

Lokaskýrsla til AVS-rannsóknarsjóðs.
Verkefni *nr*: R040-07-08

Próteinþörf bleikju.
Protein requirements of Arctic charr

Höfundar:
Ólafur I. Sigurgeirsson, Hólaskóla.
Jón Árnason, Matís ohf.
Aðalheiður Ólafsdóttir, Matís ohf.

Efnisyfirlit

Ágrip.....	3
Summary.....	4
Inngangur.....	5
Efni og aðferðir.....	9
Tilraunafóður.....	9
Mælingar á meltanleika.....	10
Efnagreining á fiskholdi.....	11
Efnagreining fódurs.....	11
Próteinmælingar.....	12
Mælingar á vatnsinnihaldi.....	12
Vatnsheldni (WCH).....	12
Mælingar á fitu.....	12
Mælingar á amínósýrum.....	13
Öskumæling.....	13
Greiningar á merkiefni í saur.....	13
Fóðurstuðull og fóðurtap.....	14
Vöxtur og vaxtarútreikningar.....	15
Framkvæmd og uppsetning vaxtarlota fyrir bleikju af ólíkri stærð.....	15
1. hluti: Frumfóðrun bleikjuseiða.....	15
2. Hluti: Vöxtur seiða frá 5-10 g.....	16
3. Hluti: Vöxtur seiða frá 30-80+ g.....	17
4. Hluti: Vöxtur seiða frá 90-230+g.....	17
5. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 230-660+ g.....	17
6. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 460-1050+ g.....	18
7. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 300-600g í saltvatni.....	19
Tölfræði:.....	20
Skynmat.....	20
Framkvæmd.....	20
Litmælingar.....	20
Úrvinnsla á skynmati.....	21
Niðurstöður.....	23
Efnagreining fódurs.....	23
Mælingar á vexti.....	23
Vaxtarlota 1. Vöxtur frumfóðrunarseiða.....	23
Vaxtarlota 2. Vöxtur seiða frá 5-10+ g.....	25
Vaxtarlota 3. Vöxtur seiða frá 30-80+ g.....	26
Vaxtarlota 4. Vöxtur seiða frá 90-230+ g.....	28
Vaxtarlota 5. Vöxtur bleikju frá 230-660+ g.....	30
Vaxtarlota 6. Vöxtur bleikju frá 460-1050+g.....	31
Vaxtarlota 7. Vöxtur bleikju í saltvatni.....	33
Fóðurstuðull og próteinnýting.....	34
Fóðurstuðull bleikju í saltvatni.....	39
Efnagreining fisks.....	39
Áhrif próteins í fóðrinu á próteininnihald fisks.....	40

Amínósýruinnihald fódurs og fisks.....	44
Amínósýruinnihald fisksýna.....	45
Mat á meltanleika.....	47
Skynmat.....	48
Skynmatsniðurstöður 660+ g bleikja.....	48
<i>Litmælingar</i> 660+ g bleikja.....	51
Skynmat 1050+g bleikja.....	52
Litmælingar 1050+g bleikja.....	56
Umræður.....	56
Efnainnihald fódurs.....	56
Vöxtur bleikju og próteinþörf.....	57
Samband próteininnihalds í fódri á prótein- og amínósýru samsetningu í fiski.....	59
Fóðurstuðull og próteinnýting.....	60
Niðurstöður skynmats.....	61
Samantekt skynmats 660 g bleikju.....	61
Samantekt skynmats 1050+ g bleikju.....	62
Lokaorð.....	62
Þakkarorð.....	63
Heimildaskrá.....	64
Viðauki.....	68

Ágrip.

Til að leggja mat á próteinþarfir bleikju voru framkvæmdar 6 vaxtarlotur á fiski af mismunandi stærð, frá frumfóðrun fram að ríflega 1 kg þyngd. Útbúnaðar voru 6 fóðurgerðir sem voru jafn orkuríkar en innihéldu prótein í hlutföllum frá 34,7% - 49,2%. Allir stærðarhópar voru fóðraðir með sömu fóðurgerðunum. Mat var lagt á áhrif fóðurgerðanna á vöxt fiskanna, fóðurnýtingu (þar sem það var gerlegt), áhrif fóðurs á efnasamsetningu og gæðapætti. Helstu niðurstöður sýna að próteinþörf smáseiða að 10 g þyngd virðist liggja nálægt 45-49% CP í fóðri en fellur síðan hratt eftir því sem fiskurinn stækkar. Fiskur sem hefur náð 90 g þyngd virðist vaxa jafn vel á fóðri sem inniheldur 34,7% CP í fóðri og 49,2% CP. Lækkað próteinhlutfall í fóðri hafði minniháttar áhrif á fóðurstuðul en leiðir til aukinnar próteinnytingar og varðveislur próteins í vöðva hjá stærri fiski. Ekki tókst að greina hversu lágt %CP í fóðri má vera áður en það hefur vaxtarletjandi áhrif. Lágt próteinhlutfall í fóðri virðist hafa einhver áhrif til lækkunar á á próteininnihald í smáfiski en þau áhrif hverfa þegar fiskur er kominn yfir 10 g. Amínósýruinnihald í fóðri endurspeglast í fiski. Þó virðist sem A/E- hlutfall einstakra amínósýra fari alla jafna vaxandi með aukinni stærð fiska og að mestu leyti óháð hlutfalli próteins í fóðri. Hugsanlega nær smáfiskur sem ekki fær nægilega hátt próteinhlutfall í fóðri ekki að fullnægja próteinþörf sinni með því að éta meira prótein. Sömu leiðis kann að vera að smáfiskur eigi erfiðara með að halda í einstakar lífsnauðsynlegar amínósýrur því þörf sé fyrir þær við hröð efnaskipti. Áhrif mismunandi próteinhlutfalls í fóðri á ýmsa skynmatseiginleika virðast vera fremur lítilfjörleg.

Summary

The protein requirement of Arctic charr of different size from first feeding to 1 kg was studied in six experiments. All size groups of the charr were fed six isoenergetic feed formulations containing 34.7-49.2% crude protein (CP). Growth rate, feed conversion ratio (where possible), chemical composition and sensory quality parameters were compared among groups of fish fed different formulations.

The results suggest that the CP in feed must be 45-49% CP to support maximum growth of fish up to 10g. For larger fish the protein requirements are progressively reduced. Fish that are 90 g fish grow equally well on feed containing either 34.7% or 49.2% CP. Reduced CP in feed had minimal effects on feed conversion ratio but results in increased protein efficiency and conservation of protein in muscles of larger fish. It was not possible to determine exactly the minimum CP required to maintain maximum growth for fish of all sizes because the lowest CP levels tested did not result in significantly reduced growth rate in larger fish. Low protein content of feed appears to result in reduced protein content of small fish but this effect is not detectable in fish over 10 g. The amino acid content of feed is reflected in fish. However, the A/E ratio for individual amino acids tended to increase with increased size of the fish. This may suggest that small fish fed inadequate protein levels cannot meet their protein demands by increasing protein intake. Furthermore, small fish may have problems retaining essential amino acids. The CP in diet does not affect the sensory quality of Arctic charr flesh.

Inngangur

Mikil þróun hefur orðið í fóðurgerð fyrir laxfiska á undanförunum áratugum. Þannig hefur hlutfall próteins og fitu í fóðri fyrir lax (S. salar) lækkað úr 55/8 (1972) í 34/39 (2004) (sjá t.d. Ewos.com). Tilsvarandi hefur fóðurstuðull (gefið fóður/þynging fisks) lækkað mjög mikið þar sem orkuinnihald fóðursins hefur hækkað með auknu fituinnihaldi. Tilgangurinn er einkum að spara hið dýrmæta prótein þannig að próteinhlutfallið í fóðrinu og aðgengi þess fyrir fiskinn nýtist sem best við uppbyggingu vöðva, en að orka til sunds og annara efnaskipta komi einkum frá fitu. Niðurstöður sýna að próteinnyting fóðurs í fiski vex við lækkað próteininnihald þegar fita kemur í staðinn (t.d. Tabachek, 1986; Arzel, J., et.al. 1995; Bendiksen E. Á. et.al. 2003). Lágmarks próteinþörfin endurspeglast að líkindum af því að nægilegt magn allra lífnauðsynlegra amínósýra sé í fóðrinu til að fullnægja grundvallar uppbyggingu vöðva (auk annarar próteinstarfsemi). Við vöðvavefinn tengist síðan mis mikið vatn og fita eftir atvikum. Miklu skiptir, í viðleitni til að lækka fóðurstærð, að reyna að skraddarasauma fóðrið þannig að sem minnst af gefnu próteini (amínósýrum) sé brotið niður og umbreytt í orku. Það viðheldur einnig vatnsgæðum i eldisumhverfinu og jafnframt losnar minna köfnunarefni út í umhverfið/frárennslisviðtakann.

Þrátt fyrir að tegundir laxfiska séu á ýmsan hátt svipaðar eru fóðurþarfir þeirra og fóðurnýting ekki endilega þær sömu (t.d. Arzel et. Al 1992; Krogdahl, A, et.al. 2004; Azevedo, P.A. et.al. 2004a), þörf fyrir meltanlega orku per þyngdarauka mismunandi (Bailey, J. & Alanärrä, A., 2006), auk þess sem þarfirnar og nýtingin breytast með fiskstærð, bæði hjá laxfiskum og öðrum eldistegundum sem rannsakaðar hafa verið (t.d. Einen, O & Roem, A.J 1997; Azevedo, P.A. et.al.2004b; Arnason et al 2009 b; Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000; Grisdale-Helland & Helland, 2002; Arnason et al. 2009a). Hillestad , M. og Johnsen, F. (1994) reyndu fóður sem innihélt 42, 39, 37 og 34,7% prótein og fituinnihaldið stigvaxandi að sama skapi (frá 21,1-32,1%) á laxi í sjó. Fóðrað var samkvæmt köfnunarefni, þ.e. að allir fengu jafn mikið (isonitrogenous). Fiskur sem fékk lágsta próteinhlutfallið í fóðri (34,7%) óx 27% betur en sá sem hæsta hlutfallið fékk

(42%). Jafnframt lækkaði fóðurstuðull eftir því sem orkuinnihald fóðursins óx. Fituinnihald í flökum jókst við feitara fóður en flakanýting breyttist ekki marktækt.

Rasmussen, R.S. og Ostefeld, T.H (2000) gerðu samanburð á vexti, gæðum og fóðurnýtingu hjá regnbogasilungi og lækjarbleikju (*S. fontinalis*) með hefðbundnu laxfiskafóðri (CP=49,2%; CL = 23%). Þar kom fram að próteinnýting var mælanlega betri hjá bleikjunni. Azevedo et al, (2003) fundu í samanburðartilraun að fóðurnýting hjá regnboga er allt að því 20% betri en hjá laxi. Margar rannsóknir á regnbogasilungsseiðum sýna að heppilegasta próteinhlutfall er um 40% CP (t.d. [Takeuchi et al., 1978](#); [Kim et al., 1991](#)) sem er talsvert lægra en algengast er að nota í bleikjueldi hérlendis.

Tiltölulega fáar rannsóknir hafa verið gerðar til að greina næringarþarfir bleikju sérstaklega, í samanburði við lax og regnbogasilung. Þær fáu niðurstöður sem fyrir liggja eru flestar gamlar, einkanlega framkvæmdar á seiðum og frá þeim tíma þegar orkuinnihald laxfiskafóðurs var fremur lágt (Jobling & Wandsvik 1983; Tabachek 1984 & 1986.). Niðurstaða Joblings og Wandsvik (1983) var að próteinþörf bleikju (CP) (18g byrjunarþyngd) væri 36-44%. Niðurstaða Tabachek, J.L (1986) var sú að fóður sem innihélt 54% prótein og 20% fitu gæfi bestan vöxt hjá smábleikju (4,6g) en þegar próteinhlutfallið var 44% og fitan 20% væri fóðurstærðin lægstur og vaxtartapið aðeins smávægilegt þrátt fyrir umtalsverða lækkingu í próteininnihaldi.

Seinna voru gerðar rannsóknir á fóðri, meltanleika og vexti hjá stærri bleikju á Íslandi (Skúlason, S. et al.;1993; Guðmundsson, Ó & Pétursdóttir, Þ; 1998; Halldórsdóttir, K & Guðmundsson, Ó, 1993). Niðurstaða Skúla Skúlasonar et.al. (1993) var að próteinnýting bleikjunnar var góð og gæði fiskimjölsins sem notað var í tilrauninni hafði ekki teljandi áhrif á vöxt bleikjunnar. Próteinhlutfallið í þeirri tilraun var á bilinu 42-45%. Í niðurstöðum Halldórsdóttur, K og Guðmundssonar, Ó (1993) um meltanleika veur athygli að þurrkhiti fiskimjöls virtist ekki hafa áhrif á meltanleika þess hjá bleikju.

Guðmundsson, Ó og Pétursdóttir, Þ (1998) könnuðu meltanleika og vöxt hjá bleikju af mismunandi aldri (þyngd 60, 360 og 980g) og við tvennskonar hitastig (7 og 11°C). Í þeirri tilraun var próteinhlutfallið 32, 41 og 52% og fituhlutfallið 7,5; 14,5 og 21%. Samtals voru fóðurgerðirnar því 9 talsins. Meltanleiki próteins var hár í öllum tilvikum,

óháður fódurgetur og ekki marktæk áhrif af hitastigi. Áhrif aukins hlutfalls próteins í fódurinu á vöxtinn eru tiltölulega lítil í þessari tilraun og fara minnkandi með fiskstærð. Athygli vekur tiltölulega góður dagvöxtur 60 g bleikju á fódri með 32% próteininnihaldi og lítill eða enginn munur á %dagvexti þessarar bleikjustærðar við 11°C þrátt fyrir mismunandi próteinhlutfall í fódurinu. Tilfinnanlega vantar fódur með próteininnihald á milli 32-41% til að greina áhrifin betur.

Nýlegar kanadískar tilraunir (Cameron, C, et.al.2002), þar sem smá bleikja (2,56g) var fódruð með fódri sem innihélt prótein (%CP) á bilinu 25,6-60,8% og fitu á bilinu 24,7-10,8% sýndu ekki marktæk áhrif hlutfalls próteins/fitu í fódurinu á vöxtinn, að undanskyldu því með lágsta próteinhlutfallið og hæstu fituna (CP= 25,6%; CL = 24,7%), þar sem fiskurinn var marktækt léttari og fódurstuðull (FCR) og próteinnýtingarhlutfall (PER) hærri og vöxtur fisksins í öllum meðferðum fremur lítill. Ekki er tekið fram hvort lífsnauðsynlegt amínósýruinnihald er ofan þekktra lágmarka í þessari tilraun.

Vöxtur og / eða nettó næringarefnaupptaka og áhrif hennar á efnasamsetningu vefja eru bestu og nákvæmustu mælitækin til að meta fódurnýtingu og næringarþarfir fiska. Meltanleiki fódursins er lykilatriði fyrir næringarefnaupptökuna og því er mat á honum mikilvægur þáttur í rannsóknum á fódurnýtingunni. En þar sem fiskar lifa í vatni og hafa mis heitt blóð eru slíkar mælingar erfiðar og í þeim er fólgin ákveðin skekkja. Meltanleikinn er mældur með því að kanna hlutfallsbreytingu merkiefnis eftir að saur er safnað úr vatninu (t.d. Buddington, 1980; Choubert et al., 1982; Cho et al., 1985), með sögi úr endaparmi (Windell et al., 1978), með keistingu saurs úr endaparmi úr lifandi fiski eða honum fórnað og þarmarnir skornir upp (Percival et al., 2001; Krogdahl et al., 1999; Austreng et al., 1978).

Ofangreindar niðurstöður og margar aðrar rannsóknir á fódri og fódurþörf hjá öðrum laxfiskum en bleikju gefa tilefni til að ætla að lækka megi próteinhlutfall í bleikjufódri frá því sem nú er algengast að nota. Á seiðastigi vex bleikja talsvert hraðar en lax við sambærilegan hita og sambærilegt próteinhlutfall í fódri (Johnston, G. 2002.). Það bendir til að bleikja hafi a.m.k. ekki lakari próteinnýtingu en lax. Hinsvegar vex lax mun betur en bleikja á seinni stigum, eftir að hann er kominn í sjó. Í sjávarfasa laxeldisins fer

próteininnihald núverandi fódurs hratt lækkandi með stærð, þrátt fyrir örvun vaxtarins við sjósetningu. Það endurspeglar góða nýtingu laxins á próteini fódursins. Því er umhugsunarefni hvort sama ætti ekki að gilda fyrir bleikju, sé tekið mið af aldri eða eldistíma beggja tegunda. Vetvangur rannsóknarinnar er að skýra lágmarks próteinþörf miðað við fiskstærð hjá bleikju.

Markmið verkefnisins er að leita leiða til þess að lækka fódurkostnað í bleikjueldi. Markmiðinu verður náð með því að rannsaka próteinþörf (prótein úr hágæða loðnumjöli) sex mismunandi stærðarflokka af bleikju. Rannsókuð verða áhrif mismunandi próteininnihalds (28-52%) á vaxtarhraða, fódurnýtingu, meltanleika og heilbrigði fisksins svo og á efnasamsetningu heils fisks og gæðaeiginleika fiskholds.

Í verkefninu var miðað að því að greina próteinþarfir bleikju, allt frá frumfóðurstigi að markaðsstærð, nákvæmar en gert hefur verið til þessa. Sex jafnorku- (isoenergetic) fódurblöndur með mismunandi próteinhlutföllum voru útbúnar og skoðaðar samtímis í vaxtarlotum fyrir bleikju á tilteknum stærðarbilum frá frumfóðurstærð (0,065g) að markaðsstærð (1000g+). Áhrif ólíks próteinhlutfalls á vöxt voru könnuð fyrir alla stærðarhópa. Að auki voru könnuð áhrif fódursins á fódurnýtingu hjá stærri fiski þar sem mögulegt var að meta umfram fódrun. Að sama skapi var meltanleiki fódursins mældur hjá fiski þar sem hægt var að safna saursýnum. Greiningar voru gerðar á efnainnihaldi fiska í nokkrum stærðarhópum. Jafnframt voru könnuð áhrif fódursins á mikilvæga gæðapætti fisks af sláturstærð.

Efni og aðferðir

Tilraunafóður.

Fóðrið var framleitt í framleiðslulínu fóðruverksmiðjunnar Laxár h/f. Framleiddir voru þandir 4 og 6 mm kögglar. Fyrir smærri fisk voru fóðurkögglarnir malaðir í kornvalsi og fóðrið síðan sigtað til að útbúa heppilegar fóðurstærðir. Fyrir frumfóðurseiði var fóðrið einnig fínmalað í kaffikvörn.

Stefnt var að því að gera 6 jafnorkurík fóður með ólíku prótein og fituhlutfalli. Próteinhráefnið var loðnumjöl (super), fitugjafinn var loðnulýsi og kolvetnagjafinn heilt hveiti. Miðað var við að fóðurgerðir innihéldu frá 29%- 49% prótein (CP) og um 21-29% fitu (CF) á móti til að halda sambærilegu orkuinnihaldi. Í fóðurlöndunum var áætlað innihald sterkju nokkuð breytilegt, frá 9,3-21% af reiknuðu innihaldi. Miðað var við að fóðurgerðirnar innihéldu sem líkasta brúttó-orku, en útreiknuð er hún rúmlega 21 MJ/kg. Nokkur frávik urðu í framleiðslu frá áætlaðri samsetningu. Hráefnahlutföll og efnainnihald fóðursins sem notað var má sjá á töflu 1.

Tafla 1. Vegin hráefnasamsetning (g/100g) í tilraunafóðrinu. Kísill er merkiefni til að meta meltanleika, premix er vítamín og steinefnablanda, Asta og Canta eru litarefni og MonoCal er mónocalcium fosfat, til að lyfta fosfórinnihaldi próteinlægstu fóðurgerðarinnar upp fyrir ætlað lágmark.

Fóður	712	713	714	715	716	717
Hráefni %:						
Fiskimjöl	35,0	40,9	47,3	53,8	60,2	66,7
Hveiti	36,4	34,6	29,9	25,3	20,6	15,9
Lýsi	24,9	22,4	20,7	18,9	17,2	15,4
Kísill	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Asta	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Canta	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MonoCal	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Efnainnihald (%)						
Þurrefni	93,6	93	93,3	93,7	94,1	94,1
Prótein	34,7	35,9	38,1	42,6	45,5	49,2
Fita	25,6	25,6	23,8	23,5	23	21,8
Aska	7,7	7,5	7,8	8,4	8,9	9,8
Efnainnihald í þurrefni %:						
Prótein	37,1	38,6	40,8	45,5	48,4	52,3
Fita	27,4	27,5	25,5	25,1	24,4	23,2
Aska	8,2	8,1	8,4	9,0	9,5	10,4
Reiknuð heildarorka MJ/kg	21,9	22,1	21,4	21,9	21,9	21,9

Mælingar á meltanleika

Í fóðrið var blandað ómeltanlegu merkiefni (kísil) og var styrkur þess hafður um 1%, í þeim tilgangi að drekkja allri annari ómeltanlegri ösku. Saur var safnað frá fiskinum, með kreistingu aftast úr götrauf, einu sinni á mælidegi.

Notkun merkiefna er heppileg við mælingar á meltanleika hjá fiski. Merkiefni er sett í fóðrið þegar það er framleitt og fiskurinn étur það svo í föstu hlutfalli við fóðrið sem innbyrt er. 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 fóðrinu í gegnum meltingarveginn og má ekki

hafa áhrif á starfsemi meltingarvegs. Kísill þykir vera hentugt merkiefni til mælinga á meltanleika í fiski. Heildar meltanleikastuðul (DC) er svo hægt að reikna út frá eftirfarandi formúlu.

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

Samhliða vaxtarmælingum var saur safnað úr fiskunum til að meta meltanleika fóðursins. Próteininnihald í saurum var mælt með Kjeldahl- aðferð, til að leggja mat á próteinmeltanleika. Próteinmeltanleikinn er reiknaður út frá eftirfarandi:

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

Efnagreining á fiskholdi

Áhrif fóðurgerðanna á efnafræðilega samsetningu fiskholds var metið. Holdsýni úr flökum fisks í matfiskstærð (lokaþyngd 600g og lokaþyngd 1050g) voru tekin til efnagreiningar við lok tilraunar. 12 bleikjur voru notaðar í hvert sýni og því svo skipt niður í þrítekningu til að fá sem nákvæmastar niðurstöður. Úr smáfiskahópunum voru tekin sýni af heilum fiski í sama tilgangi, bæði fyrir og eftir vaxtarlotu. Vatnsmagn (hlutfall) í holdi, próteinhlutfall, fituinnihald og aska voru mæld. Einnig var gerð amínósýrugreiningu á próteinhlutanum.

Efnagreining fóðurs

Hlutföll próteins, fitu, ösku og þurrefnisinnihald var mælt í öllum fóðurblöndunum, til að ganga úr skugga um hvernig til hefði tekist við fóðurframleiðsluna. Að auki var gerð amínósýrugreiningu á próteinhlutanum. Framkvæmd efnamælinganna er lýst nánar hér að neðan. Við allar mælingar á efnainnihaldi fóðurs voru tekin tvísýni af hverri fóðurtegund og þrísýni af fiski og saur, til að tryggja aukna nákvæmni.

Próteinmælingar

Beitt var hefðbundinni Kjeldahl mælingu við mælingar á próteinmagni í fódri. Sýni eru brotin niður í brennisteinssýru og kopar notaður sem hvati. Síðan eymað og ammoníum títrað í bórsýru (2400 Kjeltac Auto Sampler system) og sýran með veikri brennisteinssýru. Hlutfall köfnunarefnis er margfaldað með stuðlinum 6,25 til að fá út hlutfall próteins þar sem 16% af amínósýrum er köfnunarefni.

(Ref. Iso 5983-1979)

Mælingar á vatnsinnihaldi

Vatnsinnihald var metið út frá þyngdartapi sýna (fóður, fiskur, saur) frá upphafsþyngd, eftir þurrkun við 104°C í 4 klst. (Ref. ISO 6496 (1983)).

Vatnsheldni (WCH).

Vansheldni var metin í sýnum úr flökum tveggja stærstu meðferðarhópanna. Hún var framkvæmd eftir aðlagaðri aðferð Børresen (1980). Vansheldnin (WHC) er reiknuð sem hlutfall af bundnu vatni því sem upphaflega var í sýninu skv:

$$\text{WHC}\% = 100 \cdot (v_1 - \Delta_r) \cdot (100 - \Delta_r)^{-1}$$

Þar sem v_1 = % vatn í sýni fyrir skiljun = (þyngd fyrir þurrkun-þyngd eftir þurrkun)/(þyngd fyrir þurrkun)*100%

$$\Delta_r = (\text{þyngd fyrir skyljun-þyngd eftir skyljun})/\text{þyngd fyrir skyljun} * 100\%$$

Mælingar á fitu

Fituinnihald sýna var metið með Soxhlet- aðferð, þar sem sýnin eru leyst í petrolíum ether og soðin við 40-60°C (2050 Soxtec Avanti Automatic System). (Ref. AOCS Official method Ba-3-38 með frekari aðlögun skv. Application note Tecator no AN 301)

Mælingar á amínósýrum

Amínósýrur (að undanskyldum Tryptophan og Cystein) í fóðri og flökum(holdi) voru greindar með vökvagreini (HPLC) hjá Nofima ingredients í Noregi. Sýnin voru fyrst oxuð í 16 klst. og síðan vötnuð (hydrolysuð) með 6M HCl í 23 klst. Samtímis fara sýnin í gegnum pH –stillingu og sýun og loks af vökvagreini (cation exchange chromatography) með mismunandi pH buffera sem burðarefni.

Amínósýrur voru greindar í fóðri (g/100g), heilum smáseiðum (3g), 90g seiðum (heilfiskur) og roðflettum flökum af stórum fiski (1050g). Einnig var hlutfall einstakra lífsnauðsynlegra amínósýra af heildar styrk lífsnauðsynlegra amínósýra skv:

A/E hlutfall [styrkur lífsnauðsynlegrar amínósýru (g)/heildar styrkur lífsnauðsynlegra amínósýra (g)] · 1000.

Öskumæling

Sýni voru vegin nákvæmlega í vegnar postulínsdeiglur og glædd á gasloga. Deiglum var svo komið fyrir í ofni við 550°C og látin 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.

Greiningar á merkiefni í saur

Saur var þurrkaður í þurrkaskáp (24 tíma 105°C) til að ná sambærilegu þurrefnisinnihaldi og í fóðri. Hlutfall kísils í fóðri og saur var síðan metið með öskun (550°C) og vigtun, eftir að önnur sýruleysin aska hafði verið leyst frá eftir suðu í 4M saltsýru.

Fóðurstuðull og fóðurtap

Í 3 vaxtarlotunum fyrir stærri fisk (230-600g og 450-1050g í ferskvatni og 300 - 600g í sjóblöndu var fóðrað með 4-6 mm köggluðu fóðri (skipt þegar fiskur stækkaði), sem er nægilega stöðugt til að safna má því saman í frárennsli. Fylgst var með fóðurtapi í tilrauninni, afföll fisks vegin með lokapýngd og fóðurstuðull reiknaður út. Við fóðurleifasöfnunina var beitt svipaðri aðferð og lýst er af Helland et al. (1996). Þeir fóðurskögglar sem ekki voru étnir söfnuðust í fóðurgildrum og voru taldir daglega. Eðlismassi og meðalþýngd köggla var reiknaður fyrir hverja fóðurtegund og þýngd fóðurtaps fundið út frá því. Þýngd étins fóðurs í formúlunni er því mismunur á gefnu fóðri og fóðurleifum í fóðurgildru.

$$\text{FCR} = (\text{kg étíð fóður}) \times (\text{kg lokapýngd} + \text{kg afföll})^{-1}$$

Út frá upplýsingum um fóðurát er einnig hægt að reikna út próteinnýtingarhlutfall, PER (Protein Efficiency Ratio). PER lýsir sambandinu milli heildar vaxtar og þess próteins sem étíð er og gefur þannig upplýsingar um hversu vel próteinið í fóðrinu nýtist til vaxtar og er metið út frá magni fóðurs, próteininnihaldi þess og lífmassabreytingu fisks:

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

Annar mælikvarði er er próteinvarðveisluhlutfall PPV (protein productive value). PPV lýsir hversu mikið af étinu próteini finnst í fiskinum (vöðvanum) sem prótein.

$$\text{PPV} = \text{prótein varðveitt} / \text{g prótein étíð.}$$

eða.

$$((\% \text{CP í fiski við } t_2/100 * W_2) - (\% \text{CP í fiski við } t_1/100 * W_1)) / \text{g étíð fóður} * \% \text{CP í fóðri}/100)$$

Vöxtur og vaxtarútreikningar

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

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

Ekki er nóg að meta vöxt fiska með því að einblína á þyngdaraukningu m.a vegna stærðarmismunar innan hópa. Betri mynd er hægt að 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:

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

Framkvæmd og uppsetning vaxtarlota fyrir bleikju af ólíkri stærð.

1. hluti: Frumfóðrun bleikjuseiða.

Í þessum hluta var vöxtur og viðgangur bleikjuseiða kannaður frá frumfóðrunarstigi fram að 3-5g þyngd. Í fóðrinu, sem var jafnorkufóður (iso-energetic) var mismunandi hátt prótein- og fituhlutfall (sjá töflu 1).

Frumfóðrunarseiðum á kviðpokastigi (upphafsmeðalþyngd 65 mg (n= 55)) var komið fyrir í 20 lítra fötum. Seiðin voru úr hálfsvastkynahópi mynduðum úr hrognum tveggja hrygna sem frjóvnguð voru með sama hæng. Í hverja fötu fóru ca 300 stk. í upphafi (um 20 g. blautvigt) og var hver meðferð í fjórtekningu. 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 10-12 °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.

Notuð var sjálfvirk stöðug fódrun með fódurbelti, sem fódraði á ca 10 mín. fresti allan sólarhringinn. Leitast var við að fódra umfram metnun (yfirfódrun). Heppileg kornastærð fódurs fékkst með mölun og sigtun 6 mm köggla.

Mælingar á meðalþyngd voru framkvæmdar á ca. 3-4 vikna fresti, alls 5 mælingar með byrjunarþyngd. Eldistíminn stóð frá 18 febrúar til 23 júní. Eftir 6 vikur frá byrjun frumfóðrunar, við fyrstu meðalþyngdarmælingu, var fjöldi seiða í hverri einingu staðlaður í 200 stykki, enda gert ráð fyrir að dánartíðni færi mjög lækkandi í framhaldinu. Meðalþyngd í hverri einingu var mæld út frá heildarþyngd og fjölda en í lokamælingunni voru 50 seiði tekin af handahófi og einstaklingsmæld, bæði lengd og þyngd.

Sýni til greininga á efnainnihaldi í heilfiski (prótein, fita, þurrefni, aska) voru tekin í byrjun (kviðpokaseiði) og í lok vaxtartímabilsins.

2. Hluti: Vöxtur seiða frá 5-10 g

Í þessum hluta var vöxtur kannaður hjá bleikjuseiðum á stærðarbilinubílinu 5,7-10g. Sömu fódurgerðir og er áður lýst (tafla 1) voru notaðar. Heppileg kornastærð fódurs fékkst með mölun og sigtun 6 mm köggla.

Í aðdragandanum hafði seiðum úr öllum meðferðum frumfóðrunarinnar (1. hluti) verið slegið saman í ker, smæstu seiðin voru flokkuð frá og þeim kastað. Í hverja 20 lítra eldiseiningu voru talin 40 seiði af upphafsmeðalþyngd $5,71\text{g} \pm 1,3\text{g}$ ($n = 52$) og hver fódurmeðferð var í fjórtekningu. Vatnsrennsli var miðað við að súrefnismettun færi ekki undir 80% í frárennsli. Fódrun, hiti og ljóslota voru með sama hætti og lýst er í 1. hluta. Eftir 45 daga vaxtartíma voru allir fiskar einstaklingsmældir og vegnir.

Sýni til greininga á efnainnihaldi í heilfiski (prótein, fita, þurrefni, aska) voru tekin í byrjun og í lok vaxtartímabilsins.

3. Hluti: Vöxtur seiða frá 30-80+ g.

Í þessari fóðrunarlotu voru 50 bleikjuseiði sett í 120 lítra hringlaga eldiseiningar í gegnumstreymiskerfi. Sömu fóðurgerðir og er áður lýst (tafla 1) voru notaðar. Hver fóðurgerð var prófuð í þrítekningu. Seiðin voru alin við stöðugt ljós og hita á bilinu 7-9,5°C yfir eldistímamann. Vatnsrennsli var miðað við að súrefnismettun færi ekki undir 80% í frárennsli. Seiðin voru handfóðruð 2-4 sinnum á dag með ríflægri yfirfóðrun. Fóðrið var kurlað gert úr 6 mm þöndum kögglum og var heppileg kornastærð fengin með sigtun.

Sýni til greininga á efnainnihaldi í heilfiski (prótein, fita, þurrefni, aska) voru tekin í byrjun og í lok vaxtartímabilsins.

4.Hluti: Vöxtur seiða frá 90-230+g

Í þessari lotu voru 35 seiði í hverri 120 lítra eldiseiningu og hver fóðurgerð prófuð í þrítekningu. Notað var sama fóður og áður er lýst (tafla 1) og í byrjun var fóðrað með sigtuðu kurli eða brotum úr 6 mm kögglum en farið yfir í 4 mm köggla þegar fiskurinn stækkaði. Meðalþyngd meðferðarhópana í upphafi var um 90g. Fiskurinn var lengdar og þyngdarmældur með 4 vikna millibili en vaxtarlotan stóð í tvo mánuði. Að öðru leyti var framkvæmdin sambærileg og lýst er í 3. hluta, stöðugt ljós og hitinn um 7-9,5°C. Vatnsrennsli var miðað við að súrefnismettun í frárennsli færi ekki niður fyrir 80%.

Saurýni voru tekin úr þessum fiski í lok vaxtartímabilsins til að leggja mat á meltanleika fóðursins. Sýni til greininga á efnainnihaldi í heilfiski (prótein, fita, þurrefni, aska) voru tekin í byrjun og í lok vaxtartímabilsins.

5. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 230-660+ g

Í þessari lotu var 120 bleikjum af byrjunarmeðalþyngd um 230 g komið fyrir í um 2m³ ferköntuðum eldiskerjum (2x2x0,5). Notað var sama fóður og áður er lýst (tafla 1) og hver meðferð í þrítekningu (samaltals 360 fiskar á hverri fóðurgerð, 3 x 6 = 18 ker). Fiskurinn var alinn í um 4 mánuði (22 nóv.-13 mars) og fylgst með þróun lengdar og þyngdar með ca 4 vikna millibili. Hitastig var á bilinu 4,8-7,0 °C og gat sveiflast innan þeirra marka eftir lofthita. Vatnsrennsli miðaðist við að súrefnismettun færi ekki undir 80% í frárennsli. Fóðrað var með beltafóðrara allan sólarhringinn við náttúrulega ljóslotu.

Kögglastærðin var 4 mm í byrjun en síðar var skipt yfir í 6 mm köggla þegar fiskurinn stækkaði. Miðað var við að fiskurinn væri yfirfóðraður um ca 10% en fóðurgjöfin stillt af daglega út frá fóðurleifum. Fóðurleifum úr frárennsli var safnað í sérstakan búnað og þyngd þeirra metin út frá fjölda köggla, til að meta raunverulega fóðurtöku. Fiskurinn var við náttúrulega ljóslotu (ca 8L:16D).

Í lok vaxtartímabilsins var tekið saursýni (safnsýni) aftast úr gotrauf fiska úr hverju kari, til að meta meltanleika fóðurs. Jafnframt voru tekin fisksýni til mælinga á efnainnihaldi (flök), auk sýnis nokkura fiska í upphafi, til að meta mögulegar breytingar á vaxtarskeiðinu og til að meta próteinnýtinguna. Nokkrir fiskar (3-5) voru teknir úr hverri eldiseiningu og flakaðir fyrir skynmatsmælingar í lok vaxtartímans.

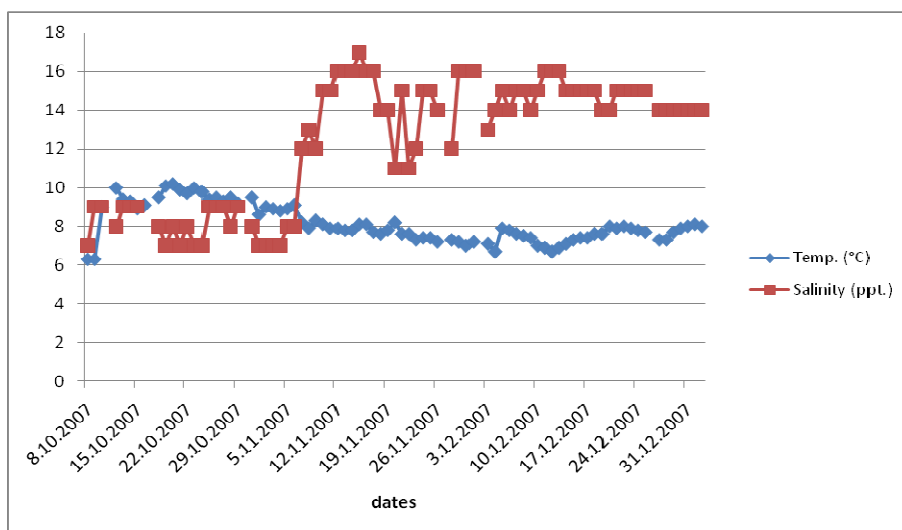
6. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 460-1050+ g

Í þessari vaxtarlotu voru 65 bleikjur af byrjunarþyngd um 460 g í hverju 2m³ kari (sömu tilraunaker og í 5. hluta). Notað var sama fóður og áður er lýst (tafla 1) og hver meðferð í þrítekningu (samaltals 195 fiskar á hverri fóðurgerð, 3 x 6 = 18 ker). Fiskurinn var alinn í tæpa þrjá mánuði (12 júlí-30 september) og fjórar lengdar- og þyngdarmælingar gerðar á tímabilinu. Hitastig var á bilinu 6,7-9,2°C og sveiflaðist nokkuð innan þeirra marka eftir lofthita. Vatnsrennsli miðaðist við að súrefnismettun færi ekki undir 80% í frárennsli. Fóðrað var með 6 mm kögglum með beltafóðrara allan sólarhringinn við náttúrulega ljóslotu. Miðað var við að fiskurinn fengi fóður umfram metnun en fóðurleifunum úr frárennsli var safnað í sérstakan búnað og þær metnar daglega, með talningu fóðursköggla. Þyngd fóðurleifa var reiknuð út frá fjölda fóðursköggla og meðalþyngd þurra fóðursköggla af hverri fóðurgerð. Fiskurinn var við náttúrulega ljóslotu (nánast stöðug birta í upphafi en minnkandi daglengd með haustinu).

Í lok vaxtartímabilsins var tekið saursýni (safnsýni) aftast úr gotrauf fiska úr hverju kari, til að meta meltanleika fóðurs. Jafnframt voru tekin fisksýni til mælinga á efnainnihaldi (flök), auk sýnis nokkura fiska í upphafi, til að meta mögulegar breytingar á vaxtarskeiðinu og til að meta próteinnýtinguna yfir tímabilið. 5 fiskar voru teknir úr hverri eldiseiningu og flakaðir fyrir skynmatsmælingar í lok vaxtartímans.

7. Hluti: Vöxtur bleikju á stærðarbilinu 300-600g í saltvatni.

Ein auka vaxtarlota var framkvæmd í söltu vatni, til hliðar við áætlaða verkáætlun. Um 45 einstaklingsmerktum fiskum af meðalþyngd nálægt 300 g var komið fyrir í 1 rúmmetrar kerjum í endurnýtingarkerfi. Fiskarnir voru merktir með PIT-merkjum sem komið var fyrir í kviðarholi þeirra. Notað var sama fóður og áður er lýst (tafla 1) og hver meðferð í tvítekingu (samtals 90 fiskar á hverri fóðurgerð, 2 x 6 = 12 ker). Fiskurinn var alinn í 15 vikur (16 okt -6. feb). Fóðrað var með beltafóðrara allan sólarhringinn og fiskurinn hafður á stöðugu ljósi (LL= 24:0). Seltan var um 6‰ í byrjun en var síðan aukin í ca 15‰ eftir mánuð. Hitastig var um 8°C (sjá mynd 1). Lengdar- og þyngdarmælingar voru gerðar með ca 5 vikna millibili (samtals 4 sinnum). Í lok vaxtartíman var tekið saursýni (safnsýni) aftast úr gotrauf fiska í hverju kari, til að meta meltanleika fóðurs.



Mynd 1: Hitastig og selta á tilraunatíma bleikju í saltvatni.

Fyrstu vikurnar var seltan á bilinu 7-9ppt en eftir aðlögunartíma var leitast við að auka hana upp undir 15 ppt. Nokkrar sveiflur koma fram frá degi til dags sem helgast einkum af seltumun í sjóblöndu sem dælt er inn í kerfið. Betur gekk að stýra hitastiginu, sem var á bilinu 7-10°C, í efri kantinum í upphafi ef var síðan leyft að lækka aðeins.

Tölfræði:

Öll tölfræðigreining var framkvæmd í SPSS tölfræðiforriti og beitt almennu línulegu líkani (General Linear Model). Tvíþátta ferveikagreining var framkvæmd á breytum (Nested two way Anova) og 95% öryggismörk sett til að meta marktækni tilgáta ($p < 0,05$). Tölfræðiúrvinnsla vegna skynmats er lýst sérstaklega í viðkomandi kafla.

Skynmat

Framkvæmd

Sex sýnahópar (breytilegt prótein í fódri skv uppskrift; P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%) voru metnir með skynmati (MA08sky023-25) í lok tveggja vaxtarlota eftir að fiskur hafði náð matfiskstærð (660+g og 1050+g). 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). Ellefu dómara sem allir höfðu reynslu í skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu.

Matsþættir höfðu verið skilgreindir af skynmatshópi í fyrri verkefnum voru þeir lagðir fyrir dómara í þjálfunartíma ásamt nokkrum sýnum sem meta átti með aðferðinni. Matsþættir voru 23 og er skilgreining og lýsing þeirra í töflu 4. 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 hópi (P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%) og þrjár sýnapunktur (sporðstykki, miðja og hnakkastykki) voru mældir í hverju flaki.

Úrvinnsla á skynmati.

QDA gögn voru leiðrétt fyrir mismunandi notkun á skala samkvæmt aðferð lýst af Thybo & Martens (2000). ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd á litgildum sem og leiðréttum skynmatsgildum 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 9.7, CAMO, Trondheim, Norway).

Tafla 2. 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, sóttreinsiefni
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-límur saman tennur

Niðurstöður.

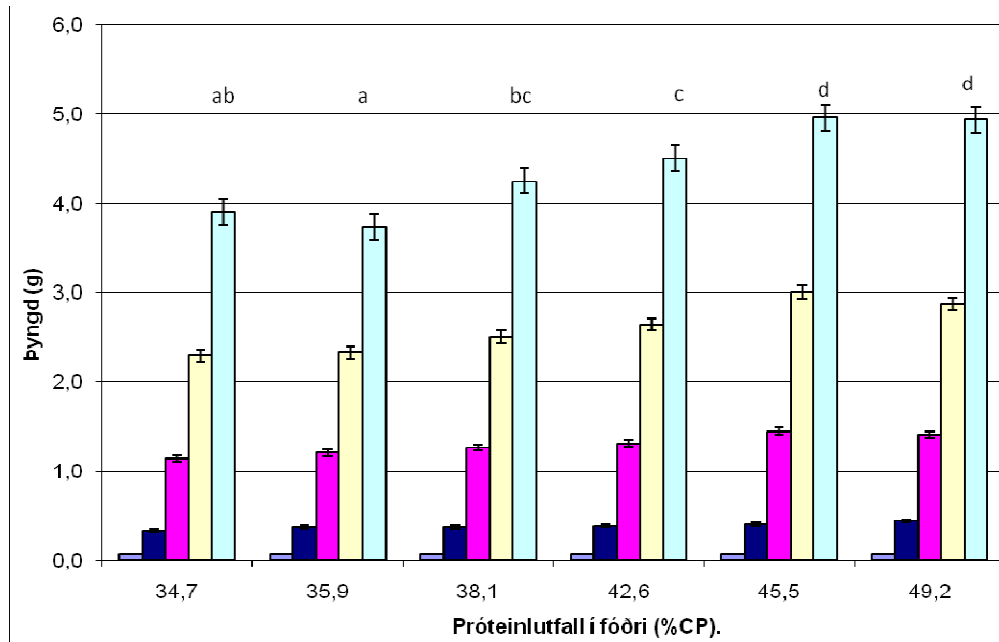
Efnagreining fódurs.

Niðurstöður efnagreininga á fóðri eru sýndar í töflu 1. Þar kemur fram að samsetning þess hefur ekki fylgt reiknaðri uppskrift nákvæmlega. Einkum er frávik í fóðri 712 þar sem reiknað próteinhlutfall var 29% en mælist 34,7%. Frávikið frá reiknuðu- í rauninnihald fer síðan minnkandi eftir því sem próteinhlutfallið hækkar. Að sama skapi mælist fituhlutfallið í lágpróteinfóðrinu heldur lægra en reiknað var með. Það hefur hinsvegar ekki teljandi áhrif á reiknaða heildarorku í fóðri.

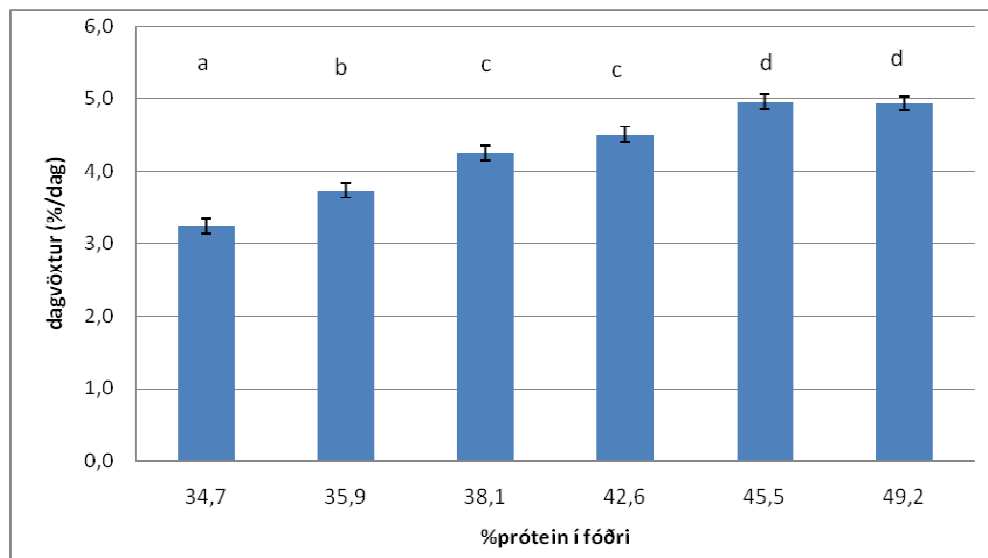
Mælingar á vexti.

Vaxtarlota 1. Vöxtur frumfóðrunarseiða.

Byrjunarþyngd seiða var mæld 65 mg (0,065g) en þá var enn eftir forði í kviðpoka. Þróun meðalþyngdar meðferðarhópanna er sýnd á mynd 2. Alls eru gerðar 4 mælingar á þyngd auk byrjunarþyngdar. Eftir 48 daga fóðrun (2. mælidagur) er strax farið að draga í sundur milli meðferðarhópa og þeir hópar sem eru á þremur próteinrikustu fóðurgerðunum eru þegar orðnir marktækt þyngri en hinir. Munurinn verður síðan greinilegri þegar á líður. Eftir 120 daga vaxtarlotu eru seiði fóðruð með lágu próteinhlutfalli (34,7-35,9%) marktækt léttari en seiði sem fá 42,6% prótein í fóðri. Hópar sem fá 45,5-49,2% prótein eru þyngstir. Seiði sem fá 45,5% prótein í fóðri hafa hæsta meðalþyngd (4,96g) en eru þó ekki marktækt frábrugðin seiðum sem fá 49,2% prótein í fóðri (4,93g). Marktæk kerjaáhrif koma fram innan meðferða.



Mynd 2: Þróun meðalþyngdarþyngdar (g ± SE) hjá frumfóðrunarseiðum fóðruðum á mis próteinríku fóðri í 120 daga (18/2-23/6) við stöðugt ljós og hita frá 8-12°C. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$) á lokþyngd. (n=200 í lokamælingu en annars var meðalþyngd metin út frá heildarþyngd og fjölda).



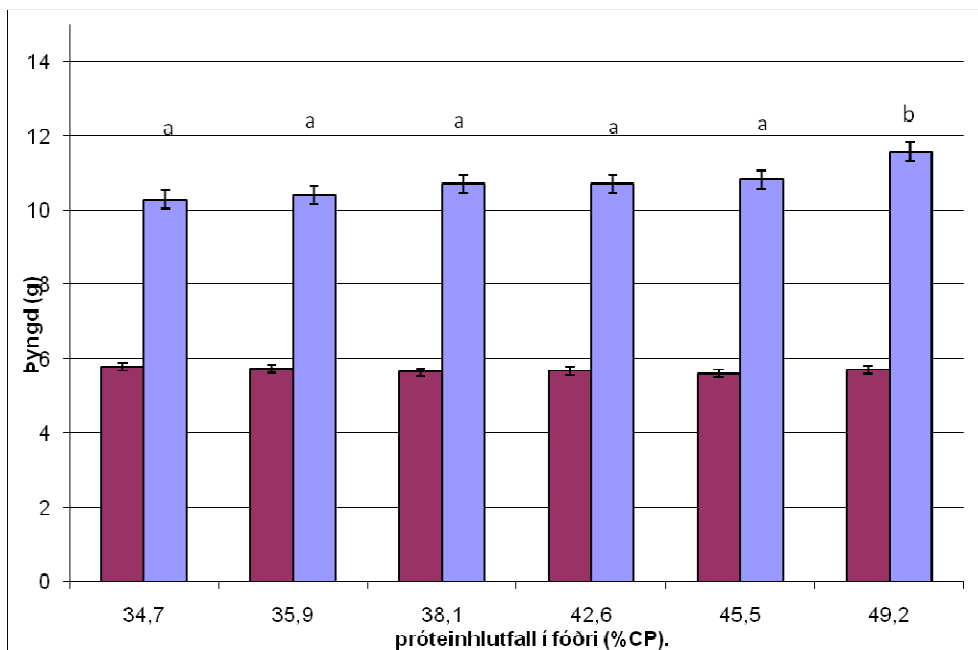
Mynd 3. Meðal dagvöxtur (%SGR ± se) smáseiða á 120 daga vaxtarlotu frá frumfóðrun. Fóðrað er með mismunandi próteinríku fóðri í fjórtekningu (n=4) við stöðugt

ljós og hita frá 8-12°C. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$) á lokþyngd.

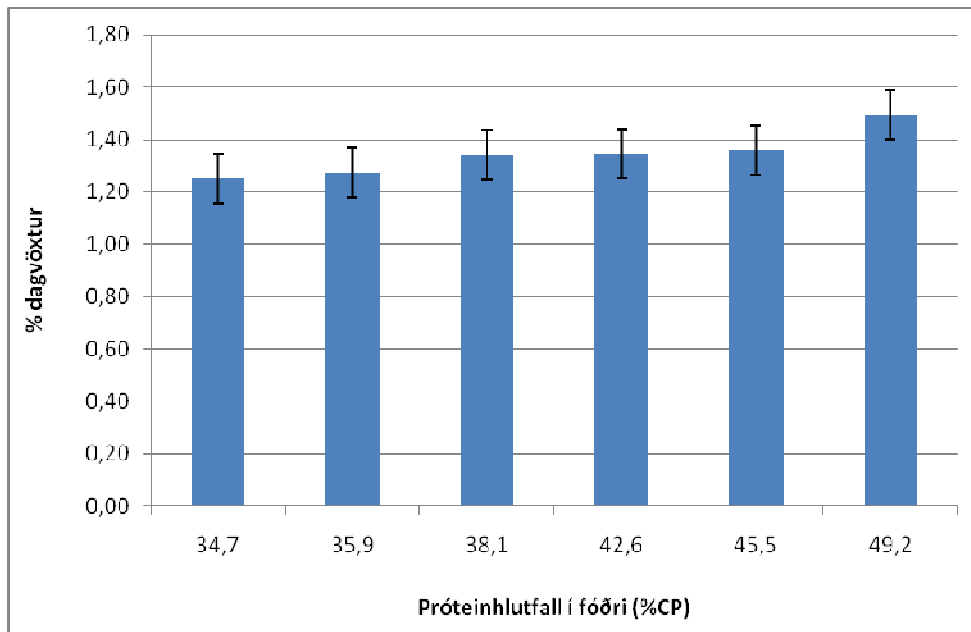
Af mynd 3 má sjá að próteinhlutfall í fóðri hefur áhrif á dagvöxt seiða frá frumfóðrunarstigi. Vöxturinn er lakastur hjá hópum sem fá lægsta próteininnihaldið í fóðrinu en fer síðan vaxandi eftir því sem próteininnihaldið vex. Ekki greinist þó munur milli meðferða sem fengu 45,5% og 49,2% prótein í fóðri.

Vaxtarlota 2. Vöxtur seiða frá 5-10+ g

Byrjunarþyngd bleikjuseiða í þessari lotu var um 5,7g ($\pm 1,3$). Hver meðferðarhópur var í fjórtekningu. Eftir 45 daga vaxtarlotu eru seiðin á próteinríkasta fóðrinu (49,2%) orðin mælanlega þyngri en hóparnir sem fengu lægra próteinhlutfall í fóðri (mynd 4). Ekki kemur fram munur í lokþyngd seiða fóðruðum með próteinhlutfalli í fóðri á bilinu 34,7-45,5%. Marktæk kerjaáhrif koma fram innan meðferða.



Mynd 4. Byrjunar- og lokþyngd ($g \pm SE$) smáseiða, fóðruðum á mis próteinríku fóðri eftir 45 daga vaxtartímabil við stöðugt ljós og hita frá 10-12°C. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$) á lokþyngd. $n = 160$



Mynd 5. Meðaltals dagvöxtur (SGR(%) $\pm se$) 5,7-12 seiða, fóðruðum með ólíku próteininnihaldi í fóðri yfir 45 daga tímabil við stöðugt ljós og hita frá 10-12°C. ($n=4$).

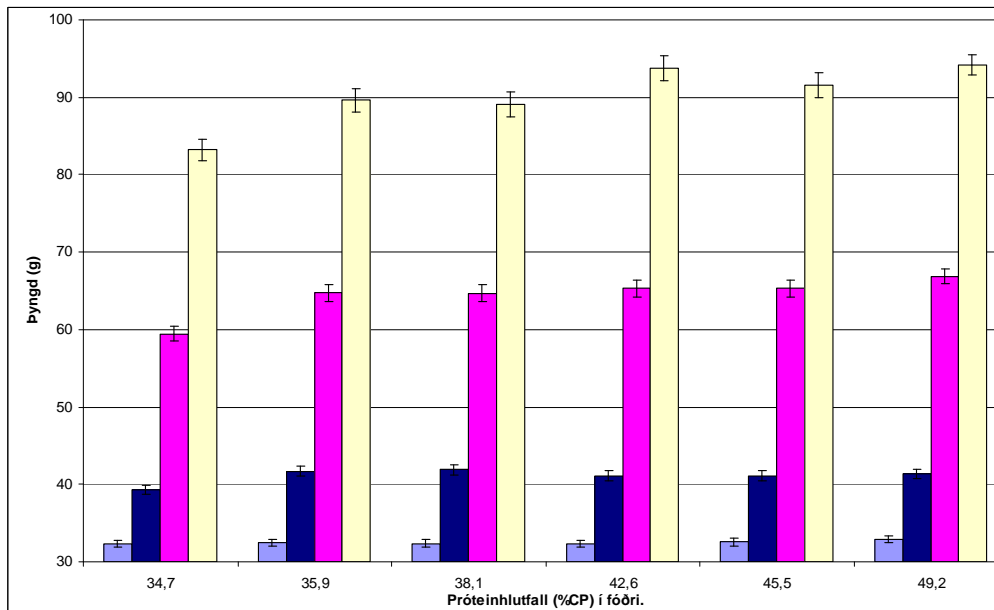
Á mynd 5 er sýndur dagvöxtur meðferðarhópanna í þessari vaxtarlotu. Að meðaltali er daglegur vöxtur á bilinu 1,25-1,5%. Þrátt fyrir að greina megi ákveðna tilhneigingu í átt til minni vaxtarhraða með lægra próteinhlutfalli í fóðri tekst ekki að sýna fram á tölfræðilega marktækan mun milli meðferða.

Vaxtarlota 3. Vöxtur seiða frá 30-80+ g.

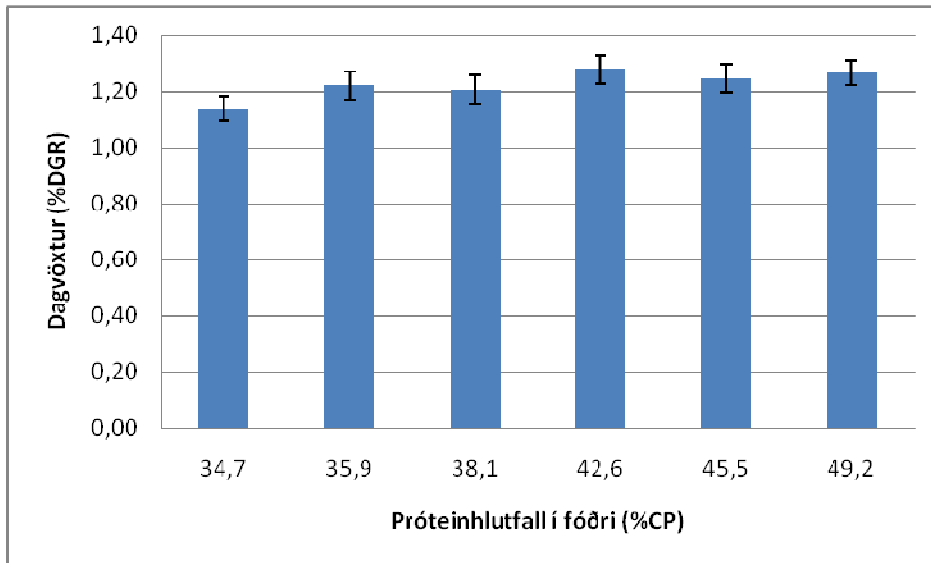
Meðalþyngd bleikjuseiða í þessari vaxtarlotu var um 32 g í upphafi. Vaxtarlotan var 85 dagar og meðal lengd og þyngd mæld fjórum sinnum á tímabilinu (mynd 6). Meðalþyngd hópanna u.þ.b. þrefaldast á tímabilinu. Ekki tekst að sýna fram á marktækan mun á lokþyngd meðferðarhópa sem fóðraðir eru mis próteinríku fóðri í þessari vaxtarlotu. Þó kemur fram gagnvirkni (interaction) milli þyngdar og fóðurgerðar yfir

heildar vaxtartímann þar sem stefnir í að fiskurinn sem fær minnst prótein í fóðri (34,7%) verði léttari en aðrir meðferðarhópar. Marktæk kerjaáhrif koma fram innan meðferða.

Reiknaður dagvöxtur yfir vaxtartímabilið hagar sér að vonum með sama hætti og endurspeglast í lokþyngdinni (mynd 7). Ekki mælist marktækur munur á dagvexti milli meðferða.



Mynd 6. Þróun þyngdar hjá bleikjuseiðum sem voru 32 g að byrjunarþyngd, eftir fóðrun með mis próteinríku fóðri í 85 daga við stöðugt ljós og hita 7,5-9,5°C. (n= 150-200).

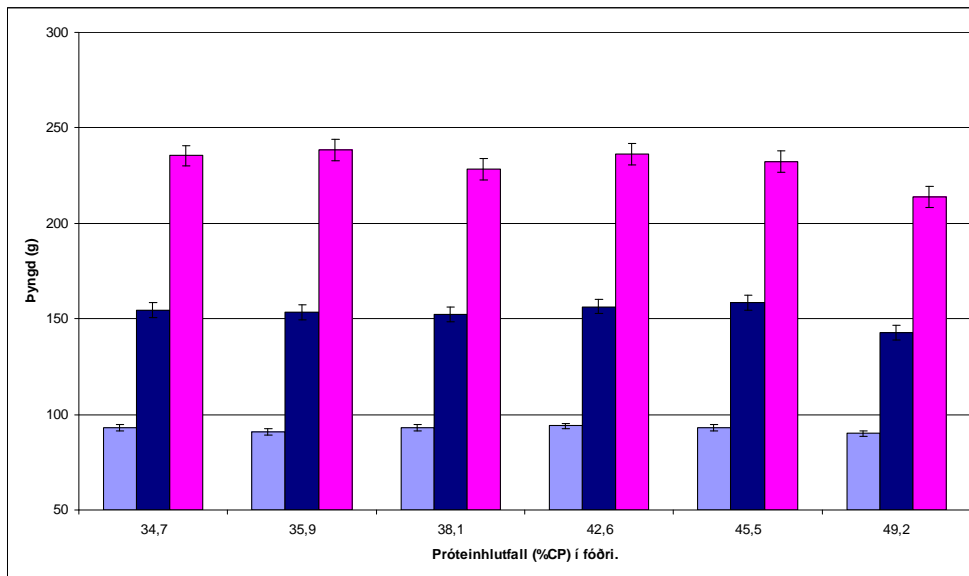


Mynd 7. Meðaltals dagvöxtur (SGR(%) \pm se) 32-90+ g seiða, fódruðum með ólíku próteininnihaldi í fódri yfir 85 daga tímabil við stöðugt ljós og hita 7,5-9,5°C. (n=3-4)

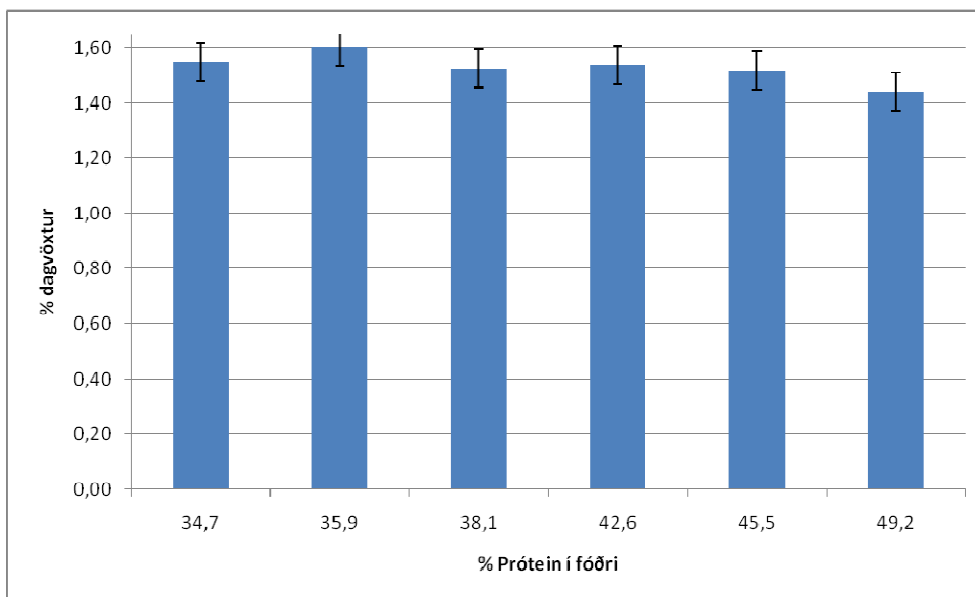
Vaxtarloti 4. Vöxtur seiða frá 90-230+ g.

Meðalþyngd seiða í þessari lotu var um 90 g í upphafi og vaxtarlotan stóð í 60 daga. Samtals voru þrjár lengdar- og þyngdarmælingar framkvæmdar á vaxtartímanum. Fiskurinn fer langt með að þrefalda þyngd sína á þessum þremur mánuðum (mynd 8). Ekki kemur fram marktækur munur á meðalþyngd milli meðferðarhópanna eftir fódrun með mismunandi próteinríku fódri. Hinsvegar eru mælanleg kerjaáhrif innan meðferða.

Meðaltals dagvöxtur fisks í þessari vaxtarlotu er á milli 1,4-1,6%, eins og fram kemur á mynd 9. Ekki er mælanlegur munur á meðaltals dagvexti milli meðferða á vaxtartímanum.



Mynd 8. Þróun þyngdar hjá bleikjuseiðum sem voru um 90 g í upphafi vaxtarlotu, eftir fóðrun með mismunandi próteinríku fóðri í 60 daga við stöðugt ljós og hita 7,5-9,5°C. (n= 95)

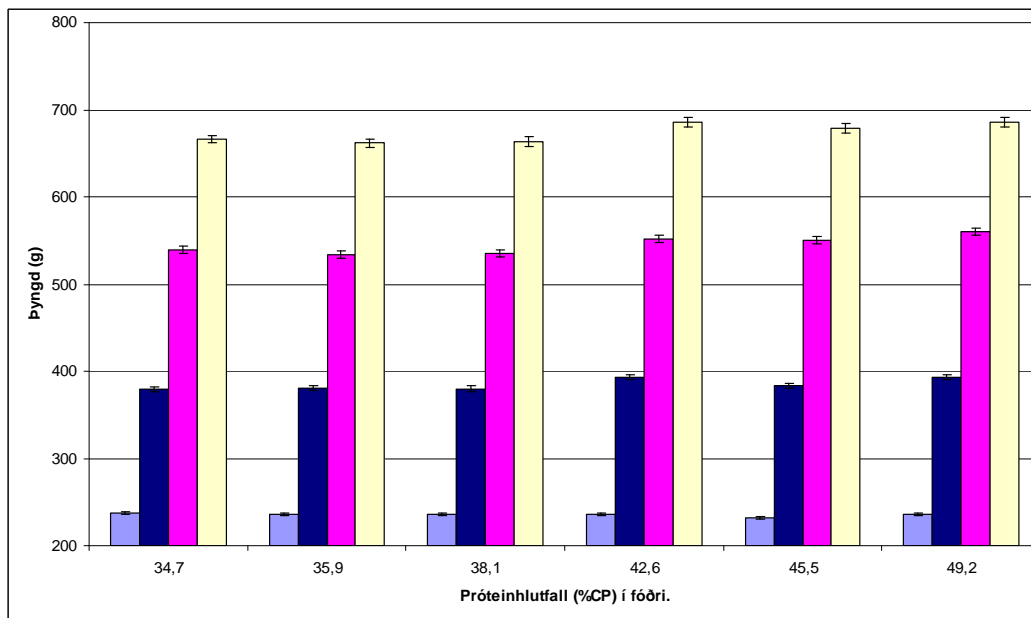


Mynd 9. Meðaltals dagvöxtur (SGR(%) ± se) 90-240g bleikju sem var fóðruð með ólíku próteininnihaldi í fóðri yfir 60 daga tímabil við stöðugt ljós og hita 7,5-9,5°C. (n=3)

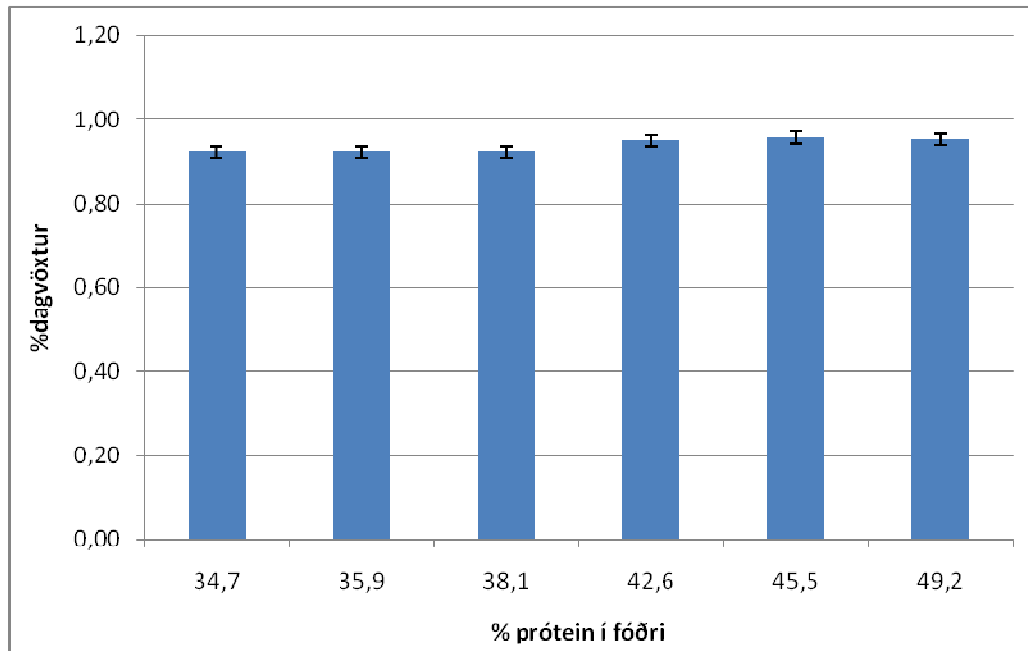
Vaxtarlota 5. Vöxtur bleiku frá 230-660+ g.

Í þessari vaxtarlotu var byrjunarþyngd um 230g og stóð vaxtarlotan í 120 daga. Á þeim tíma nær fiskurinn u.þ.b. að þrefalda þyngd sína (mynd 10). Samtals voru gerðar 4 lengdar- og þyngdarmælingar á tímabilinu. Ekki kemur fram mælanlegur munur á þyngd milli meðferðarhópanna eftir vaxtartímabilið þrátt fyrir mismunandi próteinhlutfall í fóðrinu.

Meðaltals dagvöxtur meðferðanna yfir vaxtartímabilið er sýndur á mynd 11. Ekki koma fram mælanleg áhrif af mismunandi próteinhlutfalli í fóðri á vaxtarhraðann (dagvöxtinn) hjá fiski af þessari stærð.



Mynd 10. Þróun þyngdar hjá bleikju ($g \pm SE$) sem var 230 g að byrjunarþyngd, eftir fóðrun í 112 daga með mismunandi próteinríku fóðri, við náttúrulega ljóslootu og á hitastigsbilinu 5,2-7,5°C. (n= 360)

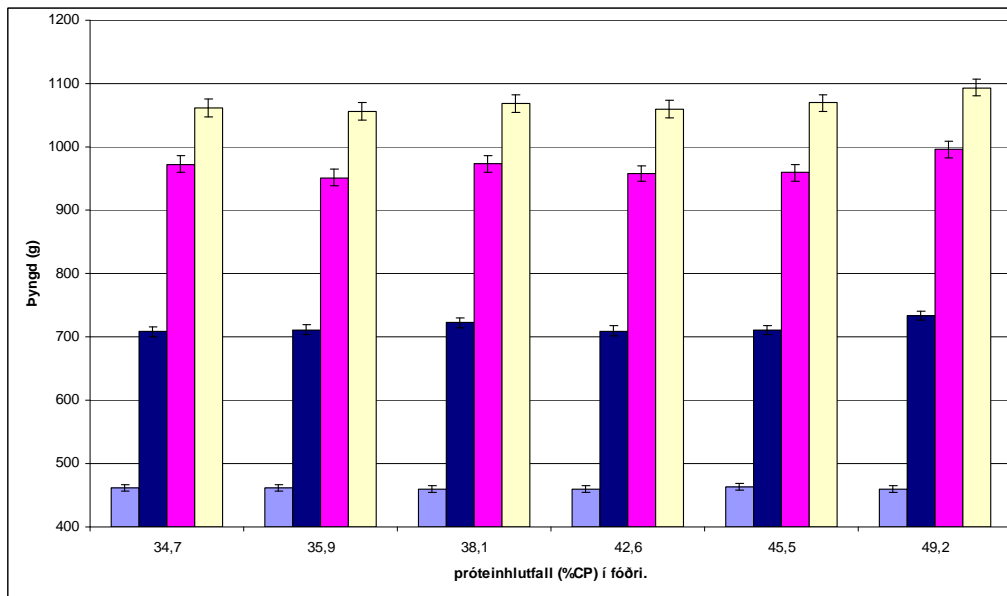


Mynd 11. Meðaltals dagvöxtur (SGR(%) \pm se) hjá 230g – 690 g bleikju sem var fóðruð með ólíku próteininnihaldi í fóðri yfir 112 daga tímabil við náttúrulega ljóslotu og á hitastigsbilinu 5,2-7,5°C. (n=3)

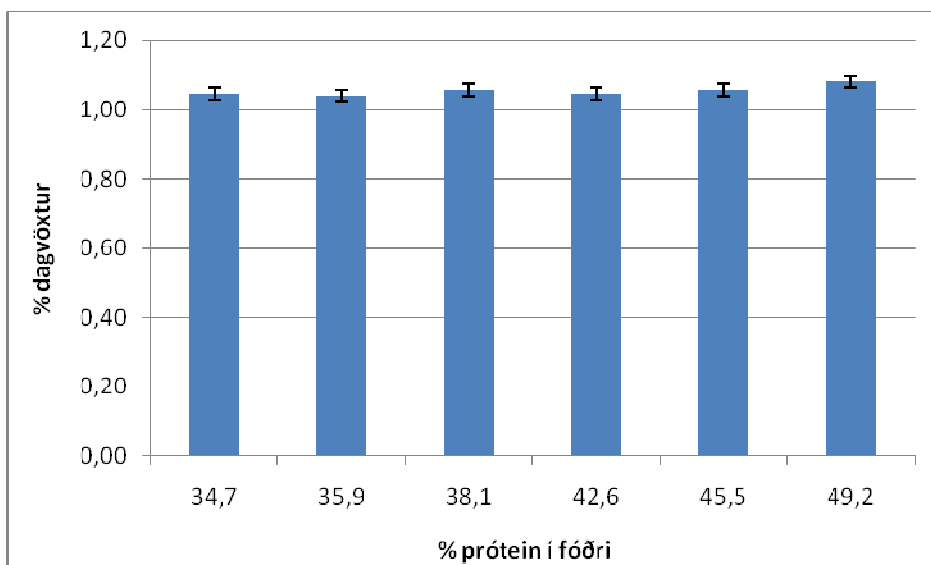
Vaxtarlota 6. Vöxtur bleikju frá 460-1050+g

Í þessari vaxtarlotu var byrjunarþyngd fisks um 460 g. Vaxtarlotan stóð í 80 daga, fiskurinn var við náttúrulega ljóslotu og hitastigið 6,8-9,2°C. Á tímabilinu voru gerðar samtals 4 lengdar- og þyngdarmælingar. Á þeim tíma nær fiskurinn að ríflega tvöfalda þyngd sína. Eins og fram kemur á mynd 12 er vöxtur allra meðferðarhópa mjög sambærilegur. Ekki kemur fram mælanlegur munur í þyngd meðferðarhópa þrátt fyrir mismunandi próteinríkt fóður.

Vaxtarhraði meðferðarhópanna er sýndur á mynd 13. Ekki er mælanlegur munur á vexti hópanna, þar sem allir auka þyngd sína um ríflega 1% á dag að meðaltali yfir tilraunartímann.



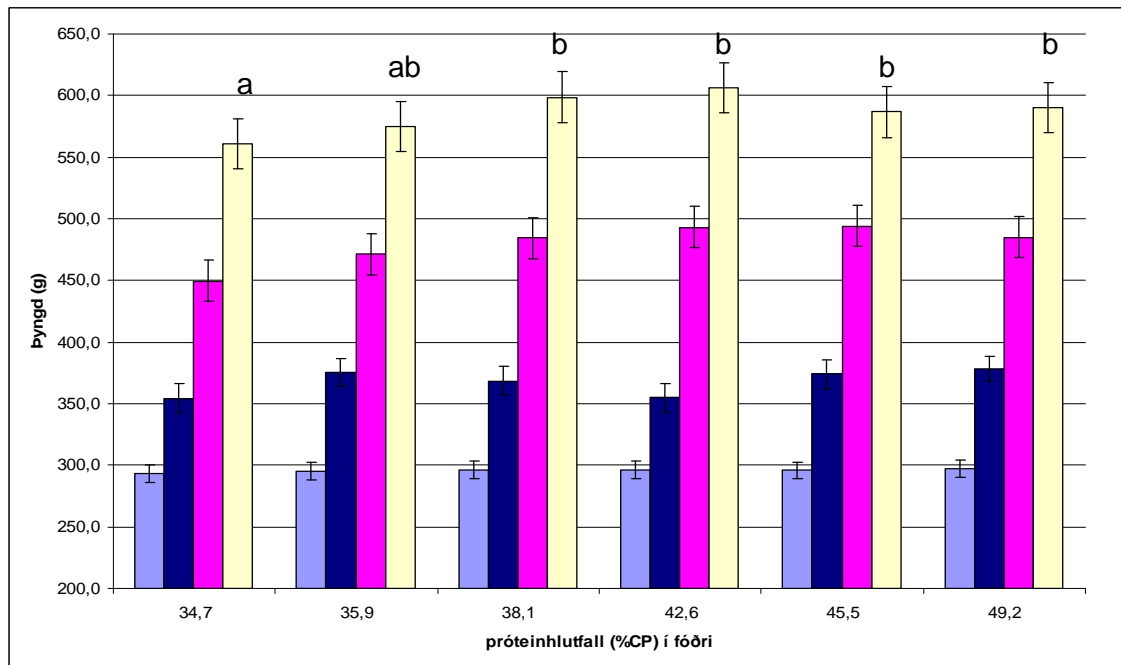
Mynd 12. Þróun þyngdar hjá bleikju ($g \pm SE$) sem var 430 g að byrjunarþyngd og um 1050 g að lokarþyngd, eftir fóðrun með mis próteinríku fóðri í 80 daga , við náttúrulega ljóslootu og hitastigið 6,8-9,2°C. (n= 195)



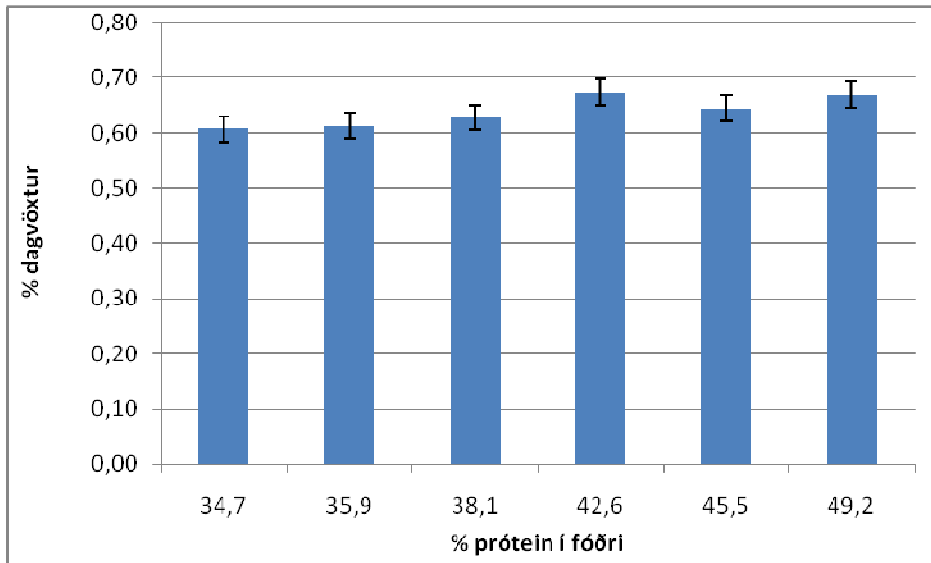
Mynd 13. Meðaltals dagvöxtur ($SGR(\%) \pm se$) hjá 430g – 1050 g bleikju sem var fóðruð með ólíku próteininnihaldi í fóðri yfir 80 daga tímabil við náttúrulega ljóslootu og hitastigið 6,8-9,2°C. (n=3)

Vaxtarlota 7. Vöxtur bleikju í saltvatni

Þróun vaxtar í meðferðarhópunum sem aldir voru í saltvatni er sýndur á mynd 14. Þar kemur fram að vöxtur hópanna tveggja sem fá lægsta próteinhlutfallið í fóðrinu (34,7% & 35,9%) er lítillega lakari en annara meðferðarhópa (38,1% -49,2%) og reiknast sá munur marktækur. Reiknaður meðaltals dagvöxtur meðferðarhópanna á tilraunatímanum er sýndur á mynd 15. Hann liggur í öllum tilvikum milli 0,6-0,7% og ekki er hægt að greina marktækan mun milli meðferða.



Mynd 14. Þróun þyngdar ($g \pm SE$) hjá bleikju í saltvatni eftir fóðrun með mismunandi próteinríku fóðri í 112 daga (16/10-6/2). Stöðugt ljós (24L:0D), hiti um 8°C og selta nálægt 14ppt stærstan hluta vaxtartímans. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$), $n = 90$

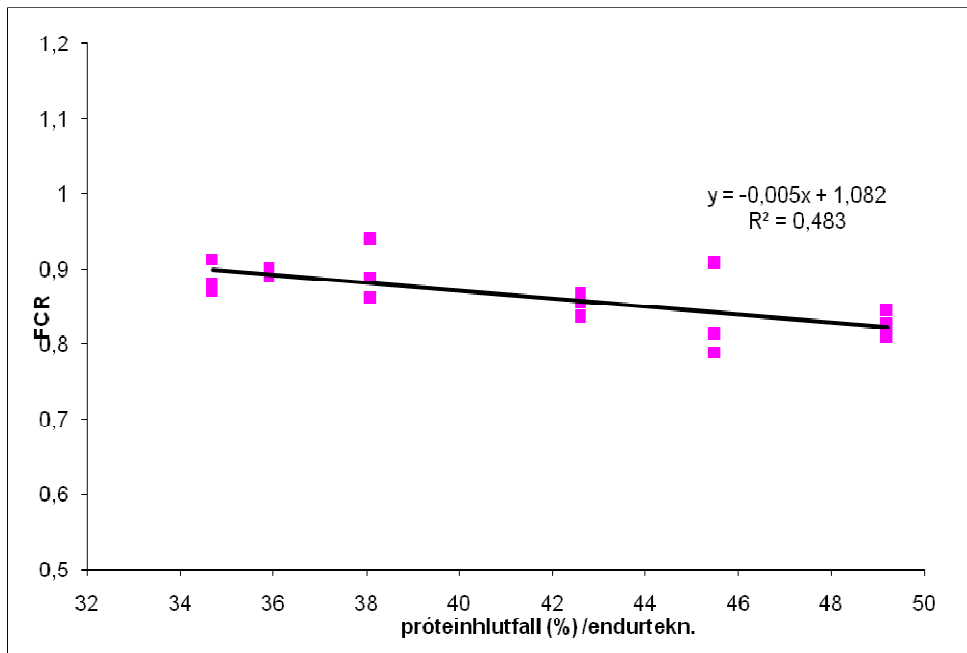


Mynd 15. Dagvöxtur hjá 300-600 g bleikju í saltvatni eftir fódrun með mis próteinríku fódri í 112 daga. Einstaklingsmerktir fiskar í tvítekningu (n= 73-83).

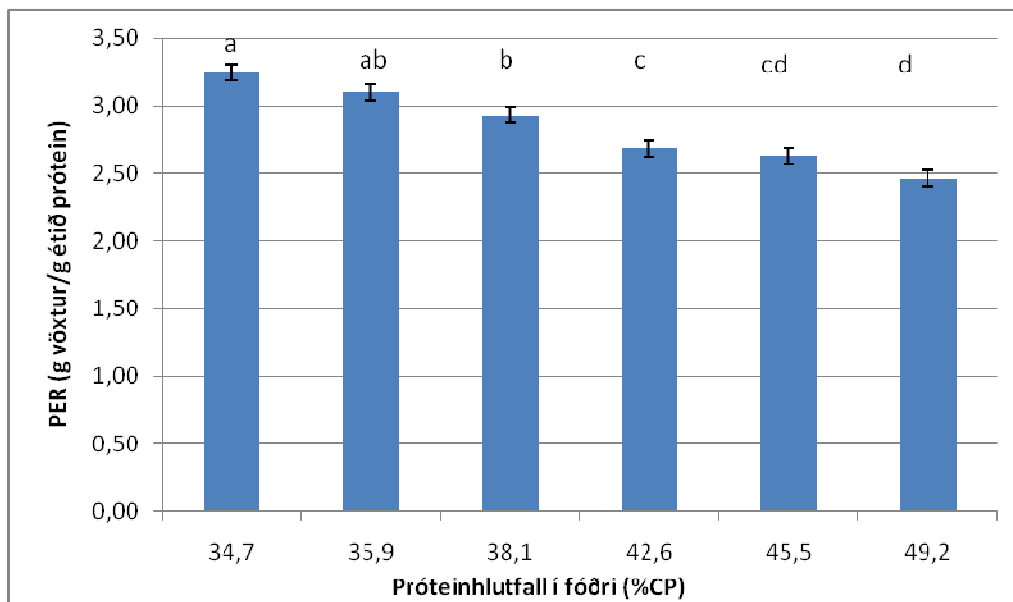
Fóðurstuðull og próteinnýting

Fóðurstuðull (étið fóður /þynging fiskis) var aðeins metinn í tveimur vaxtarlotum hjá stærri fiskinum í ferskvatni, annarsvegar 230-690g (mynd 16) og hinsvegar 430-1050g (mynd 19). Ástæða þess liggur í að erfitt er að safna saman og meta fódurleifar með þeirri tækni sem nýtt var þegar fódrið er smærra en 4-6 mm. Í tilraunalotunum var meðvitað leitast við að yfirfóðra fiskinn og því fæst ekki neitt skynsamlegt mat á fóðurstuðul hjá smáfiski ef ekki er hægt að safna fódurleifum.

Fóðurstuðull fyrir stærri fisk var metinn með því að veга fódurgjöfina og safna fódurleifum og bera saman við lífpungaaukninguna á vaxtartímanum. Í öllum meðferðarhópum þessa stærðarhópa er fóðurstuðullinn fremur lágur. Hjá 230-690 g fiskinum er fóðurstuðullinn undir 1,0 í öllum tilvikum en aðeins hærri hjá stærri fiskinum eins og vænta má. Greina má tilhneigingu til lækkunar á fóðurstuðuli eftir því sem próteinhlutfallið hækkar í fóðrinu.



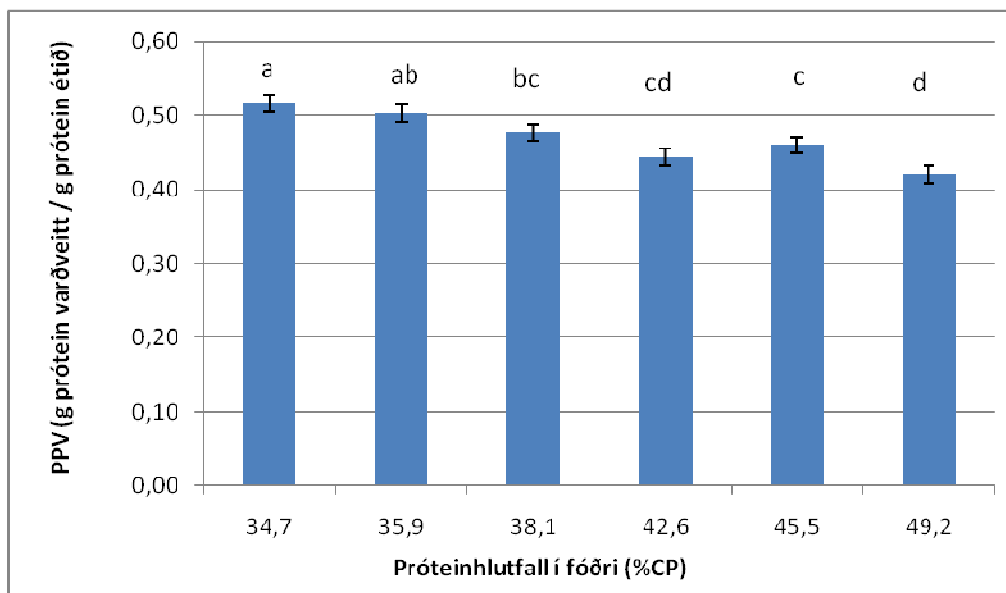
Mynd 16. Fóðurstuðull (FCR= grömm étið fóður/grömm þynging fisks) eftur 112 daga vaxtartíma hjá bleikju sem var um 230 að byrjunarþyngd en um 690 g lokarþyngd. Hópar fóðraðir með jafnorku (isoenergetic) en mismunandi próteinríku fóðri. Þrjár endurtekningar í hverri meðferð (fóðurgerð).



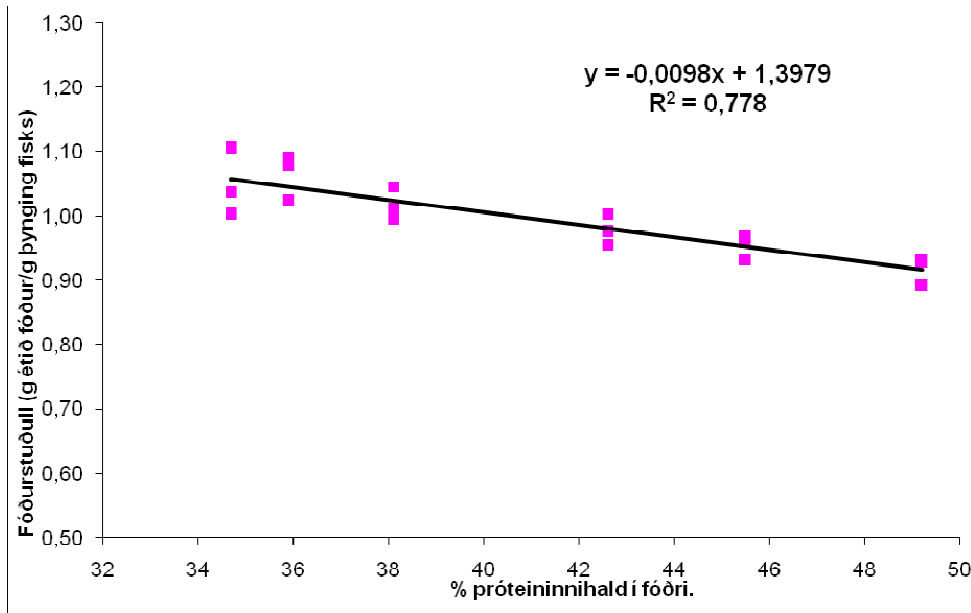
Mynd 17: Meðaltals PER gildi (gramm vöxtur /gramm prótein étið) ± se hjá bleikju sem fóðruð var á mismunandi próteinríku fóðri í 80 daga. Byrjunarþyngd var um 230 g en

lokþyngd um 690 g. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$), $n=3$

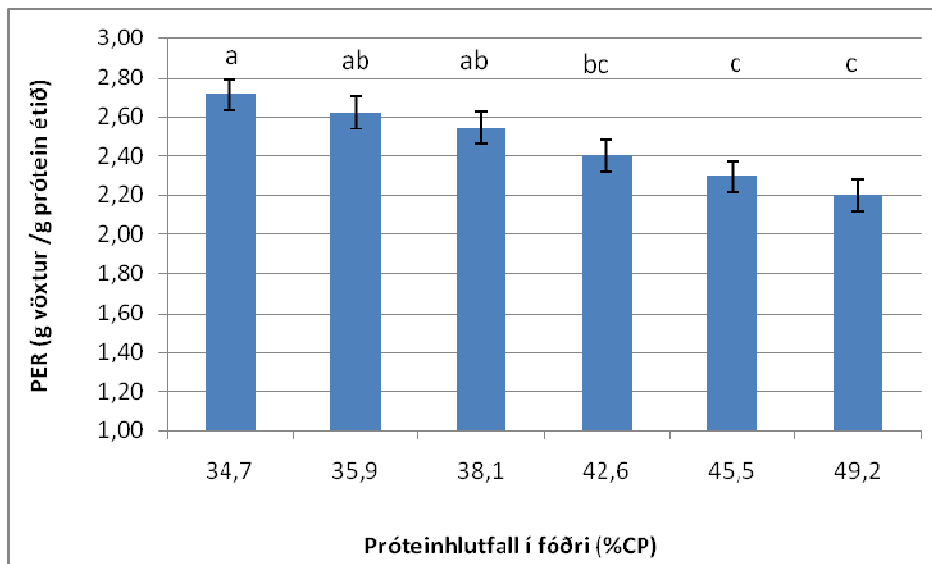
Af mynd 17 sést að próteinnýtingarhlutfallið (PER) hjá 230-690g fiski er hæst hjá meðferðunum sem fá lægsta hlutfall próteins í fóðri. Það segir að fiskurinn þyngist um rúmlega 3 g fyrir hvert g próteins sem hann étur. Nýting próteins til vaxtar fer síðan lækkandi með marktækum hætti eftir því sem próteinhlutfallið hækkar. Hjá hópnum sem fær mest prótein í fóðrinu er þynging á hvert étið gramm próteins komin niður í um 2,5g. Á mynd 18 kemur fram að fiskurinn sem fær lægst próteinhlutfall í fóðri varðveitir um helming þess í vöðvum sínum (prótein greint í flaki). Eftir því sem próteinhlutfallið hækkar í fóðrinu varðveitist lægra hlutfall þess próteins sem étið er í vöðvum fisksins.



Mynd 18: Meðaltals PPV gildi (prótein varðveitt / g prótein étið) \pm se hjá bleikju sem fóðruð var á mismunandi próteinríku fóðri í 112 daga. Byrjunarþyngd var um 230 g en lokþyngd um 690 g. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$), $n=3$



Mynd 19. Fóðurstuðull (grömm étið fóður/grömm þynging fisks) hjá 460-1050 g bleikju eftir fóðrun í 80 daga með jafnorku (isoenergetic) en mismunandi próteinríku fóðri. Þrjár endurtekningar af hverri meðferð (fóðurgerð).

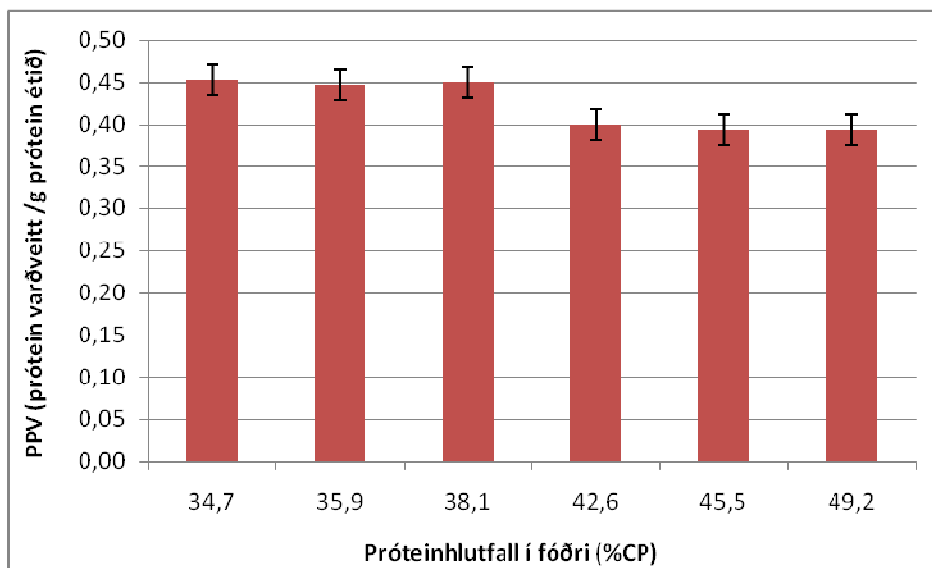


Mynd 20 Meðaltals PER gildi (gramm vöxtur /gramm prótein étið) ± se hjá bleikju sem fóðruð var á mismunandi próteinríku fóðri í 80 daga. Byrjunarþyngd var um 460 g

en lokþyngd um 1050 g. Ólíkir bókstafir milli meðferða tákna tölfræðilega marktækan mun ($p < 0,05$), $n=3$

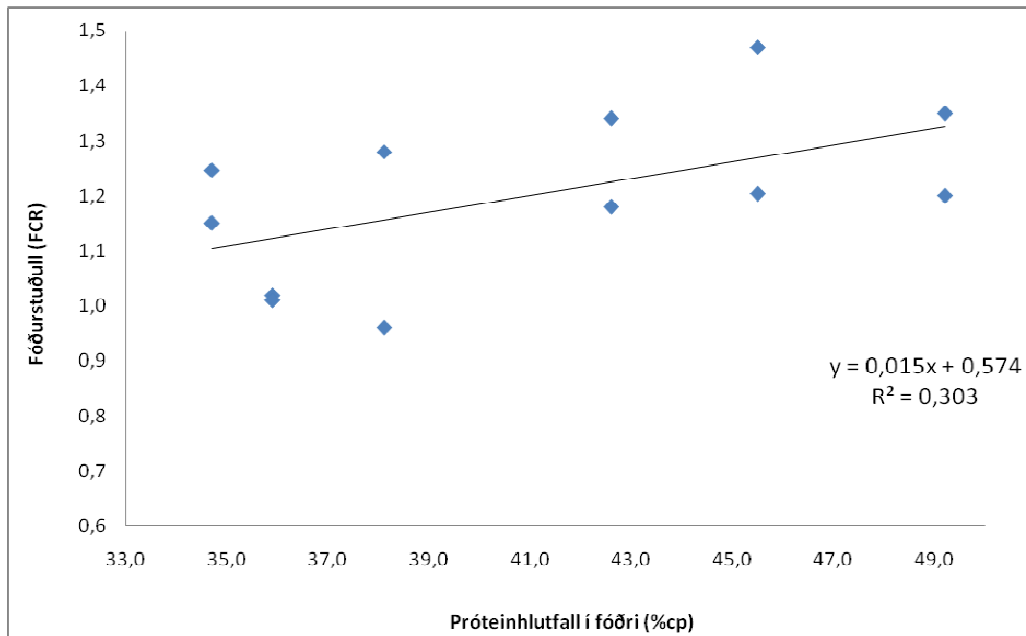
Af mynd 20 má sjá að próteinnýtingarhlutfallið (PER) hjá 460-1050 g fiski er hæst hjá fiskinum sem fær lágsta próteininnihaldið í fóðrinu en fer síðan lækkandi með auknu próteini. Viðbrögðin eru svipuð og hjá fiskinum í stærðarflokknum neðar (230-690g, mynd 17) að öðru leyti en því að hlutfallið er tölulega nokkuð lægra. Það gefur til kynna að stærri fiskurinn þyngist heldur minna á hverja étna próteineiningu en smærri fiskurinn.

PPV- gildið (mynd 21) er á bilinu 0,4-0,45 fyrir stærsta fiskinn. Það er lægra en hjá fiskinum í stærðarflokknum neðar. Þó greinileg tilhneiging sé í áttina að lægra ppv- gildi með hækkandi próteinhlutfalli í fóðri tekst ekki að sýna fram á marktækan mun með 95% öryggi milli meðferða.



Mynd 21. Meðaltals PPV gildi (prótein varðveitt / g prótein étið) \pm se hjá bleikju sem fóðruð var á mismunandi próteinríku fóðri í 80 daga. Byrjunarþyngd var um 460 g en lokþyngd um 1050 g. $n=3$

Fóðurstuðull bleikju í saltvatni.



Mynd 22: Fóðurstuðull bleikju í saltvatni eftir fóðrun með jafnorku (isoenergetic) fóðri með ólíku próteinhlutfalli.

Á mynd 22 sést fóðurstuðull eftir vaxtarlotu hjá bleikju í söltu vatni. Niðurstöðurnar eru nokkuð frábrugðnar því sem fram kemur hjá bleikju í ferskvatninu. Gildin eru að jafnaði heldur hærri en fyrir ferskvatnsfiskinn og stefna heldur uppávið með auknu próteinhlutfalli í fóðri, ofugt við niðurstöðurnar fyrir fiskinn í ferskvatni. Talsverður munur kemur fram í sumum tilvikum á endurtekningum innan sömu meðferða, en þær voru aðeins tvær í þessari lotu.

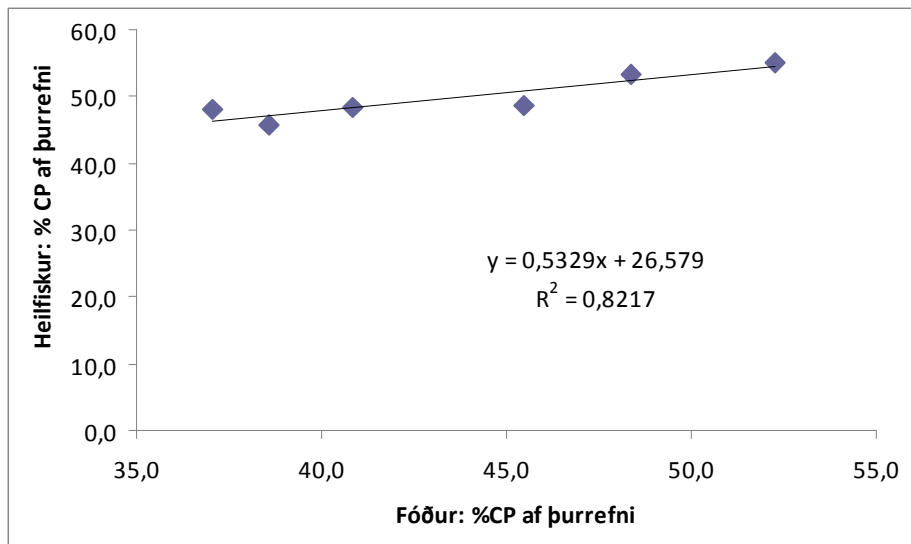
Efnagreining fisks.

Niðurstöður efnageininga á próteinum, fitu, þurrefni og ösku eru sýndar í töflum í viðauka, fyrir hverja fiskstærð fyrir sig. Almenn gildir að hlutfall próteina í blautvigt fer hækkandi með fiskstæð og sama á við um fitu. Þurrefnisinnihald fer einnig vaxandi með

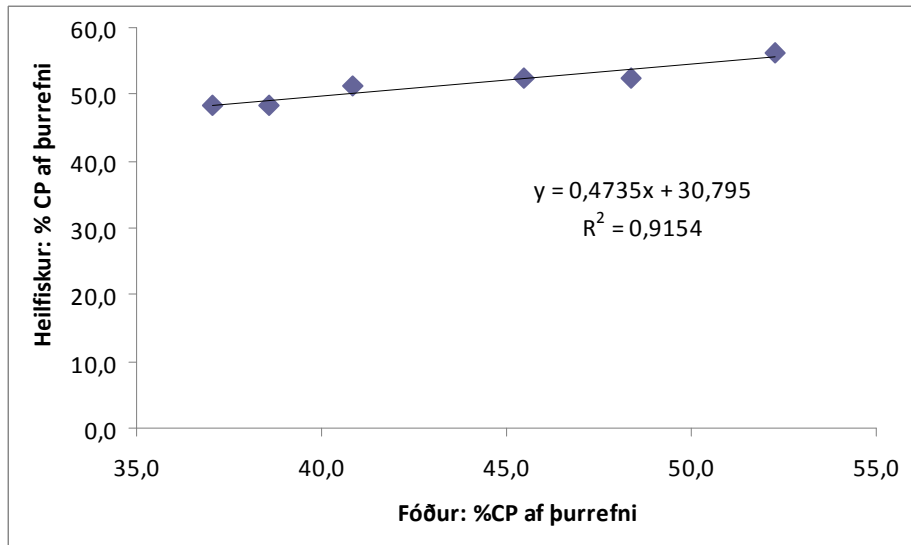
stærð en öskuinnihald lækkar. Breytingarnar í hlutfalli próteins og fitu af þurrefni eru hinsvegar minni.

Áhrif próteins í fóðrinu á próteininnihald fisks.

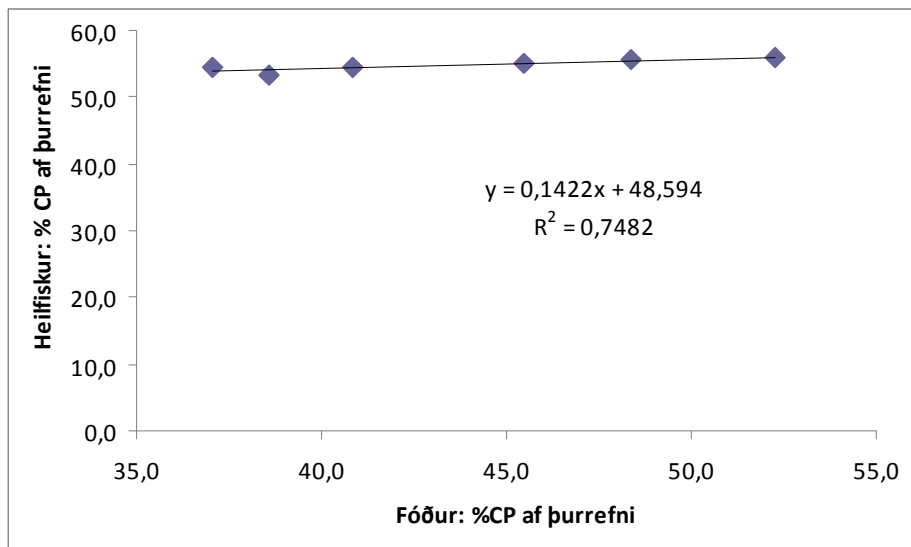
Skoðuð var fylgni próteininnihalds í fóðri og fiski hjá öllum hópum. Hjá smáseiðum upp að 200 g þyngd var sýni tekið af heilum fiski en fyrir stærstu bleikjurnar var próteininnihaldið mælt í flökum.



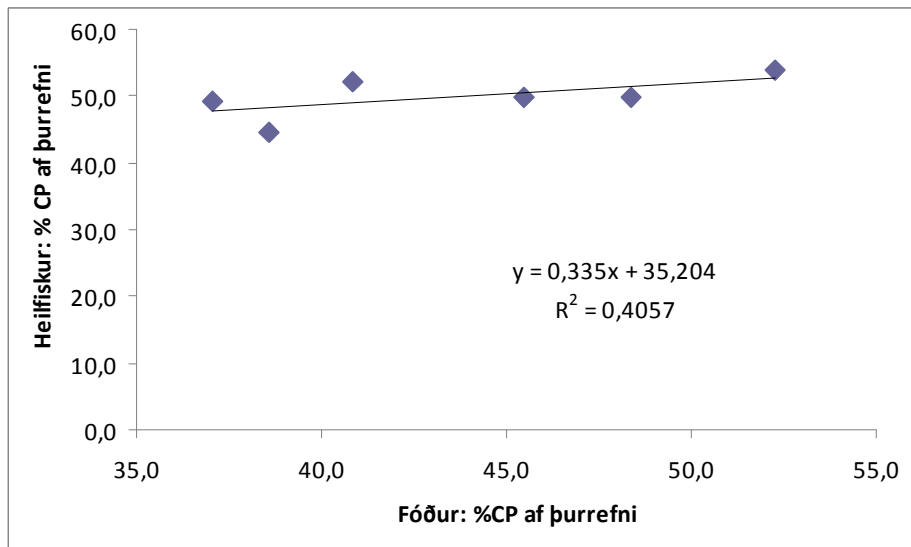
Mynd 23: Samband hlutfalls próteinþurrefnis í fóðri og próteinþurrefnis í 3 g bleikjuseiðum.



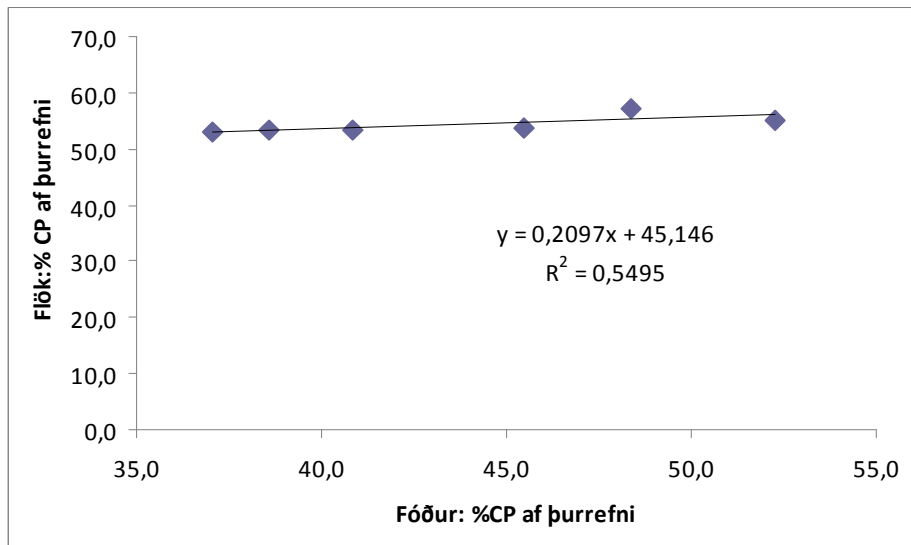
Mynd 24: Samband hlutfalls próteinþurrrefnis í fóðri og próteinþurrrefnis í 10 g bleikjuseiðum.



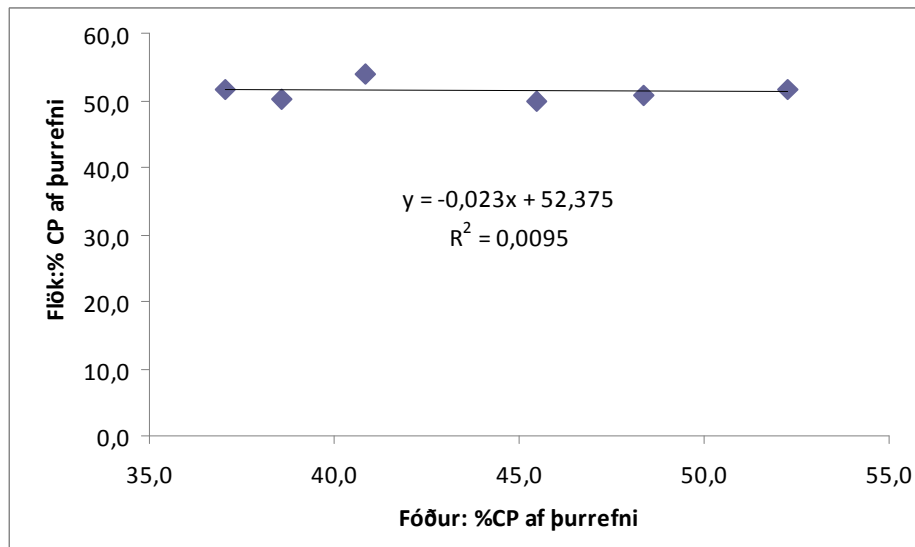
Mynd 25: Samband hlutfalls próteinþurrrefnis í fóðri og próteinþurrrefnis í 80 g bleikjuseiðum.



Mynd 26: Samband hlutfalls próteinþurrefnis í fódri og próteinþurrefnis í 200 g bleikju.



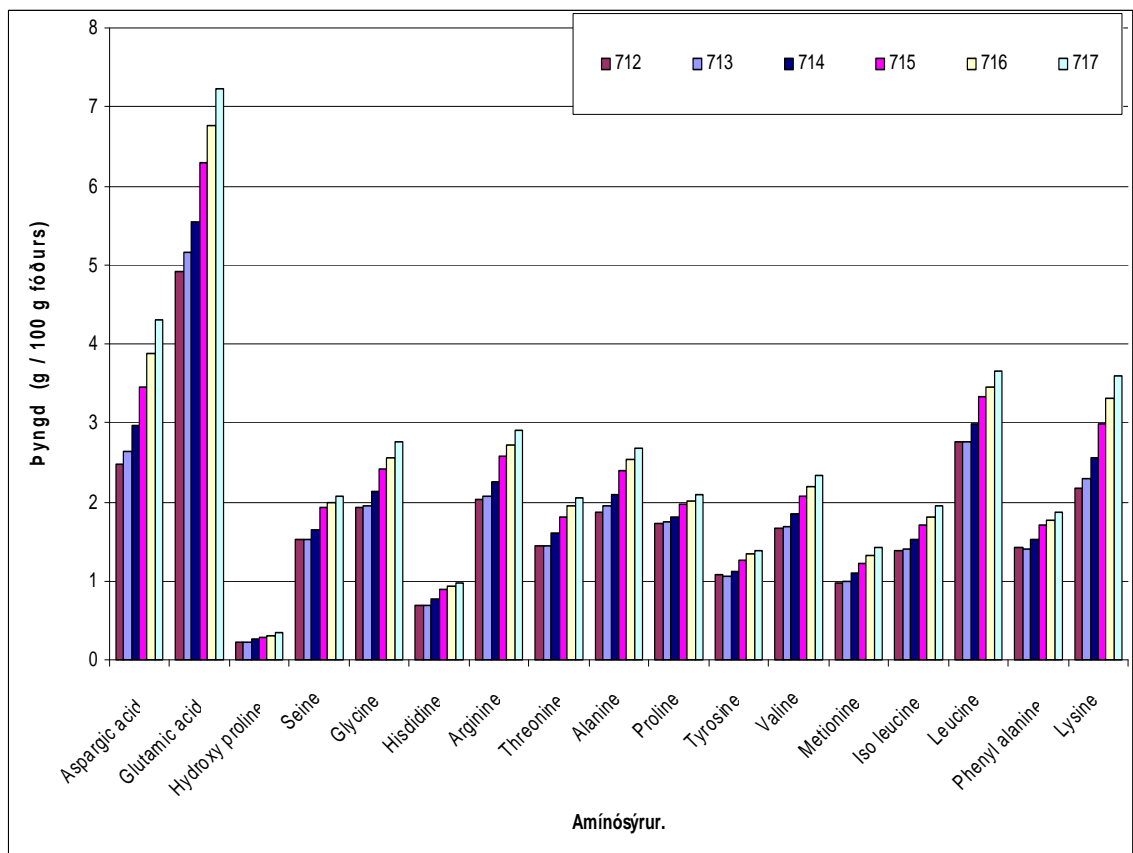
Mynd 27: Samband hlutfalls próteinþurrefnis í fódri og próteinþurrefnis í bleikjuflökum af 600 g fiski.



Mynd 28: Samband hlutfalls próteinþurrefnis í fóðri og próteinþurrefnis í bleikjuflökum af 1050 g fiski.

Amínósýruinnihald fódurs og fisks.

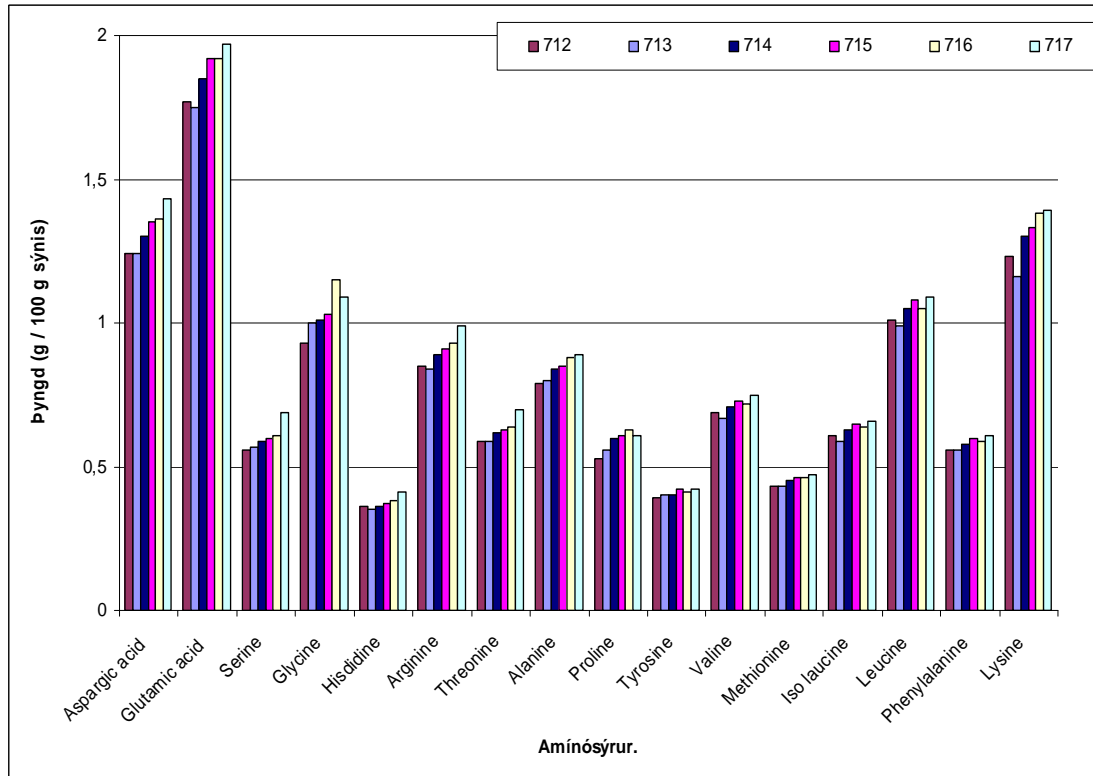
Amínósýruinnihald allra fódurgerðanna (712-717) var mælt og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 29 og í töflu 7 í viðauka. Eins og vænta má er mælt amínósýruinnihald, sem g/100g vaxandi eftir því sem próteinhlutfallið í fóðrinu hækkar.



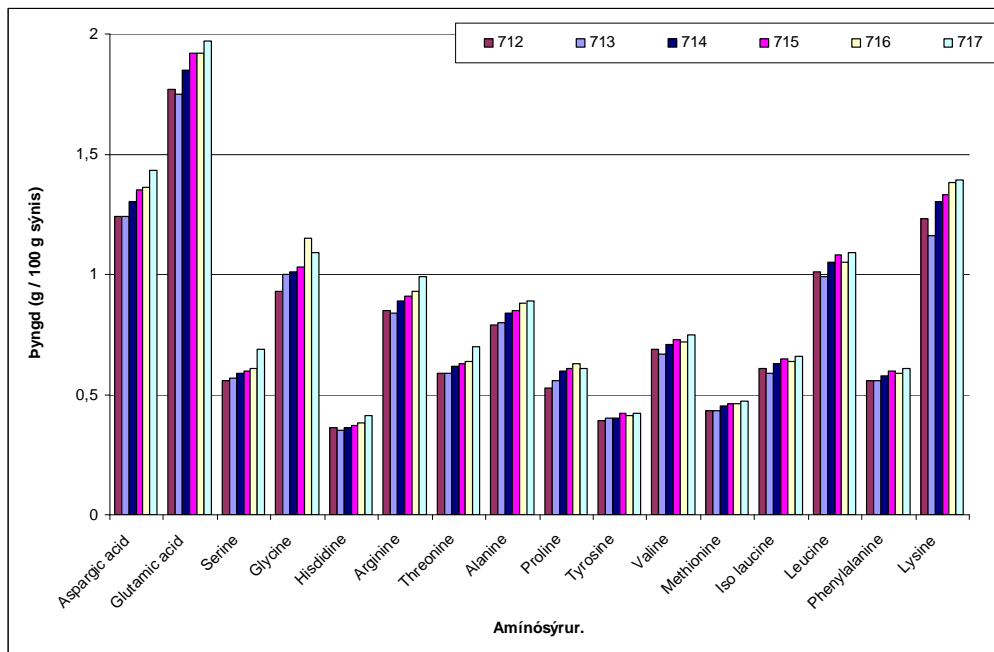
Mynd 29: Amínósýruinnihald (g/100 g fódurs) í tilraunafóðurgerðunum 6 (712-717).
(sjá númer fódurgerðanna á mynd)

Amínósýruinnihald fisksýna

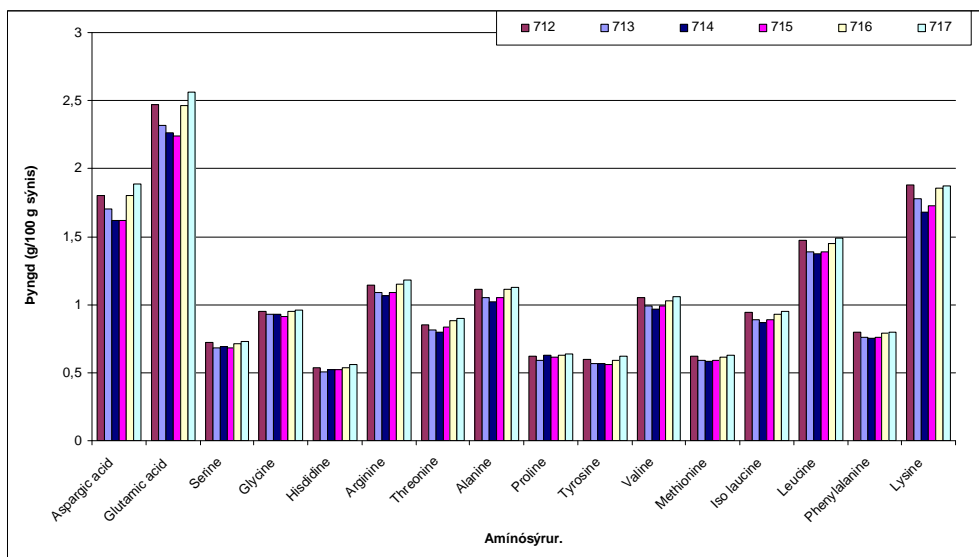
Amínósýruinnihald í fiski er sýnt á myndum 30-32. Tekin voru sýni af heilum seiðum (3g og 90 g) og flökum af ríflega 1000 g fiski.



Mynd 30: Amínósýruinnihald (g/100 g sýni) í smáseiðum við lokvaxtarlota (0,07-3g) sem fóðruð vorum með mismunandi próteinríku fóðri. Sýni voru tekin af heilfiski. (sjá númer fóðurgerðanna) 10 heilfiskar eru á bak við hvert sýni (n=10).

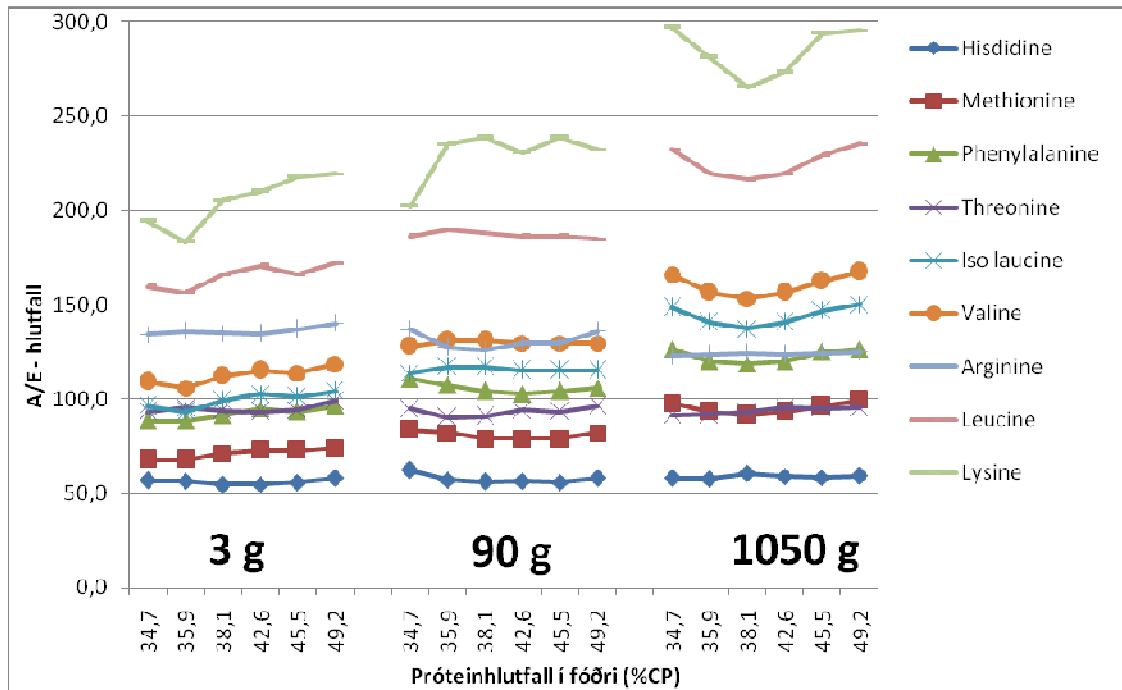


Mynd 31: Amínósýruinnihald (g/100g sýnis) í heilfiski við lok vaxtarlotu 30-90 g fóðruðum með mismunandi próteinríku fóðri (sjá númer fóðurgerðanna). 8-10 heilfiskar eru á bak við hvert sýni (n= 8-10).



Mynd 32: Amínósýruinnihald (g/100g sýnis) í roðflettum bleikjuflökum af fiski við lok vaxtarlotu 460-1050 g fóðruðum með mismunandi próteinríku fóðri (sjá númer fóðurgerðanna). Flök af 8 fiskum er á bak við hvert sýni (n=8)

Á mynd 33 er sýnt A/E- hlutfall lífsnauðsynlegra amínósýra í þremur fiskstærðum (3g, 90g og 1050 g) (A/E hlutfall [styrkur lífsnauðsynlegrar amínósýru (g)/heildar styrkur lífsnauðsynlegra amínósýra (g)] · 1000).



Mynd 33. A/E- hlutfall lífsnauðsynlegra amínósýra í 3g og 90 g heilfiski og roðflettum flökum af 1050 g fiski eftir fóðrun með mismunandi próteinhlutfalli í fóðri.

Mat á meltanleika.

Saursýnum var safnað úr fiski í þremur stærstu stærðarhópunum, með því að kreista saur aftast úr gotrauf. Búin voru til safnsýni úr fiski í hverri eldiseiningu hversrar meðferðar. Efnagreiningum á saursýnum er enn ólokið þar sem eftir stendur að mæla styrk merkiefnis (endurtekin mæling til að staðfesta niðurstöðu). Aðrar greiningar á saur eru afstaðnar en meltanleikinn verður metinn og niðurstöðurnar birtar við frekari úrvinnslu gagnanna fyrir greinarskrif um tilraunirnar.

Skynmat

Skynmatsniðurstöður 660+ g bleikja

Fram kom nokkur munur á sýnahópum. Hóparnir voru mismunandi varðandi lykt (aukalykt) og áferð (meyrni) (tafla 5). Auk þess var munur nálægt marktæki fyrir fitudropa í vatni ($p = 0.08$), lit ($p = 0,06$) og safa ($p = 0,05$). P34,7%, P35,7%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%

Almennt höfðu hóparnir mjög sæta/einkennandi lykt, töluverða málmlykt og lykt af ferskri olíu. Greinanleg moldar/fúkkalykt fannst af hópum, hinsvegar var súr lykt og þráalykt ekki greinanleg í neinum hópum. Vottur af aukalykt fannst af P34,7% og P38,1% sem var marktækt meiri en af flestum öðrum hópum.

Almennt höfðu hóparnir nokkuð appelsínugulan lit, en hópur P42,6% virtist ívið appelsínugulari samanborið við aðra hópa ($P = 0,06$). Hóparnir voru allir töluvert mislitir og vökvi var nokkuð gulur. Fitudropar í vatni voru fremur stórir og margir, en þó heldur minni í hópum P42,6%, P45,5% og P49,2% ($P = 0,08$). Hvítar útfellingar voru nokkuð greinilegar í öllum hópum.

Bragð var mög sætt/einkennandi af öllum hópum. Töluvert málmbragð og bragð af ferskri olíu var af öllum hópum. Moldar/fúkkabragð var greinanlegt af öllum hópum, en hvorki súrt né þrátt bragð.

Hópur P42,6% var meyrastur og safi var ívið meiri í hópum P42,6%, P45,5% og P49,2% ($P = 0,05$).

Tafla 3. Meðaltöl skynmatsþátta (Skali 0-100), fyrir hópa P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%. Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$)

Sýnahópur:		P34,7%	P35,9%	P38,1%	P42,6%	P45,5%	P49,2%
Lykt							
sæt/einkennandi	ns	55	54	52	61	52	57
málm	ns	37	38	38	42	41	41
fersk olía	ns	39	38	37	40	38	38
moldar/ fúkka	ns	27	24	26	26	27	26
súr	ns	6	4	4	4	4	4
þráalykt	ns	3	2	3	2	4	2
aukalykt	***	11 ^a	5 ^{cd}	11 ^{ab}	4 ^{cd}	7	6 ^{bc}
Útlit							
mislitur	ns	38	34	39	40	36	37
gulur vökvi	ns	53	57	52	60	56	51
fitudropar í vatni	ms ($p=0,08$)	55	59	59	51	50	47
hvítar útfellingar	ns	37	36	38	41	35	37
litur (hvítur/appelsínugulur)	ms ($p=0,06$)	51	55	56	64	50	58
Bragð							
sætt/einkennandi	ns	56	57	56	63	60	57
málm	ns	44	41	43	46	44	47
olíu	ns	43	43	49	46	48	42
moldar/fúkka	ns	28	30	26	25	28	25
súrt	ns	4	3	3	4	3	4
þráabragð	ns	2	3	3	2	3	2
aukabragð	ns	9	9	11	5	11	8
Áferð							
mýkt	ns	60	66	58	64	59	57
safi	ms ($p=0,05$)	51	56	54	61	62	57
meyrni	**	48 ^{cd}	55 ^{bc}	54 ^{bc}	66 ^a	58 ^{ab}	52 ^{bc}
viðloðun	ns	58	62	58	57	55	57

ns = not significant

ms = marginal significance

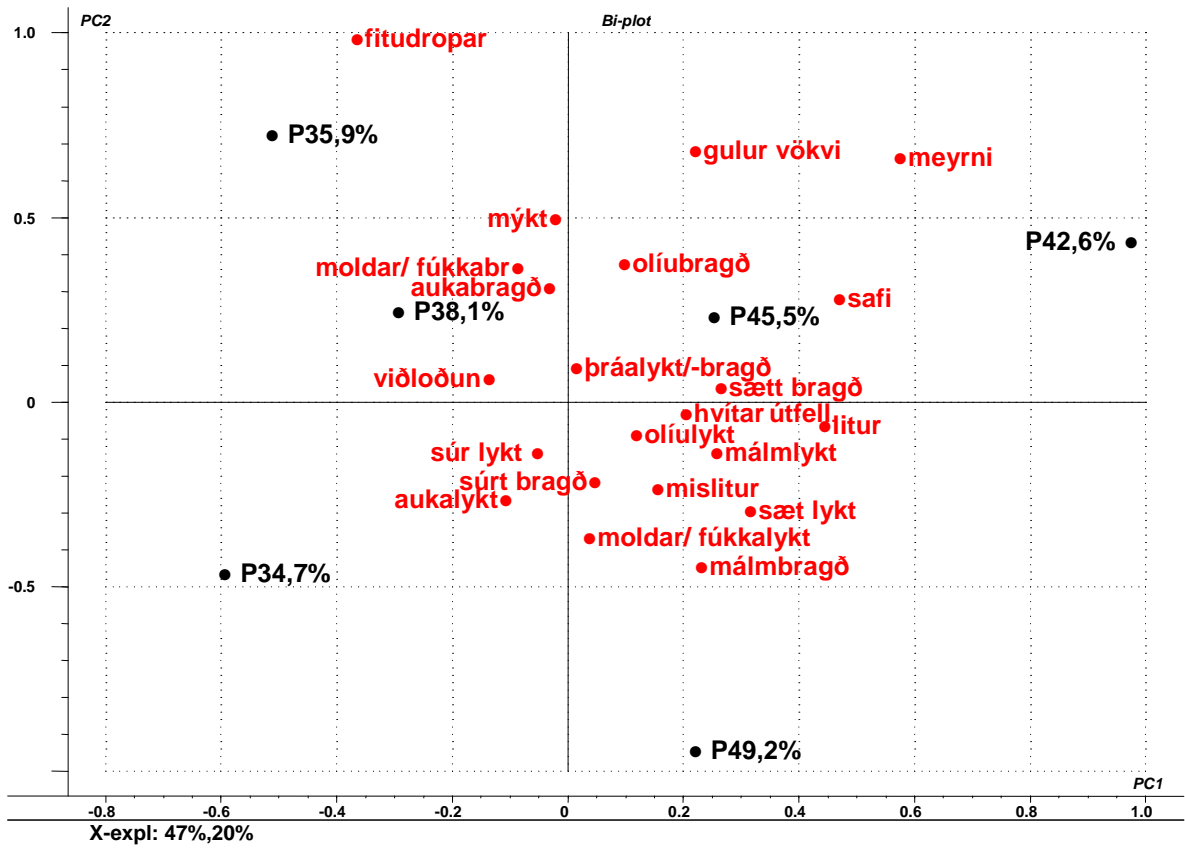
** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

Mynd 34 sýnir samanburð á hópunum með fjölþáttagreiningu á skynmatseinkennum. Fyrsti höfuðþáttur skýrir 47% breytileika gagnanna, sem skýrist helst af mun í áferð – meyrni og safi (hægra megin á mynd) og viðloðun (vinstra megin á mynd). Einnig er munur í útlitsþáttum skýrður í fyrsta höfuðþætti, - litur (hægra megin á mynd) og fitudropar í vatni (vinstra megin á mynd). Annar höfuðþáttur skýrir 20% af breytileikanum sem skýrist helst af mun í fitudropum og gulum lit á vökva (efst á mynd) og málmbragði (neðst á mynd).

Hópur P34,7% einkennist helst af aukalykt, minni safa og meyrni fremur öðrum hópum. Fitudropar í vatni einkenna helst P35,9%, og einnig P38,1%, öfugt við P49,2%. Hópar P42,6% og P45,5% einkennast öðrum fremur af meyrni og safa,

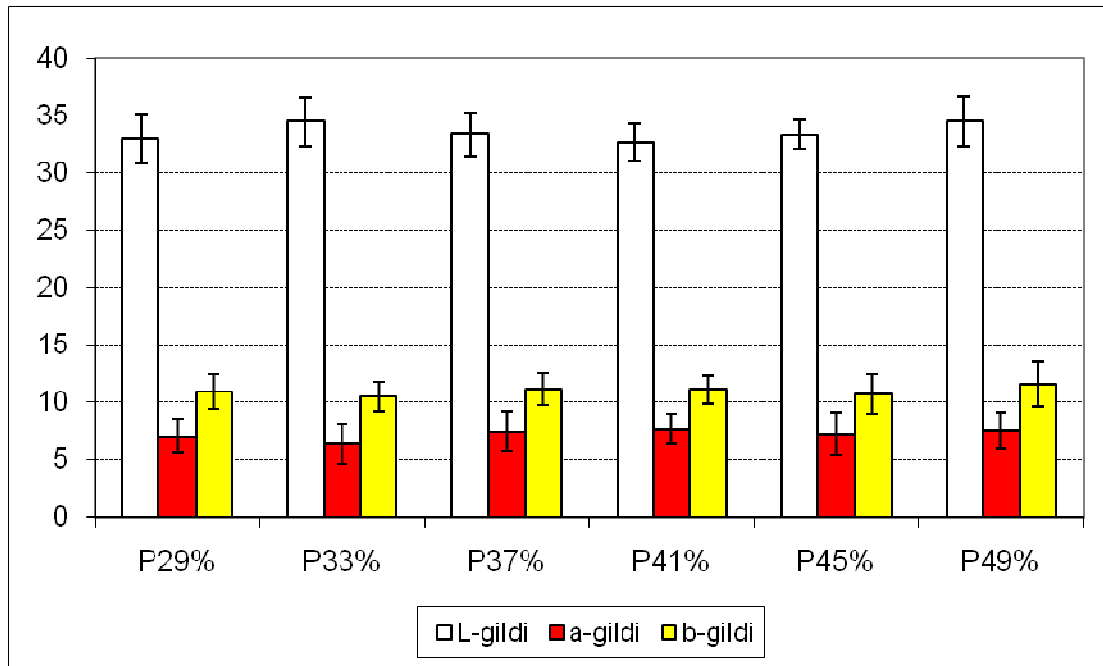
Svo virðist sem ferskleikabættir einkenni frekar próteinríkari hópana (P42,6%, P45,5% og P49,2%) hægra megin á mynd 1, einsog sætt/einkennandi bragð og lykt, sem og málmbragð, á meðan aukalykt, aukabragð og moldarbragð virðast heldur einkenna próteinminni hópana vinstra megin á mynd 34. Þessi munur er þó ekki marktækur samkvæmt tölfræðiþrófi.



Mynd 34: Höfuðþáttgreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Scores (hópar P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%.) og loadings (skynmatsþættir).

Litmælingar 660+ g bleikja

Ekki reyndist marktækur munur á hópum í lit. Þó var munurinn nálægt marktæki fyrir ljósleika flakanna ($p = 0,05$).



Mynd 35. Litmælingar á hópum P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%; L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur. (P-gildi á x-ás svara til þess sem fram kemur í texta, í sömu röð).

Skynmat 1050+g bleikja

Merkingar sýna og umfjöllun í þessu skynmati eru skv. mældu próteininnihaldi (P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%) en ekki útreiknuðu (sbr. skynmat f. 660+g fisk), þó um sama fóður sé að ræða.

Fram kom nokkur munur á sýnahópum. Hóparnir voru mismunandi varðandi útlit (litur og hvítar útfellingar) og áferð (safi) (tafla 5). Auk þess var munur nálægt marktæki fyrir mýkt ($p = 0,05$).

Almennt höfðu hóparnir mjög sæta/einkennandi lykt, töluverða málmlykt og lykt af ferskri olíu. Greinanleg moldar/fúkkalykt fannst af hópum, hinsvegar var súr lykt, þráalykt og aukalykt ekki greinanleg í neinum hópum.

Almennt höfðu hóparnir nokkuð appelsínugulan lit, en hópar P34,7% og P49,2% þó ljósari en aðrir hópar. Hóparnir voru allir nokkuð mislitir og vökvi var nokkuð gulur.

Fitudropar í vatni voru fremur stórir og margir. Hvítar útfellingar voru nokkuð greinilegar í öllum hópum, en mest áberandi í hópi P35,9% og þá P45,5%.

Bragð var mög sætt/einkennandi af öllum hópum. Töluvert málmbragð og bragð af ferskri olíu var af öllum hópum. Vottur af moldar/fúkkabragð var greinanlegt af öllum hópum, en hvorki aukabragð, súrt né þrátt bragð.

Hópar P34,7%, P38,1%, P42,6% og P49,2% voru safaríkari en P35,9% og P45,5%. Hópur P45,5% virtist ívið stinnari en aðrir hópar, en munurinn fyrir þennan þátt var á mörkum marktækis ($P = 0,05$).

Tafla 4: Meðaltöl skynmatspátta (Skali 0-100), fyrir hópa P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%. Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$)

Sýnahópur:		P35%	P36%	P38%	P43%	P46%	P49%
Lykt							
sæt/einkennandi		49	43	51	55	44	49
málm		34	31	37	38	32	34
fersk olía		29	28	32	28	28	31
moldar/ fúkka		24	24	18	22	20	17
súr		4	6	3	5	4	4
þráalykt		7	3	7	8	4	7
aukalykt		4	8	4	5	8	4
Útlit							
litur (hvítur/appelsínugulur)	***	48 ^b	61 ^a	53	59 ^a	63 ^a	44 ^b
mislitur		36	39	40	33	39	34
gulur vökvi		35	44	37	34	42	41
fitudropar í vatni		40	51	40	40	51	44
hvítar útfellingar	***	32 ^{cd}	57 ^a	41 ^{bc}	36 ^{bc}	51 ^{ab}	34 ^{bc}
Bragð							
sætt/einkennandi		55	46	54	54	51	52
málm		37	38	37	42	40	34
olíu		34	33	35	36	35	31
moldar/fúkka		19	18	17	19	19	18
súrt		5	4	6	5	7	4
þráabragð		7	4	5	7	4	5
aukabragð		7	6	4	5	6	8
Áferð							
mýkt	ms ($p = 0,05$)	60	52	62	60	48	62
safi	***	61 ^a	46 ^b	64 ^a	63 ^a	43 ^b	60 ^a
meyrni		59	54	59	61	55	62
viðloðun		42	48	48	53	42	48

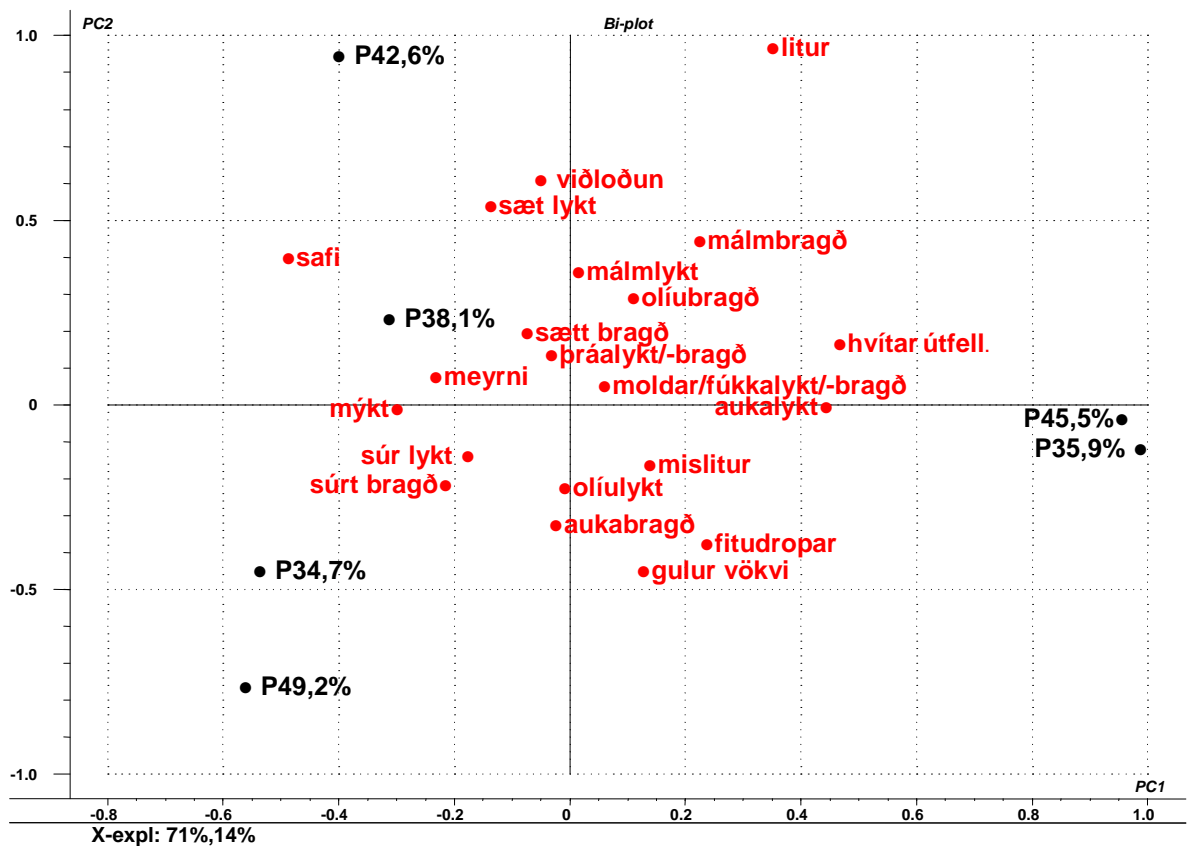
ms = marginal significance

*** $p < 0.001$

Mynd 36 sýnir samanburð á hópunum með fjölpáttagreiningu á skynmatseinkennum. Fyrsti höfuðþáttur skýrir 71% breytileika gagnanna, sem skýrist helst af mun í áferð og útliti – safi og mýkt (vinstra megin á mynd) og hvítum útfellingum og lit (hægra megin á

mynd). Annar höfuðþáttur skýrir 14% af breytileikanum sem skýrist helst af mun í lit (efst á mynd) og gulum lit á vökva sem og fitudropum í vatni (neðst á mynd).

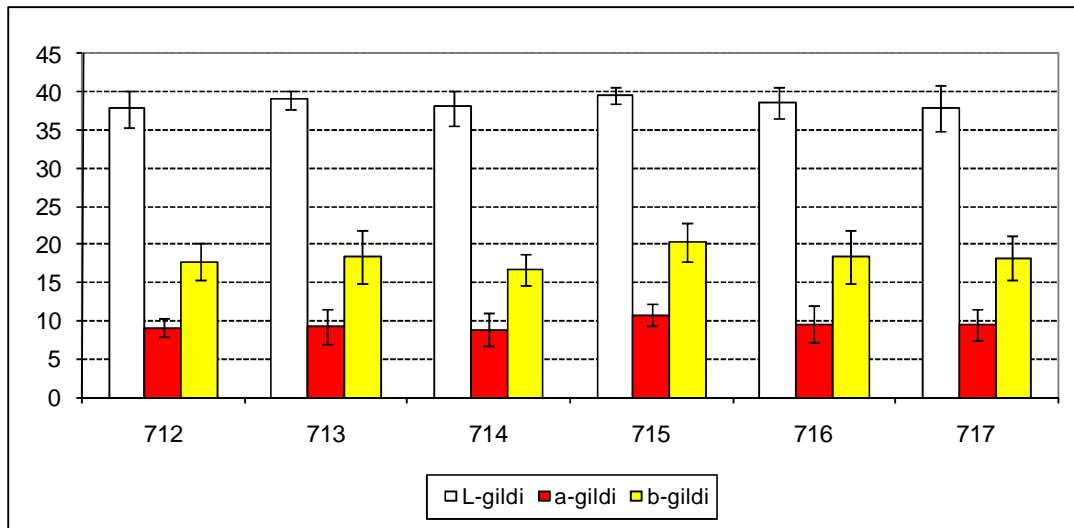
Hópar P35,9% og P45,5% skera sig mjög frá öðrum hópum, og sá munur er helst hvítar útfellingar og minni safi en aðrir hópar. Þessi sýni eru einnig dekkri (appelsínugulari) en aðrir hópar ef frá er skilinn P42,6% sem einnig einkennist mjög af dekkri lit. Hóparnir voru einnig skoðaðir án hópa P35,9% og P45,5% þar sem þeir skáru sig svo mjög úr og voru metnir daginn eftir að hinir hóparnir voru metnir. Það breytti engu um niðurstöður skynmatsins.



Mynd 36.: Höfuðþáttgreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Scores (hópar P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%.) og loadings (skynmatsþættir).

Litmælingar 1050+g bleikja

Ekki reyndist marktækur munur á hópum í lit.



Mynd 37. Litmælingar á hópum P34,7%, P35,9%, P38,1%, P42,6%, P45,5% og P49,2%; L-gildi = dökkur/ljós litur; a-gildi = rauður litur; b-gildi = gulur litur (númer fódurgerða á x-ás svara til sömu raðar í % próteins í texta).

Umræður.

Efnainnihald fódurs.

Fódurgerðirnar innihalda hærra próteinhlutfall en ætlað var samkvæmt forskrift og á móti er fituinnihaldið nokkuð lægra. Ýmsar skýringar geta verið á þessu, svo sem smávægileg skekkja í blöndun fódursins, skekkja í efnagreiningum eða frávik í uppgefnu efnainnihaldi hráefnis. Til dæmis hefur hærra próteininnihald hveitis en ætlað var, meiri áhrif á heildar próteinhlutfall fódurs þar sem meira er notað af hveitinu, sem eru einmitt fódurgerðirnar með lægra próteinhlutfallinu.

Þetta frávik leiðir til þess að próteinþörfin hjá vaxtarhópunum öllum er skoðuð á þrengra bili en ætlað var (34,7-49,2 %CP í stað 29-49 %CP). Hjá smæsta fiskinum hefur það ekki afgerandi áhrif því lágmarks próteinþörfin er innan þess bils. Hjá stærri fiskinum

kemur hinsvegar ekki fram mælanlegur munur í vexti hvort heldur fiskurinn fær 49,2% prótein í fóðrinu eða 34,7%. Því hefur ekki tekist að finna með afgerandi hætti hvert lágmarks próteinhlutfall þarf að vera í fóðri fyrir stærri bleikju (> 92 g), áður en það hefur áhrif á vöxt.

Vöxtur bleikju og próteinþörf.

Pungi fisksins meira en tvöfaldaðist í öllum vaxtarlotum verkefnisins.

Dagvöxtur fiskanna í öllum vaxtarlotunum er alla jafna býsna góður. Hjá frumfóðrunarseiðunum mælist hann lægstur ríflega 3% en hæstur um 5% að meðaltali yfir 4 mánaða tímabil við hitann 7-12°C, stig vaxandi með stækkun seiðanna. Líklega er hann þó talsvert vanmetinn í raun þar sem vaxtarlotan hófst á kviðpokastigi áður en seiðin voru almennilega búin að læra átið. Það má greina á auknum vaxtarviðbrögðum frá og með öðrum mælidegi þegar vöxtur seiðanna eru kominn vel á skrið.

Á stærðarbilinu 5,7-12 g er dagvöxturinn á bilinu 1,25- 1,5% sem er lakari vöxtur en búast má við hjá fiski af þessari stærð við þennan hita (10-12°C). Ekki kemur fram munur þrátt fyrir mis mikið próteinhlutfall í fóðri. Möguleg skýring á heldur slökum vexti gæti legið í þrengslum í rýminu, þ.e. að fiskurinn var orðinn hlutfallslega stór miðað við þvermál eldiseininganna, þrátt fyrir að heildar lífmassinn sé ekki mjög hár (ca. 50-60 kg/m³). Einnig er vaxtarlotan stutt og því vegur aðlögunartíminn að umhverfisþáttum tiltölulega mikið inn í útreikningana.

Dagvöxtur fiskanna í vaxtarlotunum tveimur (32-90g og 90-240 g) sem voru framkvæmdar í 120 lítra eldiseiningunum verður að teljast góður. Ekki koma fram áhrif af ólíku próteinhlutfalli á dagvöxtinn í þessum vaxtarlotum. Í smærri hópnum er dagvöxturinn um 1,2% að meðaltali, sem er svipað og vænta má fyrir fisk af þessari stærð við hitann 7,5-9,5 (Jobling et al. 1993, Johnston, G. 2002). Athyglisvert er að dagvöxturinn hjá fiskinum í vaxtarlotunni fyrir 90-240 g fiskinn er mjög góður (um 1,6%), samanborið við útgefnar vaxtartöflur (Johnston, G. 2002), raunar betri en hjá stærðarflokknum þar fyrir neðan, þrátt fyrir nokkuð sambærilegar eldisaðstæður. Hugsanleg skýring gæti verið að vaxtarlota fyrir smærri fiskinn fer fram um vetur meðan stærri hópurinn var alinn að sumri. Slíkar innbyggðar vaxtarsveiflur eru þekktar hjá bleikju þrátt fyrir stöðugar umhverfisaðstæður (Sæther et al. 1996).

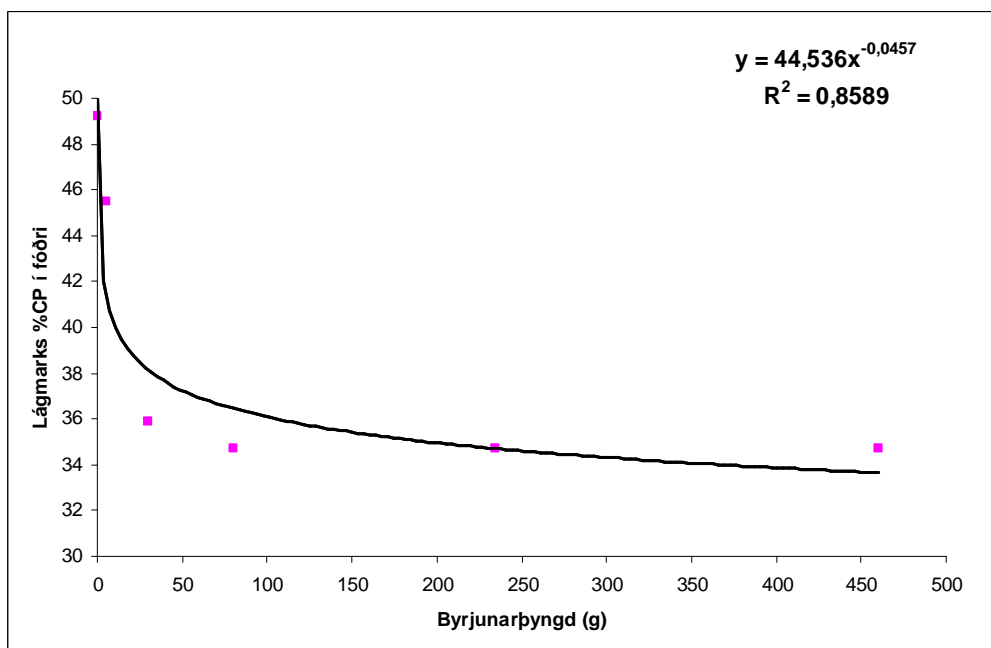
Fiskurinn í tveimur stærstu vaxtarlotunum er einnig að vaxa mjög vel, sé miðað við vaxtartöflur (Johnston, G. 2002). Vöxturinn er sambærilegur milli allra meðferðarhópa. Dagvöxtur 230-690 g fisksins er tæplega 1% en rúmlega 1% fyrir 460-1050 g fiskinn. Ekki er óeðlilegt að smærri fiskurinn vaxi hægar enda haldinn við nokkuð lægri hita yfir vaxtartímabilið en stærri fiskurinn.

Dagvöxtur 300-600g bleikju í saltvatni mælist á bilinu 0,6-0,7% og ekki mælist munur milli meferða. Þessi vaxtarhraði er í samræmi við það sem vænta má af vaxtartöflum (Johnston, G. 2002) fyrir fisk á þessu stærðarbili við 8°C.

Efnaskiptahraði og vaxtarhraði fiska er einkum háður fiskstærð og hitastigi vatnsins. Hjá fisklirfum á frumfóðurstigi og smáseiðum er hann sérlega hár. Við hraðan vöxt fer fram mikil nýmyndun próteina, einkum í vöðvum. Niðurstöður þessara tilrauna styðja þetta. Hjá frumfóðrunarseiðum og smáseiðum frá 5-12 g þyngd koma fram áhrif próteinhlutfalls í fóðri á vöxtinn. Niðurstöðurnar benda til að 45-49% CP í fóðri sé mikilvægt til að smáseiði geti nýtt vaxtargetu sína til fullnustu. Við lægra próteininnihald dregur úr vexti hjá seiðum undir 10 g að þyngd. Niðurstöður þessara vaxartilrauna eru dregnar saman í Mynd 38. Þar sem lágmarks próteinþörf, sem ekki hefur áhrif á vöx, er dregin upp á móti upphafsþyngd í hverri vaxtarlotu. Samkvæmt niðurstöðunum virðist lágmarks próteinþörf í fóðri fyrir bleikju falla býsna skarplega nokkuð snemma á seiðastigi. Próteinþörf frumfóðrunarseiða og smáseiða (5-12 g) er einhverstaðar á bilinu 45-49%. Ef próteininnihaldið í fóðrinu er lægra en það dregur úr vextinum. Þegar seiði hafa náð 30- 90 g þyngd virðist lágmarks próteinþörf í fóðri hafa fallið niður í a.m.k. 35-35,9% því ekki kemur fram marktækur munur á vexti meðferðarhópanna eftir fóðrun með fóðri með ólíku próteininnihaldi. Sama gildir um stærri fisk. Niðurstöðurnar benda til að lágmarks próteininnihald í fóðri fyrir bleikju sem náð hefur ca 90 g sé lægra en 34,7% CP, sem var próteinsnauðasta fóðrið sem hér var reynt.

Því er þörf fyrir hátt próteinhlutfall í fóðri fyrir smáfisk en síðan dragi úr henni með aukinni fiskstærð. Þetta er í samræmi við það sem fundið hefur verið fyrir Lax (Bendiksen, Johansen, Campbell, Reynolds, & Jobling, 2005), ýsu (NRC, 1993), lúðu (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000; Grisdale-Helland & Helland, 2002; Arnason et al. 2009a) og þorsk (Arnason et al 2009 b).

Í öllum vaxtarlotunum var fiskurinn fódraður til mettunar og rúmlega það. Þrátt fyrir yfirfóðrun tekst seiðunum ekki að uppfylla próteinþörfina með því að éta meira fóður. Hvað takmarkar það? Líklega eru takmarkanir á átgetu og/eða meltingarstarfsemi seiðanna sem koma í veg fyrir að þau nái að vinna nægilegt prótein úr fæðunni til hámarks vaxtar. Einnig má vera að fiskurinn stýri fódurtöku sinni ekki aðeins út frá próteinþörfinni heldur einnig út frá orkuþörfinni. Þannig takmarkist átlystin af því að fiskurinn sé búinn að éta nægilega orku án þess að þörfin fyrir prótein hafi verið uppfyllt.



Mynd 38: Samband fiskstærðar og lágmarks próteins í fóðri fyrir bleikju, áður en styrkur þess fer að draga mælanlega úr vexti.

Samband próteininnihalds í fóðri á prótein- og amínósýru samsetningu í fiski.

Hjá tveimur smæstu hópunum (0-3 og 5-10g) má sjá nokkra fylgni milli próteininnihalds í fóðri og fiski sem sést á að aukið prótein í fóðri leiðir til aukins próteininnihalds í fiski (mynd 23 & 24). Þegar bleikjan er komin í 30 g og þar yfir er ekki hægt að greina sérstök áhrif próteininnihalds í fóðri á próteininnihald í fiski. Það er enn ein vísbendingin um að

smáfiskinum tekst ekki að fullnægja próteinþörf sinni með því að éta meira fóður ef próteinhlutfallið í fóðrinu er neðan ákveðinna marka. Þau virðast liggja einhverstaðar í námunda við 45-49% próteinhlutfall fyrir fisk að ca 10 g þyngd.

Sé lítið á A/E - hlutall einstaka lífsnauðsynlegra amínósýra innan hvernar fiskstærðar, sést að það breytist alla jafna lítið í fiskholdinu þrátt fyrir mismunandi próteinhlutfall í fóðrinu. Á því eru þó undantekningar, einkum varðandi lysine, leucine og valine. Ef stærðarflokkarnir eru bornir saman sést að í sumum tilvikum breytist A/E- hlutfallið nokkuð, einkum uppávið fyrir flestar lífsnauðsynlegar amínósýrur. Þó virðist sem arginine hlutfallið lækki með stærð. Við þennan samanburð er vert að hafa í huga að tveir smærri hóparnir eru heilfiskur meðan greiningin var á flökum stærsta fisksins. Hlutfallslegt magn (g/100g) lífsnauðsynlegra amínósýra af heildarþunga amínósýra hækkar lítillega efri því sem fiskurinn stækkar (úr 0,5-0,51-0,53), og einstakar amínósýrur vega þar meira en aðrar. Erfitt er að túlka þessi gögn með óyggjandi hætti en þróunin í hlutfallinu fyrir einstakar amínósýrur er athyglisverð. Getur verið að E/A- hlutfallið sé lægra í smáfiski vegna meiri þarfar fyrir orku eða að þær séu notaðar til ummyndunar í aðrar amínósýrur, við hraðan vöxt smáseiðanna?

Fóðurstuðull og próteinnýting.

Fóðurstuðull hjá 230-690 g bleikju í ferskvatni er lágur, í öllum eldiseiningum undir 1,0 og nokkuð gott samræmi milli endurtekninga hvernar meðferðar. Fiskurinn hefur því nýtt fóðrið vel til vaxtar og ekki teljandi áhrif af ólíku próteinhlutfalli í fóðrinu. Fóðurstuðullinn stefnir heldur niðurávið með hækkandi próteinhlutfalli í fóðri.

Hjá 460-1050 g fiskinum er fóðurstuðullinn heldur hærri en hjá stærðarflokknum þar fyrir neðan. Jafnframt má sjá að fóðurstuðullinn fer heldur lækkandi með hækkandi próteinhlutfalli í fóðrinu. Ekki er óeðlilegt að nokkuð meira fóður (orku) þurfi til að þyngja stærri fisk en smærri, enda hækkar jafnan fituhlutfallið eftir því sem fiskurinn stækkar.

Niðurstöður fyrir mat á fóðurstuðli bleikju í saltvatnsloftunni eru aðeins frábrugðnar því sem fram kemur fyrir bleikju í ferskvatninu og oft talsverður munur milli endurtekninga, sem eru aðeins tvær, sem rýrir gildi niðurstöðunnar. Vert er að nefna að framkvæmd

söfnunar á umframfóðri er með öðrum og ófullkomnari hætti en fyrir bleikjuna í ferskvatninu auk þess sem eldisaðstæður eru ekki sambærilegar. Ekki er ósennilegt að eitthvað af umfram fóðri hafi sloppið framhjá fóðurgildru og því fáist ekki nægilega nákvæmt mat á étið fóður. Aðlögun að seltu og sveiflur í seltu eru einnig líkleg til að hafa áhrif á fóðurtökuna, sem mundi endurspeglast í hækkuðum fóðurstuðli. Vaxtarlotan var framkvæmd á miðjum vetri og því ekki náttúrulegt fyrir bleikju að vera í söltu vatni á stöðugri langri ljóslotu. Líklega hefur það haft truflandi áhrif á fóðurtökuna og vöxtinn.

Í vaxtarlotunni í saltvatninu voru notaðir einstaklingsmerktir fiskar og því hægt að meta vöxt hvers og eins þó sama sé ekki hægt að segja um fóðurstuðulinn. Berlega kom í ljós að einstaka fiskar áttu í vandræðum með seltuna og uxu ekkert heldur léttust á tilraunatímanum. Þeir voru teknir út úr gögnum um mat á vexti og fóðurstuðli. Þrátt fyrir að fjöldi slíkra fiska hafi verið sambærilegur milli meðferða (4-8 stykki) og ættu því ekki að hafa markverð áhrif á þróun heildar lífmassa í hverri einingu sýnir það þó að fiskarnir urðu í einhverjum mæli fyrir áhrifum af seltunni.

Próteinnýting (PER) og varðveisla próteins í fiskholdinu (PPV) var metin hjá tveimur stærstu meðferðarhópunum. Berlega kemur fram að fiskurinn nýtir próteinið betur til vaxtar og varðveitir það betur í vefjunum eftir því sem það er af skornari skammti í fóðrinu. Það eru ekki óvænt viðbrögð. Áhugavert væri að reyna að meta þessa þætti hjá mun smærri fiski þó nákvæmt mat á fóðurtöku sé erfitt. Þannig fengist kannski gleggri mynd á samspilið milli mikillar kröfu um hátt próteinhlutfall í fóðrinu og próteinnýtingarinnar, en einkum varðveislunnar (PPV). Hvað er það sem takmarkar varðveislu próteins í vöðvavef?

Niðurstöður skynmats

Samantekt skynmats 660 g bleikju

Samantekt um skynmat á 660 g bleikju bendir til að próteinmagn í fóðri skipti máli fyrir skynmatsgæði afurðarinnar. Greinilegt var að með auknu próteinmagni (yfir 40%) fékkst safaríkari og meyrari afurð. Að auki voru fitudropar í vatni minni og færri með auknu próteininnihaldi fóðurs.

Samantekt skynmats 1050+ g bleikju.

Svo virðist sem próteinmagn í fódri hafi ekki haft nein afgerandi áhrif á skynmatseiginleika bleikjunnar í þessari tilraun. Tvö sýni (P35,9% og P45,5%) skera sig hinsvegar frá öðrum sýnum, sérstaklega hvað varðar áferðaeiginleika. Þessi tvö sýni voru metin saman, daginn eftir að hin sýnin fjögur voru metin og því geymd degi lengur en hin. Ef það er raunverulegur munur á skynmatseiginleikum bleikju eftir próteinmagni í fódri, hefði það átt að koma fram í hópunum fjórum sem metnir voru sama daginn. Í þeim hópum voru hæstu og lægstu gildi, sem og miðgildi próteinmagns í fódri. Milli þeirra fjögurra hópa kom hinsvegar ekki fram neinn munur nema í lit. Litmælingar í hráum flökum sýndu samt sem áður ekki fram á mun.

Á heildina litið virðast áhrif mismunandi próteinhlutfalls í fódri á flesta skynmatseiginlega vera lítilfjörleg og ekki líkleg til að hafa eitthvert sérstakt vægi fyrir neytendur. Því ætti lækking á próteini í fódri ekki að hafa neikvæð áhrif á markaði eða sölu á bleikju.

Lokaorð.

Mikilvægustu niðurstöður þessarar tilraunar eru þær að bleikja virðist vaxa álíka vel á 34,7% próteini í fódri og á 49,2% próteini, eftir að ca 90 g þyngd er náð. Algengasta próteinhlutfall í fódri við matfiskeldi á bleikju hér á landi hefur undanfarið verið um 42,5%. Því er ljóst að tækifæri er til að minnka próteinið í fóðrinu verulega og lækka þar með fóðurkostnaðinn umtalsvert. Við núverandi verð (haust 2009) á fóðurhráefnum má gera ráð fyrir að hráefnaverð lækki um 1.4% fyrir hverja prósenteyningu sem prótein er lækkað í fódri. Þannig má reikna með að niðurstöður verkefnisins geti leitt a.m.k. til um 11% lækkunar á hráefniskostnaði við að lækka prótein hlutfall fyrir bleikju frá 100 gramma þyngd úr 42.5% í 34.7%. Niðurstöðurnar benda til að lágmarks próteinþörf kunní að liggja enn neðar er lægsta próteinhlutfall í fódri var í þessari tilraun. Þörf er á að greina það nánar. Jafnframt er mikilvægt að kanna nánar hvort próteinþörfin og fóðurnýtingin sé sambærileg hjá bleikju í söltu og fersku vatni.

Þakkarorð.

Vert er að þakka þeim fjölmörgu sem komu að undirbúningi og framkvæmd þessarar tilraunar. Þar má nefna starfsmenn Laxár h/f sem sáu um framleiðslu á fóðrinu, starfsmenn Hólaskóla sem sáu um daglega umhirðu á fiskinum og starfsmenn Matís ohf. sem komu að efnagreiningum. Sérstakar þakkir fá Guðmundur Björnsson, Hörður Jónsson, Arnþór Gústafsson, Elsa Jónsdóttir, Ingólfur Arnarson og Einar Svavarsson fyrir hjálp við mælingar á vexti og fóðurtöku. Helgi Thorarensen aðstoðaði við tölfræðiúrvinnslu og gerði uppbyggjandi athugasemdir. Juliet Nattabi Kigongo kom að framkvæmd hluta tilraunarinnar, og er hennar minnst með hlýju.

Loks er AVS- rannsóknarsjóði í sjávarútvegi þakka styrktarframlag til verkefnisins, og Páli G. Pálssyni fyrir samskiptin.

Heimildaskrá

1. Arzel, Jacqueline, Robert Métailler, Christophe Kerleguer, Hervé Le Delliou & Jean Guillaume. 1996. The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. *Aquaculture*, Volume 130, Issue 1, 1 February 1995, pp 67-78
2. [Atkinson](#), J.L., Hilton, J.W. and Slinger, S.J., 1984. Evaluation of acid-insoluble ash as an indicator of feed digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **41**, pp. 1384–1386
3. [Austreng](#), E., 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* **13**, pp. 265–272.
4. Azevedo, P. A. , S. Leeson , C. Y. Cho & D. P. Bureau. 2004. Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects *Aquaculture*, Vol. 234, Issues 1-4, 3. 2004, pp 393-414
5. Bailey, J. & Alanärä, A., 2006 Digestible energy need (DEN) of selected farmed fish species. *Aquaculture* Vol. 251; 2006. pp 438-455.
6. Bendiksen, E. Å. , O. K. Berg, M. Jobling, A. M. Arnesen and K. Måsøval. 2003. Digestibility, growth and nutrient utilisation of Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) in relation to temperature, feed fat content and oil source. *Aquaculture* ;Vol 224, Issues 1-4 , 30 June 2003, pp 283-299
7. Bendiksen E.Å., Johansen J., Campbell P., Reynolds P., & Jobling M. (2005) Effects of low protein feed on growth, feed utilisation and flesh quality in farmed Atlantic salmon. *European Aquaculture Society Special Publication* no. **35**, p. 129-130. *Aquaculture Europe* 2005. Optimising the Future
8. Bjarni Jónasson, Ólafur Sigurgeirsson, Jón Árnason & Rannveig Björnsdóttir. 2006. Lækkun fóðurkostnaðar í bleikjueldi”, *Ægir*, 2006, 7. tbl. Bls 30-32.
9. [Buddington](#), R.K., 1980. Hydrolysis-resistant organic matter as a references for measurement of digestive efficiency. *Transaction of the American Fisheries Society* **106**, pp. 653–656.
10. Børresen, T. 1980. Nyutviklete metoder for bestemmelse av vannbindingsevne, saltvannbindingsevne og koketap í fiskemuskel. Rapport no 663. 1-7-2. 36 pp. Fiskeriteknologisk Forskningsinstitutt, Trondheim, Norway.
11. Cameron, C., Gurure, R., Reddy, K., Mocchia, R., & Leatherland, J. 2002. Correlation between dietary lipid:protein ratios and plasma growth and thyroid hormone levels in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 2002, 33, pp383-394.

12. [Cho](#), C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T., 1985. Methodological approaches to research and development. In: Cho, C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T., Editors, 1985. *Finfish Nutrition in Asia*, IDRC, Ottawa, Canada, pp. 10–80.
13. [Choubert](#), G., De La Noüe Jr., J. and Luquet, P., 1982. Digestibility in fish: improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture* **29**, pp. 185–189.
14. [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
15. Grisdale-Helland B. & Helland S. J. (2002) Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. In: Webster, C.D., Lim, C. (Eds.), *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 103-112.
16. Hertrampf J.W. & Piedad-Pascual F. (2000) *Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds*. Kluwer Academic. Dordrecht, The Netherlands.
17. Helland S. J. B. Grisdale-Helland, S. Nerland., 1996. A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture* **138**, pp 157-163.
18. Hillestad, Marie & Freddy Johnsen. 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture*, Vol. 124, Issues 1-4, July 1994, pp 109-116
19. Hootman RC. 1992. Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation. Philadelphia: ASTM. p 52
20. 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.
21. Jobling, M & Wandsvik, A. 1983. Quantitative protein requirements of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) *J. Fish Biol.* **22**: 705-712
22. Jobling, M., Jørgensen, E.H., Arnesen, A.M. and Ringø, E. (1993) Feeding, growth and environmental requirements of Arctic charr: A review of aquaculture potential. *Aquaculture International* **1**, 20–46.
23. Johnston, G. 2002. *Arctic Charr Aquaculture*. Blackwell Publishing. 272 p.
24. Jón Árnason Albert K. Imsland, Arnþór Gústavsson, Snorri Gunnarsson, Ingólfur Arnarson, Hlynur Reynisson, Arnar F. Jónsson, Heiðdís Smáradóttir and Helgi Thorarensen 2009. Optimum

- feed formulation for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.): minimum protein content in diet for maximum growth. *Aquaculture* xxxxxx
25. Jón Árnason, Rannveig Björnsdóttir, Ingólfur Arnarsson, Guðbjörg Stella Árnadóttir, and Helgi Thorarensen 2009. Protein requirements of Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Aquaculture Research* (In press)
 26. [Kim et al., 1991](#) K.-I. Kim, T. Kayes and C.H. Amundson, Purified diet development and re-evaluation of the dietary protein requirement of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture* **96** (1991), pp. 57–67.
 27. Kristín Halldórsdóttir & Ólafur Guðmundsson 1993. Meltanleikarannsóknir hjá bleikju. Ráðanautafundur 1993, bls. 284-294.
 28. Krogdahl, Åshild, Anne Sundby and Jan J. Olli, 2004. Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently. Effects of water salinity and dietary starch level *Aquaculture*, Vol. 229, Issues 1-4, 12 January 2004, pp 335-360
 29. [Krogdahl](#), A., Nordrum, S., Sørensen, M., Brudeseth, L. and Røsjø, C., 1999. Effects of diet composition on apparent nutrient absorption along the intestinal tract and of subsequent fasting on mucosal disaccharidase activities and plasma nutrient concentration in Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture Nutrition* **5**, pp. 121–133.
 30. [Lied](#), K., Julshamn, K. and Braekkan, O.R., 1982. Determination of protein digestibility in Atlantic cod *Gadus morhua* with internal and external indicators. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **39**, pp. 854–861.
 31. NRC (National Research Council), (1993) Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington, DC.
 32. 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.
 33. [Percival](#), S.B., Lee, P.S. and Carter, C.G., 2001. Validation of a technique for determining apparent digestibility in large (up to 5 kg) Atlantic salmon *Salmo salar* L. in seawater. *Aquaculture* **201** 3-4, pp. 315–327.
 34. Rasmussen, Richard Skøtt and Torsten Harald Ostfeld. 2000. Effect of growth rate on quality traits and feed utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) *Aquaculture*, Volume 184, Issues 3-4, 17 April 2000, 327-337
 35. Skúli Skúlason, Ólafur Guðmundsson & Ólafur Guðmundsson. 1993a. Fóður, vöxtur og gæði bleikju. *Eldisfréttir* 9(1):16-20.
 36. Stone H, Sidel JL, 1985. Sensory evaluation practices. Orlando, Fla.: Academic press, Inc. 311p.

37. Sæther, B.S., Johnsen, H.K. and Jobling, M. (1996) Seasonal changes in food consumption and growth of Arctic charr exposed to either simulated natural or a 12:12 LD photoperiod at constant water temperature. *Journal of Fish Biology* **48**, 1113–1122.
38. Tabachek, J.L. 1986. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J.Fish Biol.* (1986) 29, 139-151.
39. 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
40. [Takeuchi et al., 1978](#) T. Takeuchi, M. Yokoyama, T. Watanabe and C. Ogino, Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout, *Nippon Suisan Gakkaishi* **44** (1978), pp. 729–732.
41. 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.
42. [Windell](#), J.T., Foltz, J.W. and Sarokan, J.A., 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *Progressive Fish Culturist* **49**, pp. 51–55.

Viðauki.

Tafla 1: Efnainnihald í fóðri og smáseiðum.

Fóður nr.	Fóður			0 - 3g heill fiskur					Í þe		
	In DM			As is					Prótein (%)	% Fita	Aska (%)
	Crude protein %	Fita %	Aska %	Vatn (%)	Þurrefni%	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)
712	37,1	27,4	8,2	72,3	27,7	13,3	12,0	1,7	48,2	43,5	6,1
713	38,6	27,5	8,1	71,9	28,1	12,9	12,8	1,7	45,9	45,4	6,1
714	40,8	25,5	8,4	72,5	27,5	13,3	11,5	1,8	48,4	41,7	6,5
715	45,5	25,1	9,0	72,4	27,6	13,4	11,4	2,1	48,6	41,3	7,6
716	48,4	24,4	9,5	73,3	26,7	14,2	10,4	2,1	53,2	38,8	7,9
717	52,3	23,2	10,4	74,4	25,6	14,1	9,1	2,1	55,1	35,3	8,2
Upph. Gildi = kviðpokaseiði				76,0	24,0	13,9	1,6	1,6	57,9	6,6	6,8

Tafla 2.: Efnainnihald í fóðri og smáseiðum 5-10 g

Fóður				0 - 3g heill fiskur							
	In DM			As is					Í þe		
	Crude protein %	Fita %	Aska %	Vatn (%)	Þurrefni%	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)
	37,1	27,4	8,2	72,3	27,7	13,3	12,0	1,7	48,2	43,5	6,1
	38,6	27,5	8,1	71,9	28,1	12,9	12,8	1,7	45,9	45,4	6,1
	40,8	25,5	8,4	72,5	27,5	13,3	11,5	1,8	48,4	41,7	6,5
	45,5	25,1	9,0	72,4	27,6	13,4	11,4	2,1	48,6	41,3	7,6
	48,4	24,4	9,5	73,3	26,7	14,2	10,4	2,1	53,2	38,8	7,9
	52,3	23,2	10,4	74,4	25,6	14,1	9,1	2,1	55,1	35,3	8,2
Upph. Gildi = kviðpokaseiði				76,0	24,0	13,9	1,6	1,6	57,9	6,6	6,8

Tafla 3: Efnainnihald í fóðri og seiðum 30-90 g.

Fóður			Fiskur 30-90 g							
In DM			Whole fish					In DM		
Crude protein %	Lipid %	Ash %	Water %	Dry matter %	Crude protein %	Lipid %	Ash %	Crude protein %	Lipid %	Ash %
37,1	27,4	8,2	70,5	29,5	16,1	11,8	1,9	54,4	39,9	6,3
38,6	27,5	8,1	69,9	30,1	16,0	11,8	1,9	53,2	39,4	6,2
40,8	25,5	8,4	70,3	29,7	16,2	11,4	1,8	54,6	38,4	6,1
45,5	25,1	9,0	70,6	29,4	16,2	11,3	1,9	55,1	38,4	6,5
48,4	24,4	9,5	70,8	29,2	16,3	10,5	1,8	55,7	36,1	6,3
52,3	23,2	10,4	70,9	29,1	16,3	10,5	1,7	55,9	36,1	5,7
Upphafsgildi			73,8	26,2	17,0	7,2	2,0	64,9	27,3	7,4

Tafla4: Efnainnihald í fóðri og fiski 90-200 g

Feed			fiskur 90 - 200 g							
In DM			As is					Í þe		
Crude protein %	Lipid %	Ash %	Vatn (%)	Þurrefni %	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)	Prótein (%)	% Fita	Aska (%)
37,1	27,4	8,2	67,05	32,95	16,18	14,40	1,64	49,11	43,70	4,98
38,6	27,5	8,1	66,32	33,68	15,01	16,43	1,15	44,57	48,79	3,42
40,8	25,5	8,4	69,72	30,28	15,77	13,30	1,21	52,09	43,92	4,01
45,5	25,1	9,0	68,00	32,00	15,93	13,43	1,76	49,78	41,94	5,49
48,4	24,4	9,5	68,70	31,30	15,61	13,36	1,58	49,88	42,68	5,06
52,3	23,2	10,4	70,71	29,29	15,75	11,36	1,63	53,78	38,78	5,58
Upph gildi			70,70	29,30	15,09	11,20	1,93	51,49	38,23	6,59

Tafla 5: Efnainnihald í fóðri og flökum af 660 g fiski

		Flök af 660 g fiski									
In DM			As is						In DM		
Crude protein %	Lipid %	Ash %	Water %	Dry matter %	Crude protein %	Lipid %	Ash %	Water holding cap. %	Crude protein %	Lipid %	Ash %
37,1	27,4	8,2	66,8	33,2	17,6	14,6	1,5	84,7	53,0	43,9	4,4
38,6	27,5	8,1	66,9	33,1	17,7	14,4	1,2	93,0	53,5	43,6	3,7
40,8	25,5	8,4	66,9	33,1	17,6	14,3	1,3	88,2	53,3	43,3	3,9
45,5	25,1	9,0	66,9	33,1	17,7	14,4	1,2	92,5	53,6	43,5	3,7
48,4	24,4	9,5	68,5	31,5	18,1	12,6	1,3	92,9	57,3	40,0	4,1
52,3	23,2	10,4	67,6	32,4	17,9	13,6	1,3	88,3	55,3	42,0	4,1
	Upphafsgildi		71,3	28,7	18,5	9,5	1,3	91,8	64,5	33,1	4,5

Tafla 6: Efnainnihald í fóðri og flökum af 1+ kg fiski

		Flök af ca 1000 g fiski									
Feed			Filet								
In DM			As is						In DM		
Crude protein %	Lipid %	Ash %	Vatn	DM	Prótein (Nx6.25)	Fita (Soxhlet)	Aska	Vatns heldni	Prótein (Nx6.25)	Fita (Soxhlet)	Aska
37,1	27,4	8,2	65,6	34,4	17,7	15,3	1,4	92,5	51,5	44,5	4,1
38,6	27,5	8,1	64,8	35,2	17,7	16,5	1,4	94,6	50,3	46,9	4,0
40,8	25,5	8,4	66,6	33,4	18	14,2	1,4	92,3	53,9	42,5	4,2
45,5	25,1	9,0	65	35	17,5	16,1	1,4	95,5	50,0	46,0	4,0
48,4	24,4	9,5	65,2	34,8	17,7	16,2	1,1	93,5	50,9	46,6	3,2
52,3	23,2	10,4	65	35	18,1	15,8	1,1	96,4	51,7	45,1	3,1
	Upphafsgildi		70,5	28,5	18,5	9,8	1,4	91,4	63,5	33,6	4,6

Tafla 7: Amínósýruinnihald í tilraunafóðri (g/100 g fóðurs) og hlutfall einstakra amínósýra í próteinhluta fóðursins

Fóðurgerð- %CP	712-34,7%		713-35,9%		714-38,1%		715-42,6%		716-45,5%		717-49,2%	
	g/100g	% í prót.	g/100g	% í prót.	g/100g	% í prót.	g/100g	% í prót.	g/100g	% í prót.	g/100g	% í prót.
Aspartic acid	2,48	7,15%	2,64	7,35%	2,97	7,80%	3,46	8,12%	3,87	8,51%	4,3	8,74%
Glutamic acid	4,91	14,15%	5,16	14,37%	5,54	14,54%	6,3	14,79%	6,77	14,88%	7,23	14,70%
Hydroxy proline	0,22	0,63%	0,23	0,64%	0,26	0,68%	0,28	0,66%	0,3	0,66%	0,34	0,69%
Serine	1,52	4,38%	1,52	4,23%	1,65	4,33%	1,92	4,51%	1,99	4,37%	2,07	4,21%
Glycine	1,92	5,53%	1,95	5,43%	2,14	5,62%	2,41	5,66%	2,56	5,63%	2,77	5,63%
Hisidine	0,7	2,02%	0,7	1,95%	0,77	2,02%	0,89	2,09%	0,94	2,07%	0,98	1,99%
Arginine	2,04	5,88%	2,07	5,77%	2,26	5,93%	2,57	6,03%	2,73	6,00%	2,91	5,91%
Threonine	1,44	4,15%	1,45	4,04%	1,6	4,20%	1,81	4,25%	1,94	4,26%	2,06	4,19%
Alanine	1,87	5,39%	1,95	5,43%	2,1	5,51%	2,4	5,63%	2,54	5,58%	2,69	5,47%
Proline	1,73	4,99%	1,74	4,85%	1,81	4,75%	1,97	4,62%	2,01	4,42%	2,09	4,25%
Tyrosine	1,08	3,11%	1,05	2,92%	1,11	2,91%	1,26	2,96%	1,33	2,92%	1,39	2,83%
Valine	1,66	4,78%	1,69	4,71%	1,84	4,83%	2,07	4,86%	2,19	4,81%	2,34	4,76%
Metionine	0,98	2,82%	0,99	2,76%	1,09	2,86%	1,22	2,86%	1,32	2,90%	1,42	2,89%
Iso leucine	1,38	3,98%	1,4	3,90%	1,52	3,99%	1,71	4,01%	1,81	3,98%	1,94	3,94%
Leucine	2,77	7,98%	2,76	7,69%	2,98	7,82%	3,32	7,79%	3,46	7,60%	3,66	7,44%
Phenyl alanine	1,43	4,12%	1,41	3,93%	1,53	4,02%	1,71	4,01%	1,76	3,87%	1,87	3,80%
Lysine	2,18	6,28%	2,3	6,41%	2,55	6,69%	2,98	7,00%	3,31	7,27%	3,59	7,30%
Sum AA	30,31	87,35%	31,01	86,38%	33,72	88,50%	38,28	89,86%	40,83	89,74%	43,65	88,72%

