldisstöðvum hérlendis. Á þessum tíma var notkun votfóðurs mjög algeng í Noregi og skólanemar í fiskeldisfræði lærðu um votfóðurgerð í sínu námi. En með hraðri framþróun á gæðum þurrfóðurs var notkun votfóðurs hætt í öllum eldisstöðvum um og eftir 1990, enda erfitt að keppa við þann vinnusparnað og hagræði sem notkun á þurrfóðri hafði í för með sér.

Umræðan um þörf fyrir votfóður hófst að nýju hérlendis fyrir fáeinum árum þegar veiðar og áframeldi á villtum þorski hófst, því erfitt hefur reynst að fá villtan þorsk til að éta þurrfóður. Villtur þorskur í eldiskvíum er fóðraður með heilli loðnu, síld eða því sem til fellur til af fiskmeti af misjöfnum gæðum. Slíkt fóður hefur gefist ágætlega, sérstaklega þegar eldistíminn er skemmri en eitt ár. Hinsvegar dregur úr fóðurnýtingu og fóðurstuðull hækkar verulega þegar eldistíminn er orðinn lengri (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl, 2006). Óvíst er þó hvort næringarefnaskortur eigi þátt í lakari fóðurnýtingu eða hvort kynþroski hafi þar áhrif. Meginástæða þess að talin var þörf fyrir votfóður var ótryggur aðgangur að loðnu og síld, og kostnaður vegna geymslu í frysti og/eða jafnvel skortur á frystirými fyrir fóður. Einnig hafa heyrst væntingar um að votfóður framleitt úr heimafengnu hráefni hljóti að vera ódýr valkostur fyrir þorskeldisfyrirtæki og verður reynt að svara því í þessari skýrslu.

Ef hefja á þróun og framleiðslu votfóðurs að nýju þarf að taka mið af reynslu og þekkingu sem fékkst af notkun þess hér áður fyrr. Tvö meginvandamál voru við notkun votfóðurs, í fyrsta lagi var vandi bundinn við söfnun og geymslu á fóðurhráefnum og í öðru lagi var samloðun fóðurköggla oft ekki nægjanleg, sem leiddi stundum til upplausnar fóðurs í sjónum áður en það var étið. Þessir þættir gerðu það af verkum að þrátt fyrir ódýr fóðurhráefni þá var söfnun og geymsla þeirra gjarnan kostnaðarsöm.

Skýrsluhöfundi þótti því afar forvitnilegt þegar norska fyrirtækið Gellymar as kynnti nýja aðferð við framleiðslu votfóðurs á fiskeldisvörusýningunni AkvaNor í Þrándheimi árið 2005. Fóðrið var nefnt Gellyfeed og virtist bæði geta leyst af hólmi geymsluvandamál fóðurhráefna og að ekki þyrfti mikið af dýrum bindiefnum til að búa til góðar fóðupillur (Konradsen, B., 2000). Þess utan höfðu rannsóknir með Gellyfeed sýnt að lax hafði marktækt betri vöxt og fóðurnýtingu í samanburði við lax fóðraðan á hágæða þurrfóðri (Austreng, E. o.fl, 2002; . Sørensen, M. & Denstadli, V., 2008). Vegna jákvæðrar niðurstöðu um þessa aðferð í votfóðurgerð þótti ástæða til að meta grundvöll og forsendur til að taka í notkun þessa aðferð í íslensku þorskeldi.

Forverkefnið var í upphafi samstarfsverkefni milli Þórodds ehf á Tálknafirði og Gellymar as í Bodö í Noregi sem hafði einkaleyfi fyrir framleiðsluaðferðinni. Frumkvöðull í þróunarstarfinu, Öistein Bækken, kom í heimsókn til Íslands haustið 2005 ásamt forsvarsmönnum Gellymar as í Bodö í Noregi, þeim Björn Aaselid og Knut Johannessen. Skýrsluhöfundur fór einnig til Norður-Noregs í október 2005 til að kynna sér framleiðslutæknina og þær niðurstöður sem fengist hafa úr rannsóknum á gæðum þessa fóðurs.

Skýrslunni er skipt í þrjú hluta. Í fyrsta hlutanum er lýst framleiðsluaðferð á Gellyfeed og áhrifum aðferðarinnar á næringarefni og gæði fóðursins. Í miðhluta skýrslunnar er gerð grein fyrir hvernig löggjöf takmarkar hugsanlega valkosti við fóðrun á þorski og þeim mögulegu valkostum sem eru fyrir hendi við fóðrun þorsks. Í síðasta hluta skýrslunnar er gerð tilraun til að meta hagkvæmni fyrir votfóðurframleiðslu á norðanverðum Vestfjörðum. Á Vestfjörðum er nú framleitt yfir 80% af öllum eldisþorski í landinu og þar er einnig aðgangur að ódýru heimaþengnu hráefni til fóðurgerðar.

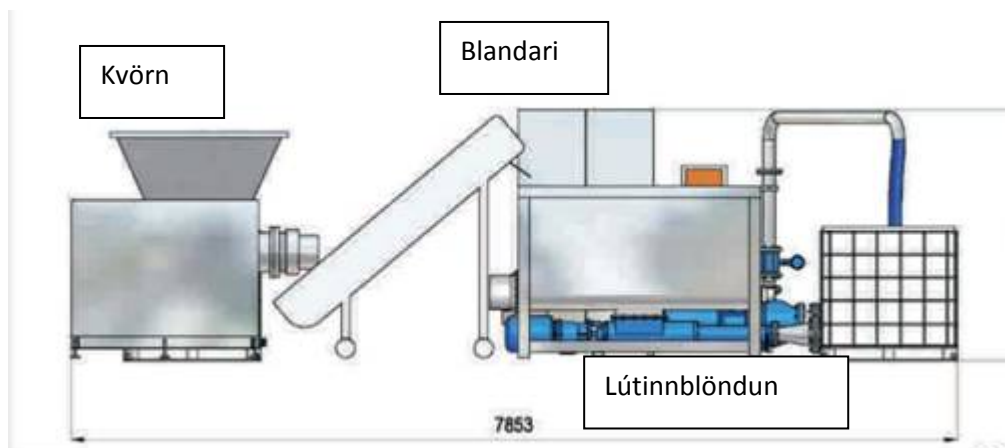
## 2. Gellyfeed

### 2.1. Framleiðsluaðferð

Framleiðsluaðferðin byggir á grunni þeirrar vinnu sem unnin var í tengslum við þróun fóðursins Rubinfeed og finna má fjölmargar vísindagreinar um það fóður á vefslóðinni: [www.rubin.no](http://www.rubin.no). Framleiðsluaðferð Gellyfeed samanstendur í meginatriðum af tveimur framleiðsluþrepum: þ.e. (1) hráefnameðhöndlun og (2) fóðurgerð.

#### 2.1.1. Hráefnameðferð

(1) Hráefnameðhöndlunin byggir á þeirri tækni að ferskt hráefni er lútað með kalíum-hydroksíðlaun (KOH, 50% lausn) eða kalsíum-hydroksíðlaun ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Takmarkið er að hækka sýrustig í pH 11 og búa til basískan hráefnamassa. Ef próteininnihald í hráefni er hátt (yfir 70% af þurrefni) gelast hráefnið mjög kröftuglega, svo erfitt getur reynst að vinna massann. Þetta gerist vegna krossbindinga sem verða milli amínósýra, sérstaklega milli lysín, threonín og cysteín. Því er nauðsynlegt að blanda saman feitum og mögnum fiski áður er hráefnið er lútað og stilla lútinnblöndun eftir próteininnihaldi. Prófanir hafa sýnt að 2% innblöndun af lút er nægjanleg til að hækka sýrustigið í pH 11. Í slíku formi er hráefnið þykkfljóttandi og hægt að geyma í 600-1000 kg sekkjum. Geymslutíminn var talinn vera amk 4-6 mánuðir, en geymsluþolið reyndist þó vera mun styttra eins og fram kemur síðar í skýrslunni. Fyrirtækið Gellymar as hefur þróað tækni sem afkastar 10 tonnum pr klst. við framleiðslu á basískum hráefnamassa.



**Mynd 2.1. Framleiðslulína frá fyrirtækinu Gellymar as til framleiðslu á basískum hráefnamassa.**

a)



b)



**Mynd 2.2 a,b. Lútaður hráefnamassi til geymslu (a) eða settur beint í blandara til fóðrupillugerðar (b).**

Lútun hefur m.a. eftirfarandi áhrif á fiskhráefnið:

- Stöðvar virkni niðurbrotshvata
- Drepur örverur (bakteríur & vírus) og snýkjudyf
- Viðheldur vatnsinnihaldi í hráefni (fita og vatnsfasi skilur sig ekki eins og gerist í súru umhverfi við t.d. meltugerð)
- Náttúrulegt kalsíuminnihald hráefnis er í bundnu formi

Þessi áhrif sem lútur hefur á kalsíuminnihald skipta miklu fyrir fóðrupillugerð síðar í framleiðsluferlinu, því algin (alginat) er notað sem bindiefni og gelast þegar það kemst í snertingu við kalsíum jónir ( $\text{Ca}^{++}$ ). Í basísku umhverfi er kalsíum í föstu formi t.d.  $\text{CaCO}_3$  (kalsíumkarbóant) og kalsíum jónir losna í súru umhverfi vegna áhrifa frá maurasýru ( $\text{CH}_2\text{O}_2$ ) í fóðrupillugerðinni.

### 2.1.2. Fóðurpillugerð

Við fóðurgerð er blandað saman ólíkum fisktegundum og aukaafurðum frá fiskvinnslu (sem áður er lútmeðhöndlað) ásamt þurrhráefnum s.s. fiskimjöli og plöntumjöli. Til að fá viðunandi pillugæði er nóg að blanda 3-4% af marinal bindimjöli sem inniheldur alginat. Samsetning á marinal bindiefni er bundið einkaleyfi. Því til viðbótar er jafnvel bætt í blönduna vítamínum og steinefnum ef þörf þykir á því. Á síðasta stigi ferlisins er 2% maurasýru sprautað yfir fóðrið í skurðarvalsinum (mynd 2.4 a). Við súrnun pillunnar myndast mikil samloðun í fóðrinu þegar alginatið umbreytist og gelar fóðrið. Til að tryggja að súrnunin verði í gegnum alla fóðurpilluna eru tilbúnar fóðurpillur geymdar í maurasýrubaði í fóðurpokanum (mynd 2.4 b). Þannig er komið í veg fyrir samloðun á fóðurköggjum og pillustyrkur verður vel viðunandi. Tilbúnar fóðurpillur er þannig hægt að geyma í viku í fóðurpokanum, en tryggja þarf að maurasýrubaðið sé allt að 1/3 af þyngd fóðursins í pokanum. Við fóðurgerð er hægt að nota heimaefnið hráefni af ýmsum toga. Víða er ekki aðgangur að feitum fiski s.s. loðnu eða síld og þá er ráðlegt að blanda fiskilýsi í fóðrið til að fá viðunandi fituinnihald í votfóðrið. Fituinnihald í fóðri fyrir þorsk er æskilegt að lágmarki 15-20% á þurrefnisgrundvelli.



Mynd 2.3. Tæki til fóðurpillugerða samanstanda af hráefnisblandara, stimpildælu og pilluskurðarvalsi.



a)



b)



**Mynd 2.4 a,b. Pilluskurðarvals þar sem maurasýra ýrist yfir pillur (a) og tilbúnar fóðupillur í stórsekk (b). Fóðupillur eru geymdar í maurasýru í stórsekk.**

Ofangreindar myndir eru teknar í fyrirtækinu Gunnar Klo As í Myre í Norður-Noregi. Þar var sett upp fullkomin framleiðslulína fyrir Gellyfeed og framleitt tilraunafóður fyrir þorsk í áframeldi sumarið og haustið 2005.

### ***2.3. Prófanir á gæðum Gellyfeed***

Eins og áður greinir höfðu vaxartilraunir með lax sýnt fram á ágæti fódursins (Sørensen, M. & Denstadli, V., 2008). Þar kom fram að eftir 5 mánaða vaxartilraun var lax fóðaður á Gellyfeed með 21% meiri vöxt samanborið við hefðbundið þurrfóður. Í þessa tilraun var notaður lax með upphafsþyngd um 1,7 kg. Niðurstöður bentu einnig til þess að fódurnýting væri betri með votfóðrinu (reiknað á þurrefnisgrundvelli), sem skýra má með því að nýting næringarefna (próteina og fitu) sé hærri í Gellyfeed samanborið við þurrfóður (Austreng, E., Sørensen, M. & Denstadli, V., 2002). Erfitt er þó að draga ályktun um ólíka nýtingu næringarefna vegna þess að innihald próteina og fitu var mjög ólíkt milli fóðurgerðanna tveggja í þessari samanburðartilraun.

Árið 2005 stóð fyrirtækið Gellymar as fyrir því að framkvæmd var einföld vaxartilraun með því að fóðra villtan þorsk með Gellyfeed. Tilraunin fór fram hjá fyrirtækinu Gunnar Klo as í Myre í Noregi. Notuð var ein eldiskví og var heildarfjöldi fiska um 7000 og meðalþyngd 2,5 kg. Tilraunin stóð yfir í 3,5 mánuði, frá 4.júlí til október 2005. Engin vaxtaraukning varð hjá þorskinum á þessu tímabili, þrátt fyrir að daglega fóðurgjöf og að heildarmagn gefins fódurs væri um 50 tonn (Anon, 2005).

Augljóst var í október að holdafari fisksins hafði hrakað á fóðrunartímanum, en engin afföll voru á fiski. Holdastuðull í október 2005 var að meðaltali 0,72 sem benti til annars tveggja; að fiskurinn æti ekki fóðrið eða að fóðrið nýttist ekki til vaxtar. Staðfest var með myndavél að þorskurinn át fóðrið. Þótt hann virtist í mörgum tilvikum taka fóðrið og spýta því út úr sér aftur, þá át hann það yfirleitt að lokum. Fóðurtaka var einnig staðfest með því að fóðrað var á ferhyrnda plötu sem var staðsett undir fóðrara og át þorskurinn fóðrið af plötunni. Það bendir til þess að meltanleiki og nýting fóðursins hafi verið afleit. Þessi niðurstaða kom verulega á óvart með hliðsjón af fyrri rannsóknum með lax.

Ekki er ljós hvað skýrir þessa ólíku útkomu, því sama hráefni (síld og ýsuafskurður) var uppistaðan í báðum tilraununum. Þó var einn reginmunur á hráefninu sem var notað í þessum aðskildu tilraunum á laxi og þorski. Laxafóðrið var framleitt úr ferskum hráefnamassa, þ.e. í fóðurpillur var notað basískt hráefni sem var aðeins dags gamalt, en þorskfóðrið var framleitt úr hráefni sem var meira en sex mánaða gamalt. Það var því eðlilegt að skoða hvort geymslutími hefði áhrif á næringarefnainnihald og gæði næringarefna, fitu og próteina í fóðrinu.

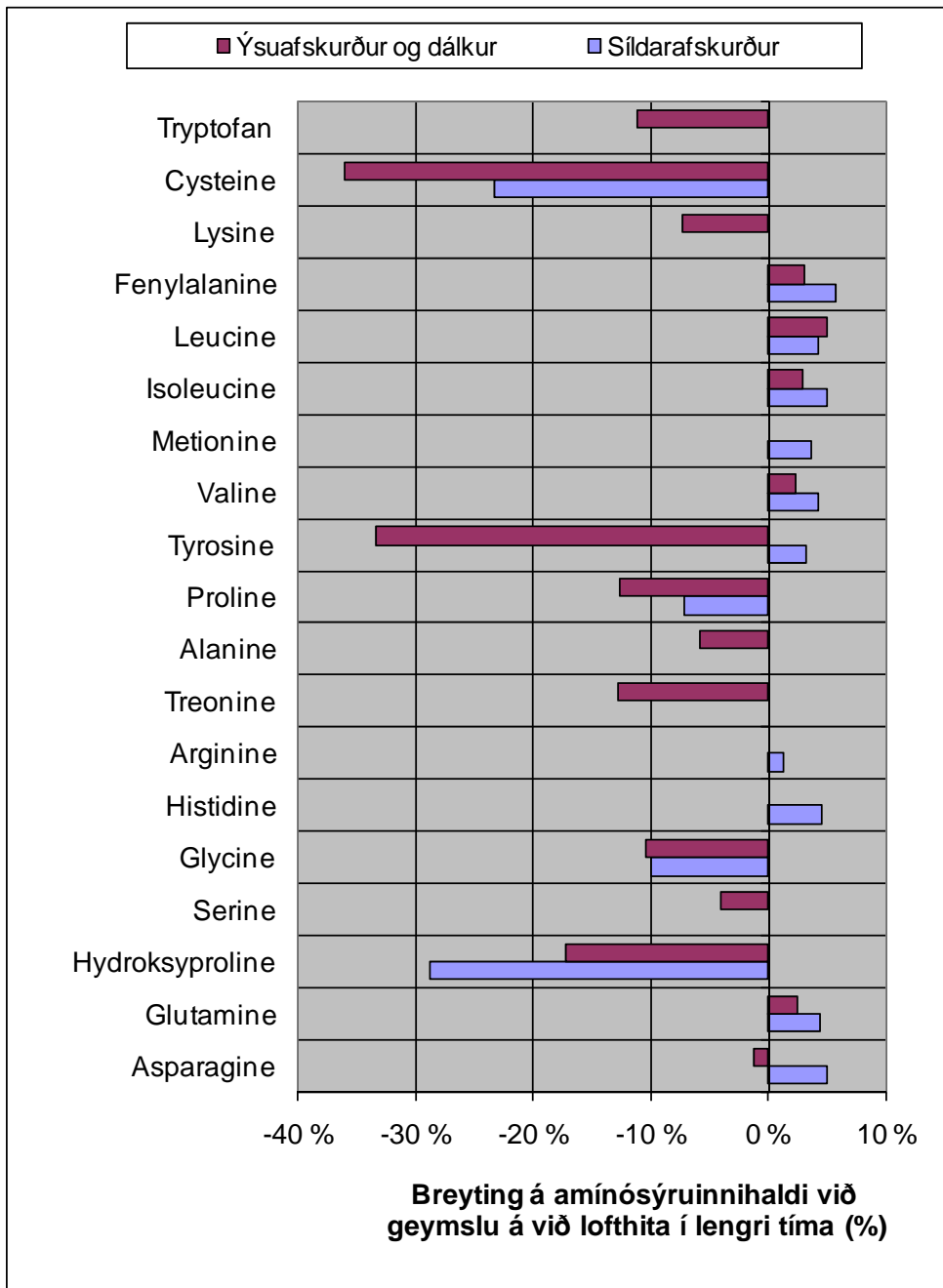
Athugun á langtímaáhrifum lútmeðhöndlunar á fitusýrur í síldarafskurði sem notaður var sem hráefni í tilraunafóður fyrir þorsk, var gerð í lok árs 2005 af Eyolf Langmyhr við Fiskeriforkning í Bergen árið 2005 (tafla 2.1). Niðurstöður staðfesta fyrri rannsókn frá árinu 2000 þar sem talið var að lútmeðhöndlun hafi ekki neikvæð áhrif á gæði eða næringargildi fitusýra (Konradsen, B., 2000). Fitumagn í ýsuhráefni var ekki nægjanlegt til að framkvæma sambærilega athugun. Æskilegt er að totox gildið sé ekki hættu en 25 og er það til að mynda krafa við sölu á hágæða lýsi ([www.norsildmel.no](http://www.norsildmel.no)). Ekki er til fullnægjandi skýring á því af hverju totox gildið er svo hátt í byrjun og lækkar stórlega síðar. Helst mætti halda að sýnatöku hefði verið eitthvað ábótavant, því totox gildið lýsir þránunarástandi fitunnar. Totox gildið er stöðugt ef gæði fitunnar breytast ekki en gildið hækkar sé um þránun að ræða. Þó er þekkt að anisidín gildin geta hagað sér svona, þ.e. verið há í byrjun og lækkað síðan er á líður geymslutímann.

**Tafla 2.1. Niðurstöður frá mælingu á þránunargildum í uppmálaðri síld sem hefur verið blönduð með 2% lút (50% laun af KOH) geymd við pH 11 í mismunandi langan tíma (óbirt gögn 2005, Øistein Bækken).**

Aldur hráefnis	Anisidín tala	Peroxid	Totox	FFA %
25 dagar	96	25	146	20
249 dagar	<1	10	20	20

Niðurstöður frá meltanleikarannsókn á fitu (minkapróf) sýndi að yfir 90% meltanleiki reyndist á fóðri með lengsta geymslutímann (Bække, Ø., 2008). Þegar litið er til þessarar niðurstöðu og að samanburður á gæðum fitu í basískri uppmalaðri síld sem annars vegar var 25 daga gömul og hins vegar 249 daga gömul sýndi ekki mun á þránun eða fríum fitusýrum (tafla 2.1), er ályktað sem svo að gæði fitunnar séu í lagi eftir geymslu í mjög basísku umhverfi. Ekki fór fram athugun á hugsanlegri sápumyndun í hráefni, en velþekkt er að slíkt efnasamband getur orðið til við vissar aðstæður þegar fita verður fyrri sterkum basískum áhrifum í söltu umhverfi.

Einnig var gerð athugun á langtímaáhrifum af lútmeðhöndlun á amínósýrum bæði í síldar og ýsu hráefni sem notað var í tilraunafóður fyrir þorsk. Rannsókn var gerð hjá Aquaculture Protein Centre (APC) við Akvaforsk í Noregi í lok árs 2005 og sýndi m.a. mikla lækkun í cysteine, sem er lífsnauðsynleg amínósýra (mynd 2.5). Þekkt er að methionine getur að nokkru komið í stað cysteine og því var ekki talið að þetta hefði afgerandi áhrif á meðan methionine hélst óskert (Mette Sørensen, Akvaforsk, óbirt heimild 2005). Lútmeðhöndlun hefur allnokkur langtíma áhrif á innihald annarra amínósýra sem eru ekki taldar vera lífsnauðsynlegar og því ekki líklegt að skýri arfaslakan vöxt þorsksins í ofangreindri tilraun.



**Mynd 2.5.** Áhrif geymslutíma á amínósýruinnihald í tveimur ólíkum fóðurhráefnum þar sem fóðrið var lútað með 2% kalíumhydroxidlausn (KOH). Myndin sýnir prósent samanburð á fersku uppmöluðu hráefni án lúttísetningar og sama hráefni sem geymt var við umhverfishitastig (mars-nóvember) í 251 dag (sildar-afskurður) og 117 daga (ýsuafskurður og dálkar). (Óbirt gögn frá 2005, Øistein Bækken).

Umfangsmikil rannsókn var framkvæmd á árinu 2006 á áhrifum geymslutíma á næringarefni í lútuðu fiskihráefni, þ.e. í heilli uppmalaðri síld, síldarafskurði, ýsuafskurði og dálkum (hryggjum) og rækjuskel. Fóðrið var geymt í 8 mánuði við útilofthita, frá mars til nóvember, og var fylgst með þránun, oxun og öðrum næringarfræðilegum breytingum. Sýrustig hélst nokkuð stöðugt á tímabilinu og mældist pH 10 í lok mælitímans í síldarhráefninu. Rannsóknin var framkvæmd hjá Fiskeriforskingi í Bergen undir stjórn Eyolf Langmyhr. Lokaskýrslu var skilað í árslok 2006, en skýrslan er lokuð og ekki aðgengileg. Í samtali sem skýrsluhöfundur átti við Eyolf kom fram að ekki fundust neinar skýrar og augljósar niðurstöður frá þessari rannsókn og ástæða þess að þorskurinn óx ekki á fóðrinu því ekki ljós. Eyolf greindi stuttlega frá rannsókninni í almennum orðum og þar kom fram að nokkur lækun var í basískum amínósýrum, en þó ekki svo mikil að hann teldi gæði próteina hafa minnkað umtalsvert.

Til að leita skýringa á niðurstöðu vaxartilraunar var strax haustið 2005 ákveðið að framkvæma meltanleikarannsókn á tilraunafóðrinu og var rannsóknin framkvæmd undir stjórn próf. Christel Solberg við Háskólann í Bodö. Í tilraunina var notaður sami fiskur og í fyrri tilraun. Fiskinum var skipt í tvo hópa og var annar hópurinn alinn í minni kví inni í stórri eldiskví. Hópunum var annars vegar gefið fóður úr fersku og gömlu lútuðu hráefni og var ytterium notað sem merkiefni. Svo óheppilega vildi til að ytterium þéttleiki var mun lægri í saursýnum en í fóðri (þr þurrefni) og því er ekki hægt að draga neinar trúverðugar ályktanir frá þessari rannsókn (Solberg, C., 2006). Rannsókninni var hætt í framhaldinu. Síðar árið 2007 var ákveðið að hefja meltanleikarannsókn í minkum með Gellyfeed fóðri (Bække, Ø., 2008). Niðurstöður frá þeim athugunum staðfestu að geymslutími við hátt pH hafði mikil áhrif á meltanleika próteina. Geymsla á sterkt basísku hráefni í meira en 14 daga lækkaði meltanleika og nýtingu próteina niður í 70%. Sérstaklega voru áhrifin sterk á amínósýruna cysteine og við geymslu í lengri tíma lækkaði nýting cysteine í 2,6%. Hinsvegar hafði geymslutími í sólarhring óveruleg áhrif á nýtingu og mældist próteinmeltanleikinn þá 95,5%.

Ekki var skoðað hvort lúturinn hefði haft áhrif á byggingu próteinsameinda þ.e. hvernig amínóhlutinn hefur L eða D snúning. Uppsog amínósýra er mjög sérhæft í þörmum fiska og því gætu slík áhrif á amínósýrur hugsanlega hafa skipt sköpum fyrir próteinnýtingu.

#### **2.4. Umræða um Gellyfeed**

Meginmarkmið þessa verkefnisins var að kanna forsendur þess að taka í notkun aðferð sem þróuð hefur verið af fyrirtækinu GellMar AS við framleiðslu á votfóðri fyrir eldisfisk. Grundvöllur og undanfari að þróun Gellyfeed var önnur framleiðsluaðferð og votfóðurgerð sem ber nafnið Rubinfeed. Øistein Bækken frumkvöðull að Gellyfeed var þróunarstjóri (daglig leder) í Rubinverkefninu á árabílinu 1991-1998. Rubinfeed byggir á mjög umfangsmiklu rannsóknastarfi og þróun þess fóðurs hófst upp úr árinu 1991 (Anon, 1998). Finna má fjölmargar vísindagreinar um þessa fóðurgerð á vefslóðinni: [www.rubin.no](http://www.rubin.no). Með tilkomu reglugerða frá ESB var talið að Rubinfeed myndi ekki fullnægja nýjum kröfum um sjúkdómavarnir og heilbrigði fóðurs. Í framhaldinu hófst þróunarferli Gellyfeed. Fljótlega í þróunarferlinu kom í ljós að lútmeðhöndlun gerði sjúkdómsvaldandi bakteríur, vírusa og sníkjudýr óskaðleg (Husby, A., 2003). Lútmeðhöndlun hefur einnig fleiri jákvæð áhrif á fiskihráefni sem ætlað er til votfóðurgerðar, t.d. bindur náttúrulegt vatnsinnihald í frumuvefjum og hindrar upplausn á beinvef í kalsíum-jónir. Lútur hindrar þannig að uppmalað hráefnið skilji sig í botnfall, vatnsfasa og fitufasa.

Ljóst er að lútun hráfnis dugar ágætlega til sótthreinsunar á hráefni, en er ekki gagnleg sem geymsluaðferð. Mögulegt er þó að geyma tilbúna fóðupillur framleiddar með gellyfeed aðferðinni í allt að tvær vikur. Vöxtur hjá þorski á slíku fóðri er ekki mjög frábrugðinn vexti á þurrfóðri (Bække, Ø., 2008). Erfitt getur þó verið að fá þorsk til að taka fóðrið og halda jafnri og góðri fóðurtöku yfir lengra tímabil. Þar virðist hráefnaival skipta miklu máli.

Af ofansögðu er ljóst að frysting eða meltugerð eru einu raunhæfu geymsluaðferðirnar fyrir hráefni til votfóðurgerðar.

### 3. Aðrir valkostir

Vegna þessarar óvæntu niðurstöðu um Gellyfeed er í stuttu máli velt upp hvort einhver grundvöllur geti verið fyrir notkun votfóðurs í þorskeldi hérlendis. Ljóst er að löggjöf ESB um heilbrigði fóðurs sem ætlað er skepnum til manneldis mun taka gildi hér á landi innan tíðar og óljóst er hvernig þeirri löggjöf verður framfylgt hér á landi þar sem áhættumat er lagt í hendur einstakra þjóða innan Evrópska efnahagssvæðisins.

#### **3.1. Lög og reglur er varða fóður fyrir fisk í eldi**

Matvælastofnun (MAST) hefur eftirlit með fóðri fyrir dýr til manneldis. Íslendingar innleiddu reglur ESB um fóður og eftirlit með fóðri með reglugerð nr. 340/ 2001. Svokallað Matvælafrumvarp bíður nú afgreiðslu á Alþingi en þar eru viðbætur við fyrri reglur ESB sem hér hafa tekið gildi. Í Matvælafrumvarpinu verða innleiddar reglur um heilbrigði fóðurs sem gefið er eldisdýrum. Hér á landi munu taka gildi sömu reglur um fóður fyrir dýr og gilda innan Evrópska efnahagssvæðisins (ESB). Noregur hefur tekið upp þessa löggjöf ESB og hefur opinber stofnun, „Mattilsynet“, eftirlit með löggjöfinni þar í landi. Skýrsluhöfundur hefur verið í samskiptum við sérfræðinga hjá Mattilsynet til að fá upplýsingar um hvernig löggjöfin virkar í Noregi og hvers megi þá vænta hér á landi þegar sama löggjöf tekur gildi hér. Trygve Helle, sérfræðingur hjá Mattilsynet, segir að í reglum ESB sé áhættumat við fóður og fóðurhráefni lagt í hendur á eftirlitsstofnun viðkomandi lands. Í Noregi hefur farið fram áhættumat við notkun á heilum fiski (síld og loðnu) sem fóður í fiskeldi (Håstein o.fl., 2007). Ekki er bannað að fóðra fisk í áframeldi með ferski ófrosinni síld eða loðnu. Það er hins vegar mælst sterklega til þess að heill fiskur, s.s. loðna eða síld, sé frystur við -20°C í minnst 24 tíma áður en hann er gefinn sem fóður fyrir fisk í eldi. Frysting er talin drepa allar gerðir sníkjudýra sem geta borist frá síld í þorsk s.s. hringorm og egg hans, en minna er vitað um áhrif frystingar á bakteríur, vírusa og sveppi (Anon, 2008).

Varðandi notkun á uppmöluðu hráefni og afskurði til fóðurgerðar þá gildir í Noregi reglugerð nr 511 frá 2007 og er sérstaklega vísað þar í viðhengi nr. 3 með þeirri reglugerð (Anon, 2007). Þar kemur m.a. fram að ekki er bannað að nota afskurð eða úrgang frá villtum þorski í fóður fyrir eldisþorsk. Hinsvegar er bannað að nota frákast frá vinnslu á eldisþorski í fóður fyrir eldisþorsk. Þess utan eru kröfur um rekjanleika hráefna sem notuð eru til fóðurgerðar. Til að fá hráefni viðurkennt til fóðurgerðar í Noregi þarf að formeðhöndla fóðurhráefni þannig að tryggt sé að kýlaveikibakterían (*Aeromonas salmonicida*) og undirtegundir hennar (*A.s.salmonicida*) svo og IPN vírusinn séu gerð

óskaðleg, eins og það er orðað (inaktivering). Mattilsynet í Noregi telur að sárlega skorti þekkingu á því hvernig kæling, frysting og meltugerð hefur áhrif á bakteríur, vírusa, sveppi og sníkjudýr sem eru viðriðin sjúkdóma hjá villtum fiski í áframeldi (Anon, 2008).

Hér landi hefur þorski í áframeldi aðeins verið gefinn heill fiskur og ýmiss afskurður frá fiskvinnslu. Komi til votfóðurgerðar hér á landi er óvisst hvaða hráefnameðferðar verður krafist til að fullnægja kröfum um sjúkdómavarnir og hollustu fódurs fyrir eldisfisk. Hér á landi hefur ekki orðið vart við IPN vírus og því tæplega þörf á að grípa til ráðstafna vegna þess eins og í Noregi. Kýlaveiki er ekki vandamál í áframeldi þorsks héraendis, en kýlaveikibróðir hefur komið upp í fáeinum tilvikum á hverju ári í áframeldisþorski (Gísli Jónsson, munnl. uppl.). Það er því óvíst hvort niðurstaða af áhættumati um heilbrigði fódurs verði sambærileg niðurstöðu norsku löggjafarinnar (Forskrift 311/2007, vedlegg 3). Niðurstaða af slíku mati mun ráða hvort hagkvæmt verður að nýta aukaafurðir frá fiskvinnslu til votfóðurgerðar.

### **3.2. Valkostir við fódrun þorsks**

Ljóst má vera að valkostir við fódrun þorsks fara eftir því hver verður útfærsla íslenskra eftirlitstofnana á löggjöf ESB, sem tekin verður upp með lögfestingu á nýju matvælafrumvarpi. Eftirfarandi valkostir í fódrun á þorski eru ræddir hér:

- 1) Heill fiskur – loðna, síld, sandsíli, smokkfiskur, kolmunni o.fl.
- 2) Hefðbundið þurrfóður
- 3) Votfóður – framleitt úr frosnu fiskfangi eða meltu

#### **3.2.1. Heill fiskur**

Notkun á heilum fiski sem fódur er ráðandi fódrunaraðferð og nær eingöngu notað sem fódur í áframeldi á þorski (Valdimar Gunnarsson, o.fl., 2006; Valdimar Gunnarsson, o.fl., 2007). Vöxtur þorsks er yfirleitt mjög góður á slíku fódri og ekki hafa komið fram teljandi vandamál við notkun þess. Nýveiddur þorskur er magur og rýr í roðinu og því er próteinþörf hans mikil, a.m.k. fyrstu mánuðina í eldinu. Litlar rannsóknir hafa þó verið gerðar á næringarefnaþörf hjá nýveiddum horuðum fiski, sem er fóðraður á jafn kolvetnasnauðu fæði og heill fiskur er. Reynsla af eldi bendir til þess að próteinþörf þorsks í áframeldi sé almennt nokkuð hærri en fisks sem býr við stöðugt atlæti og er fóðraður á þurrfóðri (Nilsen, P., 1991; Jón Örn Pálsson, 2005). Í þessum heimildum



kemur einnig fram að of hátt próteinhlutfall hamlar vexti, því þörfin fyrir fitu sem orkugjafa er mikil. Af þessu má ráða að 60-70% af orkunni í fóðri skuli koma frá próteinum og restin frá fitu (30-40%). Sé fituinnihald hærra leiðir það af sér mikla lifrarstærð. Ráðlegt PE:HE (protein energi:total energi) hlutfall í þurrfóðri fyrir stálpaðan þorsk er um 50-60%. Hér skal undirstrika að heill fiskur inniheldur ekki kolvetni og öll orka kemur frá próteinum og fitu. Við innkaup á sjávarfangi (t.d. síld, loðnu) til fóðrunar er mikilvægt að huga að þessum þáttum, því næringarinnihald er mjög breytilegt eftir árstíma (Margrét Bragadóttir o.fl., 2002). Til að mynda er fituinnihald loðnu í febrúar hagstæðast miðað við það sem áður er sagt um samsetningu næringarefna. Notkun á heilum fiski setur því kröfur um stórar frystigeymslur, þar sem kaupa þarf fóður á réttum árstíma til að tryggja hámarks vöxt og árangur í eldinu.

### **3.2.2. Þurrfóður**

Það er velþekkt og margreynt að villtur þorskur étur ekki þurrfóður (Hjalti Karlsson og Kristján G. Jóakimsson, 2002; Bjørnevik og Eliassen, 2007). Tekist hefur að venja hluta af þorskinum á þurrfóður (allt að 50% af fjölda) með því að bleyta upp fóðrinu áður en það er gefið (Andre Reinholdtsen, Myre, munnlegar upplýsingar; Sigurvin Hreiðarsson, Tálknafirði, munnlegar upplýsingar). Mikill ávinningur getur verið af því að venja smæsta þorskin á þurrfóður. Margt bendir til þess að það sé bæði harka fóðursins og framandi bragð sem gerir þurrfóður ólystugt fyrir þorsk.

Að mati skýrsluhöfundar er ekki fullreynt hvort hægt sé að venja villtan þorsk á þurrfóður. Mjög líklegt er að hægt sé að nota votfóður sem aðferð til að venja þorsk á að taka þurrfóður. Votfóðrið yrði framleitt úr uppbleyttu þurrfóðri, loðnu og bindiefni. Smám saman yrði hætt að nota loðnu í votfóðrið og fljótlega yrði blandað saman uppbleyttum þurrfóðurspillum. Þegar þorskurinn er orðin vanur bragðinu má draga úr gjöf á uppbleyttu fóðri og auka gjöf á hefðbundnu þurrfóðri. Hugsanlega má flokka þrjúskupúkana frá eftir 6-8 vikur en að öllum líkindum verða þeir ekki margir, ef marka má óbirt gögn frá Noregi (Andrei Reinholdtsen, munnl. upplýsingar).

### **3.2.3. Votfóður**

Ósýrt votfóður framleitt með algin bindiefni með eða án kalsíum baðs (Rubin-aðferð) er valkostur sem vert er að skoða ef aðgangur er að ódýru hráefni til fóðurgerðar. Ekki verður hér gerð grein fyrir tæknilegum og líffræðilegum forsendum fyrir votfóðurgerð, enda hægt að sækja nákvæma lýsingu á framleiðslutækni við votfóðurgerð á vefslóðinni [www.rubin.no](http://www.rubin.no).

Aðeins tveir valkostir eru til að geyma fódurhráefni í lengri tíma. Annars vegar með frystingu og hins vegar sem meltu. Framleiðslutækni við hefðbundna meltugerð er vel þekkt (Gildberg & Raa, 1977; Sigurjón Arason & ofl., 1984; Øistein & Bekkevold, 1993). Niðurbrot næringarefna stöðvast vegna áhrifa baktería svo framarlega sem pH er haldið undir 4,5. Næringargildi meltu er einnig háð því hvort virkni náttúrulegra efnahvata sé stöðvuð. Með því að hita t.d. ferskt slóg í 90°C í 15 mín (Vestre, 1991) eða ferska loðnu í 60°C í 30 mín (Eilertsen, ofl., 1986) (áður en maurasýru er blandað við hráefnið) er efnahvatavirkin (autolyse) stöðvuð. Ekki er æskilegt að nota hráefni með mikið af beinum í til meltugerðar, því beinin leysast upp og hækka sýrustigið. Það eykur þörf fyrir maurasýru og eykur því kostnað við meltugerðina.

Fyrirfram er alveg ljóst að uppistaðan í fóðrinu þarf að vera ódýrt hráefni, því meta þarf fjárhagslegan ávinning af því að nota votfóður með hliðsjón af því að nota heila fiska sem fóður. Algengt verð fyrir heila síld og loðnu er 30-35 kr. pr. kg. og til viðbótar kemur flutningskostnaður og geymslukostnaður. Án þess að skotið sé yfir markið má álykta að raunverð á heilum fiski til fóðrunar í áframeldi sé á bilinu 40-45 kr. pr. kg. Það er það viðmiðunarverð sem áætlað er að votfóðrið megi kosta. Votfóðurframleiðsla krefst meiri vinnu en notkun á heilum fiski og því er verðsamanburður ekki alveg einfaldur. Geymsla á heilum fiski í frysti vegur svo á mót meiri launakostnaði við votfóðurgerð. Aðrir þættir geta einnig skipt máli við val á fóðri. Aðgangur af heilum fiski til fóðrunar s.s. loðnu og síld hefur verið óstöðugur undanfarin ár og því getur votframleiðsla skapað meiri stöðugleika og aukið rekstraröryggi.

Rannsóknir staðfesta góðan vöxt þorsks sem fóðraður er með votfóðri (Jobling, o.f.l., 1991; Nilsen, 1991; Mørkøre, 2006). Með notkun á votfóðri er einnig hægt gefa vítamín og steinefni sem skipta máli fyrir holdgæði fisksins (Lande, 1998) og eins hafa rannsóknir sýnt að algin styrkir ónæmiskerfi hjá laxi (Gabrielsen, 1992). Aðrar rannsóknir sýna fram á slakan vöxt við notkun á votfóðri og skýrist það af því að fiskurinn tók fóðrið af litlum krafti (Hjalti Karlsson og Kristján Jóakimsson, 2002). Ein skýring fyrir slakri fóðurtöku í áðurgreindri tilraun kann að vera að fiskurinn var fóðraður á loðnu og sandsíli áður en tilraunin hófst. Í náttúrunni étur þorskurinn allt sem að kjafti kemur, eins og sagt er, en hann velur þó eina fæðu fram yfir aðra og það þekkja sjómenn vel sem róið hafa með línu. Því er mikilvægt að bæði votfóðrið sér bragðgott og verklag við fóðrun markvisst til að vel takist til við notkun á votfóðri. Sérstaklega á þetta við um tilbúið fóður sem innheldur framandi bragðefni. Mørkøre (2004) undirstrikar þessa þætti og tiltekur bæði einstök efni og hráefni sem hafa jákvæð áhrif á fóðurtöku þorsks. Íblöndun rækju, smokkfisks, ljósátu og skelfisks hefur jákvæð áhrif á fóðurtöku þorsks og eins hafa einstakar amínósýrur og kolvetnissambönd s.s. TMAO (trímetílamíðoxíð) jákvæð áhrif á fóðurtöku og vöxt þorsks.

Fjölmargar rannsóknir hafa verið gerðar á tilbúnu fóðri, hvort heldur er votfóðri eða þurrfóðri, sem inniheldur kolvetni sem orkugjafa. Niðurstöður um próteinþörf eru vægast sagt misvísandi og hefur ekki mælst marktækur munur á vaxtarhraða þegar þorskur er alinn á fóðri með 36-57% próteininnihaldi (Rannveig Björnsdóttir o.fl., 2006). Uppruni fitu þarf að vera úr hafinu til að tryggja nægjanlegt magn af fjölómettuðum fitusýrum og þannig er einnig tryggt að gæði lifrar sé í lagi ef hún er nýtt í afurðir (Mørkøer, o.fl., 2007). Þörf fyrir fitu hækkar með aukinni stærð hjá þorski í mótsögn við próteinþörf sem lækkar með aldri og stærð fisksins. Fituinnihald fóðurs hefur bein áhrif á lifrarstærð og telur Mørkøre (2004) að æskilegt fituinnihald til að tryggja hámarks vöxt sé 14-20% af þyngd fóðurs. Eðliseiginleiki fóðursins (áferð, harka, samloðun) hefur einnig áhrif á vöxt og nýtingu næringarefna. Dos Santos o.fl. (1993) sýndi fram á að heill fiskur skilar betri vexti en maukaður fiskur og skýrir það með því að melting á heilum fiski gangi hægar og því verði nýting næringarefna betri (Dos Santos & Jobling, 1988). Þessi niðurstaða gæti skýrt af hverju votfóður sem inniheldur 10-20% laxabein skilaði betri vexti og próteinnýtingu en fóður sem ekki innihélt bein (Toppe & Albrekssen, 2006).

## 4. Valið verkefni

Hér er lagt út frá því að hafin verði votfóðurframleiðsla á norðanverðum Vestfjörðum. Þar eru þrjú fyrirtæki sem ala villtan þorsk í áframeldi, Álfsvell ehf., Glaður ehf. og Hraðfrystihúsið Gunnvör hf. Heildarfóðurbörf þessara fyrirtækja er um 1500-2000 tonn á ári. Á svæðinu fellur til mikið af aukaafurðum frá fiskvinnslu s.s. slóg og rækjuskel, sem gæti nýst til votfóðurgerðar.

### 4.1. Heimafengið hráefni

Rækjuskelshrat fellur til frá tveimur vinnslum, Bakkavík hf. í Bolungarvík og Kampa ehf á Ísafirði. Samtals eru unnin um 10.000 tonn á svæðinu og um 50% er rækjuskel sem fer til þurrkunar í rækjuskelsmjöl hjá Gná hf. í Bolungarvík. Ekkert er greitt fyrir hratið og allnokkur kostnaður er fyrir vinnsluna á Ísafirði að flytja hratið til Bolungarvíkur. Þetta hráefni gæti hæglega nýst í votfóður fyrir þorsk, því rækjuskelin gerir fódrið lystugt og bragðgott og skelin eykur steinefnainnihald sem hægir á meltingarhraða og bætir nýtingu næringarefna og leiðir því til aukins vaxtar. Efnainnihald í rækjuskelshrati er 72-75% vatn, 7-12% prótein, 1-2% fita og 7-8% aska (Shahidi, 1992). Þetta hráefni þarf að geyma fryst, en æskilegt er að pressa vökvann úr skelinni fyrst til að minnka rúmmálið. Í votfóður er einnig mögulegt að nýta rækjuskelsmjöl framleitt í Bolungarvík, en það verður að meta með hliðsjón af kostnaði.

Flestir smærri bátar landa yfirleitt óslægðum fiski og því er nóg til af slógi, sem er til vandræða víða á Vestfjörðum. Í Bolungarvík er til að mynda landað um 6 þúsund tonnum af óslægðum bolfiski á hverju ári. Reglur ESB setja ekki hömlur á að aukaafurðir frá villtum þorski séu nýttar í fóður fyrir eldisþorsk. Óvíst er þó hvort íslenskar eftirlitsstofnanir leyfi það, en hér er gert ráð fyrir að svo verði. Slóginnihald án gotu og svilja er um 10-15% af þyngd fisksins. Í Bolungarvík og víðar er öll lifur hirt og seld til niðursuðu. Gota og svil eru líka flokkuð frá og nýtt (Sigmundur Þorkelsson, munnl. upplýs.). Restin er magi, þarmar og gallblaðra sem áætla má að séu um 6% af þyngd á óslægðum fiski og er því um 360 tonn af próteinríku hráefni. Meltingarvegurinn er fullur af efnahvötum og því þarf að stöðva niðurbrot með kælingu samdægurs, ef ekki er mögulegt að hefta virkni efnahvata með upphitun, eins og áður greinir frá. Til að stöðva niðurbrot frá bakteríum þarf að blanda 2% maurasýru í hráefnið og þannig hefst meltuvinnsla á slóginu. Með þessari aðferð er framleiddur þykkfljótandi massi sem hentar vel sem grunnhráefni í votfóður. Efnasamsetning á meltingarvegi frá bolfiski þegar lifur og kynkyrtlar hafa verið fjarlægðir er áætluð eftirfarandi: 80% vatn, 17% prótein, 1,5% fita og 1% aska (Anon, 1978). Á landsvísu er áætlað að það falli til tæplega 15 þúsund tonn af slógi (með lifur og kynkirtlum) frá löndun á óslægðum aflu og þarf af sé um 3 þúsund tonn sem falla til á Vestfjörðum (Heimir Tryggvason o.fl., 2007), svo nýtilegt próteinmagn eru umtalsvert.

Beinagarða frá marningsvinnslu getur verið gott að nýta sem hráefni í votfóður ef rétt reynist að aukið steinefnainnihald bæti nýtingu næringarefna og vöxt fisksins. Þetta hráefni þarf að hakka í gegnum kvörn og frysta. Efnasamsetning beinagarða er ekki þekkt, en áætlað að vatnsinnihald sé um 60%, prótein 5% og aska 35%.

Annar valkostur í hráefni sem töluvert fellur til af eru steinbítsdálkar með haus frá flakavinnslu. Þetta er hráefni sem gott væri að nýta í votfóður því það vantar feitt hráefni til að fá rétta samsetningu í votfóðrið. En hér er ekki gert ráð fyrir að það verði nýtt í votfóður því þetta hráefni er hakkað, fryst og selt til Danmerkur fyrir loðdýrafóður.

Rækjuskelshrat, slóg og bein er það hráefni sem fæst svo til endurgjaldslaust á norðanverðum Vestfjörðum. Kostnaður vegna meltugerðar á hráefni er áætlaður um 4 kr/kg og þá eru vinnulaun innifalin. Bækken og Bekkeold (1993) reiknuðu að það kostaði 8 norska auro að framleiða eitt kg af meltu (1,4 ísl.kr/kg meltu), miðað við að tækjakost sem afkastar 3 tonnum á dag. Í þeirri tölu var ekki gert ráð fyrir tækjakosti vegna upphitunar á slógi í 90°C í 15 mín. Kostnaður vegna frystingar á rækjuhrati og beinum frá marningsvinnslu er áætlaður 10 kr pr kg (Guðni A. Einarsson, munnl.uppl.)

#### **4.2. Samsetning votfóðurs og hagkvæmni**

Nauðsynlegt er að kaupa inn mjöl, lýsi og bindiefni til votfóðurgerðar. Þorskur nýtir hráefni af plöntuuppruna vel og virðist hafa gott þol fyrri andnæringarefnum sem í þeim finnast. Rannsóknir sýna að fóður fyrir þorsk má innihalda allt að 25% sojamjöl án þess að það hafi neikvæð áhrif á vöxt (Førde-Skjærvik, 2006; Refstie, o.fl., 2006). Til viðbótar sojamjöli er áætlað að nota hágæða fiskimjöl og lýsi, til að tryggja góða samsetningu næringarefna. Verð á mjöli og lýsi hefur vægast sagt verið afar sveiflukennt undanfarna mánuði og ár (viðhengi 2a,b). Áætlað er að nota fituskert háprótein sojamjöl sem inniheldur um 48% prótein og 1% jurtafitu.

**Tafla 4.1 Efnasamsetning og verð á hráefni sem notað verður í votfóður.**

Hráefni	Prótein %	Fita %	Kolvetni %	Aska %	vatn %	verð kr/kg
Rækjuskel	10	1,5	0	8	80	10
Slóg án lifrar	17	1,5	0	1	80	4
Fiskbein	10	1	0	50	40	10
Sojamjöl	48	1	34	6	11	68
Fiskimjöl	69	12	0	10	10	110
Lýsi	0	100	0	0	0	74
Bindiefni	5	3	40	35	11	270

**Tafla 4.2 Tillaga að hráefnasamsetningu votfóðurs fyrri eldisþorsk, framleitt úr heimaþengnu hráefni á norðanverðum Vestfjörðum**

Hráefni	Hlutfall	Prótein %	Fita %	Kolvetni %	Aska %	Vatn %	Verð
Rækjuskel	20	2,0	0,3	0,0	1,6	16,0	2,0
Slóg án lifrar	24	4,1	0,4	0,0	0,2	19,2	1,0
Fiskbein	10	1,0	0,1	0,0	5,0	4,0	1,0
Sojamjöl	22	10,6	0,2	7,5	1,3	2,4	15,0
Fiskimjöl	10	6,9	1,2	0,0	1,0	1,0	11,0
Lýsi	8	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	5,9
Bindiefni	6	0,3	0,2	2,4	2,1	0,7	16,2
Samtals	100	24,8	10,4	9,9	11,3	43,3	<b>52,0</b>
Hlutfall af þurrefni:		44 %	18 %	17 %	20 %		

Verð á lágprótein sojamjöli (viðhengi 2a) hefur hækkað um helming á s.l. ári og var verðið komið í 500 \$/tonn, en fer nú lækkandi. Verð á háprótein sojamjöli er um 15% hærra en á lágprótein mjöli. Hér er áætlað að verðið lækki í um 450 \$/tonn + 15%, eða um 68 kr. pr. kg. Verð á fiskimjöli var nokkuð stöðugt fyrir árið 2006 og kostaði þá tonn af fiskimjöli um 600 \$, en síðustu þrjú árin hefur það verið tvöfalt hærra, um 1200 \$/tonn, en fer nú lækkandi. Nýjustu upplýsingar um verð á hágæða fiskimjöli er 970 \$/tonn í febrúar 2009 (Jón Árnason, munnl. uppl.) og er stuðst við það við útreikning á verði votfóðurs. Verð á fiskilýsi var griðarhátt á liðnu ári en fer nú hratt lækkandi og kostar nú um 650 \$/tonn (Jón Árnason, munnl. uppl.). Bindiefni var framleitt af fyrirtækinu Algea as, en þessi vara er ekki til á lager lengur vegna þess að eftirspurn og sala er engin. Verð hefur því ekki verið uppreiknað, en ætla má að verðið geti legið á bilinu 15-20 NKR pr. kg. Algibind að sögn Øvind Dall Larsen hjá fyrirtækinu Algea as í Noregi.

Áhugavert hráefni til að nýta í votfóður er repjumjöl sem kostar aðeins um 43 kr/kg og inniheldur 31% prótein og 12% fitu. Áður en slíkt hráefni verður notað verður skoða áhrif repjufitu á samsetningu fitu í lifur eldisþorsks.

Launakostnaður við framleiðslu á votfóðri er að miklu háður þeirri framleiðslutækni sem verður valin og framleiðslumagni. Ef gert er ráð fyrir að framleidd verði 2000 tonn af votfóðri og þrír menn annist þá vinnu, má áætla að launakostnaður verði um 5 kr. pr. kg. Annar kostnaður s.s. húsnæði, afskriftir og fjármagnskostnaður, er áætlaður 6 milljónir pr. ár eða um 3 kr. pr. kg. votfóður. Heildarkostnaður við framleiðslu votfóðurs miðað við gefnar forsendur er því 60 kr pr kg.

## 5. Umræður

Vinnsla þessa verkefnis tók nokkuð lengri tíma en upphaflegar áætlanir gerðu ráð fyrir. Fyrir því liggja nokkrar ástæður, en þó einkum sú að nægjanlega traustar rannsóknarniðurstöður á gæðum Gellyfeed lágu ekki fyrir fyrr en í lok sumars 2008. Þá er ljóst að sú framleiðsluaðferð mun ekki nýtast til votfóðurgerðar, nema hugsanlega til þess að drepa örverur og sníkjudýr í hráefninu.

Fjölpættar kröfur eru gerðar til fóðurs sem notað er í fiskeldi. Nokkrir af þeim eiginleikum sem gott fóður þarf af hafa:

- Tryggja næringarefni
- Skaffa orku
- Stuðla að gæðum afurða
- Vera skaðlaust fiskinum
- Þola meðhöndlun vel
- Étast vel
- Skila viðunandi vexti
- Tryggja góða afkomu í rekstri

Í þessari skýrslu hefur verið reynt að taka tillit til allra þessara þátta, þó í mismunandi mæli sé. Ljóst er að ennþá koma gömul vandamál upp á yfirborðið þegar talað er um votfóður. Geymsla á fóðurhráefnum og viðunandi gæði á fóðupillum (samliðun og harka) eru þættir sem skipta sköpum um verð á fóðri og fóðurnýtingu. Með frekari þróun á RUBIN aðferðinni er hugsanlega komin lausn á nýtingu aukaafurða til framleiðslu á verðmætum þorski til útflutnings.

Vöxtur þorsksins er í beinu sambandi við magn próteina sem hann étur. Samanburður ólíkra fóðurgerða sýnir að votfóður framleitt úr aukaafurðum á norðanverðum Vestfjörðum geti verið hagkvæmur kostur (tafla 5.1).

**Tafla 5.1. Samanburður á verði próteineininga í ólíkum fóðurgerðum.**

Fóður	Prótein	Fita	Þurrefni	Verð	Verð prótein kg
Loðna	13	8	28	40	308
Síld	17	12	32	40	235
Votfóður	25	10	56	60	240
Þurrfóður	47	17	90	145	309

Full ástæða er því til skoða votfóður sem raunhæfan valkost. Til að meta ágæti votfóðursins sem hér hefur verið lýst í kafla 3 er nauðsynlegt að hefja tilraunaframleiðslu.

Ljóst er þó að hagkvæmi í þeim úrlausnum sem verða þróaðar í hráefnameðferð og votfóðurgerð mun liggja í framleiðslumagni. Því verða fleiri þorskeldisfyrirtæki að sameinast um þróun votfóðurs og rekstur fóðurstöðva, eins og þróast hefur t.a.m. í loðdýraræktinni. Ef vel tekst til við þróun á veiðitækni á þorski til áframeldis og framleiðslu á votfóðri, er búið að leysa tvo afgerandi kostnaðarþætti sem ráða til um arðsemi af áframeldi þorsks og kominn grundvöllur til að byggja upp atvinnugreinina á eigin forsendum.



## Heimildir

- Anon, 1978. Fiskavfall i Norge. *Norges offentlige utredninger*:NOU 1978: 23: 121 síður
- Anon, 1998. Sluttrapport fra Stiftelsen Rubin (perioden 1991-1998). *Stiftelsen Rubin*, Pir-senteret, 7007 Trondheim Noreg.: 128 síður
- Anon, 2005a. Fordøyelighetsforsøk på villfanget torsk. *Arbeidsnotat Gellymar AS*. Myre november/desember – 2005 (drög): 6 síður
- Anon, 2005b. Skall og bein i fôr til torsk. Utsikt til havbruk.nr 10. *Fiskeriforskning*.: 1 síða
- Anon, 2007. Forskrift om forbud mot bruk av animaliske proteiner i fôr til produksjonsdyr. *Forskrift 511 frá 2007, Norge*.  
<http://www.lovdatab.no/cgiwift/ldles?ltdoc=/for/ff-20070329-0511.html>
- Anon, 2008. Revidert VKM-rapport om fôringmed ubehandlet sild og lodde. *Mattilsynet Norge*. : 1 síða  
[http://www.mattilsynet.no/fisk/fangstbasert/revidert\\_vkm\\_rapport\\_om\\_f\\_ocirc\\_ring\\_med\\_ubehandlet\\_sild\\_og\\_lodde\\_55137](http://www.mattilsynet.no/fisk/fangstbasert/revidert_vkm_rapport_om_f_ocirc_ring_med_ubehandlet_sild_og_lodde_55137)
- Austreng, E., Denstadle, V. og Sörensen, M., 2002. Gellyfeed til laks – effekt på tilvekst, fordøyelighet av næringstoffer, fôrutnyttelse og slaktekvalitet. *Akvaforsk*, rapport no 35/02: 27 síður
- Bjørnevik, M. & R.A. Eliassen, 2007. Delrapport: Dokumentasjon av tilvekst og kvalitet hos oppfôret villtorsk. Prosjekt 73735 "Kvalitet villfisk". *Biologisk Forskningsgruppe. Høgskolen i Bodø*: 37 síður
- Bækken, Ø.,2008. Utvikling av fôr til fangstbasert akvakultur. Rapport nr.157. *Stiftelsen RUBIN*. Pirsenteret Trondheim: 9 síður
- Bækken, Ø. & Bekkevold, S., 1993. Håndbok i Ensilering. *Stiftelsen Rubin*.: 67 síður
- Dos Santos, J. & M. Jobling., 1988. Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: effects of food particle size and dietary energy content. *J.Fish.Biol.*, 33: 511-516
- Dos Santos, J., I.C.Burkow, M. Jobling., 1993. Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural pray and fish based feeds. *Aquaculture*, 110.: 173-189
- Eilertsen, K.K., Jón Örn Pálsson & Olsen, H., 1986. Varmebehandling av ensilert lodde. Semesteroppgave i Fiskerikjemi. *Institutt for Fiskerifag – Universitetet i Tromsø*: 29 síður
- Fagbento, O. og Jauncey, K. 1995. Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquaculture Engineering* 14: 143-153
- Førde-Skjærvik, O., S. Refstie, M.A. Aslaksen & A.Skred, 2006. Degestibility of diets containing different soybean meals in Atlantic cod (*Gadus morhua*): comparison of collection methods

- and mapping of digestibility in different sections of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, 261: 241-258.
- Gabrielsen, B.O., 1994. Alginat stimulerer laksens immunforsvar. *Norsk Fiskeoppdrett*, nr.2A: bls 49
- Håstein, T., Ø. Bergh, G.I. Hamre, B. Hjeltnes, A. Levsen & K. Midling. 2007. Smitteved ved fôring av oppdrettsfisk med ubehandlet villfanget fisk. Utredning til *Vitenskapskomiteen for mattrygghet* fra Ad hoc gruppe nedsatt av faggruppe 8 for å utarbeide rapport om risikovurdering.: 43 síður ([http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=\\_\\_new&\\_\\_new=-2:17346](http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=__new&__new=-2:17346))
- Heimir Tryggvason, Guðrún Anna Finnbogadóttir & Jón Gunnar Schram. 2007. Úrlausnir vegna umhverfisáhrifa við losun slógs. Skýrsla Matís 38-07. : 12 síður
- Hjalti Karlsson & Kristján G. Jóakimsson, 2002. Eldistilraun á þorski. Fóðrun og hagkvæmni. Lokaskýrsla (uppkast). Hraðfrystihúsið Gunnvör hf. og Ketill Elíasson.: 16 síður
- Husby, A., 2003. Hygieniserende effekt av gellyfeed-prosessen. Bruk av marint avskjær til fiskefôr. Rapport nr 4502/107. *Stiftelsen RUBIN*. Pirsenteret Trondheim. : 16 síður
- Jobling, M., R. Knudsen, P.S. Pedersen & J.Dos Santos. 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92: 243-257
- Jón Örn Pálsson, 2005. Feed and growth of captured cod. Fyrirlestur á ráðstefnu „Cod farming in Nordic Countries“. Hotel Nordica Reykjavík
- Konradsen, B., 2000. Idestudie av basisk konservering av fisk og fiskeavskjær. Stuttrapport. *Forskningssenteret Porsgrunn*. Dok.no.: 00A-DB8: 18 síður
- Lande, A., 1998. Rubin-fôret. Sammenheng mellom ernæring og bindevevsstruktur hos fisk. Letteraturstudie. Rapport nr. 302/79. Stiftelsen Rubin, Pirsenteret, Trondheim Norge.: 17 síður
- Margrét Bragadóttir, Heiða Pálmadóttir & Kristberg Kristbergsson 2002. Seasonal change in chemical composition and quality parameters of capelin (*Mallotus villosus*). *Journal of Aquatic food Product Technology* 11: 87-103
- Mørkøre, T., 2004. Smakelighet på fôr og fisk. Foredrag på Fiskerikonferansen Bø, Vesterålen 22.-23. Juli 2004.  
[http://www.boe.kommune.no/dokumenter/2004/07/Turid\\_Moerkoere\\_Fiskerikonfe.pdf](http://www.boe.kommune.no/dokumenter/2004/07/Turid_Moerkoere_Fiskerikonfe.pdf)
- Mørkøre, T., C. Netteberg, L. Johnsson & J. Pickova, 2007. Impact of dietary oil source on product quality of farmed Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 267: 236-247.
- Mchugh, D.J., 2003. Alginate production methods. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical paper nr. 441. Chapter 5.: 4 síður  
<http://www.fao.org/docrep/006/Y4765E/y4765e00.HTM>
- Nilsen, P., 1991. Oppfôring av torsk i merd i Finnmark. *Finnmarkforskning*, Rapportnr: 6/91: 30 síður

- Rannveig Björnsdóttir, Helgi Thorarensen, Jón Árnason, Soffía Vala Tryggvadóttir, B.Olsen, Durita i Grótinum, T. Mørkøre, R.E. Olsen, Ø. Karlsen & J. Pickova, 2006. Feed for Atlantic cod. NICE report 03029: 44 síður
- Refstie, S., T., O. Førde-Skjærvik, G. Rosenlund & K-A. Rørvik, 2006. Feed intake, growth, and utilisation of macronutrients and amino acids by 1- and 2- year old Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed standard or bioprocessed soybean meal. *Aquaculture* 255. 279-291
- Shahidi, F., J. Synowiecki & M. Nacz. 1992. Utilization of shellfish processing diccards. *Seafood science and Technology*. Bligh E.Graham,(ritstj.), Fishing New Books.: 300-304
- Sigurjón Arason, Lárus Ásgeirsson & Tryggvi Harðarsson, 1984. Meltuvinnsla. Rit nr 152, *Tæknitíðindi*.: 44 síður
- Solberg, C., 2006. Fordøyelighet av Gellyfeed på villfanget torsk. Sluttrapport. *Høyskolen i Bodø*: 44 síður (drög)
- Storebakken, T., 1985. Binders in fish feed. I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed uptake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, 47. 11-26
- Storebakken, T. Og Austreng, E. 1987. Binders in fish feed. II. Effects of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. *Aquaculture* 60. 121-131
- Sørensen, M. & Denstadli, V., 2008. Alkaline preserved herring by-product in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Animal Food Science and Technology*. Vol 166 /3-4.: 327-334
- Toppe, J. & S. Albrektsen.(2006). Laksebein som ingrediens i fôr til torsk. Rapport nr.4630/136. *Stiftelsen RUBIN*. Pirsenteret Trondheim. : 18 síður
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson o.fl., 2006. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. *Hafrannsóknastofnunin*. Fjölrit nr. 124.:72 síður
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson o.fl., 2007. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2005. *Hafrannsóknastofnunin*. Fjölrit nr. 132.:42 síður
- Vestre, H.P., 1991. Próteinhydrolysat frá laksleslo. Fiskerikandidatoppgave i marin biokjemi. *Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø*.: 74 síður

Munnlegar upplýsingar.

Andre Reinholdtsen, *Vesterålen Fiskeripark* as Myre Noregi

Eyolf Langmygr, *Nofima Bergen*, Bergen Noregi

Gísli Jónsson, *Landbúnaðarstofnun* Selfossi

Guðni Albert Einarsson, *Klofningi ehf.* Suðureyri

Jón Árnason, *Matís ohf.* Reykjavík

Sigmundur Þorkelsson, *Fiskmarkaður Vestfjarða* hf. Bolungarvík


Sigurbjörg Daníelsdóttir, *Þörungaverksmiðjan Reykhólum hf*

Øvind Dall Larsen, *Algea as*, Kristiansund Noregi

# Viðhengi 1.

## Bindiefni fyrir votfóður.

Algin (alginat) er eitt af fáum bindiefnum sem ekki þarf upphitun til að virka og er því yfirleitt notað í votfóður (Storebakken, 1985). Algin er unnið ú brúnþörungum og er til að mynda klóþang (*Ascophyllum nodosum*) ríkt af algin. Þangmjöl sem framleitt er á Reykhólum inniheldur 19%-27% algin (Sigurbjörg Daníelsdóttir, munnl.upplýs.). Þó er ekki hægt að nota þangmjöl sem bindiefni í votfóður, því algininnihaldi er að mestu bundið við kalsíum og magnesíum og er því óvirkt sem bindiefni. Til að gera algin virkt bindiefni þarf að umbreyta efninu í natríum-algin. Það er gert með flóknum efna- og síunarferlum í sérhæfðum verksmiðjum (McHugh, 2003). Bindiefni verður því að kaupa frá erlendum byrgjum þó virki efnið (algin) sé framleitt hér á landi. Til að mynda framleiðir fyrirtækið Algea as afurð sem inniheldur 20% algin og sem hefur þótt gefast vel í votfóðurgerð.

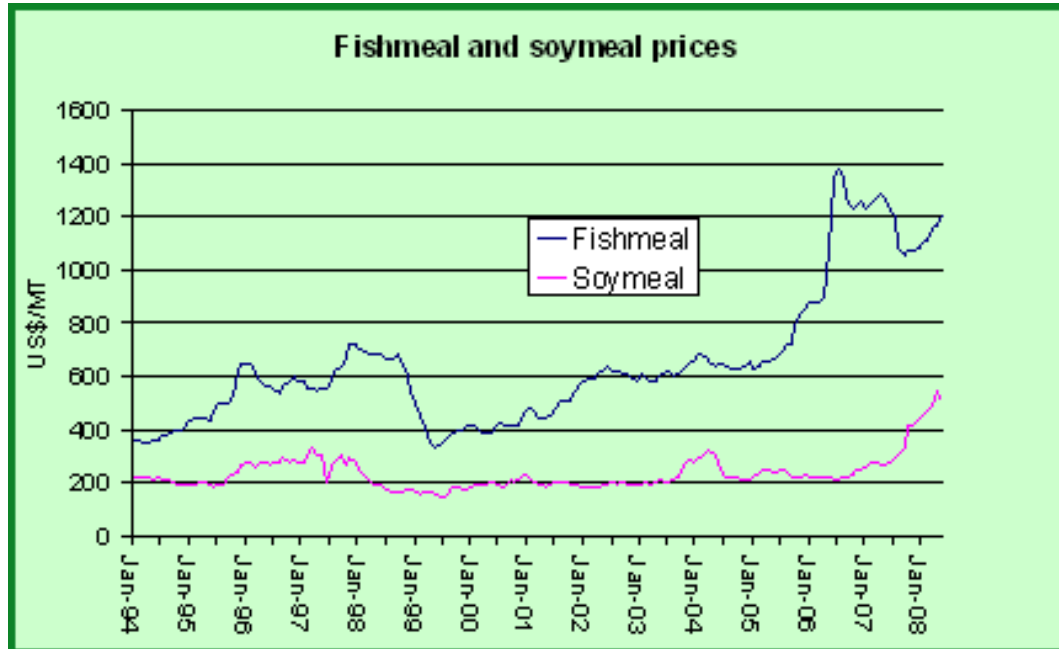
<b>ALGIBIND</b>	Product code: 5221025		
	<b>TYPICAL ANALYSIS</b>		
<b>General description:</b>	<b>Seaweed binder</b>		
<b>General application:</b>	<b>Wet feed for fish and aquatic animals</b>		
<b>Raw material:</b>	<i>Ascophyllum nodosum</i>		
<b>Appearance:</b>	<b>Olive coloured, fine powder</b>		
<b>Smell/taste:</b>	<b>Typical for dried and ground seaweed</b>		
<b>Particle size:</b>	<b>Min. 85 % through a 250 micron sieve</b>		
<b>Average composition:</b>			
Moisture	10 - 13 %	Carbohydrates (incl. Fibre)	35 - 45 %
Crude protein	4 - 6 %	Alginic acid	18 - 23 %
Crude fat	2 - 4 %	Mannitol	4 - 7 %
Crude fibre, less than	3 - 6 %	Laminaran	2 - 5 %
Ash	33 - 38 %	Fucoidin	7 - 9 %
Sand, less than	0.4 %		
<b>Essential major elements:</b> (macro-nutrients)		<b>Essential trace elements:</b> (micro-nutrients)	
Nitrogen N	0.7 - 1.1 %	Iodine I	450 - 1050 ppm
Phosphorus P	2.9 - 3.0 %	Copper Cu	1 - 9 ppm
Potassium K	0.9 - 2.6 %	Iron Fe	130 - 880 ppm
Calcium Ca	0.9 - 2.6 %	Manganese Mn	9 - 40 ppm
Sulphur S	1.8 - 4.4 %	Zinc Zn	35 - 175 ppm
Magnesium Mg	0.4 - 0.8 %	Boron B	15 - 85 ppm
Chlorine Cl	1.8 - 4.4 %	Molybdenum Mo	1 - 4 ppm
Sodium Na	6.1 - 7.8 %	Arsenic As	15 - 40 ppm
<b>Vitamins are present in the following approximate quantities:</b>			
Carotene	17 - 50 ppm	Tocopherols	40 - 170 ppm
Ascorbic acid	170 - 850 ppm	Niacin	8 - 25 ppm
Riboflavin	4 - 8 ppm	B <sub>12</sub> approx.	0.003 ppm
Thiamin	0.5 - 4 ppm	Folic acid	0.2 ppm
Biotin	0.1 - 0.3 ppm	Folinic acid	0.2 ppm
<b>PRODUCT OF NORWAY</b>			
<b>Algea AS</b>			
Omagata 78 • N-6517 Kristiansund, Norway			
Phone: +47 71 58 09 50 - Fax: +47 71 58 09 51			
<a href="mailto:info@algea.com">info@algea.com</a>			

## Viðhengi 2.

Heimsmarkaðsverð á annars vegar fiskimjöli og soyjamjöli (a) og hins vegar fiskilýsi og soyjaolíu (b).

Heimild: [www.globefish.com](http://www.globefish.com)

a)



b)

