

Auðlindir og afurðir  
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir  
Food Safety, Environment  
& Genetics

Viðskiptaþróun  
Business Development

Líftækni & lífefni  
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun  
Analysis & Consulting



# Lágmörkun fóðurkostnaðar í bleikjueldi

Jónína Þ. Jóhannsdóttir  
Jón Árnason  
Heiðís Smáradóttir  
Aðalheiður Ólafsdóttir  
Rannveig Björnsdóttir

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 19-14  
Maí 2014

ISSN 1670-7192

Titill / Title	<b>Lágmörkun fóðukostnaðar í bleikjueldi /</b> Minimizing the feed cost of Arctic charr		
Höfundar / Authors	Jónína Þ Jóhannsdóttir, Jón Árnason, Heiðís Smáradóttir, Aðalheiður Ólafsdóttir, Rannveig Björnsdóttir.		
Skýrsla / Report no.	19-14	Útgáfudagur / Date:	Maí 2014
Verknr. / Project no.	2184		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS tilvísunarnr. R 09-12		
Ágrip á íslensku:	<p>Niðurstöður fyrri rannsókna hafa leitt í ljós að hægt er að ala bleikju á próteinminna fóðri en hefðbundið er notað og lækka þar með verulega framleiðslukostnað í bleikjueldi. Fyrri rannsóknir hafa verið framkvæmdar í tilraunaaðstöðu og var markmið þessa verkefnis að endurtaka fóðurtilraunir við raunaðstæður við framleiðslu bleikju.</p> <p>Bleikja var alin á tveimur mismunandi samsettum fóðurgerðum sem innhéldu mis mikið prótein sem einnig var af ólíkum uppruna þar sem í viðmiðunarfóðrinu komu 50% af próteininu úr fiskimjöli en 45% í tilraunafóðrinu. Mat var lagt á áhrif fóðurgerðar á vöxt fiskanna, efnasamsetningu og gæðabætti.</p> <p>Niðurstöður sýna að mismunandi fóður sem var prófað hafði ekki áhrif á vöxt eða gæði afurðanna og benda niðurstöður því til þess að hægt er að minnka hlutfall próteina í fóðri og skipta út fiskimjöli fyrir ódýrara próteinríkt plöntuhráefni. Niðurstöðurnar sýna einnig að hægt er að lækka innihald próteins miðað við það fóður sem nú er á markaði fyrir bleikju og lækka þannig framleiðslukostnað bleikju umtalsvert.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Bleikjueldi, hráefnasamsetning fóðurs, uppruni próteina, framleiðslukostnaður</i>		
Summary in English:	<p>Previous results have suggested that Arctic charr can be reared on feed with lower protein content than is commonly used, without compromising growth rate and quality, and thus lowering production cost. Previous experiments have only been carried out using experimental conditions and but this project aimed aims at confirming previous results in large scale experiments carried out using at actual production conditions.</p> <p>Arctic charr was fed for eleven months on two feed formulations containing different total protein content and proteins of different origin, The test feed contained different proportions of fish meal with 45% of the protein originating from fish meal in the test diet as compared to 50% in the control feed. The effects of the diets on growth and product quality were nutritional factors was evaluated.</p> <p>The results indicate that the test diet feed tested neither did not affected growth nor and product quality of the product. Also, tThe results therefore suggest that it is possible to reduce the proportion the ratio of proteins and the fish meal in the diets for Arctic charr can be reduced and partially and substituted fish meal for by raw material of plant origin. This substitution of fish meal with less expensive raw material could reduce the cost of Arctic charr production considerably.</p>		
English keywords:	<i>Arctic charr production, feed formulation, protein source, production cost</i>		

## Efnisyfirlit

1. INNGANGUR.....	1
2. FRAMKVÆMD .....	2
2.1. Tilraunafóður .....	2
2.2. Vaxtartilraun .....	3
2.3. Litamælingar á holdi .....	4
2.4. Skynmat.....	4
2.5. Efnagreiningar .....	5
3. NIÐURSTÖÐUR.....	7
3.1. Efnasamsetning fóðurs .....	7
3.2. Vöxtur .....	7
3.3. Efnasamsetning tilraunafisks.....	10
3.4. Holdlitur.....	10
3.5. Skynmat.....	11
4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR.....	12
5. ÞAKKARORÐ .....	13
6. HEIMILDIR.....	14

## 1. Inngangur

Fóðurkostnaður er stærsti hluti framleiðslukostnaðar í fiskeldi og stór hluti hans er fólgin í verði próteinhlutans, sem er dýrasta magnhráefnið í fóðrinu. Mismunandi fóðurgerðir hafa því á undanförunum árum verið prófaðar í því markmiði að lækka framleiðslukostnað og auka arðsemi í bleikjueldi.

Nauðsynlegt er að fóður uppfylli lágmarks próteinpörf fiskjarins en hún endurspeglast að líkindum af því að nægilegt magn allra lífsnauðsynlegra amínósýra sé í fóðrinu til að fullnægja grundvallar uppbyggingu vöðva auk annarar próteinstarfsemi. Niðurstöður fyrri verkefna (AVS verkefni R 040-07; R 11 011-10) benda eindregið til þess að próteinþarfir bleikju séu verulega lægri en er til staðar í markaðsfóðri fyrir tegundina í dag. Aðrar rannsóknir (AVS verkefni R031-08) hafa sýnt að hægt er að komast af með verulega minna magn fiskimjöls í fóðri en áður var talið og skipta út með plöntumjöli án þess að það hafi óæskileg áhrif á vöxt, fóðurnýtingu eða gæði afurða. Sérstaklega kom repjumjöl vel út sem hráefni í fóðri fyrir bleikju.

Miklar breytingar hafa orðið í samsetningu bleikjufóðurs en hins vegar hafa ekki allar niðurstöður prófana verið nýttar í íslensku bleikjueldi og þá fyrst og fremst vegna þess að þær hafa einungis verið prófaðar í tilraunaeiningum en ekki við raunaðstæður. Niðurstöður þessara rannsókna sýna að í áframeldi á bleikju sé próteinpörf undir **35% í fóðrinu og að minnsta kosti 70% af þessu próteini geti verið af plöntu uppruna**. Innihald í markaðsfóðri sem notað er í dag er töluvert frábrugðið þessu þar sem fóður sem bleikjueldi er að nota nú um tíðir inniheldur u.þ. b. 42% prótein og af því er hlutfall fiskimjöls próteins 50%.

Markmið verkefnisins var að sannreyna niðurstöður fyrri tilrauna um próteinþarfir og hráefnissamsetningu bleikjufóðurs í framleiðsluumhverfi með það að markmiði að lækka fóðurkostnað í bleikjueldi. Samsetning tilraunafóðurs byggðist á niðurstöðum fyrri verkefna hvað varðar prótein innihald og hráefnasamsetningu og til samanburðar var notað fóður sem Íslandsbleikja notar í dag við framleiðsluna.

## 2. Framkvæmd

### 2.1. Tilraunafóður

Fóður með minna próteininnihaldi og lágmarks fiskimjöli var framleitt í framleiðslulínu fóðurverksmiðjunnar Laxár hf. Hönnun og framleiðsla tilraunafóðursins var byggð á niðurstöðum fyrri verkefna og til viðmiðunar var notað bleikjufóður sem framleitt er hjá Laxá. Stefnt var að því að framleiða tilraunafóður (minna prótein) sem innihélt 44% (3mm), 40% (4mm) og 36% (6mm) prótein þar sem 55 % hluti próteininnihalds væri af plöntuuppruna. Einnig hefði fóðrið 23% (3mm) og 28% (4mm, 6mm) af fitu. Til samanburðar var gefið almennt fóður frá Fóðurverksmiðjunni Laxá hf. en í því fóðri var próteininnihald 49% (3mm), 46/42% (4mm) og 38% (5/6 mm). 50% af próteininu í viðmiðunarfóðrinu kom frá plöntu próteini. Fituinnihaldið átti að vera hið sama og í tilraunafóðrinu.

Jurtapróteingjafarnir sem voru notaðir í fóðrið voru, repjumjöl, Hypro sojamjöl, maís glúten mjöl og hveitiglúten mjöl.

Á tilraunatímanum var breytt um viðmiðunarfóður vegna breytinga hjá fóðurframleiðanda. Þessar breytingar voru gerðar á 5mm fóðri þar sem fituinnihald var aukið úr 28% í 36% og breytingar gerðar á litarefni (viðmiðunarfóður 5mm (2) í töflu 2). Þessar breytingar voru gerðar undir lok tilraunarinnar og þetta nýja viðmiðunarfóður einungis notað í um 2 mánuði fyrir slátrun.

Útreiknuð samsetning tilraunafóðurs og viðmiðunarfóðurs samkvæmt uppskrift er sýnd í töflu 1 og mælt efnainnihald fóðurgerðanna sem notað var í tilraunina í töflu 2.

Tafla 1. Hráefnasamsetning í tilraunafóðri og viðmiðunarfóðri samkvæmt uppskrift.

Innihald í fóðri	3 mm		4 mm		5 mm	
	Viðmið	Tilraunafóður	Viðmið	Tilraunafóður	Viðmið	Tilraunafóður
Prótein %	49	43,8	46/42	42	40,5/38	36
þar af úr fiskimjöli %	50	45	50	45	50	45
Fita %	23	23	28	28	28/36	28
<b>Hráefni %</b>						
Fiskimjöl	35,2	28,6	37/30	35	26	19,3
Repjumjöl	15	7	3/8	15	6,5	8,2
Sojamjöl		10,4	0/7		4,5	15
Maís glúten mjöl	10,8	18	20/20	9,1	20	20
Hveiti	10	10	10/10	10	13	17,3
Hveit glúten mjöl	5,3	6,3	0/3	6,5	0,7	1,6
Lýsi	22,3	18,5	20/20	23,1	24/26,5	16,8
Vítamín og steinefna blanda	1	1	1/1	1	1	1
Panaferd(Litarefni)	0,2	0,1	0,2/0,2	0,2	0,2	0,2
MonoCasíum-Fosfat			0,8/1		0,8	0,5

**Tafla 2. Efnainnihald fóðurs sem notað var í tilraunir og tímalengd fóðurlotu sem viðkomandi fóður var notað. Sýndar eru niðurstöður efnagreiningar á tilraunafóðri (minna prótein) og viðmiðunarfóðri í mismunandi stærðum á kögglum. Niðurstöður sýna meðaltal tveggja mælinga.**

Fóður	Af votvigti					Af þurrvigti			Notkunar tímabil
	Vatn (%)	Þurrefni (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	
Minna prótein 3mm	5,1	94,9	43,6	20,2	7,5	46,0	21,3	7,9	0-4 mán
Viðmiðunarfóður 3mm	4,0	96,0	46,5	21,3	8,6	48,5	22,2	8,9	0-4 mán
Minna prótein 4mm	3,8	96,2	41,3	23,2	7,2	42,9	24,1	7,5	4-8 mán
Viðmiðunarfóður 4mm	4,5	95,5	41,0	23,0	7,1	42,9	24,1	7,4	4-8 mán
Minna prótein 5mm	4,4	95,6	39,1	26,3	6,6	40,9	27,5	7,0	8-9 mán
Viðmiðunarfóður 5mm	4,6	95,4	39,2	24,4	6,9	41,1	25,6	7,3	8-9 mán
Minna prótein 5mm (2)	5,4	94,6	36,7	26,3	6,1	38,8	27,8	6,4	9-11 mán
Viðmiðunarfóður 5mm (2)	4,8	95,2	39,2	27,7	6,6	41,2	29,1	6,9	9-11 mán

## 2.2. Vaxartilraun

Vaxartilraunin var framkvæmd í framleiðslueiningum Íslandsbleikju á Stað við Grindavík á tímabilinu janúar 2013 til janúar 2014. Tilraunin var framkvæmd í þrítekningu þar sem fóðrað var með „minna prótein“ fóðri í þremur kerum til samanburðar við hefðbundið viðmiðunar fóður sem notað var í þremur kerum. Notast var við hefðbundnar eldisaðferðir fyrirtækisins við framleiðsluna. Tilraunafiskurinn var bleikja (*Salvelinus alpinus*) úr framleiðslu Íslandsbleikju á Stað (hrogn keypt frá Hólum). Seiðin fóru í gegnum hefðbundið framleiðsluferli og voru bólusett og gæðaskoðuð áður en þau voru flutt í áframeldið. Í öllum kerum voru settar sambærilegar 100gr bleikjur og sami meðal þungi, þéttleiki (15 þús bleikjur í hverri einingu) og ytri aðstæður hafðar eins í öllum kerum. Vatnshiti á tilraunatímanum var sem næst 7°C (6,9–7,2°C) og var fiskurinn hafður við náttúrulega ljóslootu.

Starfsmenn Íslandsbleikju höfðu umsjón með eldinu og fylgdust með þrifum og vexti fiskjarins á tilraunatímanum. Fiskurinn var fóðraður allan sólarhringinn með sjálfvirku blásturs-fóðurkerfi. Dagleg fóðurþörf var metinn út frá lífmassa, áætluðum dagvexti og fóðurtöku. Afföll voru vigtuð til leiðréttingar á lífmassa, vegna mats á fóðurstuðli.

Fóðurstuðull (FCR) var reiknaður samkvæmt eftirfarandi formúlu:

$$FCR = (kg \text{ étið fóður}) \times (kg \text{ lokabyngd} - kg \text{ upphafsbyngd} + kg \text{ afföll})^{-1}$$

Dagvöxtur (Specific Growth Rate, SGR) gefur góða mynd af vexti á tilraunatímanum, en hann var reiknaður samkvæmt eftirfarandi formúlu:

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

Mat var lagt á áhrif fóðurgerðar á vöxt fiskanna, efnasamsetningu holds og gæðabætti. Tölfræðigreining á vaxtartengdum þáttum var framkvæmd með SigmaPlot tölfræðiforriti þar sem t-test var notað til samanburðar á hópunum og 95% öryggismörk sett til að meta marktækni tilgáta ( $p < 0,05$ ). Þar sem vöxtur á tilraunatímanum var metinn út frá vaxtarlíkani og ekki mögulegt að framkvæma tölfræðilega greiningu á áætluðum gögnum reyndist ekki mögulegt að meta hvort marktækur munur væri á vexti hópanna á tilraunatímanum. Tölfræðiúrvinnslu vegna skynmats er lýst sérstaklega í kafla 2.3.

### 2.3. Litamælingar á holdi

Holdlitur var metinn undir lok tilraunar (sýni tekin 4. Nóv), þ.e. 4-6 vikum fyrir slátrun og sýni tekin úr öllum einingum. Alls voru mæld þrjú flök úr hverju kerri (samtals 9 flök úr hvorum meðhöndlunarhópi) og mælt var á þremur stöðum í hverju flaki (sporðestykki, miðja og hnakkastykki). Holdlitur var mældur með Minolta ljósbylgjumæli þar sem L-gildi (ljósleiki) frá 0-100, (0 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.

### 2.4. Skynmat

#### Framkvæmd

Skynmatið var framkvæmt við slátrun í desember 2013 þegar fiskurinn hafði náð matfiskstærð. Gert var skynmat á fiski úr tveimur eldiskerum, þ.e. einu kerri úr hvorum meðhöndlunarhóp, kerri 75 þar sem fiskur var fóðaður með viðmiðunarfóðri og kerri 77 þar sem fiskur var fóðaður með tilraunafóðri (minna prótein). Bleikjuhóparnir sem um ræðir verða hér eftir nefndir eftir fóðri, Hópur 75 (H75) og Hópur 77 (H77). 5 fiskar voru teknir úr hvorri einingu og flakaðir fyrir skynmatsmælingu. Soðin sýni voru metin eftir myndrænu prófi (QDA, Quantitative Descriptive Analysis). Í myndrænu prófi eru skilgreindir matsþættir metnir af þjálfuðum skynmatshópi til að lýsa einkennum í lykt, útliti, bragði og áferð (Stone & Sidel, 1985). Tíu dómara sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Val matsþátta var byggt á fyrri tilraunum og voru matsþættir 22 (Tafla 3). Haldin var ein upprifjun dómara fyrir skynmatið þar sem farið var yfir matsþætti ásamt sýnum af bleikjuhópunum tveimur. Hver matsþáttur var metinn eftir styrk eða einkennum á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Hvert sýni var um 40g biti skorinn þvert úr hnakkastykki flaks. Sex flök voru notuð fyrir hvorn hóp í skynmatið. Sýnin voru soðin í gufu í 6 mín og borin fram heit í álboxum með loki. Dómarar mátu fjögur sýni í einu. Hópar voru metnir í tvísýni og öll sýni dulkóðuð með þriggja stafa númeri. Skynmatsforritið Fizz var notað við uppsetningu og framkvæmd skynmats.

## Tölfræðileg úrvinnsla á skynmati

Skynmatsforritið Panelcheck (V1.3.2) var notað til að skoða frammistöðu dómara. Forritið NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) var notað til að skoða mun milli hópa en til þess var notað t-test. Microsoft Excel 2007 var notað við töfluvinnslu og gerð grafa. Leiðrétt var fyrir notkun dómara á skala. Í úrvinnslu var miðað við 95% öryggismörk og munur því talinn marktækur ef  $p < 0,05$ .

**Tafla 3. Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á soðinni bleikju.**

skynmatsþáttur	stytting	skali	skilgreining
<i>LYKT</i>			
sæt, einkennandi	L-sæt	engin    mikil	Sæt einkennandi lykt af soðinni bleikju
málmlykt	L-málmur	engin    mikil	Málmlykt
fersk fiskolía	L-olía	engin    mikil	Lykt af ferskri óskemmdri fiskolíu
sýrulykt	L-sýra	engin    mikil	Sítrónusýra, ekki skemmdarsúr
moldarlykt	L-mold	engin    mikil	Moldarlykt, fúkkalykt, jarðlykt.
þráalykt	L-þrái	engin    mikil	Þráalykt, skemmdareinkenni
<i>ÚTLIT</i>			
hvítar útfellingar	Ú-útfell.	ekkert    mikið	Hvítar útfellingar á yfirborði eða milli flaga sýnisins
mislitur	Ú-misl.	ekkert    mikið	Ofan á flaki, hve mislitt er sýnið Inni í flaki: Hve hvítur / appelsínugulur er fiskurinn
litur	Ú-litur	hvítur    appelsínugulur	
gulur vöki	Ú-gulur v.	litlaus    gulur	Hve gulur er vökvinn í boxinu
fitudropar í vatni	Ú-fitudr.	ekkert    mikið	Magn fitu í yfirborði vökva
<i>BRAGÐ</i>			
sætt, einkennandi	B-sætt	ekkert    mikið	Sætt einkennandi bragð af soðinni bleikju
málmbragð	B-málmur	ekkert    mikið	Málmbragð
fersk fiskolía	B-olía	ekkert    mikið	Bragð af ferskri óskemmdri olíu
sýrubragð	B-sýra	ekkert    mikið	Sítrónusýra, ekki skemmdarsúr
moldarbragð	B-mold	ekkert    mikið	Moldar-/ fúkkabragð
þráabragð	B-þrái	ekkert    mikið	Þráabragð skemmdareinkenni
<i>ÁFERÐ</i>			
mýkt	Á-mýkt	stinnur    mjúkur	Metið í fyrsta biti
safi	Á-safi	þurr    safaríkur	Þurr- dregur safu úr munni
meymi	Á-meymi	seigur    meyr	Metið þegar sýnið er tuggið
maukkennt	Á-maukk.	lítið    mikið	Mauk, grautur
viðloðun	Á-viðloð.	engin    mikil	Viðloðun, límur saman tennur

## 2.5. Efnagreiningar

Sýni af öllum fóðurgerðum sem notuð voru í tilauninni voru greind m.t.t. hlutfalla próteins, fitu, ösku og þurrefnis til að ganga úr skugga um hvernig fóðursamsetning félli að áætlaðri samsetningu samkvæmt uppskrift. Þrísýni af fóðri voru greind í tveimur aðskildum mælingum og eru niðurstöður gefnar upp sem meðaltal mælinganna tveggja (Tafla 2). Áhrif fóðurgerða á samsetningu fiskholds voru einnig metin með sýntöku í upphafi og við lok



tilraunar þar sem hlutfall vatns, próteins, fitu og ösku var mælt. Við allar mælingar voru tekin þrísýni. Í upphafi tilraunar var tekið safnsýni sem samanstóð af 12 fiskum en í lok tilraunar var tekið sýni úr hverju kerri til greiningar. Sýni sem greint var við lok tilraunar samanstóð af flökum af 5 fiskum úr hverju kerri. Sýni af fiskholdi var hakkað fyrir mælingu en fóður mulið. Framkvæmd efnagreininga er lýst nánar hér að neðan.

### Próteinmælingar

Beitt var hefðbundinni Kjeldahl mælingu við mælingar á próteininnihaldi sýna og prótein reiknað út frá heildarmagni köfnunarefnis (köfnunarefni\*6,25). Sýni voru þá brotin niður í brennisteinssýru að viðbættum oxunarhvata (Selen við mælingar á fiskholdi en koparsúlfat við mælingar á fóðri). Sýni voru síðan eimuð og ammoníum títrað í bórsýru (2400 Kjeltec Auto Sampler system) sem síðan er títruð með veikri brennisteinssýru. Hlutfall köfnunarefnis er margfaldað með stuðlinum 6,25 til að fá út hlutfall próteins þar sem 16% af amínósýrum er köfnunarefni (ISO 5983-1979).

### Mælingar á vatnsinnihaldi

Vatnsinnihald var metið út frá þyngdartapi sýna (fóðurs og fisks) frá upphafsþyngd, eftir þurrkun við 104°C í 4 klst (ISO 6496 (1983)).

### Mælingar á fitu

Fituinnihald sýna var metið með Soxhlet- aðferð, þar sem fita í þurrkuðu sýni er dregin út með petrolíum ether við suðu við 40-60°C (2050 Soxtec Avanti Automatic System) og sýni síðan þurrkað við 104°C fyrir mælingu (AOCS Official method Ba-3-38 með frekari aðlögun skv. Application note Tecator no AN 301).

### Ákvörðun á ösku

Sýni voru vegin nákvæmlega í vegnar postulínsdeiglu og glædd yfir gasloga. Deiglum var svo komið fyrir í ofni við 550°C og látin standa yfir nótt eða þar til aðeins aska sat eftir. Mismunur á þunga deiglu fyrir og eftir öskun gefur öskuinnihald sýna sem er reiknað sem hlutfall af heildarþunga sýnis í upphafi.

### 3. Niðurstöður

#### 3.1. Efnasamsetning fóðurs

Áætluð samsetning innihaldsefna í fóðrinu er sýnd í Töflu 1 og niðurstöður efnagreininga á fóðrinu í töflu 2. Eins og kemur fram í töflunum reyndust nokkur frávík vera í efnasamsetningu fóðursins frá áætlaðri uppskrift þar sem nokkuð meira prótein var í tilraunafóðrinu en reiknað var með og því minni munur á milli fóðurtegunda en stóð til í upphafi. Hlutfall fitu í tilraunafóðrinu var að sama skapi minna en áætlað var í upphafi.

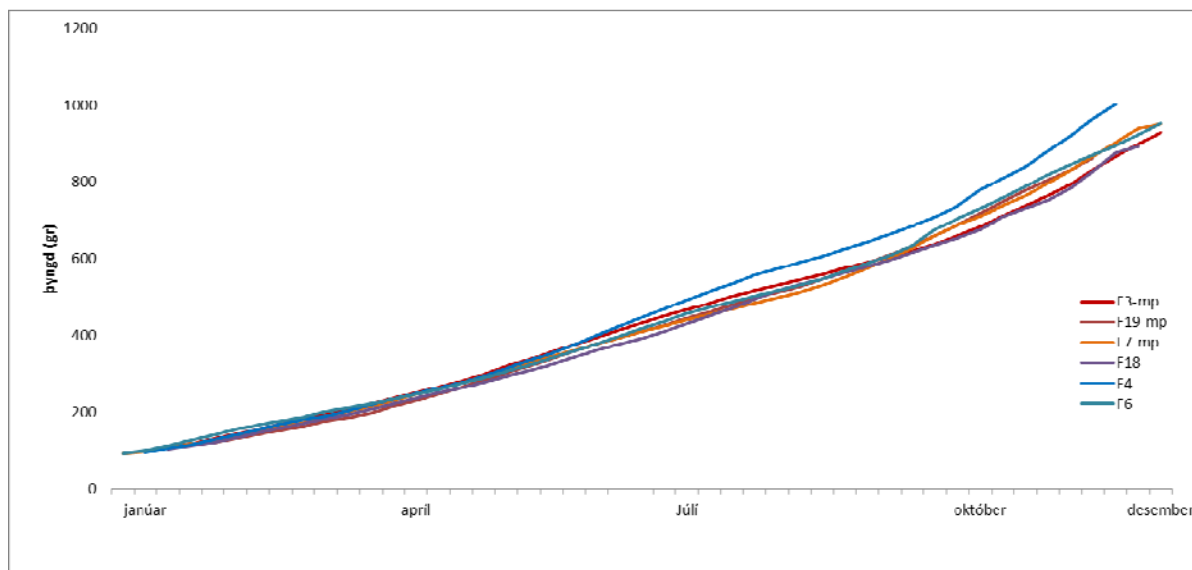
Hægt er að skipta tilraunatímabilinu í 4 mismunandi fóðurlotur, eftir því hvaða fóður var notað (tafla 2). Mesti munur á próteinmagni í fóðurgerðum var í upphafi tilraunar en fyrstu 4 mánuði tilraunarinnar (0-4 mán) var fóðrað með 3mm fóðurskögglum og var tilraunafiskur þá á fóðri sem innihélt 3% minna prótein og 1% meiri fitu en viðmiðunarfóðrið. Næstu 4 mánuði (4-8 mán) var fóðrað með 4 mm kögglum, og reyndist ekki vera munur á prótein- eða fituinnihaldi fóðursins á því tímabili. Næsta mánuðinn (8-9 mán) var síðan fóðrað með 5 mm kögglum og reyndist um 2% meiri fita í tilraunafóðrinu samanborið við viðmiðunarfóðrið. Síðustu 2 mánuði tilraunarinnar (9-11 mán) var notað 5 mm viðmiðunarfóður þar sem fituhlutfallið var aukið og litarefni breytt aukið úr 60mg í 70mg. Tilraunafóðrið reyndist á þessu tímabili innihalda 2,5% minna prótein og 1,4% minni fitu en viðmiðunarfóðrið.

Þrátt fyrir lítinn munur á próteininnihaldi fóðurgerða þá er eftir sem áður minna hlutfall próteina upprunnið úr fiskimjöli í tilraunafóðrinu sem notað var samanborið við í viðmiðunarfóðrinu og er því hægt að gera samanburð byggt á því.

#### 3.2. Vöxtur

Ekki voru mikil afföll af fiski á tilraunatímanum, að meðaltali 4,13% í tilraunahópi og 5,48% í viðmiðunarhópnum og reyndist þessi munur ekki vera marktækur ( $p=0,095$ ).

Vaxtaraukning í öllum kerum er sýnd á mynd 1. Fiskurinn óx vel á tilraunatímanum, upphafsþyngd var um 100g og lokþyngd tilraunafisksins um 926g á meðan viðmiðunarfiskur er um 952g að stærð við slátrun um 11 mánuðum síðar. Fiskur í einu viðmiðunarkeri (F4) er áberandi stærstur við slátrun, 1.002g að meðaltali, en niðurstöður benda þó til þess að próteinminna fóður (tilraunafóður) hafi ekki haft áhrif á vöxt fiskjarins en eins og áður segir var ekki hægt að meta tölfræðilega munur á þeim gögnum.



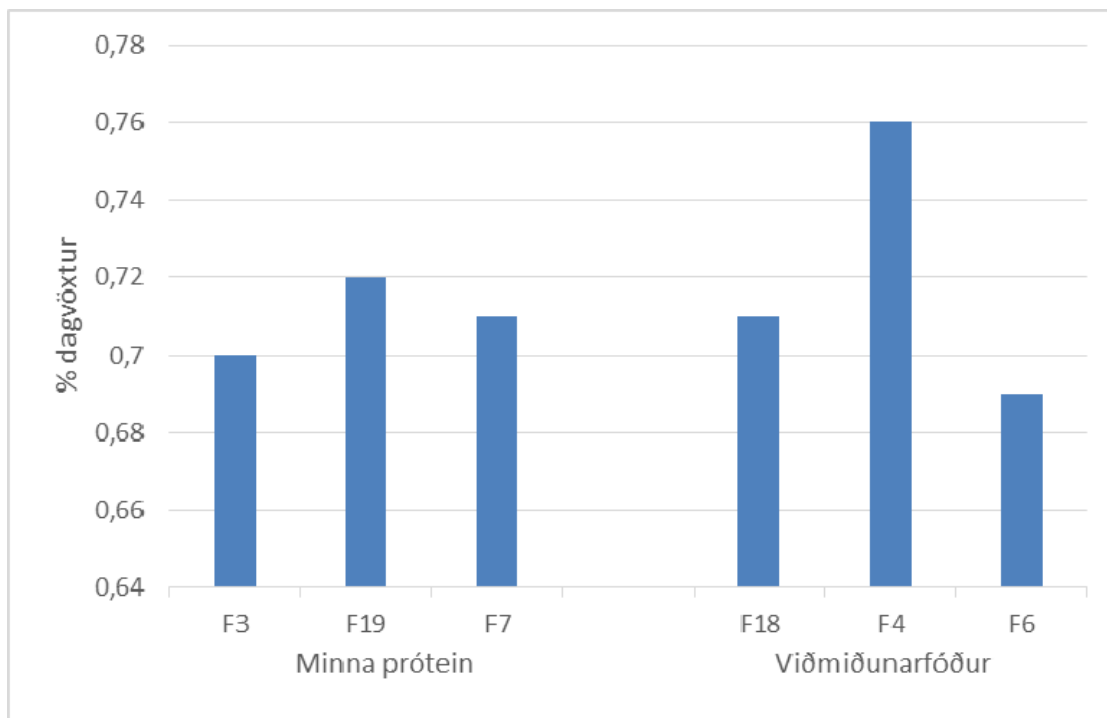
**Mynd 1. Vaxtaraukning hjá fiskum á tilraunatímanum metin út frá vaxtarlíkani.** Sýndar eru mælingar á fiskum í öllum kerjum þar sem fóðrað var með tilraunafóðri sem innihélt minna prótein (F3-mp, F19-mp, F7-mp) samanborið við hefðbundið bleikjufóður (F18, F4, F6).

Ekki reyndist vera munur á vexti fiskjarins eftir mismunandi fóðurlotu (Tafla 3).

**Tafla 3. Þyngd fiska eftir mismunandi fóðurlotu.** Þyngd fiska var metin út frá vaxtarlíkani þegar skipt var um fóðurgerð og sýnir taflan meðalþyngd fiska í hverju kerri svo og meðalþunga fiska í hvorum meðferðarhópi fyrir sig.

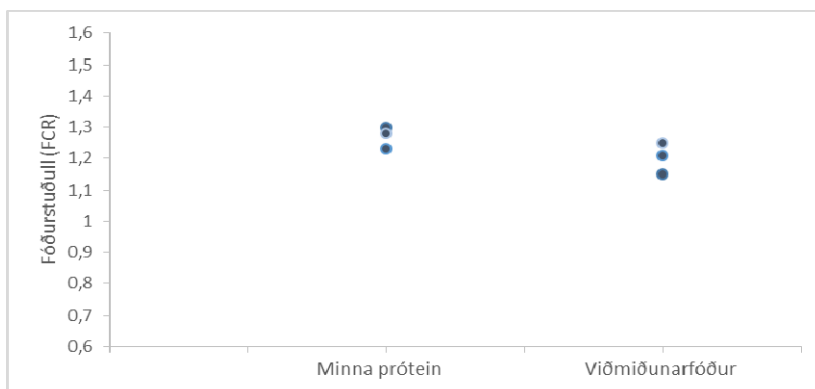
Lengd fóðurlotu	þyngd við lok hvarrar fóðurlotu (g)			
	0-4 mán	4-8 mán	8-9 mán	9-11 mán
<b>F3</b>	319,5	637,7	736,5	965,1
<b>F19</b>	301,6	660,0	778,7	862,3
<b>F7</b>	310,0	658,6	764,5	951,4
<b>Meðaltal tilraunafóður (minna prótein)</b>	<b>310,3</b>	<b>652,1</b>	<b>759,9</b>	<b>926,2</b>
<b>F18</b>	292,6	634,8	730,2	891,5
<b>F4</b>	313,7	708,7	839,3	1002,4
<b>F6</b>	305,9	675,9	788,2	961,3
<b>Meðaltal viðmiðunarfóður</b>	<b>304,1</b>	<b>673,1</b>	<b>785,9</b>	<b>951,7</b>

Dagvöxtur í viðmiðunarkerum var nokkuð mismunandi þar sem vöxturinn var mestur í kerri F4 en minnstur í kerri F6 (mynd 2). Hins vegar reyndist ekki vera marktækur munur á dagvexti á milli hópanna sem að meðaltali mældist 0,71% í tilraunahópnum samanborið við 0,72% í viðmiðunarkerum á tilraunatímabilinu ( $p=0,667$ ).



**Mynd 2. Hlutfallslegur dagvöxtur (%SGR) fiska.** Fiskar í þremur kerum voru fóðraðir á tilraunafóðri (minna prótein) samanborið við hefðbundið bleikjufóður (viðmiðunarfóður) í þremur kerum. Sýndur er dagvöxtur fiska í öllum kerjum.

Fóðurstuðull (FCR) er mælikvarði á það hversu mikið fóður þarf til að þyngja fiskinn. Fóðurstuðull mældist að meðaltali 1,20 í viðmiðunarahópi og 1,27 í tilraunahópi (mynd 3) en það þýðir að 1,2 til 1,27 kg af fóðri hefur þurft til að þyngja fiskinn um hvert kg. Ekki reyndist marktækur munur á fóðurstuðli milli meðferða ( $p=0,136$ ).



**Mynd 3. Fóðurstuðull (FCR) meðferðarhópa.** Hvor meðferðarhópur var í þrítækningu.

### 3.3. Efnasamsetning tilraunafisks

Áhrif fóðurgerða á efnasamsetningu fiskflaka er sýnd í töflu 4.

**Tafla 4. Efnainnihald fiskflaka við upphaf (upphafssýni) og lok tilraunar.** Tekin voru sýni af flökum fiska sem fóðraðir voru á viðmiðunarfóðri (ker F4, F6 og F18) og tilraunafóðri sem innihélt minna magn próteins (ker F3, F7 og F19). Upphafssýni samanstóð af flökum 12 fiska en önnur sýni innihalda flök af 5 fiskum. Öll sýni voru mæld í þrítekningu. \*Fiskar í kerri 19 höfðu verið í svelti í 6 daga áður en sýnataka fór fram og því er þetta sýni ekki tekið með þegar meðaltal er reiknað af hópum á tilraunafóðri (Minna prótein meðaltal).

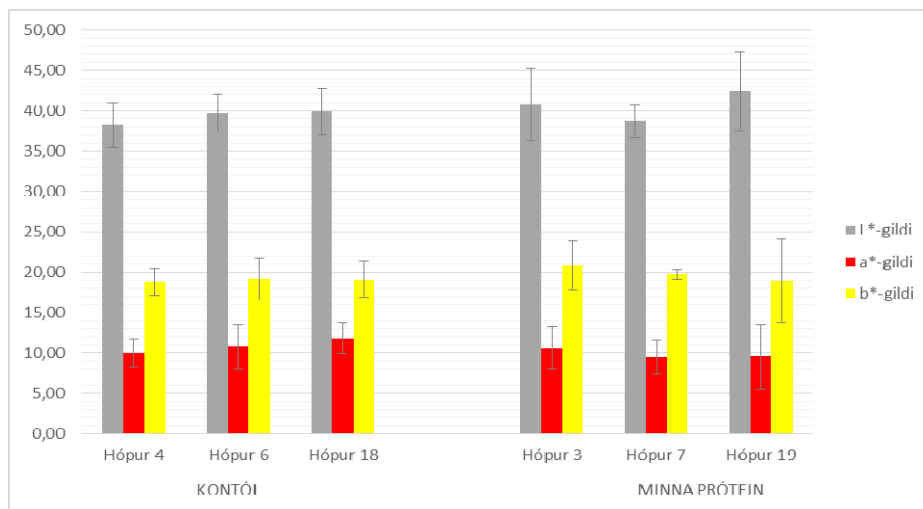
Sýni	Af votvigt					Af þurrvigt		
	Vatn (%)	Þurrefni (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)
<b>Upphafssýni</b>	71,78	28,22	18,00	8,38	1,26	63,80	29,70	4,48
F4	64,31	35,69	18,09	15,70	1,13	50,68	43,99	3,15
F6	64,65	35,35	17,91	15,26	1,07	50,65	43,16	3,04
F18	65,28	34,72	18,62	14,81	1,11	53,61	42,65	3,20
<b>Viðmiðunarfóður meðaltal</b>	64,75	35,25	18,20	15,25	1,10	51,65	43,27	3,13
F3	63,56	36,44	17,29	16,47	1,11	47,44	45,20	3,04
F7	65,45	34,55	17,47	15,70	0,95	50,58	45,43	2,74
F19*	67,44	32,56	18,38	19,99	1,08	56,45	61,41	3,31
<b>Minna prótein meðaltal</b>	64,50	35,50	17,38	16,08	1,03	49,01	45,31	2,89

Hlutfall próteina mældis aðeins minna í fiski sem fóðraður var á „minna prótein“ fóðri og reyndist þessi munur vera á mörkum þess að vera marktækur ( $p=0,06$ ). Hins vegar var ekki marktækur munur á hlutfalli fitu í flökunum ( $p=0,2$ ). Niðurstöður benda því til þess að mismunandi fóður hafi ekki áhrif á efnasamsetningu í flökum.

### 3.4. Holdlitur

Niðurstöður litamælinga, sem framkvæmd var um 6 vikum fyrir slátrun, bendir til þess að flök úr fiski sem fóðraður var með tilraunafóðri hefðu tilhneigingu til að hafa aðeins hærra L-gildi, og því aðeins ljósari að lit. Nokkur breytileiki var þó innan þessa hóps og ekki var marktækur munur á milli hópanna í neinum litagildum (L-gildi, a-gildi og b-gildi).

Meðaltöl og staðalfrávik litagilda eru sýnd á mynd 4 auk þess sem meðaltöl litagilda og marktækni á milli þeirra er sýnt í töflu 5.



Mynd 4. Litmælingar á fiskum í tilraunahópum. Mældir voru 3 fiskar úr hverjum hópi. og sýnir myndin meðaltöl og staðalfrávik; L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur.

Tafla 5. Meðaltöl og staðalfrávik litargilda fyrir tilraunahópa. Mældir voru 9 fiskar í hvorum hóp (3 fiskar/ker). Einnig eru sýnd staðalfrávik og marktækni (p-gildi). L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur.

	Viðmiðunarhópur		Tilraunahópur (minna prótein)		p-gildi
	Meðaltöl	STDEV	Meðaltöl	STDEV	
<b>L-gildi</b>	39,31	2,68	40,67	4,16	0,16
<b>a-gildi</b>	10,81	2,26	9,85	2,95	0,186
<b>b-gildi</b>	18,99	2,13	19,83	3,44	0,291

### 3.5. Skynmat

Tíu dómarar mátu öll sýni. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5. Nokkur munur var í útliti milli hópa og hafði Hópur 77 (tilraunahópur) dekkri appelsínugulan lit, gulari lit á vökva, meiri fitu í vökva og meira af hvítum útfellingum en Hópur 75 (viðmiðunarhópur). Lítill munur var milli hópa í lykt, bragði og áferð. Tilraunahópur hafði örlítið meiri sýrulykt og minna sýrubragð en munur milli meðalgilda hópa var mjög lítill. Tilraunahópur gæti haft meira bragð af ferskri olíu og verið örlítið stinnari (á mörkum marktækis).

**Tafla 5. Meðtöl skynmatsþátta fyrir H75 (viðmiðunarfóður) og H77 (tilraunafóður, minna prótein).**

skynmatsþáttur	H75	H77	p-gildi	
L-sætt	46	49	0,335	
L-málmur	32	32	0,860	
L-olía	28	30	0,395	
L-sýra	*	12	10	0,043
L-mold	12	10	0,471	
L-þrái	1	1	1,000	
Ú-útfell.	*	19	25	0,021
Ú-misl.	*	18	25	0,047
Ú-litur	***	32	50	0,000
Ú-gulur v.	**	24	34	0,006
Ú-fitudr.	**	30	40	0,005
B-sætt	47	48	0,820	
B-málmur	33	36	0,305	
B-olía	ms	29	34	0,074
B-sýra	ms	14	18	0,057
B-mold	16	15	0,590	
B-þrái	2	1	0,388	
Á-mýkt	ms	66	61	0,092
Á-safi	56	53	0,329	
Á-meyrni	62	61	0,722	
Á-maukk.	40	40	0,894	
Á-viðloð.	49	49	0,911	

ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ )

## 4. Umræða og ályktanir

### Vöxtur

Töluverð frávik mældust í samsetningu fóðursins sem notað var í tilraunina þar sem minni munur var á milli fóðurgerða en stefnt var að. Ýmsar skýringar geta verið á því og má þar sem dæmi nefna smávægilegar skekkjur við blöndun fóðurs, skekkja í efnagreiningu eða smávægileg frávik í uppgefnu efnainnihaldi hráefna. Mesti munur á próteininnihaldi fóðursins var fyrstu 4 mánuði tilraunarinnar og síðustu 2 mánuðina fyrir slátrun.

Vöxtur fiskisins í báðum hópum var mjög góður og enginn munur reyndist á vexti hópanna á tímabilinu. Niðurstöður styðja því niðurstöður fyrri rannsókna þar sem sýnt var fram á að fiskur sem náð hefur 90g þyngd vaxi vel á fóðri sem inniheldur minna prótein en jafnan er notað í viðmiðunarfóðri. Hér óx fiskur vel á fóðri sem innihélt 36-43% prótein og jafn vel og þegar notað var fóður sem innihélt 39-46% prótein.

Niðurstöður benda einnig til þess að skipta megi út fiskimjöli fyrir plöntuhráefni þannig að allt að 55% af próteininu sé úr jurtahráefnum án þess að það hafi neikvæð áhrif á vöxt. Munur á fóðurstuðli var ekki marktækur milli hópa en reiknaðist þó um 6% hærrí í fiskinum sem fékk minna prótein. Í eldri tilraunum hefur einmitt sést að minna próteinmagn getur leitt til hærri fóðurstuðuls. Þ.e. að það þurfi meira fóður til að ná sömu þyngdaraukningu.

### Samantekt gæðamats

Niðurstöður efangreiningar benda til þess að mismunandi fóður virðist ekki hafa áhrif á efnasamsetningu í flökum og mjög lítil munur var á gæðum milli hópanna.

Niðurstöður Minolta litamælinga á holdlit voru þær að fiskur sem fóðraður var með minna próteini var aðeins ljósari en samanburðarhópurinn þó svo ekki hafi verið marktækur munur á milli hópanna. Meiri breytileiki á holdlit reyndist einnig vera innan tilraunahópanna. Holdlitur var mældur með minoltamælingu nokkrum vikum fyrir slátrun og reynslan er sú að litur á flökum breytist oft á þessum síðustu vikum fyrir slátrun. Skynmat sem framkvæmt var við slátrun leiddi einnig í ljós að gerð fóðurs gæti haft áhrif á útlit bleikjunnar þannig að bleikja alin á tilraunafóðri (minna próteini og minni fitu frá fiskolíu) var misleitari og dekkri andstætt því sem mælt var með Minolta mælinum. Þó þarf að hafa í huga að í bleikju er oft mikill einstaklingsmunur á lit sem gæti haft áhrif á niðurstöður.

Í skynmati var nokkur munur á milli hópanna tveggja í útliti en munur í lykt, bragði og áferð var lítil. Tilraunahópur hafði meiri fitu í soðvökva og meiri útfellingar en bleikja alin á hefðbundnu fóðri. Einnig gætu einhver áhrif verið á bragð þar sem bleikja alin á tilraunafóðri hafði meira bragð af ferskri fiskiolíu og meira sýrubragð. Þessi munur var þó lítil og á mörkum marktækis.

### Áhrif á hagkvæmni

Hráefniskostnaður í tilraunafóðrunum var að jafnaði 10 – 14% lægri en í upphaflega viðmiðunarfóðrinu og 4 – 8% lægri í breytta viðmiðunarfóðrinu (það innihélt lægra hlutfall próteins en upphaflega viðmiðunar fóðrið). Sé gengið út frá því að fóðurstofnaður sé 50% af framleiðslukostnaði svarar þetta til þess að notkun tilraunafóðursins lækki framleiðslu kostnað bleikjunnar um 5 – 7% miðað við upprunalega viðmiðunar fóðrið en 2 – 4% miðað við endurskoðaða viðmiðunar fóðrið. Miðað við 5000 tonna framleiðslu mundi notkun tilraunafóðursins sem prófað var í þessari rannsókn svara til sparnaðar upp á 85 miljónir miðað við upphaflega viðmiðunarfóðrið en 42 miljónir miðað við endurskoðaða viðmiðunarfóðrið.

## 5. Þakkarorð

AVS sjóðurinn styrkti þessa rannsókn og er honum ásamt þeim sem komu að framkvæmd þessarar tilraunar færðar þakkir fyrir.



## 6. Heimildir

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

Stone, H., & Sidel, J., L. (1985). Sensory evaluation practices. Orlando, Fla.: Academic press, Inc, 311p.