

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Notkun repjuolíu í vetrarfóður fyrir lax í sjó

Jón Árnason
Jón Örn Pálsson
Gunnar Örn Kristjánsson
Ólafur Ingi Sigurgeirsson
Arnpór Gústafsson

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 05-14
Febrúar 2014

ISSN 1670-7192

Report summary

<i>Titill / Title</i>	Notkun repjuolíu í vetrarfóður fyrir lax í sjó/ Use of canola oil in winterdiets for Atlantic salmon		
<i>Höfundar / Authors</i>	Jón Árnason ¹ , Jón Örn Pálsson ² , Gunnar Örn Kristjánsson ³ , Ólafur Ingi Sigurgeirsson ⁴ , Arnþór Gústafsson ⁴ . ¹ Matís ohf. ² Fjarðalax hf. ³ Fóðurverksmiðjan Laxá hf. ⁴ Háskólinn á Hólum.		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	05-14	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Febrúar 2014
<i>Verknr. / Project no.</i>	20052183		
<i>Styrktaraðilar /Funding:</i>	AVS sjóðurinn tilvísunarnr. R 089-12		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	Tilraun var gerð með mismunandi magn repjuolíu (0, 50 og 80%) í vetrarfóður fyrir 570 gramma lax sem alinn var í sjó með 28,2‰ seltu (26 - 34‰) við meðalhita 4,5°C (3,8 – 5,6°C). Fiskurinn tvöfaldaði þunga sinn á 152. daga tilraunatíma. TGC ₃ var að meðaltali 2,9. Fitugerð fóðursins hafði mjög lítil áhrif á vöxt, fóðurtöku, fóðurnýtingu og magnefna innihald í fiskflökum. Samsetning fóðurfitunnar hafði ekki mikil áhrif á lit í flökum þó svo að fiskur sem fékk fóður með eingöngu lýsi gæfi marktækt (p= 0,017) ljósari flök en fiskur sem fékk fóður með repjuolíu. Fitugerðin í fóðrinu hafði hins vegar veruleg áhrif á fitusýrusamsetningu fitu í bæði fóðri og fitu í flökum einkum á það við um innihald EPA, DHA og hlutfall n-6 og n-3 fitusýra. Niðurstöðurnar sýna þó að áhrifin í flaka fitunni eru mun minni en í fóður fitunni, einkum á þetta við fitusýruna DHA. Svo virðist sem stýri DHA úr fóðurfitunni í flakafitu fremur en að nota hana sem orkugjafa.		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Laxeldi, fóður, flakafita, holdlitur</i>		
<i>Summary in English:</i>	An experiment with different inclusion of Canola oil (0, 50 and 80%) in diets for 570 grams Atlantic salmon that was reared in sea water with average salinity of 28,2‰ (26 - 34‰) at average temperature of 4,5°C (3,8 – 5,6°C). The fish doubled its weight during the 152 days trial period. TGC ₃ was on average 2,9. The fat type had had only minor effects on growth, feed intake, feed conversion and nutrient content in filet. The fat type in the diet did not have much effect on the filet colour even though the fish that got feed with fish oil was significantly (p= 0,017) lighter in filet colour than fish that got diets with Canola oil. Composition of the diets had market effect on the fatty acid composition of both dietary fat and filet fat in particular the content of EPA and DHA and the n-6 to n-3 ratio. However the results show lower effect in the filet fat than in the dietary fat, particularly regarding the content of DHA indicating that the fish is directing that fatty acid towards the storage lipid in the filet rather than using it as energy source.		
<i>English keywords:</i>	<i>Salmonfarming, feed, filet fat, flesh colour</i>		

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Framkvæmd.....	3
Fóður	3
Eldisaðstæður	4
Fiskur.....	4
Mælingar	4
Niðurstöður.....	5
Vöxtur.....	5
Fóðurtaka og fóðurnýting.....	7
Efnasamsetning fiskflaka	7
Fitusýrusamsetning í fóðri.....	8
Fitusýrusamsetning í flökum.....	10
Holdlitur	13
Umræða og ályktanir	14
Þakkarorð	15
Heimildir	16

Inngangur

Samkeppnisaðstaða kvíaeldis á laxfiskum við Ísland er nokkuð skert vegna lágs sjávarhita við landið yfir veturinn. Svipað er uppi á teningnum norðarlega í Noregi. Við slíkar aðstæður er mikils um vert að fóðrið sem gefið er sé lystugt og þannig úr garði gert að það nýtist eins vel og kostur er.

Tiltölulega fáar rannsóknir hafa verið birtar um samspil fóðurs og eldshita og þá einkum um áhrif mjög lágs (1 - 4°C) hitastigs á æskilega samsetningu fóðursins. Pérez-Casanova et al (2009) fundu að það var tegundamunur á viðbrögðum við lækun hitastigs þar sem ýsa sýndi mun neikvæðari viðbrögð við lækkuðum eldshita en þorskur, þ.e. að þorskurinn virtist hafa meira kuldapól en ýsan. Líklegt er talið að lax og regnbogasilungur hafi kjörhita líkari ýsu en þorski. Í Noregi er repjuolía notuð í miklum mæli sem fitugjafi í fóðri fyrir bæði lax og regnbogasilung. Tilgangur þess er fyrst og fremst að spara lýsi án þess það komi niður á heildar ómega-3 innihaldi fóðursins. Repjuolía er meðal þeirra jurtaolía sem innihalda umtalsvert magn af ómega-3 vegna hárs innihalds af línólínsýru. Repjuolían inniheldur einnig verulegt magn af ómega-6 fitusýrunni línólsýru en hvoruga ómega-3 fitusýrana DHA eða EPA sem sóst er eftir í fitu laxfiska. Þetta kemur ekki að mikilli sök ef lýsið sem notað er í fóðrið er ansjósulýsi frá Suður- Ameríku því það inniheldur u.þ.b. tvöfalt magn af DHA og EPA samanborið við loðnu- og síldarlýsi af norðurhveli (Tafla 1). Því er talin þörf á að rannsaka áhrif þess, að skipta út íslensku lýsi með repjuolíu, á vetrarvöxt, fóðurnýtingu og fitusýrusamsetningu í vöðva hjá laxi í köldum sjó.

Tafla 1. Innihald af mettuðum-, einómettuðum fitusýrum og summu DHA og EPA í nokkrum fitugerðum (NRC 2011).

	Mettaðar fitu sýrur %	Ein ómettaðar fitu sýrur%	Summa DHA og EPA %
Lýsi			
<u>Atlantshaf:</u>			
Loðnulýsi	20,0	61,7	7,6
Síldarlýsi	22,8	56,4	13,3
<u>Kyrrahaf:</u>			
Ansjósulýsi	34,6	24,9	25,8
Jurtaolíur			
Repjuolía	7,4	62,3	0,0
Línolía	9,4	20,2	0,0
Pálmaolía	51,6	37,0	0,0

Sé lýsi notað sem fitugjafi er ómega-3 í fóðrinu fyrst og fremst á formi DHA og EPA fitusýra. Þó laxfiskar hafi nokkra möguleika á að nota línólínsýru (18:3, n-3) til að mynda DHA og EPA sýna tilraunir að innihald fiskholds á þessum fitusýrum lækkar með lækkandi innihaldi þeirra í fóðrinu og að aðeins hluti línólínsýru í fóðrinu er breytt í DHA og EPA (Bell & Koppe 2011). Þar sem það er í raun DHA og EPA sem einkum er sóst eftir í holdfitu laxfiska er ljóst að innihald þeirra mun lækka með aukinni notkun repjuolíu sem fitugjafa. Ein viðbrögðin við þessu er að nota fremur ansjósulýsi frá Suður-Ameríku en loðnulýsi, vegna hærri innihalds af DHA og EPA eins og fram kemur í Töflu 1. Önnur aðferð sem einnig er hægt að beita, í þeim tilgangi að auka hlut DHA og EPA í afurðum, er að nota eingöngu lýsi sem fitugjafa síðustu mánuðina fyrir slátrun, (Bell et al 2004).

Samband er milli innihalds af mettuðum fitusýrum í fitum og bræðslumarks þeirra. Gera má ráð fyrir að það hafi áhrif á nýtingu fitunnar einkum við lágt hitastig. Martins et al (2009) rannsökuðu meltanleika mismunandi fitugerða í lúðu og komust að þeirri niðurstöðu að repjuolía meltist betur en lýsi og tengdu það lægra innihaldi af mettuðum fitusýrum í repjuolíunni, því almennt meltast ómettaðar fitusýrur betur en mettaðar. Íblöndun repjuolíu minnkar innihald mettaðrar fitu í fóðrinu eins og lesa má út úr Töflu 1. Ekki hafa fundist heimildir um áhrif innblöndunar repjuolíu í fóður á vöxt við lágt hitastig í söltu vatni en Karalazos et al (2011) komst að því að lax alinn við 11 gráðu hita sýndi betri vöxt á fóðri með repjuolíu en lýsi sem fitugjafa vegna hærri meltanleika á repjuolíunni. Bendiksen et al (2003) fundu engin áhrif af því að blanda repjuolíu og línolíu í fóður á meltanleika fitu í fersku vatni

við 2°C hita, en jákvæð áhrif á prótein meltanleika. Enginn munur var á vexti seiðanna þrátt fyrir ólíkar fitugerðir í fóðrinu.

Því virðist vera full ástæða til að skoða áhrif mismunandi fitugjafa í fóðri á vöxt og þrif laxfiska við það sjávarhitastig sem er víða hér við land að vetrinum (1 - 4°C).

Framkvæmd

Fóður

Gerður var samanburður á fóðrum með þrem mismunandi hlutföllum lýsis og repjuolía.:

- 100% lýsi (loðnu/síldar)
- 50% lýsi og 50% repjuolía
- 20% lýsi og 80% repjuolía

Að öðru leyti var hráefnanotkunin í fóðrinu sú sama. Hráefni sem notuð voru í fóðrið auk mismunandi fitugjafa voru fiskimjöl, hveiti og maís -glúten mjöl auk forblandaðra vítamína, steinefna og litarefnis.

Efnasamsetning fóðranna er sýnd í töflu 2.

Tafla 2. Efnasamsetning

Fóðurgerð	50/50	20/80	100% lýsi
Mæld efnasamsetning fóðurs			
Vatn (%)	7,9	7,8	7,8
Þurrefni (%)	92,1	92,2	92,2
Prótein (%)	39,4	37,1	38,8
Fita (%)	20,7	20,4	22,3
Aska (%)	10,6	10,4	10,4
Hlutfall þurrefna í fóðri			
Prótein (%)	42,8	40,2	42,1
Fita (%)	22,5	22,1	24,2
Aska (%)	11,5	11,3	11,3

Eldisaðstæður

Tilraunin var framkvæmd í landkerum í tilraunaaðstöðu Háskólans á Hólum í Verinu á Sauðárkróki.

Tilraunin stóð yfir í 152 daga.

Tilraunaker voru 1,6 rúmmetrar tengd sjó, í gegnumstreymi, með meðalseltu 28,2 ‰ (26 – 34 ‰).

Hitastig og súrefnismettun í tilraunakerum var mælt daglega. Meðalhiti á tilraunaskeiðinu var 4,5°C (3,8 – 5,6°C).

Súrefnismettun var á bilinu 100 – 120% með fáeinum undantekningum, aldrei þó lægri en 70%.

Fóðrað var með hverri fóðurgerð í þrjú ker og fóðrað allan sólarhringinn við stöðuga langa ljóslotu (24:0). Leitast var við að yfirfóðra fiskinn lítillega.

Fiskur

Fiskur í tilraunina kom úr eldiskvíum Fjarðalax í Patreksfirði og var fluttur með tankbílum á Sauðárkrók. Veruleg afföll urðu í flutningi og þurfti fiskurinn talsverðan tíma til að jafna sig eftir flutninginn.

Við upphaf tilraunar var fiskinum skipt niður á 9 ker með 58 fiskum í hverju ker.

Meðalþungi fiskanna var 571 gramm við upphaf tilraunar (Hópur 20/80: 566 grömm; hópur 50/50: 568 grömm og hópur 100: 580 grömm).

Mælingar

Fylgst var með þungabreytingum fiskjarins með mælingum á einstaklingsþunga við upphaf og lok tilraunarinnar og að auki tvisvar þar á milli. Reiknaður var % dagvöxtur (SGR) samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$$SGR = 100 * (\ln(W_2) - \ln(W_1)) / t$$

þar sem W_2 og W_1 er þyngd við lok og upphaf tímabils, en t er fjöldi daga milli mælinga.

Vaxtarstuðull, „Thermal growth coefficient“ TGC_3 var einnig reiknaður til að meta vöxt fisksins í tilrauninni. TGC_3 var reiknaður út samkvæmt jöfnunni:

$$TGC_3 = ((\sqrt[3]{W_2} - \sqrt[3]{W_1}) / (T * t)) * 1000$$

þar sem W_2 og W_1 er þyngd við lok og upphaf tímabils, T er meðalhitinn á tilraunátíma en t er fjöldi daga milli mælinga. Dagleg fóðurgjöf var mæld nákvæmlega, sem og það fóður sem ekki

var étið. Umframfóðrinu var safnað í fóðurgildru í frárennsli, fóðurköggjar taldir og þyngd umframfóðrunar metin út frá meðalþyngd þurrvigtaðra köggla. Þetta var gert til að mæla fóðurtöku og fóður stuðul (FCR) sem reiknaður var samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$FCR = \text{étið fóður/vaxtarauki}$

Við lok tilraunar voru tekin sýni af fóðri og 12 heilum skinnlausum fisk flökum til greiningar á efnainnihaldi (Þurrefni, próteini fitu og ösku)og fitusýrusamsetningu á fóðurfitu og flakafitu(í gasgreini). Holdlitur á fiski var mældur í 12 með svokallaðri Minolta aðferð þar sem mæld voru L gildi (100 = 100 hvítt og 0 = svart), a gildi (a+ er rautt en a- er grænt) og b gildi (b+ er gult og b- er blátt), tekið er meðaltal af mælingum á þrem stöðum í hverju fiskflaki. Allar mælingar eru gerðar í þrítekningu. Tölfræðigreining á litarmælingum var gerð með einþátta Anova greiningu.

Niðurstöður

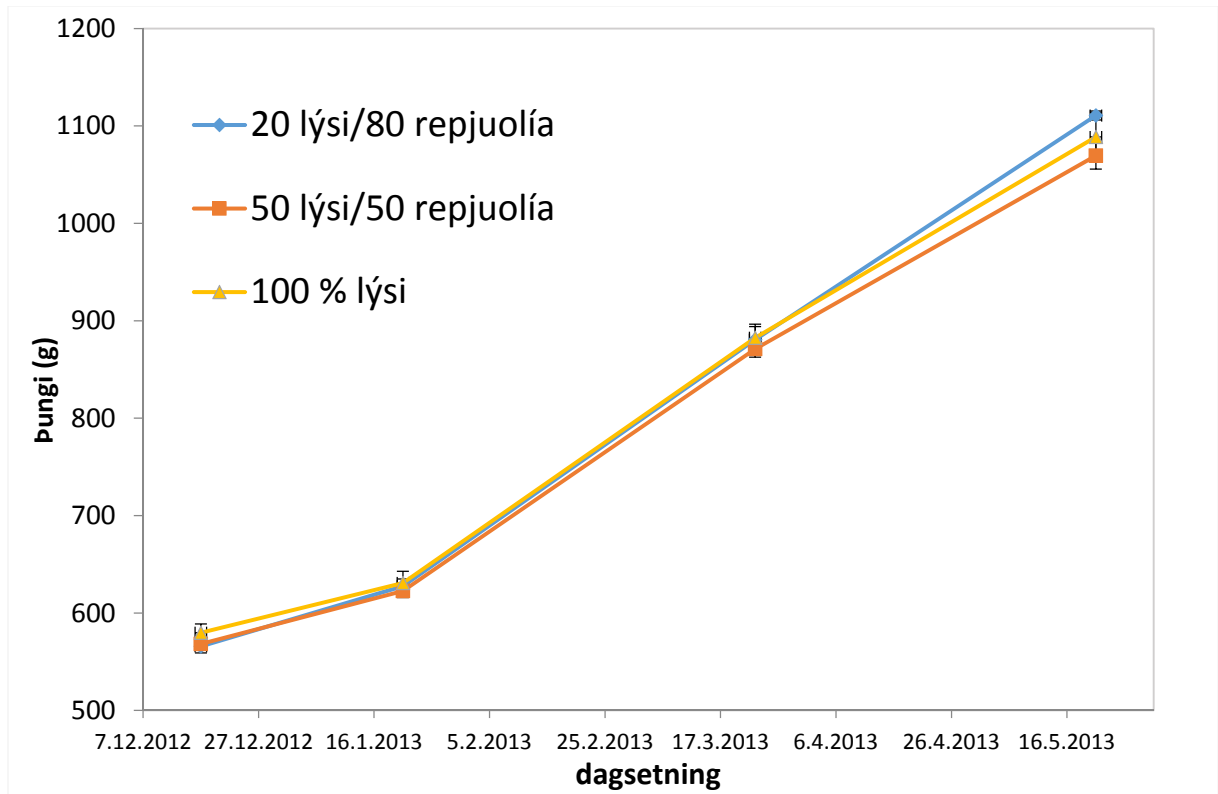
Vöxtur

Á þeim 152 dögum sem tilraunin stóð yfir tvöfaldaði fiskurinn þyngd sína að meðaltali (Mynd 1). Dagvöxturinn (SGR) var um eða yfir 0,4% (Mynd 2) sem telst mjög góður vöxtur hjá fiski af þessari stærð miðað við hitastig.

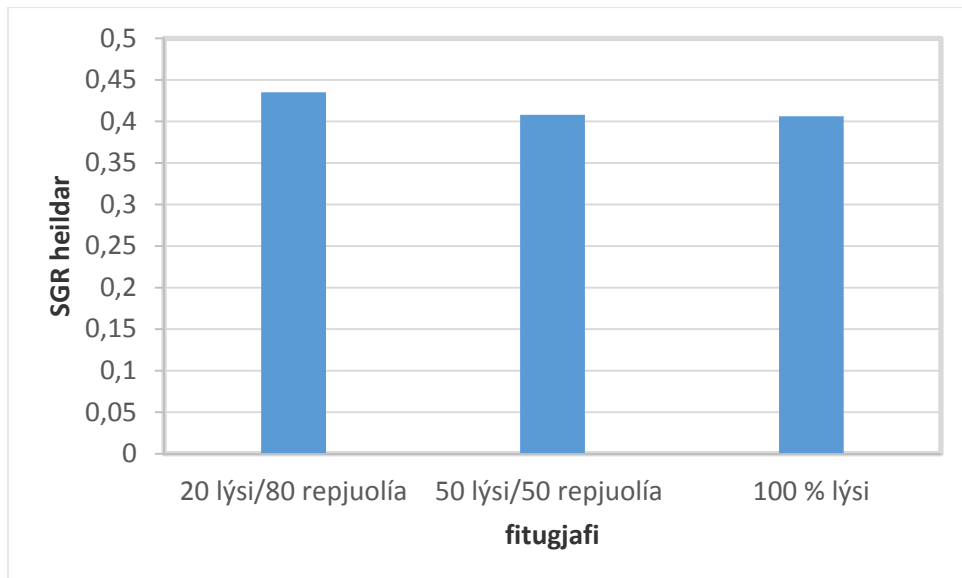
TGC₃ sem er mælikvarði á vöxt óháð hitastigi var á bilinu 2,8 – 3,0, sem sýnir að fiskurinn hefur vaxið vel við tilraunaaðstæðurnar..

Ekki var neinn marktækt mælanlegur munur á vexti milli hópanna, þó lokapungi fiska sem fengu fóður með 20% lýsi og 80% repjuolíu í fóðri væri lítillega hærri en þeirra sem fengu fóður með 50% eða 100% lýsi sem fitugjafa. Því virðast ekki vera nein neikvæð áhrif á þróun vaxtar laxins að ræða við að skipta út lýsi með repjuolíu.

Ekki er að sjá mikinn mun á SGR milli hópanna en hæsta gildi SGR mælist í þeim hópi sem fékk minnst lýsi í fóðrinu.



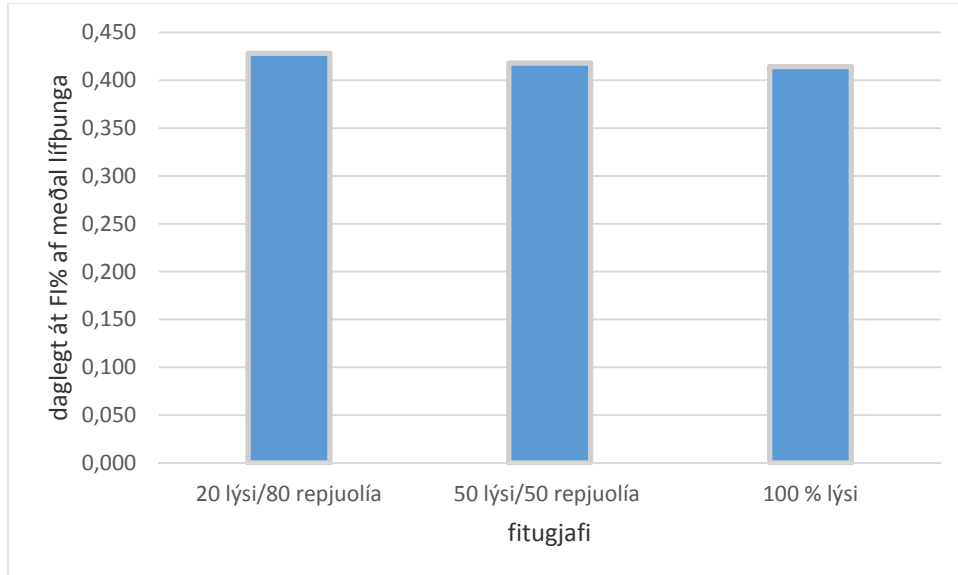
Mynd 1. Þróun meðalþyngdar (g \pm SEM, n=3) laxa á tilraunátíma sem fóðraðir voru með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fóðri.



Mynd 2. Samanburður á meðal dagvexti meðferðarhópa (%SGR, n = 3) yfir allt vaxtartímabil tilraunarinnar.

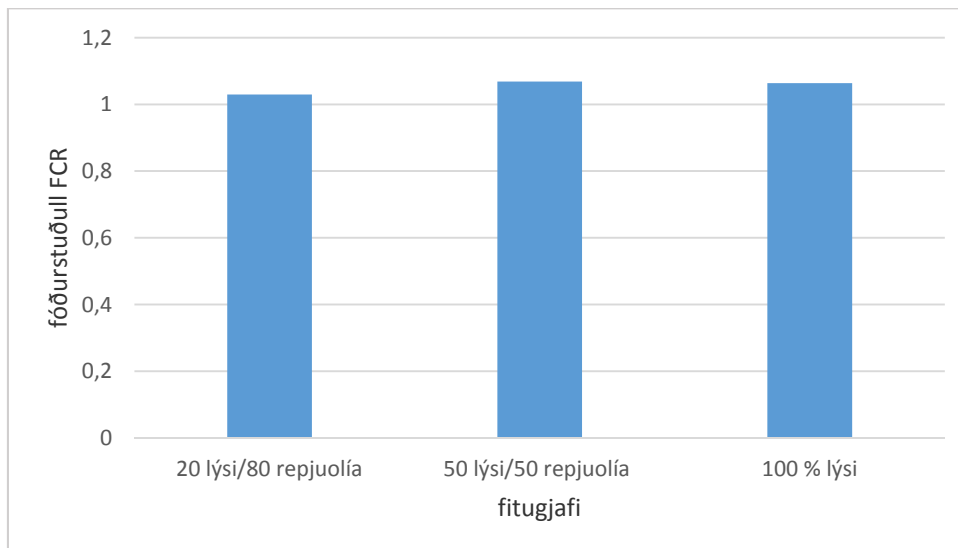
Fóðurtaka og fódurnýting

Fiskurinn tók fóðrinu mjög vel eins og sést á Mynd 3 en allir hópar átu að jafnaði yfir 0,4% af lífbunga daglega. Ef eitthvað er, þá er fóðurtakan nokkru betri í hópnum sem fengu repjuolíu í fóðrinu.



Mynd 3. Meðaltals dagleg fóðurtaka (% étið fóður/g meðal lífmassi, $n=3$) tilraunahópa, fóðruðum á ólíku hlutfalli lýsis og repjuolíu.

FCR er innan við 1,1 í öllum hópum og lægstur er hann í hópnum sem fékk hæst hlutfall repjuolíu (Mynd 4).



Mynd 4. Fódurnýting (FCR) hjá laxi fóðruðum með ólíkum hlutföllum lýsis og repjuolíu í 152 daga í köldum sjó.

Efnasamsetning fiskflaka

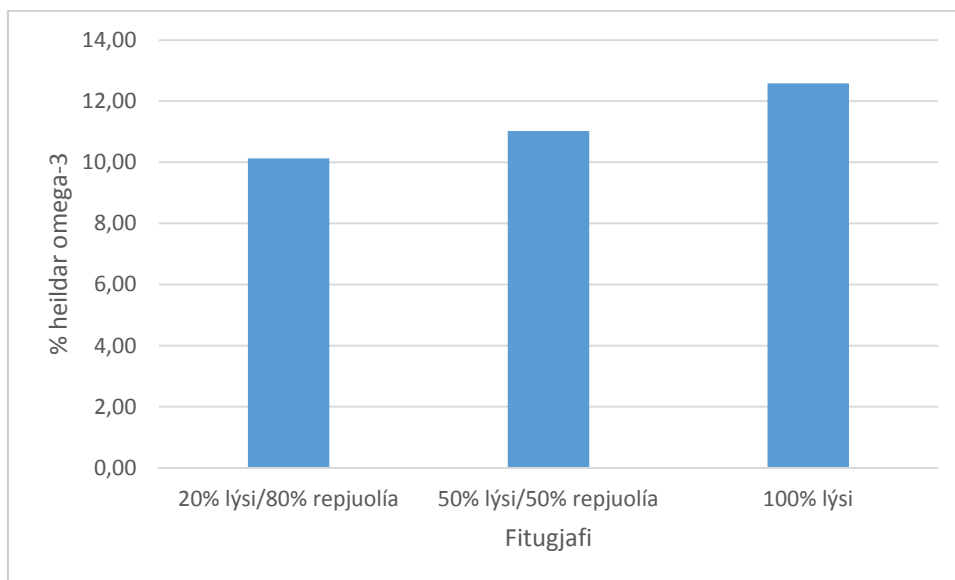
Tafla 3. sýnir efnainnihald fiskflaka eftir fóðrun með mismunandi fitugjöfum. Öll gildi eru innan eðlilegra marka og ekki hægt að sjá nokkurn mun sem tengist mismunandi fóðurgerðum.

Tafla 3. Efnainnihald í flökum eftir fóðrun með mismunandi fitugjöfum (n=3)

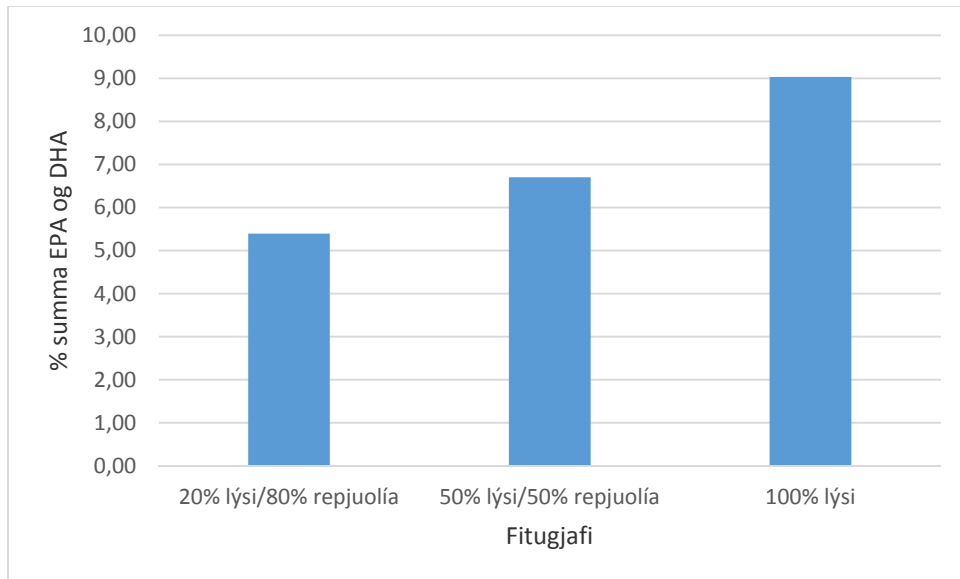
Fitugjafi	20 lýsi/ 80 repjuolía	50% lýsi/50% repjuolía	100% lýsi
Raki	67,7	68,0	67,2
þurrefni	32,3	32,0	32,8
Prótein	20,2	20,2	19,9
Fita	12,1	11,5	12,4
Aska	1,3	1,3	1,3

Fitusýrusamsetning í fóðri

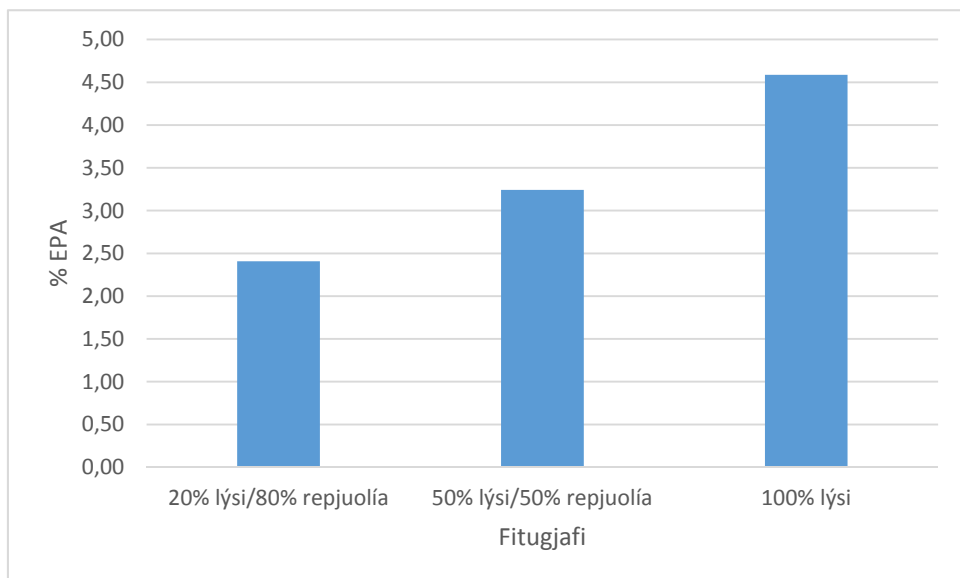
Val á fitu hráefni hefur veruleg áhrif á fitusýrusamsetningu fóðursins. Myndir 5 – 9 gefa yfirlit yfir áhrif innblöndunar repjuolíu á helstu fitusýrur í tilraunafóðrunum.



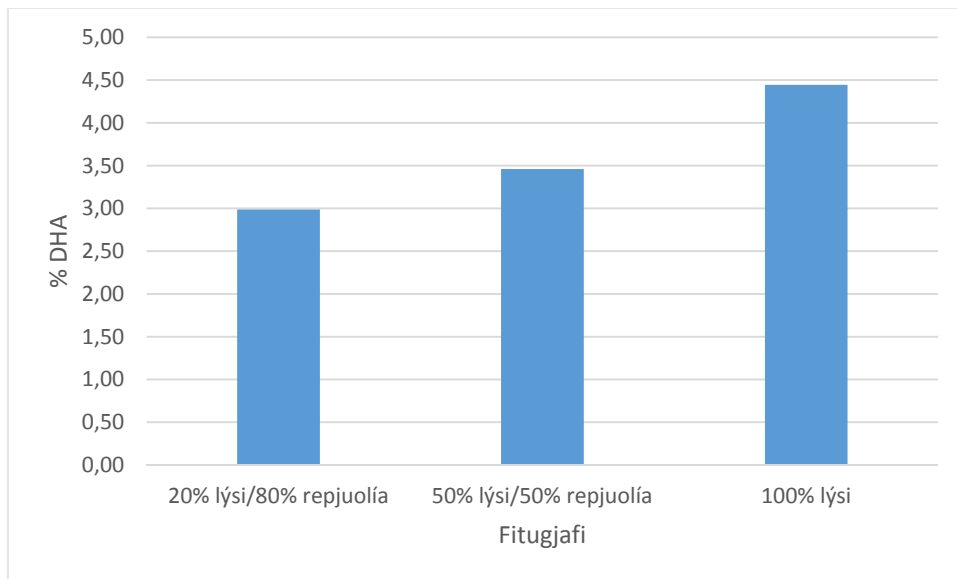
Mynd 5. Heildarmagn ómega-3 fitusýra í fóðurfitu í 3 fóðurgerðum sem notaðar voru í tilrauninni.



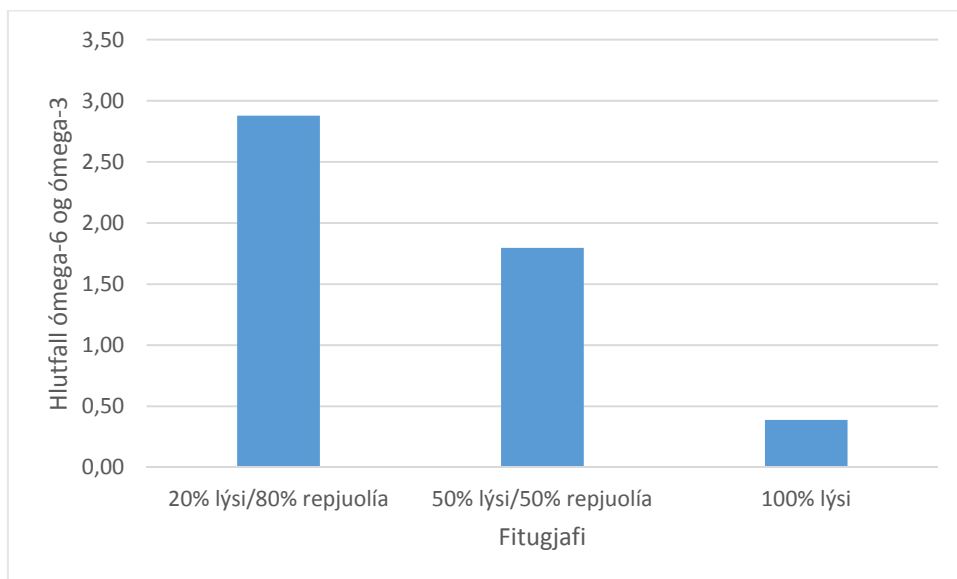
Mynd 6. Summa EPA og DHA í fódurfitu í tilraunafóðrinu.



Mynd 7. Summa af EPA fitusýru í fódurfitu í tilraunafóðrinu.



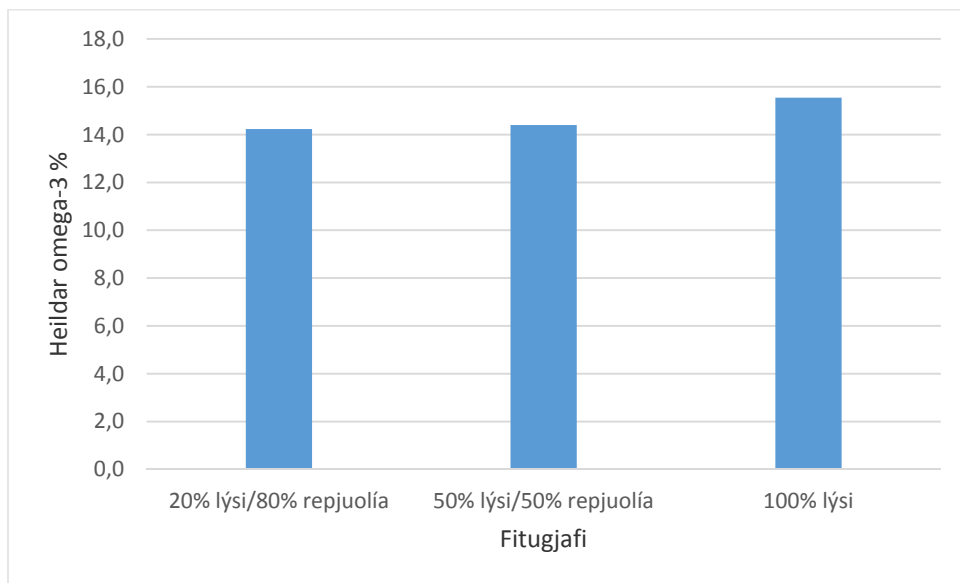
Mynd 8. Summa af DHA fitusýru í fódurfitu í tilraunafóðrinu.



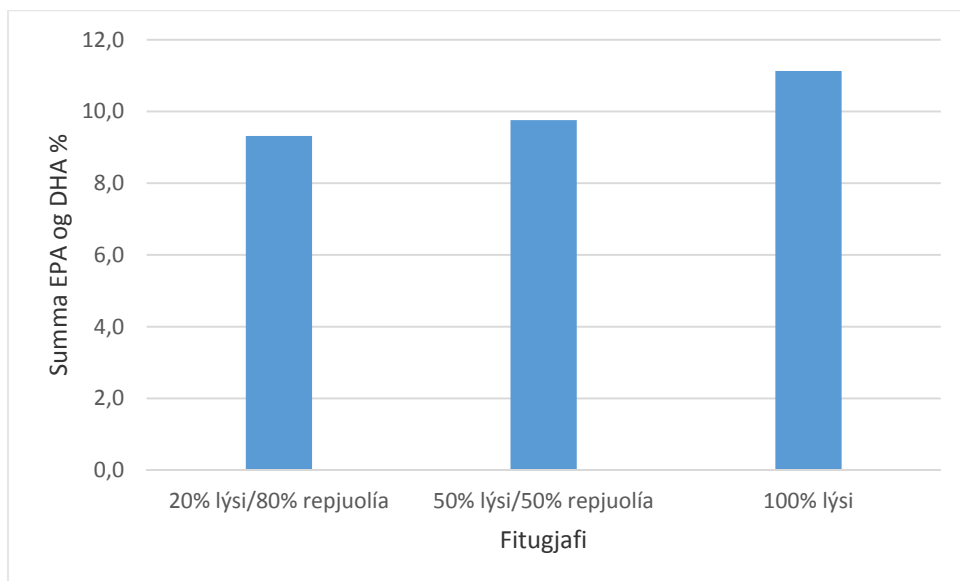
Mynd 9. Hlutfall ómega-6 og ómega-3 í fódurfitu í tilraunafóðrinu.

Fitusýrusamsetning í flökum

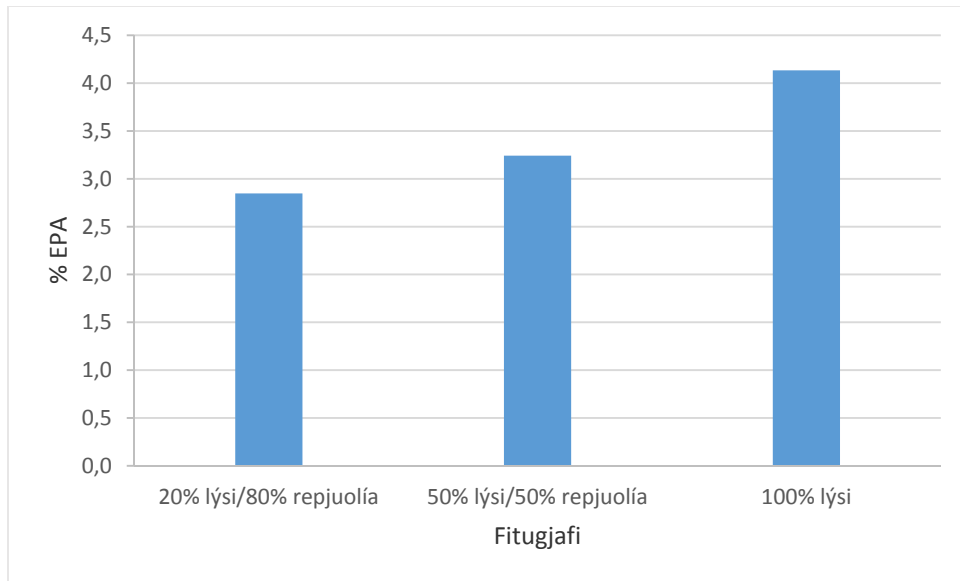
Nokkur munur kemur fram á fitusýrusamsetningu flakanna eftir því hver fitugjafinn var í fóðrinu. Myndir 10 til 14 gefa yfirlit yfir innihald ómega-3 fitusýranna, EPA og DHA, sem hlutfall af heildar fitusýrum í flökum eftir fóðrun í 152 daga með fóðri með mismunandi fitugjöfum. Á mynd 14 eru áhrif fóðursins á hlutfall ómega-6 og ómega-3 í flökunum sýnd.



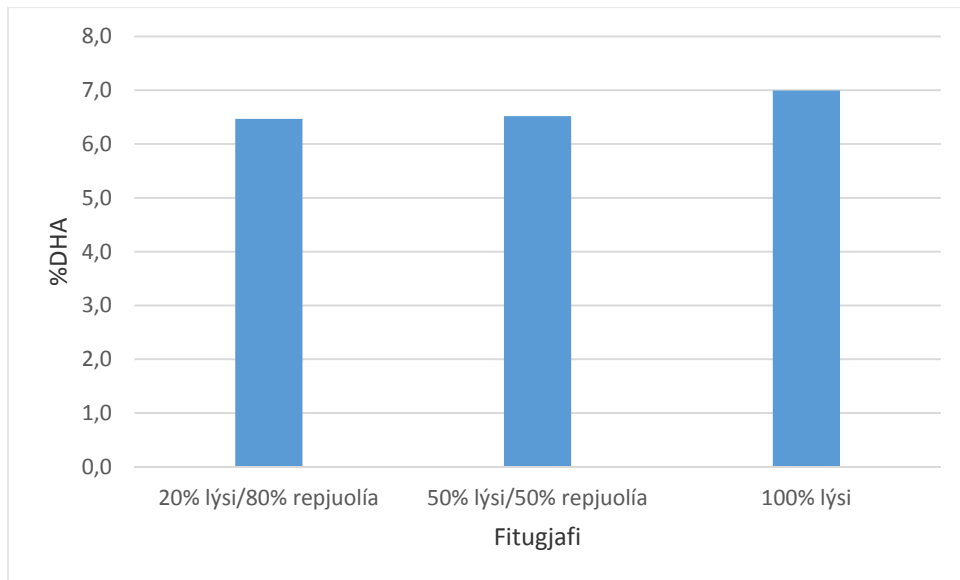
Mynd 10. Heildar magn af ómega-3 fitusýrum í flakafitu fisks fóðruðum með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fóðri.



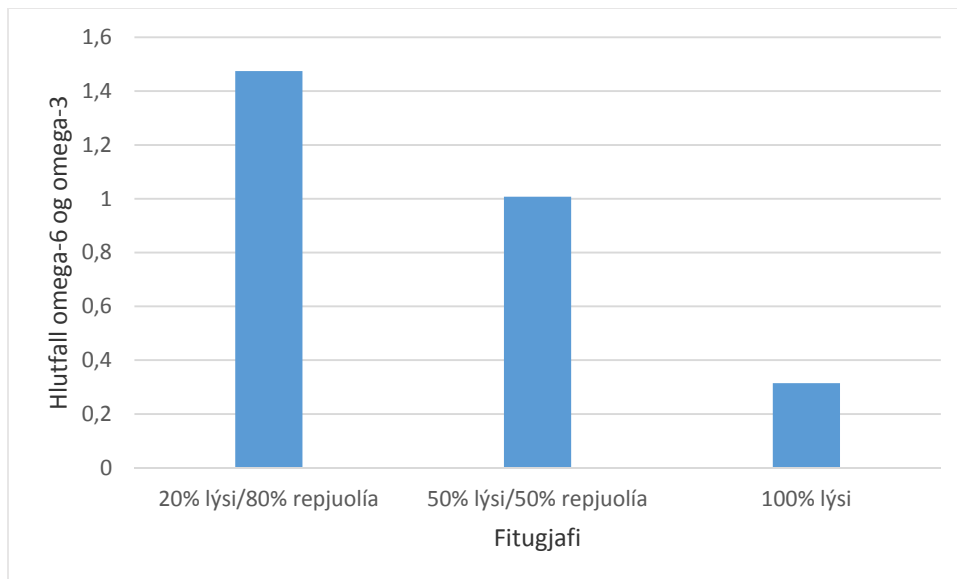
Mynd 11. Summa af EPA og DHA fitusýrum (%) í flakafitu fisks fóðruðum með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fóðri.



Mynd 12. Innihald EPA fitusýru (%) í flakafitu fisks fóðruðum með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fóðri.



Mynd 13. Innihald DHA fitusýru (%) í flakafitu fisks fóðruðum með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fóðri.



Mynd 14. Hlutfall ómega-6 og ómega-3 (n-6/n-3) í flakafitu fisks fódruðum með mismunandi hlutfalli lýsis og repjuolíu í fódri.

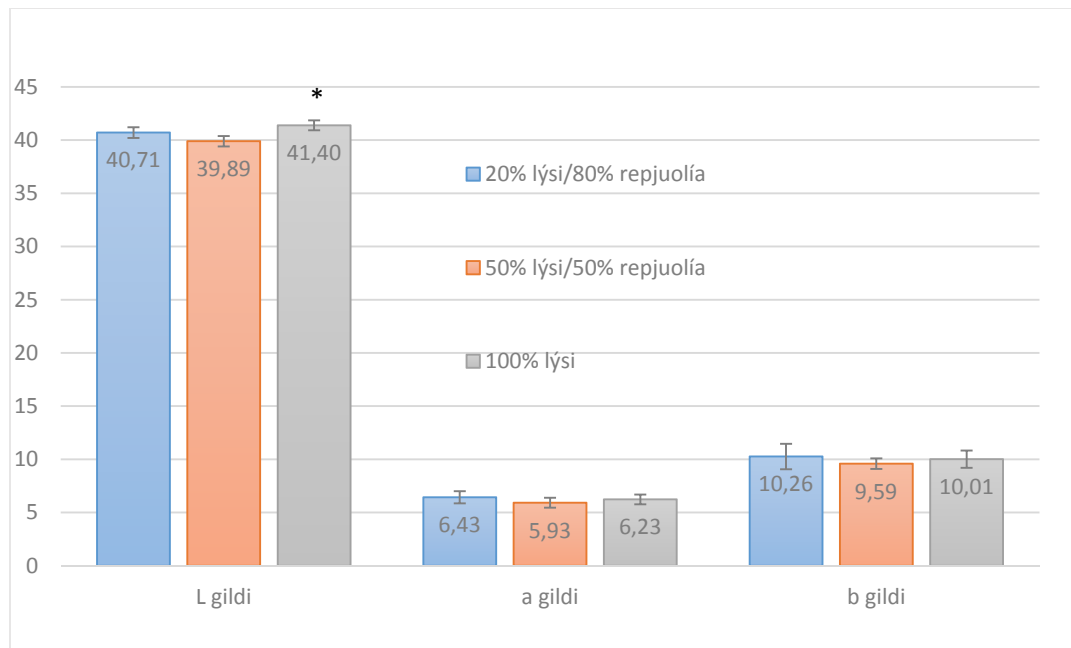
Hlutfallslegt innihald af EPA og DHA, sem hlutfall af heildar fitu, annarsvegar í mismunandi fódurum og svo í flökum fiska sem höfðu verið fóðraðir með fódurum með mismunandi fitugjöfum, er sýnt í Töflu 4. Af töflunni sést að það er hlutfallslega minni munur milli innihaldsins af þessum tveim fitusýrum í flökunum en í fódrunum.

Tafla 4. Hlutfallsleg áhrif fódurfitu á innihald EPA og DHA í fódurfitu og flakafitu í meðferðarhópunum þremur. Fitusýruinnihald lýsis er sett sem vísitala (100%)

Fitugjafar	Í fódurfitu		Í flaka fitu	
	Hlutf. EPA	Hlutf. DHA	Hlutf. EPA	Hlutf. DHA
20% lýsi/80% repjuolía	52,48	67,21	68,88	92,47
50% lýsi/50% repjuolía	70,69	77,85	78,45	93,17
100% lýsi	100,00	100,00	100,00	100,00

Holdlitur

Niðurstöður greining holdlitar á flökum eru sýndar á Mynd 15. Hvergi er um að ræða mikinn mun á hversu dökkur (L-gildi), rauður (a-gildi) eða gulur (b-gildi) holdliturinn er. Þó eru flökin af fiskinum sem fékk eingöngu lýsi sem fitugjafa marktækt ljósari en flökin úr hinum hópunum ($p = 0,017$) en enginn tölfræðilegur munur fannst á öðrum mælingum.



Mynd 15. Minolta mæling á holdlit í flökum (n=12).

Umræða og ályktanir

Almennt má segja að vöxtur fiskjarins í þessari tilraun hafi verið góður. TGC_3 , sem lýsir vexti án tillits til hitastigs, var á bilinu 2,8 – 3,0 sem er mjög góður vöxtur og SGR í öllum tilfellum yfir 0,4% sem er mjög gott við það hitastig sem var á sjónum í tilrauninni (4,5°C meðalhiti). Fóðurtaka (%FI) var með ágætum eins og sést á Mynd 3 og fódurnýting (FCR) sýndi að fiskurinn notaði u.þ.b. 1,1 kg af fódri á hvert kg vaxtarauka, sem verður tað teljast vel ásættanlegt fyrir fisk af þessari stærð. Það var lítilsháttar tilhneiging til betri vaxtar og fódurnýtingar hjá þeim hópum sem fengu fóður með hæstu hlutfalli repjuolíu en munurinn var ekki tölfræðilega marktækur. Niðurstöðurnar benda því ekki til að val á fitugjafa hafi nein afgerandi áhrif á vöxt og fódurnýtingu við 4,5°C hita.

Þar sem innihald mettaðrar fitu er mun lægra í repjuolíu en í lýsi (sjá Töflu 1) mætti búast við að fita í fódri með hárri innblöndun repjuolíu hefði lægra bræðslumark en fóður sem inniheldur lýsi sem fitugjafa. Þar með mætti ætla að fitan í repjuolíu-hópnum nýtist betur vegna hærri meltanleika við lágt hitastig. Meðalhittinn á tilraunatímanum var 4,5°C (3,8 – 5,6°C) og hefði því mátt leiða að því líkum að samsetning fitunnar hefði haft nokkur áhrif á nýtingu fódursins til vaxtar. Svo virðist að þrátt fyrir að 80% af lýsinu væri skipt út með repjuolíu hafi það ekki áhrif á vöxt, átlýst eða fódurnýtingu fiskjarins. Niðurstöðurnar eru í

góðu samræmi við niðurstöður Bell et al (2001) fyrir lax sem haldinn var við u.þ.b. 12 gráðu hita.

Fitugjafinn í fóðrinu hafði veruleg áhrif á hlutföll einstakra fitusýra í bæði fóðri (Myndir 5 – 9) og í vöðva fisksins (Myndir 10 – 14). Með minnkuðu hlutfalli lýsis og aukningu á repjuolíu lækkaði hlutfall fitusýranna EPA og DHA verulega, einkum í fóðrinu, þar sem repjuolía inniheldur ekki þessar fitusýrur, en í minna mæli í fisk flökunum,. Nokkur minnkun varð einnig á heildar innihaldi ómega-3 fitusýra í fóðrinu þó svo að áhrifin væru minni en á EPA og DHA enda inniheldur repjuolíu nokkuð magn af línólínsýru (18:3 n-3) sem er ein af ómega-3 fitusýrunum. Repjuolíu inniheldur einnig umtalsvert magn af línólínsýru (18:2 n-6) sem kemur glögglega fram í hlutfalli ómega-6 og ómega-3 og sýnt er í myndum 9 og 14.

Athygli vekur að hlutfallslega meira er af fitusýrunum EPA og DHA í flakafitunni en í fóðrinu sem notað var (Tafla 4), einkum á það við DHA í flökunum sem er tiltölulega lítið háð hlutfalli DHA í fóðrinu. Þetta er í samræmi við niðurstöður Bell et al. (2001). Annaðhvort er um að ræða að þessum fitusýrum í fóðrinu sé beint í forðafitu frekar en til nota í orkubrennslu eða að fiskurinn hafi til að dreifa því hvatakerfi sem þarf til að framleiða DHA (22:6(n-3)) á grunni línólínsýrunnar sem var til staða í fóðrunum sem repjuolíunni var bætt í. Hlutfallsleg aukning EPA (20:5 (n-3)) er hins vegar mun minni sem einnig er í samræmi við það sem Bell et al. (2001) fundu í sinni rannsókn en í ákveðinni mótsögn við niðurstöður Bell et al. (2003).

Ekki virtist vera um mikil áhrif af fitugjafanaum á lit í fiskholdi að ræða þó flök af fiski sem fékk eingöngu lýsi væru marktækt ljósari en flök annarra hópa ($p = 0,017$). Með öðrum orðum virðist íblöndun repjuolíu fremur auka holdlit þó svo að það komi ekki fram í mælingu á rauðum og gulum lit (a og b gildum).

Heildar niðurstöður rannsóknarinnar benda eindregið til að út frá áhrifum á vöxt og fóðurnýtingu sé ekkert sé því til fyrirstöðu að skipta út allt að 80% af lýsi með repjuolíu í fóðri laxa á vaxtartíma. Hinsvegar mun það óhjákvæmilega hafa áhrif á fitusýrusamsetningu í fiskvöðva þrátt fyrir að fiskurinn sé fær um að stýra að nokkru leyti vali á fitusýrum í fituforðann í vöðva sem lýsir sér í því að innihald EPA og þó einkum DHA er hlutfallslegra hærra í vöðva en í fóðrinu.

Þakkarorð

AVS sjóðnum er þakkaður fjárhagsstuðningur við verkefnið.

Heimildir

Bell J. G., McEvoy, J., Tocher, J.L., McGhee F., Millar, R. M., Sargent J.R. 2001. Replacement of fish oil with rape seed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *J. Nutr.* 131, 1535 – 1543.

Bell J. G., McGhee F., Campbell P.J., Sargent J.R. 2003. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil “wash out”. *Aquaculture*, 218 515 - 528

Bell, J.G., Henderson, R.J., Ticher, D.R. and Segent, J.R. 2004. Replacement of Dietary Fish Oil with Increasing Levels of Linseed Oil: Modification of Flesh Fatty Acid Composition in Atlantic salmon (*Salmo salar*) Using a Fish Oil Finishing Diet. *Lipids*, Vol. 39, no. 3

Bell J. G., and Koppe W. 2011. Lipids in Aquafeeds, in fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. Editors: Giovanni M. Turchini, Wing-Keong Ng, and Douglas Redford Tocher. CRC Press, Boca Randon, London, New York

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

Karalazos, V., Bendiksen, E.A. & Bell, J.G. 2011. Interactive effects of dietary protein/lipid level and oil source on growth, feed utilisation and nutrient and fatty acid digestibility of Atlantic salmon. *Aquaculture* 311, 193-200

Martins, D.A., Valente, L.M.P. & Lall, S.P. 2009. Apparent digestibility of lipid and fatty acids in fish oil, poultry fat and vegetable oil diets by Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquaculture* 294, 132-137

National Research Council. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington, D.C.USA

Pérez-Casaniva, J.C., Lall, S.P. & Gamperl, A. K. 2009. Effect of feed composition and temperature on food consumption, growth and gastric evacuation of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). *Aquaculture* 294, 228-235.