

Verkefnaskýrsla RF

15 - 04



Ódýrir próteingjafar sem valkostur við hágæða fiskimjöl í þorskfóður

Verkefni styrkt af [AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi](#)

Samantekt á vinnu og niðurstöðum



Ódýrir próteingjafar sem valkostur við hágæða fiskimjöl í þorskfóður

Verkefni styrkt af **AVS** rannsóknasjóður í sjávarútvegi

Samantekt á vinnu og niðurstöðum

Akureyri 9.september 2004

Þorvaldur Þóroddsson, Msc-nemi

Jón Árnason, verkefnisstjóri

Rannveig Björnsdóttir, verkefnisstjóri Rf/HA

Reykjavík 2004

Efnisyfirlit

1	INNANGUR.....	- 5 -
2	EFNI OG AÐFERÐIR.....	- 6 -
2.1	TILRAUNAFISKUR OG ELDISRÝMI	- 6 -
2.2	FÓÐUR	- 6 -
2.2.1	<i>Fiskimjöl.....</i>	- 7 -
2.2.2	<i>Jurtaprótein.....</i>	- 8 -
2.2.3	<i>Andnæringarefni</i>	- 9 -
2.3	MÆLINGAR	- 10 -
2.3.1	<i>Mælingar á fiskinum</i>	- 10 -
2.3.2	<i>Mælingar á eðliseiginleikum fódursins</i>	- 10 -
2.4	NIÐURSTÖÐUR.....	- 11 -
2.4.1	<i>Eðliseiginleikar fódurs</i>	- 11 -
2.4.2	<i>Sökk.....</i>	- 11 -
2.4.3	<i>Hversu lengi þolir fódrið að vera í vatni.....</i>	- 11 -
2.4.4	<i>Þurrefnistap</i>	- 11 -
2.4.5	<i>Vatnsbindieiginleikar</i>	- 12 -
2.5	VÖXTUR	- 12 -
2.6	LIFUR.....	- 13 -
2.7	HOLDSTUÐULL	- 14 -
3	SAMANTEKT	- 14 -
4	HEIMILDASKRÁ.....	- 16 -

Töfluskrá

TAFLA 1 INNIHALDSLÝSING FÓÐURS.....	- 6 -
TAFLA 2. PRÓTEININNIHALD HRÁEFNA OG HLUTFALLSLEG VERÐ PRÓTEINA.....	- 7 -
TAFLA 3. MJÖLTEGUNDIR OG HLUTFALL MJÖLTEGUNDA Í FÓÐRI	- 7 -
TAFLA 4. MAGN AMÍNÓSÝRANNA LYSÍNS, MEÍÓNÍNS OG SYSTEINS.	- 7 -
TAFLA 5. SÖKKTÍMI FÓÐURS Í 4% SALT VATNI (SEK/METRA)	- 11 -
TAFLA 6. MEÐAL ÞURREFNISTAP FÓÐURS EFTIR 1 OG 24 KLST. Í VATNI.....	- 12 -
TAFLA 7. VATNSBINDIEIGINLEIKAR FÓÐURS.....	- 12 -
TAFLA 8. TÖLFRÆÐILEG MARKTÆKNI VAXTAR M.T.T. FÓÐURTEGUNDA.....	- 13 -
TAFLA 9. TÖLFRÆÐILEG MARKTÆKNI HOLDSTUÐULS MILLI FÓÐURTEGUNDA.....	- 14 -
TAFLA 10. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR ÞORSKS Í 3000 TONNA ELDISSTÖÐ, SLÁTURSTÆRÐ 5KG.	- 15 -

Myndaskrá

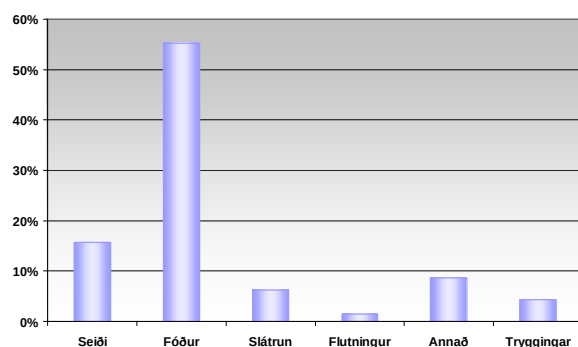
MYND 1. HLUTFALLSLEG SKIPTING REKSTRARKOSTNAÐAR Á FRAMLEITT KG ÞORSKS.....	- 5 -
MYND 2. ÁÆTLUÐ FISKIMJÖLSNOTKUN ÁRIÐ 2000 OG 2010 Í ELDI MISMUNANDI FISKTEGUNDA.....	- 6 -
MYND 3. UPPRÓÐUN ELDISKERJA.	- 6 -
MYND 4. HEIMSFAMLEIÐSLA Á PRÓTEINGJÖFUM ÁRIÐ 2000	- 8 -
MYND 5. HEIMSFAMLEIÐSLA SOJAMJÖLS OG FISKIMJÖLS	- 8 -
MYND 6. LIFRARHLUTFALL, SLÓGHUTFALL OG VERÐ FÓÐURS Á KG FISK (NOK).	- 9 -
MYND 7. SAMB. VAXTAR OG VIRKNI TRYPSIN HAMLANDI EFNA Á LEIRGEDDU Á 10 VIKNA TÍMABILI .-	- 10 -
MYND 8. MEÐALÞYNGD FISKA YFIR VAXTARTÍMABILID.....	- 12 -
MYND 9. DAGVÖXTUR TILRAUNAFISKS YFIR 33 DAGA OG 57 DAGA VAXTARTÍMABIL.....	- 12 -
MYND 10. DAGVÖXTUR OG LIFRARSTÆRÐ Í UPPHAFI OG LOK VAXTARTÍMABILS.....	- 13 -
MYND 11. LÆKKUN Á LIFRARHLUTFALLI YFIR VAXTARTÍMABILID.	- 13 -
MYND 12. SAMBAND LIFRARHLUTFALLS OG ÞYNGDAR	- 14 -
MYND 13. BREYTING Á HOLDSTUÐLI MILLI TÍMABILA.	- 14 -
MYND 14. HOLDSTUÐULL OG ÞYNGD.	- 14 -
MYND 15. DAGVÖXTUR MILLI TÍMABILA.....	- 15 -
MYND 16. ÞORSKSEIÐI Á 33 DEGI TILRAUNAR	- 15 -
MYND 17. VÖXTUR SANDHVERFU.....	- 16 -

1. Inngangur

Fiskeldi hefur vaxið meira en nokkur önnur grein í matvælaframleiðslu. Á heimsvísu hefur fiskeldi vaxið að meðaltali um 9,2% árlega síðan 1970, samanborið við 1,4% aukningu í fiskveiðum og 2,8% aukningu í framleiðslu kjöts (FAO, 2002). FAO áætlað að eftirspurn eftir matfiski muni aukast úr 90 millj. tonnum árið 1996 í 110 millj. tonn árið 2010. Við þessa aukningu mun hlutfall fiskeldis af heildar matfiskframboði aukast úr 29% í 38%. Nú þegar er 50% af ferskum og frosnum fiski sem seldur er í Bandaríkjunum eldisfiskur. Margir markaðsfræðingar spá því að árið 2030 verði stærsti hluti fiskneyslunnar eldisfiskur (Anon., 2003).

Íslendingar mega ekki láta sitt eftir liggja í uppbyggingu þorskeldis til að tryggja hlutdeild sína á mörkuðum og er það starf þegar hafið af miklum krafti. Samstarfsverkefnum opinberra aðila og einkaaðila er ætlað að leggja línurnar að stefnumótun í þorskeldi og skipuleggja rannsókn- og þróunarvinnu. Framleiðslukostnaður er sá þáttur sem ræður samkeppnishæfni þorskeldis og er hann enn mjög hár og því er ekki raunhæft að krefjast hagnaðar af þorskeldi strax. Stærsti einstaki kostnaðarliður þorskeldis er fóðurkostnaður, rúm 60% og annar stærsti kostnaðarliðurinn er seiðakostnaðurinn sem er í kringum 15% (1. mynd).

Veiðar á Atlantshafsporski (*Gadus morhua*) hafa dregist mikið saman á undanförunum árum og sér ekki fyrir endann á samdrættinum. Eftirspurn eftir þorski verður ekki hægt að svara nema til komi mikil aukning í eldi. Mikilvægt er að geta viðhaldið framboðinu til að koma í veg fyrir að hefðir fyrir þorskneyslu leggist af og markaðir glattist. (Sjávarútvegsráðuneytið, 2003). Gert er ráð fyrir miklum vexti í þorskeldi



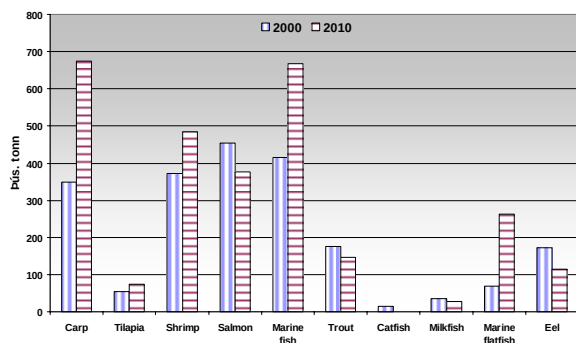
Mynd 1. Hlutfallsleg skipting rekstrarkostnaðar á framleitt kg þorsks. (Þorvaldur Þóroddsson, 2003).

og að heimsframleiðslan verði jafnvel komin í 200 þúsund tonn árið 2010. Eldið er þó ennþá óstöðugt og gera þarf fleiri rannsóknir á líffræði þorsksins og fóðri (Dekker, 2004).

Líkt og aðrar tegundir dýra þarf fiskur næringarefni til þess að vera heilbrigður, virkur, vaxa og halda lífi. Gott fóður þarf að uppfylla tvö mikilvæg skilyrði þ.e. lágan fóðurkostnað og góða nýtingu fóðurs (Gozdowska, o.fl., 2003). Í dag eru eldisfyrirtæki að nota fóður sem er ekki byggt á þekktri næringarþörf, heldur fyrst og fremst á næringarþörf annarra tegunda og óþekktum vexti.

Aðgangur að fiskimjöli og fisklýsi er stærsta umhugsunarefni fiskeldisiðnaðarins á komandi árum (Dersjant-Li, 2002). Ef framleiðsluspár ganga eftir þá þarf fiskeldisiðnaðurinn á allri fisklýsisframleiðslu heimsins að halda eftir 7-10 ár enda er enginn annar fitugjafi eins innihaldsríkur af omega-3 fitusýrum (Anon., 2003. Dekker, 2004). Eldisfiskur þarf nauðsynlega á þessum fitusýrum að halda. Fleiri möguleikar eru fyrir hendi þegar kemur að fiskimjöli og koma þá jurtaþrótein sterklega til greina. Rannsóknir sem fóðurframleiðandinn Nutreco gerði leiddu í ljós að nota mætti jurtaolíur til helminga með fisklýsi án þess að það kæmi niður á gæðum eldisfisks. Með því að erfðabreyta jurtaolíum og kalla fram eftirsóknaverða eiginleika mætti draga úr notkun fisklýsis í framtíðinni. En það myndi vafalítið kalla á miklar umræður um erfðabreytt matvæli (Dekker, 2004). Í eldi flestra sjávarfiska er uppistaða próteina í fóðri úr fiskimjöli enda er næringarinnihald þess mjög líkt næringarþörf þeirra (Tacon, 1993). Jurtaþrótein innihalda minna af nauðsynlegum aminosýrum, orku og steinefnum eins og t.d. fosfati en fiskprótein. Þessa þætti verður að hafa í huga þegar samsetning fóðurs, sem inniheldur jurtaþrótein, er ákvörðuð (Sugiura *et al.*, 2001). Verð á einu tonni af próteinum úr fiskimjöli er hærri en eitt tonn af próteinum úr sojamjöli. Ef verð á einu tonni af próteini úr ansjósumjöli árið 2000 er borið saman við sojamjöl þá er ansjósumjöl 58% dýrara. Þegar verð á tonni af próteini úr ansjósumjöli og maismjöli eru borin saman kemur í ljós að munurinn er 38,4% ansjósumjölinu í óhag (Hardy, 2000).

Á mynd 2 sést að gert er ráð fyrir aukinni notkun fiskimjöls við eldi sjávarfiska (enska: marine fishes) og vatnakarfa (enska: carp). Áætluð notkun fiskimjöls í fiskeldisiðnaðinum er í kringum 35% af heimsframleiðslu (Der-



Mynd 2. Áætluð fiskimjölsnotkun árið 2000 og 2010 í eldi mismunandi fisktegunda. (Hardy, 2000).

sjant-Li, 2002). Áætluð notkun á fiskimjöli árið 2010 er um 44% af meðalframleiðslu síðustu tíu ára (Hardy, 2000). Sú mikla þróun sem hefur átt sér stað í fiskeldi hefur leitt til aukinnar eftirspurnar á fiskimjöli. Aukin díoxín-mengun hefur leitt til lakari gæða á fiskimjöli og lýsi sem hefur hvatt fóðuriðnaðinn og vísindamenn til þess að finna aðra próteingjafa en fiskprótein (Dersjant-Li, 2002).

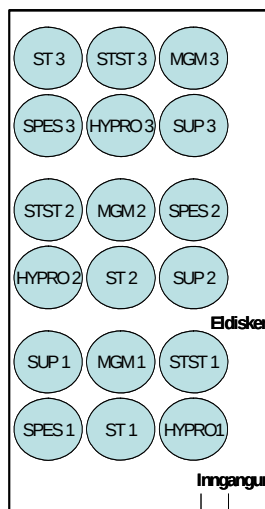
2 Efni og aðferðir

2.1 Tilraunafiskur og eldisrými

Seiðin sem notuð voru í tilrauninni komu úr hrognum úr villtum þorski (*Gadus morhua*) sem klakin voru í Eldisstöð Hafrannsóknarstofnunarinnar á Stað í Grindavík. Seiðin sem voru flutt til Hólaskóla á Sauðárkróki voru um 5g að þyngd. Fiskurinn var alinn í 90 lítra kerum með engri endurnýtingu á vatni og rennslishraða um tveiri lítrar/mín. Nýtt vatn (selta 32‰) er endurnýjað í hverju keru á tæplega klukkustundar fresti (120 lítrar/klst.). Allt vatn er látið fara í gegnum grófsíu og útfjólublátt ljós (enska: Ultra violet light) áður en það fer í kerin. Fiskurinn var mældur í upphafi, eftir 33 daga og 90 daga.

Á mynd 3 sést hvernig tilraunakerunum var raðað upp í eldisrýminu og einnig hvernig fóðurtegunum var raðað niður á hvern hóp. Reynt var að hafa alla þætti sem jafnasta í hverri fóðurtegund, eins og t.d. ljósmagn og umgengni.

Iso-nitrogenic (fast próteininnihald) og iso energetic tilraunafóður (fast orkuinnihald) með breytilegu innihaldi af mismunandi próteingjöfum var prófað á 30-100g seiðum. Þremur vikum fyrir tilraunina var 1000 klöktum seiðum skipt í 18 ker svo þau gætu jafnað sig eftir flutninginn og aðlaga sig að nýju umhverfi (byrjað að taka fóður). Á aðlögunartímanum



Mynd 3. Uppröðun eldiskerja.

voru öll seiðin fóðruð á sama fóðrinu sem búið var til úr hágæða fiskimjöli og lýsi.

Í upphafi tilraunar var fjöldi seiða í hverju keru 44 seiði, meðalvigt 29g og var meðalþéttleikinn um 15 kg/m³. Kerin voru útbúinn með loftara og tilbúnu flúorljósi. Hitastigið í kerunum var 12 ± 0,5°C. Áður en tilraunin hófst voru fiskarnir taldir og vigtaðir eftir sólarhrings svelt. Tilraunafiskurinn var fóðraður með sex mismunandi fóðurgerðum og fóðrað var með hverri þeirra í þremur eldiseiningum (endurtekningum). Handfóðrað var daglega til mettunar, kvölds og morgna.

2.2. Fóður

Hráefni og vinna við fóðurgerð fór fram hjá Fóðurverksmiðjunni Laxá hf. Efnainnihald fódursins var áætlað út frá efnainnihaldi hráefnins þ.e.a.s. efnainnihald fódursins var ekki mælt heldur reiknað út frá efnainnihaldi hráefna (tafla 1.). Fiskimjölið sem var notað er loðnumjöl. Helstu hráefnin sem notuð voru eru:

- Hágæða fiskimjöl (High quality fishmeal) – superior (LT)
- Gæða fiskimjöl (High quality fishmeal) – special (NorSeaMink)

Tafla 1 Innihaldslýsing fódurs

Fóður	Prótein	Fita	Sterkja	Aska
HYPRO	58,0%	0,56%	8,78%	9,72%
STST	58,0%	9,04%	12,00%	10,76%
ST	58,0%	9,10%	11,60%	11,64%
MGM	58,0%	8,01%	13,29%	8,77%
SPES	58,0%	8,98%	12,40%	9,86%
SUP	58,0%	8,98%	12,40%	9,86%

Tafla 2. Próteininnihald hráefna og hlutfallsleg verð próteina. (Jón Árnason)

	Prótein innihald	Hlutfallslegt verð á próteinum
Superior fishmeal – (LT)	70	100
Special fishmeal (NSM)	70	93
Fish meal standard	70	90
Maize gluten meal (MGM)	60	65
HYPRO soybean meal	47	62

- Standard fiskimjöl (Fish meal standard)
- Más Glutenmjöl (Maize gluten meal) (MGM)
- Sojamjöl (HYPRO soybean meal)

Í töflu 2 má sjá próteininnihald hráefnis og hlutfallslegt verð próteina í hverju hráefni fyrir sig (miðað við haust 2003). Þar kemur í ljós að umtalsvert sparast með því að nota HYPRO soja mjöl í staðinn fyrir LT mjöl. Hlutfallslegt verð í töflunni er mjög svipað því sem greint er frá í inngangi.

Hlutfall helstu próteingjafa í fóðrinu er sýnt í töflu 3. Innihald soja- og máismjöls er 15% af þyngd en ekki af hlutfalli próteina. Þar sem sojamjöl inniheldur um 13% minna af próteinum samanborið við máismjöl, er notað heldur meira af fiskimjöli með sojamjölinu. Þetta er gert til þess að hafa sama hlutfall próteina í öllum fóðurgerðum.

Að auki var magn aminosýranna lysíns, meþíóníns og systeins reiknað út frá innihaldslýsingu hráefna.

Tafla 3. Mjöltegundir og hlutfall mjöltegunda í fóðri.

	LT %	NSM %	Standard %	MGM %	HYPRO %
SUPERIOR (SUP)	78	-	-	-	-
SUP/SPES (SPES)	39	39	-	-	-
SUP/STANDARD (ST)	39	-	40	-	-
STANDARD (STST)	-	-	80	-	-
SUP/MGM (MGM)	66	-	-	15	-
SUP/HYPRO (HYPRO)	70	-	-	-	15

Tafla 4. Magn aminosýranna lysíns, meþíóníns og systeins.

	Lysín g/100g prótein	Meþíónín g/100g prótein	Systein g/100g prótein
SUPERIOR (SUP)	10,5	2,9	1,1
SUP/SPES (SPES)	10,5	2,9	1,1
SUP/STANDARD (ST)	9,0	2,9	1,0
STANDARD (STST)	7,5	2,9	0,9
SUP/MGM (MGM)	9,1	2,9	1,2
SUP/HYPRO (HYPRO)	10,1	2,7	1,1

Alkóhól-þvegið sojamjöl inniheldur um það bil 1,4g af meþíónín í 100g af próteini. Magn meþíóníns í LT fiskimjöli er tvöfalt meira. Í tilraun sem gerð var á Atlandshafslaxaseiðum reyndust þau þurfa 2,4g af meþíóníni í 100g af próteini í fóðri. Heildarinnihald meþíóníns í 30g seiðum (enska: whole-body) var 1,8g í 100g af próteini (Storebakken o.fl., 1998). Kornafurðir innihalda sérstaklega lítið lysín. Lysín er ómissandi aminosýra og tekur þátt í myndun karnítíns sem flytur fitusýrur í gegnum frumhímnur. Meþíónín er einnig ómissandi aminosýra sem gegnir mikilvægu hlutverki við nýmyndun próteina þar sem allar frumur heilkjörnunga hefja próteinmyndun á þessari aminosýru. Meþíónín getur myndað systein en ekki öfugt, því ræðst þörf meþíóníns af magni systeins í fóðri. Systein og meþíónín gefa fiskunum nitur sem er nauðsynlegt fyrir myndun kóensíms-A sem er orkuberi (Sigþór Pétursson, 1999). Meþíónín hjálpar til við að melta fitu og systein eykur meltanleika próteina, fitu og sterkju. Vegna mikillar virkni systeins og meþíóníns eru það fyrstu aminosýrurnar sem hörgull verður á. Meltangarensím innihalda mikið magn af systeini (Nordrum o.fl., 2000).

2.2.1 Fiskimjöl

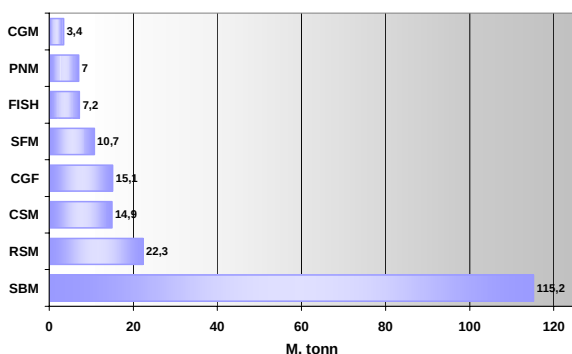
Margir þættir ráða gæðum fiskimjöls t.d. árstími veiða, ferskleiki hráefnis og framleiðslu-aðferð. Fiskimjöl af bestum gæðum er framleitt úr fersku hráefni við lágan hita og minnka gæðin ef notað er gamalt hráefni og/eða hátt hitastig og þegar þurrkt loft er notað við þurrkun (Aksnes & Mundheim, 1997). Það mjöl sem

búið er til úr afskurði og öðrum fiskúrgangi er ekki gott hráefni fyrir hágæða fiskimjöl vegna háls hlutfalls ösku (ca. 20%) og lágs hlutfalls próteina (ca. 60-65%). Einnig er mikið magn tricalsium fosfats og hydroxyapatite sem er ekki melt né nýtt af fiskinum og veldur því að efnin fara ónýtt út í eldisvökvann (Moksness, 2004). Þekkt er að fôðrun á fiski með fôðri sem inniheldur fiskimjöl sem unnið hefur verið úr slóku hráefni getur minnkað bæði vöxt og fôðurnýtingu t.d. hjá lúðu og þorski (Albrektsen, 2003. Moksness, 2004). Betra hefur reynst að nota hágæða fiskimjöl (LT) en **NorSeaMink** fiskimjöl með jurtaþróteinum í fôður fyrir þorsk (Albrektsen, 2003).

2.2.2. Jurtaprótein

Í nokkur ár hefur aukist áhugi á að þróa sojamjöl sem valkost í skiptum fyrir fiskimjöl í fôður fyrir fisk. Upphaflega var hvatinn að þessum breytingum mikill breytileiki í verði á fiskimjöli og veiðum sem hefur neikvæð áhrif á fôðuriðnaðinn og fiskeldið. Í dag er neikvæð umræða um notkun fiskimjöls í fôður vegna hnignandi fiskistofna í heiminum. Það sem hefur verið einna mest í umræðunni sem staðgengill fyrir fiskimjöl er afurðir sojabauna, einkum vegna stöðugs framboðs, hagstæðs verðs og prótein/amínósýru samsetningu (Moksness o.fl., 2004. Foster et al., 2002. Peisker. M., 1995).

Stærsti einstaki próteingjafinn sem framleiddur er í heiminum í dag er sojamjöl (mynd 4). Sojamjöl er yfirleitt álitið vera með betri jurtaþróteinum sem völ er á þegar litið er til gæða próteina og nauðsynlegra amínósýra að amínósýrunni meþíónín undanskilinni. Líkt og önnur jurtaþrótein inniheldur sojamjöl ýmis

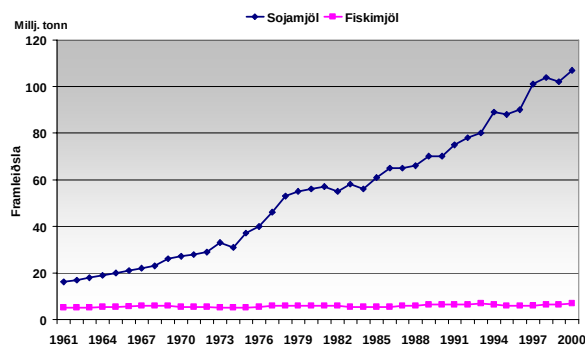


Mynd 4. Heimsframleiðsla á próteingjöfum árið 2000. SBM – Sojamjöl; RSM – Repjumjöl; CSM – Bómullarfræsmjöl; CGF – Maís-gluten fôður; SFM – Sólblómamjöl; Fish – Fiskimjöl; PNM – Jarðhnetumjöl; CGM – Maís glutenmjöl. (Dersjant-Li, Yueming, 2002).

andnæringarefni sem hægt er að gera óvirk með ýmis konar meðhöndlun, svo hægt sé að nota það í fiskafóður (Peisker M., 1995, NRC, 1993). Með því að beita hitameðferð við vinnslu sojamjöls er hægt að óvirkja mest af andnæringarefnunum svo sem trypsín hamlandi efnum (e: trypsin inhibitors) (NRC, 1993; Peres, 2003). En hitameðferð ætti þó að vera eins lítil og kostur er á til þess að tryggja meltanleika próteinsins og eyðileggja ekki nauðsynlegar amínósýrur eins og lysín og meþíónín. Þar af leiðandi þarf að stilla hitameðferð á milli þess að gera andnæringarefnin óvirk og eyðileggja ekki nauðsynleg næringarefni (Peres, 2003). Trypsín-letjandi efni minnka virkni trypsíns en trypsín brýtur niður prótein í þörmunum og er fiskinum því nauðsynlegt (Arndt et al., 1999). Fiskar eru viðkvæmari fyrir trypsín-letjandi efnum en landdýr (Peres, 2003). Trypsín hamlandi efni hafa ekki bara neikvæð áhrif á upptöku næringarefna heldur einnig á ónæmiskerfið (Van der Ingh et al., 1991).

Samkvæmt FAO hefur heimsframleiðsla á sojamjöli aukist úr 15 milljónum tonna árið 1961 í 107 milljón tonn árið 2001 á meðan framleiðsla fiskimjöls hefur verið á bilinu 5-7 milljón tonn yfir sama tímabil (mynd 5). Á þessu 40 ára tímabili hefur framleiðsluaukning á sojamjöli verið að meðaltali 12,3%.

Fyrsta amínósýran sem verður takmarkandi í sojamjöli er meþíónín þegar miðað er við amínósýruþörf regnbogasilungs og Atlandshafslax. Tilraunir sem gerðar hafa verið á tilapíu benda til þess að hægt sé að skipta fiskimjöli út á milli 67%-100% með sojamjöli en þetta er þó breytilegt. Helstu þættir sem hafa áhrif á þetta eru tegund fisks, fiskstærð, gæði sojamjölsins og framleiðsluáðferð á sojamjölinu (Hardy, 2000).



Mynd 5. Heimsframleiðsla sojamjöls og fiskimjöls (Heimild: FAO, 2002).

Maísglútenmjöl er mjög góður próteingjafi og inniheldur að minnsta kosti 60% prótein. Silungur meltir prótein úr maísmjöli vel eða um 97% og er hægt að skipta 25-40% af fiskimjöli út fyrir maísglútenmjöl án þess að það hafi áhrif á vöxt og fæðurnýtingu. Meginókostur við mikla notkun maísglútenmjöls (>10% af innihaldi) í fæður fyrir silung er að það framkallar gulan lit á holdið en með notkun litarefna er hægt að minnka áhrifin. Óhætt er þá að nota að minnsta kosti 22,5% maísglútenmjöl. (Hardy, 2000).

Nýlega lauk fæðurtílaun á þorski sem var fæðraður með mis miklu af jurtaþróteinum og var þorskurinn (160g) alinn í 20 vikur við 10°C. Notaðar voru tvær tegundir af fiskimjöli, LT og NorSeaMink, og þrjár tegundir af jurtaþróteinum, fullfeitt sojamjöl, maísglútenmjöl og hveitiglútenmjöl, sem var blandað saman við sitthvort fiskimjölið. Jafnt magn var notað í báðum tilvikum af fiskimjöli en af jurtaþróteinunum var mest notað af maísglútenmjöli svo sojamjöli og minnst af hveitiglútenmjöli. Fítuinnihald var 17% í öllum fæðurtegundum og orkuinnihald um 21,7 MJ/kg. Allar fæðurgerðirnar innihéldu 50% prótein.

Helstu niðurstöður tílaunarinnar voru þær að betra reyndist að nota LT-fiskmjöl samanborið við NSM-fiskmjöl þ.e. minna slóg, meiri vöxtur og betri fæðurnýting. Dagvöxtur var að meðaltali 1,01% á þessu 20 vikna tímabili. Próteininnihald vöðvans var minna eftir því sem hlutfall jurtaþróteina hækkaði og aminosýrusamsetning í vöðvanum reyndist svipuð og í fæðrinu (Albrektsen, 2003).

Á mynd 6 sýna tölur á x-ás hlutfall jurtaþróteina í fæðrinu. Á myndinni má sjá hvernig lifrarhlutfall lækkar með auknu hlutfalli jurtaþróteina en í öfugu hlutfalli við slóghlutfallið nema þar sem gefið var NSM-50 sem gefur

örlítið lægra slóghlutfall en í NSM-30. Er það í samræmi við fæðurtílaun á leirgeddu (enska: channel catfish) þar sem að andnæringarefni úr sojamjöli hindruðu virkni lípasa í þörmunum (NRC, 1993). Samkvæmt rannsókn Albrektsen var LT-fæðrið sem innihélt 50% af jurtaþróteinum hagkvæmast í eldi en NSM-10 óhagkvæmast.

2.2.3 Andnæringarefni

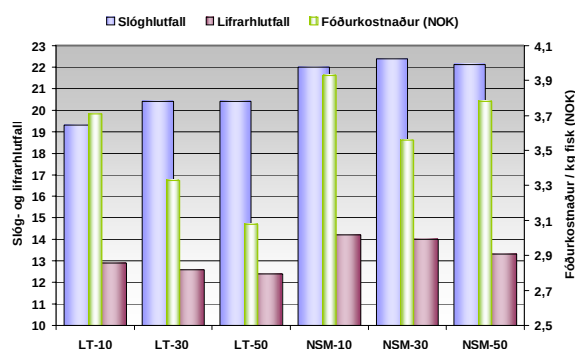
Almennt má segja að ef hlutfall sojamjöls er hátt í fiskafæðri má búast við minni vexti og er það í beinu samhengi við magn andnæringarefna sem finna má í mjölinu. Það hefur verið kannað í mörgum fisktegundum að andnæringarefni eins og trypsín hamlandi efni (enska: trypsin inhibitor), mótefnavakar, lektín, sapónin og fásykrur geta haft neikvæð áhrif á meltanleika næringarefnanna í fæðrinu og vöxt fiskisins (Desjant-Li, 2002. Burel o.fl., 2000. Francis o.fl., 2001).

Hægt er að skipta andnæringarefnum í fjóra hópa eftir mismunandi virkni þeirra á fiskinn: (1) nýtingu og meltingu próteina, (2) upptöku steinefna, (3) nýtingu vítamína og (4) ýmis efni eins og sveppaeitur efni sem hindra upptöku súrefnis ($-(CN)_2$, nítat o.fl. (Francis o.fl., 2001).

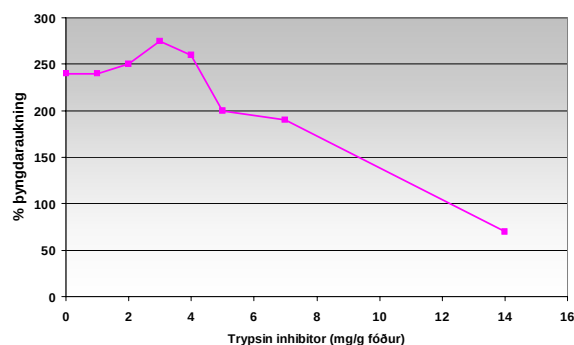
Trypsín letjandi efni

Hráar sojabaunir innihalda kristallað hnattlaga prótein sem hefur letjandi áhrif á ensímið trypsín. Þessi prótein er hægt að gera óvirk með hitameðhöndlun (NRC, 1993). Rannsóknir hafa sýnt að sojamjöl inniheldur trypsín letjandi efni sem virka neikvætt á meltanleika próteina og fitu og vöxt hjá laxi, regnbogasilungi, vatnakarfi (enska: carps), Nílar-tilapíu og leirgeddu (Desjant-Li, 2002).

Þegar sojamjöl er notað í fæður fyrir leirgeddu næst góður árangur þegar a.m.k. 83% af trypsín hamlandi efnum eru gerð óvirk með meðferð (mynd 7). Trypsín-letjandi efni í sojamjöli eru oft á bilinu 2-6 mg/g en að meðaltali fjögur mg/g. Misjafnt er hversu vel fisktegundir þola þetta efni í fæðrinu. Til að mynda er það farið að aftra vexti Nílar-tilapíu ef magnið er 1,6 mg/g eða meira en hún vex vel við 0,6 mg/g. Framleiðsla trypsíns í Atlandshafslaxi hjaðnaði þegar magn trypsíns hamlandi efna var 4,8 mg/g. Flestir eldisfiskar þola þó um 5 mg/g af trypsín letjandi efnum í fæðri (Francis o.fl., 2001).



Mynd 6. Lifrarhlutfall, slóghlutfall og verð fæðurs á kg fisk (NOK). (Albrektsen, 2003).



Mynd 7. Samb. vaxtar og virkni trypsin hamlandi efna á leirgeddu á 10 vikna tímabili (Dersjant-Li, 2002).

Lektín

Lektín getur valdið myndbreytingum þ.e.a.s. skemmdum í bakþarmi og hamlað þannig hugsanlega upptöku næringarefna. Atlantshafslax er mjög viðkvæmur fyrir lektíni úr soja-baunum (Dersjant-Li, 2002). Lektín eru þó yfirleitt talin jákvæð í ákveðnu magni, er ónæmisörvandi.

Sapónín (Sápuæfni)

Sapónín eru sterar eða triterpenoid sykrur. Þau er að finna í mörgum afurðum jurta t.d. inniheldur ristað sojamjöl um 67 mg/kg af sapónín. Þegar sápuæfnin komast í snertingu við vatn verða þau eitruð fiskum vegna þess að þau valda skaða á þekjuvef tálknanna (Francis o.fl., 2001).

Fáskykrur

Sojamjöl inniheldur a.m.k. 15% af fáskykrum (súkrósa, raffínósa sem er þrísýkra sem klofnar í ávaxtasykur, þrúgusykur og galaktósa við vatns-rof). Fáskykrur geta valdið því að fiskar nýta næringarefni illa. Sýnt hefur verið fram á að í laxi og silungi má ná fram betri nýtingu á næringarefnum í fôðri með því fjarlægja fáskykrur úr sojamjöli. Fáskykrur virka neikvætt á fiska með því að letja virkni gallsins og draga þannig úr virkni meltingarensima (Storebakken o.fl. 1998).

2.3 Mælingar

2.3.1 Mælingar á fiskinum

Tilraunin hófst í desember 2003 og var byrjað á því að mæla lengd, þyngd og lifrarhlutfall fisksins. Lengd (cm) fisksins er mæld frá hausu að sporðenda og þyngd mæld í g með hálf gramms nákvæmni. Innfli (lifur og annað) voru aðskilinn og fryst sérstaklega.

Dagvöxtur fisksins er mældur með eftirfarandi jöfnu þar sem W_T er þyngd (g) í lok tímabils og W_t er þyngd (g) í upphafi tímabils. Undir striki er svo dagafjöldi á milli þess sem fiskurinn er veginn.

$$\text{Dagvöxtur, SGR} = \frac{\ln(W_T) - \ln(W_t)}{T - t} \times 100$$

Lifrarhlutfall (enska: hepatosomatic index, HSI) fisksins er fundið út með því að deila heildarþunga fisks í þyngd lifrar.

$$\text{Lifrarhlutfall, HSI} = \frac{\text{Þyngd lifrar (g)}}{\text{Þyngd fisks (g)}} \times 100$$

Holdstuðullinn er reiknaður út frá sambandi þyngdar og lengdar í þriðja veldi.

$$\text{Holdstuðull, K} = \frac{\text{Þyngd (g)}}{\text{Lengd}^3 \text{ (cm)}} \times 100$$

2.3.2 Mælingar á eðliseiginleikum fôðursins

Til þess að kanna floteiginleika fôðurs er það sett í 4% saltlausn og mælt hve langan tíma fôðrið er að sökkva. Sökkeiginleikar voru mældir við herbergishita. Notað var mæliglas sem var 41 cm að hæð og mældur sá tími sem það tekur fjóra af tíu kögglum að sökkva. Miðað er við fyrstu fjóra kögglanna sökum þess að stundum sökkva ekki allir kögglarnir. Því þurrara sem fôðrið er því lengri ætti sökk tíminn að vera en ýmsir þættir hafa áhrif þar á eins og t.d. fituinnihald og lögun kögglanna. Því lengri sem sökk tíminn er, því lengri tíma hefur fiskurinn til að éta fôðrið áður en það hverfur eða sekkur til botns en erfitt er fyrir fiskinn að ná fôðri af botninum. Því léttari sem kögglarnir eru, því lengur eru þeir að sökkva. Ýmis efni hafa áhrif á sökkhraðann t.d. fita og hægt er að auka sökkhraða kögglanna með því að bæta fitu í fôður. Gott þykir að kögglar af þessari stærð séu um 15-20 sekúndur að síga niður einn metra (Hildigunnur R. Jónsdóttir, 2003).

Eftir að búið er að gefa fôður þarf það að haldast heilt í vatninu í nokkrar mínútur. Þetta eru staðlaðar aðferðir sem notaðar eru til þess að kanna eðliseiginleika fiskafóðurs en hafa ber í huga að í eldiskerum er meiri hreyfing á vatninu en í tilraunaglas. Því er líkleggra að fôðrið sé fljótara að losna í sundur en það var við

tilraunaaðstæður sem hér voru notaðar. Endingartími fódurs í eldisvökva er kannaður með því að setja 25g af hverri fódurtegund í 100g af vatni í annarsvegar eina klukkustund og hins vegar í einn sólarhring.

Þegar fódur er gefið í eldi losnar það í sundur eftir ákveðinn tíma. Það fer þó eftir fódurgerð og umhverfisaðstæðum. Ef þorskurinn tekur ekki fódrið fljótlega er hætt á að þurrefni tapist og þar með næringarefni. Þetta tap felur í sér hættu á að fiskurinn fái ekki í sig þau næringarefni sem hann þarfnast til vaxtar og viðhalds. Því er mikilvægt að fódrið hafi góða samloðun í nokkurn tíma eftir fóðrun. Þurrefnistap fódurs er mælt með því að mæla þurrefnisinnihald í fódri áður en það fer í vatn og eftir að það hefur legið í vatni í ákveðinn tíma. Þurrefnisinnihaldið er margfaldað með þyngd fódurs fyrir og eftir viðveru í vatni. Vatnið er sigtað frá og 2,5 mm sigti notað til þess í þessu tilviki en er þó háð stærð fódurköggla.

$$\text{Þurrefnistap} = \frac{(\text{Þyngd fódurs}_1 \times \text{þurrefnisinnihald}_1) - (\text{Þyngd fódurs}_2 \times \text{þurrefnisinnihald}_2)}{\text{Þyngd fódurs}_1} \times 100$$

Ekki eru til nein þekkt viðmið um hámarks þurrefnistap í fódri miðað við ákveðinn tíma í eldisvökva. Best er að hafa það sem minnst svo tryggt sé að það rýri ekki næringargildi fódursins ef fiskurinn tekur fódrið ekki strax.

Fódur getur dregið töluvert vatn í sig áður en það losnar í sundur og er sá eiginleiki mismunandi í ólíkum tegundum fódurs. Til þess að kanna vatnsbindieiginleika fódursins var 6,25g af hverri fódurtegund blandað í 25g af annarsvegar 3% saltlausn og hinsvegar 0,5% saltlausn. Sýnið var látið standa í 30 mín. við herbergishita og það blandað varlega saman annað slagið. Svo er sýninu helt yfir í sérstök glös og sett í skilvindu og látið snúast við 5000 snúningar á mín. í 30 mín. Vatnið sem skildist frá var vegið og vatnsbindieiginleikar fódursins eru fundnir með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vatnsbindieiginleikar (\%)} = \frac{\text{Vatn inn (g)} - \text{Vatn út (g)}}{\text{Fódur (g)}} \times 100$$

(Hildigunnur R. Jónsdóttir, 2003).

2.4 Niðurstöður

Tölfræðilega marktæk niðurstaða tilraunarinnar er metin með einþátta fervikagreiningu (enska: Anova).

2.4.1 Eðliseiginleikar fódurs

Helstu eðliseiginleikar fódurs eru: sökkhraði, endingartími í vatni, þurrefnistap og vatnsbindieiginleikar.

2.4.2 Sökk

Í saltvatninu sukku allar fódurtegundirnar en þó misvel og misjafnlega hratt. Niðurstöður mælinga á sökkhraða eru sýndar í töflu 5.

Fódur 4 (MGM) sökk mjög illa og flaut einungis á yfirborðinu. Eins sökk fódur 5

Tafla 5. Sökktími fódurs í 4% saltvatni (sek/metra)

	Hypro Fódur 1 s/m	STST Fódur 2 s/m	ST Fódur 3 s/m	MGM Fódur 4 s/m	SPEC Fódur 5 s/m	SUP Fódur 6 s/m
Mæling 1	24,4	14,6	31,7	109,8	17,1	36,6
Mæling 2	19,5	14,6	19,5	36,6	102,4	17,1
Mæling 3	24,4	14,6	17,1	378,0	22,0	14,6
Meðaltal	22,8	14,6	22,8	174,8	47,2	22,8

(SPES) frekar ójafnt. Fódur 1, 2, 3 og 6 sukku ágætlega og frekar jafnt. Ef miðað er við að fódur af þessari stærð ætti að sökkva á 15-20 sek þá má segja að fódur 4 (MGM) sé það eina sem ekki uppfyllir þau skilyrði.

2.4.3 Hversu lengi þolir fódrið að vera í vatni

Eftir eina klst. héldu allar fódurtegundir sér mjög vel. Fódrið þandist lítillega út en bindingin var mikil þ.e. fódrið hélst í kögglum. Enginn sjáanlegur munur var á milli fódurtegunda. Þegar fódrið hafði legið í 24 klst. hafði það þanist enn meira út. Bindieiginleikar höfðu minnkað lítillega en ekki svo um munaði.

2.4.4 Þurrefnistap

Þurrefnistapið eftir að fódrið hafði legið í vatni í eina klst. var breytilegt milli fódurgerða en ekki var jafn mikill munur eftir 24 klst. Ekki var samræmi á milli fódurgerða með minnst þurrefnistap eftir eina klst. annars vegar og 24 klst. hins vegar. Fódur 2 (STST) innihélt minnst þurrefnismagn fyrir vatn en mesta þurrefnistapið var í þessu fódri eftir 24 klst. í vatni (tafla 6).

2.4.5 Vatnsbindieiginleikar

Vatnsbindieiginleikar fódursins voru breytilegir eftir því hvort fódrið var sett í 0,5% eða 3% saltlaun (tafla 7).

2.5. Vöxtur

Tilraunin stóð yfir í 90 daga og voru tekin sýni af fiskinum í upphafi, eftir 33 daga og við lok tímabilsins. Því er hægt að skoða tvö vaxtartímabil þ.e. 33 daga og 57 daga. Mynd 8 sýnir mun á meðalþyngd fiska yfir vaxtartímabilið. Þar sést að fiskur fódraður á HYPRO var tæplega 10g þyngri en næsta fódurgerð. Betra er að kanna þennan mun hlutfallslega. Á 9. mynd má sjá dagvöxt þorskseiðanna miðað við mismunandi fódur.

Á mynd 9 sést einnig að mikill vöxtur var fyrstu 33 daganna á SUP fódrið en hugsanleg skýring á því gæti verið sú að fiskurinn hafði verið fódraður á þessu fódri í þrjár vikur áður en tilraunin hófst. Fiskur sem fengu aðrar fódurtegundir gætu hafa verið nokkurn tíma að aðlagast nýju fódri. Jafnframt var fiskurinn mjög stressaður í

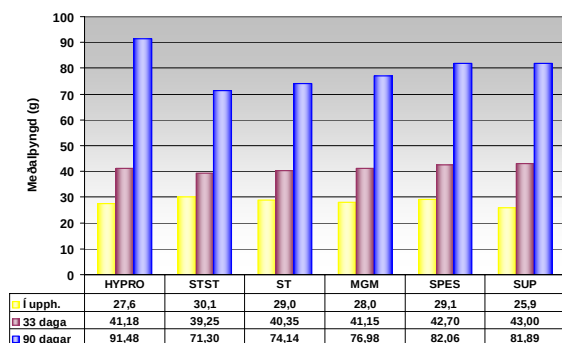
Tafla 6. Meðalþurrefnistap fódurs eftir eina og 24 klst í vatni.

Eftir 1 klst í vatni						
		Þyngd fyrir vatn	Þyngd eftir vatn	Þurrefni fyrir vatn	Þurrefni eftir vatn	Þurrefnis-tap
Hypro	Fóður 1	51,8	116,1	90,62%	35,92%	10,10 %
STST	Fóður 2	51,9	100,7	88,64%	42,11%	6,94 %
ST	Fóður 3	51,7	109	91,41%	38,70%	9,82 %
MGM	Fóður 4	51,8	111,7	91,00%	37,86%	9,36 %
SPES	Fóður 5	51,7	110,8	91,16%	37,83%	10,08 %
SUP	Fóður 6	51,8	116,2	91,68%	37,57%	7,39 %
Eftir 24 klst í vatni						
		Þyngd fyrir vatn	Þyngd eftir vatn	Þurrefni fyrir vatn	Þurrefni eftir vatn	Þurrefnis-tap
Hypro	Fóður 1	58,4	148,4	90,62%	31,11%	11,57 %
STST	Fóður 2	59,9	135,7	88,64%	32,97	14,13 %
ST	Fóður 3	50,9	122,4	91,41%	32,43%	13,44 %
MGM	Fóður 4	56,8	135,8	91,00%	33,06%	11,95 %
SPES	Fóður 5	54,8	130,4	91,16%	32,60%	13,60 %
SUP	Fóður 6	58,2	142,5	91,68%	32,39%	12,38 %

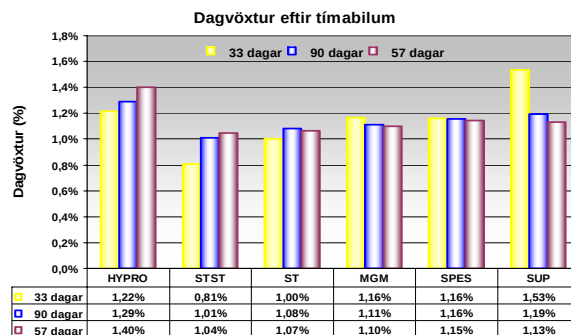
upphafi og var frekar lengi að aðlagast nýjum aðstæðum. Mikill munur var á stressi í upphafi og við mælingar eftir 33 daga. Síðustu 57 dagana var vöxtur fisks á HYPRO fódri mestur sem og samanlagður vöxtur tímabilsins (90 dagar). Vöxtur fisks á STST fódrið var lakastur yfir bæði þessi tímabil. Út frá þessum niðurstöðum sést að gæði fiskimjölsins hafa áhrif á vöxt. STST fódrið var eingöngu búið til úr standard fiskimjöli (sem lakast er af gæðum) gefur slakari árangur en ST sem var búið til úr 50% standard og 50% LT-hágæða fiskimjöli. Samskonar niðurstöðu er að fá þegar vöxtur ST og SPES (50% NorSeaMink og 50% LT) er borinn saman en NSM fiskimjölið er í hærri gæðaflokki en standard. Í töflu 8 má sjá í hvaða tilvikum er um tölfræðilega marktækan mun á vexti að ræða.

Tafla 7. Vatnsbindieiginleikar fódurs

	Salt 3,0 % Vatnsbindi- eiginleiki (%)	Salt 0,5 % Vatnsbindi- eiginleiki (%)	
Fóður 1	130,78	124,40	Hypro
Fóður 2	91,20	97,60	STST
Fóður 3	92,21	105,60	ST
Fóður 4	114,47	135,78	MGM
Fóður 5	102,40	104,93	SPES
Fóður 6	104,00	112,18	SUP



Mynd 8. Meðalþyngd fiska yfir vaxtartímabilið.



Mynd 9. Dagvöxtur tilraunafisks yfir 33 daga og 57 daga vaxtartímabil.

Tafla 8. Tölfræðileg marktækni vaxtar m.t.t. fódurtegunda.

	HYPRO	STST	SUP	SPES	MGM	ST
HYPRO	-	Marktækur	Ekki	Marktækur	Marktækur	Marktækur
STST	Marktækur	-	Marktækur	Marktækur	Ekki	Ekki
SUP	Ekki	Marktækur	-	Ekki	Ekki	Ekki
SPES	Marktækur	Marktækur	Ekki	-	Ekki	Ekki
MGM	Marktækur	Ekki	Ekki	Ekki	-	Ekki
ST	Marktækur	Ekki	Ekki	Ekki	Ekki	-

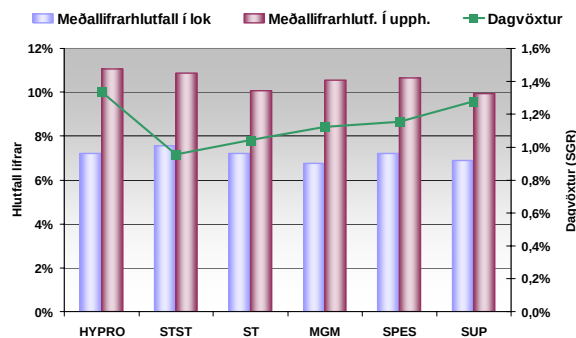
Þegar marktækni ($\alpha=0,05$) vaxtar er skoðuð kemur í ljós að vöxtur fisks á HYPRO fódri er meiri en í öðrum hópum að SUP fódri undanskildu. Vöxtur fisks á SUP fóðri er eingöngu marktækt meiri en STST. Ekki var marktækur munur á vexti eftir því hvar kerin voru staðsett í rýminu sem þýðir að ekki hafi verið marktækur munur á eldisaðstæðum þar sem fódrað var með mismunandi fódurtegundum.

Þegar breytileiki innan hvernar fódurtegundar er skoðaður þ.e. marktækni milli kera, reynist eingöngu eitt ker skera sig út úr varðandi vöxt og var þar fiskur fódraður á SPES fódri. Marktækur munur var á vextinum þar á milli kera en ekki er hægt að rökstyðja það á neinn hátt hversvegna vöxtur var lakari í þessu eina ker.

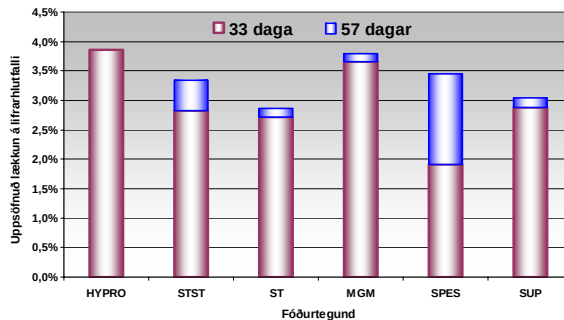
2.6 Lifur

Fóðrið var 9-9,6% feitt og er það minna en það sem þekkist í þorskfóðri í dag. Reynt var að hafa orkuinnihald fódurgerða sem jafnast og var það í kringum 16MJ/kg.

Ekki er marktækur munur á lifrarstærð, hvorki milli kera innan fódurtegunda né milli fódurtegunda. Þrátt fyrir að hlutfallsleg rýrnun á lifur yrði mest í fiski á HYPRO fóðri, þá var vöxtur fisksins mestur á því fóðri (10. mynd). Áhugavert er að sjá hversu fljótt lifrin minnkar í



Mynd 10. Dagvöxtur og lifrarstærð í upphafi og lok vaxtartímabils.



Mynd 11. Lækkun á lifrarhlutfalli yfir vaxtartímabilið.

fiskinum þ.e. eftir 33 daga virðist sem seiðin hafi aðlagð sig að breyttu fituinnihaldi.

Lítill breytileiki var á lifrarstærð í lok vaxtartímabils milli fódurtegunda og virðist sem fiskurinn hafi náð eðlilegri lifrarstærð miðað við fituinnihald fódurs. Ekkert samband fannst á milli vaxtar og lifrarstærðar. Hlutfall lifrar minnkaði mikið fyrstu 33 dagana en lítið síðustu 57 daga tilraunarinnar eins og mynd 11 sýnir. Heildarlækkun lifrarhlutfalls var 3-4% og var mjög svipuð þegar mismunandi fódurtegundir eru bornar saman. Með þessu má skýra að hluta til þann litla vöxt sem fékkst í tilrauninni.

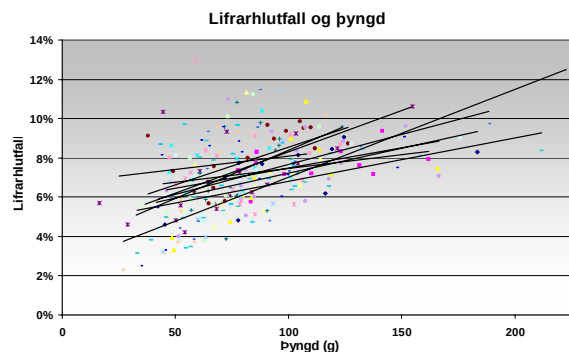
Þorsseiðin voru alin á þorskfóðri frá Fódurverksmiðjunni Laxá áður en þau voru flutt til Hólaskóla frá Stað í Grindavík. Greinilegt er að það fódur hefur innihaldið meiri fitu en fóðrið sem notað var í tilraunina.

Samband er á milli þyngdar og holdstuðuls, meiri þyngd gefur hærri lifrarhlutfall. Mynd 12 sýnir lifrarhlutfall allra fiskanna sem voru mældir í lokamælingunni.

2.7 Holdstuðull

Þegar tölfræðileg marktækni á holdstuðli innan hvernar fódurgerðar er skoðaður kemur í ljós að ST fóðrið er eina fóðrið sem gefur merkjanlegan mun á holdstuðli. Marktækur munur er á holdstuðli milli fódurhópa (tafla 9).

Holdstuðullinn lækkaði fyrstu 33 dagana í öllum tilvikum nema á þorsseiðunum sem

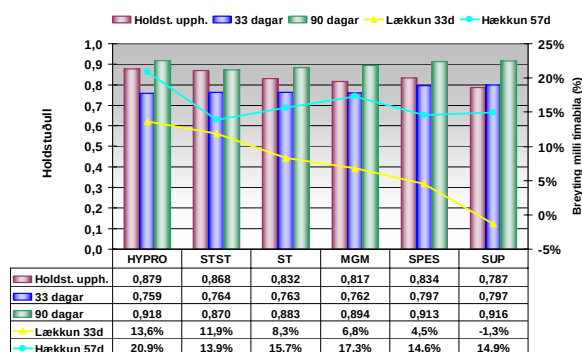


Mynd 12. Samband lifrarhlutfalls og þyngdar

fengu SUP fódrið en jókst svo aftur síðustu 57 daganna. Hlutfallsleg lækun fyrstu 33 daganna var allt að 13,6% og var mest á seiðunum sem fengu HYPRO fódur og aukningin síðustu 57 daganna var mest í HYPRO fóðrinu.

STST er með marktækt minni holdstuðul en HYPRO, SUP og SPES. Fiskarnir sem fengu ST voru með minni holdstuðul en fiskur fódraður á HYPRO og SUP en aðrar fódurtegundir voru jafnar. Þessar niðurstöður eru í samræmi við gæði fiskimjòlsins þ.e. fiskimjöl af lakari gæðum gefur lægri holdstuðul.

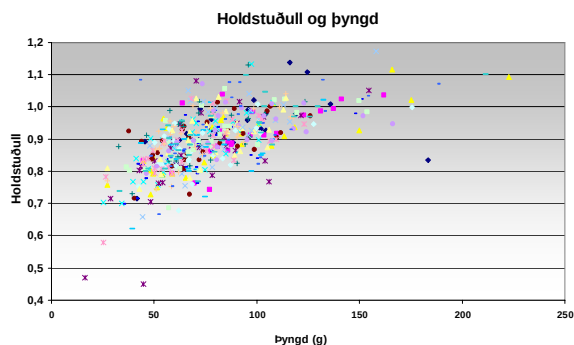
Greinilegt samband er á milli þyngdar og holdstuðuls, meiri þyngd gefur hærri holdstuðul. Á mynd 14 eru holdstuðlar allra fiskanna sem voru mældir í lokamælingunni.



Mynd 13. Breyting á holdstuðli milli tímabila.

Tafla 9. Tölfræðileg marktækni holdstuðuls milli fódurtegunda.

	HYPRO	STST	SUP	SPES	MGM	ST
HYPRO	-	Marktækur	Ekki	Ekki	Ekki	Marktækur
STST	Marktækur	-	Marktækur	Marktækur	Ekki	Ekki
SUP	Ekki	Marktækur	-	Ekki	Ekki	Marktækur
SPES	Ekki	Marktækur	Ekki	-	Ekki	Ekki
MGM	Ekki	Ekki	Ekki	Ekki	-	Ekki
ST	Marktækur	Ekki	Marktækur	Ekki	Ekki	-

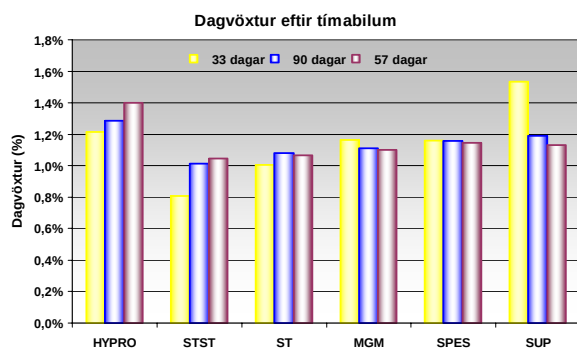


Mynd 14. Holdstuðull og þyngd.

3. Samantekt

Markmið þessarar tilraunar var að athuga hvort hægt væri að lækka fódurkostnað með því að nota aðra próteingjafa að hluta til í stað hágæðafiskimjòls. Fódurframleiðendur hafa leitað ýmissa leiða til að leysa fiskimjöl af hólmi vegna hás verðs. Jurtaprótein eru t.d. notuð í fódur fyrir Atlandshafslax til þess að mæta lækkanði afurðaverði. Lægra fódurverð mun ekki skila sér í lækun framleiðslukostnaðar ef vöxturinn og fódurstuðull versnar til muna. Því er mikilvægt að framleiða gott fódur sem gefur góðan vöxt. Það sem kemur skemmtilega á óvart í þessari tilraun er hversu vel fiskurinn hefur tekið fódurtegundunum og sérstaklega fóðrinu með sojamjòlinu (HYPRO). Fiskur fódraður með HYPRO fódri var með marktækt meiri vöxt en hinar fódurtegundirnar nema SUP fódrið. Vöxtur HYPRO-fisks var minni á fyrstu 33 dögum samanborið við síðari 57 daganna sem er öfugt við SUP fódrið þar sem vöxturinn var meiri á fyrri tímabilinu. Svipað mynstur er á vexti fisksins sem fódraður var á STST en ST og MGM gaf mjög jafnan vöxt yfir bæði tímabilin.

Það verður að teljast óeðlilegt að hlutfallslegur vöxtur aukist þegar seiðin eru stærri og gefur vöxtur SUP því líklega eðlilegasta mynd (15. mynd). Nokkuð sterkar vísbendingar eru til þess að fiskurinn hafir verið svolítinn tíma að aðlagast nýju fódri og skýrir þetta að hluta til



Mynd 15. Dagvöxtur milli tímabila.

Þann laka vöxt sem fékkst í tilrauninni. Lifrarlutfall og holdstuðull lækkuðu í upphafi í öllum tilvikum nema hjá fiskunum á SUP fóðrinu og bendir það einnig til þess að fiskurinn hafi ekki tekið fóður strax. Ekki er hægt að draga neina ályktun af því að eðliseiginleikar fóðursins hafi verið letjandi fyrir vöxt fisksins nema kannski sökk MGM fóðursins. Þar sem vatnsbindieiginleikar og þurrefnistap var lítið er ekki teljandi hætta á að fiskur sem fóðraður var á MGM hafi ekki verið fá nóg.

Fisknum í þessari tilraun var slátrað þann 16. mars 2004 og var meðaltal þyngsta hópsins þá 91,48 g (HYPRO) en til samanburðar þá voru seiði sem voru jafngömul í þéttleikatilraun hjá Hafrannsóknastofnuninni á Stað í Grindavík þann 1. mars 2004 eða rúmum hálfum mánuði áður, 120g og þann 29. mars 2004 var þunginn 180g (lítill þéttleiki), 163g (mið-þéttleiki), 161g (mikill þéttleiki). Þetta rennir styrkari stoðum undir það að slakur vöxtur hafi fengist í tilrauninni. Við nánari athugun fengust þær upplýsingar hjá Hafrannsóknastofnuninni að tekin hefðu verið smá seiði undan, þar sem beðið hafði verið um smá seiði eða um 10-15g. Þetta þýðir að hægvaða seiði fengust, þessi seiði voru kominn á eftir í vexti strax í upphafi og er það líklega ástæða þess að fiskurinn óx almennt fremur illa í þessari tilraun. Af þessu má læra að velja verður góð seiði í svona tilraunir en reikna má með að svipuð niðurstaða hefði fengist með betri seiði en ef til vill betri vöxtur. Seiðin voru lítilllega útlitsgölluð og vantaði bakugga á mörg þeirra. Þar var einungis nabbi sem stóð uppúr búknum eins og sést á mynd 16.

Erfitt er að bera saman áhrif sojamjöls á lifrarstærð við norska tilraun (Albrektsen, 2003) og er það vegna mismunandi orkuinnihalds í fóðrinu. Fóðrið sem notað var hér innihélt um 16 MJ/kg fóður en í Noregi um 21,7 MJ/kg fóður sem er 35% meiri orka. Því er eðlilegt að í



Mynd 16. Þorskseiði á 33 degi tilraunar.

þessari tilraun hafi lifur minnkað mikið í upphafi en greinilegt er þó, eins og áður hefur komið fram, að fiskurinn sem settur var á nýtt fóður var svolítinn tíma að hefja át.

Þrátt fyrir notkun soja- og maismjöls var aminosýrusamsetning fóðursins góð. Magn meþíóníns var minnst 2,7 g/100g prótein í HYPRO fóðrinu og er það umfram þörf laxa-seiða af svipaðri stærð (Storebakken o.fl., 1998).

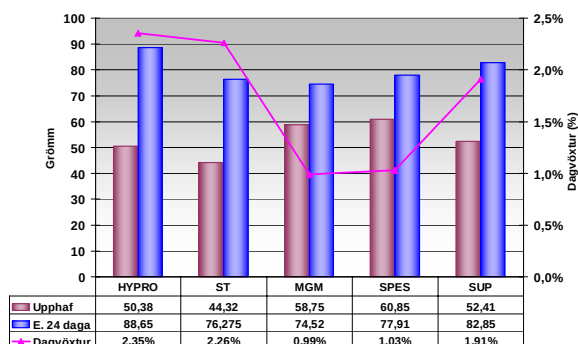
Reiknað er með að unnt sé að lækka fóðurverð um 5% með þessum niðurstöðum og í þeim arðsemisútreikningum er gert ráð fyrir 76 kr/kg fyrir HYPRO-fóðrið og 80 kr/kg SUP-fóðrið. Framleiðslukostnaður með HYPRO fóðrinu er því um 7 kr. lægri á framleitt kíló af þorski.

Til gamans má geta að notað var sama fóður í tilraun á sandhverfu (nema STST). Niðurstöður eru sýndar á mynd 17. Athyglisvert er að sjá að dagvöxtur var aftur mestur hjá fiskum sem fengu HYPRO fóðrið. Tilraunin var gerð einu sinni.

Ágóði, eða það sem við getum lært af þessari tilraun, er einna helst skipulag og nauðsyn þess að vera vel undirbúinn í sambandi við alla tæknilega þætti. Aðbúnaðurinn var í sjálfu sér ágætur en spurning hvort seiðin þrífist nægilega vel í svo litlum kerum. Afar kostnaðarsamt er að vera með stór eldisker og þá hefði fjármagn tilraunarinnar dugað skammt. Það er mjög mikilvægt að vera með góð seiði í svona

Tafla 10. Framleiðslukostnaður þorsks í 3000 tonna eldisstöð, sláturstærð 5kg.

	HYPRO Kostnaður á kg	SUP Kostnaður á kg.
Seiðakostn.	20	30
Fóðurkostn.	110	116
Sláturkostn.	13	13
Flutningskostn.	3	3
Annað%	17	18
Tryggingar	9	9
Heildarkostn. á framleitt kg.	208	215



Mynd 17. Vöxtur sandhverfu.

tilraunum og val á þeim skiptir miklu máli. Í þessari tilraun hefðum við getað verið með betri seiði því seiðin höfðu verið tekin undan. Beðið var um mjög smá seiði og við fengum smá seiði sem höfðu ekki vaxið vel samanborið við sama árgang. Því hefði verið rétt að hefja tilraunina fyrr til þess að vera með betri seiði af sömu stærð.

Mikilvægt er að skoða áfram frekari notkun jurtaþróteina til þess að lækka framleiðslukostnað þorskeldis og virðist þorskur bregðast ágætlega við jurtaþróteinum sbr. niðurstöður norsku tilraunarinnar. Þorskur virðist hafa mjög öflug meltingarensím sem andnæringarefni eiga í vandræðum með að hindra í að melta jurtaþrótein. Niðurstöður þessarar tilraunar gefa til kynna að betri vöxtur fáið með því að nota hágæðafiskimjöl (LT) og því telja aðstandendur tilraunarinnar rétt að kanna enn frekar notkun þess ásamt jurtaþróteinum. Allar líkur eru á að það megi draga frekar úr notkun hágæðafiskimjöls og nota sojamjöl í staðinn.

Aðstandendur tilraunarinnar eru reynslunni ríkari eftir framkvæmd þessarar fôðurtilraunar. Myndast hefur dýrmæt reynsla í samvinnu innan hópsins við framkvæmd tilrauna sem þessarar. Mikill áhugi er hjá öllum aðilum að vinna að leiðum til að lækka framleiðslukostnað í þorskelldi og hefur skapast traust milli aðila sem er mikilvægt við framkvæmd tilrauna.

4. Heimildaskrá

- Aksnes, A. & Mundheim, H. 1997. The impact of raw material freshness and processing temperature for fish meal on growth, feed efficiency and chemical composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 149: 87-106.
- Albrektsen, Sissel. 2003. Alternative protein ingredients in feed for cod. *Aquaculture*. Handout No. 18. 2003. Fiskeriforskning.
- Anon. 2003. The promise of a blue revolution. *Economist* Aug. 7, p. 31. (http://www.economist.com/business/displayStory.cfm?story_id=1974103)
- Arndt, R.E., Hardy, R.W., Sugiura, S.H., Dong, F.M. 1999. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* 180: 129-145.
- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., van der Geyten S., Mol, K.A., Kühn, E.R., Quinsac, A., Krouti, M. & Ribailier, D. 2000. Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (*Psetta maxima*): growth nutrient utilization and thyroid status. *Aquaculture* 188: 363-382.
- Dekker, Wout. 2004. Ekki fara of geyst í fiskeldi. *Morgunblaðið* 12. febrúar.
- Dersjant-Li, Yueming. *The Use of Soy protein in aquafeeds*. Ráðstefnugögn frá Avances en Nutrición Acuicola VI, Memorias del Sexto Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 3 til 6 Sept. 2002. Cancun, Mexico.
- FAO 2002. *The state of world fisheries and aquaculture 2002*. FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations). Róm, Ítalía. Blstal
- Forster I.P., Dominy W., Tacon A.G.J.. *The Use of Concentrates and Other Soy Products in Shrimp Feeds*. Ráðstefnugögn frá Avances en Nutrición Acuicola VI, Memorias del Sexto Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 3 til 6 Sept. 2002. Cancun, Mexico.
- Francis, G., Makkar, H.P.S. & Becker, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227.
- Gozdowska, M. Sokoowska E. and Kulczykowska, E. 2003. Plasma Ca^{2+} concentration limits melatonin night production in two fish species. *Journal of Fish Biology* 62: 1405-1413.
- Hardy, Ronald. W. *New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements*. Ráðstefnugögn frá Avances en Nutrición Acuicola VI, Memorias del Sexto Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 19-22 nóv. 2000. Mérida, México.
- Hildigunnur R. Jónsdóttir. 2003. *Nýir möguleikar á hlutlausum fylliefnum til fôðurgerðar fyrir þorsk*. Lokaverkefni í sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri. blstal
- Moksness, Erlend., Kjorsvik, E. & Olsen, Yngvar. 2004. *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Oxford, Blackwell Publishing Ltd. 528 bls.
- Nordrum, S., Kroghdahl, Á., Røsjø, C., Olli J.J. & Holm, H. 2000. Effects of methionine, cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids along the intestinal tract and nutrient retention in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under pair-feeding regime. *Aquaculture* 186: 341-360.
- NRC (National Research council). 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC. Blstal

-
- Peisker, M. 2001. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. *Cahiers Options Mediterraneennes* 54: 103-107.
- Peresa H., Limb C., Klesius P.H. 2003. Nutritional value of heat-treated soybean meal for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 225: 67-82
- Sigþór Pétursson. 1999. *Lífefnafræði*. Akureyri, Rannsóknarstofnun Háskólans á Akureyri. Blstal
- Sjávarútvegsráðuneytið. 2002. *Aukið verðmæti sjávarfangs*. Reykjavík.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Roem, A.J. 1998. Availability of protein, phosphorus and other elements in fishmeal, soy protein concentrate and phytase-treated soy protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 161: 365-379.
- Sugiura, S. H., Gabaudan, J., Dong, F. M., Hardy, R.W., 2001. Dietary microbial phytase supplementation and the utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)] fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research* 32: 583-592
- Tacon, A.G.J., 1993. *Feed ingredients for warm water fish. Fishmeal and other processed feedstuffs*, FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fish. Circ., 856. Róm, Ítalía. Blstal
- Þorvaldur Þóroddsson. 2003. *Arðsemismat á þorskeldi fyrir ÚA*. Háskólinn á Akureyri. [Ópr.skýrsla].
- Van der Ingh, T.S.G.A.M., Krogdahl, A., Olli, J.J., Hendriks, H.G.C.J.M., Konikx, J.G.J.F. 1991. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a morphological study. *Aquaculture* 94: 297-395.
- Munnlegar heimildir**
- Jón Árnason (fóðurfræðingur Laxá). Tölvupóstur 17. mars 2004.
-