

Vinnsla og vöruþróun
Processing and Product
Development

Líftækni
Biotechnology



Matvælaöryggi
Food Safety



Plöntuhráefni í bleikjufóðri í stað fiskimjöls og lýsis

Jón Árnason
Ólafur Ingi Sigurgeirsson
Bjarni Jónasson
Helgi Thorarensen
Rannveig Björnsdóttir

Vinnsla og vöruþróun
Skýrsla Matís 10-08
Maí 2008

ISSN 1670-7192

Titill / Title	Plöntuhráefni í bleikjufóðri í stað fiskimjöls og lýsis		
Höfundar / Authors	Jón Árnason, ¹ Ólafur Ingi Sigurgeirsson, ² Bjarni Jónasson ³ , Helgi Thorarensen ² , Rannveig Björnsdóttir ³ , <i>1: Matis/Fóðurverksmiðjan Laxá - 2: Háskólinn á Hólum 3: Matis /Háskólinn á Akureyri</i>		
Skýrsla / Report no.	10 - 08	Útgáfudagur / Date:	Maí 2008
Verknr. / project no.	1669		
Styrktaraðilar / funding:	AVS		
Ágrip á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins var að framleiða ódýrt fóður fyrir bleikju svo lækka megi framleiðslukostnað og auka arðsemi í bleikjueldi.</p> <p>Verkefnið gekk út á að prófa mismunandi hráefni (einkum plöntuhráefni) í stað fiskimjöls og lýsis og finna hve mikil hlutdeild þeirra geti verið í fóðrinu.</p> <p>Skilyrði árangurs var að fóðrið væri heilsusamlegt, nýttist fiskinum vel og leiddi til sambærilegs vaxtar og núverandi eldisfóður gefur og að fóðrið hefði ekki neikvæð áhrif á gæði afurðarinnar, m.t.t. efnainnihalds (fitusýrusams., litar) og eðliseiginleika (bragð, litur, þéttleiki holds).</p> <p>Mismunandi fóðurgerðir voru prófaðar sem startfóður fyrir bleikjuseiði, sem er ný nálgun, til þess að fá yfirlit yfir mögulegt magn mismunandi hráefna. Áhugaverðustu fóðurgerðirnar úr þeim tilraunum voru síðan prófaðar í tilraunum á stærri bleikju til þess að staðfesta árangur og til þess að skoða áhrif á gæði afurðanna.</p> <p>Niðurstöður tilraunanna með mismunandi próteinhráefni staðfestu að hágæða fiskimjöl (Superior) er mjög góður próteingjafi í fóður fyrir bleikju. Möguleikar bleikju á að nýta sojamjöl virðast takmarkaðir líkt og hjá laxi, þ.e. $\leq 15\%$ innblöndun í fóðrið. Möguleg notkun maisglútenmjöls virðist vera $\leq 18\%$ í startfóðrun en ekki tókst að prófa það á stærri fiski. Viðbrögð bleikju við repjumjöli sem próteingjafa voru hins vegar jákvæð og í raun betri en búist var við miðað við það að ekki hefur farið gott orð af þessu hráefni í fóðri fyrir aðra laxfiska.</p> <p>Varðandi fitugjafa í bleikjufóður sýna niðurstöður verkefnisins að hægt er að nota mismunandi fitugjafa með ásættanlegum árangri. Smáseiði virðast hins vegar gera nokkru strangari kröfur til fitugjafa en stærri fiskur. Sérstaklega kemur þetta fram í áhrifum á vaxtarhraða. Niðurstöður tilraunanna með fitugjafa sýna einnig að samsetning fitugjafans hefur afgerandi áhrif á fitusamsetningu fisksins svo og ýmsa skynmatsþætti í afurðinni.</p> <p>Meginniðurstaðan er þó að hægt er, innan vissra marka, að nota mismunandi fitugjafa í bleikjufóður. Einkum er áhugavert að hægt virðist vera að nota pálmaolíu í verulegum mæli.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Bleikja, fóður, plöntufóður, prótein		

Summary in English:

The objective of the project was to produce economical feed for Arctic charr to decrease production cost and increase profitability in Arctic charr farming.

The project investigated the possibilities of replacing fishmeal and fish oil with raw materials of plant origin, and to find out the limits for their use as feed ingredients. The criteria was that the feed should ensure maximum health, optimize utilization of feed and growth should be comparable to growth obtained by feed currently used. Neither should the feed have adverse effects on product quality, especially regarding fatty acids composition and physical properties (taste, flesh-colour, texture).

Effect of different raw materials was screened in start feeding trails using Arctic charr larvae. The most interesting raw material combinations were thereafter tested in trials with bigger fish in order to confirm the results of the start feeding trials and investigate the effect of the combinations on slaughter quality of the Arctic charr.

The results of the trials with different protein raw materials confirmed that high quality fishmeal (Superior) is a very good protein source for Arctic charr. Arctic charr seems to have limited ability to utilize soybean meal and the inclusion should be limited to $\leq 15\%$ in the diet, similar to the limits that are common for Atlantic salmon diets. The limits for use of Corn gluten meal in starter diets seem to be $\leq 18\%$ but this raw material was not tested in bigger fish. The response of Arctic charr to the use of rapeseed meal as protein source was positive and even as high inclusion as 30% in the diet did not have negative effect on growth.

The main findings of the project regarding use of lipid sources is that it is possible to use different sources with reasonable effect in feed for Arctic charr. Of particular interest is the effect of palm oil. Arctic charr larvae seem to be more demanding, regarding use of lipid sources, than bigger fish. The results clearly demonstrate the effect of fatty acid (FA) composition of the lipid sources on the FA composition of the fish and it is possible to change the FA profile with different lipid sources. Different lipid sources also have marked effects on different sensory traits in the farmed Arctic charr.

English keywords: Arctic charr, feed, protein,

EFNISYFIRLIT

Inngangur	1
1. Hluti.	4
Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhraefni í fóðri.	4
2. Hluti. -	9
Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíkum fitugjöfum.....	9
3-A. Hluti: -	12
Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhraefni	12
3-B. Hluti: -	15
Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhraefni,	15
-A hluti endurtekinn.	15
4.Hluti -	17
Frumfóðrun bleikuseiða með ólíku Prótein hraefni.	17
5.Hluti: -	18
Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíkum olíugjöfum.-B. hluti.....	18
6. Hluti. -	24
Fóðrun á bleikju í sláturstærð með ólíku próteinhraefni í fóðri.....	24
5. Hluti B. -	39
Áhrif plöntuhráefna í fóðri á vöxt bleikju í saltvatni.	39
Hluti 7: -	41
Eldi bleikju í matfiskstærð með ólíkum fitugjöfum.....	41
8. Hluti -	68
Umræður um verkefnið í heild.....	68
9. Hluti - Lokaorð	69
10. Heimildir	70
Viðauki.1	73

Inngangur

Framleiðsla á eldisfiski og öðrum eldisdýrum hefur aukist mjög á heimsvísu undanfarna áratugi. Töluverður hluti þeirrar aukningar er í eldi kjötætufiska og krabbadýra. Ein meginuppistaðan í fódri fyrir þessar eldistegundir hefur verið fiskimjöl og -lýsi sem unnið er úr uppsjávarfiski. Fyrirsjáanlegt er að innan fárra ára verði hráefni af þessum uppruna orðið mjög takmarkað (t.d. Waagbø et al. 2001) og aukin eftirspurn hefur nú þegar leitt til mikilla verðhækkana. Því hefur um árabíl verið leitað að öðrum hráefnum og heppilegum blöndum þeirra sem komið geta í stað fiskimjöls og -lýsis, að hluta eða alveg, og nothæft er við eldi kjötætufiska.

Fóðurkostnaður í fiskeldi er jafnan umtalsverður hluti framleiðslukostnaðar. Í bleikjueldi er hann að líkindum á bilinu 35-60%, (breytilegt eftir aðstæðum, fiskstærð o.fl.). Verð á fódri hefur því veruleg áhrif á mögulega arðsemi eldisins.

Bleikjueldi er í örum vexti hér á landi og á síðasta ári (2007) var framleiðslan um 3.500 tonn, sem var nálægt 2/3 af heimsframleiðslunni. Bleikja er líklega eina fisktegundin þar sem aðstæður til eldis eru svipaðar eða jafnvel betri hér á landi en í samkeppnislöndum. Meginástæða þess er að bleikja er kaldvatnstegund og því auðvelt að ala hana á norðlægum slóðum og hér er víða nóg af fersku vatni sem hentar til eldis. Hér er einnig aðgangur að jarðhita til framleiðslu seiða óháð árstíma. Kynbætur á bleikju hafa verið stundaðar hérlendis um árabíl og skilað umtalsverðum árangri sem mælist í hagkvæmari rekstri. Það eru því góðar forsendur til að auka bleikjueldi hér á landi til mikilla muna í nánustu framtíð. Framleiðslukostnaður er líklega lægri hér en víðast annars staðar og núverandi afurðaverð nærri tvöfalt á við Atlantshafslax. Framtíð og arðsemi bleikjueldis á Íslandi er m.a. háð því hvernig tekst að halda framleiðslukostnaði niðri, en þar skiptir fóðurkostnaður mestu.

Ef hægt er að nota ódýra próteingjafa úr plönturíkinu í skiptum fyrir t.d. 50% af fiskimjöli má ætla að hægt sé að lækka fóðurverð um a.m.k. 10-15% miðað við núverandi hráefnisverð. Með því að nota olíur úr plönturíkinu í stað fiskiolíu er hugsanlegt að lækka fóðurverð enn frekar, jafnvel um 10-15%, sérstaklega á fódri fyrir matfisk. Ódýrara fóður skilar sér beint í hagkvæmari rekstri í bleikjueldi..

Færa má rök fyrir því að með innflutningi á ódýru hráefni til bleikjueldis verði meira aflögu af verðmætara hráefni (fiskimjöli og -lýsi), sem nýtist m.a. í eldi annarra fiska (ekki síst sjávarfiska), sem virðast gera meri kröfur um hráefni úr uppsjávarfiski. Jafnframt mætti nýta stærri hluta lýsis og fiskimjöls beint til manneldis eða í framleiðslu á verðmætari afurðum (lyfjaframleiðsla). Með aukinni notkun plöntuhráefna í fiskafóður færursta við nær "sjálfbæru" eldi, enda fyrirséð að þær verðmætu afurðir sem fást úr uppsjávarfiski eru takmörkuð auðlind.

Verkefnið miðar að því að skipta út hráefni af sjávarfiskauppruna (fiskimjöli og lýsi) í eldisfóðri fyrir hráefni af plöntuuppruna (mjöl og olíur), sem alla jafna er ódýrara. Leitast er við að finna heppileg hlutföll hráefnistegunda í fóðri fyrir bleikju og hvaða áhrif þau hafa á fiskinn.

Prótein.

Margar rannsóknir hafa verið gerðar á notkun plöntupróteina í stað fiskimjöls sem próteingjafa fyrir laxfiska, einkum Atlantshafslax og regnbogasilung. Margs konar próteingjafar hafa verið reyndir, svo sem sojamjöl, maisgluten-mjöl, lupína, repjumjöl, ýmiss konar baunamjöl og hveitiglutenmjöl. Við skipti á fiskipróteini með plöntupróteini þarf að taka tillit til aminosýrusamsetningar í hráefninu, einkum þeirra 10 aminosýra sem teljast lífsnauðsynlegar, enda endurspeglast aminosýrusamsetning fóðursins að miklu leyti í fiskinum. Engin einstök plöntumjölsteind virðist geta uppfyllt aminosýruþörfina með sama hætti og gott fiskimjöl, en með blöndun nokkurra tegunda hráefnis má komast nær takmarkinu.

Annað vandamál tengt próteinmjöli úr plöntuhráefni fyrir fiskafóður er innihald margvíslegra andnæringarefna sem finnast í mismiklum mæli. Áhrif þeirra geta komið fram í minni meltanleika fóðurs, minni próteinnýtni og minnkuðum vexti. Því skiptir miklu máli að finna heppilega samsetningu fóðurs og í hve miklum mæli ný hráefni úr plönturíkinu geta komið í stað hráefnis úr uppsjávarfiski.

Niðurstöður rannsókna á útskiptingu fiskipróteina með plöntupróteinum eru nokkuð breytilegar og velta oft á hvernig til hefur tekist með rétta hráefnablöndun og íblöndun viðbótarefna. Þó má almennt segja að hægt er skipta einhverju hlutfalli fiskimjöls út fyrir plöntuprótein hjá laxi og regnbogasilungi. Svo virðist sem nokkur munur sé á þessum tveimur fisktegundum og að þær nýti fóður með ólíkum hætti, en sú síðarnefnda virðist þola plöntuhráefnið betur (sjá t.d.: Opstvet, J. et al. 2003; Mundheim, H. et al. 2004., Mente, E. et al. 2003; Thiessen, D.L. et al. 2004; Refstie, S. et al. 2001; Refstie, S. et al. 2000; Berg & Bremset, 1998; Rasmussen & Ostensfeld, 2000).

Litlar ef nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar á útskiptingu fiskipróteins með plöntupróteini í fóðri fyrir bleikju sérstaklega og fremur fátæklegar rannsóknir á próteinkröfum (gæði próteina) bleikjunnar yfirleitt. Bleikja hefur jafnan verið fóðruð með fóðri sem þróað er fyrir aðra laxfiska. Þó væntanlega sé margt líkt með skyldum er vert að hafa í huga að verulegur lífssögulegur/líffræðilegur munur er á þessum tegundum. Bleikja lifir og vex oft á mun kaldari og snauðari búsvæðum í ferskvatni en laxinn og í mörgum tilfellum dvelur hún alla ævina í ferskvatninu. Hún virðist hafa lægri kjörhita, sem t.d. kemur glöggt fram í samanburði á vexti bleikju- og laxaseiða í ferskvatni. Því er ekki sjálfgefið að kröfur um próteinþörf, gæði og nýting fæðunnar sé samærileg milli þessara tegunda.

Fitur /olíur.

Vegna mikillar og vaxandi eftirspurnar er talið að skortur verði á fiskilýsi sem hráefni í fiskafóður um 2010 (IFFO). Að auki eru vaxandi áhyggjur vegna uppsafnaðra þrávirkra lifrænna efna, svo sem dioxins, sem finnast í fiskiolíu og mælast í eldisfiski, en er ekki í plöntuolíu. Því hefur um árabil verið leitað að heppilegum plöntuolíum sem nota mætti að hluta í stað fiskilýsis í fóðri eldisfisks.

Margskonar plöntuolíur og blöndur þeirra hafa verið prófaðar í fiskafóður í stað fiskilýsis fyrir margar fisktegundir, ekki síst lax og regnbogasilung. Talsvert hátt hlutfall plöntuolíu í fóðri hefur í mörgum tilfellum ekki haft neikvæð áhrif á vöxt eða fóðurnýtingu (t.d. Rosenlund et al., 2000; Caballero M.J. et al. 2002) en hins vegar eru plöntuolíurnar misheppilegar fyrir einstakar fisktegundir. Línulegt samband virðist vera milli styrks einstakra fitusýra í fóðri og í fiskholdi (Sargent, J. et.al. 2002) og því skiptir samsetning fitusýranna í fóðrinu verulegu máli. Einnig eru vísbendingar um ósérhæfð ónæmisviðbrögð hjá laxi eftir fóðrun með plöntuolíu, sem þó hafa ekki árangur bólusetningar (Sargent, J. et.al. 2002). Því þarf að fara gætilega í sakirnar þegar plöntuolíur verða í háu hlutfalli í fóðri.

Fiskar (eins og önnur hryggdýr) þurfa að fá svokallaðar lífnauðsynlegar fitusýrur með fæðunni. Mikilvægar fitusýrur eru PUFA, svo sem 18:3 n-3 og 18:2 n-6. Að auki þurfa sjávarfiskar að fá DHA, EPA og ARA (AA) með fæðunni því þeir geta ekki umbreytt (lengt og ómettað) 18-C fitusýrur með sama hætti og ferskvatnsfiskar. Talið er að ferskvatnsfiskar þurfi um 1% af þurrviggt fóðurs sem 18:3 n-3 og 18:2 n-6, oft í svipuðum hlutföllum og betri vöxtur fáið ef til viðbótar er um 0,5% sem DHA og EPA af þurrviggt fóðurs.

Eins og áður var nefnt er bleikja vel aðlagður ferskvatnsfiskur, reyndar svo mjög að hún þolir ekki fullsaltan sjó yfir vetrartímann. Sem ferskvatnsfiskur getur bleikja því umbreytt C-18 fitusýrum í lífnauðsynlegar C-20 og C-22 fitusýrur.

Plöntuolíur innihalda jafnan mikið af 18:3 n-3 og 18:2 n-6 fitusýrum. Í prinsippinu ætti því að vera hægt að skipta fiskilýsi alveg út fyrir heppilegar plöntuolíur í fóðri fyrir bleikju. Gallinn er að sumar plöntuolíur innihalda óheppilega hátt hlutfall 18:2 n-6, sem hugsanlega geta haft skaðleg áhrif á fiskinn. Taka verður tillit til þess við val á olíum í fóður.

Niðurstöður tilrauna sýna að fituefnaskipti (PUFA) í lifur hjá bleikju er ekki sambærileg og hjá laxi og urriða (Tocher, D.R. et al. 2001). Það gefur fyrirheit um að bleikja gæti þolað hátt hlutfall plöntuolíu í fóðri nokkuð vel.

Sýnt hefur verið fram á að ómettun (desaturation) á 18:3 n-3 og 18:2 n-6 í lifur hjá Atlantshafslaxaseiðum (parr) í ferskvatni og post-smoltum (í sjó) var meiri hjá fiski fóðruðum með plöntuolíu að hluta í fóðrinu samanborið við fisk sem eingöngu fékk fiskilýsi og að þessi fiskur stóð sig betur við sjósetningu (Bell et al. 1997, Tocher et al. 1997, 2000). Þessi niðurstaða endurspeglar aðlögun að ólíkri efnasamsetningu fæðu/fóðurs fiska í ferskvatni og saltvatni, og styður hugmyndir um breytta fóðursamsetningu fyrir bleikju (sérstaklega) og lax (pre-smolt).

Þó meginmarkmið rannsóknarinnar sé að lækka fóðurkostnað í matfiskeldi eru smáseiði notuð sem einskonar módel í leitinni að heppilegri blöndu hráefna í eldisfóðri. Ástæður þess liggja meðal annars í:

1. Vegna rýmis og minni kostnaðar er hentugt og hagstætt að vinna með smáan fisk. Hægt er að setja upp mikinn fjölda einfaldrar eldiseininga og þar með mikinn fjölda meðferða með ásættanlegum endurtekningum. Í tilraunum með mismunandi blöndur hráefna eru möguleikarnir margir og því er þessi leið valin.

2. Smáseiði vaxa hlutfallslega hratt og hafa hröð efnaskipti. Þau hafa mikla próteinþörf og því ættu neikvæð áhrif andnæringarefna að koma fljótt fram í lakari vexti og/eða minnkaðri lifun.

3. Samsetning næringarefnablöndu sem gefur eðlilegan vöxt hjá smáseiðum er líkleg til að gagnast stærri fiski. Hins vegar er ekki sjálfgefið að óheppileg næringarefnablanda á smáseiðastigi gefi jafn neikvæð áhrif á vöxt stærri fisks. Því þarf að gaumgæfa vel val á næringarefnablöndum í áframhaldandi tilraunum með stærri fisk.

Markmið.

Að framleiða ódýrt fóður fyrir bleikju svo lækka megi framleiðslukostnað og auka arðsemi í bleikjueldi. Skilyrði árangurs:

- Að fóðrið sé heilsusamlegt, nýttist fiskinum vel og leiði til sambærilegs vaxtar og núverandi eldisfóður gefur.
- Að fóðrið hafi ekki neikvæð áhrif á gæði afurðarinnar, einkum m.t.t. efnainnihalds (fitusýrusams., litar) og eðliseiginleika (bragð, litur, þéttleiki holds).

Verkþættir

Eldistilraunir voru framkvæmdar í nokkrum lotum. Annarsvegar voru fóðurgerðir reyndar á smáseiðum, allt frá frumfóðrunarstigi, að 3-5g þyngd. Framkvæmdar voru nokkrar slíkar lotur með sérblönduðu fóðri þar sem ætlað hlutfall próteins og fitu var haft svipað og algengast er í tilbúnu frumfóðri fyrir bleikju. Hins vegar voru valdar fóðurgerðir notaðar til eldis á fiski í matfiskstærð. Þessar völdu fóðurgerðir sem ætlaðar voru stórum fiski voru einnig reyndar á smáseiðum á frumfóðurstigi, en þær innihéldu lægra próteinhlutfall og hærra fituinnihald en algengast er að nota fyrir bleikju af þeirri stærð. Hverri fóðrunarlotu er lýst sérstaklega.

1. Hluti. Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhráefni í fóðri.

Í þessum hluta var vöxtur og viðgangur bleikjuseiða kannaður frá frumfóðrunarstigi. Tilgangurinn var að kanna áhrif 11 ólíkra fóðurgerða sem innihéldu mismunandi próteinhráefni.

Efni og aðferðir.

Seiði og eldismeðferð.

Frumfóðrunarseiðum á kviðpokastigi (upphafsþyngd 65 mg) var komið fyrir í 20 lítra fötum. Seiðin voru úr hálfssystemahópi mynduðum úr hrognum tveggja hrygna sem frjóvguð voru með sama hæng. Í hverja fötu fóru ca 350 stk. í upphafi (um 22 g.

blautvigt) og var hver meðferð í þrítækningu. Hverri endurtekningu var dreift tilviljanakennt á tilraunalínurnar. Seiðin voru haldin við stöðugt ljós (24:0 ljóslota). Hitastig var um 8°C fyrstu tvær vikurnar en síðan aukið í 10-11 °C eftir að seiðin voru sýnilega farin að dreifa sér og skima eftir fódri. Vatnsrennsli var stillt þannig að hægur straumur myndaðist í fötunni og þess gætt að súrefnismettun færi ekki niður fyrir 85% af metnun. Dauð seiði voru fjarlægð daglega og afföll skráð.

Fóður og fóðrun

Fóðurhræfnið var blandað í hrærivél, þanið í extruder og 6 mm köggjar útbúnir. Fitunni var sprejjað í fódrið eftirá. Fóðurskögglarnir voru malaðir í kaffikvörn og fódrið síðan sigtað til að útbúa heppilegar fóðurstærðir fyrir frumfóðurseiði. Notuð var sjálfvirk stöðug fóðrun með fóðurbelti, sem fódraði á ca 10 mín. fresti allan sólarhringinn. Leitast var við að fódra umfram metnun (yfirfóðrun).

Útbúnar voru 11 fóðurgerðir með ólíku próteinhræfni en sams konar fitu. Próteinin voru þrjár flokkar loðnumjöls (super, spesial og standard), maisglutenmjöl, sojamjöl og repjumjöl (allar plöntumjölsgerðirnar þrjár í 2 hlutföllum). Miðað var við að allar fóðurgerðir innihéldu um 48% prótein (CP) og um 17% fitu (CF). Fitugjafinn var loðnulýsi í öllum fóðurgerðunum. Í fóðurlöndunum var sterkjan nokkuð breytileg, frá 7,5-17,1% af reiknuðu innihaldi. Miðað var við að fóðurgerðirnar innihéldu sem líkasta brúttóorku, en útreiknuð er hún á bilinu 19,4 -21 MJ/kg. Hlutfallslegt efnainnihald og samsetningu fóðurs má sjá á töflu 1.

Tafla 1. Hlutfallsleg samsetning fóðurs með ólíkum próteingjöfum fyrir frumfóðrunarseiði. (PE = þurrefnisinnihald; CP= heildar prótein; CF = heildar fita). Brúttóorka í fódri er reiknuð út frá hlutfallslegu efnainnihaldi: Prótein, 23,7MJ/kg, fita 39,5 MJ/kg og kolvetni 17,2MJ/kg.

Próteingjafi	Hlutföll próteingjafa	Fitugjafi	PE%	CP%	CF%	Sterkja %	Aska %	Brúttóorka MJ/kg)
Super	60,9	Lýsi	92,0	48,0	17,0	17,1	8,2	21,0
Super/Spes	32/31,6	Lýsi	91,0	48,0	17,0	15,7	8,8	20,8
Spes	66,6	Lýsi	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5	20,5
Super/Standard	31/30,5	Lýsi	91,4	48,0	17,0	16,5	8,6	20,9
Standard	62	Lýsi	90,8	48,0	17,0	15,8	9,1	20,8
Spes/Soja	57,4/15	Lýsi	89,9	48,0	17,0	10,8	9,4	19,9
Spes/Soja	48,7/29,4	Lýsi	89,9	48,0	17,0	7,5	9,5	19,4
Spes/MGM	36,1/35,3	Lýsi	90,0	48,0	17,0	14,2	7,6	20,5
Spes/MGM	51/18,4	Lýsi	89,9	48,0	17,0	14,2	8,4	20,5
Spes/Repja	58,7/20,4	Lýsi	90,1	48,0	17,0	7,5	9,5	19,4
Spes/Repja	62,7/10	Lýsi	90,0	48,0	17,0	10,8	9,5	19,9

Mælingar.

Til að fylgjast með vexti seiðanna á tilraunátímanum var heildarþungi og fjöldi seiða mældur á 3-4 vikna fresti (bulk-mæling). Í lok vaxtartímans voru allir fiskar einstaklingsmældir, bæði lengd og þyngd.

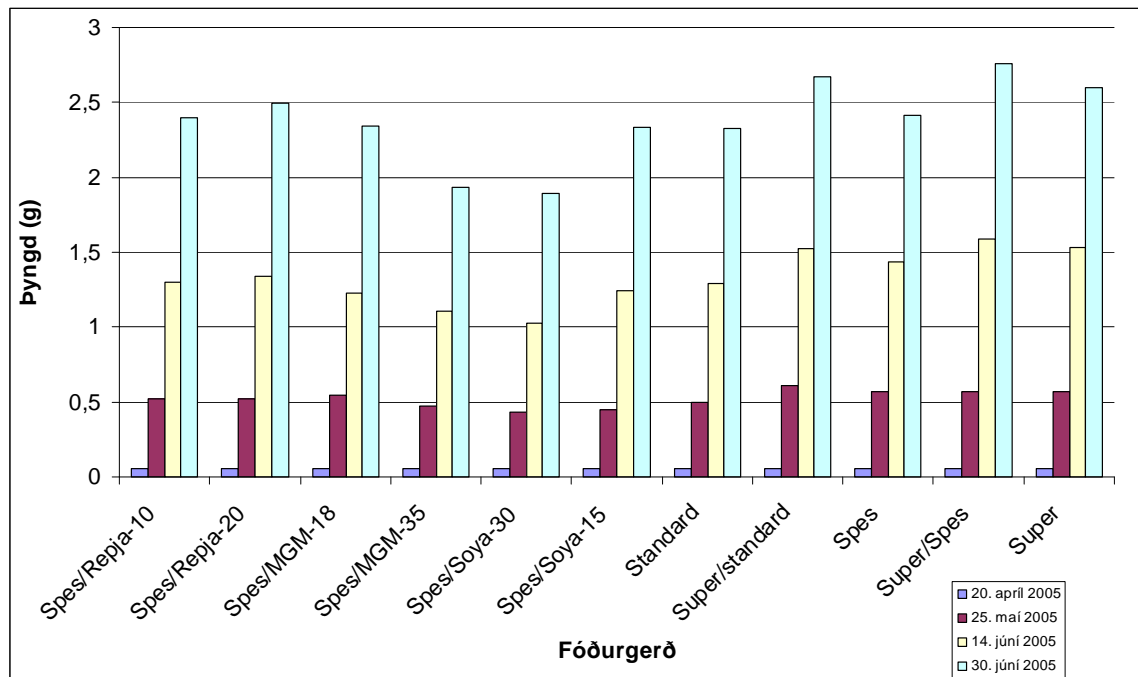
Vaxtarhraði (% dagvöxtur) fiska í hverri meðferð var reiknaður samkvæmt:

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) \times (t2 - t1)^{-1}$$

þar sem W1 er upphafsþyngd upphafs dags t1 og W2 er lokþyngd á degi t2

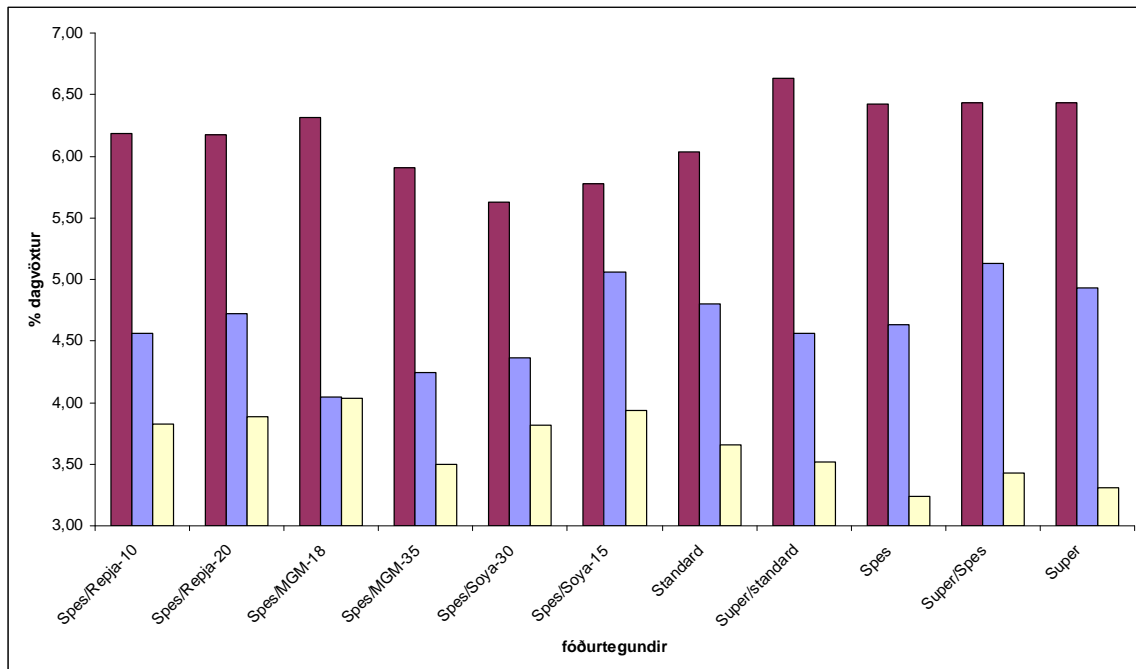
Niðurstöður.

Þróun þyngdar bleikjuseiða í meðferðarhópunum er sýndur á mynd 1. Meðaltölum endurtekninga innan meðferða er slegið saman. Upphafsbýngd seiðanna var um 65 mg en lokabýngd er alla jafna um 2,5 g. Meðferðarhópar þar sem fiskimjölinu í próteinhlutunum er skipt út með 35% mais-gluteinmjöli annars vegar og 30% sojamjöli hins vegar, vaxa marktækt verr ($P < 0,05$) en aðrir meðferðarhópar. Milli annarra meðferða er ekki mælanlegur munur á lokabýngd.

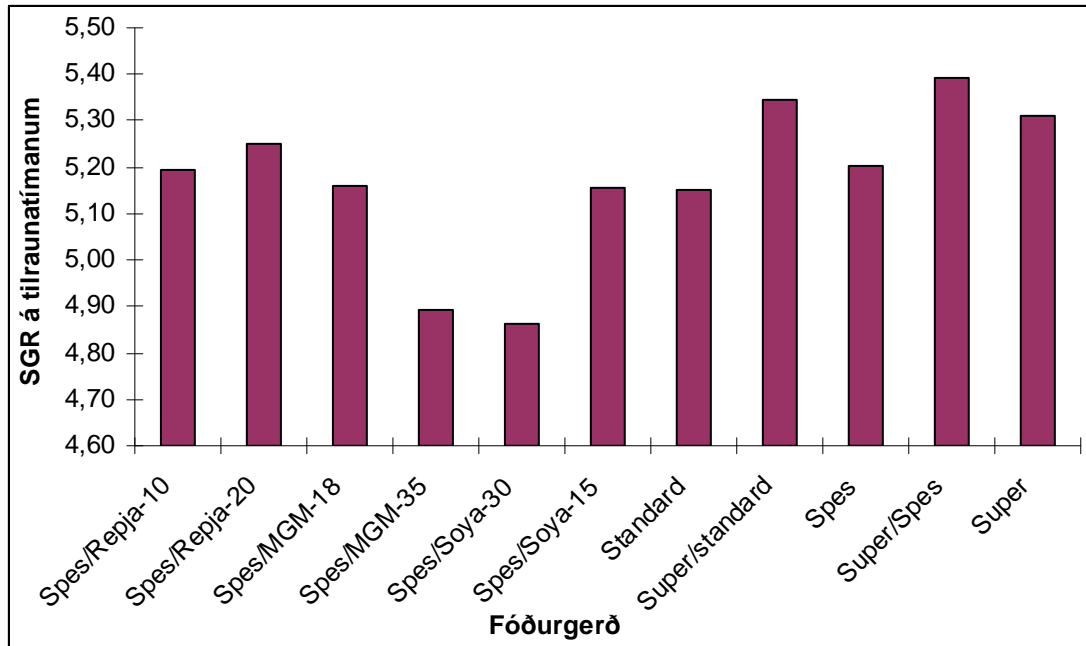


Mynd 1. Vöxtur bleikjuseiða frá frumfóðrun yfir 71 daga vaxtartímabil, fóðruðum með ólíku próteinhraefni. Fjöldi seiða á lokamælidegi er um 450-600 stk við hvert meðaltal.

Vaxtarhraði seiðanna á þremur tímasteiðum á tilraunátímanum er sýndur á mynd 2. Dagvöxtur á fyrsta tímabilinu er á bilinu 5,5-6,5%, en fer síðan lækkandi með fiskstærð á seinni tímabilum. Strax í upphafi virðist mikil íblöndun sojamjöls (15 og 30%) og mais-glútenmjöls (35%) draga eitthvað úr vexti. Á seinni tímabilum verður munur í vaxtarhraða eftir fódurgerðum óljósari. Þegar litið er á heildar dagvaxtarhraðann (mynd 3) yfir allt tilraunátímabilið (71 dagur), má sjá að seiði sem fá 30% af próteinhlutunum úr sojamjöli annars vegar og 35 % af próteinhlutunum úr mais-glútenmjöli hins vegar, hafa áberandi lakari dagvöxt en seiði sem fá hinar fódurgerðirnar.

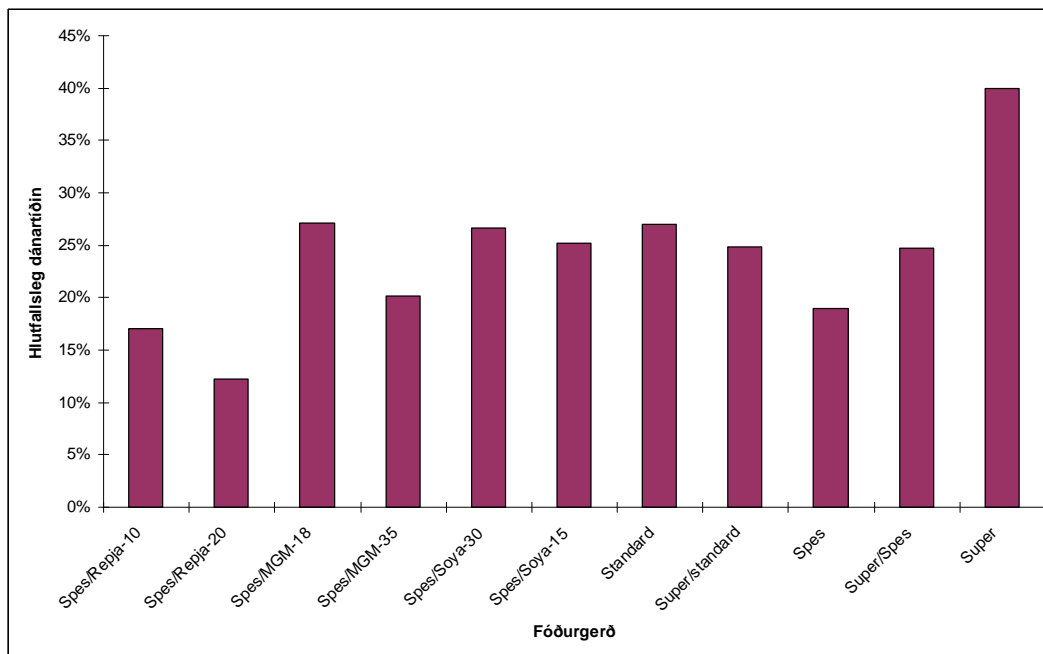


Mynd 2: Þróun dagvaxtar tilraunahópa á þremur vaxtartímabilum á tilraunátímanum. Upphafsgildið er frá byrjun tilraunar að fyrstu mælingu. Upphafspýngd var 60 mg. Vaxtartímabilið var samtals 71 dagur.



Mynd 3: Heildar dagvaxtarhraði meðferðarhópa á öllum tilraunátímanum (71 dagur). Upphafspýngd var 60 mg.

Hlutfallsleg dánartíðni meðferðarhópanna er sýnd á mynd 4. Þar sést að dánartíðnin er frá 12-40%. Tekið skal fram að upphafsfjöldi seiða í hverri meðferð var ekki talinn nákvæmlega, heldur var sambærileg þýngd seiða sett í hverja einingu, og því getur verið um nokkra innbyggða skekkju að ræða.



Mynd 4. Hlutfallsleg meðaldánartíðni í tilraunahópum á tilraunátímanum (71 dagur). Reiknað er út frá að upphafsfjöldi seiða hafir verið 350 stk. í hverri eldiseiningu. Allar fóðurgerðir innihalda lýsi sem fitugjafa (CF = 17%).

Umræður og ályktanir

Niðurstöðurnar sýna að íblöndun plöntupróteina í fôður fyrir bleikjuseiði geti vel gengið upp að vissu marki. Af fôðurgerðunum 11 sem hér voru reyndar voru þó tvær sem virðast draga úr vexti. Annars vegar er það meðferðin þar sem 30% sojamjöl er notað í stað fiskimjöls og hins vegar þar sem 35% mais-glutenmjöl kemur í stað fiskimjöls. Útskipting fiskimjöls með þessum sömu mjölgerðum, en í lægri hlutföllum (15% soja og 18% MGM) virðist hins vegar ekki draga úr vexti frumfôðrunarseiða. Þolmörkin fyrir þessum plöntumjölsgerðum liggja því að líkindum einhversstaðar þar á milli. Útskipting á fiskimjöli með repjumjöli, 10 eða 20%, virðist ekki draga úr vexti frumfôðrunarseiðanna. Því virðast þolmörk gagnvart útskiptingu með repjumjöli liggja ofar en hér er skoðað. Ekki eru sýnileg áhrif af ólíkum loðnumjölsgerðum á vöxt frumfôðrunarseiðanna, í öllum tilvikum virðist loðnumjölið heppilegt próteinhræfni..

Á frumfôðrunartíma bleikjuseiða er algengt að dánartíðni sé á bilinu 10-20 %. Það er nokkuð svipað og er gegnumgangandi að meðaltali í meðferðarhópum þessarar tilraunar, þrátt fyrir að eldisaðstæður í 20 lítra fôtum séu nokkuð frábrugðnar frá hefðbundnum frumfôðurnarkerjum. Innan hverrar meðferðar (3 endurtekningar) kom í mörgum tilfellum fram talsverður munur í dánartíðni. Því er ályktað að ekkert augljóst sambengi sé milli dánartíðni og hráefnasamsetningar fôðurgerðanna og framkominn mismunur, bæði innan og milli meðferðarhópanna, sé tilviljun. Þó má álykta að engin hráefnasamsetning sé beinlínis banvæn og tíðni greinanlegra vanskapninga var einnig hverfandi í öllum meðferðarhópum.

2. Hluti. - Frumfôðrun bleikjuseiða með ólíkum fitugjöfum.

Í þessum hluta voru bleikjuseiði frumfôðruð með ólíkum fitugjöfum og 6 mismunandi fôðurlöndur útbúnar. Skoðuð voru áhrif loðnulýsis, pálmaolíu og sojaolíu í fôðri á vöxt og viðgang seiðanna.

Efni og aðferðir.

Seiði og eldismeðferð.

Uppsetning, efniviður og meðhöndlun seiða í þessum hluta var sambærilegur og í 1. hluta.

Fôður og fôðrun:

Framleiðsla, meðhöndlun fôðursins og fôðrunin sjálf var eins og lýst er í 1. hluta.. Samsetning fôðurgerðanna og hlutföll koma fram í töflu 2. Íblönduð fita er af þrenns konar uppruna, lýsi, sojaolíu og pálmaolíu, annað hvort einar og sér (100%) eða fitugerðunum blandað til helminga (50%/50%). Í öllum tilvikum er próteingjafinn Spezial loðnumjöl. Samanburðurinn nær því til 6 fôðurgerða. Fôðurnartímabilið var 71 dagar.

Tafla 2. Hlutfallsleg samsetning fódurs með ólíkum fitugjöfum fyrir frumfóðrunarseiði. (ÐE = þurrefnisinnihald; CP= heildar prótein; CF = heildar fita). Reiknuð brúttóorka er 20,5 MJ/kg fyrir allar fódurgerðirnar (út frá áður nefndum forsendum, sjá tafla 1)

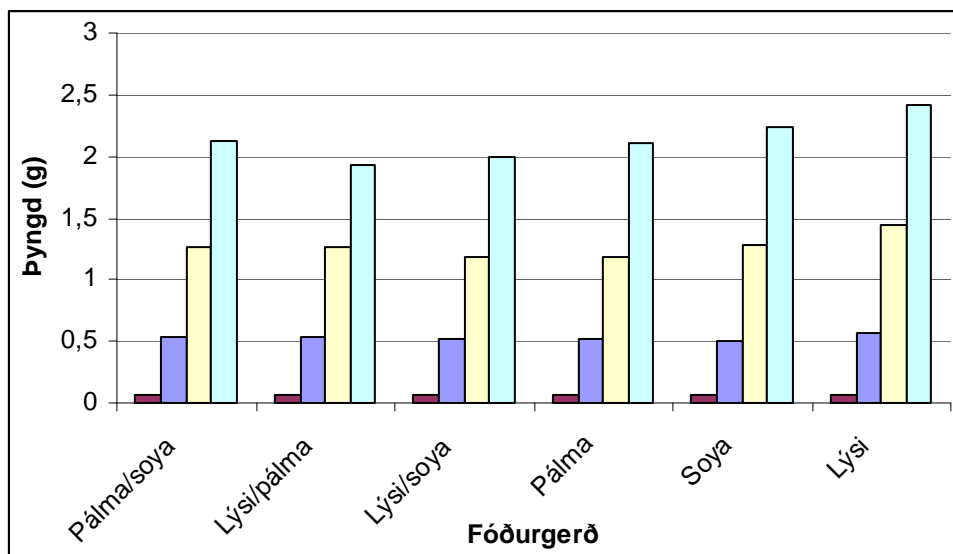
Próteingjafi	Hlutfall loðnumjòls	Fitugjafi	ÐE%	CP%	CF%	Sterkja %	Aska %
Spes	66,6	Lýsi (100%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5
Spes	66,6	Soja (100%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5
Spes	66,6	Pálma (100%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5
Spes	66,6	Lýsi (50%) /Soja (50%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5
Spes	66,6	Lýsi (50%)/ Pálma (50%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5
Spes	66,6	Pálma(50%) /soja (50%)	89,9	48,0	17,0	14,0	9,5

Mælingar.

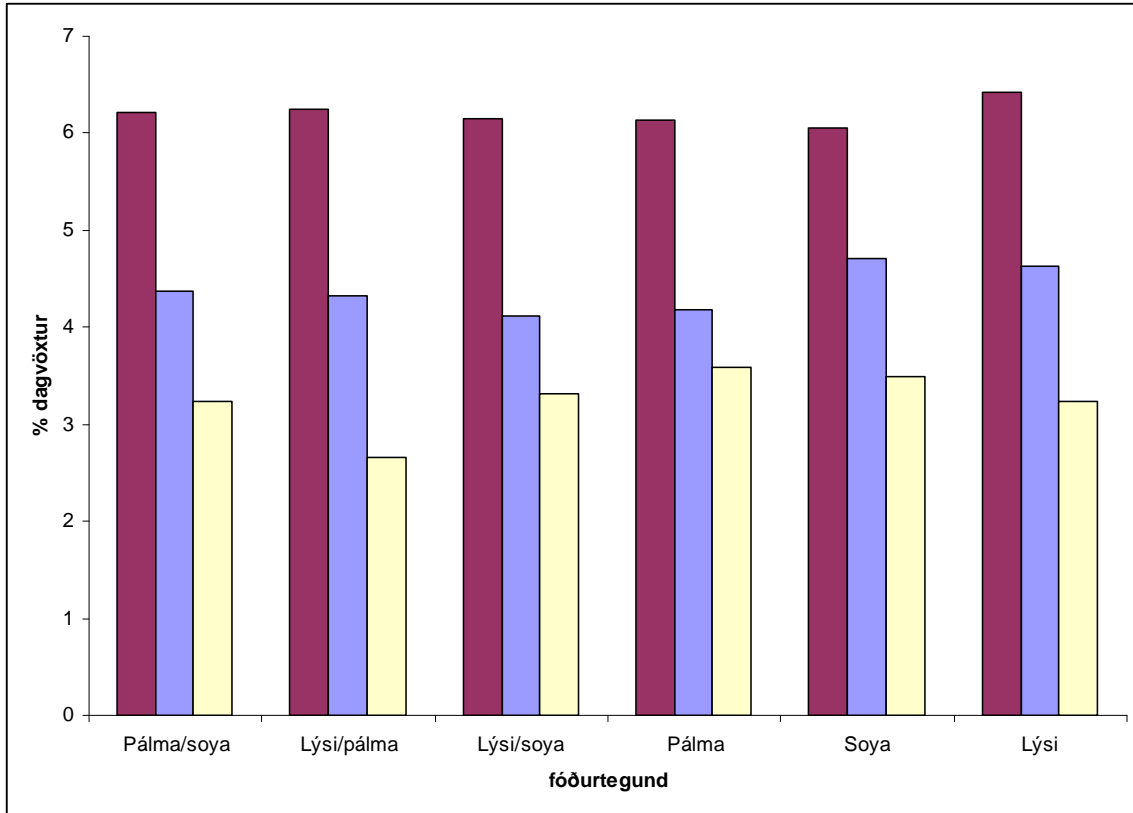
Mælingar voru framkvæmdar með sama hætti og í lið 1.

Niðurstöður og ályktanir.

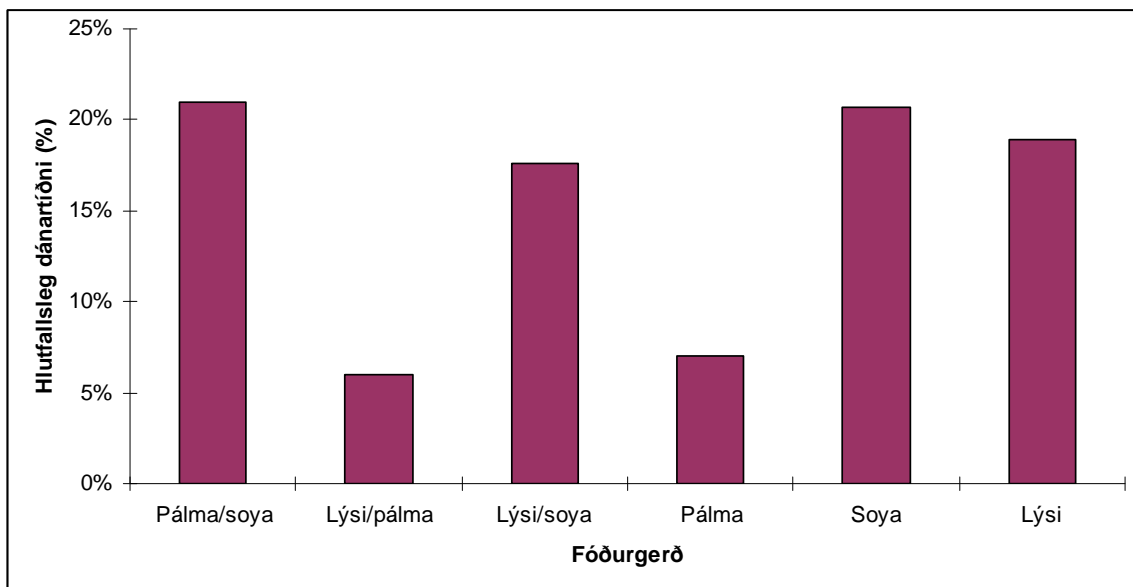
Þróun meðalþyngdar meðferðanna er sýnd á mynd 5. Meðaltölum endurtekninga innan meðferða er slegið saman. Upphafspýngd seiðanna var um 98 mg en lokapýngd allra hópa er um og yfir 2 g. Ekki er mælanlegur munur á þyngd seiðanna milli meðferða.



Mynd 5. Vöxtur bleikjuseiða frá frumfóðrun yfir 71 daga vaxtartímabil, fóðruðum með ólíku fituhráefni, ýmist einu og sér eða blandað 50/50%. Allar fódurgerðir innihalda spesial loðnumjól (CP = 48%). n= 600-700



Mynd 6. Þróun dagvaxtar tilraunahópa á þremur vaxtartímabilum á tilraunátímanum. Upphafsgildið er frá byrjun tilraunar að fyrstu mælingu. Upphafspýngd var 98 mg. Vaxtartímabilið var samtals 71 dagur.



Mynd 7. Hlutfallsleg meðal dánartíðni í tilraunahópum á tilraunátímanum (71 dagur). Reiknað er út frá að upphafsfjöldi seiða hafi verið 350 stk. í hverri eldiseiningu. Allar fóðurgerðir innihalda spesialloðnumjöl. (CP = 48%)

Útskipting á lýsi með pálmaolíu eða sojaolíu, að hluta (50/50) eða í heild hefur ekki mælanlega neikvæð áhrif á vöxt smáseiðanna á tilraunátímanum. Það bendir til að innihald lífsnauðsynlegra fitusýra hafi í öllum tilvikum verið nægilegt til að fullnægja grundvallarþörfum fiskanna. Vert er að benda á að þrátt fyrir að viðbætta lýsishlutanum sé alveg skipt út með plöntuolíum er nokkuð af loðnulýsi (ca 10%) í loðnumjölinu sem notað er í fódrið. Það inniheldur m.a. nokkuð hátt hlutfall ómettaðra og fjölómettaðra n-3 fitusýra.

Dánartíðni meðferðarhópanna er fremur lág, mest ríflega 20% en minnst um 5%, sem verður að teljast vel viðunandi. Í ljósi sambærilegs vaxtar milli meðferðarhópa virðist fremur hæpið að ætla að mismikil dánartíðni milli meðferða sé til komin vegna fitusamsetningarinnar í fódriinu.

Próteingjafinn var í öllum tilvikum loðnumjöl. Því var áferð og kornastærð fódursins nokkuð áþekkt milli fódurgerðanna.

Út frá niðurstöðunum má álykta að smáseiði ráði vel við að nýta hátt hlutfall pálmaolíu eða sojaolíu í fódri sér til viðurværis.

3 - A. Hluti: - Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhráefni

Frumfóðurtilraun með ólíku próteinhráefni. Fleiri hráefnisgerðir og blöndur reyndar.

Seiði og eldismeðferð.

Frumfóðrunarseiðum á kviðpokastigi (upphafsþyngd 75 mg) var komið fyrir í 20 lítra fötum. Í hverja fötu fóru ca 240 stk. (um 18 g blautvigt) og var hver meðferð í fjórtekningu. Hverri endurtekningu var dreift tilviljanakennt á tilraunalínurnar. Seiðin voru hálf systkynahópar sem myndaðir voru með blöndu hrogna úr tveimur hrygnum, frjóvguðum með einum hæng.

Notuð var sjálfvirk stöðug fóðrun með fóðurbelti, sem gaf á ca 10 mín. fresti allan sólarhringinn. Leitast var við að fóðra umfram mettun (yfírfóðrun). Seiðin voru haldin við stöðugt ljós (24:0 ljóslota). Hitastig var um 8°C byrjun en hækkað á nokkrum dögum upp í 11,5-12,5°C. Reynt var að stilla vatnsrennsli þannig að hægur straumur myndaðist í fötunni og þess gætt að súrefnismettun færi ekki niður fyrir 85% af mettun.

Fóður og fóðurinnihald.

Fóðurhráefnið var blandað í hrærivél, þanið í extruder og 6 mm köggjar útbúnir. Fitunni var sprejjað á eftirá. Fóðurköggglarnir voru malaðir í kaffikvörn og fódrið síðan sigtað til að útbúa heppilegar fóðurstærðir fyrir frumfóðurseiði.

Útbúnar voru 17 gerðir fódurs með ólíku próteinhráefni en sams konar fitu og tvenns konar tilbúið fóður, Ewos (nr 18) og Danafeed (nr 19) notað til viðmiðunar. Danex 1352 og Ewos fóðrið inniheldur 52% prótein og 13% fitu.

Próteinin voru tveir flokkar loðnumjöls (super, spesial), mais-glutenmjöl (MGM), soyjamjöl, baunamjöl (Pea) og repjumjöl. Þessi próteinhráefni voru notuð í hlutföllum sem sjá má á töflu 2. Olíuhlutinn (fitan) var í öllum tilvikum loðnulýsi.

Miðað var við að fóðrið innihéldi um 48% prótein, um 17% fitu og að útreiknuð brúttóorka væri sú sama, um 20 MJ/kg. Sá hluti sterkjunnar sem kemur frá hveiti er nokkuð breytilegur. Íblandað hveiti var á bilinu 1,79 – 27,18%, sem helgast af því að hinar ólíku mjölgerðir (próteinhráefnið) innihalda mismikla sterkju. Hlutfallslegt efnainnihald og samsetningu hins blandaða fódurs má sjá á töflu 2.

Tafla 3. Hlutfallsleg (%) blöndun hráefna í tilraunafóðurgerðum. Spes og super eru loðnumjöl, soja er high-pro soja, Pea er baunamjöl, MGM er mais-glutenmjöl og repja er repjumjöl. Í allar fóðurgerðirnar var blandað loðnulýsi (17%) sem fitugjafa. Útreiknuð brúttóorka er um 20 MJ/kg

fóður nr.	Spes	Super	Soja	Pea	MGM	Repja	Hveiti	Premix	C-vit	MCP
1	0,00	61,10	0,00	0,00	0,00	0,00	27,18	1,50	0,03	0,11
2	32,55	0,00	0,00	22,86	0,00	25,00	8,15	1,50	0,03	1,07
3	22,06	0,00	0,00	24,71	20,18	0,00	16,54	1,50	0,03	1,75
4	35,45	0,00	18,00	18,45	0,00	0,00	13,45	1,50	0,03	1,09
5	0,00	45,82	18,00	0,00	0,00	16,61	9,42	1,50	0,03	0,75
6	0,00	16,70	0,00	20,35	17,48	30,46	1,79	1,50	0,03	1,91
7	38,34	0,00	18,00	0,00	20,00	0,00	9,02	1,50	0,03	1,27
8	54,41	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	13,50	1,50	0,03	0,41
9	51,37	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	11,10	1,50	0,03	0,55
10	0,00	42,87	32,82	0,00	0,00	0,00	9,73	1,50	0,03	0,95
11	52,33	0,00	0,00	13,00	0,00	0,00	22,54	1,50	0,03	0,37
12	37,51	0,00	0,00	26,55	0,00	0,00	21,87	1,50	0,03	0,90
13	55,33	0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	19,56	1,50	0,03	0,44
14	44,49	0,00	0,00	0,00	25,54	0,00	16,15	1,50	0,03	1,02
15	66,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,92	1,50	0,03	0,00
16	60,83	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	14,16	1,50	0,03	0,05
17	0,00	50,51	0,00	0,00	0,00	31,81	9,39	1,50	0,03	0,47

Þyngdarmælingar og dánartíðni.

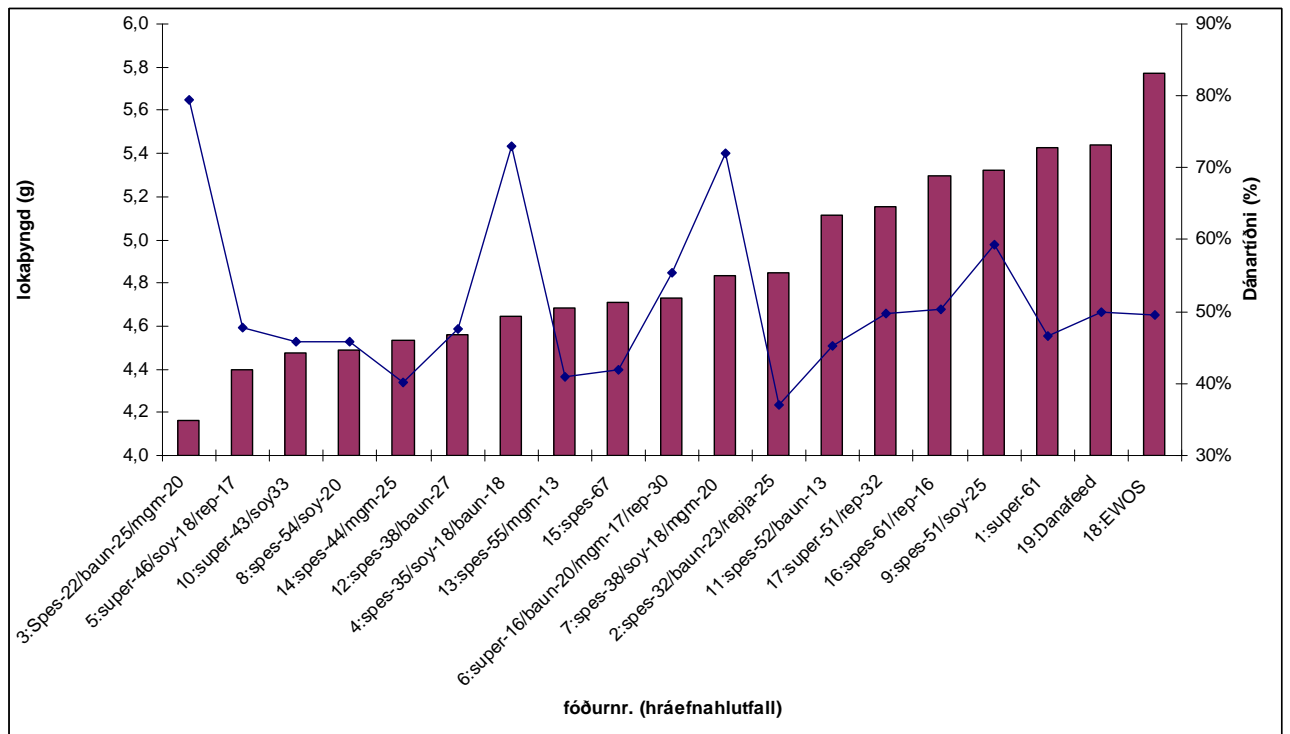
Þyngdarmælingar voru gerðar með 3-4 vikna millibili. Í fyrstu mælingunum var meðalþyngd metin út frá heildarþyngd og fjölda seiða en í lokamælingu voru allir einstaklingar mældir.

Upphafsfjöldi í hverja einingu var áætlaður út frá heildarþyngd seiða og meðalþyngd. Miðað var við að í hverja fötu færu um 18 g blautvigt eða 240 stk. Afföll voru talin og skráð. Við hverja þyngdarmælingu fékkst heildarfjöldi, og því nokkuð nákvæmt yfirlit yfir afföllin.

Niðurstöður og ályktanir.

Við birtingu niðurstaðna hér er meðaltölum allra endurtekninga slegið saman þrátt fyrir að nokkur frávik (keraáhrif) hafi komið fram innan einstaka meðferðarhópa. Lokabyngd og reiknuð heildardánartíðni meðferðarhópanna er sýnd á mynd 8. Allir meðferðarhóparnir hafa vaxið þökkalega, þó nokkuð greinilegur munur sé milli hæstu og lægstu gilda. Út frá niðurstöðunum má álykta að meðferðarhóparnir sem fá herra hlutfall loðnumjöls (spes eða super) séu alla jafna þyngri en þeir sem fá lægra hlutfall loðnumjöls. Þetta er þó ekki alveg einhlítt, eins og sést t.d. á samanburði hópa sem fá fôður nr.1 (61% super) og nr.15 (67% spesial). Sama má segja um samanburð á hópum sem fá fôður nr. 9 (spes 51/soy25) vs. nr. 8 (spes 54/soy 20). Því virðist fleira en samsetning próteinhraefnis hafa áhrif á vöxtinn milli meðferðarhópa.

Dánartíðni í meðferðarhópum er alla jafna nokkuð há (um 40-50%), sem er talsvert hærri dánartíðni en algengast er við frumfóðrun bleikjuseiða við hefðbundnar aðstæður í kerum. Líklega má einkum kenna það þröngum vaxtarskilyrðum í fötunum. Í einstaka tilvikum er dánartíðnin mjög há (70-80%) og í þeim meðferðarhópum innihalda fôðurgerðirnar lágt hlutfall fiskimjöls en hátt hlutfall plöntumjöls. Þar er freistandi að álykta að fôðursamsetningin hafi einhver áhrif á lifunina þó líklega sé að aðrir þættir séu veigameiri.



Mynd 8. Lokabyngd meðferðarhópa og samanlögð áætluð dánartíðni. Fyrsti tölustafur en númer fôðurs, næst koma hlutföll hræfna (sjá töflu 2).

Meðferðarhóparnir sem fá tilbúið frumfóður (frá Danafeed og Ewos) standa sig nokkuð vel. Fóðrið frá Danafeed (nr. 19) og Ewos (nr.18) inniheldur aðeins hærra próteinhlutfall (53%) og lægri fitu (13%) en hinar fódurgerðirnar. Kornastærð þessara fódurgerða er einnig mjög stöðluð og einsleit. Hvoru tveggja hefur líklega jákvæð áhrif á fódurtöku og vöxt frumfóðrunarseiða.

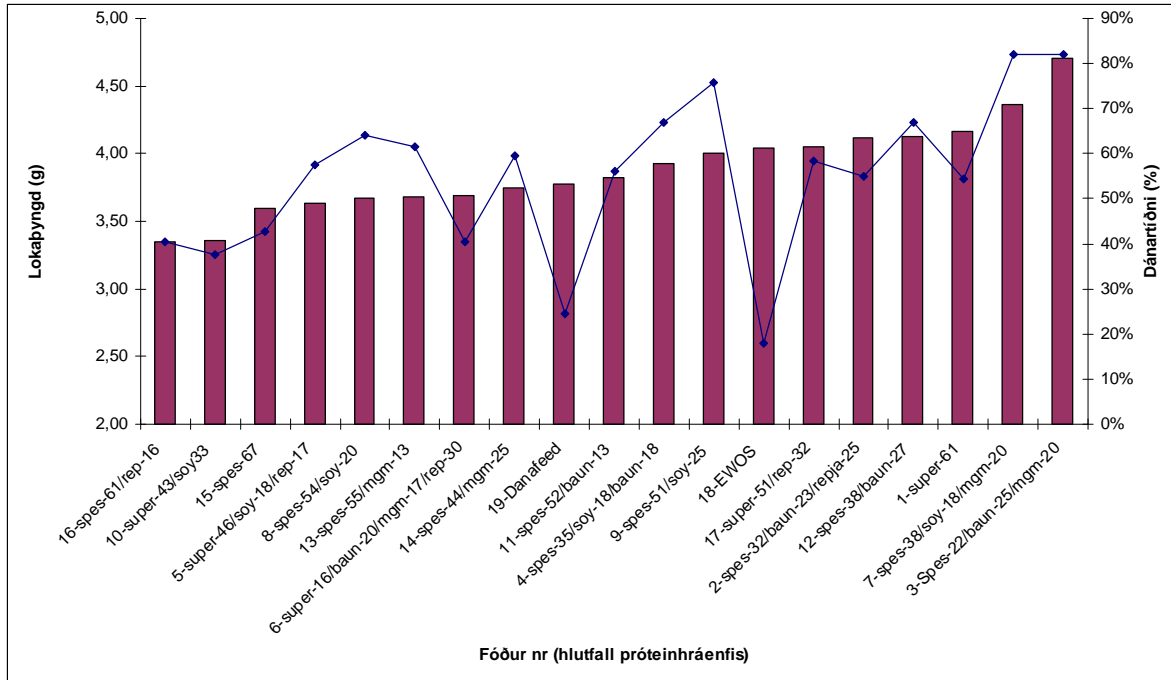
3-B. Hluti: - Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíku próteinhraefni, - A hluti endurtekinn.

Aðstæður leyfðu endurtekningu tilraunarinnar um að kanna áhrif ólíkra próteingjafa á frumfóðrunarseiði. Ætlunin var að reyna að fá fram minni dánartíðni en í fyrri tilraunalotu. Verkefnið var nemendatilraun fiskeldisnema við Hólaskóla.

Uppsetning tilraunarinnar var sambærileg og áður. Upphafsméðalþyngd seiðanna var aðeins lægri en í fyrri lotu, eða 65 mg í stað 75 mg áður. Um 220 seiði (ca. 15g blautvigt) voru sett í hverja 20 lítra fötu. Hver meðferð var í fjórtekningu. Seiðin voru fóðruð með sama fóðri og í 3-A-hluta (sjá töflu 2) auk startfóðurs frá Danafeed og Ewos. Umhverfispættir og fóðrun voru sambærilegir og mælingar meðalþyngdar og dánartíðni framkvæmdar eins og áður.

Niðurstöður.

Lokaþyngd og dánartíðni seiða er sýnd á mynd 9. Meðaltölum endurtekninga er slegið saman, þrátt fyrir að umtalsverð keraáhrif hafi komið fram innan meðferða. Myndin sýnir að dánartíðni meðferðarhópanna er alla jafna mjög há, en þó einna lægst hjá hópunum sem fengu tilbúið fóður (Danafeed og Ewos). Afföllin urðu að langmestu leyti á fyrsta vaxtartímabili (fyrstu 4 vikurnar), í upphafi frumfóðrunar, meðan seiðin eru viðkvæmust. Í kjölfar hárrar dánartíðni virðist vera tilhneiging til að seiðin sem eftir lifa vaxi betur.



Mynd 9. Lokabyngd og dánartíðni bleikjuseiða eftir fóðrun með ólíkum próteínhráefnum. Fyrsti tölustafur en númer fóðurs, næst koma hlutföll hráefna (sjá töflu 2).

Ályktun.

Há dánartíðni í flestum meðferðarhópum í þessari tilraunalotu hefur líklega umtalsverð áhrif á vaxtarniðurstöðuna. Afföllin voru mest á fyrsta vaxtartímabili, þ.e. fyrstu vikunnar eftir að frumfóðrun hefst. Líklegast er að smæstu seiðin drepist fyrst en þau stærri lifi af sem leiðir til hærri meðalþyngdar eftirlifenda. Breytilegur þéttleiki í fötunum út vaxtartímanna hefur líklega áhrif á áframhaldandi vöxt þeirra sem eftir lifa.

Ástæður hárrar dánartíðni í flestum meðferðum kunna að liggja í:

- Lélegum og veikburða seiðum
- Óheppilegri hráefnasamsetningu fóðursins.
- Óheppilegri og breytilegri kornastærð fóðursins.

Meiri meðhöndlun þeirra hópa þar sem dauði verður á fyrstu stigum. Meðhöndlun og hreinsun þessara kera hefur líklega orðið of mikil og of harkaleg og þannig leitt af sér óæskilega keðjuverkun sem fækkaði seiðum.

Segja má að þessi endurtekningartilraun hafi mistekist að flestu leyti vegna mikils seiðadauða. Breytilegur fjöldi seiða innan og milli meðferðarhópa gerir samanburð á áhrifum hráefnasamsetningar fóðursins á vöxt seiðanna vafasaman. Athygli vekur þó að dánartíðni hópanna sem fá verksmiðjufóður (Danafeed og Ewos) er nokkuð afgerandi lægst. Jafnframt kemur fram að eftirlifendur í sumum hópum þar sem dánartíðni er há hafa vaxið vel þrátt fyrir að fóðrið innihaldi hátt hlutfall plöntuhráefna. Því kann munurinn sem fram kemur í vexti og lifum meðferðarhópanna að skýrast að talsverðu leyti af fóður-tæknilegum þáttum ekki síður en hráefnainnihaldi. (sjá aftar).

4.Hluti - Frumfóðrun bleikuseiða með ólíku Prótein hráefni.

Þær fódurgerðir sem notaðar voru í tilraun með mismunandi próteinhráefni fyrir 500 gramma bleikju, voru einnig prófaðar á frumfóðurseiðum

Uppsetning og framkvæmd tilraunar var með sambærilegum hætti og lýst er að framan. Seiðin voru aðeins komin á legg og var byrjunarþyngd um 246 mg. Fram að þeim tíma voru þau fóðruð með Ewos-micro frumfóðri. Um 50 g af seiðum (blautvigti) voru sett í hverja fötu eða um 200 seiði. Hver meðferð var í fjórtekningu. Eftir mánaðarfóðrun var seiðafjöldi staðlaður í 150 stk. í hverri eldiseiningu. Eftir þann tíma voru afföll hverfandi.

Tafla 4. Fódurtegundir, nöfn, númer og áætluð hráefnasamsetning fódurgerða. LF-23 inniheldur 18% sojamjöl og blöndu af super og spésial loðnumjöli, sper = eingöngu super loðnumjöl, repja 14 og repja 28 = 14 og 28% repjumjöl í stað super loðnumjöls, soja 30 = 30% sojamjöl í stað super loðnumjöls, mix = 15% sojamjöl og 10% repjumjöl í stað super loðnumjöls,

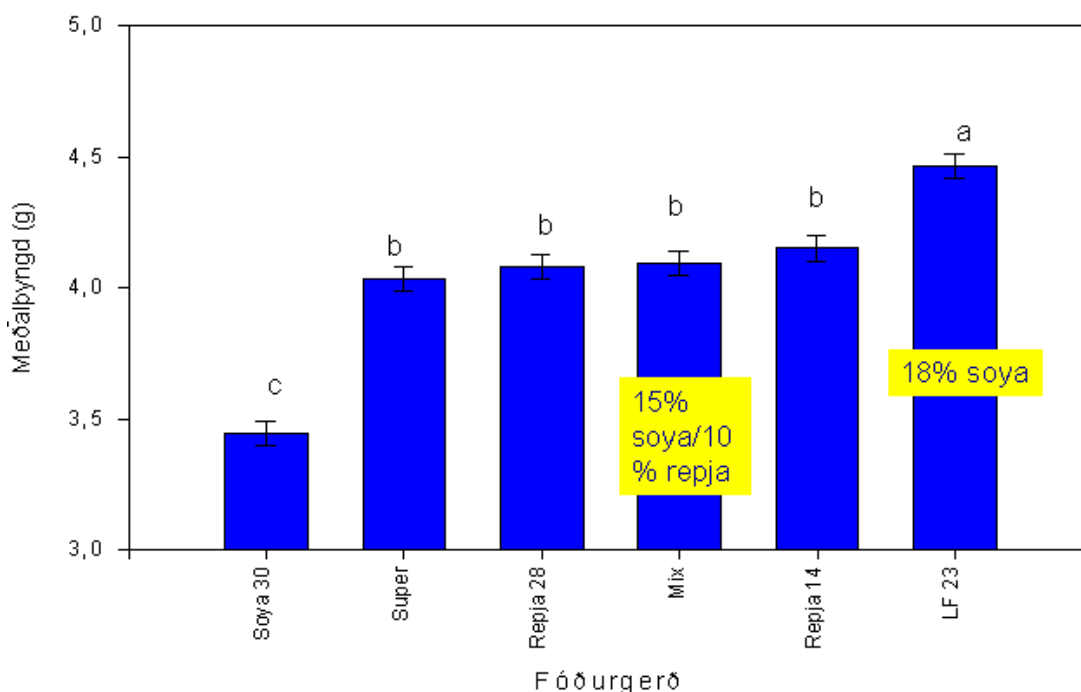
Fódurgerðir og innihald						
Tegund	Númer	Hráefni	Prótein	Fita	Sterkja	Aska
LF 23	(Control)	SU/SP/SOYA	42,5	25	8	9
SPER	509	SU	42	23	17,4	7,8
Repja 28	510	SU/REPJA	42	23	8	7,9
Repja 14	511	SU/REPJA	42	23	12,7	7,9
Soja 30	512	SU/SOYA	42	23	10,3	7,8
MIX	513	SU/SOYA/REPJA	42	23	8,3	7,9

*SU = Superior Fishmeal (LT)

*SP = Special Fishmeal (NSM)

Niðurstöður og ályktanir.

Lokaþyngd meðferðarhópanna er sýnd á mynd 10. Fram kemur að hátt hlutfall (30%) sojamjöls í fóðri leiðir til marktækt lakari vaxtar hjá smáseiðum í samanburði við fódurgerðir sem innihalda lægra hlutfall soja eða aðra próteingjafa í fóðrinu. Ekki kemur fram marktækur munur á vexti seiða sem fá ólíkt hlutfall repjumjöls í fóðri. Því má álykta að þolmörk bleikjuseiða fyrir sojamjöli í stað loðnumjöls liggja einhversstaðar milli 18-30% en þol gagnvart repjumjöli sé hærra en 28%. Dánartíðni í þessum meðferðarhópum var hverfandi, enda seiðin kominn aðeins á legg við upphaf tilraunar og “náttúruleg” afföll því að mestu afstaðin.



Mynd 10: Lokþyngd smáseiða (g +/- SE) eftir fóðrun með ólíku próteinhráefni. (CP = 42%). n= 600, upphafþyngd 246 mg.

5. Hluti: - Frumfóðrun bleikjuseiða með ólíkum olíugjöfum.-B. hluti.

Framkvæmd.

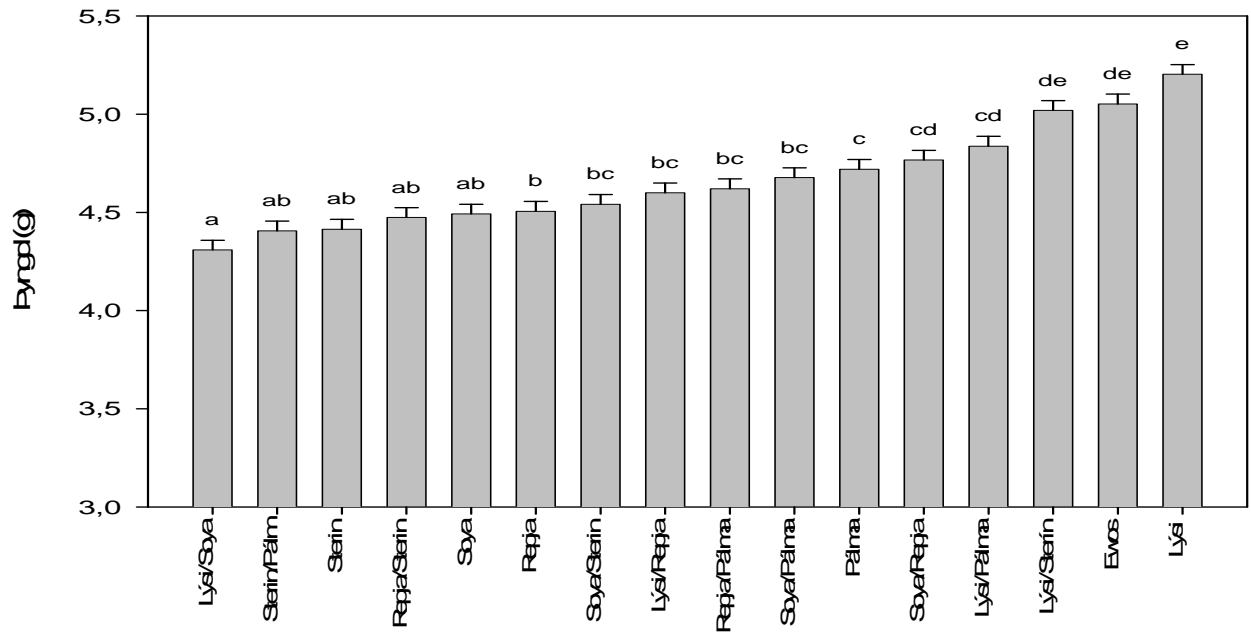
Uppsetning og framkvæmd tilraunar var með sambærilegum hætti og lýst er að framan. Seiðin voru aðeins komin á legg og var byrjunarþyngd um 246 mg. Fram að þeim tíma voru þau fóðruð með Ewos-micro frumfóðri. Um 50 g af seiðum (blautvigt) voru sett í hverja fötu eða um 200 seiði. Hver meðferð var í fjórtekningu. Eftir mánaðarfóðrun var seiðafjöldi staðlaður í 150 stk. í hverri eldiseiningu. Eftir þann tíma voru afföll hverfandi. Fóðurtímabilið var 82 dagar.

Allar fóðurgerðirnar innihéldu super loðnumjöl, próteinhlutfall var 48%. Fitunni var údað á fóðrið eftir kögglun, og gert ráð fyrir að heildarfituinnihald (CF) væri 20%. Þar sem tveimur gerðum viðbættrar olíu var blandað saman voru þær til helminga (50/50).

Níu fóðurgerðir voru valdar og fitusýrusamsetningin greind (sjá töflu 5). Jafnframt voru fitusýrur greindar í fisksýnum sömu tegunda (niðurstöður liggja ekki fyrir).

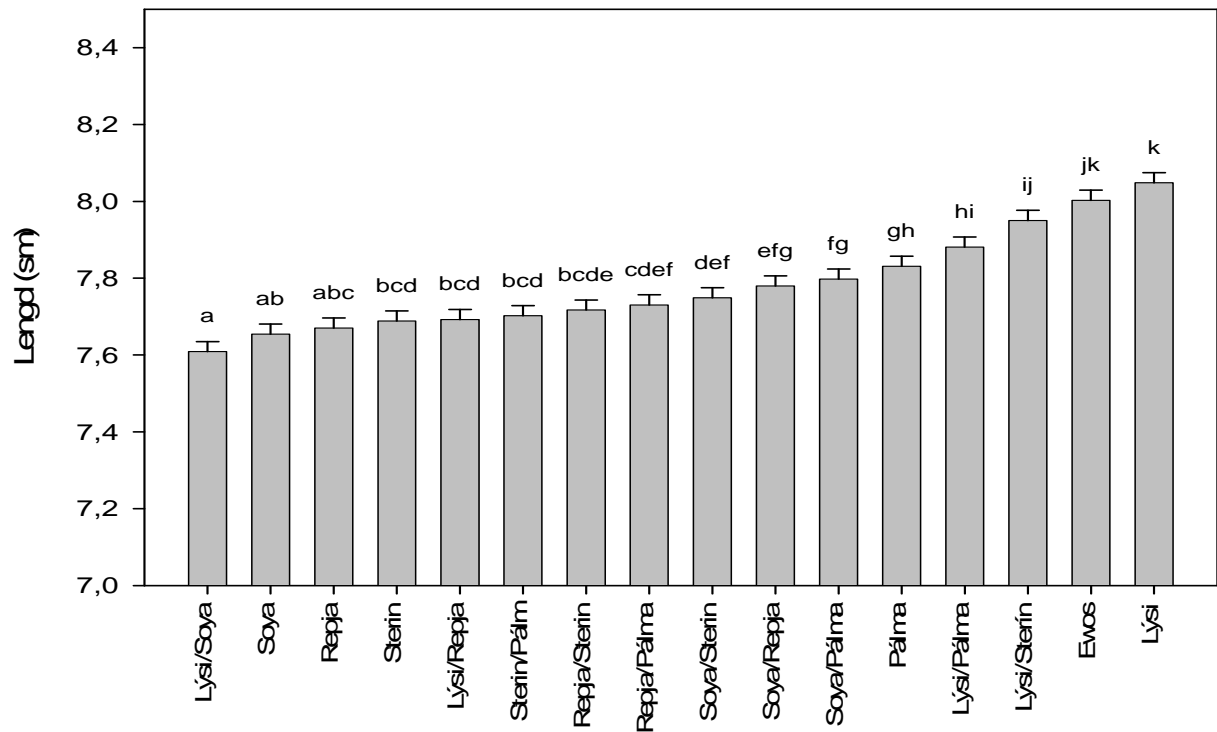
Tafla 5: Hlutfallsleg fitusýrusamsetning 9 valinna fódurgerða sem notaðar voru í vaxartilrauninni

FA	Diet								
	FO	PO	RO	SO	ST	FO/PO	FO/SO	FO/ST	SO/PO
14:00	4.8	2.4	1.9	1.8	4.2	3.8	3.3	4.5	2.1
16:00	12.6	31.0	9.3	12.3	14.9	22.1	12.4	13.6	22.4
18:00	1.4	3.4	1.8	3.1	2.5	2.3	2.3	2.0	3.3
Σ SFA	19.5	37.4	14.0	18.0	22.5	28.9	18.7	20.8	28.6
16:1n - 7	6.3	2.8	3.0	2.8	5.9	5.1	4.4	6.1	2.8
18:1n - 9	10.9	26.8	33.5	17.0	13.4	18.5	13.9	12.2	21.3
18:1n - 7	2.9	1.5	3.0	2.1	3.9	2.3	2.4	3.4	2.8
20:1n - 7 + 20:1n - 9	13.8	4.4	5.3	4.4	10.7	9.3	9.0	12.3	4.1
22:1n - 9 + 22:1n - 11	17.1	4.7	5.1	4.6	10.0	11.1	10.7	13.5	4.6
24:1	0.8	0.4	0.5	0.4	0.7	0.6	0.6	0.8	0.4
Σ MUFA	52.3	41.1	53.9	31.7	45.2	47.6	41.7	48.7	36.2
18:2n - 6	2.4	7.1	14.2	30.7	2.3	4.7	17.7	2.7	20.1
18:3n - 6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20:2n - 6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1
20:3n - 6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
20:4n - 6	0.4	0.2	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3
Σ n - 6	3.2	7.6	14.9	31.2	3.4	5.3	18.4	3.6	20.6
18:3n - 3	0.6	0.3	5.3	3.9	0.7	0.4	2.2	0.7	2.1
18:4n - 3	1.9	0.6	0.6	0.6	1.8	1.1	1.2	1.8	0.6
20:3n - 3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
20:4n - 3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3
20:5n - 3	6.9	3.8	3.8	3.7	8.2	5.0	5.2	7.5	3.9
22:5n - 3	0.6	0.4	0.4	0.4	0.9	0.5	0.5	0.8	0.4
22:6n - 3	8.1	4.8	5.1	4.8	9.8	6.0	6.4	9.0	4.8
Σ n - 3	18.7	10.1	15.5	13.6	22.0	13.3	15.9	20.4	12.2
Total	93.8	96.3	95.3	94.5	93.1	95.1	94.8	93.6	94.9
Unknown	6.2	3.7	4.7	5.5	6.9	4.9	5.2	6.4	5.1
Σ PUFA	22.4	18.1	30.7	45.2	25.8	19.3	34.9	24.3	33.1
n - 3/n - 6 ratio	5.8	1.3	1.0	0.4	6.5	2.5	0.9	5.6	0.6
Σ EPA +DPA +DHA	15.6	8.9	9.2	8.9	18.9	11.5	12.0	17.2	9.1



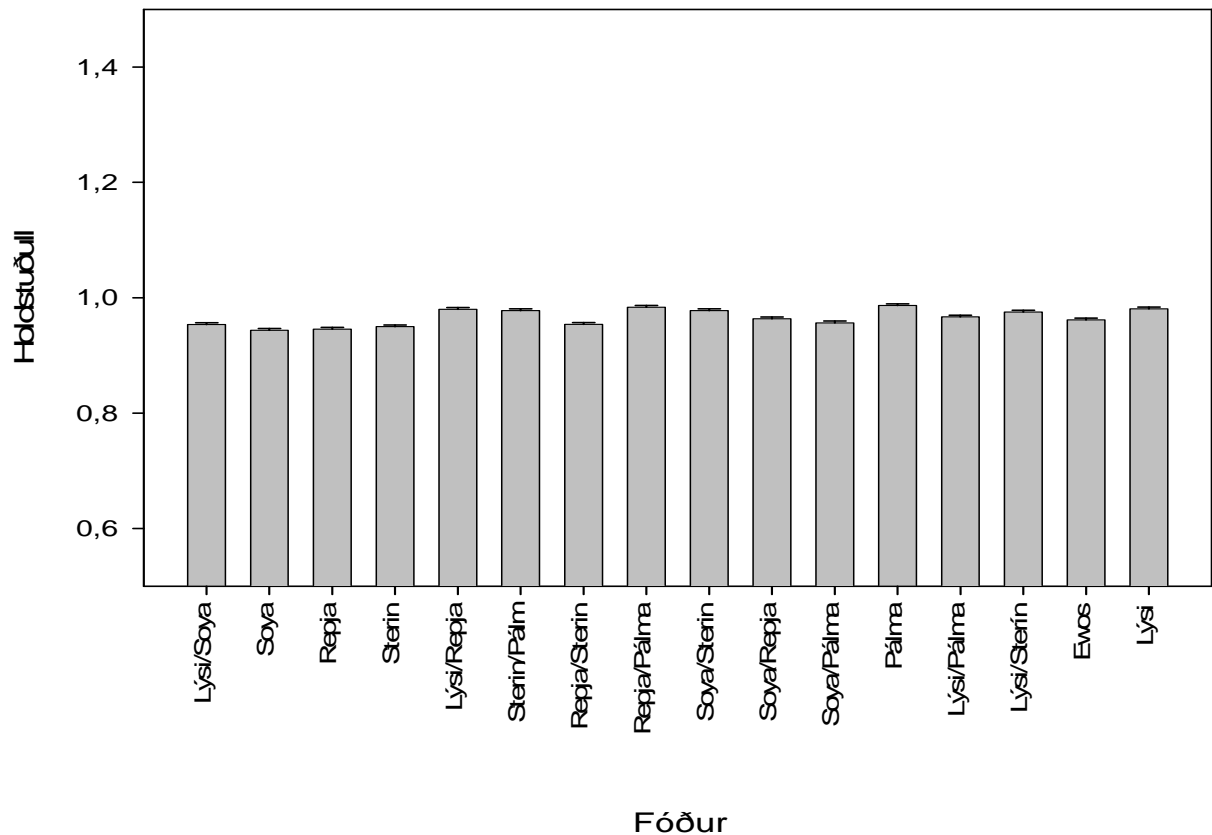
Fóður

Mynd 11: Lokþyngd smáseiða (g +/- SE) fóðruðum með ólíkum olíum í 82 daga. (20% CF, 48% CP). (n=600). Upphafþyngd = 246 mg.



Fóður

Mynd 12. Lokallengd smáseiða (sm +/- SEM) fóðruðum með ólíkum olíum í 82 daga. (20% CF, 48% CP). (n=600). Upphafspýngd = 246 mg.



Mynd 13. Holdstuðull (K +/- sem) á lokamælidegi smáseiða fóðruðum með ólíkum olíum í 82 daga. (20% CF, 48% CP). (n=600). Upphafspýngd = 246 mg.

Tafla 6. Hlutfallsleg efnasamsetning seiða úr 9 völdum hópum, eftir fóðrun með ólíku tilraunafóðri.

Greining úr helium fiski*	±sd	Fóður								
		FO	PO	RO	SO	ST	FO/PO	FO/SO	FO/ST	SO/PO
Vatnsinnihald	0,4	74,3	74,7	74,9	74,6	74,9	74,6	74,9	73,9	74,5
Heildar protein (CP)	0,4	15,2	15,3	14,7	15,2	16,0	14,8	15,4	15,4	18,5a
Heildar fita (CF)	0,4	8,4	8,5	8,5	8,3	8,6	8,8	7,5	8,6	6,2b
Heildar aska.	0,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	1,5c

Gildi eru sýnd sem meðaltöl ± SD. Gildi hafa fast SD fyrir ólík efni. Bókstafir í SO/PO röð merkja marktækan mun (P<0.05).

Niðurstöður og ályktanir.

Á mynd 11 og 12 má sjá að gerð fóðurfitunnar hefur áhrif á vöxt smáseiðanna. Í öllum fóðurgerðunum er hluti fitunnar loðnulýsi, sem fæst með loðnumjölinu, sem kann að vera nóg til að fullnægja lífsnauðsynlegum þörfum. Út frá vaxtarniðurstöðunni er erfitt að

greina hvort einhver sérstök fitusýrusamsetning sé betri en önnur. Alla jafna er vöxturinn þó betri í þeim hópum þar sem orkugjafinn er lýsi eða blanda tveggja olíugerða. Hópar sem fengu sterin í fóðrinu eru alla jafna í neðri kantinum og athyglisvert að sterin eitt og sér kemur mun lakar út en lýsi eitt og sér. Þegar fitusýrusamsetning þeirra tveggja fóðurgerða er borin saman sést að munurinn er ákaflega lítill á innihaldinu og getur því varla skýrt ólíka vaxtarniðurstöðu.

Ekki er mælanlegur munur á holdstuðli milli meðferðarhópanna, sem þýðir að lengdar- og þyngdarvöxtur seiðanna er sambærilegur, óháð fitugerðinni í fóðrinu.

Umræður og vangaveltur um notkun smáseiða sem módel.

Í þessu verkefni hefur verið reynt að nota smáseiði sem módel, jafnvel allt frá frumfóðrun, í leitinni að heppilegu plöntuhráefni í fóðri, sem komið geti í stað fiskimjöls og lýsis. Ætlaðir kostir þess eru raktir hér að framan. Reynslan eftir margar lotur hefur einnig sýnt að þessi aðferð kann jafnframt að hafa sína annmarka. Þeir gætu hafa haft áhrif á niðurstöðurnar, en voru ekki mældir eða metnir sérstaklega og ekki gerður slíkur samanburður milli hráefnisgerðanna í þessari rannsókn. Þar kemur ýmislegt til:

Frumfóðrun bleikjuseiða er líklega vandasamasta og viðkvæmasta tímabilið í lífsferli fisksins. Á þessu tímabili þarf seiðið að aðlagast utanaðkomandi fæðu, greina hana og samþykkja. Ekki er ólíklegt að ólíkar blöndur hráefna hafi mismunandi bragð, sem hefur áhrif á fóðurtökuna.

Jöfn stærð og áferð frumfóðursins skiptir væntanlega einnig máli gagnvart fóðurtökunni. Mölun fóðurköggla í kaffikvörn getur gefið nokkuð breytilega kornastærð, háð hráefnasamsetningunni. Það á þó einkanlega við um ólíkar mjölgerðir, en síður þegar mismunandi olíur voru skoðaðar. Við mölun köggla með þeirri aðferð sem notuð var verður að hluta til fínkorna duft en gatastærð sigtis ræður síðan hversu stór korn komast í gegn. Fínduftið leiðir til þess að fóðrið hefur tilhneigingu til að þjappast nokkuð saman í smáar kökur, þó kekkirnir losni í sundur þegar þeir koma í vatnið. Þetta, auk breytilegrar kornastærðar, kann að hafa áhrif á fóðurtökuna, sérstaklega í samanburði við verksmiðjuframleitt frumfóður, sem hefur mjög staðlaða kornastærð og vel afmörkuð korn.

Í fínkornóttu fóðri, sem útbúið er með mölun og sigtun eins og hér var gert, má búast við að næringarefni leki auðveldar út úr fóðrinu og stöðugleiki þess í vatni sé minni en í verksmiðjuframleiddu fóðri.

Tegund plöntuhráefnanna í tilbúnum 6 mm þöndum fóðurkögglum hafði greinileg áhrif á hörku þeirra. Þannig voru fóðurkögglaþeir sem innihéldu hátt hlutfall repjumjöls greinilega harðari en aðrir köggla og erfiðara að mala þá niður. Það hefur mögulega áhrif á áferð kornanna sem til verða.

Mais-Glutenmjölið sem notað var var tæplega nægilega fín malað. Því mátti greina einstaka gul korn í duftinu eftir mölunina.

Einnig má vera að einstaka fóðurskorn eftir sigtun séu of stór fyrir seiði í fyrstu fóðurtöku og geti jafnvel staðið í þeim. Alltént er dánartíðnin jafnan hæst á fyrstu vikum fóðrunarinnar. Því er ályktað að áferð fóðursins og breytileg kornastærð geta haft áhrif á fóðurtökuna og lífslíkurnar, einkum á fyrstu stigum

Hugsanlega hafa þessi fódurtæknilegu atriði minni áhrif ef byrjað er með seiði sem eru komin nokkuð á legg (ca 250-350 mg) og sannanlega farin að taka þurrfóður. Við þá byrjunarþyngd er “náttúrulegur” dauði ræfla sem aldrei læra að taka fóður afstaðinn. Auk þess er vert að nefna að á fyrstu vikum smáseiðableikjueldis er vaxtarhraðinn hvað mestur (a.m.k. 5-7% dagvöxtur). Þrátt fyrir góðan vilja um staðlaðar aðstæður geta hverskonar smávægileg frávik í öðrum umhverfisþáttum en fódursamsetningunni, sem hafa bein eða óbein áhrif á vöxtinn, verið fljót að hafa áhrif til misvaxtar milli fiska innan og milli eldiseininga. Í flestum tilraunalotunum mátti greina slík kerjaáhrif innan meðferða.

6. Hluti. - Fóðrun á bleikju í sláturstærð með ólíku próteinhraefni í fóðri.

Efni og aðferðir

Fiskur og uppsetning tilraunar

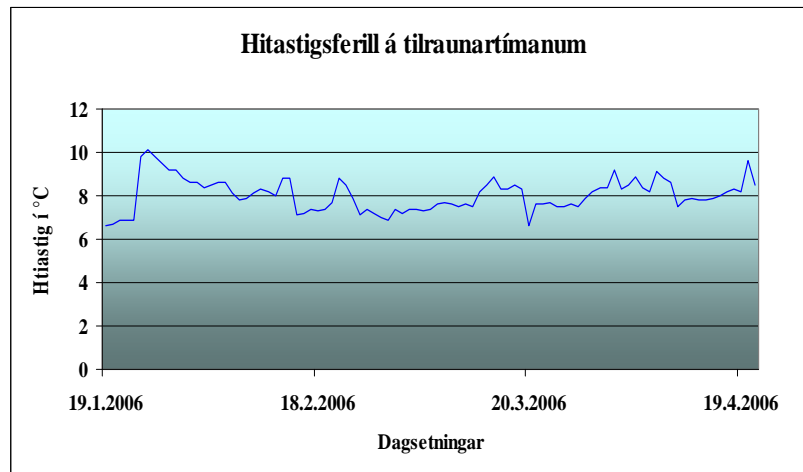
Í tilraunina voru notaðar bleikjur (*Salvelinus Alpinus*) frá Hólalaxi h/f í Hjaltadal. Fiskurinn var á þriðja ári (2+), upphafsmeðalþyngd $507,6 \pm 64,2$ gr. og meðallengd $34,8 \pm 1,58$ cm. Tilraunin var framkvæmd í fiskeldisstöð Hólalax h/f í Hjaltadal.

Samtals var 1800 fiskum dreift tilviljanakennt í 18 trefjaplastker, stærð 1,6m³ (2x2x0,4m), 100 fiskar í hvert ker. Allur fiskurinn var lengdar- og þyngdarmældur við upphaf tilraunarinnar. Hver meðferð (fóðurgerð) var í þrítekningu (samtals 300 fiskar/meðferð) og meðferðunum dreift tilviljanakennt í keralínuna. Fiskurinn var aðlagður að nýju umhverfi í tvær vikur áður en tilraunin hófst.

Vatnshiti á tilraunatímanum var sem næst 8°C (7-10°C) og miðað við að súrefnisstyrkur í frárennsli færi ekki niður fyrir 80% metnun. Fiskurinn var haldinn við stöðugt ljós (ljóslota 24:0). Tilraunin stóð í 131 dag (19 jan-31 maí).

Hiti og súrefni

Eldshitinn á tilraunartímanum var frá 7-10 °C (meðaltal = 8,03°C) og hélst nokkuð stöðugur (Mynd 12.). Súrefnisstyrkur var að meðaltali 9,4 mg/L og mældist aðeins einu sinni undir viðmiðunarmörkum sem voru 7 mg/L.



Mynd 12: Hitastig á tilraunartímanum.

Fóður og fóðrun

Sex ólíkar, en jafn orkuríkar (iso-energetic) fóðurgerðir voru framleiddar með hefðbundinni extruderingu af kögglastærð 6 mm. Fóðurgerðirnar innihéldu mismunandi próteinhræfni, plöntuprótein (soja og/eða repju) í mismunandi hlutföllum og ein fóðurgerðin innihélt aðeins fiskimjöl. Hrápróteinhlutfall (CP) var um 42% en hrá fita (CF um 23%). Hlutfall íbættrar sterkju var á bilinu 8-17,4% og aska á bilinu 7,8-9% (tafla 6). Í allar tegundir var bætt 1% kísil sem ómeltanlegu merkiefni til mats á meltanleika (ekki í LF 23, sjá umræður).

Fiskurinn var fóðraður allan sólarhringinn með sjálfvirkum beltafóðrara og handfóðraður lítilliga á morgnana til að fylgjast með fóðurtökunni. Dagleg fóðurgjöf var metin út frá lífmassa, áætluðum dagvexti og fóðurtöku og fóðrað ca 5-15% umfram mettun.. Dagleg fóðurgjöf var vegin og fóðurleyfum safnað með úrgangssafnara við frárennsli hvers kers. Umfram fóðurkögglar voru taldir og þyngd þeirra uppreiknuð út frá eðlismassa þurrfóðurköggla fyrir hverja fóðurgerð, til að meta fóðurnýtinguna og fóðurtökuna í hverju keru.

Vöxtur og þrif voru skoðuð á tilraunartímanum og afföll skráð og dregin frá fóðrunarmatinu.

Tafla 7. Fóðurtegundir, nöfn, númer og áætluð hráefnasamsetning (%)

Fóðurgerðir og innihald						
Tegund	Númer	Hráefni	Prótein	Fita	Sterkja	Aska
LF 23	(Control)	SU/SP/SOYA	42,5	25	8	9
SPER	509	SU	42	23	17,4	7,8
Repja 28	510	SU/REPJA	42	23	8	7,9
Repja 14	511	SU/REPJA	42	23	12,7	7,9
Soya 30	512	SU/SOYA	42	23	10,3	7,8
MIX	513	SU/SOYA/REPJA	42	23	8,3	7,9

*SU = Superior Loðnumjöl (LT)

*SP = Special loðnumjöl (NSM)

Lengdar og þyngdarmælingar

Lengdar- og þyngdarmælingar voru framkvæmdar ca. mánaðarlega. Í upphafs- og lokamælingu voru allir fiskar mældir og vegnir. Í millimælingum, sem gerðar voru til að fylgjast með þróun vaxtar og fôðurnýtingar, var helmingur fiska í hveru kerri einstaklingsmældur, en meðalþyngd hinna 50 mældur með talningu fiska og vigtun á heildarþyngd (bulk).

Fóðrun og dagleg umhirða

Fiskurinn var við stöðuga fóðrun allan sólarhringinn (24 tíma beltafóðrari). Daglegur fôðurskammtur var vigtaður og skráður niður fyrir hvert ker. Magn fôðurs sem gefið var hverju sinni var metið út frá fôðurleifum frá fyrra degi. Miðað var við 5-10% yfirfóðrun. Daglega voru allir fôðurköggjar í fôðurgildrum taldir og umframfôður metið. Hitastig var mælt og skráð daglega. Fiskurinn var hafður í stöðugu ljósi (24 klst. ljós). Afföll voru vigtuð til leiðréttingar á lífmassa, vegna mats á fôðurstuðli.

Mælingar á meltanleika

Þegar mæla á meltanleika fôðurs í lifveru er hægt að vigta nákvæmlega hvað hún innbyrðir mikið af næringu, safna svo öllum saur úr henni og finna meltanleika út frá hlutfallslegu magni næringarefna í úrgangi. Hjá fiski er bjarsýni að ætla að safna öllum saur og úrgangi þar sem slík söfun er erfið í vatni og næringarefni geta skolast burt. Því er notkun merkiefna heppilegri við mælingar á meltanleika. Merkiefni er sett í fôðrið þegar það er framleitt og fiskurinn étur það svo í réttum hlutföllum við fôðrið. Saur er svo kreistur úr fiskunum eða safnað með öðrum hætti og hlutfall merkiefnis í saur gefur hlutfallslegan heildarmeltanleika.

Til að aðferðin virki þarf merkiefnið að vera ómeltanlegt og það má ekki frásogast í þörmum fisksins. Einnig þarf merkiefnið að mynda einsleita blöndu með fôðrinu í gegnum meltingarveginn og má ekki hafa áhrif á starfsemi meltingarvegs. Algengustu merkiefni sem notuð hafa verið við mælingar á meltanleika í fôðri eru ómeltanlegar

trefjar, stálkúllur og Chromic oxíð (Cr₂O₃). Einnig þykir kísill vera mjög hentugt merkiefni til mælinga á meltanleika í fiski. Heildarmeltanleikastuðul (DC) er svo hægt að reikna út frá eftirfarandi formúlu 1:

$$DC = 100 - 100 \times \frac{\% \text{ Merkiefni í fódri}}{\% \text{ Merkiefni í saur}} \times \frac{\% \text{ Næringarefni í saur}}{\% \text{ Næringarefni í fódri}}$$

Í seinustu mælingu var safnað saur úr fiskunum til að meta meltanleika fódursins. Próteininnihald í saurinum var mælt með Kjeldahl- aðferð. Próteininnihald í saur var mælt til þess að hægt væri að leggja mat á próteinmeltanleika. Próteinmeltanleiki er reiknaður út frá eftirfarandi formúlu :

$$DC(\text{prótein}) = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ Merkiefni í fódri}}{\% \text{ Merkiefni í saur}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ Prótein í saur}}{\% \text{ Prótein í fódri}} \right)$$

Efnagreining á fiskholdi

Áhrif fódurgerðanna á efnafræðilega samsetningu fiskholds bleikjunnar var metið. Holdskýni úr flökum voru tekin til efnagreiningar við lok tilraunar, auk 0-sýnis, áður en tilraunin hófst. Átján bleikjur, aldar á hefðbundnu vaxtarfóðri voru teknar af handahófi til efnagreiningar, flakaðar, beinhreinsaðar og holdið hakkað niður. Sex bleikjur voru notaðar í hvert sýni og því svo skipt niður í þrítækningu til að fá sem nákvæmastar niðurstöður. Bleikjur í 0-sýni komu úr sama hópi fiska og voru notaðir við fódurtilraunina. Vatnsmagn (hlutfall) í holdi, próteinhlutfall, fituinnihald og aska voru mæld. Einnig var gerð fitusýrugreining á fituhlutanum og amínósýrugreiningu á próteinhlutanum.

Efnagreining fódurs

Allar tegundir fódurs fóru í gegnum efnagreiningu og fór stærstur hluti tilrauna fram í rannsóknaraðstöðu Rf/Matís á Akureyri auk þess sem sýni voru send í amínósýrugreiningu til Reykjavíkur. Þeir þættir sem mældir voru og þær aðferðir sem við það var beitt er talið upp hér að neðan. Unnið var eftir leiðbeiningarheftinu Aðferðir við efnagreiningu á fódri og fiski¹⁾. Við allar mælingar á efnainnihaldi fódurs voru tekin 3 sýni af hverri fódurtegund til að tryggja sem mesta nákvæmni.

Próteinmælingar

Beitt var hefðbundinni Kjeldahl mælingu við mælingar á próteinmagni í fódri. Skipta má henni í þrjú meginstig:

¹ Atkinson (1984)

Melting: Mulið fóður var vigtað nákvæmlega og komið fyrir ásamt meltunartöflu í Tecator meltunarglas. Sýnið er svo soðið í megnri brennisteinssýru við ca. 420°C í 3 klst. eða þar til það er orðið fullmelt.

Eiming: 40% NaOH er bætt út í lausnina til að breyta formi köfnunarefnis úr NH₄⁺ jónum yfir í ammoníak (NH₃). Ammoníakið er eimað í Kjeldahl-eimingartæki yfir í kolbu með 4% bórsýrulausn.

Títrun: Sýni er að lokum títrað með staðlaðri 0,1N saltsýrulausn (HCl) til að leggja mat á magn ammoníaks.

Hlutfall köfnunarefnis var reiknað út frá títrunarrúmmáli og leiðrétt með títrunarrúmmáli blanksýna. Hlutfall köfnunarefnis er margfaldað með stuðlinum 6,25 til að fá út hlutfall próteins þar sem 16% af aminosýrum er köfnunarefni, $100/16 = 6,25$ og hlutfall próteina reiknað.

Mælingar á vatnsinnihaldi

Um það bil 5 g. af sýni voru vegin nákvæmlega og sett í postulínsskálar sem vegnar höfðu verið nákvæmlega með sandi í. Sýnin voru þurrkuð við 104°C í 4 klst. og láttnar kólna í þurrköskum. Að lokum voru þær vegnar og þyngd þeirra dregin frá upphafsgildum og gefur það magn þess vatns sem hafði gufað upp við þurrkun.

Mælingar á fitu

Við mælingar á fituinnihaldi var notuð Soxhlet-aðferð sem byggir á því að fjarlægja fitu úr matvælum með því að láta lífrænan leysi hringsóla í gegnum sýnið þar til öll fita er komin úr því. Aðgerðin er framkvæmd í svo kölluðum Soxhlet eimingarbúnaði. Sýnum sem notuð höfðu verið við vatnsmælingar var komið fyrir í þar til gerðum hólkum sem passa í eimingarbúnaðinn. Kúlufloškum með suðusteinum sem vigtaðar voru nákvæmlega er komið fyrir á hitahellum undir eimingartækjunum. Þegar kveikt er á eimingarbúnaðinum hringsólar leysirinn, sem var ether í þessu tilviki, um kerfið og drýpur reglulega í gegnum sýnið, dregur með sér alla fitu og hafnar í kúlufloškunni. Þar sem hiti er undir floškunum gufar etherinn aftur upp en fitan situr eftir í floškunni. Sýnin eru í tækjunum í 6 klst. og þá eru floškurnar fjarlægðar, ether fjarlægður úr kúluflošku á eimsvala og floškur þurrkaðar í hitaskáp. Þyngd fitu í floškunni er dregin frá þyngd sýnis úr vatnsmælingu og þannig fæst hlutfall fitu í sýni.

Mælingar á aminosýrum

Aminosýrur í fóðri og flökum (holdi) var greindar með vökvagreini (HPLC) hjá Analiten í Svíþjóð.

Öskumæling

Sýni voru vegin nákvæmlega í vegnar postulínsdeiglur og glædd á gasloga. Deiglum var svo komið fyrir í ofni við 550°C og láttn standa yfir nótt eða þar til aðeins askan er eftir.

Mismunur á þunga deiglu fyrir og eftir öskun gefur öskumagn sem er reiknað sem hlutfall af heildarþunga sýnis í upphafi.

Eðliseiginleikapróf

Gerðar voru tilraunir varðandi eðliseiginleika fódursins og miða þær að því að athuga helstu þætti sem skipta máli eftir að fódrið kemur í eldisvökvann. Fyrir utan að þurfa að uppfylla allar þarfir fiska um helstu næringarefni þarf fódur einnig að uppfylla kröfur er varða eðliseiginleika. Atriði eins og vatnsbindieiginleikar, sökkhraði og hversu fljótt kögglarnir losna í sundur í vatni skipta miklu máli.

Sökkhraði

Sökkhraðamælingar miða að því að mæla þann tíma sem tekur fódur að sökkva ákveðna vegalengd. Stórt ílangt glerílat var notað og í því voru 10 lítrar af saltvatni (40%) sem var 10°C. Málband var notað til að mæla hæð frá vatnsborði og niður á botn og einnig til að mæla þá hæð sem kögglarnir féllu úr. Merking var sett við þá hæð sem kögglarnir féllu úr til að hún yrði alltaf sú sama. Tíu fódurpillur voru láttnar falla í vatnsmassann og var tími mældur sem það tók fyrstu 4 fódurköggla að ná til botns. Þeir kögglar sem voru enn í yfirborði voru taldir þegar 1 mínúta var liðin frá því þeir féllu í vatnið og var þetta endurtekið 3 sinnum fyrir hverja fódurtegund.

Endingartími

Tuttugu og fimm g. af hverri fódurtegund voru vegin, sett í bikarglös og út í það bætt 100 g. af vatni. Fódrið var látið standa í vatninu í annars vegar eina klukkustund og hins vegar í einn sólahring. Eftir tilsettan tíma var fódurinu lýst og það skráð niður. Athugað var hvort það myndi loða saman, hvort áberandi fíta væri í vökvannum, hvort það væri komið í graut í glasinu og hvort það væri mjúkt í gegn (nuddað milli fingra).

Purrefnistap

Fódur var vigtað nákvæmlega, sett í bikarglös með hreinu vatni og látið standa í 24 klst. við stofuhita. Eftir sólahring var fódrið sett í sigti og vökvinn látinn síga af. Fódrið var sett á vegnar skálar og komið fyrir í þurrkofni við 98°C í 3 sólahringa. Skálar voru að lokum teknar út og vigtaðar og unnið úr niðurstöðum eftir eftirfarandi formúlu:

$$\text{Purrefnistap} = \frac{(\text{ÞyngdFóður}_1 \times \text{Purrefni}) - (\text{Fóður eftir þurrk})}{\text{ÞyngdFóður}_1} \times 100$$

Vatnsbindieiginleikar

Vigtuð voru út 6,25 g. af fóðri og sett í skilvinduglös með annars vegar 30‰ saltlausn og hins vegar með 5‰ saltlausn og var vatnsmagn vegið nákvæmlega í glösin. Glösin voru látin standa við stofuhita í 30 mínútur og hrist varlega upp í þeim við og við. Því næst var þeim komið fyrir í skilvindu og látin ganga við 5000 snúninga á mínútu í 30 mínútur. Vatn sem skildist frá var svo vegið nákvæmlega og vatnsbindieiginleikar reiknaðir út með eftirfarandi formúlu:

$$\text{Vatnsbindieiginleikar}(\%) = \frac{\text{Vatn}_{inn}(g) - \text{Vatn}_{út}(g)}{\text{Fóður}(g)}$$

Fóðurstuðull og fóðurtap

Fylgst var með fóðurtapi í tilrauninni og einnig reiknaður út raunverulegur fóðurstuðull. Raunverulegur fóðurstuðull segir nákvæmlega til um hvað mikið fóður þarf til að láta fisk vaxa um tiltekna þyngd í kg. Þeir fóðurköggla sem ekki voru étnir söfnuðust í fóðurgildrum og voru taldir daglega. Eðlismassi var reiknaður fyrir hverja fóðurtegund og meðalþyngd köggla einnig svo hægt væri að reikna út fóðurtap í kg. Þyngd étins fódurs í formúlunni er því mismunur á því fóðri sem gefið var í kerid og því sem kom í fóðurgildru.

$$FCR = (\text{kg étid fóður}) \times (\text{kg lokalífmassi} + \text{kg dauðir fiskar})^{-1}$$

Út frá upplýsingum um fóðurstuðul er einnig hægt að reikna út próteinnýtingarhlutfall (Protein Efficiency Ratio, PER). PER gefur upplýsingar um hversu vel próteinið í fóðrinu nýtist til vaxtar og er metið út frá magni fódurs, próteininnihaldi þess og lífmassabreytingu:

$$PER = (\text{Þyngd}_2 - \text{Þyngd}_1 \times \text{innbyrgt prótein}^{-1}) \times 100$$

Vöxtur og vaxtarútreikningar

Fiskar voru að jafnaði lengdar- og þyngdarmældir mánaðarlega og heildarlífmassi, meðalþyngd og meðallengd fyrir hvert ker reiknað út eftir hverja mælingu. Einnig var holdstuðull (Condition Factor) reiknaður en hann segir til um líkamlegt ástand fisksins og metur hlutföll milli lengdar og þyngdar. Holdstuðull var reiknaður út frá formúlunni:

$$CF = (\text{Þyngd}(g) * L^{-3}(cm)) \times 100$$

Ekki er nóg að meta vöxt fiska með því að einblína á þyngdaraukningu m.a vegna stærðarmismunar innan hópa. Betri mynd má fá af vexti með því að skoða dagxöxt í

prósentum (Specific Growth Rate, SGR). SGR var reiknað út milli mælinga og í lok tilraunar eftir formúlunni:

$$SGR = (\ln \text{þyngd}_2 - \ln \text{þyngd}_1 \times \text{dagafjöldi tilraunar}^{-1}) \times 100$$

Niðurstöður

Efnagreiningar

Tafla 8 Efnagreiningar fódurs og 0- sýnis (bleikjuhold)

<i>Tegund</i>	<i>Númer</i>	<i>Hráefni</i>	<i>Fita</i>	<i>Prótein</i>	<i>Vatn</i>	<i>Aska</i>	<i>Samtals</i>
LF 23	Control	SU/SP/SOYA	22,14%	41,79%	6,08%	11,26%	81,27%
SPER	509	SU	21,86%	39,38%	9,16%	9,22%	79,62%
Repja 28	510	SU/REPJA	21,54%	39,26%	9,39%	9,38%	79,58%
Repja 14	511	SU/REPJA	22,95%	39,19%	7,37%	8,39%	77,90%
Soya 30	512	SU/SOYA	21,18%	39,65%	7,30%	9,48%	77,60%
MIX	513	SU/SOYA/REPJA	19,79%	39,87%	8,47%	9,31%	77,45%
Efnagreining bleikju			9,71%	20,47%	69,63%	1,22%	

Eðliseiginleikar

Tafla 9. Niðurstöður fyrir sökkhraða, þurrefnistap, vatnsbindieiginleika og endingu.

<i>Eðliseiginleikar fódurs</i>						
Fóðurtegund	509	510	511	512	513	LF 23
Sökkhraði (sek/metra)	32,1	32,6	9,3	11,4	13,1	11,4
Þurrefnistap (%)	17,3	17,7	15,4	17,7	15,7	14,1
Vatnsbindieiginleikar (5‰)	126,0	107,9	36,8	90,2	66,1	52,1
Vatnsbindieiginleikar (30‰)	108,7	98,8	43,9	87,2	85,3	60,9
Ending fódurs	A	C	F	E	D	B

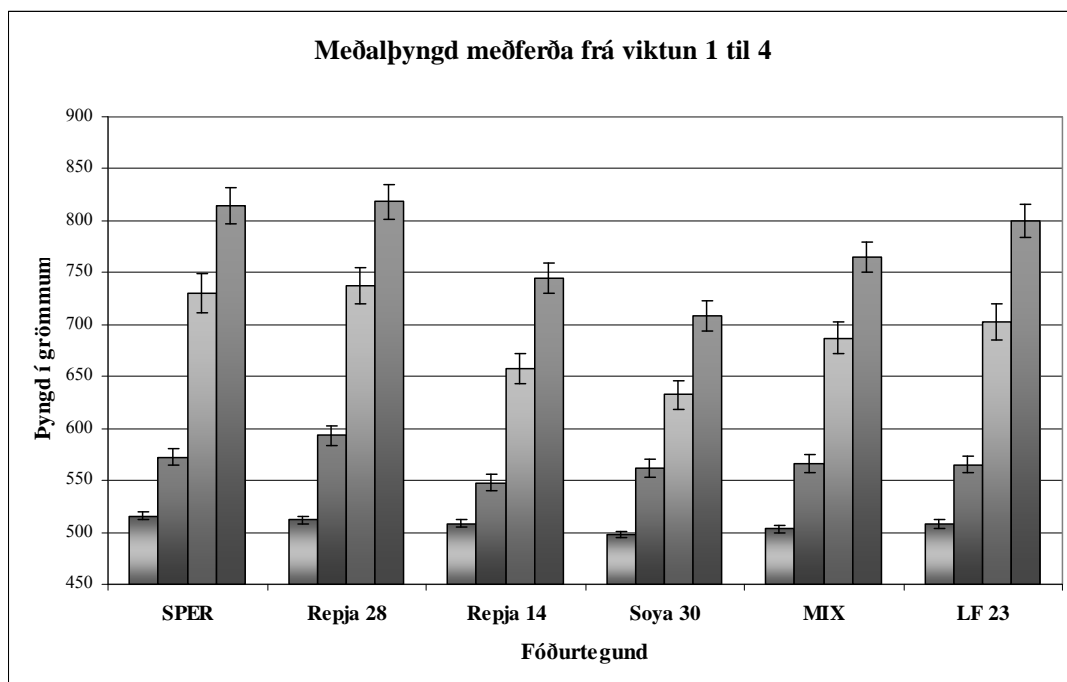
Gerðar voru 3 mælingar á sökkhraða á hverri fóðurtegund og var mjög lítil munur milli mælinga á hverri tegund nema á fóðri 510 (Repja 28%) og var meðaltalstími tekin fyrir 10 mælingar.

Einkunn var gefin fyrir endingu fódurs frá A (best) til F (lakast). Fóður sem innhélt aðeins fiskimjöl (SPER) sem próteingjafa hafði besta endingu en Repja 14 var lakast og losnaði frekar auðveldlega í sundur í vatninu. Annars var ending fódurs nokkuð góð í heildina og hægt að lesa nánar um endingu hvernar fóðurtegundar fyrir sig í viðauka.

Vöxtur

Gerð var fervikagreining (Nested Anova) með 95% öryggismörkum til að skoða hvort tölfræðilega væri marktækur munur á lengd, þyngd og holdstuðli milli meðferða og endurtekninga í tilrauninni. Í upphafsmælingu var marktækur munur ($P < 0,05$) bæði á milli meðferða (fóðurtegunda) og einnig milli endurtekninga innan hversrar meðferðar.

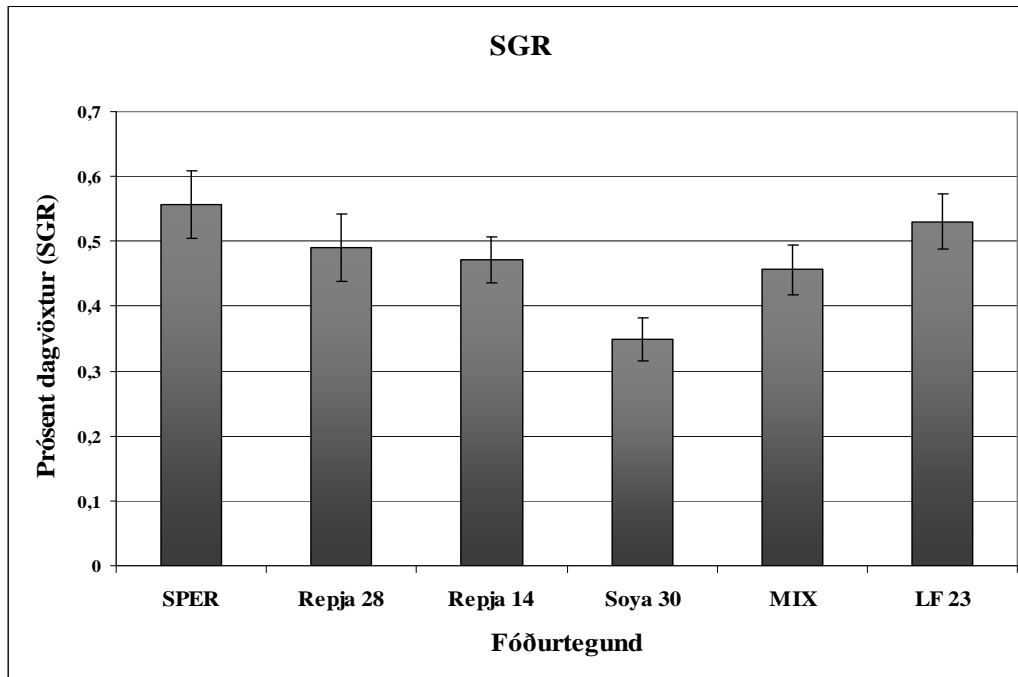
Lakastur var vöxtur hjá þeim hópum sem fengu Soja 30 (512). En tölfræðilegur marktækur munur milli meðferða í upphafi gerir það að verkum að ekki er gott að segja hvort munur vaxtar skýrist að einhverju leyti vegna óheppilegs vals á einstaklingum í þá hópa. Ef skoðuð eru gröf (Mynd 13) fyrir upphafs- og lokabyngd má sjá að þeir fiskar sem fengu Soja 30 voru minni í upphafi tilraunar og þessi stærðarmunur helst út tilraunina. Þrátt fyrir þennan tölfræðilega mun í upphafi er afar áhugavert að sjá hvað þeir fiskar sem fengu fóður 510 (28% repja) uxu vel á meðan tilrauninni stóð og náðu að lokum mestri meðalþyngd allra hópa (Mynd 14).



Mynd 14. Þróun meðalþyngdar meðferða á tilraunatímanum. Mælidagar eru 4 með upphafsþyngd.

Til að leiðrétta fyrir stærðarmun innan hópa er hægt að skoða dagvöxt í prósentum (SGR). Þegar dagvöxturinn er borinn saman milli hópa kemur í ljós að mestur dagvöxtur var hjá þeim fiskum sem fengu fóður sem innihélt aðeins fiskimjöl (SPER), næst hjá þeim sem fengu LF 23 (control) og Repja 28 kemur þar á eftir (Mynd 15). Áberandi lakastur dagvöxtur var hjá þeim hópum sem fengu 30% soja (Soja 30). Dagvöxtur var

ekki reiknaður fyrir fyrsta tímabil þar sem fiskarnir voru að venjast fóðrinu og fódurtap yfirleitt mikið. Dagvöxtur var reiknaður út fyrir hvert ker fyrir sig milli tímabila 3/2, 4/3 og 4/2 og meðaltal tekið af því.



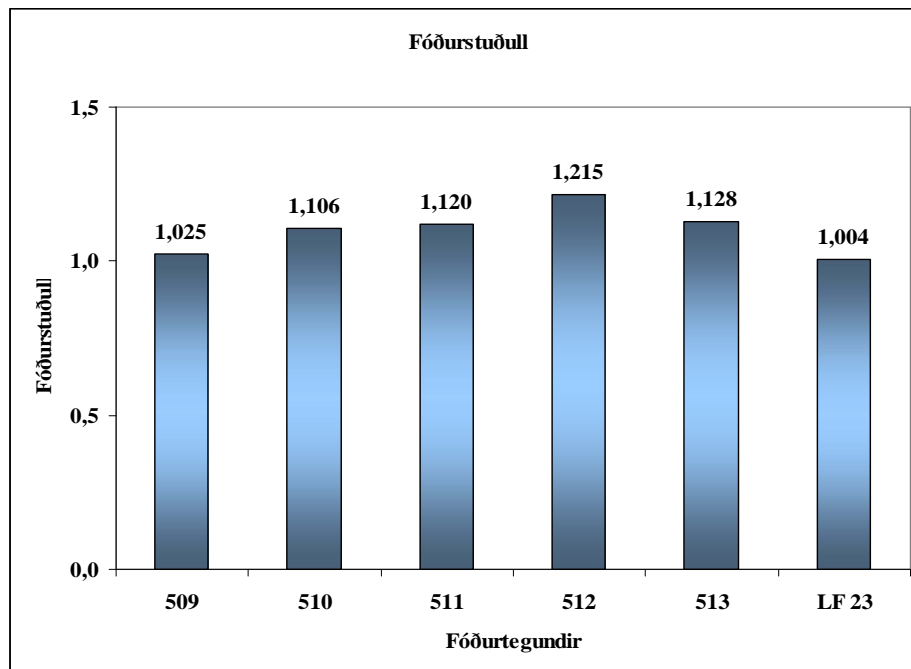
Mynd 15. Meðal dagvöxtur á tilraunátímanum í prósentum +/- SE. (n=3)

Fóðurstuðull og fódurtap

Fóðurstuðull (Mynd 16./Tafla 7.) var ekki reiknaður fyrir allt tímabil tilraunarinnar því að fiskar höfðu verið í nokkuð löngu sveltum fyrir fyrstu fódurgjöf og því var fódurtap mikið fyrstu dagana. Fyrstu dagana var fódurtap metið eftir númerakerfi en nákvæm talning hófst 14. febrúar og ná nákvæmari útreikningar á fóðurstuðli aftur að þeim tíma. Prótein skilvirkni (PER, Protein Efficiency Ratio) var einnig reiknuð út fyrir sama tímabil og fóðurstuðull og kom fóður 509 best út, því næst LF 23 og svo Repja 28 en Soja 30 rekur svo lestina eins og í öðrum mælingum.

Tafla 10. Fóðurstuðull og PER

<i>Fóðurtegund</i>	<i>Fóðurstuðull</i>	<i>PER</i>
SPER	1,025	2,415
Repja 28	1,106	2,202
Repja 14	1,120	2,180
Soya 30	1,215	1,966
MIX	1,128	2,188
LF 23	1,004	2,329



Mynd 16. Fóðurstuðull fyrir hverja fóðurtegund frá 14 feb. til 21 apríl.

Mælingar á meltanleika

Framkvæmd var meltanleikarannsókn á fõðrunum sem notuð voru í þessari tilraun. Saur var safnað með kreistingu og kisill notaður sem ómeltanlegt merkiefni. Um var að ræða fyrstu slíka rannsókn sem gerð var í aðstöðunni sem er til staðar í Verinu á Sauðárkróki. Því var að hluta til um aðferðaþróun að ræða.

Niðurstöðurnar eru sýndar í Töflu 8. Eins og fram kemur í töflunni virðist hafa verið nokkur breytileiki í greindu innihaldi merkiefnis í mismunandi fõðrum, einnig eru gildin sem fundin eru fyrir meltanleika þurrefnis og próteins verulega hærri en fundist hafa í öðrum meltanleikarannsóknum sem gerðar hafa verið með svipaðri aðferðafræði og hér var notuð á öðrum laxfiskum. Það er því ástæða að taka þessum niðurstöðum með nokkuri varúð.

Tafla 11: Heildarmeltanleiki og próteinmeltanleiki mismunandi fõðra .

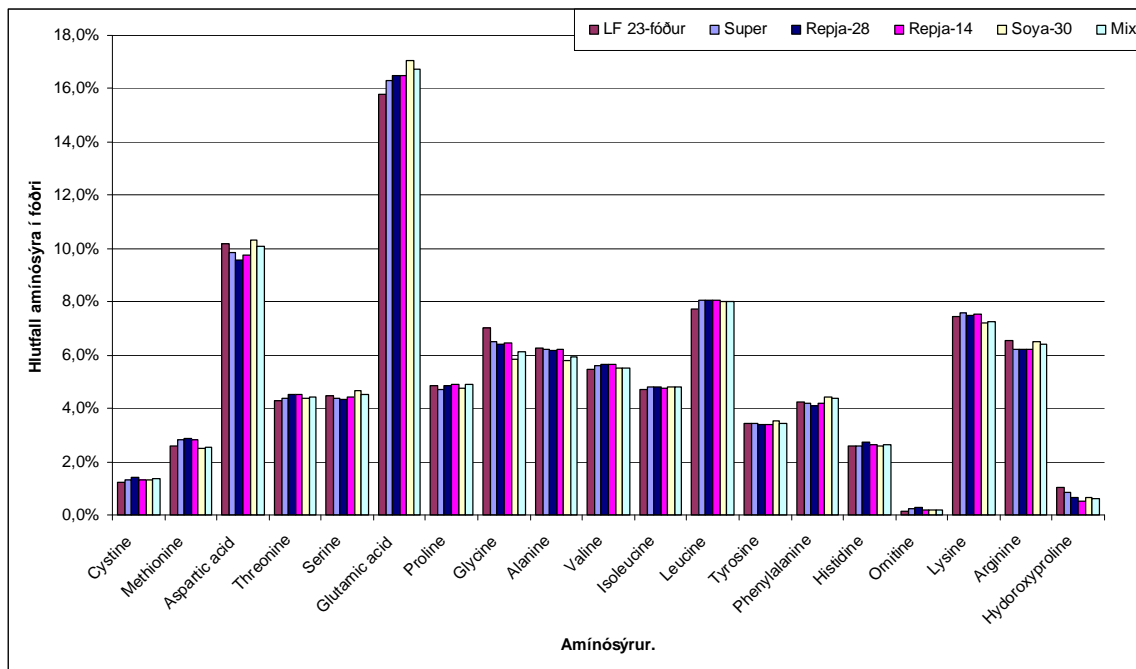
Fõður	%Prótein í fõðri	%Prótein í saur	%Merkiefni í fõðri	%Merkiefni í saur	%Heildar-meltanleiki	%Prótein-meltanleiki
509	39,87	22,18	0,64	6,29	89,79	93,80
510	39,38	25,34	0,79	13,91	94,29	96,79
511	39,26	24,66	0,91	12,39	92,63	95,25
512	39,19	20,44	0,83	13,97	94,07	96,27
513	39,65	20,44	1,04	15,01	93,07	99,96
LF 23	41,79	24,23	0,81	10,19	92,05	95,39

Afföll.

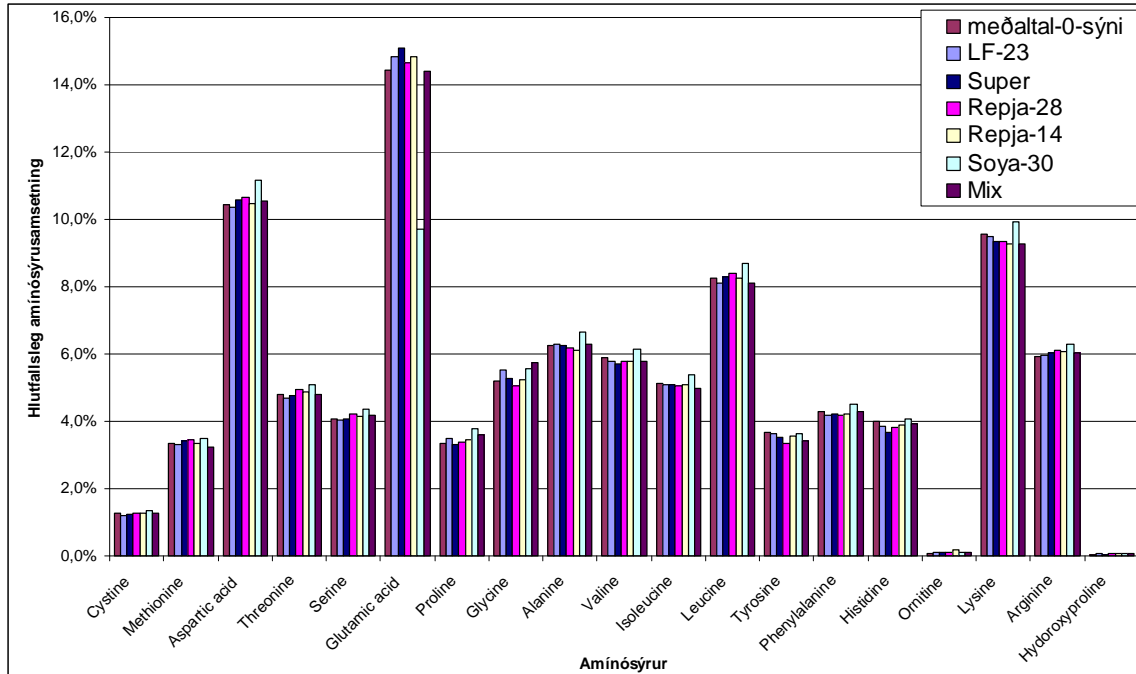
Afföll á tilraunátímanum voru mjög lítil (samtals 17 fiskar af 1800 = 0,01%) og ekki hægt að setja þau í samband við meðferðirnar (ólíkt fóður). Afföll urðu yfirleitt í kjölfar mælinga, þ.e. dauði í kjölfar meðhöndlunar, eða að fiskur stökk upp úr kerunum. Þyngdartap vegna affalla var tekið inn í mælingar á fóðurstuðli og fóðrun, en hafa lítil áhrif.

Amínósýruinnihald fóðurs og fisks.

Aminósýruinnihald var greint í fóðurgerðunum. Jafnframt var gerð greining á aminósýruinnihaldi fiskvöðva eftir vaxtartímabil, og borið saman við aminósýruinnihald í núllsýni (fiskur fyrir fóðrun með tilraunafóðri). Fiskurinn var fóðraður með LF-23 bleikjufóðri í aðdraganda tilraunarinnar.



Mynd 17: Hlutfallsleg aminósýrusamsetning í fóðurgerðunum 6 sem notaðar voru í tilrauninni.



Mynd 18. Hlutfallsleg aminosýrusamsetning í vöðvasýnum úr fiski fyrir tilraunafóðrun og úr fiski fóðruðum með ólíkum próteinhraefnum í 91 dag.

Hlutfallsleg aminosýrusamsetning mælist ákaflega sambærileg milli fóðurgerðanna (mynd 17). Við val á mjölgerðum sem próteinhraefni í fiskafóður þarf að taka tillit til aminosýrusamsetningarinnar. Einkanlega þarf magn lífsnauðsynlegra aminosýra að vera nægilegt svo skortur einstakra aminosýrugerða hamli ekki vexti, enda var stuðst við AA þarfir fiskanna við gerð fóðrana.

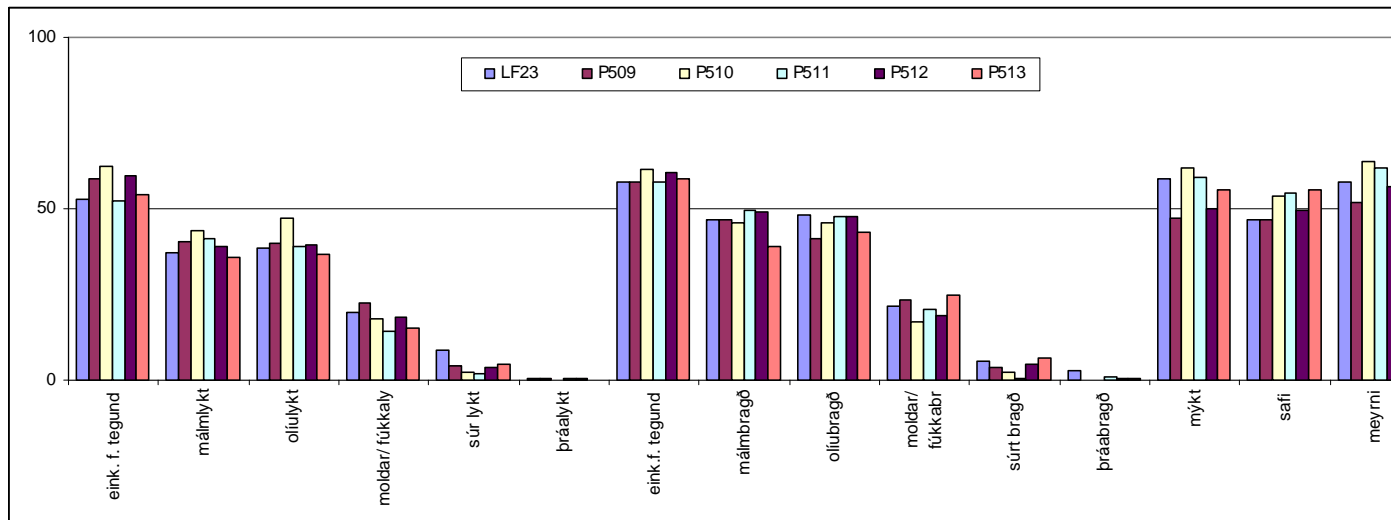
Hlutfallsleg aminosýrusamsetning í fiskholdinu er sýnd á mynd 18. Við samanburð á aminosýruinnihaldi fóðurs og fisks má sjá að innihaldið í fiskinum endurspeglar mjög innihaldið í fóðrinu. Mjög lítil frávik eru á aminosýruinnihaldi milli meðferðarhópa og hlutfallslegar breytingar frá upphafsgildi eru einnig mjög óverulegar. Aðeins er hægt að greina eitt umtalsvert frávik, en það er í fiski sem fékk 30 % sojamjöl (soja-30). Hlutfall aminosýrunnar glutamats er ríflega 32% lægra í fiskinum en í fóðrinu. Þar sem glutamat er ekki í hópi lífsnauðsynlegra aminosýra er ósennilegt að lækkaður styrkur þess í vöðva sé skýring á lakari vexti hópsins sem fékk soja-30 fóðrið, sé mælingin rétt. Því verður ekki annað séð en að aminosýrusamsetning fóðurgerðanna sé fullnægjandi fyrir fiskinn.

Skynmat á fiskflökum

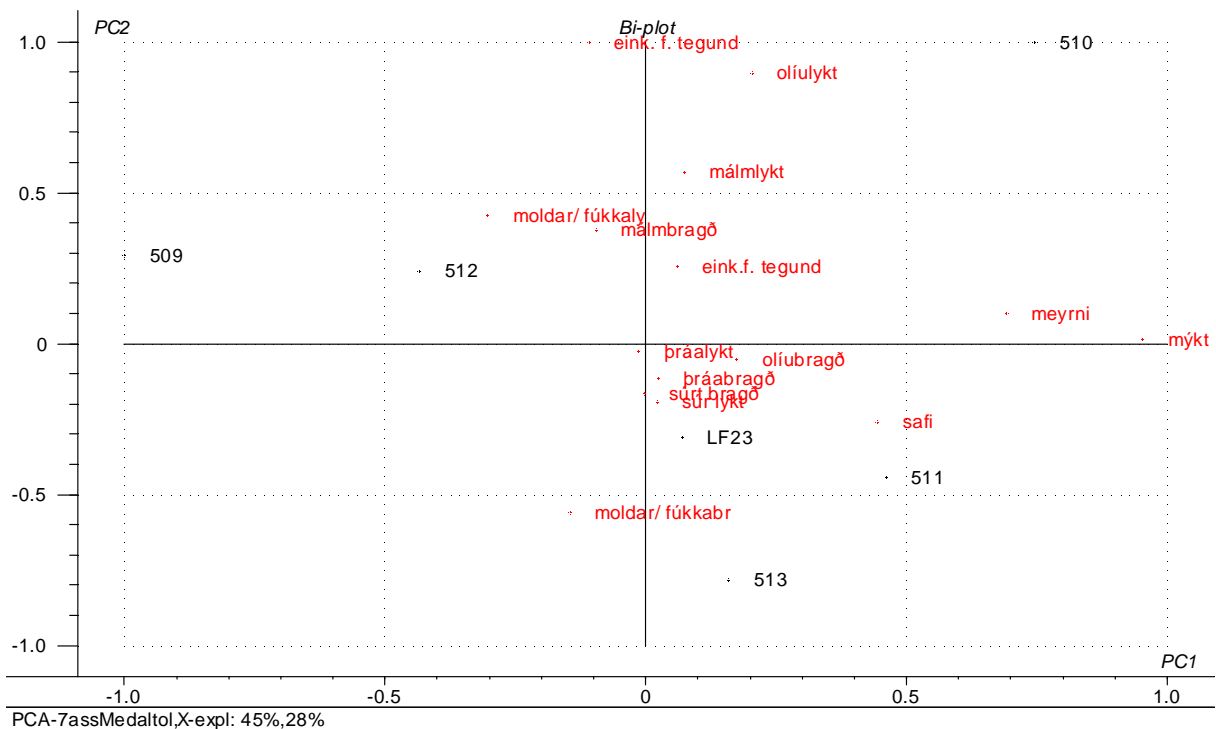
Í skynmatinu var notað notað svokölluð Myndræn greining (Quantitative Descriptive Analysis) en í því prófi eru skilgreindir matsþættir á soðinni afurð metnir af þjálfuðum dómurum. Myndræn greining felur felur í sér heildarlýsingu og styrkleikamat á öllum skynmatsþáttum: útlits-, lyktar, bragð- og áferðarþáttum. Varðandi samsetningu fóðra vísast til Töflu 7.

Tafla 12. Niðurstöður skynmats á bleikju, QDA gildi frá 0-100. Meðaltal dómara fyrir tvísýni í hverjum tilraunahópi fyrir hvern matsþátt

	LF23	509	510	511	512	513
eink.lykt f. tegund	53	59	62	52	59	54
málmlykt	37	41	44	41	39	36
olíulykt	39	40	47	39	39	37
moldar/ fúkkalykt	20	22	18	14	18	15
súr lykt	9	4	2	2	3	5
þráalykt	1	0	0	1	1	0
enk.bragð f. tegund	58	58	61	58	61	59
málmbragð	47	47	46	50	49	39
olíubragð	48	41	46	48	48	43
moldar/ fúkkabragð	21	23	17	21	19	25
súrt bragð	6	4	2	0	5	7
þráabragð	3	0	0	1	0	1
mýkt	59	47	62	59	50	56
safi	47	47	53	55	50	55
meyrni	58	52	64	62	57	59



Mynd 19. Niðurstöður skynmats á bleikju, qda gildi frá 0-100. Meðaltal dómara fyrir tvísýni í hverjum tilraunahópi fyrir hvern matsþátt.



Mynd 18. Höfuðþáttgreining sem sýnir hvaða skynmatsþættir lýsa breytileika tilraunahópa.

Mynd 18 sýnir hvernig mýkt og meyrni er sá matsþáttur sem lýsir fyrsta höfuðþætti, þ.e. breytileika milli 509 og 512 annars vegar og 510, 511, 513 og LF23 hins vegar. Öðrum höfuðþætti er lýst með einkennandi lykt fyrir tegundina og olíulykt.

Helstu niðurstöður úr skynmatinu urðu að fiskholdið í Super hópnum var marktækt ($P < 0.05$) mýkra en Repja 14, Repja 28 og LF 23 hóparnir. Einnig kom fram að moldar- og fúkkalykt var metin marktækt meiri í Super hópnum en í Mix hópnum. Það er mjög áhugavert að ekki greinist meiri munur í skynmati á milli fódurhópa þar sem umtalsverður breytileiki var á fódursamsetningu. Bragðmunur á milli fódurhópa reyndist ekki marktækur þannig að eftir því hefur allt að 30% hlutfall plöntumjòls í fódri ekki áhrif á bragðgæði bleikju.

Umræður og ályktanir

Þessi tilraun staðfestir að hágæðafiskimjöl fiskimjöl er gott próteinhraefni í bleikjufóður, og einnig virðist fódrið LF23 frá Laxá hf vera gott fóður. Sojamjöl í miklum mæli (30%) hentar hins vegar ekki vel í fóður fyrir bleikju. Mesta nýnæmið í þessari rannsókn er þó að bleikja virðist nýta repjumjöl vel sem próteingjafa.

Tilraunin gefur upplýsingar sem gagnast við bestun á fódri fyrir bleikju.

5. Hluti B. - Áhrif plöntuhráefna í fódri á vöxt bleikju í saltvatni.

Í þessum hluta var tilfallandi rými nýtt til að kanna áhrif sömu fódurgerða og skoðaðar eru í hluta 5-A, að undanskyldu fódri nr. 511, á vöxt og viðgang bleikju í söltu vatni.

Fiskur og eldisaðstæður.

Fiskurinn í þessa tilraun var 2+ fiskur frá Hólalaxi h/f, af sambærilegum uppruna og áður var notaður. Fiskurinn hafði verið alinn í 140m³ kerum í ferskvatni við náttúrulega ljóslotu, þéttleika um 60 kg/m³ og eldishita á bilinu 2-8°C. Seinni hluta nóvember var fiskurinn fluttur í rúmmeters ker (800 l vatnsrúmmál) þar sem selta var á bilinu 20-30%, vatnshiti um 6°C og stöðug ljós. Reynt var að aðlaga fiskinn að þessu umhverfi í 2-3 mánuði áður en fódurtilraunin hófst.

Fiski var dreift tilviljanakennt í 12 ker. Í hvert ker fóru 27 fiskar og var byrjunarmeðalþyngd 536,6g. Hver meðferð var í tvítekningu. Allir fiskar voru einstaklingsmerktir með örmerkjum (PIT-tag) svo hægt væri að fylgja eftir vexti hvers og eins. Örmerkjunum var komið fyrir í kviðarholi aftan við kviðugga.

Selta var sem næst 20%, þéttleiki um 20 kg /m³ og hitastig 6°C í byrjun en síðan hækkað í 8°C eftir fyrstu mælingu. Fiskurinn var við stöðugt ljós. Vatnið í kerin var endurnýtt (90%), loftað (losun á CO₂) og súrefnisbætt (low head oxygenator). Súrefni í kerunum var um 100-110% mettað. Hitastig, súrefnismettun og selta voru mæld og skráð daglega og vatnsstreymi stillt vikulega. Fiskurinn var lengdar- og þyngdarmældur á um þriggja vikna fresti.

Fóður og fóðrun.

Í þessari lotu var ráðrúm til að kanna áhrif 5 af 6 fódurgerðum, sem skoðaðar höfðu verið í lotu 5 – A, á vöxt. Hlutfallslegt efnainnihald fódurgerðanna er sýnt á töflu 12. Hver meðferð var í tvítekningu, og því samtals 54 fiskar í hverri meðferð. Fiskurinn var handfóðraður þrisvar á dag (á dagvinnutíma, kl: 08.00, 13.00 og 17.00). Dagleg fóðurgjöf var miðuð við fódurtöku fisksins og þess gætt að ævinlega væri fóðrað aðeins umfram fódurtöku (yfírfóðrun).

Tafla 13. Hlutfallslegt efnainnihald fódurgerðanna

Fódurgerð	númer	Próteinhraefni	Fituhlutfall	Próteinhlutfall	Vatn	Aska
Normal	LF 23	SU/SP/SOY	22,14 %	41,79 %	6,08 %	11,26 %
SUPER	509	SU	19,79 %	39,87 %	8,47 %	9,31 %
Repja 28	510	SU/RS	21,86 %	39,38 %	9,16 %	9,22 %
Soja 30	512	SU/SOY	22,95 %	39,19 %	7,37 %	8,39 %
MIX	513	SU/SOY/RS	21,18 %	39,65 %	7,30 %	9,48 %

.Mælingar.

Fylgst var með vexti fisksins á tilraunátímanum og hann lengdar- og þyngdarmældur á fjögura vikna fresti. Tilraunin stóð í 12 vikur.

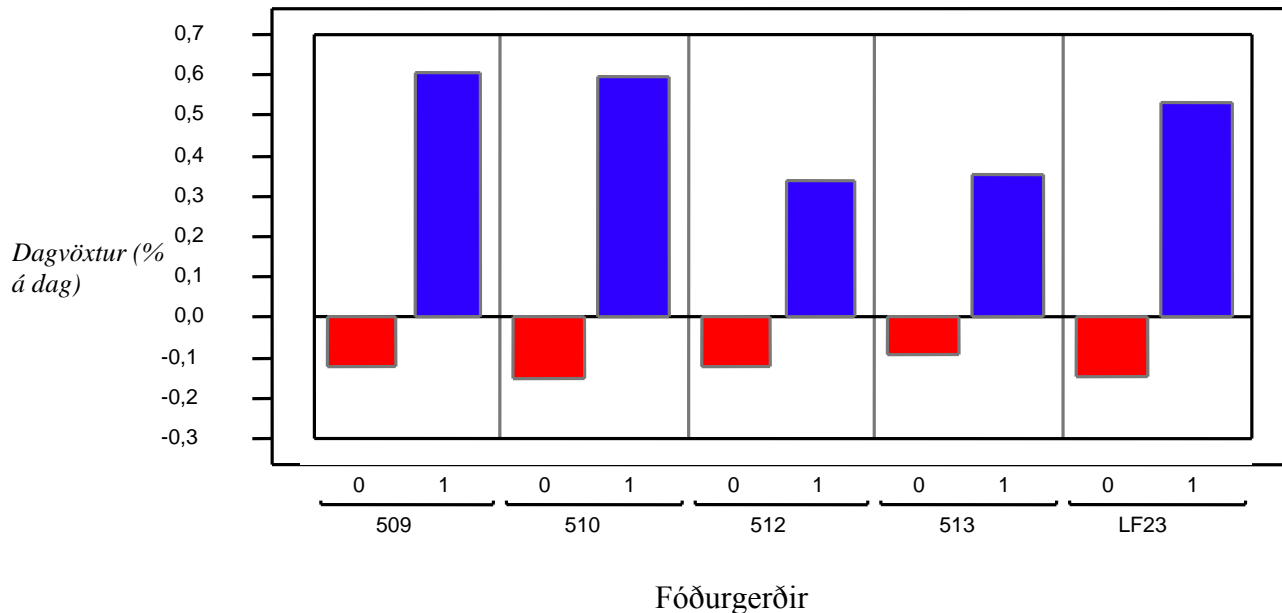
Vaxtarhraði (% dagvöxtur) fiska í hverri meðferð var reiknaður samkvæmt:

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) \times (t2 - t1)^{-1}$$

þar sem W1 er upphafsþyngd upphafs dags t1 og W2 er lokþyngd á degi t2

Niðurstöður

Fiskurinn í þessari tilraun átti greinilega í erfiðleikum með að aðlagast nýjum eldisaðstæðum, sem fólust í að koma í lítið rými, salt vatn og stöðuga ljóslotu, þrátt fyrir gefin aðlögunartíma. Aðeins hluti fisksins tók greinilega fóður og sýndi vaxtarviðbrögð á meðan aðrir átu ekkert og léttust á tilraunátímanum. Niðurstöðurnar eru þó birtar hér því þær eru í allgóðu samræmi við niðurstöður vaxtar fyrir fisk í ferskvatni sem fóðraður var með sama fódri og renna stöðum undir þær.



Mynd 19 : Dagvöxtur fisks fóðruðum með 5 ólíkum fóðurgerðum í saltvatni. 0= sá hluti fiskjar sem ekkert át og léttist á tilraunátímanum. 1 = sá hluti fiskjar sem greinilega tók fóður og þyngdist á tilraunátímanum.

Umræður og ályktanir

Niðurstöðurnar í þessum lið styðja í raun það sem fannst í ferskvatnstilrauninni í liðnum hér að ofan þó efniviðurinn sé takmarkaður.

Hluti 7: - Eldi bleikju í matfiskstærð með ólíkum fitugjöfum.

Í þessari lotu voru könnuð áhrif mismunandi fitu í fóðri á vöxt og fitusamsetningu bleikju í matfiskstærð.

Efni og aðferðir.

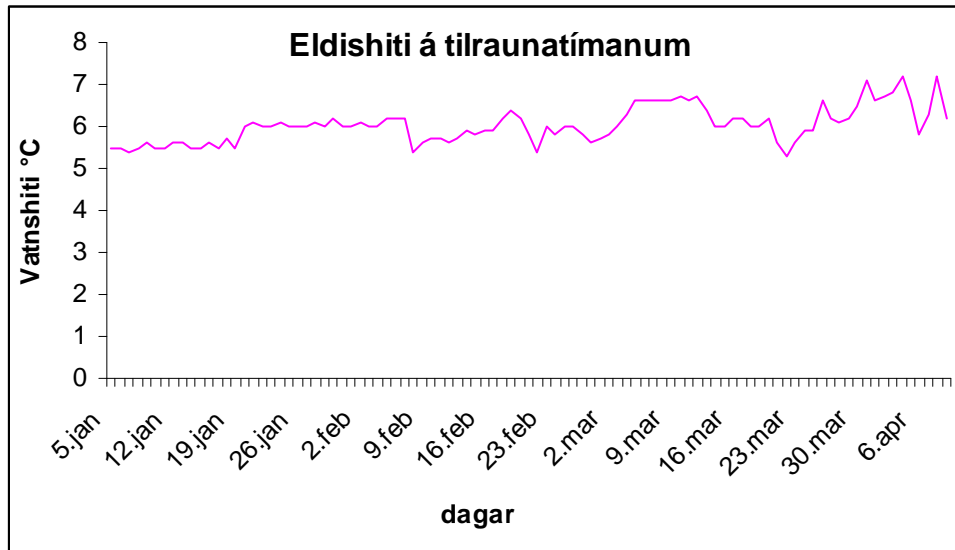
Fiskur og uppsetning tilraunar.

Í tilraunina voru notaðar bleikjur (*Salvelinus alpinus*) frá Hólalaxi h/f í Hjaltadal. Fiskurinn var á þriðja ári (2+), meðalþyngd í byrjun tilraunar var $550,2 \pm 139,2$ gr. og meðallengd $34,3 \pm 1,70$ cm. Tilraunin var framkvæmd í fiskeldisstöð Hólalax h/f í Hjaltadal.

Samtals 1620 fiskum var dreift tilviljanakennt í 18 trefjaplastker, stærð $1,6\text{m}^3$ ($2 \times 2 \times 0,4\text{m}$), 90 stk. í hvert ker. Fiskurinn var lengdar- og þyngdarmældur við upphaf tilraunarinnar og síðan á ca 4 vikna fresti, þar til hann hafði u.þ.b. tvöfaldað þyngd sína. Hver meðferð (fóðurgerð) var í þrítekingu (samtals 270 fiskar/meðferð) og

meðferðunum dreift tilviljanakennt í keralínuna. Fiskurinn var aðlagður að nýju umhverfi í 4 vikur áður en tilraunin hófst.

Meðaleldishiti á tilraunatímanum var um 6°C (5,3-7,2°C) og miðað við að súrefnisstyrkur í frárennsli færi ekki niður fyrir 80% metnun. Fiskurinn var haldinn við náttúrulega ljóslotu.



Mynd 20. Eldishiti á tilraunatímanum.

Fóður og fóðrun

Sex ólíkar, en jafn orkuríkar (iso-energetic) fóðurgerðir voru framleiddar með hefðbundinni extruderingu af kögglastærð 6 mm. Fóðurgerðirnar innihéldu sama próteinhraefni úr superior fiskimjöli og stefnt var á sama hrápróteinhlutfall (CP), um 42%. Fóðurgerðirnar voru með ólíka fitugjafa en hráfituhlutfall (CF) var um 23%. Fiturnar voru: A= lýsi (100%), B= sojaolía (100%), C= pálmaolía (100%), D= Pálmaolía (75%)+ lýsi (25%), E= Pálmaolía (50%) + lýsi (50%) og F= Pálmaolía (50%) + lýsi (25%) + sojaolía (25%).

Hlutfall íbættrar sterkju var um 17,4% og aska 7,8% (tafla 10). Í allar tegundir var bætt 1% kísil sem ómeltanlegu merkiefni til mats á meltanleika.

Fiskurinn var fóðraður allan sólarhringinn með sjálfvirkum beltafóðrara og handfóðraður lítilliga á morgnana til að fylgjast með fóðurtökunni. Dagleg fóðurgjöf var metin út frá lífmassa, áætluðum dagvexti og fóðurtöku og fóðrað ca 5-15% umfram metnun.. Dagleg fóðurgjöf var vegin og yfir tvö mælitímabil (6.feb.-6.mars og 8. mars-9. apríl) var fóðurleifum safnað með úrgangssafnara við frárennsli hvers kers. Umfram fóðurköggjar voru taldir og þyngd þeirra uppreiknuð út frá eðlismassa þurrfóðurköggjana fyrir hverja fóðurgerð, til að meta fóðurnýtinguna og fóðurtökuna í hverju kerri á tímabilunum tveimur.

Fylgst var með vexti og þrifum fisksins á tilraunatímanum, afföll skráð og dregin frá fóðrunarmatinu. Afföll á tilraunatímanum voru samtals 12 fiskar (0,74%).

Eftir að vaxtartilraunum með alla tilraunahópa lauk (11. apríl) voru allir fiskar fóðraðir með fóðri A sem einungis innihélt lýsi sem orkugjafa. Tilgangurinn var að finna hvort og hversu langan tíma tæki að umbreyta fitusýrusamsetningu fisks sem fóðraður hafði verið með mismunandi plöntuolíum.

Fóðurstuðull FCR var reiknaður út samkvæmt:

Étið fóður (gefið fóður – fóðurleifar) / þynging lífmassa (lokabyngd lífmassa + þyngd dauður fiskur – byrjunarþyngd lífmassa + meðalþyngd fiskur).

Lengdar og þyngdarmælingar

Lengdar- og þyngdarmælingar voru að jafnaði framkvæmdar ca mánaðarlega. Fiskur var svæfður í 0,3ml/l phenoxyethanol lausn. Allir fiskar voru vegnir og lengdarmældir á hverjum mælidegi.

Vaxtarhraði (% dagvöxtur) fiska í hverri meðferð var reiknaður samkvæmt:

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) \times (t2 - t1)^{-1}$$

þar sem W1 er upphafsþyngd upphafs dags t1 og W2 er lokabyngd á degi t2

Mæling á meltanleika.

Í fóðrið var blandað ómeltanlegu merkiefni (kísil) og var styrkur þess hafður um 1%, í þeim tilgangi að drekkja allri annarri ómeltanlegri ösku. Saur var safnað frá fiskinum, með kreistingu aftast úr gotrauf, einu sinni á mælidegi, og hann þurrkaður í þurrkskáp (24 tíma 105°C) til að ná sambærilegu þurrefnisinnihaldi og í fóðri. Hlutfall kísils í fóðri og saur var síðan metið með öskun og vigtun, eftir að önnur sýruleysin aska hafði verið leyst frá eftir suðu í 4M saltsýru.

Þurrefnismeltanleikinn var síðan reiknaður samkvæmt:

$$\%DC = 100 - 100 \times (\% \text{ marker í fóðri} / \% \text{ marker í skít}) \times (\% \text{ þurrefni í skít} / \% \text{ þurrefni í fóðri}).$$

Skynmat flaka og mat á efnainnihaldi.

Prufur úr öllum meðferðarhópum voru teknar eftir að fóðrunartímabili með ólíkum fóðurgerðum lauk (11. apríl) og eftir að tilraunahóparnir höfðu verið fóðraðir á fóðurgerð A í annars vegar 40 daga (25 maí) og hins vegar í 76 daga (26 júní).

Tilgangur skynmatsins var að kanna hvort mismunandi fitugjafar í fóðri hefðu áhrif á nokkra gæðaeiginleika, svo sem útlit, bragð, lykt og áferð. Skynmat var framkvæmt í lok

eldis á ólíku tilraunafóðri (97 daga), næst eftir 40 daga á fóðri sem innihélt lýsi sem fitugjafa (fóður A) og loks eftir 76 daga á sama fóðri (fóður A).

Viðbætt olía í fóðrinu er samkvæmt:

Fóður A: loðnulýsi (100%)

Fóður B: Sojaolía (100%)

Fóður C: Pálmaolía (100%)

Fóður D: Pálmaolía (75%) og loðnulýsi (25%)

Fóður E: Pálmaolía (50%) og loðnulýsi (50%)

Fóður F: Pálmaolía (50%), Sojaolía (25%) og Loðnulýsi (25%).

Framkvæmd

Skynmat

Sex sýnahópar (A, B, C, D, E og F) voru metnir með skynmati. Sýnin voru metin eftir myndrænu prófi, QDA aðferð (quantitative descriptive analysis), þar sem skilgreindir matsþættir voru metnir til að lýsa einkennum í útliti, bragði, lykt og áferð af þjálfuðum skynmatshópi (Hootman, 1992; Stone and Sidel, 1985). Tólf dómara sem allir höfðu reynslu í skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu.

Flestir matsþættir höfðu verið skilgreindir af skynmatshópi í fyrri verkefnum (t.d. Gines et al 2004) og voru þeir lagðir fyrir dómara í þjálfunartíma ásamt nokkrum sýnum sem meta átti með aðferðinni. Ákveðið var að bæta nokkrum matsþáttum við er vörðuðu áferðapáttinn “viðloðun,” aukalykt og aukabragð. Matsþættir voru 23 og er skilgreining og lýsing þeirra í töflu 1. Hver matsþáttur var metinn eftir styrk eða einkennum á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100.

Fyrir skynmat voru sýnin soðin, 30-40g fyrir hvern dómara, í álformi í gufuofni við 98°C í 5-6 mínútur. Sýnin voru metin heit, fjögur sýni í einu. Öll sýni voru dulkóðuð og hver sýnahópur var metinn í tvísýni. Skynmatsforritið Fizz var notað við uppsetningu, framkvæmd og úrvinnslu skynmats.

Litmælingar

Holdlitur var mældur með Minolta ljósbylgjumæli þar sem L-gildi (ljósleiki) frá 1-100, þar sem 1 er svart og 100 er hvítt, segir til um hversu ljóst eða dökkt flakið er, a*-gildi (a+ = rautt, a- = grænt) segir til um hversu rautt eða grænt það er og b*-gildi (b+ = gult, b- =blátt) segir til um hversu gult eða blátt flakið er. Alls voru mæld fimm flök úr hverjum hóp (A, B, C, D, E og F) og þrjú sýnapunktur voru mældir í hverju flaki.

Úrvinnsla

QDA gögn voru leiðrétt fyrir mismunandi notkun á skala samkvæmt aðferð lýst af Thybo & Martens (2000). ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd á leiðréttum gildum í NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) til að greina hvort tilraunahópar væru mismunandi með tilliti til skynmatsþátta (marktækur munur ef $p < 0,05$). Skynmatseinkenni tilraunahópa voru skoðuð með höfuðþáttagreiningu (Principal Component Analysis-PCA) í tölfræðiforritinu Unscrambler® (Version 8.0, CAMO, Trondheim, Norway).

Litgildi hópa sem mæld voru með Minolta ljósbylgjumæli voru borin saman í tölfræðiforritinu Sigmatat frá Systat, ANOVA og Tukey's test var notað til að greina hvort tilraunahópar væru mismunandi með tilliti til litgilda (munur metinn marktækur ef $p < 0,05$).

Tafla 14. Skynmatsþættir og skilgreiningar á þeim í QDA greiningu á bleikju.

Matsþáttur	Kvarði (0-100%)	Skilgreining
Lykt		
sæt/einkennandi	engin mikil	einkennandi lykt fyrir soðna bleikju
málmlykt	engin mikil	
fersk olía	engin mikil	fersk óskemmd olía
moldar/ fúkkalykt	engin mikil	moldar/fúkkalykt/jarðlykt
súr lykt	engin mikil	skemmdareinkenni
þráalykt	engin mikil	skemmdareinkenni
aukalykt	engin mikil	aukalykt, minnir t.d. á plástur, sótthreinsiefni
Útlit		
Litur	hvítur appelsínugulur	hve hvítt/appelsínugult er yfirborð sýnis
mislitur	engin mikil	hve mislitt er sýnið
gulur vökvi	litlaus gulur	hve gulur er vökvinn í boxinu
fitudropar í vatni	litlir og fáir margir og stórir	hvernig eru fitudroparnir í vökva boxins
hvítar útfellingar	ekkert mikið	hvítar útfellingar á eða á milli flaga sýnisins
Bragð		
sæt/einkennandi	ekkert mikið	eink bragð af soðinni bleikju
málmbragð	ekkert mikið	
olíu-/fitubragð	ekkert mikið	fersk olía
moldar-/fúkkabragð	ekkert mikið	
súrt bragð	ekkert mikið	skemmdareinkenni
þráabragð	ekkert mikið	skemmdareinkenni
aukabragð	ekkert mikið	aukabragð
Áferð		
mýkt	stinnur mjúkur	metið í fyrsta biti
safi	þurr safaríkur	metið þegar sýnið er tuggið
meyrni	seigur meyr	metið þegar sýnið er tuggið
viðloðun	engin mikil	viðloðun-límir saman tennur

Niðurstöður.

Fóður

Gerð og greind efnasamsetning tilraunafóðurs er sýnd í töflu 15

Tafla 15: Upplýsingar um tilraunafóður

Fituhráefni (gefin upp sem %)	Diet					
	FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
fiskalýsi	100			25	50	25
sojaolía		100				25
pálmaolía			100	75	50	50
Hráefni (g/100g)						
fiskimjöl	53.41	53.41	53.41	53.41	53.41	53.41
hveiti	27.46	27.46	27.46	27.46	27.46	27.46
merkiefni (celite)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral mix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Astaxanthin	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Cantaxanthin	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Heildar fita	17.07	17.07	17.07	17.07	17.07	17.07
Hlutfall (%)						
Efnagreiningar*						
Raki(vatn)	6.0	5.3	5.3	5.1	5.5	5.6
Heildar aska	7.8	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6
Heildar prótein	44.4	44.5	44.4	44.1	43.8	44.1
Heildar fita	21.3	21.7	21.8	21.9	22	22.1
Mælt celít innihald	0.91±0.01	0.87±0.04	0.95±0.04	0.88±0.07	0.90±0.02	0.94±0.04
Sökkhraði**	12.4±0.54a	12.7±0.58a	22.0±2.48b	17.7±3.97c	13.4±1.22a	15.6±0.85ac

*Efnagreiningar hafa fast gildi staðalfráviks $\pm 0,4$ fyrir heildar protein, fitu og vatn (raka). Staðalfrávik fyrir heildar ösku er $\pm 0,5$.

**Sökkhraði er metinn sem sá tími (sekúndur) sem tekur fóðurköggla að sökkva 1 metrar. Mælanlegur munur er auðkenndur með ólíkum bókstöfum. Öryggismörk voru sett við 95% ($P < 0.05$).

Magnefnasamsetning fóðranna var mjög svipuð eins og sést í Töflu 15. Nokkur munur var á sökkhraða fóðranna en ekki er líklegt að sá munur skipti afgerandi máli.

Meltanleiki

Samkvæmt Töflu 16 hefur val á fitugjafa tölverð áhrif, bæði á meltanleika fitunnar og einnig á meltanleika þurrefnis. Meltanleiki pálmaolíunnar viriðst vera nokkru minni en meltanleiki loðnulýsis og sojaolíu. Pálmaolían inniheldur meira af mettaðri fitu en hinar olíugerðirnar (sjá töflu 17).

Tafla 16. Meltanleiki þurrefnis(DM) og fitu(Lipid) í tilraunafóðrum

ADC**	Fóður*					
	FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
DM	62.0±7.2b	73.9±2.1a	48.5±9.6d	60.0±7.4bc	54.9±7.1c	64.9±9.8ab
Fita	80.1±7.2a	81.5±7.8a	35.9±12.9c	45.0±8.6c	65.0±3.0b	71.3±12.3b
GE	69.9±5.7b	79.2±1.6a	50.2±9.3d	63.0±6.8bc	60.9±6.1c	69.5±8.5b

*Gildi eru sýnd sem hlutfallslegt meðaltal (±SD) 6 safnmælinga samslegin úr 3 kerum hvorrar meðferðar. Ólíkir bókstafir tákna marktækan mun með 95% öryggismörkum (P<0.05).

**Sýnilegur meltanleikastuðull (ADC) er reiknaður út frá þurrefni (DM), heildarfitu og heildarorku (GE).

Fitusýrusamsetning fóðursins

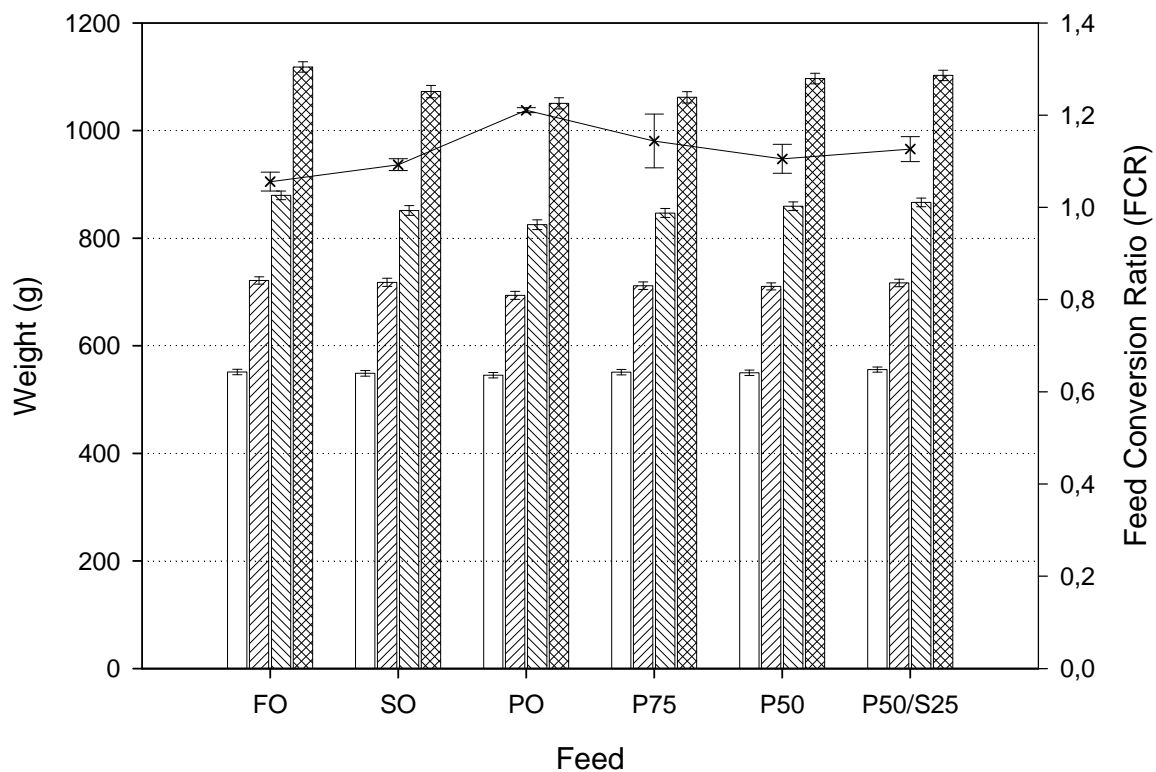
Yfirlit yfir fitusýrusamsetningu fóðurgerðanna er sýndur í Töflu17. Þar kemur fram verulegur munur fitusýruinnihalds eftir olíutegund og hlutföllum þeirra í fóðrinu. Fóður þar sem viðbætt fita er pálmaolía innihalda talsvert af mettuðum fitum (SFA), sem einkanlega er C: 16-0 (sjá töflu 1 í viðauka). Mismunandi hlutfall mettuðu fitunnar í fóðurgerðunum á líklega mestan þátt í mismunandi sökkhraða fóðursins (sjá töflu 13).

Fóðrið sem inniheldur sojaolíu hefur afgerandi hæst hlutfall n-6 fitusýra, sem að megninu til er C: 18-2; n-6 . Það endurspeglast síðan í fitusýruinnihaldi flaka í lok tilraunafóðrunar (tafla 20).

Tafla 17: Yfirlit yfir hlutfallslega fitusýrusamsetningu tilraunafóðranna

Fitusýrur: summa	Fóður					
	FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
Σ SFA	19.6	16.6	46.6	33.4	26.7	31.6
Σ MUFA	48.0	28.5	38.3	42.9	45.8	38.0
Σ n - 6	2.7	40.4	5.3	4.6	4.6	13.1
Σ n - 3	19.2	9.9	4.8	10.7	12.6	9.8
Heildar	92.7	96.0	95.6	93.3	91.6	93.8
óbekkt	7.3	4.0	4.4	6.7	8.4	6.2
Σ PUFA	25.1	51.0	10.7	17.0	19.1	24.3
n - 3/n - 6 hlutfall	7.1	0.2	0.9	2.3	2.7	0.7
ΣEPA +DPA +DHA	17.5	5.2	4.4	9.7	11.4	8.0

Vöxtur

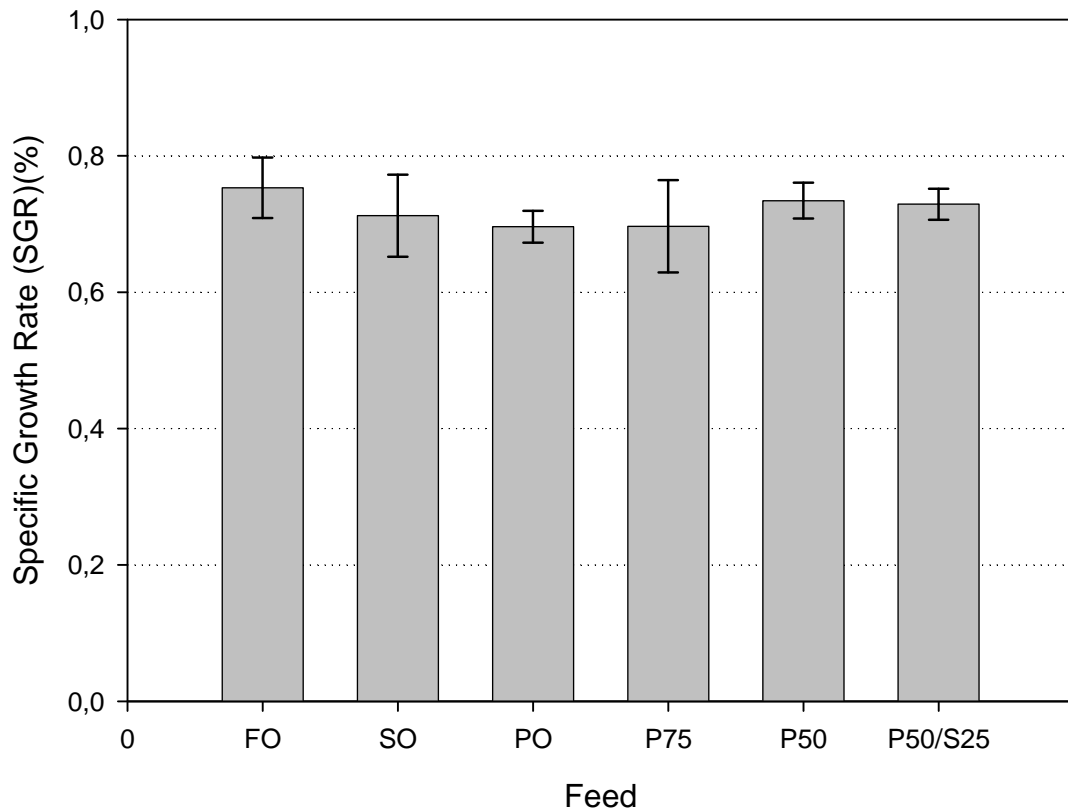


Mynd 21: Áhrif mismunandi fitugjafa á þróun lifandi þunga (g) og fóðurnýtingu (FCR)

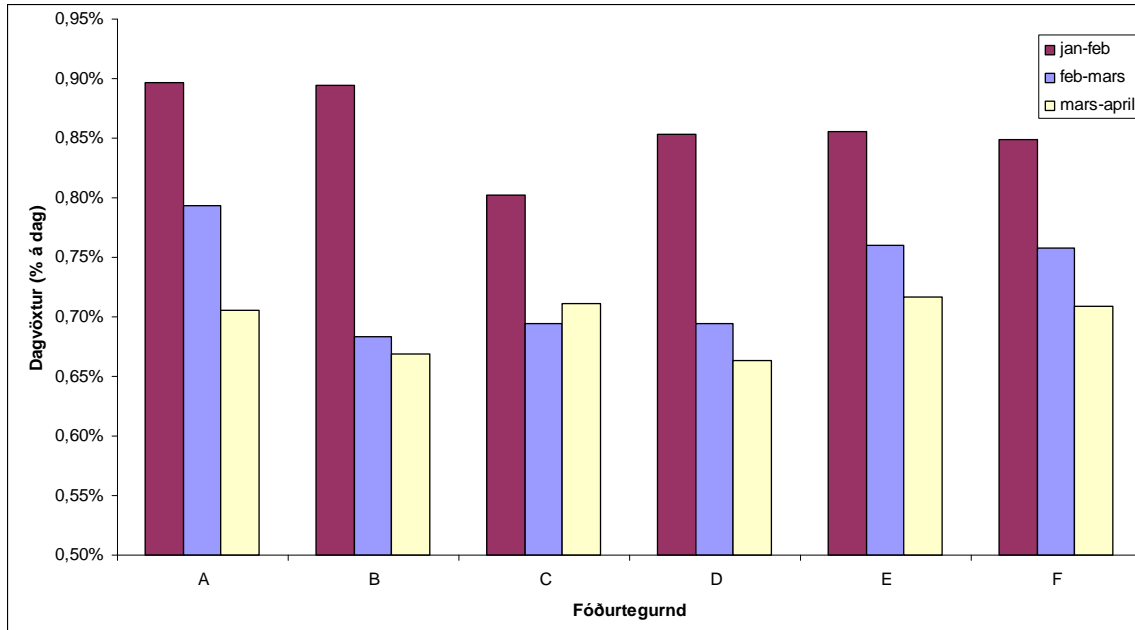
Mynd 21 sýnir að fiskurinn óx frá rúmlega 500 gramma þyngd upp í 1000 – 1100 grömm á tilraunátímanum. Ekki var um að ræða neinn marktækan mun á vexti sem skýra má með

mismunandi fitugjöfum í fóðrinu. Þetta endurspeglast í Mynd 10 sem sýnir áhrif fóðurgerðar á vaxtarhraða mældan sem % dagvöxtur SGR.

Fóðurstuðullinn er hins vegar hærri hjá þeim fiskum sem fengu verulegan hluta af fitunni á formi pálmaolíu(Mynd 9). Þegar tekið er tillit til mismunar í meltanleika milli fitugjafanna kemur það ekki mjög á óvart að fiskurinn sem fékk pálmaolíuna bregðist við með því að éta meira til þess að halda uppi vexti.



Mynd 22: Áhrif fitugjafa á vaxtarhraða (%SGR +/- SEM) yfir allt tímabilið á ólíku tilraunafóðri



Mynd 23 Dagvöxtur meðferðarhópa á einstökum tímabilum.

Fram kemur á Mynd 23 að dagvöxtur á fyrsta fóðrunartímabili er nokkuð lægri hjá hópnum sem fær 100% pálmaolíu en hjá öðrum hópum. Eins og fram kemur í töflu 14 er sökkhraði pálmaolíufóðurs lægri en hinna fóðurgerðanna. Þarna gæti legið nokkuð samhengi. Við fóðrunina var einkennandi að pálmaolíufóðrið hafði mikla floteiginleika. Hugsanlega hefur tekið fiskinn nokkurn tíma að átta sig á fóðrinu og fóðurtakan því verið heldur minni í byrjun á 100% pálmaolíufóðri en hjá öðrum fóðurgerðum. Næstu tímabil er munurinn orðinn minni milli fóðurgerða og því má hugsa sér að fiskurinn hafi aðlagast fóðrinu. Þetta gæti einnig haft áhrif á fóðrustuðul, til hækkunar.

Samsetning afurða

Tafla 18: Lengd, þyngd, lifrarhlutfall, holdstuðull og slægingatap fisks við lok tilraunafóðrunar (ólíkir fitugjafar) og eftir framhaldsfóðrun á lýsi sem orkugjafa.

		Fjöldi í sýni(n)	Þyngd (g)	Lengd (cm)	Lifrarhlutfall (%)	Holdstuðull (K)	Slægingatap (%)
4.jan	Byrjun	13	634,9±61	36,2±1,0	1,74 ±0,3	1,33±0,07	8,33±1,3
11.april	Fóður						
a	FO	13	1143,8±190	41,0±2,3	1,99±0,2	1,65±0,07	12,56±1,59
b	SO	13	1095,6±159	40,5±1,7	1,92±0,2	1,64±0,09	12,32±1,53
c	PO	13	1079,1±146	40,9±1,6	1,97±0,3	1,57±0,12	12,19±1,44
d	P-75	13	1189,1±189	41,9±1,6	1,95±0,22	1,61±0,11	12,76±1,36
e	P-50	13	1122,0±116	40,5±1,5	1,82±0,2	1,69±0,1	11,53±2,05
f	P50/S25	12	1150,3±178	41,1±1,3	1,89±0,19	1,64±0,11	12,21±1,57
21.mái							
a	FO	8	1365,6±220	43,1±2,1	1,98±0,22	1,69±0,08	10,83±0,97
b	SO	6	1279,3±134	42,1±0,8	1,95±0,37	1,71±0,11	11,41±0,96

c	PO	7	1365,3±133	43,0±1,58	2,01±0,2	1,72±0,04	11,16±1,25
d	P-75	7	1356,1±145	44,1±1,44	2,16±0,38	1,58±0,09	11,72±2,74
e	P-50	7	1362,6±153	43,9±1,84	1,88±0,55	1,61±0,08	10,48±1,45
f	P50/S25	7	1393,0±170	43,3±0,92	2,13±0,23	1,71±0,17	11,78±0,93
26.jún							
a	FO	14	1679,8±147	46,3±1,14	1,75±0,26	1,69±0,09	11,26±1,52
b	SO	11	1669,4±170	45,5±1,26	2,10±0,41	1,77±0,09	11,15±1,41
c	PO	12	1762,0±279	46,1±1,87	1,98±0,42	1,79±0,13	10,35±1,87
d	P-75	12	1661,3±231	45,9±1,75	1,67±0,36	1,71±0,07	9,82±1,45
e	P-50	13	1555,4±165	45,4±1,42	1,61±0,29	1,660,09	10,08±1,15
f	P50/S25	12	1690,9±182	45,9±1,51	1,79±0,31	1,74±0,11	10,40±0,96

Ekki er sýnilegur munur á lifrarhlutfalli, holdstuðli og slægingartapi milli meðferðarhópa á einstökum mældögum, en þessi hlutföll hafa hækkað frá upphafsgildi, eftir því sem fiskurinn vex.

Tafla 19: Áhrif mismunandi fitugjafa á efnasamsetningu vöðva

	upphafsgildi*	Fóður**					
		FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
Vatn	74.1±0.4	73.6±0.57	73.5±0.00	73.8±0.70	73.1±0.36	73.27±0.23	72.5±0.80
Heildar protein (CP)	18.5±0.4	20.6±0.29	20.7±0.21	21.1±0.38	20.8±0.32	21.03±0.29	21.00±0.10
Heildar fita (CF)	6.20±0.4	4.83±0.45	4.63±0.06	4.03±0.57	4.90±0.26	4.60±0.62	5.43±0.67
Heildar aska	1.50±0.5	1.60±0.12	1.77±0.40	1.73±0.12	1.67±0.25	1.93±0.58	2.20±0.30

*Upphafsgildi efnasamsetningar eru byggð á safnsýni úr 13 fiskum.

**Mæld gildi efna fyrir ólíkar meðferðir eru sýnd sem meðaltöl (±SD) úr 3 tönkum eftir 94 daga eldi á ólíku tilraunafóðri.

Ekki var neinn teljandi munur milli fóðranna á samsetningu meginefnanna í bleikjuflökunum (Tafla 19).

Tafla 20 sýnir hins vegar að það er marktækur munur á fitusýrusamsetningu flaka fitunnar eftir fóðrun með mismunandi fitugjöfum. Breytingarnar í fitusamsetningunni endurspeglar að verulegu leyti breytileikann í fitusýrusamsetningu tilraunafóðranna (Tafla 17).

Tafla 20: Áhrif mismunandi fitugjafa á fitusýrusamsetningu flaka eftir fôðrun í 94 daga

FA	FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
Σ SFA	20.2±0.8a	19.2±0.4a	23.6±1.9b	21.2±0.2ab	21.2±0.4ab	20.4±0.4a
Σ MUFA	45.9±0.4a	38.3±0.3b	50.2±0.1c	49.6±0.0c	48.3±0.4d	46.6±0.5a
Σ n - 6	3.1±0.0a	21.3±0.1b	5.1±0.1c	4.5±0.0d	3.9±0.0e	8.9±0.0f
Σ n - 3	22.0±0.8b	14.7±0.2a	15.3±1.4a	17.5±0.2c	18.6±0.5c	16.9±0.2c
Total	93.7±0.3	94.7±0.3	95.4±0.4	94.4±0.1	93.9±0.2	94.3±0.3
Óþekkt	6.3±0.3	5.3±0.3	4.6±0.4	5.6±0.1	6.1±0.2	5.7±0.3
Σ PUFA	27.5±0.8a	37.3±0.3b	21.6±1.5d	23.5±0.3c	24.4±0.5c	27.3±0.2a
n - 3/n - 6 hlutfall	7.1±0.2a	0.7±0.0b	3.0±0.2c	3.9±0.0d	4.8±0.1e	1.9±0.0f
Σ EPA +DPA +DHA	20.1±0.8a	12.0±0.2c	14.0±1.3d	16.0±0.2be	17.0±0.5b	15.0±0.2de

Ef gildin um fitusýrusamsetningu í Töflu 20 og Töflu 21 eru borin saman má sjá að niðurfôðrun með lýsi í 70 daga jafnaði út verulegan hluta af þeim breytileika sem fôðrun með mismunandi fitugjöfum í tæpa 100 daga hafði valdið.

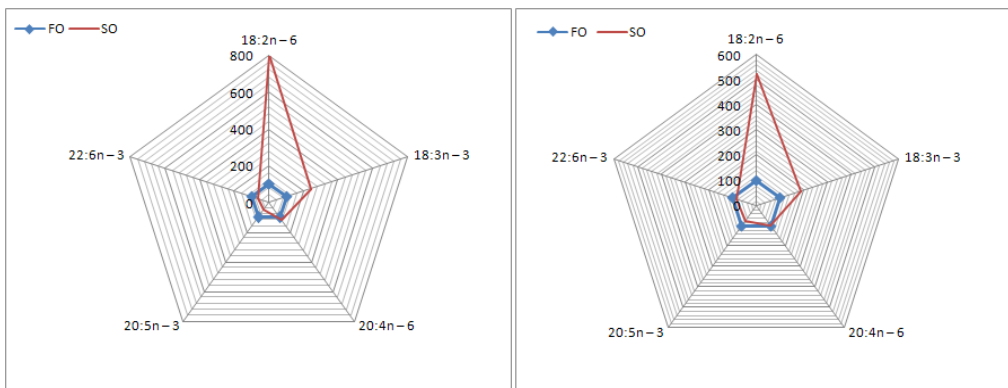
Tafla 21: Fitusýrusamsetning í flökum eftir niðurfôðrun með lýsi sem fitugjafa í 70 daga eftir að notkun tilraunafôðurs lauk.

FA	FO	SO	PO	P75	P50	P50/S25
Σ SFA	20.5±1.7	19.5±0.7	21.5±0.5	21.0±0.7	20.3±0.5	21.8±1.0
Σ MUFA	47.4±0.8c	42.0±0.3d	48.4±0.2b	49.6±0.4a	49.8±0.2ab	43.3±0.4e
Σ n - 6	3.1±0.0a	14.2±0.0b	4.1±0.0c	3.9±0.0d	3.6±0.0e	5.7±0.0f
Σ n - 3	19.8±1.3ab	16.6±0.5c	18.7±0.3ad	17.6±0.5cd	17.9±0.3ac	21.5±0.9b
Total	93.4±0.5	94.2±0.2	94.3±0.1	94.0±0.2	93.8±0.1	94.0±0.3
Óþekkt	6.6±0.5	5.8±0.2	5.7±0.1	6.0±0.2	6.2±0.1	6.0±0.3
Σ PUFA	25.5±1.3a	32.7±0.6c	24.4±0.3ab	23.4±0.5b	23.7±0.3ab	28.9±0.9d
n - 3/n - 6 hlutfall	6.3±0.4b	1.2±0.0c	4.6±0.1a	4.55±0.1a	4.9±0.0a	3.7±0.2d
Σ EPA +DPA +DHA	17.8±1.3ab	14.1±0.5c	17.2±0.3a	15.9±0.5ac	16.1±0.3a	19.7±0.9b

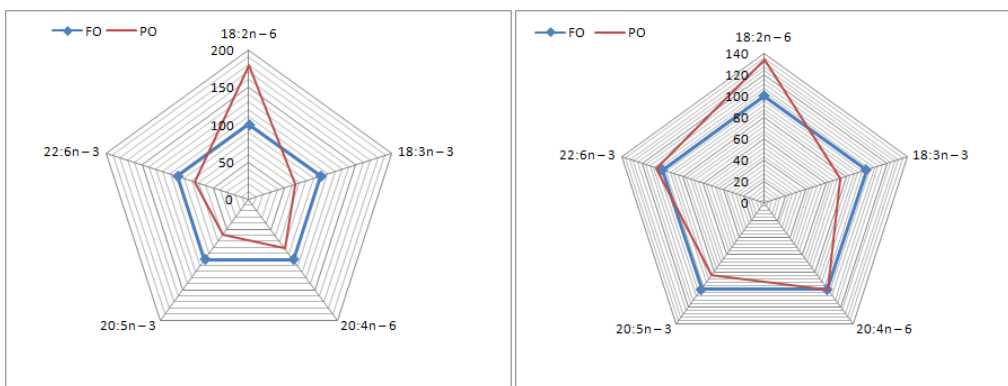
Til að varpa skýrari mynd á áhrif ólíkra fituhráefna á fitusýrusamsetninguna í fiskflökunum eftir fôðrun í 94 daga á tilraunafôðri, og 74 daga bakfôðrun með fiskalýsisfôðri, eru birt sniðrit (radargraph) yfir helstu fitusýrur.

Mynd 24 sýnir styrk LA (18:2n – 6), LNA (18:3n – 3), AA, EPA og DHA, í flökum fisks sem fékk sojaolíu, borið saman við styrk í flökum fisks sem eingöngu fékk lýsisfôður í 94 daga (FO, vísitala = 100).

Flök fisks sem fôðraðir voru með sojaolíu (SO) innihalda áttfaldan styrk LA og tvöfalt meira af LNA. (Mynd 24.). Eftir bakfôðrun með fiskalýsisfôðri innihalda flökin enn merkjanlega hærra hlutfall þessara fitusýra, sem þó hefur farið lækkandi. Hlutfall AA er óbreytt. Hlutfall EPA og DHA er nokkuð lægra í fiski sem fékk sojaolíu eftir fôðrun í 94 daga og breytist lítið þrátt fyrir fôðrun í 76 daga með fiskalýsisfôðri.

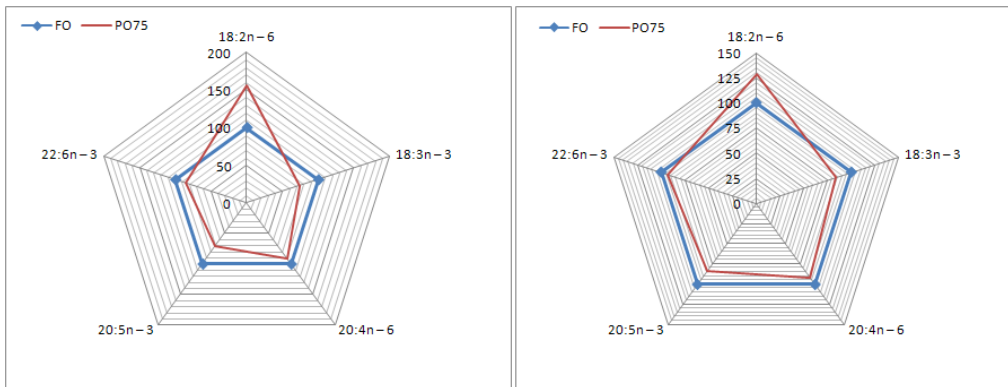


Mynd 24. Sniðrit nokkura fitusýra í flökum úr fiski fóðruðum með 100% sojaolíu (SO). Innihald fisks úr lýsifóðri (FO) er sett sem vísitala (100). Vinstri mynd sýnir hlutfallið eftir 94 daga á tilraunafóðri. Hægri mynd sýnir hlutfallið eftir 76 daga bakfóðrun með fiskalýsifóðri (FO).



Mynd 25. Sniðrit nokkura fitusýra í flökum úr fiski fóðruðum með 100% pálmaolíu (PO). Innihald fisks úr lýsifóðri (FO) er sett sem vísitala (100). Vinstri mynd sýnir hlutfallið eftir 94 daga á tilraunafóðri. Hægri mynd sýnir hlutfallið eftir 76 daga bakfóðrun með fiskalýsifóðri (FO).

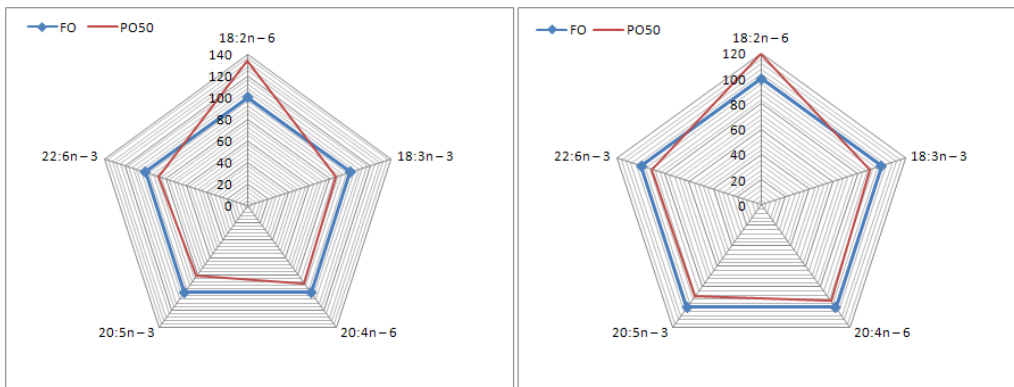
Fóðrun með pálmaolíu (PO 100%-fóður) leiðir til breytts hlutfalls helstu fjölómattaðra fitusýra í fiskholdinu. Hlutfall DHA, EPA, LNA og AA eru merkjanlega lægri í flökum eftir fóðrun með PO- fóðrinu í samanburði við lýsifóðrið eftir 94 daga fóðrun (Mynd 25). Hlutfall LA er hins vegar talsvert hærra. Eftir bakfóðrun í 76 daga hefur hlutfall allra þessara fitusýra hins vegar nálgast fitusýruhlutföllin í holdi fisks sem eingöngu fékk lýsi sem orkugjafa. en eru þó enn marktækt frábrugðin.



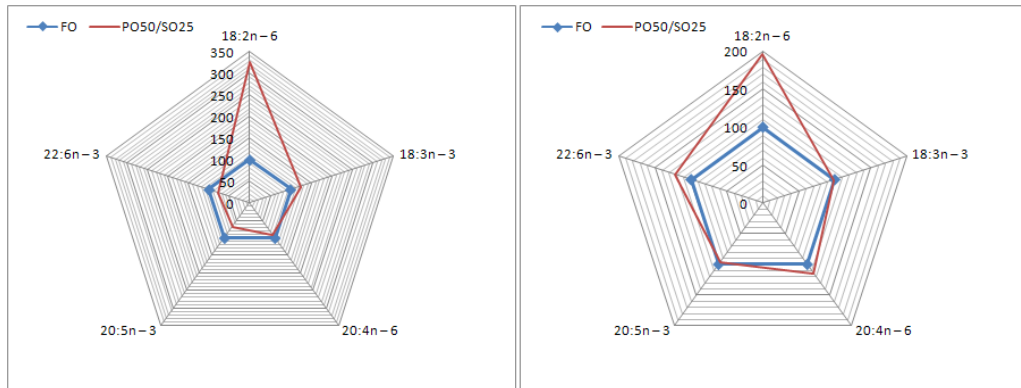
Mynd 26. Sniðrit nokkura fitusýra í flökum úr fiski fóðruðum með 75% pálmaolíu og 25% lýsi (P75). Innihald fisks úr lýsisfóðri (FO) er sett sem vísitala (100). Vinstri mynd sýnir hlutfallið eftir 94 daga á tilraunafóðri. Hægri mynd sýnir hlutfallið eftir 76 daga bakfóðrun með fiskalýsisfóðri (FO).

Hlutfall fitusýra í holdi fisks sem fóðraður var með 75% pálmaolíu og 25% lýsi (P75-hópur) er svipað og hjá fiski sem eingöngu fékk pálmaolíu. Hlutfall LNA, AA, DHA og EPA eftir fóðrunarlotuna er marktækt lægra og er það enn eftir bakfóðrun með fiskalýsi í 76 daga, þó dregið hafi saman. Eins og áður er hlutfall LA hærra hjá fiski sem fékk pálmaolíuna en hjá fiski sem fékk lýsið og helst nokkuð hærra þrátt fyrir bakfóðurnartímann á fiskalýsisfóðrinu (mynd 26).

Vöðvi fiska sem fóðraðir voru með 50% pálmaolíu og 50% lýsi inniheldur marktækt lægra hlutfall DHA, EPA, AA og LNA í samanburði við fisk sem eingöngu fékk lýsi (FO-hópur), eftir fóðrun í 94 daga. Að aflokinni 76 daga bakfóðurn með fiskalýsisfóðri eru hlutfall þessara fitusýra enn lægra hjá pálmaolíuhópnum, þó nokkuð hafi dregið saman.



Mynd 27. Sniðrit nokkura fitusýra í flökum úr fiski fóðruðum með 50% pálmaolíu og 50% lýsi (P50). Innihald fisks úr lýsisfóðri (FO) er sett sem vísitala (100). Vinstri mynd sýnir hlutfallið eftir 94 daga á tilraunafóðri. Hægri mynd sýnir hlutfallið eftir 76 daga bakfóðrun með fiskalýsisfóðri (FO).



Mynd 28. Sniðrit nokkura fitusýra í flökum úr fiski fóðruðum með 50% pálmaolíu, 25% sojaolíu og 25% lýsi (P50/S25). Innihald fisks úr lýsisfóðri (FO) er sett sem vísitala (100). Vinstri mynd sýnir hlutfallið eftir 94 daga á tilraunafóðri. Hægri mynd sýnir hlutfallið eftir 76 daga bakfóðrun með fiskalýsisfóðri (FO).

Innblöndun með 25% sojaolíu í fóðri hópsins P50/S25 hækkar merkjanlega hlutfall LA (18:2n – 6) og LNA (18:3n – 3) í flökum samanborið við innihald sömu fitusýra í flökum fisks sem fékk aðeins lýsi (FO hópur) (5.11). Lægra hlutfall var af EPA, DHA og AA í þessum flökum samanborið við flök fisks sem eingöngu fékk fiskalýsi, eftir 94 daga eldistíma. Eftir bakfóðrun í 76 daga með fiskalýsisfóðri er innihald LNA og EPA orðið sambærilegt en LA er enn merkjanlega hærra í vöðva fisks úr P50/S25 hópnum. Eftir bakfóðrunina er hlutfall DHA og AA orðið merkjanlega hærra í P50/S25 hópnum en í viðmiðunarhópnum (FO).

Á heildina litið má sjá að fóðrun með plöntuolíum leiðir til umtalsverðrar hækkunar á hlutfall LA fitusýrunnar (18:2 n-6) í fiskholdinu, í samanburði við hlutfall hennar í holdi fisks sem fóðraður er með fiskilýsi. Bakfóðrun með fiskilýsi í 76 daga dugar ekki til að rétta þetta hlutfall af þó það sé í áttina. Hlutfall annarra fjölómattaðra fitusýra er hins vegar alla jafna nokkuð lægra í holdi fiska sem fengu plöntuolíu samanborið við fiska sem fengu fiskilýsi. Frávikið er þó mun minna fyrir þessar fitusýrur en LA fitusýruna og betur gengur að rétta þetta hlutfall af með bakfóðruninni í 76 daga. Hafa þarf í huga að í öllum fóðurgerðunum er fiskimjöl, sem inniheldur um 10% lýsi og því ekki undarlegt að breytileikinn í þessum fitusýrum sé minni en fyrir LA (18:2 n-6), sem ekki er teljandi í fiskilýsi. Eins er hlutfall LA mun minna í pálmaolíu en í sojaolíu.

Skynmat og litmælingar

Niðurstöður skynmats við lok fóðrunar með ólíku fituhráefni í 97 daga (í apríl 2007)

Skynmat

Fram kom nokkur munur á sýnahópum. Hóparnir voru mismunandi varðandi lykt (moldar/fúkka-, þráa- og aukalykt), útlit (litur og hvítar útfellingar) og bragð (moldar/fúkkabragð) (tafla 22). Auk þess var munur nálægt marktæki fyrir þráabragð, aukabragð og meyrni ($p = 0.05-0.15$).

Almennt höfðu hóparnir mjög sæta/einkennandi lykt, töluverða málmlykt og lykt af ferskri olíu. Moldar/fúkkalykt var greinileg í A, B og D hópum, en var á mörkum þess að vera greinileg af hóp C, F og E. Hópur C hafði marktækt minni moldar/fúkkalykt samanborið við B, D og E. Súr lykt og aukalykt var vart greinanleg í neinum hópum. Þó hafði hópur B marktækt meiri aukalykt í samanburði við hóp D. Vottur af þráalykt var af hópum A, B, D og E, og þráalykt af hóp E var marktækt meiri en af hópum C og F.

Almennt höfðu hóparnir nokkuð appelsínugulan lit, en hópur B hafði marktækt hvítari lit í samanburði við hóp A, D og F. Hóparnir voru allir töluvert mislitir, vökvi var nokkuð gulur og fitudropar í vatni fremur stórir og margir. Hvítar útfellingar voru nokkuð greinilegar í öllum hópum, þó síst í hópum A og C.

Bragð var mög sætt/einkennandi af öllum hópum, töluvert málmbragð og bragð af ferskri olíu. Moldar/fúkkabragð var greinilegt af hópum A og E, marktækt meira en af hópum C og F. Súrt bragð var vart greinanlegt af hópunum. Vottur af þráabragði var af hópum A, B og E, en vart greinanlegt af hópum C, D og F, en munurinn var á mörkum þess að vera marktækur. Aukabragð var vart greinanlegt af flestum hópunum, þó vottur af hóp B og var munurinn á mörkum þess að vera marktækur.

Ekki var munur á áferð hópum, en munurinn var þó á mörkum þess að vera marktækur fyrir meyrni, þar sem hópur B hafði hæstu gildin á QDA kvarðanum (meyrast), en hópar C og D lægst (seigust). Hóparnir voru að öðru leyti í meðallagi mjúkir, frekar þurrir, seigir og með nokkuð há gildi fyrir viðloðun (samloðun?).

Tafla 22. Meðaltöl skynmatsþátta (Skali 0-100), fyrir hópa A, B, C, D, E og F. Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$)

Sýnahópur:		A	B	C	D	E	F
Lykt							
sæt/einkennandi	ns	49	45	52	50	44	52
málm	ns	31	30	34	32	27	30
fersk olía	ns	29	29	30	27	27	30
moldar/fúkka	*	21	22 ^a	12 ^b	22 ^a	19 ^a	14
súr	ns	6	7	4	5	3	3
þráalykt	*	12	14	5 ^b	13	14 ^a	4 ^b
aukalykt	*	5	7 ^a	5	2 ^b	3	3
Útlit							
litur (hvítur/appelsínugulur)	***	64 ^a	47 ^b	58	64 ^a	57	60 ^a
mislitur	ns	48	45	44	39	44	45
gulur vökvi	ns	40	36	35	31	35	39
fítudropar í vatni	ns	53	52	48	49	55	46
hvítar útfellingar	*	30	33	28	36	40	38
Bragð							
sætt/einkennandi	ns	50	50	57	53	49	54
málm	ns	41	38	38	34	34	38
olíu	ns	35	35	38	32	36	30
moldar/fúkka	**	23 ^a	18	17 ^{bc}	16	21 ^{ab}	13 ^{cd}
súrt	ns	5	4	5	5	5	4
þráabragð	ms ($p = 0.12$)	11	12	7	8	13	7
aukabragð	ms ($p = 0.07$)	5	11	5	3	6	3
Áferð							
mýkt	ns	43	53	48	50	47	48
safi	ns	38	43	40	44	39	35
meyrni	ms ($p = 0.12$)	40	46	36	36	43	39
viðloðun	ns	54	51	52	47	51	48

ns = not significant

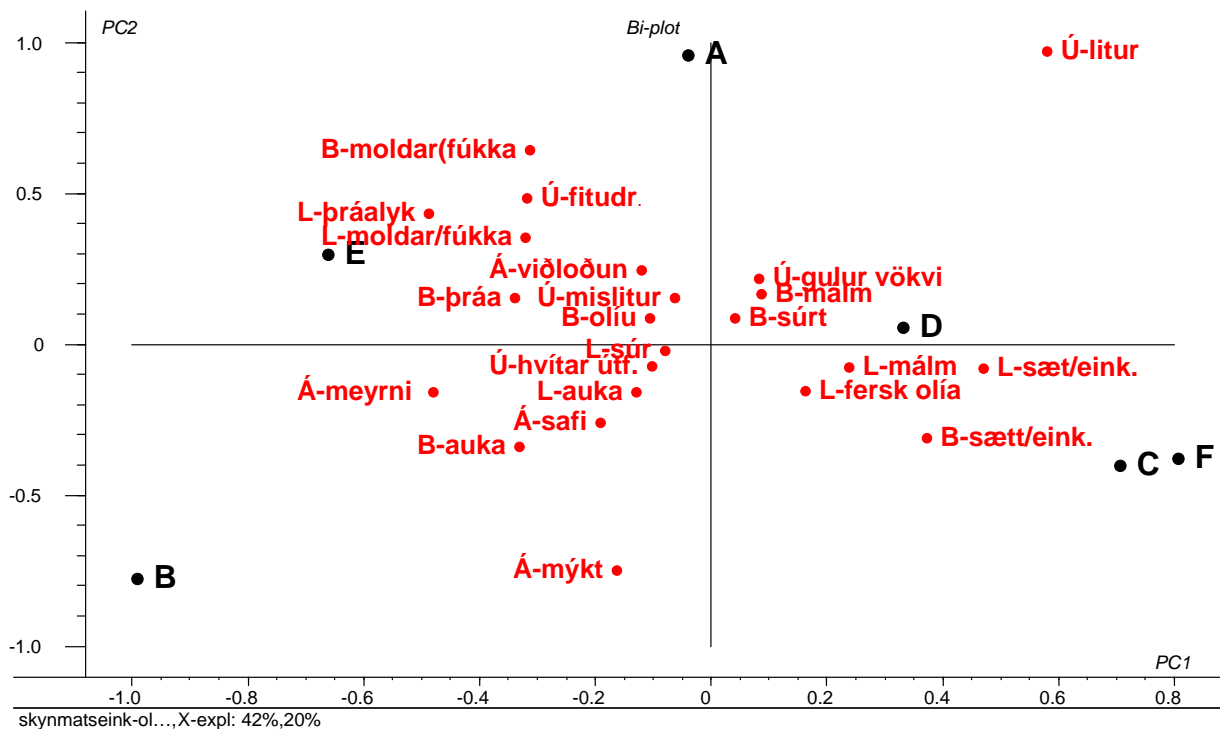
ms = marginal significance

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

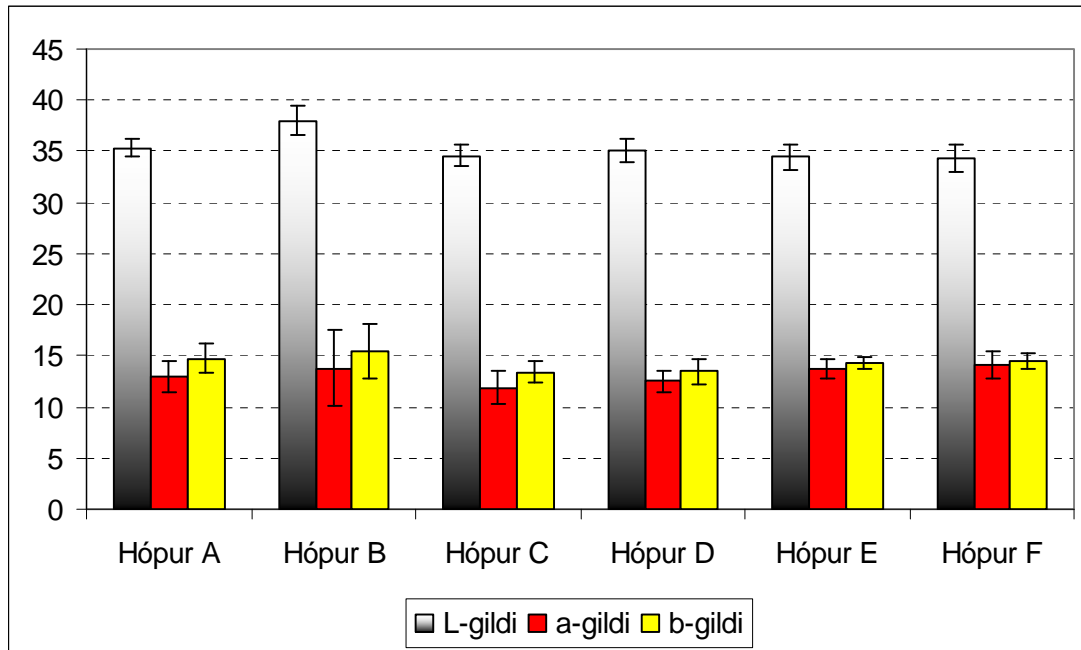
Mynd 29 sýnir samanburð á hópunum með fjölþáttagreiningu á skynmatseinkennum. Fyrsti höfuðþáttur skýrir 42% breytileika gagnanna, sem skýrist helst af mun í lit, sætri/einkennandi lykt og bragði (hægra megin á mynd) og meyrni og þáttum einsog þráalykt, moldar/fúkka lykt og bragði (vinstra megin á mynd). Annar höfuðþáttur skýrir 20% af breytileikanum sem skýrist helst af mun í lit (efst á mynd) og mýkt (neðst á mynd). Hópar C og F virðast hafa nokkuð svipuð skynmatseinkenni, svo sem appelsínugulan lit, sætri/einkennandi lykt og bragði. Hópur B sker sig nokkuð frá öðrum hópum, með ljósari lit, mýkri og meyrari áferð og meira aukabragð. Hópur E hefur meiri einkenni moldar/fúkka bragðs og lyktar og þráalyktar en aðrir hópar. Hópur A einkennist nokkuð af appelsínugulum lit, moldar/fúkkabragði og lítilli mýkt (stinnari). Hópur D virðist hafa síður afgerandi einkenni í samanburði við aðra hópa.



Mynd 29. Höfuðþáttagreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Scores (sýni A, B, C, D, E og F) og loadings (skynmatsþættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit).

Litmælingar

Hópur B var marktækt ljósari (L-gildi) en hinir hóparnir með 95% öryggi ($p < 0,001$). Þessi munur endurspeglaðist í skynmati á útlitspáttnum lit, þar sem hópur B hafði marktækt ljósari lit samkvæmt skynmati. Ekki var marktækur munur á rauða litnum (a-gildi) eða gula litnum (b-gildi) samkvæmt litmælinum (Mynd 30).



Mynd 30. Litmælingar á hópum A, B, C, D, E og F; L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur.

Niðurstöður skynmats eftir bakfóðrun með fiskalýsi (fóðri A) sem orkugjafa í 40 daga (í maí 2007).

Skynmat

Fram kom nokkur munur á sýnahópum. Hóparnir voru mismunandi varðandi útlit (litur, mislitur og hvítar útfellingar) og bragð (súrt) (tafla 23). Auk þess var munur nálægt marktæki fyrir olíulykt ($p = 0.07$).

Almennt höfðu hóparnir mjög sæta/einkennandi lykt, töluverða málmlykt og lykt af ferskri olíu. Moldar-/fúkkalykt var greinileg í B hópi, en var á mörkum þess að vera greinileg af hóp A, C, D, E og F. Súr lykt, þráa- og aukalykt var vart greinanleg í neinum hópum.

Almennt höfðu hóparnir nokkuð appelsínugulan lit, en hópur F hafði marktækt hvítari lit í samanburði við hóp A og D. Hóparnir voru allir töluvert mislitir, en hópur F var marktækt minna misleitur í samanburði við hina hópum fimm. Vökvi var nokkuð gulur og fitudropar í vatni fremur stórir og margir. Hvítar útfellingar voru nokkuð greinilegar í öllum hópum, og einna mest í hópi D sem var marktækt frábrugðinn hópum B, C og F. Bragð var mjög sætt/einkennandi af öllum hópum, töluvert málmbragð og bragð af ferskri olíu. Moldar-/fúkkabragð var greinilegt af hópum A, C og D, en á mörkum þess að vera greinilegt af öðrum hópum. Súrt bragð var vart greinanlegt af hópunum, þó hafði E hópur einna mest súrt bragð, en B minnst. Þráabragð og aukabragð var vart greinanlegt af hópunum. Ekki var munur á áferð flaka milli hópum.

Tafla 23. Meðaltöl skynmatsþátta (Skali 0-100), fyrir hópa A2, B2, C2, D2, E2 og F2. Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$)

Sýnahópur:		A2	B2	C2	D2	E2	F2
Lykt							
sæt/einkennandi	ns	45	49	51	49	46	44
málm	ns	40	34	37	34	41	34
fersk olía	ms ($p = 0,07$)	35	30	34	30	37	32
moldar/fúkka	ns	18	20	14	18	16	17
súr	ns	5	4	5	4	5	6
þráalykt	ns	6	5	2	5	6	3
aukalykt	ns	2	3	2	3	3	2
Útlit							
litur (hvítur/appelsínugulur)	*	56 ^a	48	51	55 ^a	51	44 ^b
mislitur	*	42 ^a	38 ^a	41 ^a	41 ^a	44 ^a	32 ^b
gulur vökvi	ns	28	28	29	36	31	35
fitudropar í vatni	ns	49	50	48	42	44	52
hvítar útfellingar	**	27	20 ^b	23 ^b	35 ^a	31	22 ^b
Bragð							
sætt/einkennandi	ns	46	49	49	48	47	50
málm	ns	49	40	47	45	44	44
olíu	ns	42	46	38	36	39	38
moldar/fúkka	ns	22	18	23	20	19	19
súrt	*	5	4	6	7	9	8
þráabragð	ns	6	6	5	5	7	6
aukabragð	ns	5	4	6	8	3	2
Áferð							
mýkt	ns	47	45	50	51	51	50
safí	ns	43	46	46	48	53	48
meyrni	ns	45	40	40	43	49	43
viðloðun	ns	49	52	48	50	52	53

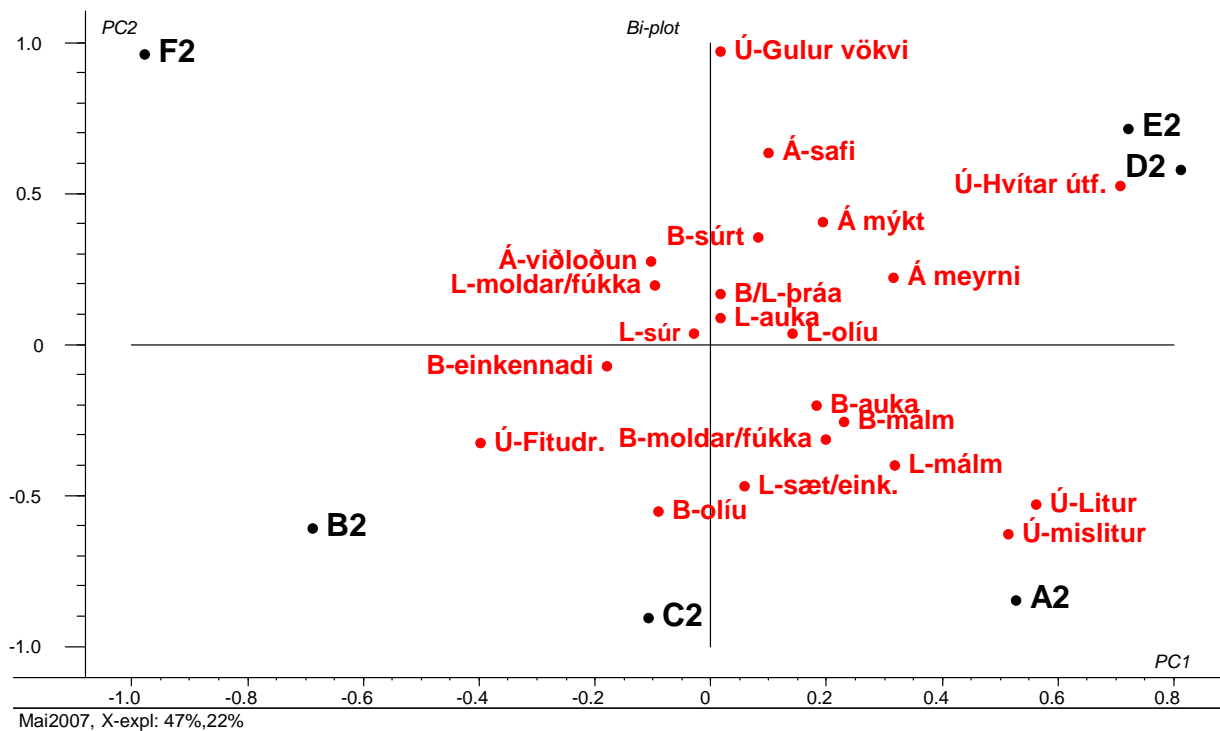
ns = not significant

ms = marginal significance

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

Mynd 31 sýnir samanburð á hópunum með fjölþáttgreiningu á skynmatseinkennum. Fyrsti höfuðþáttur skýrir 47% breytileika gagnanna, sem skýrist helst af mun í útliti: hvítar útfellingar, appelsínugulur litur og mislitur (hægra megin á mynd) og fitudropum í vatni (vinstra megin á mynd). Annar höfuðþáttur skýrir 22% af breytileikanum sem skýrist helst af mun í lit á vökva (efst á mynd) og olíubragði, appelsínugulur lit og mislit (neðst á mynd). Hópar E og D virðast hafa nokkuð svipuð skynmatseinkenni, svo sem meiri hvítar útfellingar, appelsínugulan lit og misleitit útlit. Hópar A einkennast einna helst af appelsínugulur og mislitum lit. Hópar F og B skera sig nokkuð frá öðrum hópum, F með ljósari og jafnari lit en gulari vökva, en B með appelsínugulari og misleitari lit. Hópur B hefur minni hvítar útfellingar en heldur meira olíubragð.



Mynd 31. Höfuðþáttgreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Scores (sýni A, B, C, D, E og F) og loadings (skynmatspættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit).

Niðurstöður skynmats og litmælinga eftir bakfóðrun með fiskalýsi (fóður A) í samtals 76 daga (júni 2007).

Skynmat

Fram kom nokkur munur á sýnahópum. Hóparnir voru mismunandi varðandi lykt (aukalykt), útlit (litur, mislitur og hvítar útfellingar), bragð (sætt/einkennandi) og áferð (meyrni og viðloðun (tafla 24). Auk þess var munur nálægt marktæki fyrir fitudropa í vatni ($p = 0.07$).

Almennt höfðu hóparnir mjög sæta-/einkennandi lykt, töluverða málmlykt og lykt af ferskri olíu. Vottur af moldar-/fúkkalykt fannst af hópum A, B, C og F og var á mörkum þess að vera greinileg af hópum D og E. Súr lykt og þráalykt var ekki greinanleg í neinum hópum. Hins vegar fannst vottur af aukalykt af hópi E, sem var marktækt meiri en af öðrum hópum. Aukalykt af hópi E var lýst sem fiskimjölslýkt af einstaka dómara.

Almennt höfðu hóparnir nokkuð appelsínugulan lit, en hópur F hafði marktækt hvítari lit í samanburði við hóp A, D og E. Hóparnir voru allir töluvert mislitir, en hópur F var marktækt minna misleitur í samanburði við hina hópum fimm. Vökvi var nokkuð gulur og fitudropar í vatni fremur stórir og margir. Hvítar útfellingar voru nokkuð greinilegar í öllum hópum, og einna mest í hópi D sem var marktækt frábrugðinn hópum E og F.

Bragð var mög sætt/einkennandi af öllum hópum, þó marktækt meira af hópum A og F í samanburði við hóp B. Töluvert málmbragð og bragð af ferskri olíu var af öllum hópum. Moldar-/fúkkabragð var á mörkum þess að vera greinilegt af hópum C, D og E, en vottur af öðrum hópum. Súrt bragð var vart greinanlegt af hópnum. Vottur af þráa og aukabragði var af hópi E.

Hópar A, B og F voru meyrari en hópur D. Hópur D hafði hinsvegar nokkuð meiri viðloðun í samanburði við hóp B, E og F.

Tafla 24. Meðaltöl skynmatsþátta (Skali 0-100), fyrir hópa A2, B2, C2, D2, E2 og F2. Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$)

Sýnahópur:		A3	B3	C3	D3	E3	F3
<i>Lykt</i>							
sæt/einkennandi	ns	53	57	53	58	55	60
málm	ns	29	29	33	32	32	32
fersk olía	ns	33	33	35	33	35	40
moldar/fúkka	ns	18	19	18	21	21	16
súr	ns	5	6	5	5	8	6
þráalykt	ns	10	6	9	8	8	8
aukalykt	***	3 ^b	8 ^b	5 ^b	5 ^b	15 ^a	3 ^b
<i>Útlit</i>							
litur (hvítur/appelsínugulur)	**	56 ^a	48	45	53 ^a	55 ^a	38 ^b
mislitur	**	36 ^a	42 ^a	46 ^a	46 ^a	45 ^a	28 ^b
gulur vökvi	ns	37	40	36	37	43	41
fitudropar í vatni	ms ($p = 0,07$)	34	42	33	28	41	41
hvítar útfellingar	**	33	33	43	47 ^a	30 ^b	30 ^b
<i>Bragð</i>							
sætt/einkennandi	*	58 ^a	47 ^b	53	55	52	60 ^a
málm	ns	32	30	32	31	32	40
olíu	ns	36	31	37	34	36	33
moldar/fúkka	ns	16	18	20	20	21	18
súrt	ns	9	8	9	9	8	11
þráabragð	ns	8	6	10	10	15	8
aukabragð	ns	4	8	7	6	13	9
<i>Áferð</i>							
mýkt	ns	50	55	52	42	46	52
safí	ns	43	45	38	35	44	47
meyrni	**	48 ^a	50 ^a	38	31 ^b	38	48 ^a
viðloðun	**	49	39 ^b	45	54 ^a	41 ^b	40 ^b

ns = not significant

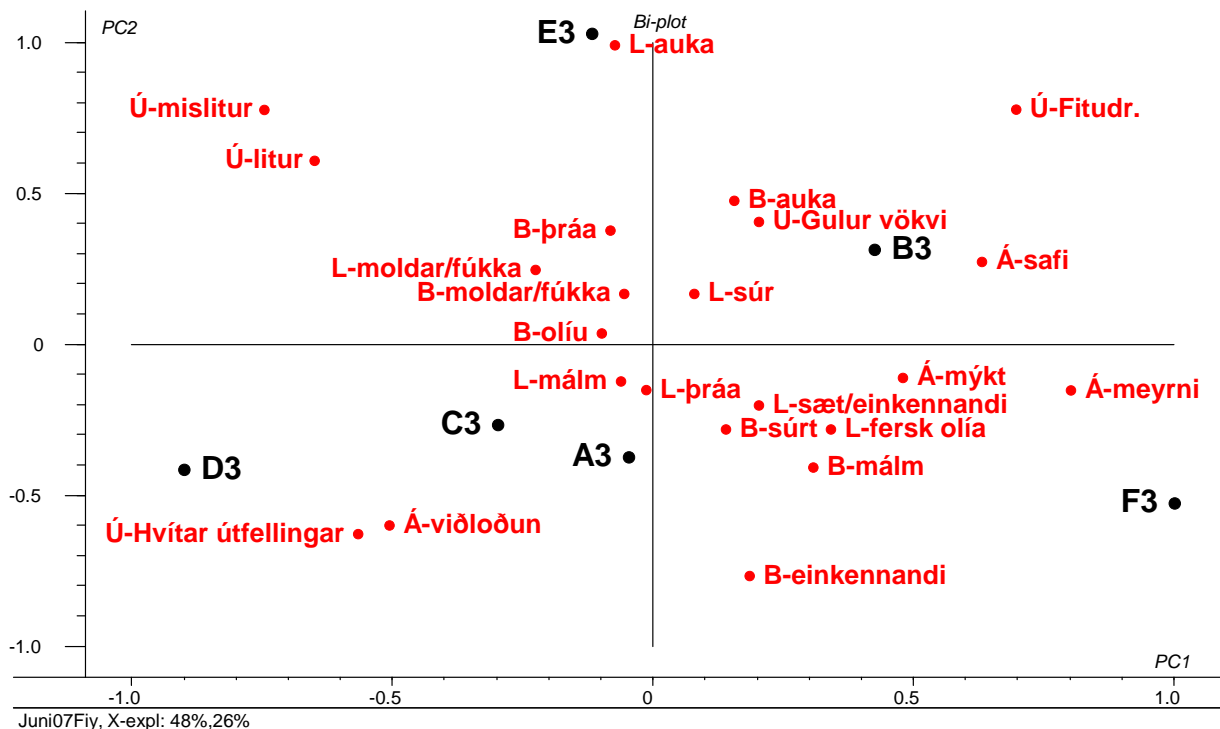
ms = marginal significance

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

Mynd 32 sýnir samanburð á hópunum með fjölþáttagreiningu á skynmatseinkennum. Fyrsti höfuðþáttur skýrir 48% breytileika gagnanna, sem skýrist helst af mun í útliti, - Hvítar útfellingar, appelsínugulur litur og mislitur (vinstra megin á mynd) og fitudropum í vatni (hægra megin á mynd). Einnig er munur í áferðþáttum skýrður í fyrsta höfuðþætti, - viðloðun (vinstra megin á mynd) og meyrni og safi (hægra megin á mynd). Annar höfuðþáttur skýrir 26% af breytileikanum sem skýrist helst af mun í aukalykt (efst á mynd) og einkennandi bragði (neðst á mynd).

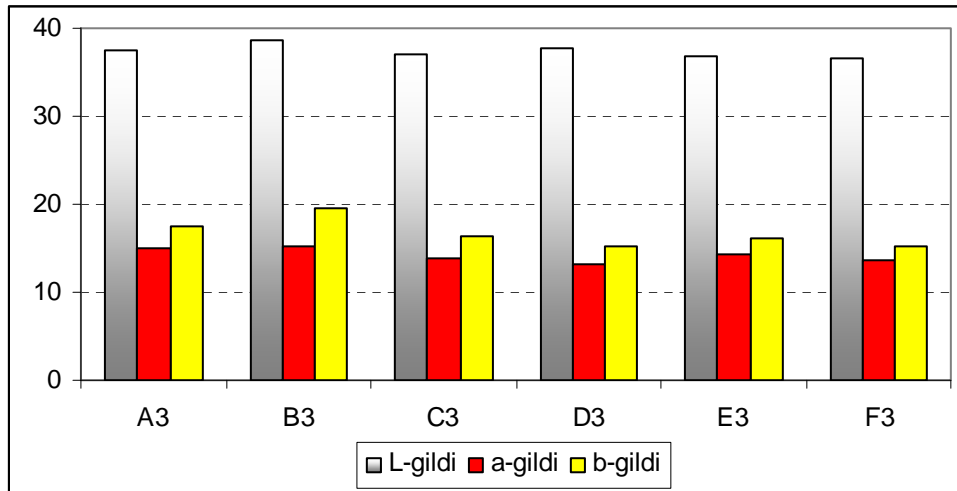
Hópur D einkennist af viðloðun og hvítum útfellingum fremur öðrum hópum, minni meyrni, safu og færri og smærri fitudropum í vatni. Hópur D er mislitur og hefur appaelsínugulan lit sem er sameiginlegt einkenni á hópi E. Hópur E sker sig hins vegar út með töluvert meiri aukalykt en aðrir hópar. Hópur E einkennist einnig nokkuð af fitudropum í vatni, með nokkuð minni hvítar útfellingar og viðloðun. Hópur F einkennist helst af meyrni, sætu-/einkennandi bragði og nokkuð af fitudropum í vatni. Hópar A og C virðast nokkuð svipaðir, en B hópur hefur heldur meiri fitudropa í vatni og minna sætt-/einkennandi bragð.



Mynd 32. Höfuðþáttagreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Scores (sýni A, B, C, D, E og F) og loadings (skynmatspættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit).

Litmælingar

Ekki reyndist marktækur munur á hópum ef mælt var í sporðstykki. Hins vegar kom fram nokkur munur í hnakkastykki. Hópur A og B höfðu marktækt rauðari lit (a-gildi) en hinir hóparnir með 95% öryggi ($p < 0,001$). Einnig var hópur B marktækt gulari (b-gildi) en aðrir hóp (p < 0,001 (Mynd 33)).



Mynd 33. Litmælingar á hópum A, B, C, D, E og F; L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur

Umræður og ályktanir

Þessi tilraun með mismunandi fitugjafa sýnir að bleikja getur vaxið vel á fódri sem inniheldur mjög ólíka fitugjafa.

Sé hins vegar litið til áhrifa fitugjafans á fituna sem fiskurinn safnar er glögg að fitusýrusamsetningin í fiskinum endurspeglar fitusýrusamsetninguna í fódri sem notað er.

Samandregin niðurstaða skynmats sýnir að fódri með ólíkum fitugjöfum veldur nokkrum breytileika í skynmati á afurðunum, án þess að hægt sé að segja að einhver fitugjafanna gefi áberandi betri afurð en aðrir.

Í þriðja lagi er sýnt fram á að með því að skipta um fitugjafa á vaxtarferlinum er hægt að breyta samsetningu fitunnar í lokaafurðinni. Skynmat sýnir einnig að dregið hefur saman með hópunum sem hafa fengið mismunandi fitugjafa í fyrsta hluta tilraunarinnar.

8. Hluti - Umræður um verkefnið í heild

Verkefnið í heild gekk út á að kanna möguleikana á því að nota, að hluta, jurtahráefni í stað fiskimjöls og lýsis.

Aðferðafræði

Til þess að fá úr því skorið voru framkvæmdar tilraunir annars vegar með startfóðrunarseiði og hins vegar með fisk nærri sláturstærð. Það að meta notagildi nýrra hráefna með fóðrun frumfóðrunar seiða er nýjung. Hugmyndin að baki því að nota frumfóðrunarseiði byggir á því að við frumfóðrun geri fiskurinn hvað mestar kröfur til fóðursins og því megi leiða að því líkur að fóður sem dugi í startfóður dugi einnig fyrir stærri fisk. Samanburður tilraunanna sem gerðar voru við frumfóðrun og á eldri fiski benda, í megin dráttum, til þess að þessi ályktun hafi verið rétt. Aðferðafræðin við frumfóðrunartilraunirnar hafa samt enn nokkra veikleika eins og þær voru framkvæmdar hér. Væntanlega er hægt að þróa aðferðina betur í framtíðinni þannig að gleggri svör fáiast úr tilraununum. Takist að bæta aðferðafræðina gæti það í framtíðinni lækkað verulega kostnað við prófun nýrra hráefna í fiskafóður.

Prótein hráefni

Niðurstöður tilraunanna með mismunandi próteinhráefni staðfestu að fiskimjöl og þá einkum hágæðafiskimjöl (Superior) er mjög góður próteingjafi í fóður fyrir bleikju. Viðbrögð bleikju við sojamjöli voru lík því sem gerist í laxi, en regnbogasilungur og þorskur virðast ráða við meira magn sojamjöls í fóðrinu. Maisglútenmjöl virðist ganga vel í fóður fyrir bæði lax og regnbogasilung en viðbrögð bleikjunnar við þessu hráefni voru ekki mjög góð. Viðbrögð bleikju við repjumjöli sem próteingjafa voru hins vegar jákvæð og í raun betri en búist var við miðað við það að ekki hefur farið gott orð af þessu hráefni í fóðri fyrir aðra laxfiska. Í heild sýna niðurstöður þessara rannsókna að hægt er að gera um það bil jafn gott fóður, með tilliti til próteins, úr mismunandi samsetningu hráefna. Jafnframt er ljóst að skoða verður ný próteinhráefni í bleikju til að ganga úr skugga um notagildi þeirra því viðbrögð bleikjunnar eru ekki þau sömu og fundist hafa í laxi eða regnbogasilungi.

Fituhráefni

Niðurstöður verkefnisins í heild sýna að hægt er að nota fleiri tegundir fitugjafa í fóður fyrir bleikju og fá ásættanlegan vöxt og fóðurnýtingu. Þessi niðurstaða er mikilvæg vegna þeirrar staðreyndar að framboð á lýsi er takmarkað. Meginniðurstaðan er sú að fyrir liggur verulegt frelsi í vali fitugjafa sem er mikilvægt vegna þess að verð á hráefnum eru háð sveiflum og þeim er því hægt að mæta að nokkru með mismunandi vali fitugjafa.

Niðurstöðurnar gefa tilefni til að álykta að gera verði meiri kröfur til fitugjafa í frumfóðri en í fóðri fyrir stærri bleikju.

Í verkefninu er einnig staðfest að fitusýrusamsetning fódursins endurspeglast að verulegu leyti í samsetningu fitunnar í fiskinum, þannig að með vali á fitugjafa í fóðrið má stjórna samsetningu fitunnar í afurðinni. Enn fremur sýna niðurstöður verkefnisins að hægt er að nota mismunandi fitusamsetningu á mismunandi skeiðum vaxtarferilsins og leiðrétta hugsanlega “skekku” í fitusýrusamsetningu seinna á ferlinum.

Heildarniðurstaðan úr skynmati afurða, eftir mismunandi fitusamsetningu í fóðrinu, er sú að allir fitugjafarnir sem prófaðir voru gefa ásættanlega afurð, hvað varðar upplifun þeirra sem prófuðu afurðina. Þó kom í ljós við skoðun einstakra þátta að greina mátti á milli ólíkra meðferða. Holdlitur í bleikju er oft nokkuð misjafn og niðurstöður litamælinga sýndu að það var tilhneiging til nokkurs breytileika og frávikid mest í litarstyrk og gulum litartóni í fiskinum sem fékk sojaolíu sem fitugjafa, en niðurfóðrun með lýsi sem fitugjafa dró nokkuð úr þessum áhrifum.

Ein merkasta niðurstaða verkefnisins er að pálmaolía virðist henta vel í fóður fyrir bleikju, þrátt fyrir tiltölulega hátt bræðslumark og hátt innihald fitu á esteraformi. Almennt má segja að pálmaolía sé ekki hátt skrifuð sem fitugjafi í fiskafóður og virðist því bleikjan hafa hér nokkra sérstöðu.

Samandregið má segja að niðurstöður verkefnisins sýni fram á að það eru möguleikar á að nota mun fleiri hráefni en bara fiskimjöl og lýsi í fóður fyrir bleikju. Niðurstöður tilraunanna sýna okkur þær takmarkanir sem fiskurinn setur á notkun þeirra en valið stjórnast einnig af hlutfallslegu verði ólíkra hráefna á mörkuðum. Verð hráefna er hins vegar breytilegt og hráefnavalið á hverjum tíma því háð innbyrðis verði næringarefnanna í ólíkum hráefnum.

9. Hluti - Lokaorð

Í þessu verkefni voru allir áætlaðir verkþættir framkvæmdir. Tímaáætlun stóðst ef til vill ekki alveg.

Efniviður úr verkefninu hefur verið notaður í eina BSc ritgerð við Háskólann á Akureyri, og verið er að ganga frá MSc ritgerð úr öðrum þáttum verkefnisins þessa dagana. Auk þess hafa niðurstöður úr verkefninu verið kynntar í tímaritsgrein og einnig hafa niðurstöður verið kynntar á ráðstefnum.

Til stendur að skrifa tvær vísindagreinar um verkefnið: aðra um mögulega fitugjafa í fóður fyrir bleikju en einnig um mögulega próteingjafa.

Skoðun mögulegra hráefna í fiskafóður lýkur seint vegna þess að stöðugt eru að koma fram ný hráefni sem geta verið álitleg í stað fiskimjöls og lýsis. Einkum er þar um að ræða próteinríkar aukaafurðir sem verða til við ræktun jarðargróða til lífeldsneytis framleiðslu, svo og hráefni sem unnin eru úr lífverum annar sstaðar í fæðukeðjunni en hefð hefur verið fyrir svo sem smákrabbadýrum og jafnvel svifþörungum (microalgie).

10. Heimildir

Arzel, Jacqueline, Robert Métailler, Christophe Kerleguer, Hervé Le Delliou and Jean Guillaume. 1996. The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. *Aquaculture*, Volume 130, Issue 1, 1 February 1995, Pages 67-78

Atkinson, J. L. (1984) Evaluation of Acid-Insoluble Ahs as an Indicator of Feed Digestibility in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 41, 1984

Azevedo, P. A. , S. Leeson , C. Y. Cho and D. P. Bureau (2004a). Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects *Aquaculture*, Vol. 234, Issues 1-4, 3. 2004, 393-414

Azevedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y. & Bureau, D.P. (2004b) Growth and feed utilization of large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in freshwater: diet and species effects, and responses over time. *Aquacult. Nutr.*, 10, 401–411.

J.G. Bell, D.R. Tocher, B.M. Farndale, D. Cox, R. McKinney and J.R. Sargent, The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr–smolt transformation, *Lipids* 32 (1997), pp. 515–525.

Bendiksen, E.Å., Berg, O.K., Jobling, M., Arnesen, A.M. & Måsøval, K. (2003) Digestibility, growth and nutrient utilisation of Atlantic parr (*Salmo salar* L.) in relation to temperature, feed fat content and oil source. *Aquaculture*, 224, 283–299.

[Berg](#), O.K. and Bremset, G., 1998. Seasonal changes in the body composition of young riverine Atlantic salmon and brown trout. *J. Fish Biol.* 52, pp. 1272–1288.

M.J. Caballero, A. Obach, G. Rosenlund, D. Montero, M. Gisvold and M.S. Izquierdo, Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture* 214 (2002), pp. 253–271.

[Einen](#), O. and Roem, A.J., 1997. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquac. Nutr.* 3, pp. 115–126

Ginés R, Valdimarsdottir T, Sveinsdottir K, Thorarensen H. 2004. Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*); *Food Qual Pref* 15(2): 177-185

Hillestad, Marie & Freddy Johnsen. 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality .Aquaculture, Volume 124, Issues 1-4, July 1994, Pages 109-116

Hootman RC. 1992. Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation. Philadelphia: ASTM. p 52

ISO 8586:1993. Sensory analysis general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: selected assessors. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.

Kristín Halldórsdóttir & Ólafur Guðmundsson 1993. Meltanleikarannsóknir hjá bleikju. Ráðanautafundur 1993, bls. 284-294.

Krogdahl, Å., Sundby, A. & Olli, J.J. (2004) Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently. Effects of water salinity and dietary starch level. Aquaculture, 229, 335–360.

[Mente](#), E., Degura, S., Santos, M.G. and Houlihan, D., 2003. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 225, pp. 133–147.

Mundheim, H. et. al. 2004. Harald Mundheim, Anders Aksnes, & Britt Hope 2004. Growth, feed efficiency and digestibility in salmon (*Salmo salar* L.) fed different dietary proportions of vegetable protein sources in combination with two fish meal qualities

Ólafur Guðmundsson & Þuríður Pétursdóttir 1998. Digestibility and growth of farmed Atlantic charr in relation to age and water temperature. Third Circumpolar Agricultural Conference. 12-16 October 1998, Anchorage, Alaska, USA.

Ólafur I. Sigurgeirsson 1996a. Fóðrun bleikju með fitubættu fóðri. Eldisfréttir 12(1):10-14.

[Opstvedt](#), J., Aksnes, A., Hope, B. and Pike, I.H., 2003. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. Aquaculture 221, pp. 365–379.

[Rasmussen](#), R.S. and Ostefeld, T.H., 2000. Effect of growth rate on quality traits and feed utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture 184, pp. 327–337

[Refstie](#), S., Storebakken, T., Baevefjord, G. and Roem, A.J., 2001. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. Aquaculture 193, pp. 91–106.

[Refstie](#), S., Korsøen, Ø.J., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I. and Roem, A.J., 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 190, pp. 49–63.

G. Rosenlund, A. Obach, M.G. Sandberg, H. Standal and K. Tveit, Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), *Aquacult. Res.* 32 (2001), pp. 323–328.

J.R. Sargent, D.R. Tocher and J.G. Bell, The lipids. In: J.E. Halver and R.W. Hardy, Editors, *Fish Nutrition*, Academic Press, San Diego (2002), pp. 181–257.

Stone H, Sidel JL, 1985. *Sensory evaluation practices*. Orlando, Fla.: Academic press, Inc. 311p.

Tabachek, J.L., 1984. Evaluation of grower diets for intensive culture of two strains of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1281: iv+21pp

D.L. Thiessen, D.D. Maenz, R.W. Newkirk, H.L. Classen and M.D. Drew, Replacement of fish meal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquacult. Nutr.* 10 (2004), pp. 379–388.

Thybo A.K., Martens M. 2000. Analysis of sensory assessors in texture profiling of potatoes by multivariate modelling. *Food Quality and Preference* 11(4): 283-288.

D.R. Tocher, J.G. Bell, R.J. Henderson, F. McGhee, D. Mitchell and P.C. Morris, The effect of dietary linseed and rapeseed oils on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr–smolt transformation, *Fish Physiol. Biochem.* 23 (2000), pp. 59–73.

D.R. Tocher, J.G. Bell, P. MacGlaughlin, F. McGhee and J.R. Dick, Hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition of liver in salmonids: effects of dietary vegetable oil, *Comp. Biochem. Physiol. B* 130 (2001), pp. 257–270.

D.R. Tocher, J.G. Bell, J.R. Dick and J.R. Sargent, Fatty acyl desaturation in isolated hepatocytes from Atlantic salmon (*Salmo salar*): stimulation by dietary borage oil containing γ -linolenic acid, *Lipids* 32 (1997), pp. 1237–1247.

Viðauki.1

	Loðnulýsi	Sterin	Sojaolía	Pálmaolía	Repjuolía
Fitusýrur	Hlutfall (%)	Hlutfall (%)	Hlutfall (%)	Hlutfall (%)	Hlutfall (%)
C: 12-0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 14-0	8,1	5,2	0,0	1,0	0,0
C: 15-0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
C: 16-0	12,2	19,3	11,0	45,0	4,0
C: 16-1	10,9	4,9	0,0	0,0	0,0
C: 16-2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
C: 16-3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
C: 16-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 17-0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
C: 18-0	0,6	4,1	0,0	4,0	2,0
C: 18-1	14,5	19,9	22,0	40,0	52,0
C: 18-2n6	1,1	0,9	54,0	10,0	25,0
C: 18-3n3	0,0	0,5	7,5	0,0	13,0
C: 18-3n6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 18-4n3	3,0	1,7	0,0	0,0	0,0
C: 20-0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 20-1	13,8	13,0	0,0	0,0	0,0
C: 20-2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
C: 20-4n3	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
C: 20-4n6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
C: 20-5n3..... EPA	7,4	6,2	0,0	0,0	0,0
C: 21-5n3	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0
C: 22-0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 22-1	21,2	10,8	0,0	0,0	0,0
C: 22-4n6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C: 22-5n3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
C: 22-6n3DHA	4,2	8,2	0,0	0,0	0,0
C: 24-1n9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
óþekktar	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
SFA	20,9%	29,4%	11,0%	50,0%	6,0%
MUFA	60,4%	49,5%	22,0%	40,0%	52,0%

PUFA	3	16,2%	21,1%	61,5%	10,0%	38,0%
Omega		15,1%	18,3%	7,5%	0,0%	13,0%
FA						

Tafla.1 Algeng hlutfallsleg skipting fitusýra í loðnulýsi, sterini (lýsishrati), sojaolíu, páлмаolíu og repjuolíu.

FA	Diet					
	FO	SO	PO	P50	P75	P50/S50
14:00	6.7	1.5	2.3	4.0	4.2	3.4
16:00	11.8	12.0	38.3	25.1	18.5	24.1
18:00	1.1	3.1	6.0	4.3	4.0	4.1
Σ SFA	19.6	16.6	46.6	33.4	26.7	31.6
16:1n - 9	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
16:1n - 7	4.2	0.9	0.9	2.2	2.5	1.8
18:1n - 9	8.8	19.5	30.7	21.9	19.7	21.7
18:1n - 7	1.4	1.5	1.0	2.5	3.3	2.2
20:1n - 11 + 20:1n - 9	12.9	2.6	2.3	6.2	7.7	4.8
22:1n - 11 + 20:1n - 13	17.9	3.3	2.9	8.6	10.7	6.3
22:1n - 9	1.2	0.2	0.2	0.6	0.7	0.4
24:1	0.7	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3
Σ MUFA	48.0	28.5	38.3	42.9	45.8	38.0
18:2n - 6	2.2	40.2	5.1	4.4	4.3	12.9
20:2n - 6	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
20:3n - 6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n - 6	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
Σ n - 6	2.7	40.4	5.3	4.6	4.6	13.1
18:3n - 3	1.0	4.5	0.3	0.7	0.8	1.6
18:4n - 3	3.2	0.7	0.6	1.6	1.9	1.3
20:3n - 3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
20:4n - 3	0.5	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2
20:5n - 3	7.8	1.8	1.6	4.0	4.8	3.4
22:5n - 3	0.6	0.2	0.1	0.3	0.4	0.3
22:6n - 3	9.1	3.2	2.6	5.4	6.2	4.3
Σ n - 3	19.2	9.9	4.8	10.7	12.6	9.8
Total	92.7	96.0	95.6	93.3	91.6	93.8
Unknown	7.3	4.0	4.4	6.7	8.4	6.2
Σ PUFA	25.1	51.0	10.7	17.0	19.1	24.3
n - 3/n - 6 ratio	7.1	0.2	0.9	2.3	2.7	0.7
Σ EPA +DPA +DHA	17.5	5.2	4.4	9.7	11.4	8.0

Tafla-2: Hlutfall og summa einstakra fitusýra og fitusýrugerða í tilraunafóðri fyrir bleikju í matfiskstærð (tilraunalota 7 (7. hluti))

		Diet																	
FA	Initial Fish	FO			SO			PO			P50			P75			P50/S50		
		Day 0	Day xx	Day xxx	Day 0	Day xx	Day xxx	Day 0	Day xx	Day xxx	Day 0	Day xx	Day xxx	Day 0	Day xx	Day xxx	Day 0	Day xx	Day xxx
14:00		4.6±	4.4±	4.8±	2.5±	3.4±	3.7±	3.4±	3.5±	3.6±	3.3±	3.7±	4.1±	3.8±	3.9±	4.2±	3.2±	3.7±	4.0±
		0.4	0.2	0.8	0.1	0.0	0.3	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4
16:00		14.0	13.7	14.0	14.1	14.0	13.7	18.0	15.3	15.9	15.8	15.8	14.9	15.3	14.4	14.2	15.0	15.4	15.9
		±0.4	±0.2	±0.9	±0.2	±0.1	±0.4	±1.4	±0.3	±0.3	±0.1	±0.2	±0.4	±0.2	±0.1	±0.3	±0.2	±0.2	±0.6
18:00		1.7±	1.6±	1.8±	2.5±	2.1±	2.1±	2.3±	2.1±	2.0±	2.1±	2.0±	1.9±	2.1±	1.8±	1.9±	2.2±	1.9±	2.0±
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ SFA		20.2	19.6	20.5	19.2	19.4	19.5	23.6	20.9	21.5	21.2	21.5	21.0	21.2	20.1	20.3	20.4	21.0	21.8
		±0.8	±0.3	±1.7	±0.4	±0.1	±0.7	±1.9	±0.4	±0.5	±0.2	±0.2	±0.7	±0.4	±0.1	±0.5	±0.4	±0.4	±1.0
16:1n-9		0.3±	0.2±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.4±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16:1n-7		7.3±	6.9±	7.5±	4.7±	6.5±	5.6±	7.3±	6.7±	7.0±	6.7±	6.6±	7.1±	6.7±	6.9±	7.2±	6.3±	6.3±	6.4±
		0.3	0.1	0.6	0.1	0.0	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.3
18:1n-9		16.9	16.3	17.3	20.9	20.3	18.8	28.1	23.6	22.7	25.2	23.2	21.5	22.1	20.2	20.1	23.5	20.7	18.6
		±0.1	±0.0	±0.1	±0.1	±0.0	±0.0	±0.2	±0.0	±0.0	±0.1	±0.0	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.1	±0.1
18:1n-7		2.3±	2.2±	2.4±	2.2±	2.2±	2.2±	2.7±	2.6±	2.5±	2.7±	2.4±	2.5±	2.8±	2.6±	2.7±	2.5±	2.3±	2.5±
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:1n-11+		9.1±	9.3±	9.5±	5.0±	5.9±	7.3±	5.9±	7.2±	7.6±	7.2±	7.4±	8.6±	7.8±	7.8±	9.2±	6.7±	7.1±	7.4±
		0.3	0.1	0.5	0.1	0.4	0.2	0.3	0.6	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2
22:1n-11+		8.1±	8.3±	8.3±	4.0±	4.9±	6.2±	4.5±	5.9±	6.5±	5.9±	6.2±	7.6±	6.8±	6.6±	8.2±	5.6±	6.1±	6.2±
		0.4	0.1	0.7	0.1	0.0	0.3	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.3
22:1n-9		0.8±	0.8±	0.8±	0.5±	0.6±	0.6±	0.5±	0.7±	0.7±	0.7±	0.7±	0.8±	0.7±	0.7±	0.8±	0.6±	0.6±	0.7±
		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24:1		0.5±	0.5±	0.5±	0.3±	0.4±	0.4±	0.3±	0.4±	0.4±	0.4±	0.4±	0.5±	0.4±	0.4±	0.5±	0.4±	0.4±	0.4±
		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ MUFA		45.9	45.2	47.4	38.3	41.7	42.0	50.2	48.1	48.4	49.6	47.8	49.6	48.3	46.2	49.8	46.6	44.4	43.3
		±0.4	±0.0	±0.8	±0.3	±0.3	±0.3	±0.1	±0.6	±0.2	±0.0	±0.1	±0.4	±0.4	±0.1	±0.2	±0.5	±0.2	±0.4

18:2n - 6	2.4±	2.4±	2.4±	19.5	11.3	12.8	4.4±	3.7±	3.3±	3.8±	3.5±	3.2±	3.3±	3.0±	2.9±	7.9±	6.6±	4.8±
	0.0	0.0	0.0	±0.1	±0.0	±0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:2n - 6	0.2±	0.2±	0.2±	0.8±	0.6±	0.6±	0.3±	0.3±	0.3±	0.2±	0.2±	0.3±	0.2±	0.2±	0.2±	0.4±	0.3±	0.3±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:3n - 6	0.1±	0.1±	0.1±	0.7±	0.5±	0.5±	0.2±	0.2±	0.2±	0.2±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.3±	0.2±	0.2±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n - 6	0.4±	0.3±	0.3±	0.4±	0.4±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.3±	0.4±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ n - 6	3.1±	3.1±	3.1±	21.3	12.7	14.2	5.1±	4.5±	4.1±	4.5±	4.1±	3.9±	3.9±	3.7±	3.6±	8.9±	7.5±	5.7±
	0.0	0.0	0.0	±0.1	±0.0	±0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
18:3n - 3	0.9±	0.9±	0.9±	2.1±	1.5±	1.6±	0.6±	0.7±	0.6±	0.6±	0.7±	0.7±	0.7±	0.8±	0.8±	1.1±	1.0±	0.9±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18:4n - 3	2.3±	2.3±	2.4±	1.2±	1.8±	1.7±	1.1±	1.6±	1.6±	1.4±	1.6±	1.8±	1.7±	2.0±	2.0±	1.5±	1.7±	1.6±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:3n - 3	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±	0.1±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20:4n - 3	1.0±	1.1±	1.1±	0.5±	0.8±	0.8±	0.6±	0.8±	0.8±	0.8±	0.8±	0.9±	0.8±	1.0±	0.9±	0.7±	0.8±	0.8±
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:5n - 3	6.3±	6.7±	5.9±	3.0±	4.6±	4.3±	3.7±	5.0±	4.9±	4.5±	4.9±	4.9±	5.1±	5.8±	5.2±	4.3±	5.0±	5.6±
	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2
22:5n - 3	1.3±	1.7±	1.3±	0.7±	1.0±	1.0±	0.8±	1.1±	1.1±	1.0±	1.1±	1.1±	1.1±	1.3±	1.2±	1.0±	1.0±	1.2±
	0.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
22:6n - 3	12.4	13.2	10.6	8.2±	10.2	8.8±	9.5±	11.3	11.2	10.5	11.1	9.9±	10.8	12.8	9.6±	9.8±	11.1	12.9
	±0.6	±0.4	±0.9	0.1	±0.1	0.4	1.0	±0.2	±0.2	±0.2	±0.1	0.3	±0.3	±0.0	0.2	0.2	±0.3	±0.7
Σ n - 3	22.0	23.7	19.8	14.7	18.1	16.6	15.3	18.9	18.7	17.5	18.7	17.6	18.6	21.7	17.9	16.9	19.1	21.5
	±0.8	±0.4	±1.3	±0.2	±0.1	±0.5	±1.4	±0.3	±0.3	±0.2	±0.2	±0.5	±0.5	±0.0	±0.3	±0.2	±0.4	±0.9
Total	93.7	94.1	93.4	94.7	93.9	94.2	95.4	94.0	94.3	94.4	93.9	94.0	93.9	93.7	93.8	94.3	93.7	94.0
	±0.3	±0.5	±0.5	±0.3	±0.3	±0.2	±0.4	±0.5	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.2	±0.2	±0.1	±0.3	±0.2	±0.3
Unknown	6.3±	5.9±	6.6±	5.3±	6.1±	5.8±	4.6±	6.0±	5.7±	5.6±	6.1±	6.0±	6.1±	6.3±	6.2±	5.7±	6.3±	6.0±
Σ PUFA	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3
	27.5	29.2	25.5	37.3	32.7	32.7	21.6	25.1	24.4	23.5	24.6	23.4	24.4	27.5	23.7	27.3	28.3	28.9

	±0.8	±0.4	±1.3	±0.3	±0.1	±0.6	±1.5	±0.3	±0.3	±0.3	±0.2	±0.5	±0.5	±0.0	±0.3	±0.2	±0.4	±0.9
n - 3/n - 6	7.1±	7.7±	6.3±	0.7±	1.4±	1.2±	3.0±	4.2±	4.6±	3.9±	4.5±	4.55	4.8±	5.8±	4.9±	1.9±	2.6±	3.7±
ratio	0.2	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	±0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Σ EPA																		
+DPA	20.1	21.7	17.8	12.0	15.8	14.1	14.0	17.3	17.2	16.0	17.1	15.9	17.0	19.8	16.1	15.0	17.1	19.7
+DHA	±0.8	±0.4	±1.3	±0.2	±0.1	±0.5	±1.3	±0.3	±0.3	±0.2	±0.2	±0.5	±0.5	±0.0	±0.3	±0.2	±0.3	±0.9

Tafla -3. Hlutfall og summa einstakra fitusýra og fitusýrugerða í bleikju af matfiskstærð (tilraunalota 7 (7. hluti). Day-0 eru gildi í lok fóðrunar með tilraunafóðri, Day xx eru gildi eftir niðurfóðrun með loðnulýsisfóðri (FO) í 40 daga og Day-xxx eru gildi eftir niðurfóðrun með loðnulýsisfóðri (FO) í 76 daga. FO = fiskur sem fékk fóðru sem innihélt 100% loðnulýsi, SO = fiskur sem fékk fóður með íbætttri sojaolíu (100%), PO = fiskur sem fékk fóður íbætt með pálmaolíu (100%), P75 = fiskur sem fékk fóður þar sem íbætt olía var 75% pálmaolía og 25% loðnulýsi, P50 = fiskur sem fékk fóður þar sem íbætt olía var 50% pálmaolía og 50% loðnulýsi, P50/S25 er fiskur sem fékk fóður þar sem íbætt olía var 50% pálmaolía, 25% sojaolía og 25% loðnulýsi.

