



**Auðlindadeild**

**2006**

**Þurrfóður fyrir sæeyru**

**Bjarni Eiríksson**

**Lokaverkefni við sjávarútvegsfræðibraut**



## Samningur milli nemenda Háskólans á Akureyri og bókasafns háskólans um meðferð lokaverkefna

Ég undirritaður,.....nemandi við Háskólann á Akureyri afhendi hér með bókasafni háskólans þrjú eintök af lokaverkefni mínu, eitt prentað og innbundið, annað prentað og óinnbundið og það þriðja á geisladiski.

.....

Prentuð eintök:

Lokaverkefnið er lokað  til \_\_\_\_\_

---

**Ef lokaverkefnið er opið er bókasafninu heimilt að:**

- já      nei
- lána það út til nemenda eða kennara HA
- lána það út til utanaðkomandi aðila
- lána það til lestrar á staðnum
- 

**Ef lokaverkefnið er opið er heimilt:**

- já      nei
- að vitna til þess í ræðu og riti
- að vitna til þess í ræðu og riti að fengnu samþykki mínu í hverju tilviki
- 

**Ef lokaverkefnið er opið er heimilt:**

- já      nei
- að ljósrita takmarkaða hluta þess til eigin nota
- að ljósrita tiltekna hluta þess að fengnu samþykki mínu í hverju tilviki
- 

- já      nei
- Bókasafninu er heimilt að ljósrita lokaverkefnið til viðhalds á snjáðum eintökum sínum, þó aldrei svo að það eigi fleiri en tvö eintök í senn
-

Stafrænt eintak:

Lokaverkefnið er lokað  til \_\_\_\_\_

**Þó að lokaverkefnið sé lokað er bókasafninu heimilt að leyfa aðgang á vefnum að:**

- já      nei
- efnisyfirliti
- útdrætti
- heimildaskrá

---

**Lokaverkefnið er opið og bókasafninu heimilt að:**

- já      nei
- bjóða opinn aðgang að því á vefnum í heild sinni til allra
- bjóða aðeins aðgang að því af staðarneti háskólans
- leyfa fjarnemum og starfsmönnum háskólans aðgang utan staðarnets háskólans með aðgangs- og lykilorðum

Akureyri / 2006

---

nemandi

---

bókavörður



**Auðlindadeild**

**2006**

**Þurrfóður fyrir sæeyru**

**Bjarni Eiríksson**

**Lokaverkefni til 90 eininga B.Sc.-prófs við sjávarútvegsfræðibraut**

**Leiðbeinandi: Rannveig Björnsdóttir**

**Upplag: 10**

**Blaðsíðufjöldi: 67**

**Viðaukar: 12**

# Yfirlýsingar

Ég lýsi því hér með yfir að ég er einn höfundur þessa verkefnis og að það er afrakstur eigin rannsókna.

---

Bjarni Eiríksson

Það staðfestist hér með að lokaverkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til B.Sc.-prófs við Auðlindadeild Háskólans á Akureyri.

---

Rannveig Björnsdóttir

# Abstract

This study was carried out at Hauganes, Iceland to evaluate the effects of graded protein levels on the specific growth rate (SGR), weight gain (WG) and increase in shell length (SL) of *Haliotis rufescens*. Five diets were formulated from fish silage and soya to provide protein levels of approximately 30 (F-1), 35 (F-2), 40 (F-3), 45 (F-4) and 50% (F-5) with corresponding estimated metabolizable energy values of 18.54, 17.78, 17.27, 17.20 and 17.79 MJ ME/kg diet.

The 328 day study was carried out in three continuing periods, lasting for 140 (I), 119 (II) and 69 (III) days with initial numbers of 9000 (I), 309 (II) and 60 (III) abalones in each tank. Each diet was tested in triplicate, with 600 (I), 102 (II) and 60 (III) in each tank. Abalone juveniles, with average initial weight of 0.018 g, 0.310 and 3.838 g were fed diets for five days a week for evaluation of growth. The tank water was heated with geothermal water to  $15\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  using a heat exchanger.

In part I and part II a significant linear relation was detected between SGR and protein level in feed ( $P = 0.0097$ ), (Regression,  $P < 0,05$ ). In part I and II a significant difference was detected between feed F-1 and F-2 compared to F-4 and F-5. In part II was significant difference between feed F-1 and F-5 (ANOVA, Tukeys's-test,  $P < 0,05$ ).

The conclusion is that growth increases with increasing protein levels up to 35-40% protein content. Additional protein levels do not lead to a significant increase in growth.

The loss of dry matter from the feed pellets increases significantly with protein content above 35% of the dry matter content.

**Keywords:** *Haliotis rufescens*, red abalone, dry feed, aquaculture, Iceland

# Þakkarorð

Ég vil þakka Rannveigu Björnsdóttur fyrir þá miklu hjálp og aðstoð sem hún hefur veitt mér við gerð þessa verkefnis. Einnig vil ég þakka Dr. Jóni Árnasyni fyrir að gefa mér innsýn í nýjan fræðaheim, Einari Júlíussyni dósent við Auðlindadeild, Guðmundi K. Óskarssyni lektor við Viðskiptadeild, Bjarna P. Hjarðar lektor við Viðskipta-deild og Þóri Sigurðssyni lektor við Auðlindadeild fyrir aðstoð við tölfræðilega greiningar og Ásgeiri Guðnasyni framkvæmdastjóra Haliotis á Íslandi fyrir upplýsingagjöf.

# Útdráttur

Í þessari rannsókn sem framkvæmd var í eldisstöð *Haliotis* á Íslandi og stóð í tæpa 11 mánuði (328 daga) voru rauðum sæeyrum (*Haliotis rufescens*) af meðalstærðunum 0,018-7,5 g gefin fimm mismunandi fôðurtegundir með stighækkandi prótíninnihaldi (30%, 35%, 40%, 45% og 50%) í þrítækningu. Tilrauninni var skipt í þrjá hluta (tilraun I, II og III) og voru 15 eldishópar í hverjum hluta með upphafs fjölda 600, 103 og 60 dýrum í hverri eldiseingu (dýrum fækkað með aukinni stærð). Eldisvökvi var sjór úr Eyjafirði sem hitaður var upp í  $15 \pm 0,2^\circ\text{C}$  með varmaskipti.

Rannsókuð var hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) sæeyrna á tilraunatímabilinu svo og þurrefnistap tilraunafóðurs sem framleitt var af Laxá hf. Niðurstöður tilrauna I og II sýndu tölfræðilega marktækt samband (Regression,  $P < 0,05$ ) á milli SGR og aukins prótín magns í tilraunafóðri, sem og að línulegt samband er á milli vaxtar sæeyrna og prótín magns í fôðri.

Heildarmyndin sem kemur fram í rannsóknunum er að ávinningur sé í að auka prótín magn í fôðri upp í 35-40%. Aukning á prótíni fram yfir það hafði ekki marktæk áhrif á vöxt í smáum sæeyrum (0,018-7,5g).

Rannsóknirnar á þurrefnistapi fôðurs í mismunandi vökva gefa vísbendingu um að prótín magn yfir ákveðnum mörkum ( $\geq 35\%$ ) hafi áhrif á þurrefnistap.

**Lykilorð: *Haliotis rufescens*, rauð sæeyru, þurrfóður, eldi, Ísland**



# Efnisyfirlit

<b>1. MARKMIÐ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. INNGANGUR</b> .....	<b>2</b>
2.1. FLOKKUNARFRÆÐI SÆEYRNA .....	2
2.2. LÍFFRÆÐI RAUÐRA SÆEYRNA .....	3
2.2.1. Líffræðileg bygging.....	3
2.2.2. Meltingarfæri (sæeyrna) .....	6
2.2.3. Skráptunga .....	7
2.2.4. Náttúruleg búsvæði (rauðra sæeyrna) .....	8
2.2.5. Lífsferill sæeyrna .....	9
2.2.6. Náttúrulegir óvinir sæeyrna.....	11
2.2.7. Sæeyru sem jurtaætur eða alætur .....	12
2.3. SÆEYRNAELDI .....	12
2.3.1. Sæeyrnaeldi á Íslandi.....	12
2.3.2. Eldisferill sæeyrna .....	13
2.3.3. Áhættuþættir í eldi.....	14
2.3.3.1. Skelormssýking.....	14
2.3.3.2. Rickettsia-smit.....	15
2.3.4. Þróun eldis á sæeyrum .....	17
2.4. FÓÐUR .....	21
2.4.2. Náttúrulegt fóður .....	22
2.4.3. Tilbúið fóður .....	25
2.4.4. Föðurgjöf í eldi .....	29
2.4.5. Vaxtarhraði sæeyrna.....	30
<b>3. AÐFERDIR</b> .....	<b>31</b>
3.1. UPPSETNING OG FRAMKVÆMD TILRAUNAR .....	31
3.2. FRAMLEIÐSLA TILRAUNAFÓÐURS OG FÓÐURSAMSETNING .....	32
3.3. EFNAGREININGAR TILRAUNAFÓÐURS .....	33
3.4. ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS .....	34
3.4. VAXTARTILRAUNIR .....	34
3.5. TÖLFRÆÐIÚRVINNSLA .....	37
<b>4. NIÐURSTÖÐUR</b> .....	<b>38</b>
4.1. EÐLISEIGINLEIKAR TILRAUNAFÓÐURS .....	38
4.2. ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS .....	39
4.3. VAXTARTILRAUN I .....	41
4.4. VAXTARTILRAUN II .....	46
4.5. VAXTARTILRAUN III.....	48
4.6. SAMANBURÐUR Á FÓÐRI MEÐ OG ÁN ÞARA .....	50
4.7. TAP (UPPSKRIF OG DAUÐI).....	51
<b>5. UMRÆÐA</b> .....	<b>53</b>
<b>6. LOKAORÐ</b> .....	<b>56</b>
<b>7. HEIMILDASKRÁ</b> .....	<b>57</b>
7.1. RITAÐAR HEIMILDIR .....	57
7.2. NETHEIMILDIR .....	64
7.3. MUNNLEGAR HEIMILDIR .....	68
<b>VIÐAUKAR</b> .....	<b>A</b>
VIÐAUKI 1A: BYGGING SÆEYRA (UPPRUNALEG MYND).....	A
VIÐAUKI 1B: SKRÁPTUNGA (UPPRUNALEG MYND) .....	A
VIÐAUKI 2: FJÖLDAMÆLINGAR Í TILRAUN I.....	B
VIÐAUKI 3: FJÖLDAMÆLINGAR Í TILRAUN II .....	C
VIÐAUKI 4: FJÖLDAMÆLINGAR Í TILRAUN III .....	D

VÍÐAUKI 5: VÖXTUR, FÓÐUR OG FÓÐURSTUÐULL – TILRAUN I .....	E
VÍÐAUKI 6: VÖXTUR, FÓÐUR OG FÓÐURSTUÐULL – TILRAUN II .....	F
VÍÐAUKI 7: VÖXTUR, FÓÐUR OG FÓÐURSTUÐULL – TILRAUN III.....	G
VÍÐAUKI 8: UPPHAFSJÓLDI, UPPHAFSÞYNGD OG HEILDARÞYNGD SÆEYRNA Í TILRAUNUM I, II, III....	H
VÍÐAUKI 9: HUGSANLEG KERJAÁHRIF – TILRAUN I, II OG III .....	I
VÍÐAUKI 10A: ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS Í SJÓVATNI Í 24 KLST.....	J
VÍÐAUKI 10B: ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS Í SALTVATNI Í 48 KLST. ....	J
VÍÐAUKI 10C: ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS Í TILRAUNA KÖSSUM Í 48 KLST.....	J
VÍÐAUKI 11: ÞURREFNISTAP TILRAUNAFÓÐURS, SAMANBURÐUR.....	K
VÍÐAUKI 12: SGR, HLUTFALLSLEG ÞYNGDARAUKNING.....	L

# Myndaskrá

Mynd 1. Teikning af líffærum sæeyra .....	4
Mynd 2. Ljósmynd af líffærum sæeyra .....	5
Mynd 3. Meltingarfæri sæeyrna.....	6
Mynd 4. Skráptunga úr 10 cm löngu sæeyra .....	7
Mynd 5. Skráptunga í notkun .....	7
Mynd 6. Lífsferill sæeyrna .....	9
Mynd 8. Heimsframleiðsla á sæeyrum í eldi 1989 og 1999 (tonn) .	18
Mynd 9. Heimsframleiðsla á sæeyrum í eldi árið 2002 (tonn).	19
Mynd 10. Heimsframleiðsla 1989 og 2002 (tonn) .....	20
Mynd 11. Uppsetning eldiseininga í fóðurtilraunum.....	34
Mynd 12. Hlutfallslegt þurrefnistap tilraunafóðurs eftir 24 og 48 klst í vökva.....	39
Mynd 13. Samband þurrefnistaps tilraunafóðurs og SGR.....	40
Mynd 14. Samband SGR og prótínmagns í tilraun I (a hluta).....	41
Mynd 15. Samband SGR og prótínmagns í tilraun I (b hluta).....	42
Mynd 16. Samband SGR og prótínmagns í tilraun I (c hluta).....	43
Mynd 17. Þyngdaraukning á tilraunartímabili tilraunar I.....	44
Mynd 18. Samband SGR og prótínmagns í tilraun II.....	46
Mynd 19. Þyngdaraukning á tilraunartímabilinu (tilraun II).....	47
Mynd 20. Samband SGR og prótínmagns í tilraun III.....	48
Mynd 21. Þyngdaraukning á tilraunartímabilinu (tilraun III).....	49
Mynd 22. Samanburður á fóðri með og án þara (45,3% prótín) í tilraun III.....	50
Mynd 23. Meðal tap í tilraunum I, II og III (uppskrið og dauði).....	52

# Töfluskrá

Tafla 1. Áætlað prótínmagn í tilraunafóðri.....	32
Tafla 2. Næringarefnasamsetning tilraunafóðurs úr efnagreiningu.....	38
Tafla 3. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (a).....	41
Tafla 4. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (b).....	42
Tafla 5. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (c).....	43
Tafla 6. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun I.....	45
Tafla 7. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun II.....	46
Tafla 8. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun II.....	47
Tafla 9. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun III.....	48
Tafla 10. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun III.....	50
Tafla 11. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) tilraunafóðurs F-4 og F-4 + þari.....	50

# 1. Markmið

Markmið þessarar rannsóknar var að þróa fóður með hæfilegu prótínmagni og æskilegum stöðugleika fyrir sæeyru í eldi.

Leitað var svara við eftirfarandi:

Hver eru áhrif mismunandi prótínmagns í fóðri á vöxt sæeyrna.

2. Hver er stöðugleiki tilraunafóðurs í sjó?

Aðilar sem að verkefninu standa eru Laxá hf. á Krossanesi, Haliotis á Íslandi og Auðlindadeild Háskólans á Akureyri undir handleiðslu Rannveigar Björnsdóttur, lektors og deildarstjóra fiskeldisdeildar Rf.

Hlutverk Háskólans á Akureyri er að greina rannsóknargögn og setja fram þær niðurstöður sem úr verkefninu koma. Sá hluti verður settur fram í þessu ritverki og er unninn af nemanda

Verkefnið er styrkt af Impru, Nýsköpunarmiðstöð.

## 2. Inngangur

### 2.1. Flokkunarfræði sæeyrna

Ríki (e: Domain).....	Heilkjörnungar (Eukarya)
Ríki (e: Kingdom).....	Dýraríki (Animalia)
Fylking (e: Phylum).....	Lindýr (Mollusca)
Flokkur (e: Class).....	Sniglar (Gastropoda)
Undirflokkur (e: Subclass).....	Fortálknar (Prosobranchia)
Ættbálkur (e: Order).....	Stökkskottur (Archaeogastropoda)
Undirættbálkur (e: Suborder).....	Háfiskar (Pleurotomariina)
Ætt (e: Family).....	Haliotidae
Ættkvísl (e: Genus).....	<i>Haliotis</i> <sup>1</sup>
Tegund (e: Species).....	<i>rufescens</i> <sup>2</sup>
Almennt nafn.....	Rautt sæeyra (e: red abalone)

Sæeyru tilheyra flokki snigla sem er stærsti og fjölbreyttasti hópur lindýra, eða um 75.000 tegundir og flestar af þeim eru sjávartegundir<sup>3</sup>. Fjöldi sæeyrnategunda er ekki þekktur með vissu og ber heimildum ekki saman um nákvæman fjölda. Þetta er vegna þess að flokkunarfræði sæeyrna ber ekki saman og því algengt að hver tegund hafi nokkur samheiti<sup>4</sup>. Algengast er þó talið að fjöldi sæeyrnategunda sé um 100 í heiminum öllum<sup>5</sup>.

Sæeyru hafa þau sérkenni að á þeim vex ein skel sem er ávöl með röð af götum nálægt annarri brún skeljarinnar. Þegar skelin stækkar fyllist upp í eldri götin samhliða því að ný og stærri göt

---

<sup>1</sup> Lester B. Person College, 2006

<sup>2</sup> Priselac, 2003

<sup>3</sup> Castro og Huber, 2005: 126

<sup>4</sup> Hardy, 2005

<sup>5</sup> FAO, 2006

myndast. Fjöldi gata sem haldast opin er breytilegur á milli tegunda en algengast er að götin séu á bilinu fimm til níu <sup>6</sup>.

Ættkvíslin ber nafnið *Haliotis* sem þýðir sæeyra og vísar til lögunar skeljarinnar <sup>7</sup>.

## 2.2. Líffræði rauðra sæeyrna

### 2.2.1. Líffræðileg bygging

Þegar sviflægu vaxtarstigi lýkur hefst vöxtur vöðvans undir kúptri skelinni, umlukin möttli (e: *mantle*) eða þunnu veflagi (himnu) sem liggur innan í skelinni (mynd 1).

Líkama sæeyrans undir skelinni skiptist í þrjá megin hluta: höfuð, fót og líffærarsekki.

Höfuð sæeyra er staðsett nálægt nýjasta og stærsta gatinu fremst á skelinni. Á höfðinu eru munnur, útlimir (e: *appendages*) og skynfæri. Útlimirnir samanstanda af tveimur öngum og tveimur augnstilkum með augum á endunum. Samanborið við önnur skeldýr eru höfuð sæeyrna bæði þróuð og flókin.

Fóturinn er vöðvi sem sér sæeyrum fyrir hreyfigetu. Hann er vel þróaður og undir honum er breið “il” sem gerir sæeyrum kleift að ná góðri fótfestu við steina og slétt undirlag <sup>8</sup>. Við neðri jaðar fótans liggur röð mjúkra skynarma (e: *epipodium*)<sup>9</sup> (mynd 2).

Helstu líffæri sæeyrna eru: meltingarfæri, öndunarfæri, blóðrásarkerfi og æxlunarfæri. Líffæri dýrsins eru undir skelinni, hringinn í kringum fótinn.

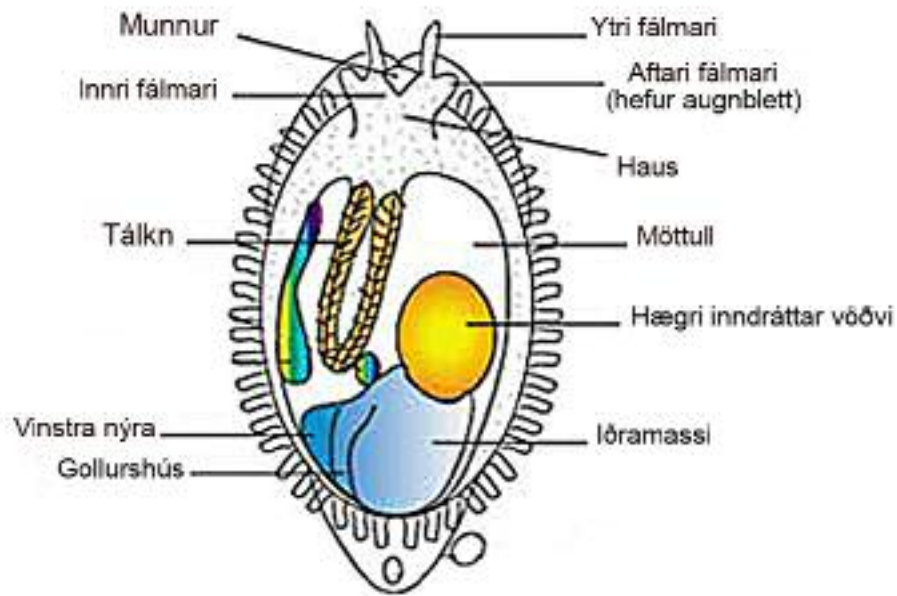
---

<sup>6</sup> Encyclopædia Britannica, 2006

<sup>7</sup> Price og Tom, 2006

<sup>8</sup> FAO, 2006

<sup>9</sup> Gray, 2001



Mynd 1. Teikning af líffærum sæeyra<sup>10</sup>.

Ef horft er á dýrið ofan frá (hausinn upp) liggja meltingarfærin í vinstri hluta snigilsins að afturenda og síðan í sveig þaðan fram á við að endaparmi sem er staðsettur undir minnsta opna gati skeljarinnar<sup>11</sup>.

Sæyru anda með tálknum sem staðsett eru undir opnu götunum á skelinni (mynd 2). Tálknin sjá sæeyrum fyrir súrefni sem hjartað dælir í gegnum tiltölulega einfalt blóðrásarkerfi með litlausu blóði. Sæyru hafa ekki storkunarefni í blóði sínu og getur þeim því blætt út ef þau verða fyrir hnjaski<sup>12</sup>.

Kynfæri sæeyrna eru staðsett undir hinni brún skeljarinnar, þar sem götin eru ekki. Kynfæri karldýra eru mjólkurlituð að lit en kynfæri kvenkyns dýra eru græn eða brún að lit. Auðvelt er að gægjast undir skel sæeyrna og komast að kynferði þeirra<sup>13</sup>.

Skel sæeyrna er mest áberandi líkamshlutinn. Hún hylur líkama þeirra eins og hjálmur og verndar innri líffæri og fót. Skelin er í

<sup>10</sup> BHCAP, 2005

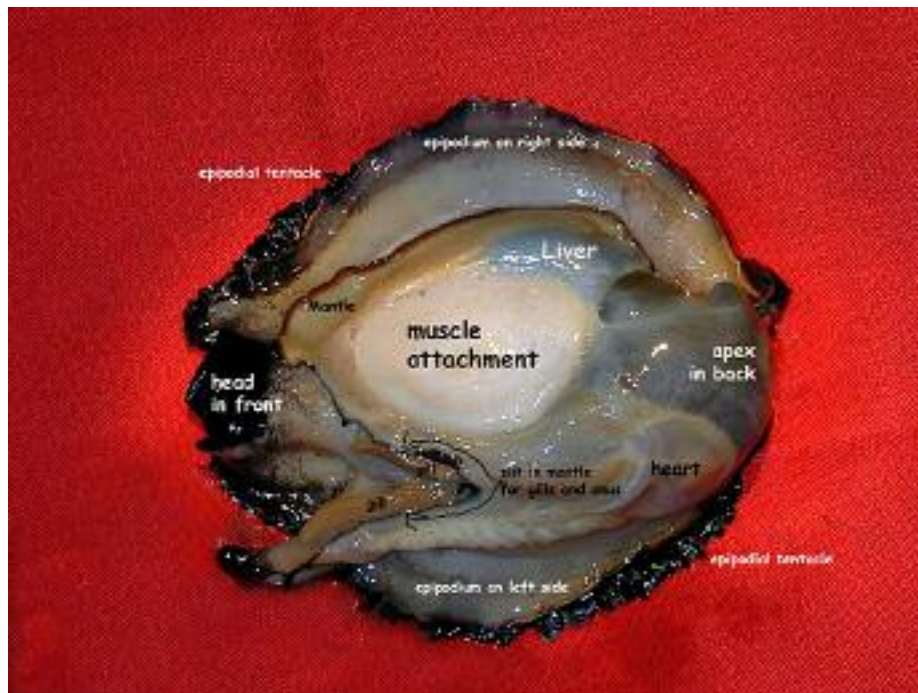
<sup>11</sup> Priselac, 2003

<sup>12</sup> Anderson, 2003

<sup>13</sup> FAO, 2006

þremur lögum. Yst er þunn yfirhúð (e: *cuticle*) eða skurn. Miðlagið er hin eiginlega skel byggð úr sterku, kalkríku efni. Innsta lag skeljarinnar er litríkt og kallast perlulag. Þetta lag hefur gert sæeyrnaskeljar vinsælar til nytja í skartgripi og skraut <sup>14</sup>. Skelin vex spírallaga og er vaxtarhraði hennar mishraður eftir árstíðum og umhverfisaðstæðum. Lítil vöxtur á sér stað yfir veturna og yfir hrygningartímabilið. Vaxtarlotur hafa áhrif á útlit skeljarinnar með myndun vaxtarlína og geta þær verið mismunandi að lit háð næringarframboði. Vaxtarlínurnar geta sagt til um líkamlegt ásigkomulag og vaxtarhraða á lífstíma hvers einstaklings <sup>15</sup>.

Stærð sæeyrna er mismunandi eftir tegundum en rauð sæeyru geta náð mestri stærð eða allt að 30 cm lengd. Í náttúrulegu umhverfi er algengt að rauð sæeyru nái 18-23 cm lengd og eru þá gjarnan orðin 10-15 ára. Ekki er vitað með vissu hver hámarksaldur sæeyrna getur orðið <sup>16</sup>.



Mynd 2. Ljósmynd af líffærum sæeyra <sup>17</sup>.

<sup>14</sup> Robert og Tom, 2006

<sup>15</sup> FAO, 2006

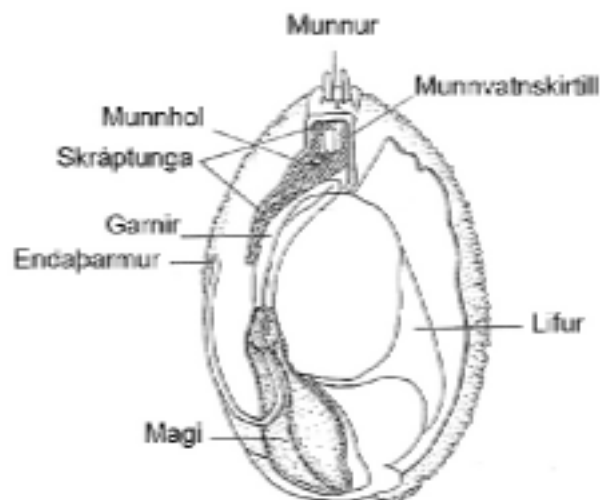
<sup>16</sup> Robert og Tom, 2006

<sup>17</sup> Andersen, 2003



### 2.2.2. Meltingarfæri (sæeyrna)

Meltingarfæri sæeyrna eru bæði löng og flókin eins og algengt er með jurtaætur. Þau eru staðsett vinstra megin við höfuðið. Helstu líffæri meltingarfæranna eru munnur, munnhol, magi, garnir og endaparmur (mynd 3). Vegna spírallögunar sæeyrna liggja meltingarfærin sveigð og munnur er nær vinstri hlið dýrsins. Munnurinn er myndaður úr þykkum og vöðvaríkum vef. Í munninum eru skráptunga, munnkirtlar og bikarblað (e: *calyx lobe*) sem færir fæðu niður í meltingarveginn (mynd 5). Munnhol sæeyrna er bæði langt og þröngt, maginn er V-laga sekkur aftan við garnirnar. Sitt hvoru megin við magann liggja botnlangi og lifur. Garnirnar eru langar eða 3,27 sinnum lengri en sæeyrað sjálft og ná út að endaparmi sem opnast út við hlið tálknanna<sup>18</sup>.



Mynd 3. Meltingarfæri sæeyrna<sup>19</sup>

<sup>18</sup> FAO, 2006

<sup>19</sup> FAO, 2006

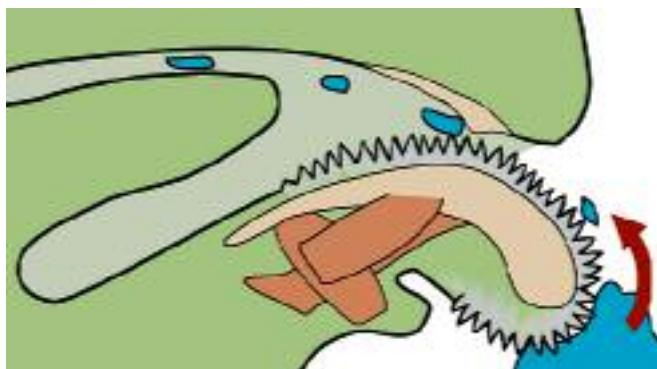
### 2.2.3. Skráptunga

Skráptunga (e: *radula*) er líffæri sem aðeins er að finna í tegundum sem tilheyra fylkingu lindýra<sup>20</sup>. Skráptunga er nokkuð langur borði úr kítíni sem alsettur er smáum tönnum og er í munní sæeyrna (mynd 4). Með tungunni ná þau að skrapa upp þörunga af hörðu yfirborði og/eða naga stærri tegundir af þara. Skráptungunni er þrýst niður yfir ætið og hún síðan dregin inn í munninn. Tennurnar á skráptungunni eru smurðar með klístruðu munnvatni sem hjálpar til við að festa mataragnir við skráptunguna og færa þær niður meltingarveginn<sup>21</sup> (mynd 5).

Sniglar sem flokkast undir að vera rándýr hafa aðra gerð af skráptungu. Slíkar skráptungur geta m.a. borað göt, skorið, klófest eða stungið bráð<sup>22</sup>.



Mynd 4. Skráptunga úr 10 cm löngu sæeyra<sup>23</sup> (Við hliðina er blýantur til viðmiðunnar).



Mynd 5. Skráptunga í notkun<sup>24</sup>.

<sup>20</sup> Castro og Huber, 2005: 124

<sup>21</sup> Wikipedia, 2006

<sup>22</sup> Castro og Huber, 2005: 129

<sup>23</sup> Andersen, 2003

#### 2.2.4. Náttúruleg búsvæði (rauðra sæeyrna)

Náttúruleg búsvæði sæeyrna má finna við strendur flestra heimsálfa að undanskildum Suðurskautinu, Suður Ameríku og við Austurströnd BNA. Á suðrhveli eru sæeyru algengust við strendur Nýja Sjálands, Suður Afríku og Ástralíu, en á norðrhveli við vesturströnd Bandaríkjanna og við Japan <sup>25</sup>.

Búsvæði rauðra sæeyrna við Vesturströnd Norður Ameríku nær frá Oregon fylki í norðri og suður til Baja Kaliforníu í Mexico. Rauð sæeyru velja sér búsvæði á grýttum svæðum frá flæðarmáli niður á 65 metra dýpi þar sem þaraskógar eru algengir <sup>26</sup>.

Sæeyru eru algengust þar sem hitastig sjávar er temprað, eða við 12-20 °C hita <sup>27</sup> en er þó að finna alla leið norður undir strönd Alaska þar sem meðal sjávarhitastig er um 4-6 °C <sup>28</sup>. Þótt vöxtur sæeyra sé meiri við hátt hitastig þá aukast þar möguleikar á sjúkdómssmiti sem getur dregið úr lífslíkum að sama skapi með hækkandi hitastigi <sup>29</sup>.

Sæeyru lifa í söltum sjó og geta þolað þó nokkuð snöggar breytingar í seltu. Dýrin vaxa hraðar í ísöltum sjó (30±1%) samanborið við í fullsöltum sjó (35±1%) en geta hinsvegar ekki lifað í fersku vatni <sup>30</sup>. Það gefur til kynna að þau séu vel aðlöguð strandsvæðum þar sem snöggra breytinga á seltu verður oft á tíðum vart vegna úrkomu og/eða flóða.

Á náttúrulegum búsvæðum sæeyrna eru ýmsar tegundir lífvera sem stunda arðrán á sæeyrum. Flestar þeirra éta ungviði sæeyrna en fáar tegundir ráða við fullorðin dýr. Á eyjunni Haida Gwaii undan ströndum Vancouver í Kanada var sæotrum útrýmt fyrir um það bil 100 árum. Þá fjölgaði verulega í sæeyrnastofnum hringinn í kring um eyjuna. Þetta var þróunin næstu 50 árin, eða fram að þeim tíma að

---

<sup>24</sup> Wikipedia, 2006

<sup>25</sup> Wikipedia, 2006

<sup>26</sup> Priselac, 2003

<sup>27</sup> FAO, 2006

<sup>28</sup> Lester B. Person College, 2006

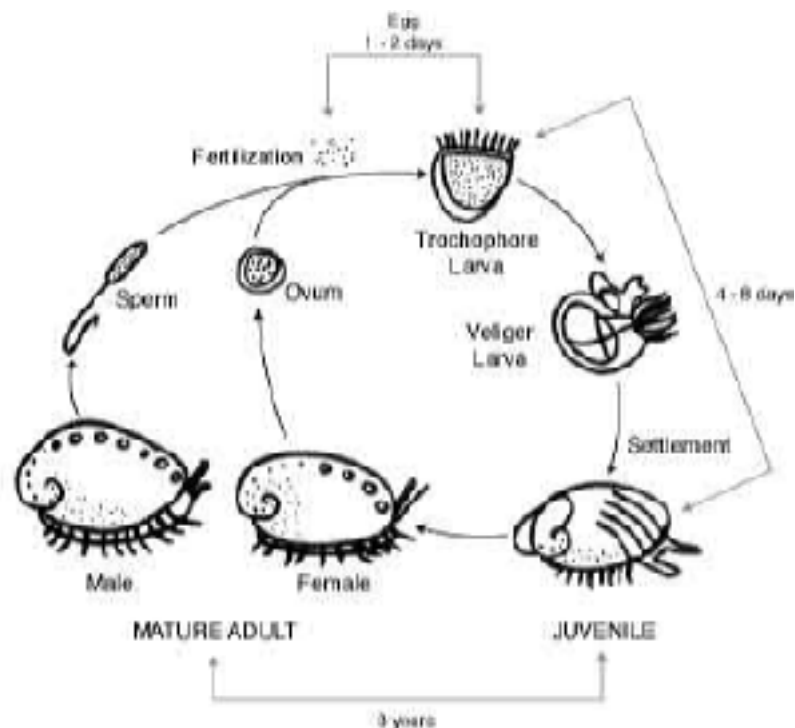
<sup>29</sup> Braid, Moore, Robbins, Hedrick, Tjeedema og Friedman, 2005

<sup>30</sup> Demetropoulos, og Langdon, 2004: 485

köfunarbúnaður var fundinn upp og maðurinn varð helsta rándýr sæeyrna <sup>31</sup>.

### 2.2.5. Lífsferill sæeyrna

Lífsferill sæeyrna hefst við hrygningu. Egg kvendýrs og sæði karldýrs eru losað saman í vatnsmassann og frjóvgun getur átt sér stað. Til þess að auka líkurnar á frjóvgun safnast sæeyru saman á grunnsævi á hrygningartímanum og mikill fjöldi af eggjum og sædisfrumum er losað á svipuðum tíma <sup>32</sup>. Sæeyra sem er um 4 cm á lengd getur losað um og yfir 10.000 egg í hverri hrygningu og sæeyra sem náð hefur um 20 cm lengd getur losað yfir 11 milljón egg í hverri hrygningu <sup>33</sup>.



Mynd 6. Lífsferill sæeyrna <sup>34</sup>.

<sup>31</sup> Lee, 2001 b

<sup>32</sup> Lee, 2001 a

<sup>33</sup> Price og Tom, 2006

<sup>34</sup> Lee, 2001

Innan nokkura daga klekjast egginn og hefst þá fyrsta lirfustigið sem kallað er hjólberi <sup>35</sup> (e: *Trochophore*) (mynd 6). Á því stigi þarf lirfan ekki á fæðu að halda, þar sem hún nærast á forða sem geymdur er í gulubelg lirfunnar (e: *yolk sac*). Hjólberalirfan berst með straumum og heldur sig ofarlega í vatnsmassann því hún laðast að ljósi.

Tveimur dögum eftir klak byrjar lirfan að mynda skel og hefst þá annað lirfustigið sem kallað er seglberi <sup>36</sup> (e: *Veliger*). Þetta markar upphafið að myndbreytingaskeiði sem nær yfir fimm til átta daga. Til þess að myndbreytingin hefjist verður lirfan að hafa numið efnaboð frá tilteknum tegundum af þörungum, aðallega rauðþörungum (e: *encrusting red coralline algae*). Við lok myndbreytingarinnar hefur lirfan breyst í agnarsmátt sæeyra sem nú er ljósfælið og tilbúið að heyja lífsbaráttuna sem ungvíði (e: *juvenile*).

Ungvíðið heldur sig á meira dýpi en fullvaxin dýr eða nokkru undir lagskiptingu þaragróðursins sem er á u.þ.b. 15 m dýpi. Eftir því sem líður á vaxtarskeiðið færa dýrin sig á grynri og sýnilegri svæði. Um 10 cm að lengd finnast dýrin berskjölduð sem gefur til kynna að smærri dýr séu auðveld bráð <sup>37</sup>. Sæeyru eru þó talin vera næturdýr svo að þau eru athafnasömumust í skjóli nætur sem veitir þeim frekari vernd fyrir afætum <sup>38</sup>.

Sem ungvíði ráða sæeyru eingöngu við litlar fæðuagnir. Í fyrstu nærast þau á kísilþörungum og bakteríum sem þau skrapa af yfirborði rauðra þörunga (e: *red coralline algae*). Sex til þrettán vikum eftir klak eru sæeyrun farin að ráða við þörunga og eru þeir aðalfæða dýra á þessu stigi. Eftir því sem dýrin stækka ferðast þau minna um en eyða þess í stað meiri tíma í að klófesta þörunga sem reka með sjónum. Sökum þessa reyna dýrin að vanda til í vali sínu á búsvæði sem einungis er að finna við ákveðnar umhverfisaðstæður (dýpi, gróður o.s.frv.).

---

<sup>35</sup> Orðabók.is, 2006

<sup>36</sup> Orðabók.is, 2006

<sup>37</sup> Lee, 2001

<sup>38</sup> Ingvar Níelsson, 1993

Vaxtarhraði sæeyrna er háður umhverfisaðstæðum og getur þ.a.l. verið mismikill. Af þessum sökum getur verið erfitt að ákvarða aldur villtra einstaklinga því að myndun vaxtarlína er ekki nægjanlega áreiðanleg til að hægt sé að telja vaxtarlínur á skel þeirra. Merkingar og endurteknar mælingar á villtum sæeyrum gefa til kynna að 10 sentimetra löng dýr séu minnst sex ára gömul en oftast sjö til átta ára. Myndun kynkirtla hefst á þriðja ári þegar einstaklingar hafa náð u.þ.b. fimm sentimetra lengd og á fjórða ári geta villt sæeyru hafið hrygningu<sup>39</sup>.

### **2.2.6. Náttúrulegir óvinir sæeyrna**

Sæeyru komast í tæri við ýmsa náttúrulega óvini á lífsleiðinni. Egg og lirfur eru étin af fæðusíurum svo sem pílormum og samlokum. Ungviði verða kröbbum, humrum, ránsniglum, krossfiskum, kolkröbbum og fiskum að bráð. Fullorðin dýr eru bráð stórra fiska, sela og sæotra<sup>40</sup>. Ýmis sníkjudýr og örverur herja á sæeyru svo sem rickettsía bakteríur og skelormar<sup>41</sup>. En dýrin eru þó í mestri hættu af völdum mannskepnunnar sem hefur ofveitt sæeyru í áratugi<sup>42</sup>.

---

<sup>39</sup> Lee, 2001

<sup>40</sup> Ingvar Nielsson, 1993

<sup>41</sup> FAO, 2006

<sup>42</sup> Anderson, 2003

### 2.2.7. Sæeyru sem jurtaætur eða alætur

Meginfæða villtra sæeyrna er svif, þörungur og þari, sem teljast til ljóstillifandi lífvera og þess vegna hafa sæeyru verið flokkuð sem jurtaætur (e: *herbivore*)<sup>43</sup>. Hinsvegar er sæeyrum í eldi gefið fôður sem unnið er úr fiskimjöli sem inniheldur hærra prótín magn en þari og gefur þ.a.l. betri vöxt eins og rannsóknir hafa sýnt fram á<sup>44</sup>.

Rannsóknir sýna jafnframt að ef sæeyru eru einungis alin á þangi þá búa dýrin við skort á næringarlegum fjölbreytileika sem kemur fram í hægum og misleitum vexti<sup>45</sup>.

Í eldisstöðvum éta sæeyru önnur sæeyru sem drepist hafa í eldinu<sup>46</sup>. Slíkt verður að teljast sem sterk vísbending um að þekking manna á atferli sæeyra sé ekki fullnægjandi. Augljóst er að meltingarfæri sæeyrna ráða við fæðu sem unnin er úr öðrum lífverum og gefur hræát þeirra til kynna áður ókannað atferli<sup>47</sup>.

## 2.3. Sæeyrnaeldi

### 2.3.1. Sæeyrnaeldi á Íslandi

Eldi á sæeyrum á Íslandi hófst árið 1988 þegar rauð sæeyru (*Haliotis rufescens*) voru flutt inn frá Kaliforníu af Ingvari Níelssyni og komið fyrir í eldi í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað við Grindavík<sup>48</sup>. Þremur árum seinna hófst framleiðsla rauðra sæeyrna á Íslandi í Tilraunastöð Hafrannsóknastofnunar á Stað<sup>49</sup>.

Sæbýli h.f. var stofnað árið 1993 og hóf það eldi á rauðum sæeyrum árið 1994<sup>50</sup>. Árið 1997 flutti fyrirtækið inn græn sæeyru

---

<sup>43</sup> Middlebrook, 1999

<sup>44</sup> Viana, M.T., López, L. M., García-Esquivel, Z og Mendez, E, 1999

<sup>45</sup> Hahn, 1989: 135 – 136.

<sup>46</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>47</sup> Jón Árnason, 2006: munnleg heimild.

<sup>48</sup> Agnar Steinarsson, óútgefin: 31

<sup>49</sup> Anon, 1994

<sup>50</sup> Anon, 1995

(*Haliotis discus hannai*) og hóf eldi á þeim <sup>51</sup>. Sæbýli h.f. hætti starfsemi á þriðja ársfjórðungi 2005 <sup>52</sup>.

Árið 2001 hóf fyrirtækið Haliotis á Íslandi ehf. uppbyggingu kynbótastöðvar á Hauganesi við Eyjafjörð <sup>53</sup>. Um áramótin 2001-2002 sameinaðist Haliotis síðan Stofnfiski h.f. undir nafni þess síðarnefnda og einbeitti sér að framleiðslu á ungvíði. Fyrsta júní 2004 var stofnað nýtt fyrirtæki sem heitir Haliotis á Íslandi ehf. og markmiðum breytt úr því að stunda eingöngu ungvíðaeildi í að stunda áframeldi jafnhliða <sup>54</sup>. Í dag rekur Haliotis á Íslandi ehf. einu eldisstöðina fyrir sæeyru sem starfrækt er á Íslandi. Nú á fyrsta ársfjórðungi 2006 eru í stöðinni u.þ.b. 380 þús. sæeyru í eldi og uppi eru áætlanir um útflutning á sæeyrum í lok árs 2006 <sup>55</sup>.

Í strandeldisstöð Haliotis á Íslandi er öll aðstaða innandyra. Eldisvökvi er hitaður upp með jarðvarma sem leiddur er í gegnum varmaskipta og í það dælt lofti til súrefnisauðgunar. Öllum sjó sem rennur í gegnum stöðina er dælt í gegnum lífsíu (e: *biofilter*) og tromlusíu sem gefur möguleika á endurnýtingu hluta af eldisvökva sem og að hreinsa burt óæskilegar agnir í frárennsli <sup>56</sup>.

### 2.3.2. Eldisferill sæeyrna

Í eldi eru notaðar (tilbúnar) aðstæður til ræktunar á sæeyrum sem líkjast að nógu miklu leyti náttúrulegum aðstæðum til að dýrin vaxi og dafni vel.

Fyrst er dýrunum fjölgað með því að fengin eru hrogn og svil úr foreldradýrunum og hrogn frjóvnguð í sérstökum frjóvgunarkörum. Eftir tæpan sólarhring hefst klak og lirfur taka að myndast <sup>57</sup>. Lirfunum er komið fyrir í sérstöku lirfukari/ botnnámskari sem er sívalt ker með

---

<sup>51</sup> Valdimar Ingi Gunnarsson, 2004

<sup>52</sup> Bergur Sigurðsson, 2006: munnleg heimild.

<sup>53</sup> Anon, 1995

<sup>54</sup> Ásgeir Guðnason, óútgefin: 5

<sup>55</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild.

<sup>56</sup> Ásgeir Guðnason, óútgefin: 7

<sup>57</sup> Agnar Steinarsson, 1993: 4-5



trektlaga botni. Hitastig er stöðugt við 16 °C hita og hér þroskast lirfurnar í fimm til sjö daga<sup>58</sup>.

Að þeim tíma liðnum eru lirfurnar að ganga í gegnum síðustu skref myndbreytingarskeiðs og farnar að ná fótfestu<sup>59</sup>.

Ungviði er þá komið fyrir í eldiskörum þar sem þau eru höfð í sex mánuði við 15 °C. Að þeim tíma liðnum er þeim komið fyrir í áframeldi þar sem þau eru alin við 15 °C í tvö og hálf til þrjú og hálf ár eða þangað til þau ná markaðsstærð sem er 80-100 g (mynd 7). Klakdýr eru höfð við 12 °C hita<sup>60</sup>.



Mynd 7. Einföld mynd af eldisferli sæeyrna<sup>61</sup>.

### 2.3.3. Áhættuþættir í eldi

#### 2.3.3.1. Skelormssýking

Skelormur (*Terebrasabella heterouncinata*<sup>62</sup>) sem almennt er þekktur undir enska heitinu “Sabellid polychaete”, hefur valdið þó nokkrum búsisfjum í sæeyrnaeldi víðsvegar um heim. Ormurinn hefur fundist í fjórum tegundum sæeyrna (*Haliotis rufescens*, *Haliotis fulgens*, *Haliotis corrugata* og *Haliotis midae*) en talið er líklegt að hann finnist einnig í öðrum tegundum<sup>63</sup>.

Skelormurinn verpir eggjum í holum sínum, egginn klekjast og lirfur skriða út úr holunum. Lirfurnar eru sundlægar og synda um til að

<sup>58</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>59</sup> Agnar Steinarsson, 1993: 7-8

<sup>60</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild.

<sup>61</sup> Valdimar Ingi Gunnarsson, 2004: 37

<sup>62</sup> Fitzhugh og Rouse, 1999

<sup>63</sup> Bower, 2004

finna nýjan hýsil. Þegar lirfan finnur sæeyra þá leggst hún undir barminn á skelinni og sæeyrað húðar skel yfir en lirfan heldur gati opnu uppúr skelinni. Lirfan myndbreytist í sjóorm sem lifir á því að sía næringarefni úr sjónum. Með tímanum heldur skelin áfram að stækka en skelormurinn heldur kyrru fyrir á sínum stað og því geta skelormar fundist um alla skel.

Helstu afleiðingar skelormsýkingar eru afmyndun á skel og skertur vöxtur<sup>64</sup>. Einnig getur skelormurinn komið í veg fyrir myndun nýrra gata á skelinni, með þeim afleiðingum að skelin þrengir að tálknum sem aftur dregur úr aðgengi að súrefni og getur leitt til dauða. Sú afmyndun sem skelormurinn veldur á skelinni hefur einnig mjög neikvæð áhrif á söluverðmæti sæeyrna<sup>65</sup>.

Skelormssmit barst til Íslands með fyrstu rauðu sæeyrunum sem flutt voru til Íslands árið 1988 og olli erfiðleikum í eldi á sæeyrum hjá Sæbýli h.f.<sup>66</sup>. Þau dýr sem *Haliotis* á Íslandi fékk til eldis voru einnig smituð af skelormi en þar hefur náðst að losna við hann. Smituð dýr voru meðhöndluð þannig að lífrænt ræktað býflugnavax var borið á skel dýranna. Vaxið þétti götin sem skelormurinn hafði borað í skeljarnar með þeim afleiðingum að lokað var fyrir aðgengi að súrefni og ormarnir köfnuðu<sup>67</sup>.

### 2.3.3.2. *Rickettsia*-smit

Visnun (e: *withering syndrome*) er banvænn sjúkdómur í sæeyrum sem orsakast af innanfrumusýkingu af völdum gram jákvæðrar bakteríu. Sýkillinn (*Candidatus Xenohaliotis californiensis*) er flokkaður sem *Rickettsiales* baktería (e: *Rickettsiales-like prokaryote*, WS-RLP)<sup>68</sup>. Einkenni og áhrif sjúkdómsins eflast með

---

<sup>64</sup> Oakes og Fields, 1996: 139

<sup>65</sup> Bower, 2004

<sup>66</sup> Eyþór Einarsson, 2005: 6

<sup>67</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>68</sup> Friedman, Anree, Beauchamp, Moore, Robbins, Shields og Hedrick, 2000: 847

vaxandi hitastigi <sup>69</sup> og hefur sýking af völdum *Rickettsia* þess vegna komið illa við sæyrnaeldi erlendis. Sérstaklega þau ár sem áhrif hlýsjaávar hafstraumsins El Niño eru mikil og sjávarhiti hækkar mikið <sup>70</sup>.

*Rickettsia* hefur að öllum líkindum borist með innflutningi á fyrstu sæeyrunum til Íslands árið 1988 en uppgvötaðist ekki fyrr en árið 2004 með nýrri greiningartækni Friedman, Hedrick og Moore <sup>71</sup>. Hinsvegar hafa sjúkdómseinkenni *Rickettsia* ekki komið upp hér á landi og því er ekki um eiginlegan sjúkdóm að ræða á Íslandi <sup>72</sup>.

Einnig ber að nefna yfirstandandi rannsókn á vegum Haliotis á Íslandi, Tilraunastöðvarinnar að Keldum og Auðlindadeildar Háskólans á Akureyri. Sú tilraun hefur það markmið að finna leiðir til að útrýma *Rickettsia* úr eldi Haliotis á Íslandi. Fyrstu niðurstöður benda til að með lyfjagjöf sé hægt að losna við bakteríuna úr dýrunum og gefst því e.t.v. möguleiki á að hreinsa eldisstöð Haliotis á Íslandi <sup>73</sup>. Ef sú yrði raunin má gera ráð fyrir að hægt væri að ala algjörlega ósmituð dýr í framtíðinni því talið er að lágt hitastig geri það að verkum að *Rickettsia* sé ekki að finna í sjó í kringum Ísland.

Það myndi breyta því umhverfi sem sæyrnaeldi býr við á Íslandi og gera það að fyrsta *Rickettsia*-lausa svæðinu í heiminum sem ræktar rauð sæeyru. Þá má gera ráð fyrir að eftirspurn eftir sæeyrnaungviði frá Íslandi komi til með að aukast til muna <sup>74</sup>.

---

<sup>69</sup> Moore, Friedman, 2001: 29

<sup>70</sup> Friedman, Hedrick og Moore, 2003: 1

<sup>71</sup> Friedman, Hedrick og Moore, 2003: 1

<sup>72</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild.

<sup>73</sup> Gunnar Jónsson, 2006: óútgefín

<sup>74</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild.

### 2.3.4. Þróun eldis á sæeyrum

Ekki er vitað með vissu hvenær mannskepnan hóf fyrst að nýta sér sæeyru til matar. Ein elsta heimild sem tengist sæeyrum er japönsk frá árinu 30 e.Kr. og fjallar um „ama” eða sæeyrna-kafara.

Á Meiji tímabilinu (1865-1912) í Japan, voru sæeyru mikilvæg útflutningsvara og þá skapaðist áhugi á að auka enn frekar þann útflutning sem fyrir var. Þessi áhugi leiddi til upphafs líffræðilegra rannsókna í Japan á sæeyrum með skrifum Uchimura (1881), Matsuhara (1882) og Kishigami (1894)<sup>75</sup>.

Upp úr sjötta og sjöunda áratug síðustu aldar hafði verið gengið mikið á villta sæeyrnastofna víðsvegar í heiminum. Sú þróun leiddi til upphafs sæeyrnaeldis í Japan, Kína og Bandaríkjunum<sup>76</sup>. Á þeim tíma fóru fram miklar og farsælar rannsóknir á eldistækni og klaki<sup>77</sup> en megináhersla var lögð á hafbeit og sleppingar ungvíðis á strandsvæði til hjálpar stofnum í slæmu ásigkomulagi<sup>78</sup>.

Eftir því sem sæeyrnastofnar víðsvegar um heiminn urðu gjörnýtir og veiðibönn tóku gildi, jókst þróun og útbreiðsla sæeyrnaeldis hröðum skrefum<sup>79</sup>.

Síðan þá hefur mikil og hröð þróun orðið sæeyrnaeldi í heiminum. Í dag eru 14 tegundir sæeyrna notaðar í eldi (*Haliotis asinina*, *H. discus*, *H. discus hannai*, *H. diversicolor supertexta*, *H. fulgens*, *H. iris*, *H. kamtschatkana*, *H. laevigata*, *H.s midae*, *H. rubra*, *H. rufescens*, *H.tuberculata*, *H.laevigata* og *H. rubra*)<sup>80</sup>.

---

<sup>75</sup> Hahn, 1989: 185

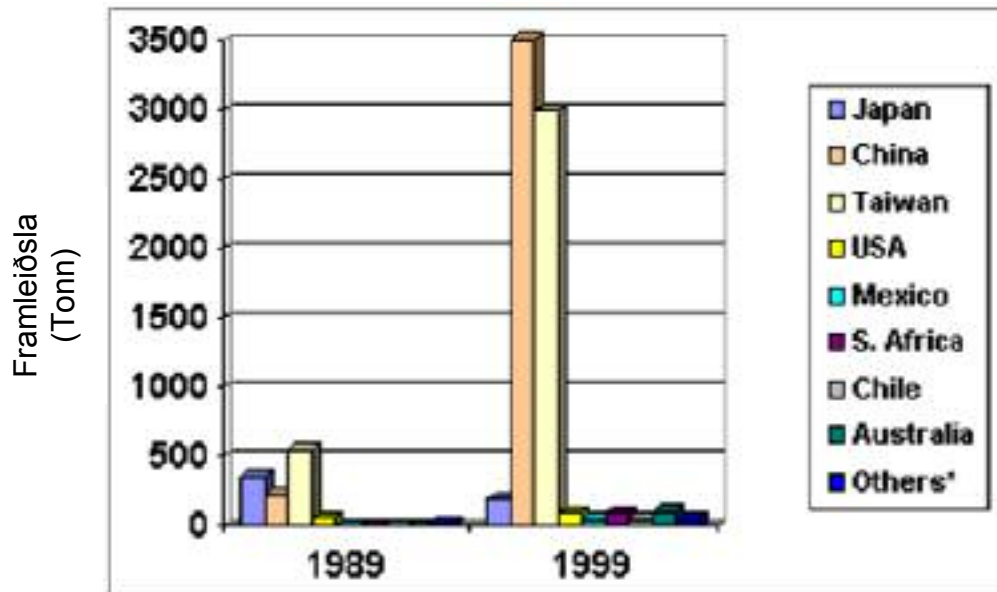
<sup>76</sup> Ebert, 1992

<sup>77</sup> Cuthbertson, 1985

<sup>78</sup> Leighton, 2000

<sup>79</sup> Stevens, 2003

<sup>80</sup> Fishtech inc., 1991-2001



Mynd 8. Heimsframleiðsla á sæeyrum í eldi 1989 og 1999 (tonn) <sup>81</sup>.

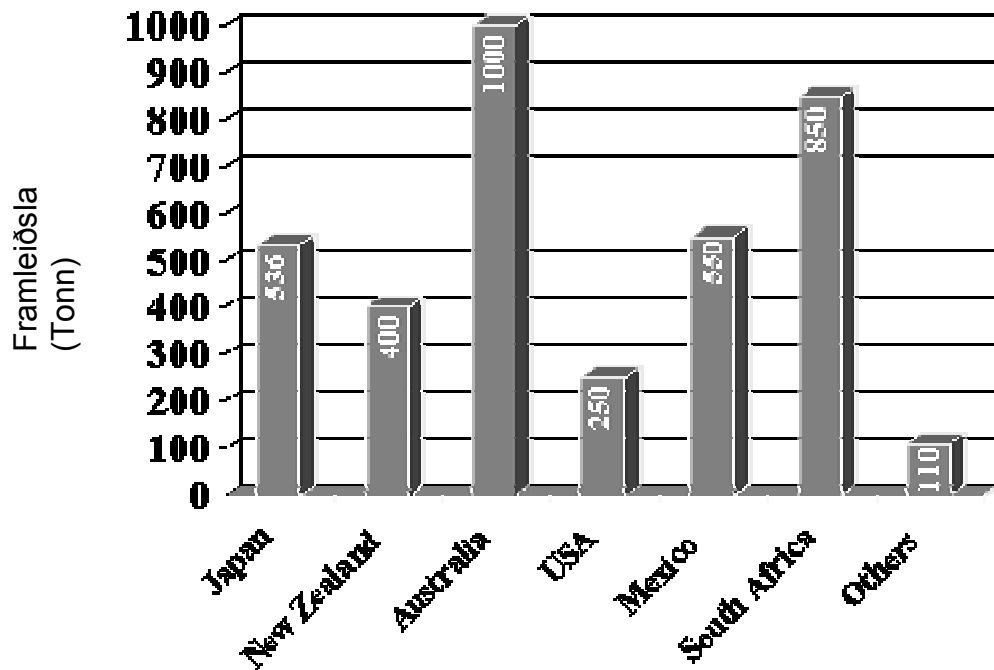
Fram til ársins 2003 hafði sæeyrnaeldi náð að komast á legg í löndum á borð við Kína, Japan, Bandaríkjunum, Taílandi, Suður Afríku, Ástralíu, Mexíkó, Íslandi og Írlandi auk fleiri landa <sup>82</sup>.

Á tímabilinu frá 1989 til 1999 höfðu náttúrulegir stofnar dregist saman um u.þ.b. 30% en á sama tíma jókst heimsframleiðsla á sæeyrum um 600%. Í lok þess tímabils var Kína orðið heimsins stærsti framleiðandi sæeyrna með framleiðslu í 300 eldisstöðvum sem gáfu af sér u.þ.b. 3500 tonn á ári (mynd 8.). Mest af því var *Haliotis diversicolor supertexta* <sup>83</sup>.

<sup>81</sup> Gordon og Cook, 2001

<sup>82</sup> Stevens, 2003

<sup>83</sup> Gordon og Cook, 2001



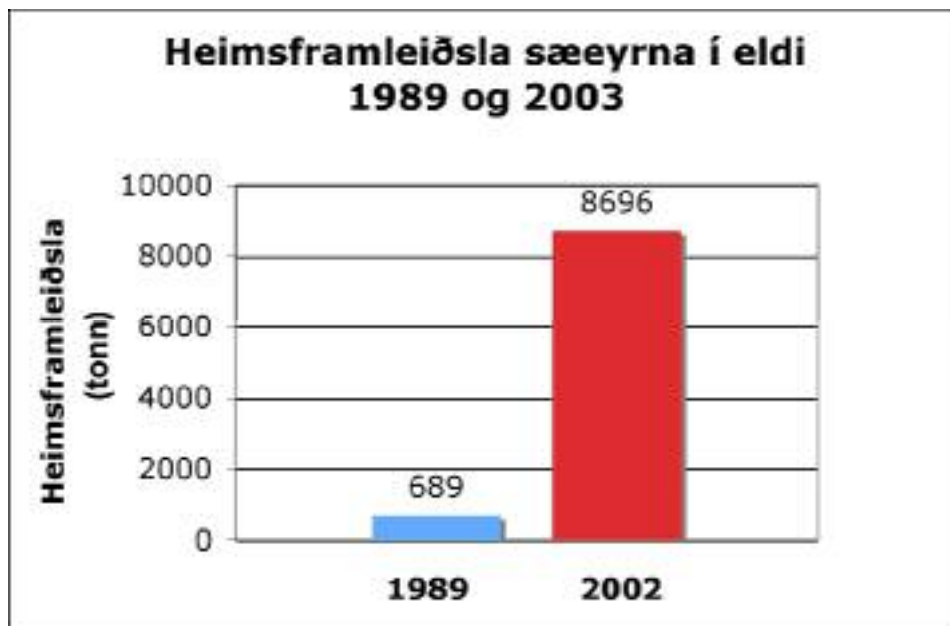
Mynd 9. Heimsframleiðsla á sæeyrum í eldi árið 2002 (tonn).  
 (Tölur frá Chile eru byggðar á eldra mati, Others: Tölur frá Kóreu,  
 Filippseyjum, Evrópu, Tælandi o.fl.)<sup>84</sup>.

Eftir aldamót hefur framleiðsla sæeyrna í eldi haldið áfram að aukast af miklum krafti (mynd 9). Heimsframleiðslan var 689 tonn árið 1989 en orðin 8.696 tonn árið 2002 og hefur því rúmlega tólfaldast á þessu tímabili.

Á árinu 2002 voru eldisstöðvar orðnar fleiri en eitt þúsund og framleiðslugeta einstakra stöðva var frá 1 tonni á ári upp í u.þ.b. 200 tonn á ári<sup>85</sup>.

<sup>84</sup> Gordon og Cook, 2003

<sup>85</sup> Gordon og Cook, 2003



Mynd 10. Heimsframleiðsla 1989 og 2002 (tonn) <sup>86</sup>.

Þessi mikla aukning í eldi og afköstum úr eldi sæeyrna hafa orðið fyrir tilstuðlung aukinna rannsókna sem breytt hafa áherslum í framleiðsluháttum. Þar má helst nefna fódurrannsóknir því þróun á tilbúnu fóðri hefur leitt til hraðari vaxtar og þar með styttingu á eldistíma, sem leiðir til aukinnar arðsemi. Þess vegna hefur þróun síðustu ára beinst meira og meira í átt að því að auka notkun tilbúins fóðurs í sæeyrnaeldi á kostnað þara. Einnig hefur það færst í vöxt að nota ódýr jurtahráefni s.s. hveiti, maís, sojamjöl og hrísgrjón sem kolvetnisgjafa í sæeyrnafóður <sup>87</sup>.

Þrátt fyrir að mikil aukning hafi átt sér stað í þróun og framleiðslu á sæeyrnafóðri, er mikilvægt að gerðar verði frekari rannsóknir til að afla meiri og nákvæmari þekkingar á þeim fóðurgerðum sem nú eru í notkun <sup>88</sup>.

<sup>86</sup> Gordon og Cook, 2003

<sup>87</sup> Fleming, Bameveld og Hone, 1996: 45

<sup>88</sup> Fleming o.fl., 1999: 5

## 2.4. Fóður

Japanir hafa framleitt tilbúið sæeyrnafóður í yfir 30 ár og hafa staðið öðrum framur í framleiðslu og þróun á hágæða fóðri fyrir sæeyru. Árið 1996 voru flestir framleiðendur sértílbúins sæeyrnafóðurs frá Japan. Nær allir japanskir þurrfóðursframleiðendur reka sínar eigin rannsóknastofur og á sumum þessara rannsóknasofa eru jafnvel reknar klakstöðvar <sup>89</sup>.

Kína kom næst á eftir Japan í bæði framleiðslumagni og fjölda framleiðenda árið 1996. Kína hefur verið stærsti innflytjandi heims á þurrfóðri sem sérframleitt er fyrir sæeyru. Kórea var þriðja landið þar sem framleiðsla á sæeyrnafóðri var komin af stað árið 1996. Ástralía hóf sína þurrfóðursframleiðslu árið 1996.

Önnur lönd höfðu þá ekki hafið framleiðslu á sértílbúnu fóðri fyrir sæeyru en Nýja Sjáland, Suður Afríka, Bandaríkin, Kanada, Mexíkó, Frakkland, Tæland og Filipseyjar höfðu hafið rannsóknir á þróun þurrfóðurs fyrir sæeyru.

Nýjustu upplýsingar um fóðurframleiðslu eru vandfundnar en staðan í Ástralíu hefur breyst mikið frá því 1996 þar sem nú er bannað að uppskera þara nema í litlu magni vegna verndunaráætlana villtra sæeyrnastofna. Þess vegna eru sæeyru nær eingöngu fóðruð með þurrfóðri í Ástralíu <sup>90</sup>.

---

<sup>89</sup> Fleming, Bameveld og Hone 1996: 7

<sup>90</sup> PRISA, 2006



### 2.4.2. Náttúrulegt fóður

Náttúrulegt fæðuval er mismunandi hjá mismunandi sæeyrnategundum og stjórnast af umhverfi og þeirri fæðu sem fánleg er á hverjum stað <sup>91</sup>. Vitað er að villt sæeyru nærast á fjölmörgum mismunandi tegundum þörunga en samsetning fæðuvals þeirra hefur ekki verið könnuð til hlítar <sup>92</sup>. Þörungar hafa verið mikið notaðir við eldi á sæeyrnaungviði <sup>93</sup> og einhverjar rannsóknir farið fram á næringarinnihaldi þeirra <sup>94</sup>.

Sæeyru geta innbyrt allt að 3,5% af eigin þyngd af þörungum á dag. Þess vegna útheimtir stöðugur vöxtur sæeyrna í eldi mikið magn af þörungum <sup>95</sup>. Til þess að þörungar geti nýst þurfa þeir að vera hæfilega stórir svo að sæeyrnaungviði geti neytt þeirra, eða um 10-100µm að lengd <sup>96</sup>. Þeir þurfa að vera auðmeltanlegir og geta vaxið nægjanlega hratt við þau skilyrði sem sæeyrnaeldið býður upp á. Síðast en ekki síst þurfa þörungarnir að innihalda góða næringarlega samsetningu og vera lausir við eitrefni (sem geta færst upp fæðukeðjuna) <sup>97</sup>.

Þörungar sem notaðir eru sem fóður í sæeyrnaeldi eru ræktaðir í þar til gerðum tönkum eða í sömu eldiskörum og sæeyrun, bæði innan- og utandyra. Gjarna eru notuð næringaraukandi efni s.s. sérstakur áburður svo og rafmagnslýsing til að auka og hraða vexti <sup>98</sup>.

Þörungar í síðari hluta vaxtarfasa (e: *late-logarithmic*) innihalda að jafnaði 30-40 % prótín, 10-20 % fitu og 5-15 % kolvetni<sup>99</sup>. Þegar notaðir eru þörungar í stöðufasa (e: *stationary phase*) þá geta næringarhlutföllin breyst verulega. Til dæmis getur nitur verið takmarkandi vaxtarþáttur og þá getur magn kolvetnis tvöfaldast á

---

<sup>91</sup> Barkai og Griffiths, 1986

<sup>92</sup> Espino og Herrera, 2002: 52

<sup>93</sup> Clarke, 1988

<sup>94</sup> Brown, Jeffrey, Volkman og Dunstan, 1997

<sup>95</sup> Tahil og Juinio-Menez, 1999

<sup>96</sup> Kawamura, Roberts, og Nicholson, 1988

<sup>97</sup> Brown, 2002:

<sup>98</sup> Tredici og Materassi, 1992

<sup>99</sup> Brown, Jeffrey, Volkman og Dunstan, 1997: 268

kostnað prótína<sup>100</sup>. Þess vegna skiptir máli í hvaða fasa ræktin er þegar þörungar eru teknir úr henni til að fóðra sæeyru með.

Athuganir Haliotis á Íslandi<sup>101</sup> hafa leitt í ljós að í eldistönkum þeirra er aðallega að finna botnlæga rauðþörunga (*Rhodophyceae*)<sup>102</sup> og kísilþörunga (*Bacillariophyceae*)<sup>103</sup>. Haliotis á Íslandi framleiðir þörunga innandyra í eldiskörunum sjálfum með lýsingu og viðbætti áburðargjöf. Áburðargjöfin er til þess að auðga þörungana svo að næringarinnihald þeirra verða hagstæðara<sup>104</sup>.

Þegar sæeyrun eru komin af ungviðastigi eru þau að hluta til alin á hrossaþara, beltisþara og sölvum út eldistímann. Hlutfall þara í fóðurgjöf er um 10% af heildar þurrefnisvigt þess fóðurs sem þeim er gefið<sup>105</sup>.

Hrossaþari (*Laminaria digitata*) og beltisþari (*Laminaria saccharina*) eru af brúnþörungaætt sem er algengasta tegund þara í N-Atlantshafi. Brúnþörungar vaxa á hörðum botni allt niður á 40 metra dýpi og einkennast búsvæði þeirra af lagskiptingu í tegunda-samsetningu niður vatnssúluna. Brúnþari getur vaxið mjög hratt eða um 50 cm á dag en er vegna stærðar sinnar viðkvæmur fyrir hreyfingum sjávar og getur því farið illa í vondum veðrum<sup>106</sup>.

Haliotis á Íslandi hefur áætlanir um ræktun á bæði hrossaþara og beltisþara til þess að auka og bæta aðgengi að fóðri fyrir sæeyru óháð árstíma<sup>107</sup>.

Söl (*Palmaria palmata*) eru rauðþörungar sem finna má á grunnsævi og í fjöruborði allt í kringum Ísland. Söl eru venjulega um 20-30 cm að lengd og vaxa aðallega snemma á vorin. Elstu rituðu heimildir á Vesturlöndum um notkun þörunga til manneidis eru úr

---

<sup>100</sup> Harrison, Thompson og Calderwood, 1990

<sup>101</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: óútgefið

<sup>102</sup> Floraislands.is

<sup>103</sup> Castro og Huber, Michael, 2005

<sup>104</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild

<sup>105</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild

<sup>106</sup> Castro og Huber, Michael, 2005: 277- 282

<sup>107</sup> Ásgeir Guðnason, 2004: óútgefið

Egils sögu Skallagrímssonar þar sem talað er um notkun á söllum til mannelis <sup>108</sup>.

Næringarinnihald hrossaþara, beltisþara og sölvu er nokkuð mismunandi. Söl innihalda umtalsvert af prótínum eða að meðaltali um 25% <sup>109</sup> af þurrvigt en getur farið allt upp í 35-47% af þurrvigt og sveiflast prótínnihald með árstíma. Brúnþörungarnir hrossaþari og beltisþari innihalda um 5-15% af prótínum í þurrvigt. Megin hluti næringarinnihalds þara eru kolvetni. Söl innihalda um 44,2% kolvetni og hrossaþari inniheldur um 65% kolvetni <sup>110</sup>.

Fituinnihald í sölvum er um 3,8% af þurrvigt en í hrossaþara er innan við 1% fita af þurrvigt <sup>111</sup>.

Hrossaþari og söl innihalda vítamínin E, C, B12, B6, B3, B og A og einnig má finna í þeim stein- og snefilefni Zn, F, Cr, Co, Mn, I, Na, Fe, P, Mg, K, Ca, Ni, Co, F, Si, Sr, V og Ti <sup>112</sup>

Þrátt fyrir að talið sé að sæeyru vaxi hraðar á þurrfóðri, er mikilvægt að þau fái líka þara því þau taka upp litarefni úr þaranum og binda þau í skelinni. Eins og áður segir er hægt að stjórna litarfari sæeyrnaskelja með því að gefa þeim mismunandi gerðir af þara. Tegundir af brúnþörungum s.s. hrossaþari gefa brúnan lit og dýrin verða rauðleitari að lit þegar þau eru alin á rauðþörungum s.s. sölvum <sup>113</sup>.

---

<sup>108</sup> Námsgagnastofnun, 2006

<sup>109</sup> Murison, 2001

<sup>110</sup> Burtin, 2003: 499-501

<sup>111</sup> Ageless, 2005

<sup>112</sup> Murison, 2001

<sup>113</sup> Leighton, 1961

### 2.4.3. Tilbúið fóður

Líkt og aðrar lífverur þurfa sæeyru fæðu sem sér þeim fyrir orku til hreyfingar svo og nauðsynlegum byggingarefnum. Til að fullnægja næringarþörf sæeyrna með tilbúnu fóðri þarf að ýmsu að huga. Í fyrsta lagi er mikilvægt að þekkja magn heildarorku sem fæst úr fóðrinu. Í öðru lagi skipta innbyrðis hlutföll einstakra næringarefna miklu máli svo og magn vítamína, fríar aínósýrur (e: *Supplementation with synthetic amino acids*), magn lípíða, lífsnauðsynlegar fitusýrur, steinefni og snefilefni. Aðrir þættir geta skipt máli og ber þar fyrst og fremst að nefna: aðlöðunarefni (e: *attractants*), bindiefni (hafa áhrif á stöðugleika fóðurs í vatni), fráhrindandi efni og áferð fóðurs <sup>114</sup>.

Fóðurtilraunir hafa verið gerðar á sæeyrum í rúm 40 ár. Fyrstu tilraunirnar voru framkvæmdar í Japan af Ogino og Ohta árið 1963 þar sem rannsökuð voru áhrif prótína af mismunandi uppruna. Niðurstöður sýndu að hægt væri að auka vöxt Enzo sæeyrna (*H. discus*.) með þurrfóðri sem búíð var til úr fiski <sup>115</sup>.

Ári síðar birtu Ogino og Kato niðurstöður frekari fóðurtilrauna sem sýndi að fóður með prótíninnihaldi frá 15-44% gæfi línulegt samband við vaxtaraukningu sæeyrna <sup>116</sup>.

Á sjöunda áratugnum var fræðilega viðurkennt að prótín væri ráðandi þáttur í vexti sæeyrna. Prótín eru jafnframt kostnaðarsamasti efnisþáttur þurrfóðurs og því var talið mikilvægt að leita að ódýrari prótíngjöfum <sup>117</sup>. Árið 1985 birtu Uki, Kemuyama og Watanabe niðurstöður sem sýndu að þurrfóður sem innihélt mjólkurprótínið casein og sojaprótín gæfu mestan vöxt og besta fóðurstuðul fyrir *H. discus hannai*. Samanburðarfóður þeirra voru unnin úr fiskafóðri (hita-meðhöndluðu), korn-glúteín, prótínþykkni úr laufum (e: *leaf*

---

<sup>114</sup> Fallu, 1991: 124-128

<sup>115</sup> Ogino og Ohta, 1963

<sup>116</sup> Ogino og Kato, 1964

<sup>117</sup> Fleming o.fl., 1999: 7

*protein concentrate*), albúmín úr eggjum (e: *egg albumin*) og heilum eggjum<sup>118</sup>.

Framkvæmdar voru frekari tilraunir með breyttum áherslum sem miðuðu að ná fram sem bestum fódurstuðli og sem mestum vexti og finna hagstæðasta prótín magnið út frá því, á meðan fyrri tilraunir miðuðu við að hámarka prótínnýtingu<sup>119</sup>. Uki og samstarfsfélagar fundu út að hagstæðasta prótín magn í fódri væri 20-30 % þegar mjólkurprótín (e: *casein*) væri notað<sup>120</sup>.

Nýlegri rannsóknir styðja þessar niðurstöður en rannsóknarhópur Rhodes Univerisity birti árið 1996 greinar sem sýndu að *H. midae* sýndi betri vöxt ef prótín magn í fódri var frá 27-47%<sup>121</sup>.

Britz og Hecht fundu út árið 1997 að ekki væri línulegt samband á milli prótín magns í fódri og vaxtar lítilla sæeyra (0,2-1g). En í stærri sæeyrum (7-14g) fundu þeir línulegt samband milli prótín magns í fódri og vaxtar. Í þeirri rannsókn var prótín magnið frá 24- 44% af í þurrefni fódurs<sup>122</sup>.

Nýlegar rannsóknir sýna að fiskimjöl sé besti prótínjafinn í sæeyrnafóður, en þetta stangast á við niðurstöður Uki og starfsfélaga hans. Fiskimjöl inniheldur allar nauðsynlegar fitusýrur sem sæeyrun þarfnast og því ekki ólíklegt að þetta sé rétt.

Í nútíma sæeyrnafóðri eru prótínjafar fyrst og fremst fiskimjöl en einnig sojaprótín og mjólkurprótín. Einnig er algengt að fiskimjöli og sojamjöli sé blandað saman. Mjólkurprótín er sjaldnast notað vegna þess hve dýrt það er. Stærsti sæeyrnafóðursframleiðandi heims, Nihon Nosan Kogyo K.K. í Japan, framleiðir sitt fóður úr 15% fiskimjöli og 20% fituskertu sojamjöli<sup>123</sup>.

Ljóst er að þrátt fyrir að fódurþörf sæeyrna hafi verið rannsökuð í fjölda ára þá er þörf fyrir áframhaldandi rannsóknir á því sviði. Sérstaklega er áberandi þegar litið er á meirihluta nútíma

---

<sup>118</sup> Uki, Kemuyama og Watanabe, 1985

<sup>119</sup> Fleming o.fl., 1999: 12

<sup>120</sup> Uki og Watanabe, 1986

<sup>121</sup> Britz, 1996

<sup>122</sup> Britz og Hecht, 1997

<sup>123</sup> Fleming o.fl., 1999: 9

sæyrnafóðurtegunda, að fóðrið inniheldur mismunandi hlutföll næringarefna eða allt frá 20-50% af prótíni og 39-60% af kolvetni <sup>124</sup>. Algengt er að fyrri rannsóknir gefi misvísandi niðurstöður og gæti það skýrt þessi stóru skekkjumörk á prótínmagni. Ennfremur hefur stór hluti nýlegra rannsókna á fóðri fyrir sæeyru fjallað um náttúrulegt fóður. Þetta er að öllum líkindum vegna þess að sæeyrnaeldi hefur aukist í löndum sem ekki hafa aðgengi að þurrfóðri af efnahagslegum ástæðum eða vegna hráefnisskorts fyrir þurrfóður.

Nýjustu rannsóknir á þurrfóðri sæeyrna hafa helst fjallað um hlutfall og samsetningu lípíða í fóðri. Niðurstöður þeirra rannsókna sýna að aukið hlutfall fitu í fóðri dragi úr vexti sæeyrna (*Haliothis asinina L.*) <sup>125</sup>. Algengast er að sæyrnafóður innihaldi 1,5-5,3% lípíð <sup>126</sup>.

Á undanförunum árum hefur orðið mögulegt að blanda fríum amínósýrum í fóður vegna mikils framleiðsluframboðs og hagkvæms verðlags á amínósýrunum lysine, methionine, threonine og tryptophan.

Fríum amínósýrum hefur aðalega verið blandað í sæyrnafóður í Ástralíu, Suður Afríku og Kína. Einkum hefur amínósýrunni lysine bætt í fóður (3%) sem hefur hátt hlutfall sojamjöls til fæðubóta.

Mælt hefur verið með frekari rannsóknum á fríum amínósýrum og hvert hlutfallslegt magn ætti að vera í sæyrnafóður því magn þeirra hefur verið ákvarðað úr amínósýrumagni sæeyrna en ekki með fóðurtilraunum <sup>127</sup>.

Mikið vantar á rannsóknir á vítamín- og steinefnaþörf sæeyrna. Framleiðendur hafa því stuðst við rannsóknarniðurstöður á laxi og silungi til ákvörðunar á magni vítamín- og steinefna í sæyrnafóður. Vítamín og steinefni sem bætt er í sæyrnafóður er að meðaltali 1,5% af heildarþyngd fóðursins <sup>128</sup>.

Gerðar hafa verið tilraunir á fóðri sem í var blandað mismunandi tegundum þara og ýmsum kryddblöndum. Slík fóður átti

---

<sup>124</sup> Fleming o.fl., 1999: 45

<sup>125</sup> Thongrod, Tamtin, Chairat og Boonyaratpalin, 2003

<sup>126</sup> Fleming o.fl., 1999: 45

<sup>127</sup> Fleming o.fl., 1999: 10

<sup>128</sup> Uki, og Watanabe, 1992

að höfða betur til sæeyrna en venjulegt þurrfóður, því illa gekk að fá sæeyru til þess að éta þurrfóður <sup>129</sup>.

Þær ráðstafanir þóttu ekki skila nægjanlegum árangri því nóg þykir að venja ungviði á þurrfóður snemma á lífsleiðinni til að þau éti tilbúið fóður á seinni vaxtastigum <sup>130</sup>.

Sæeyru eru talin hægfara dýr bæði í ferðum og atferli. Þess vegna hefur verið talið mikilvægt að sæeyrnafóður leysist hægt upp í eldisvökva og nái að viðhalda næringarinnihaldi sem óbreyttustu í a.m.k. tvo sólarhringa. Til þess að vatnsleysni sæeyrnafóðurs verði sem minnst þarf að blanda í það sérstökum bindiefnum svo sem gelatín (matarlím), agar (matarlím unnið úr þörungnum), sterkju, maís-glúteín og semolín hveiti (inniheldur mikið glúteín). Hinsvegar eru bindiefni dýr og framleiðendur eru tregir til að gefa upp magn bindiefna í fóðri. Þeir framleiðendur sem gefa upp hvaða bindiefni þeir nota eru ósammála um tegund og magn bindiefna sem hentugast er að nota. Ennfremur hefur framleiðsluáferð fóðursins áhrif á bindieigineika <sup>131</sup>.

Ýmsir eldisaðilar, fóður- og mjólkurframleiðendur, opinberir aðilar og rannsóknastofnanir hafa unnið að þróun sæeyrnafóðurs. Heildar árangur hefur ekki verið nægjanlega góður því algengt er að fóður sé þróað án viðunandi þekkingar á næringarþörf sæeyrna. Japanir hafa þó staðið sig hvað best og hafa japanskir fóðurframleiðendur stundað fóðurrannsóknir síðan á fimmta áratug síðustu aldar. Í dag eru sex japanskir fóðurframleiðendur sem selja sértilbúið sæeyrnafóður sem flokkað er sem hágæða fóður.

Mikilvægt er að áframhald verði á fóðurrannsóknum til þess að auka hagkvæmni og arðsemi sæeyrnaeldis.

---

<sup>129</sup> Harada, 1992

<sup>130</sup> Britz, 1996

<sup>131</sup> Fleming o.fl., 1999: 16

#### 2.4.4. Fóðurgjöf í eldi

Fæða sæeyrnalirfa og ungviðis í eldi eru örþörungar sem ræktaðir eru í sömu kerum og sæeyrun <sup>132</sup>.

Inngrip verður í lífsferil sæeyrna miðað við náttúrulegar aðstæður þegar ungviði hafa lokið botnnámsstigi u.þ.b. þriggja mánaða gömul. Þá er þeim gefið tilbúið fóður í þrjá til sex mánuði <sup>133</sup>. Ef sæeyru eru ekki vanin á að éta tilbúið fóður snemma á lífsleiðinni munu þau ekki líta við því seinna á lífsleiðinni og einungis þýðir að bjóða þeim þörunga og þara <sup>134</sup>.

Dýrum í áframeldi er gefin blanda af tilbúnu fóðri og þara þar til þau hafa náð markaðsstærð <sup>135</sup>. Ástæða þess að sæeyru eru bæði alin á tilbúnu fóðri og þara er sú að í þara eru litarefni sem sæeyrað tekur upp og hefur áhrif á litarfar skeljarinnar. Ef sæeyru fá ekki þessi litarefni verða skeljarnar litlausar og gæti haft áhrif á verðmæti þeirra á mörkuðum. Því er mikilvægt að líta á sæeyru, ekki einungis sem matvæli sem gleðja bragðlaukana, heldur verða skeljar þeirra líka að gleðja augun <sup>136</sup>.

Í eldi éta sæeyru um 3-5% af eigin líkamsþyngd daglega <sup>137</sup>. Þess vegna er mikilvægt að dýrunum sé gefið innihaldsríkt fæði sem gerir þeim kleift að vaxa hratt og örugglega. Rannsóknir sýna að með tilbúnu fóðri næst hraðari vöxtur en með fóðrun á þara. Þetta er vegna þess að í þurrfóðri er bæði meira magn meltanlegrar orku (e: *Gross Energy*) og hagstæðara hlutfall af prótínum samanborið við þörunga <sup>138</sup>.

Ekki er nóg að einblína einungis á heildarmagn meltanlegrar orku í fæði sæeyrna, því mikilvægt er að fæðan innihaldi sem hagstæðust hlutföll næringarefna. Sérstaklega þarf að huga að hlutfalli prótína því þau hafa reynst vera takmarkandi þáttur fyrir vöxt

---

<sup>132</sup> Ásgeir Guðnason, óútgefin: 7

<sup>133</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>134</sup> Ingvar Nielsson, 1993

<sup>135</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>136</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2005: munnleg heimild.

<sup>137</sup> Ingvar Nielsson, 1993

<sup>138</sup> Bautista-Teruel og Millamena, 1999: 117



sæeyrna<sup>139</sup>. Auk þess hefur tilbúið þurrfóður lengri geymslutíma en þari og því auðveldara að nálgast það eftir þörfum<sup>140</sup>.

#### 2.4.5. Vaxtarhraði sæeyrna

Ekki hafa verið gerðar margar fódurtilraunir á sæeyrum þar sem tilbúið fóður hefur verið notað. Auk þess er erfitt að gera samanburð á niðurstöðum tilrauna vegna breytilegra þátta sem geta haft afgerandi áhrif á vaxtarhraða sæeyrna. Helst má nefna hitastig eldisvökva, upphafsstærð dýra, þéttleika í eldisumhverfi, kynþroska, árstíma og lengd tilraunanna. Síðast en ekki síst er hæpið að gera samanburð á vexti og vaxtarhraða sæeyrna af mismunandi tegundum<sup>141</sup>.

Sæeyrnaframleiðendur reyna að ná fram tveggja til þriggja millimetra vexti á mánuði ( $67-100 \mu\text{m dag}^{-1}$ ) til þess að sæeyru nái 50 mm stærð á tveimur árum og um 70-80 mm á þremur árum. Í styttri fódurtilraunum (< 70 dagar) hefur þeim skilyrðum verið náð en í langtímatilraunum (> 160 dagar) hefur meðalvöxtur sæeyrna reynst mun minni eða um helmingi hægari en stuttar fódurtilraunir hafa gefið til kynna<sup>142</sup>.

Af þessu að dæma er ákveðin skekkja í niðurstöðum á vaxtarhraða sæeyrna á milli fódurrannsókna og þess sem gerist í sjálfu eldinu. Margar ástæður geta legið þar að baki en helst er talið að erlendis hafi of hár hiti á eldisvökva mest áhrif<sup>143</sup>.

---

<sup>139</sup> Felming, 1999: 279

<sup>140</sup> Bautista-Teruel og Millamena, 1999: 118

<sup>141</sup> Viana o.fl., 1999

<sup>142</sup> Fleming o.fl., 1996: 25-28

<sup>143</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild

## 3. Aðferðir

### 3.1. Uppsetning og framkvæmd tilraunar

Framkvæmd var fódurtilraun í þremur hlutum þar sem fimm mismunandi fódurgerðir (F-1 – F-5) voru prófaðar í eldisaðstöðu Haliotis á Íslandi. Verkbáttum tilraunarinnar var skipt í fimm þætti.

- i. Fódursamsetning tilraunafóðurs var ákvörðuð af Dr. Jóni Árnasyni, fódurfræðingi Laxá h.f.
- ii. Framleiðsla tilraunafóðurs var í höndum tæknimanna Laxár h.f. og framkvæmd í tilraunaextruder Matvælaseturs Háskólans á Akureyri sem staðsettur er á Dalvík.
- iii. Rannsóknir á eðliseiginleikum fódursins voru framkvæmdar hjá Laxá, Haliotis á Íslandi og Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.
- iv. Vaxtartilraunir voru framkvæmdar hjá Haliotis á Íslandi ehf. og fóru fram í þrítækningu (þ.e. hvert fóður gefið í þremur eldiseiningum).
- v. Greining á rannsóknargögnum og framsetning niðurstaðu var gerð af höfundum þessa verkefnis.

### 3.2. Framleiðsla tilraunafóðurs og fóðursamsetning

Framleiðsla tilraunafóðurs var í höndum Fóðurverksmiðjunnar Laxá h.f. á Krossanesi. Næringarhlutföll voru ákvörðuð af Dr. Jóni Árnasyni fóðurfræðingi Laxár h.f.

Framleiðsla (e: *extruder*) fóðursins fór fram í tilrauna-extruder Matvælaseturs Háskólans á Akureyri sem staðsettur er á Dalvík og var framkvæmd af tæknimönnum Laxár. Fóðrið var framleitt við mjög vægan hita og skorið í níu millímetra flögur. Framleiddar voru fimm mismunandi fóðurlöndur sem innihéldu mismunandi prótínmagn (Tafla 1).

Fóðrið var sett saman úr semulina hveiti, soja, síldarmjöli, þamjoli, gelatíni, steinefnablöndu, vítamínblöndu, lýsi og salti <sup>144</sup>.

Tafla 1. Áætlað prótínmagn í tilraunafóðri.

Fóður	Hráprótín (%)
F-1	30
F-2	35
F-3	40
F-4	45
F-5	50

<sup>144</sup> Fóðurverkmiðjan Laxá h.f. 2005: óútgefið

### 3.3. Efnagreiningar tilraunafóðurs

Mælingar á heildar næringarhlutfalli hráprótína, fitu og ösku ásamt útreikningum á magni kolvetna í þurrefni og orkuinnihaldi tilraunafóðurs (e: *GE, gross energy*) voru framkvæmdar/ir af Ingibjörgu Jónsdóttur stofustjóra efnastofu Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins.

Hráprótín magn tilraunafóðurs var ákvarðað með Kjeldahl-aðferð í mjöli, fódurafurðum og fiski (e: *Method for analysing protein in fish or fish meal*). Aðferðin er stöðuluð eftir ISO 5983-2 frá árinu 2005. Mæliskekkja Kjeldahl-aðferðarinnar er  $\pm 0.4$ .

Ákvörðun fitu í tilraunafóðri var framkvæmd með staðlaðri OACS-aðferð (e: *Method for analysing total fat in fish and fish meal*). Mæliskekkja aðferðarinnar er  $\pm 0.4$ .

Ákvörðun á vatnsmagni í tilraunafóðri var framkvæmd með staðli ISO 6496 frá árinu 1999 (e: *Method for analysing water in fish meal or fish*). Mæliskekkja aðferðarinnar er  $\pm 0.4$ .

Ákvörðun á ösku í tilraunafóðri var framkvæmd með staðli ISO 5984 frá árinu 2002 (e: *Method for analysing ash in fish meal and feed*). Mæliskekkja aðferðarinnar er  $\pm 0.5$ <sup>145</sup>.

Magn kolvetna í tilraunafóðri var reiknað út frá mældum gildum prótína, fitu, vatni og ösku. Aðferðin er einföld nálgun en ekki nákvæm mæling og getur þ.a.l. innihaldið mæliskekkju. Magn kolvetna er þyngdarmismunurinn á tilraunafóðri og samanlagðri þyngd prótína, fitu, vatns og ösku.

Heildar orka (e: *GE*) er reiknuð út frá orkuinnihaldi mismunandi næringaþátta í fóðri: fita 39,5 MJ/kg, prótín 23,7 MJ/kg og kolvetni 17,2 MJ/kg.

---

<sup>145</sup> Rannsóknastofa fiskiðnaðarins, 2006

### 3.4. Þurrefnistap tilraunafóðurs

Stöðugleiki tilraunafóðurs var rannsakaður til að kanna hlutfallslegt þurrefnistap fóðurs í sjó. Stöðugleiki var rannsakaður við þrjár mismunandi aðstæður: í sjóvatni í 24 klst, í saltvatni í 48 klst og í eldisvökva, þ.e. við sömu aðstæður og fóðurtilraunin var framkvæmd, í 48 klst.

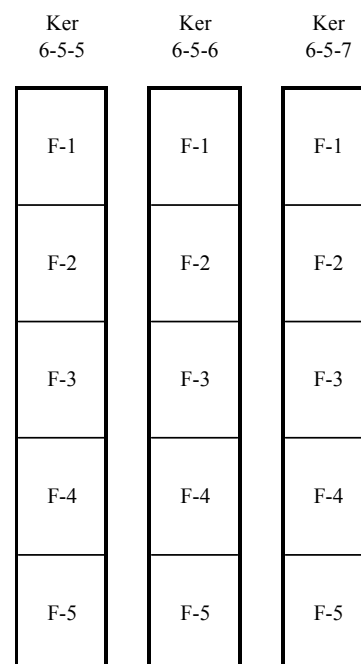
Vatnsinnihald var ákvarðað í tilraunafóðri til að finna þurrefnisinnihald og síðan var fóðurköggjum komið fyrir sjó, saltvatni og eldisvökva. Eftir fyrirfram ákveðinn tíma (24 og 48 klst) var tilraunafóðrið fjarlægt úr vökvanum, viktað og þurrefnisinnihald þess ákvarðað. Hlutfallslegt þurrefnistap var ákvarðað út frá mismun á þyngd þurrefnisinnihalds fyrir og eftir bleytingu.

Rannsóknir á þurrefnistapi tilraunafóðurs voru framkvæmdar af Dr. Jóni Árnasyni fóðurfræðingi Laxá h.f. og Ásgeiri Guðnasyni.

### 3.4. Vaxartilraunir

Vaxtilrauninni var skipt í þrjá hluta: tilraun I, tilraun II og tilraun III. Allar tilraunirnar fóru fram í þrítekningu þ.e. hver fóðurgerð var gefin í þrjár eldiseiningar.

Í öllum tilraunum var dýrunum skipt í 15 hópa sem komið var fyrir í jafnmörgum tilraunaeyningum. Hver endurtekning var höfð í sér eldiskari þ.e. fimm eldiseiningar voru hafðar í einu kerri og notuð voru þrjú ker (mynd 11.).



Mynd 11. Uppsetning eldiseininga í fóðurtilraunum.

Hver tilraunaeining samanstóð af plastbakka af stærðinni 40x60 cm að ummáli. Plastbökkunum var komið fyrir í eldisker og var dýpt um 10 cm. Lýsing var höfð á 8 klst. á dag með hefðbundnum flúorperum. Eldisvökvi var hreinn sjór úr Eyjafirði sem hitaður var upp með varmaskiptakerfi sem byggist á heitu borholuvatni. Hitastig eldisvökva var 15 °C og var hitastigið undir stöðugu eftirliti sjálfvirka hitamæla. Andrúmsloft var dælt í eldisvökvann til þess að metta hann af súrefni.

Ekki var notaður við fastur tímarammi í framkvæmd tilraunanna, heldur fóru mælingar fram þegar sæeyrun höfðu náð að minnsta kosti að tvöfalda þyngd sína frá upphafi tilrauna.

Til þess að tilraunirnar hefðu sem minnst áhrif á sæeyrun og endurspegluðu sem best almennan eldisferil, voru þau alin samkvæmt aðferðum Haliotis á Íslandi og var allri meðhöndlun haldið í lágmarki.

Fóðurgjöf fór fram á virkum dögum og var sama fóðurmagn gefið á sama tíma í allar eldiseiningar. Fóðurgjöf var með þeim hætti að gefið var ögn meira fóður en sæeyrun gátu í sig látið til þess að þau hefðu alltaf aðgang að fõðri. Fóðurléifar voru hreinsaðar vikulega. Í öllum tilraunum var fóðurgjöf samtals 143,5 g í hverja eldiseiningu á þeim tíma sem hver tilraun tók.

Þegar mælingar voru framkvæmdar voru dýrin svæfð með svefnlyfinu phenoxy etanol. Lyfið svæfir dýrin á fimm til tíu mínútum og auðveldar meðhöndlun sæeyrna því án svefnlyfsins getur verið erfitt að fjarlægja dýrin úr eldisumhverfinu, þar sem þau sjúga sig föst við undirlagið. Svefnlyfið er hinsvegar ekki alveg einkennalaust og er þekkt að það geti orsakað þyngdartap og hægt á vexti sæeyrna. Hinsvegar eru kostir svefnlyfsins metnir þyngra en gallar þess <sup>146</sup>.

Framkvæmd mælinga í tilraun I og II fór þannig fram að upphafs- og lokafjöldi dýra var talinn og samanlögð heildarþyngd ákvörðuð. Meðaltalsþyngd hvers dýrs var fengin með því að deila heildarþyngd dýranna í heildarfjölda. Í tilraun III voru öll dýrin talin, vigtuð og lengdarmæld.

---

<sup>146</sup> Ásgeir E. Guðnason, 2006: munnleg heimild

Ef dýr drápu eða yfirgáfu eldisumhverfi sitt voru þau fjarlægð úr tilrauninum. Slík fækkun var reiknuð sem tap.

Tilraun I hófst 8. desember 2003 og stóð til 26. apríl 2004. Gerðar voru tvær mælingar. Fyrri mælingin (hluti a) fór fram 8. mars, eftir að tilraunin hafði staðið í 91 dag og seinni mælingin fór fram í lok tilraunarinnar (hluti b), þegar tilraunin hafði staðið í samtals 140 daga. Samanlagðar niðurstöður úr hluta a og b verða héðan í frá kallaðar hluti c. Í tilraun I voru 600 sæeyru í hverjum eldishóp eða samtals 9000 dýr. Heildarþyngd hvers eldishóps var 11 g og var meðalþyngd hvers sæeyra 0,018 g í upphafi tilraunar (Viðauki 8).

Tilraun II hófst 27. apríl 2004 og stóð til 24. ágúst 2004 eða samtals í 119 daga. Upphafsfjöldi sæeyrna í tilraun II var 1530 stk. sem skipt var í 15 eldiseiningar með 102 sæeyrum í hverri einingu. Heildarþyngd hvers hóps var að meðaltali 31,6 g og var meðalþyngd hvers sæeyra 0,31 g við upphaf tilraunar (Viðauki 8).

Tilraun III hófst 2. september 2004 og stóð til 11. nóvember 2004 eða samtals í 69 daga. Upphafsfjöldi sæeyrna í tilraun III var 900 stk. sem skipt var í 15 eldiseiningar. Heildarþyngd hvers hóps var að meðaltali  $230 \pm 8,5$  g og var meðalþyngd hvers sæeyra  $3,83 \pm 0,14$  g við upphaf tilraunar (Viðauki 8).

Tilraun III var frábrugðin hinum tilrauninum að því leyti að fódri F-1 var skipt út fyrir fódur F-4 + þara, þ.e.a.s gefinn var hrossaþari með fódri F-4.

### 3.5. Tölfræðiúrvinnsla

Vaxtarhraði sæeyrna var ákvarðaður út frá vaxtargögnum sem umbreytt var á form náttúrulegs lógariþma (e: *natural log transformed weight data*). Sú eining kallast SGR (e: *specific growth rate*) og gefur hlutfallslega þyngdaraukningu á tilraunatímanum. Reikniformúlan fyrir er SGR er:

$$\frac{(\ln(\text{þyngd } 2) - \ln(\text{þyngd } 1))}{\text{dagafjöldi}} * 100$$

Í hverri tilraun voru gildin á SGR borin saman við prótínmagn tilraunafóðurs með aðhverfsgreingu (e: *linear regression*) með 95% óvissumörkum ( $P < 0.05$ ) til þess að skoða hvort tölfræðilega marktækt samband væri á milli aukins prótínmagns í tilraunafóðri og vaxtarhraða.

Til þess að athuga hvort fódurtegundirnar gæfu tölfræðilega marktækan mun á vexti og hvort marktækur munur var á milli þurrefnistaps tilraunafóðri, var notað ANOVA-próf (e: *one way ANOVA*) með 95% óvissumörkum ( $P < 0.05$ ) og Tukey's-próf (e: *Tukey's range test*<sup>147</sup>) með 95% óvissumörkum ( $P < 0.05$ ). Til þess að finna hvort tölfræðilega marktækur munur væri á milli fódurgerðar F-4 þegar því var gefið með og án þara, var notað F-próf.

Öryggismörk sem teiknuð eru inn á skýringarmyndir eru útreiknuð staðalskekkja út frá meðaltalsmælingum.

---

<sup>147</sup> Lowry, 2006



## 4. Niðurstöður

### 4.1. Eðliseiginleikar tilraunafóðurs

Tafla 2. Næringarefnasamsetning tilraunafóðurs úr efnagreiningu.

Fóður	Hrá prótín í þurrefni (%)	Fita í þurrefni (%)	Aska í þurrefni (%)	Kolvetni í þurrefni (%)	Reiknað GE* per. kg þurrefni (MJ/kg)
F-1	30.59	6.62	12.36	50.43	18.54
F-2	35.22	6.72	18.68	39.38	17.78
F-3	39.87	6.68	23.33	30.12	17.27
F-4	45.35	5.35	24.06	25.24	17.20
F-5	48.23	6.22	22.83	22.72	17.79

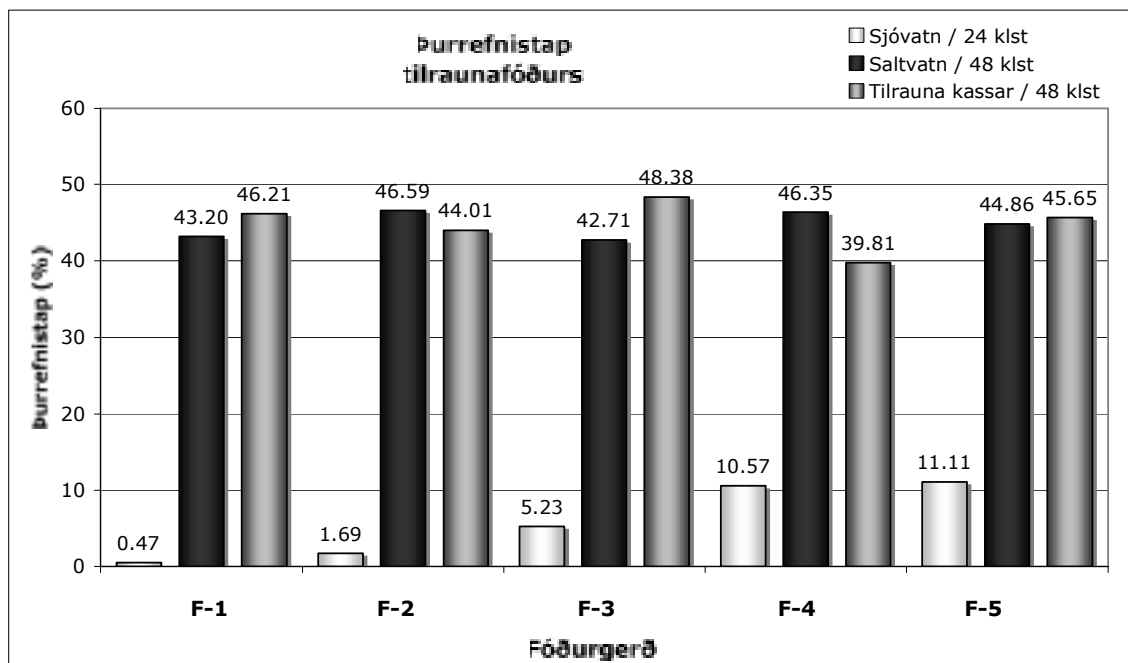
\*GE (e: *gross energy*). Orkuinnihald.

Niðurstöður mælinga á næringarefnasamsetningu tilraunafóðurs sýna að efnagreint næringarinnihald, og þá sérstaklega magn prótíns er mjög nálægt því sem áætlað var (e: *formulated*). Einungis tilraunafóður F-5 inniheldur 1,77% minna prótín magn en áætlað var en prótín magn hinna fóðurgerðanna skeikar innan við 1% frá upphaflega áætluðu prótíninnihaldi.

Fituinnihald er nokkuð jafnt á milli fóðurgerða. Aðeins sker fóður F-4 sig úr með nokkuð minna fituinnihald samanborið við hinar fóðurgerðirnar.

Kolvetnismagn fóðurs minnkar við aukið prótín magn og er meiri munur á kolvetnisinnihaldi á milli fóðurgerða F-1, F-2 og F-3 en á milli fóðurgerða F-3, F-4 og F-5. Þrátt fyrir það er heildarorkuinnihald allra fóðurgerða nokkuð svipað. Mest er orkuinnihaldið í fóðri F-1 en minnst í F-4.

## 4.2. Þurrefnistap tilraunafóðurs



Mynd 12. Hlutfallslegt þurrefnistap tilraunafóðurs eftir 24 og 48 klst í vökva.

Þurrefnistap tilraunafóðurs í sjóvatni í 24 klst. eykst marktækt með auknu prótíninnihaldi ( $P < 0,05$ ) og er mesta aukning á þurrefnistapi á milli fóðurs F-3 og F-4 þar sem þurrefnistapið tvöfaldast á milli fóðurtegunda. Því er ýmislegt sem bendir til að prótínmagn yfir ákveðnum mörkum ( $\geq 35\%$ ) hafi áhrif á þurrefnistap. Þó skal tekið fram að þessi mæling fór fram við herbergishita og engin hreyfing var á sjóvatninu þegar tilraunin var gerð.

Þurrefnistap fóðurgerða í saltvatni í 48 klst. með engri hreyfingu er mjög líkt því sem á sér stað við eldisaðstæður (í tilraunakössum). Um marktækan mun á milli þessara aðstæðna var ekki að ræða ( $P < 0,05$ ).

Þurrefnistap var mest í fóðri F-3 við eldisaðstæður í 48 klst og minnst í fóðri F-5 við eldisaðstæður í 48 klst.

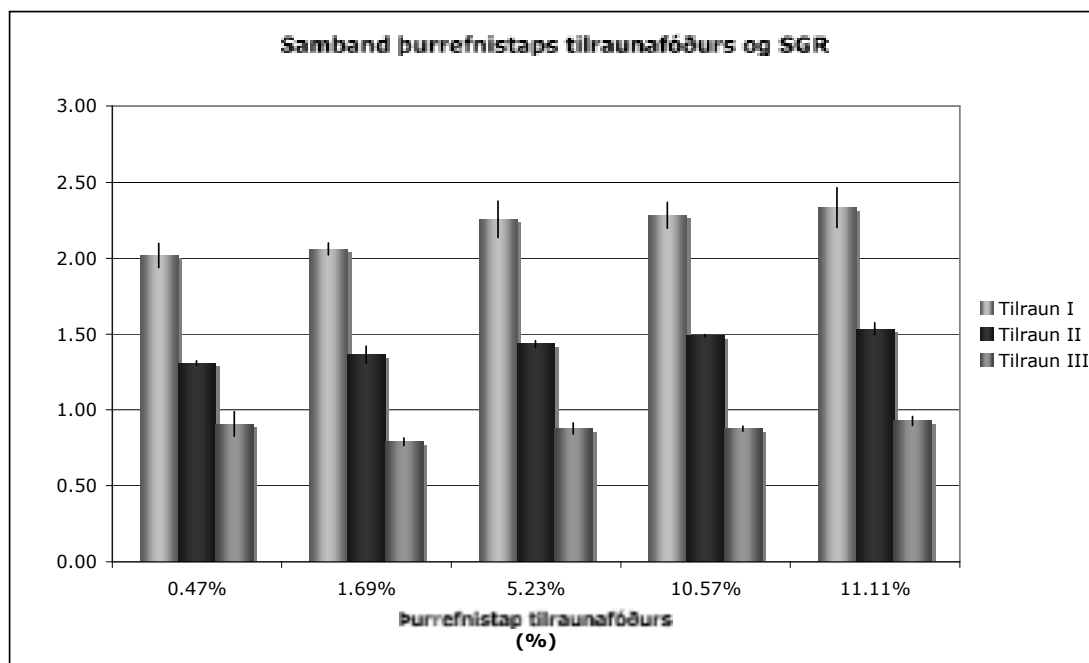
Ljóst er að umtalsvert þurrefnistap verður á öllum fóðurgerðunum eftir að hafa legið í bleyti í tvo sólarhringa, eða frá 39,8 og allt upp í 47,7 % þurrefnistap.

Ef gerður er samanburður á þurrefnistapi við 24 klst. og 48 klst, sést að munurinn er umtalsverður. Þurrefnistap er að meðaltali 5,8 % við 24 klst. en 44,7 % í saltvatni og 44,8 % í eldisaðstæðum við 48 klst.

Af þessum mælingum má sjá að í eldi getur tapast umtalsvert magn af næringarefnum ef gefið er sjaldan og mikið í einu, þ.e. ef fóðrið nær að leysist upp og dýrmæt næringarefni leysast tapast.

Vegna þess að tölfraðilega marktæk samband er á milli prótíninnihalds tilraunafóðurs og þurrefnistaps í sjóvatni við 24 klst, var gerður samanburður á því hvort þurrefnistap sé að rýra gæði tilraunafóðurs og þannig hafa áhrif á vöxt. Á mynd 13 sést að þrátt fyrir aukið þurrefnistap þá mældist tölfraðilega marktæk aukning á vexti ( $P < 0,05$ ; Tilraun I;  $P = 0.00001$ , tilraun II;  $P = 0.000005$ , tilraun III;  $P = 0.00023$ ).

Taka verður fram að í öllum tilraununum höfðu sæeyrun ávalt aðgengi að fóðri.



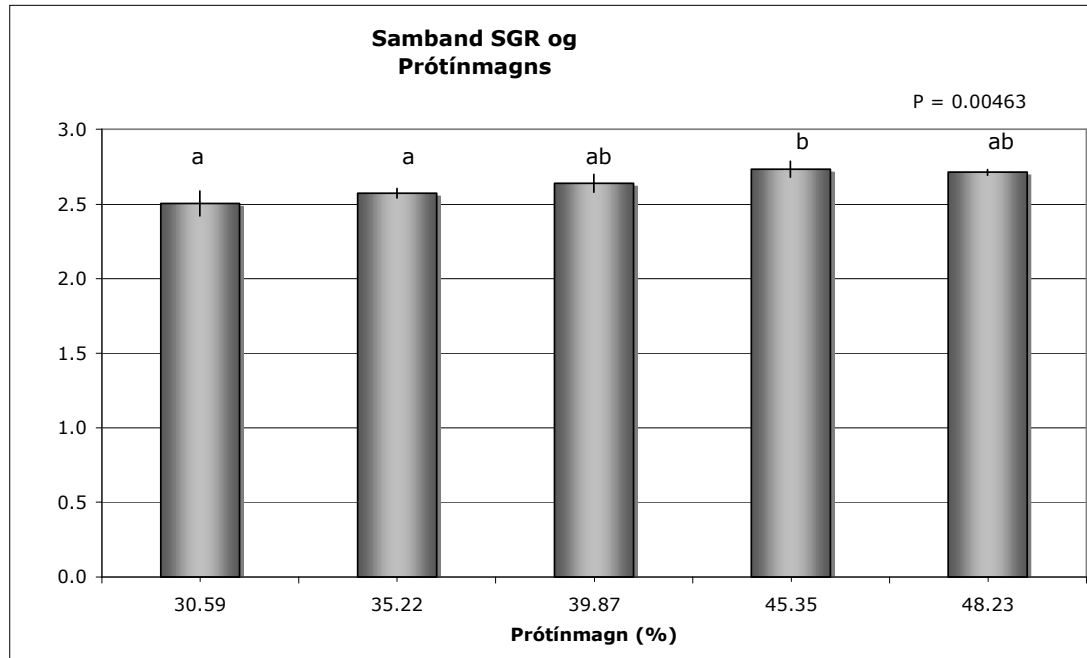
Mynd 13. Samband þurrefnistaps tilraunafóðurs og SGR.

### 4.3. Vaxartilraun I

Niðurstöður úr a hluta tilraunar I eru úr mælingum eftir að tilraun I hafði staðið í 91 dag. Tölfræðilega marktækt samband var á milli aukins prótínagns í fóðri og vaxtar ( $P = 0,00463$ ), sem þýðir að vöxtur eykst með auknu prótínagni í fóðri. Hinsvegar náðist mest hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR =  $2,73 \pm 0,05$ ) með fóðri F-4

Tafla 3. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (a).  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóðurgerð	SGR
F-1	2,505 <sup>a</sup> ± 0,084
F-2	2,574 <sup>a</sup> ± 0,031
F-3	2,641 <sup>ab</sup> ± 0,060
F-4	2,734 <sup>b</sup> ± 0,052
F-5	2,714 <sup>ab</sup> ± 0,019



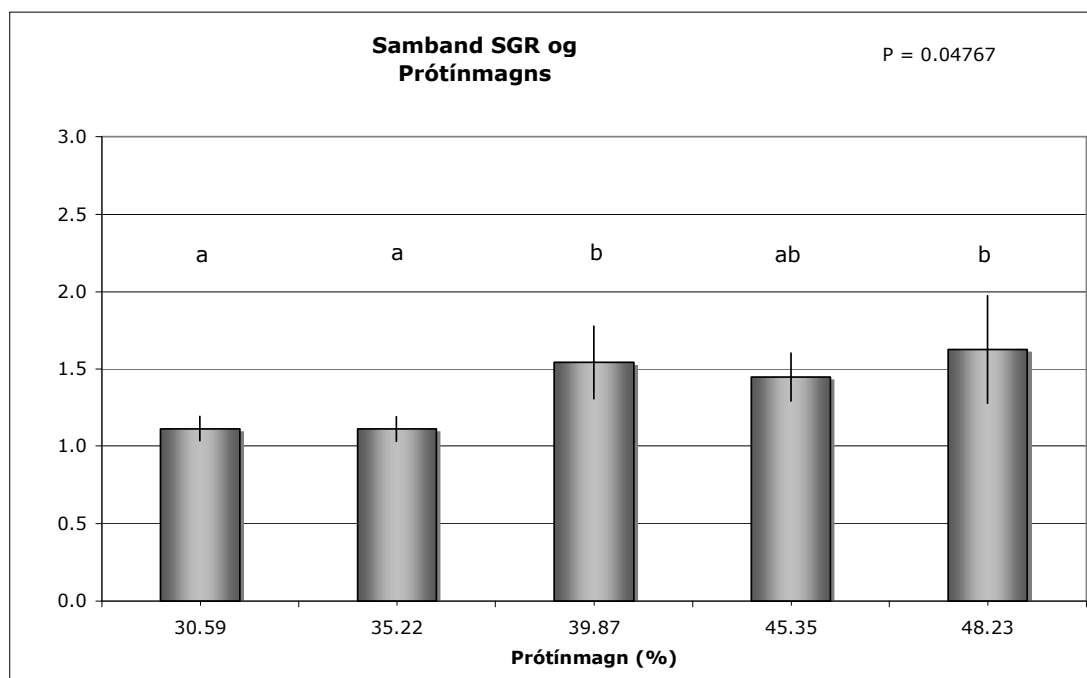
Mynd 14. Samband SGR og prótínagns í tilraun I (a hluta).

<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Niðurstöður úr b hluta tilraunar I eru úr mælingum eftir að tilraun I hafði staðið frá 91. degi til 140. dags eða í 49 daga. Tölfræðilega marktækt samband var á milli aukins prótín magns í fóðri og vaxtar ( $P = 0,04767$ ), sem þýðir að vöxtur eykst með auknu prótín magni í fóðri. Mesta hlutfallslega þyngdaraukningin ( $SGR = 1,626 \pm 0,349$ ) á tímabilinu náðist með fóðri F-5. Hinsvegar var ekki marktækur munur á milli fóðurgerða F-3, F-4 og F-5 sem þýðir að ekki skiptir máli hvort fóður sem gefið var í seinni hluta tilraunar I, innihélt 40%, 45% eða 50% prótín magn.

Tafla 4. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (b).  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóðurgerð	SGR
F-1	1,113 <sup>a</sup> ± 0,078
F-2	1,110 <sup>a</sup> ± 0,080
F-3	1,541 <sup>b</sup> ± 0,236
F-4	1,446 <sup>ab</sup> ± 0,154
F-5	1,626 <sup>b</sup> ± 0,349



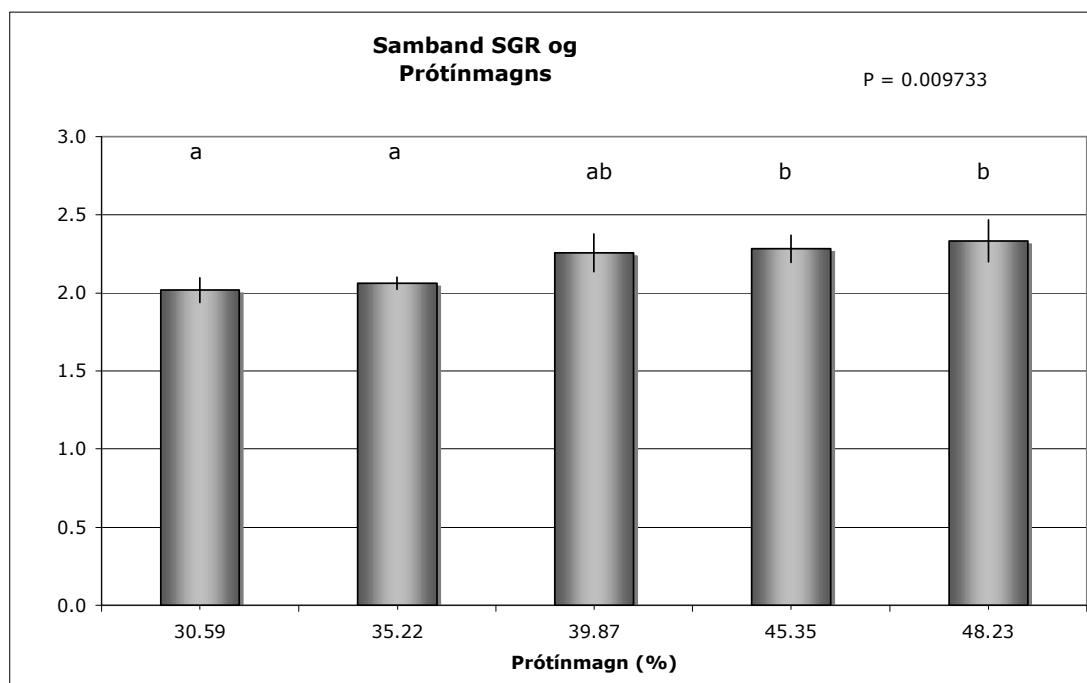
Mynd 15. Samband SGR og prótín magns í tilraun I (b hluta).

<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Niðurstöður úr c hluta tilraunar I sameina mælingar úr hluta a og b. og sýna hlutfallslega þyngdaraukningu alla 140 dagana sem tilraun I stóð yfir. Tölfræðilega marktækt samband var á milli aukins prótínmagns í fóðri og vaxtar ( $P = 0,009733$ ), sem þýðir að vöxtur eykst með auknu prótínmagni í fóðri. Mesta hlutfallslega þyngdaraukningin ( $SGR = 2,333 \pm 0,134$ ) á tímabilinu náðist með fóðri F-5. Hinsvegar var ekki marktækur munur á milli fóðurgerða F-3, F-4 og F-5 sem þýðir að ekki skiptir máli hvort fóður sem gefið var í tilraun I, innihélt 40%, 45% eða 50% prótín.

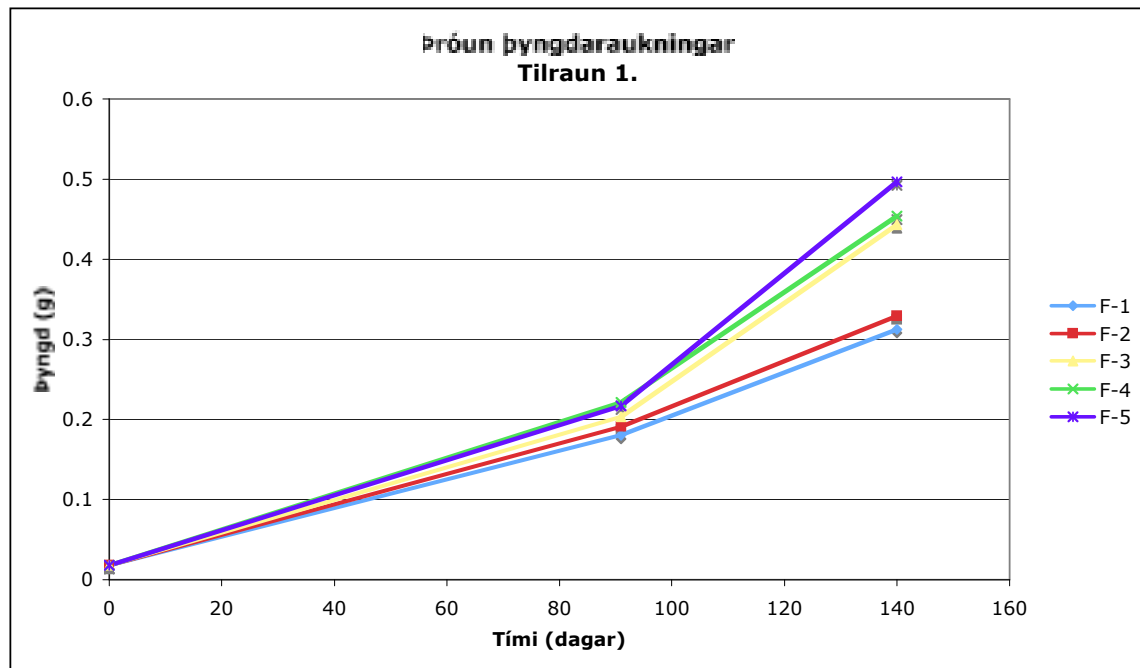
Tafla 5. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun I (c).  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóðurgerð	SGR
F-1	2.017 <sup>a</sup> ± 0.080
F-2	2.062 <sup>a</sup> ± 0.039
F-3	2.256 <sup>ab</sup> ± 0.121
F-4	2.283 <sup>b</sup> ± 0.085
F-5	2.333 <sup>b</sup> ± 0.134



Mynd 16. Samband SGR og prótínmagns í tilraun I (c hluta).

<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).



Mynd 17. Þyngdaraukning á tilraunartímabili tilraunar I.

Þróun þyngdaraukningar sæeyrna í tilraun I er sýnd á mynd 15. Fyrstu 91 dagana (hluti a) gáfu fóður F-4 og F-5 bestan vöxt. Síðari hluta vaxtartímabilsins (hluti b) sést betur að fóður F-1 og F-2 gefa ekki jafn góðan vöxt og fóður F-3, F-4 og F-5.

Svo virðist fóður F-5 skeri sig úr hvað varðar vöxt en þegar tölurnar á bak við myndina eru skoðaðar kemur í ljós að vegna fjölda dýra að baki hverjum punkti (upphaflega 600 dýr) gerir staðalskekkja það að verkum að ekki er um að ræða marktækan mun á þyngdaraukningu þegar fóðrað var með fóðri F-4 og F-5. Litlu munaði að fóður F-3 hefði verið flokkað í sama flokk og fóður F-4 og F-5, því aðhvarfsgreining gaf slíkt til kynna en með Tukey's-prófi mældist marktækur munur þar á milli.

Samantekt á tölulegum niðurstöðum má finna í töflu 6.

Tafla 6. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun I.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóður	F1	F2	F3	F4	F5
Fjöldi dýra í eldiseiningu	600	600	600	600	600
Fjöldi endurtekninga	3	3	3	3	3
Dagafjöldi huti a	91	91	91	91	91
Dagafjöldi hluti b	49	49	49	49	49
Upphafsbýngd (g)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Býngd eftir 91 dag (g)	0.18	0.19	0.20	0.22	0.22
Loka býngd (g)	0.31	0.33	0.44	0.45	0.50
SGR hluti a	2.50 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	2.64 <sup>ab</sup>	2.73 <sup>b</sup>	2.71 <sup>ab</sup>
SGR hluti b	1.11 <sup>a</sup>	1.11 <sup>a</sup>	1.54 <sup>b</sup>	1.44 <sup>ab</sup>	1.62 <sup>b</sup>
SGR hluti c	2.02 <sup>a</sup>	2.067 <sup>a</sup>	2.26 <sup>ab</sup>	2.28 <sup>b</sup>	2.33 <sup>b</sup>
Endurheimtur (%)	57.1	69.7	68.3	68.6	77.6

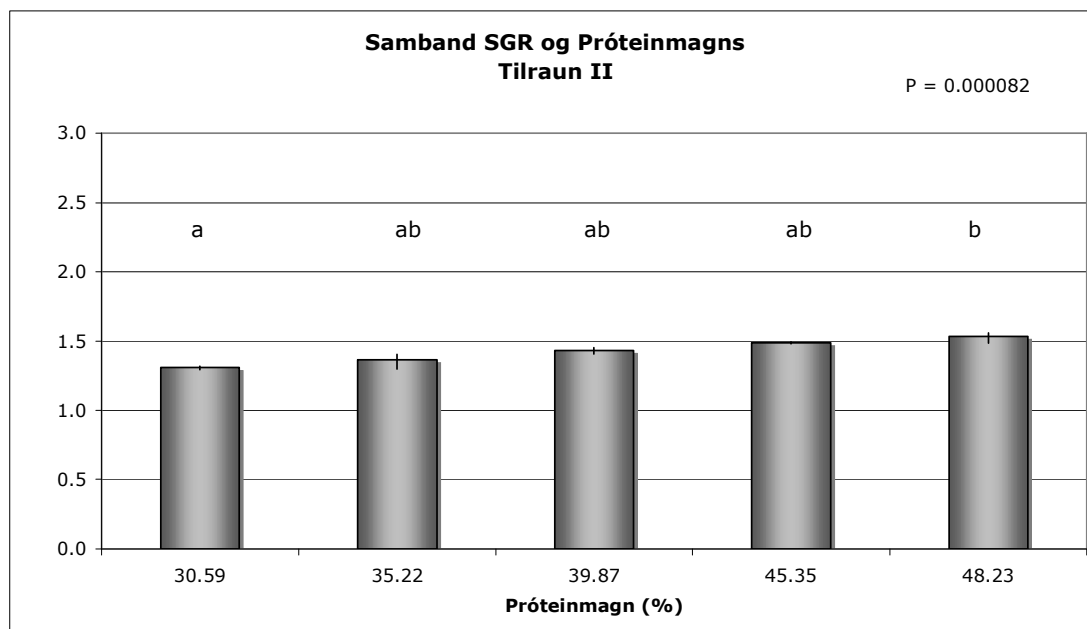


## 4.4. Vaxartilraun II

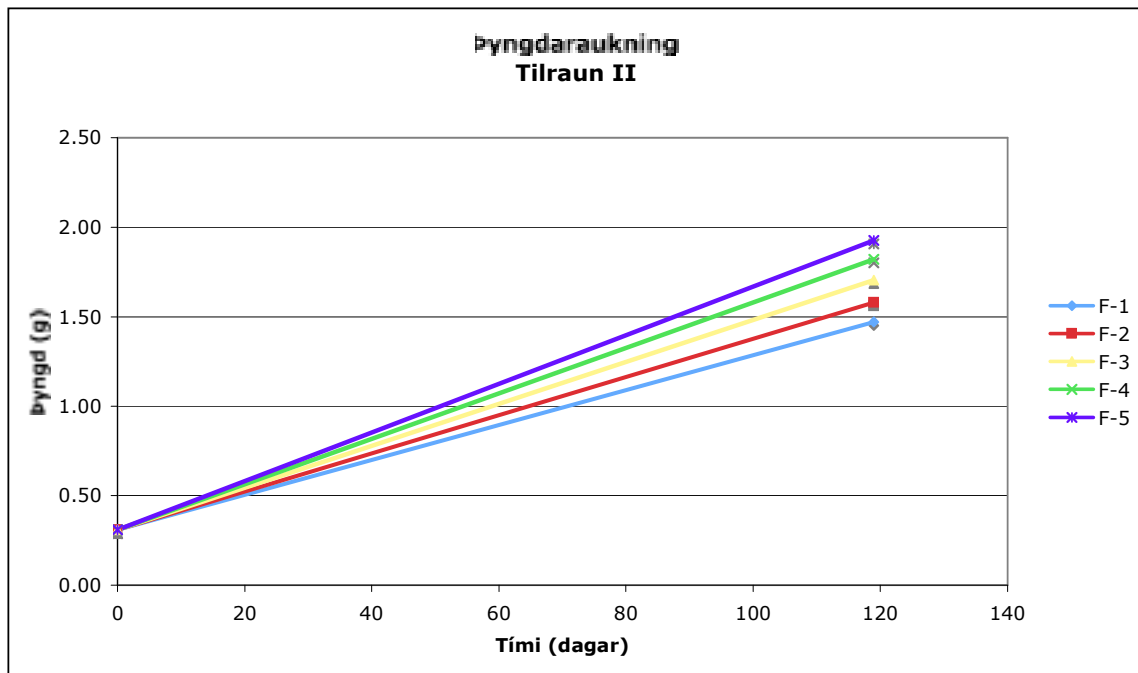
Niðurstöður úr tilraun II sýna að tölfræðilega marktækt samband var á milli aukins prótínmagns í fóðri og vaxtar ( $P = 0,000082$ ) sem þýðir að vöxtur eykst með auknu prótínmagni í fóðri. Mest hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR =  $21,533 \pm 0,041$ ) í tilrauninni náðist með fóðri F-5. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) dýra er sýnd á mynd 16 í þá 119 daga sem tilraun II stóð yfir.

Tafla 7. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun II.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóðurgerð	SGR
F-1	1,309 <sup>a</sup> ± 0,015
F-2	1,365 <sup>ab</sup> ± 0,057
F-3	1,433 <sup>ab</sup> ± 0,024
F-4	1,488 <sup>ab</sup> ± 0,007
F-5	1,533 <sup>b</sup> ± 0,041



Mynd 18. Samband SGR og prótínmagns í tilraun II.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).



Mynd 19. Þyngdaraukning á tilraunartímabilinu (tilraun II).

Munur var á vexti dýra m.t.t. fódurgerða í tilraun II. og fylgdi þróun á þyngdaraukningu hlutfalli prótína í fæðu. Á myndini sést að mismunandi fódurgerðir gefa mismikinn vöxt.

Samantekt á tölulegum niðurstöðum má finna í töflu 8.

Tafla 8. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun II.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

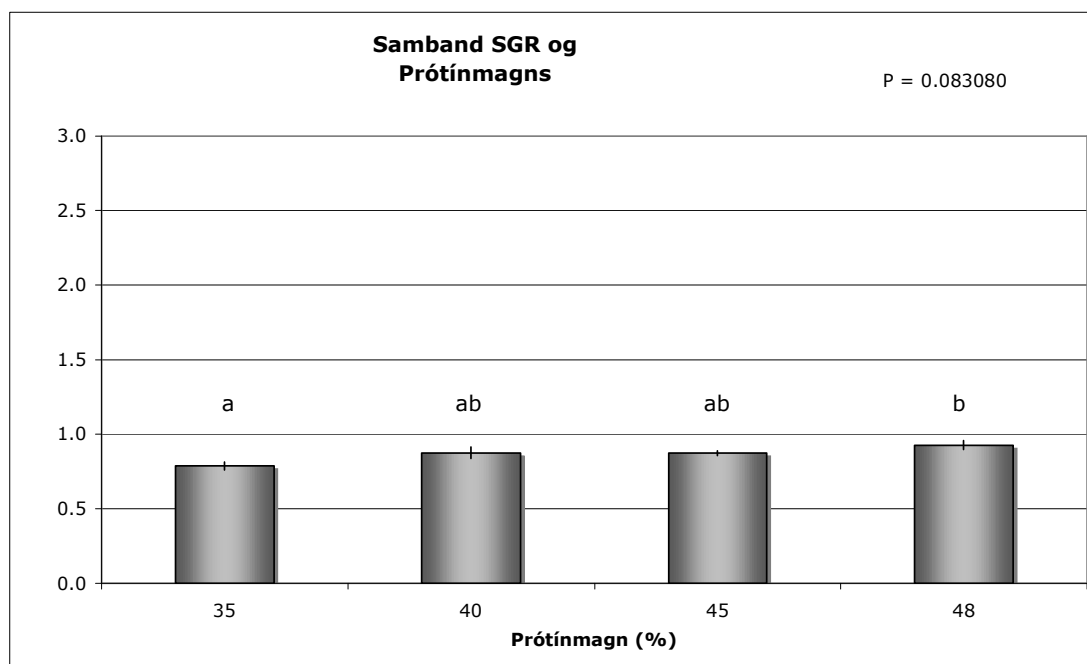
Fóður	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5
Fjöldi dýra í eldiseiningu	102	102	102	102	102
Fjöldi endurtekninga	3	3	3	3	3
Dagafjöldi	119	119	119	119	119
Upphafs þyngd (g)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Loka þyngd (g)	1.47	1.58	1.71	1.82	1.93
SGR	1.30 <sup>a</sup>	1.36 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	1.49 <sup>ab</sup>	1.53 <sup>b</sup>
Endurheimtur (%)	71.9	66.3	71.6	74.2	70.9

## 4.5. Vaxartilraun III

Niðurstöður úr tilraun III sýna að aðhvarfsgreining mældi ekki tölfræðilega marktækt samband á milli aukins prótín magns í fóðri og vaxtar ( $P = 0,08308$ ). Því er ekki hægt að halda því fram að prótín magn í fóðri hafi marktæk áhrif á vöxt sæeyrna í þessari tilraun.

Tafla 9. Hlutfallsleg þyngdaraukning (SGR) í tilraun III.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Fóðurgerð	SGR
F-4 + þari	0,905 ± 0,081
F-2	0,789 <sup>a</sup> ± 0,026
F-3	0,876 <sup>ab</sup> ± 0,038
F-4	0,875 <sup>ab</sup> ± 0,016
F-5	0,927 <sup>b</sup> ± 0,030



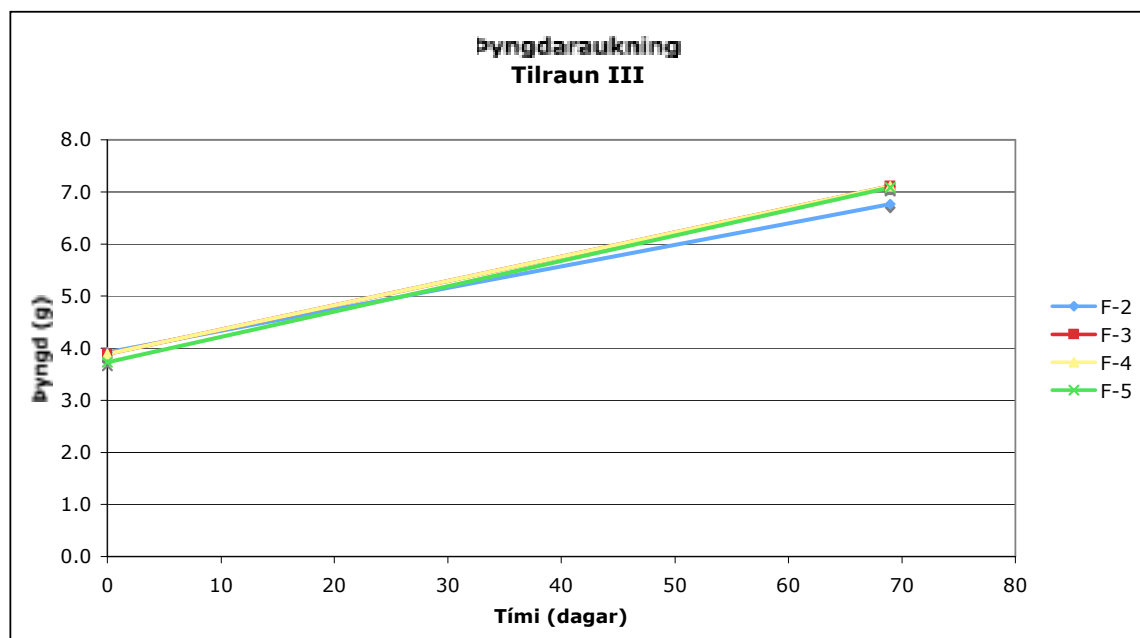
Mynd 20. Samband SGR og prótín magns í tilraun III.

<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Þrátt fyrir að í tilraun III mældist ekki tölfræðilega marktækt samband á milli hlutfallslegrar þyngdaraukningar (SGR) og prótínmagns í tilraunafóðri, má sjá að vöxtur eykst lítillega með auknu prótíninnihaldi í fóðri (tafla 7). Niðurstöður Tukey's-prófs sýndu að hlutfallsleg þyngdaraukning fóðurgerðar F-5 var marktækt frábrugðin fóðurgerð F-1 og einnig má sjá að fóðurgerð F-5 gaf bestan vöxt ( $SGR = 0,927 \pm 0,031$ ). Þessar niðurstöður gefa veikar vísbendingar um að tölfræðilega marktækt samband sé á milli prótíninnihalds í fóðri og vaxtar. En þar sem aðhvarfsgreiningin er því ósammála mun því ekki verða haldið fram hér. Myndræn framsetning (mynd 19) sýnir einnig að mjög lítill munur er á vexti dýra eftir fóðurtegundum F-3, F-4 og F-5.

Bent er á að tilraun III var frábrugðin fyrri tilraunum að því leiti að fóðurgerð F-1 var skipt út fyrir F-4 + þara. Ef því hefði verið sleppt og upphafleg rannsóknáætlun hefði verið framkvæmd, væri auðveldara að gera samanburð á niðurstöðum tilraunar III og tilraunum I og II.

Samantekt á tölulegum niðurstöðum má finna í töflu 10.

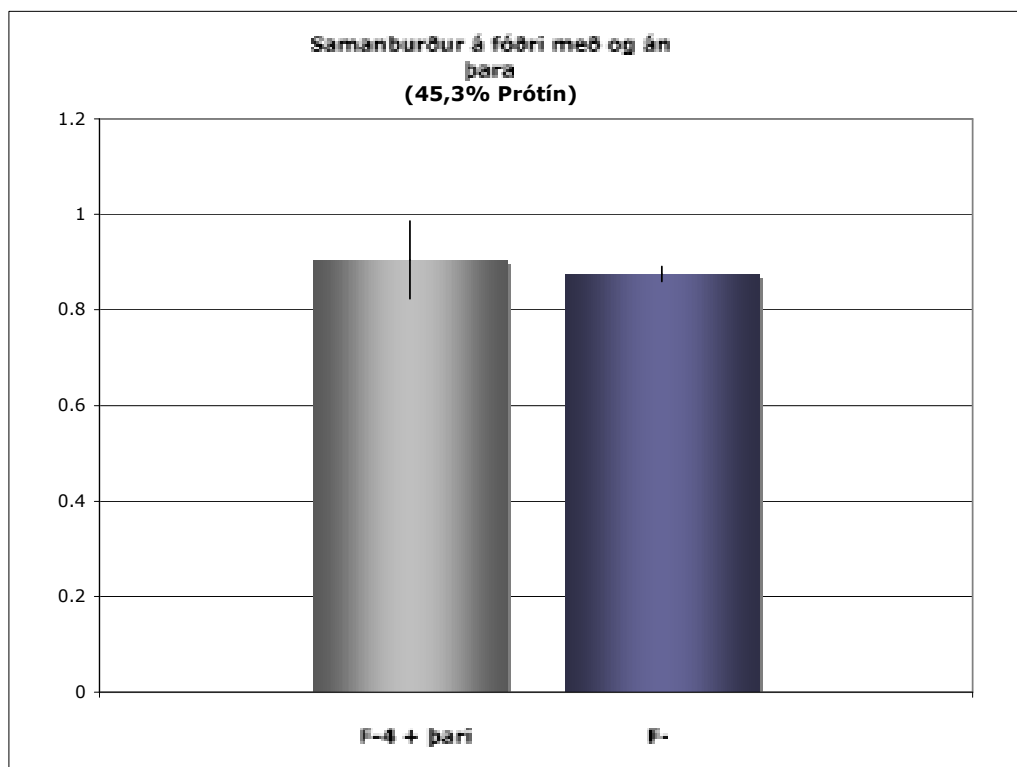


Mynd 21. Þyngdaraukning á tilraunartímabilinu (tilraun III).

Tafla 10. Samantekt á niðurstöðum úr tilraun III.  
<sup>a, b</sup> segir til um marktækan mun ( $P < 0,05$ ).

Feed	F-2	F-3	F-4	F-5
Fjöldi dýra í eldiseiningu	60	60	60	60
Fjöldi endurtekninga	3	3	3	3
Dagafjöldi	69	69	69	69
Upphafsbýngd (g)	3.92	3.89	3.89	3.74
Loka býngd (g)	6.76	7.11	7.11	7.08
SGR	0.79 <sup>a</sup>	0.88a <sup>b</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	0.93 <sup>b</sup>
Endurheimtur (%)	101.1	101.1	93.9	89.4

#### 4.6. Samanburður á fóðri með og án þara



Mynd 22. Samanburður á fóðri með og án þara (45,3% prótín) í tilraun III.

Tafla 11. Hlutfallsleg býngdaraukning (SGR) tilraunafóðurs F-4 og F-4 + þari.

Fóðurgerð	SGR
F-4	0.875 ± 0.016
F-4 + þari	0.905 ± 0.081

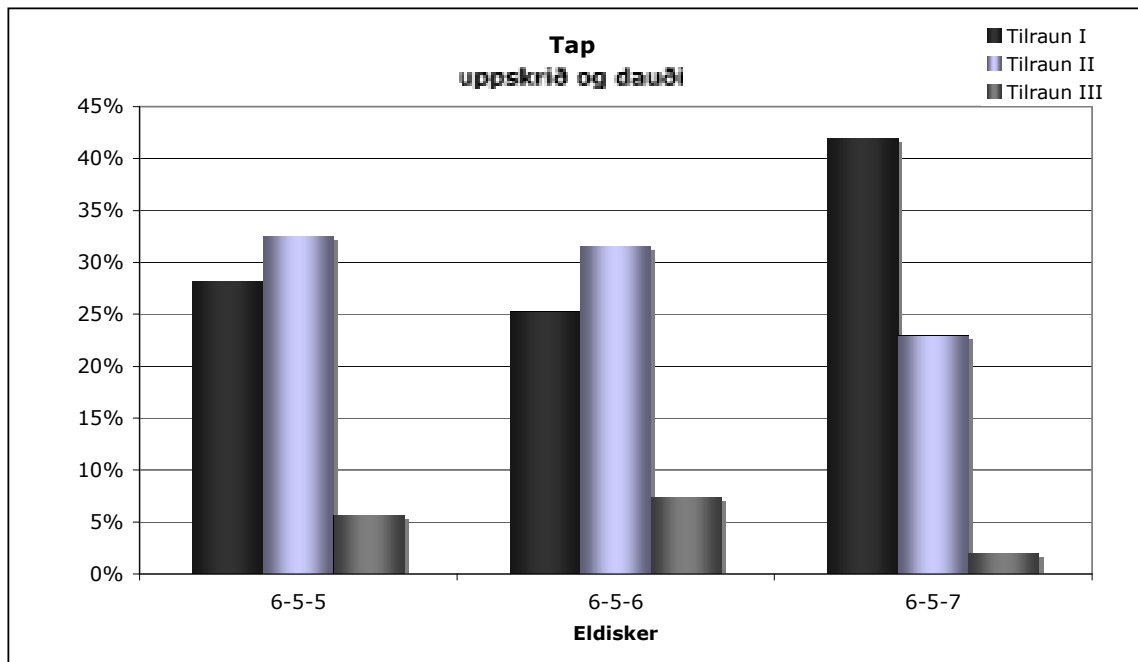
Vegna þess að fóður F-1 var tekið út úr tilraun III, þá var gerður samanburður hlutfallslegri þyngdaraukningu (SGR) tilraunafóðurs F-4 þegar það var gefið með og án þara. Niðurstöður sýna að þegar fóður F-4 er gefið sæeyrum með þara þá vaxa þau eilítið betur en án þara.

Þrátt fyrir vísbendingu um að sæeyru vaxi hraðar þegar þeim er gefin þari með tilraunafóðri F-4, þá mældist ekki tölfræðilega marktækur mismunur á hlutfallslegri þyngdaraukningu (SGR).

#### **4.7. Tap (uppskrið og dauði)**

Óvenjulega mikið tap var í tilraunum I og II. Svo mikið var tapið að framkvæmdaraðilar voru farnir að hafa verulegar áhyggjur af tilraununum. Þar sem tapið samsvaraði ekki öðrum eldiseiningum í eldi Haliotis á Íslandi, var ljóst að einhver brotalöm var á eldisumhverfi tilraunadýranna, því þekkt er að sæeyru yfirgefa gjarnan eldisumhverfi sitt ef þeim líkar ekki aðstæðurnar fyrir einhverjar sakir.

Það var ekki fyrr en í lok tilraunar II að í ljós kom að eldisker sem tilraunin fór fram í voru illa jarðtengd. Tilraun III fór því fram eftir lagfæringar og á mynd 20 og í viðaukum 2, 3 og 4 sést að með bættri jarðtengingu náðu tilraunadýrin að una sér betur við umhverfi sitt og mun minna bar á tapi.



Mynd 23. Meðal tap í tilraunum I, II og III (uppskrið og dauði).

Ef viðauki 4 er skoðaður sést að þó nokkur fjöldi sæeyrna hafði í skjóli myrkurs náð að lauma sér á milli eldiseininga og komið sér þar fyrir, því ber þar á “gróða” en ekki tapi.

Ekki er vitað hvort eitthvað bar á slíkum ferðalögum í tilraunum I og II. Því er alls óljóst hvort marktæk skekkja er í útreikningum eða niðurstöðum þessara tilrauna vegna þessa.

## 5. Umræða

Með aukinni fólksfjölgun og auknum fólksflutningum síðastliðin ár hefur neysla á sæeyrum aukist og breiðst til nýrra svæða. Eftirspurn eftir sæeyra hefur verið mikil og flestir sæeyrnastofnar heimsins hafa verið eða eru ofveiddir. Þessi þróun hefur aukið á þrýsting manna að auka framleiðslu á sæeyrum í eldi.

Mörg lönd hafa á síðastliðnum árum unnið að uppbyggingu sæeyraeldis með eflingu atvinnulífs og fjárhagslegan ágóða að leiðarljósi, sem og leitað leiða til að skjóta styrkari stoðum undir náttúrulega stofna. Vegna þess að sæeyrnaeldi er enn ung atvinnugrein í mörgum löndum, hafa opinberir aðilar, háskólar og hagsmunaaðilar aukið rannsóknir sem miða af því að draga úr sjúkdómsálagi, auka framleiðni og arðsemi greinarinnar.

Margir þættir hafa áhrif á þroska, heilbrigði og vöxt sæeyrna í eldi. Einn þeirra mikilvægustu er fóður, því til þess að sæeyru vaxi og dafni á sem bestan hátt er mikilvægt að fóður þeirra innihaldi alla þá næringarþætti sem dýrin þarfnast. Að auki er mikilvægt vegna fjárhagslegrar afkomu eldis að það náist að ala sæeyru á sem skemmstum tíma og þar hefur næringarsamsetning fóðurs hvað mest að segja.

Prótín hefur verið skilgreint sem takmarkandi næringarþáttur fyrir vöxt sæeyrna og því er mikilvægt að þurrfóður sem framleitt er fyrir sæeyrnaeldi innihaldi nægjanlegt magn af prótínum.

Niðurstöður þessa rannsókna sýna tölfræðilega marktækækt samband ( $P < 0,05$ ) á milli prótíninnihalds tilraunafóðurs og hlutfallslegrar þyngdaraukningar (SGR) snemma í vaxtarferli dýranna (tilraun I og II) og fylgir vöxtur þeirra línulegum ferli sem styður niðurstöður Ogino og Kato frá árinu 1964.

Tilraun Ia sýndi að fóður F-4 með 45,35% prótínmagni í þurrefni fóðurs gæfi bestan vöxt (SGR =  $2,734 \pm 0,052$ ). Tilraun Ib sýndi að nægjanlegt er að hafa 39,87% (F-3, SGR =  $1.541 \pm 0.236$ )



prótín í þurrefni fóðurs þrátt fyrir að 48,23% prótínmagn (F-5, SGR =  $1.626 \pm 0.349$ ) gæfi bestan vöxt.

Tilraun Ic sýndi gott tölfræðilega marktækt samband ( $P = 0,0097$ ) á milli hlutfallslegrar þyngdaraukningar (SGR) og prótínsmagns í fóðri. Fóður F-5 gaf bestan vöxt (SGR =  $2.333 \pm 0,134$ ), næst á eftir kom F-4 (SGR =  $2.283 \pm 0.085$ ) en ekki reyndist vera marktækur munur á milli F-5 og F-4 og því er nægjanlegt að fóðra sæeyru með fóðri sem inniheldur 45.35% prótín í þurrefni fóðurs fyrstu 140 dagana sem þau eru í eldi.

Ef bornar eru saman myndir 14, 15 og 16 sem sýna samband SGR og prótínsmagns í tilraunafóðri þá má segja með nokkuð sterkum rökum að óþarfi sé að fóðra sæeyru af stærðinni  $0,018 - 0,2 \pm 0,02$  g með fóðri sem inniheldur meira magn af prótínum en um 45% af þurrefnisinnihaldi. Myndirnar benda til þess að við næringarinnihald á bilinu 35,22-39,87% prótínnihald (F-2 - F-3) sé vendipunktur (e: *break point*) sem segir til um hvenær prótínmagn í fóðri sé nægjanleg og hvenær aukið prótín er óþarft. Sú ályktun er í þokkalegu samræmi við niðurstöður Britz og Hecht frá árinu 1997 þar sem þeir fundu að fyrir 0,2-1 gramma sæeyru væri enginn ávinningur af því að hafa meira en 35% prótín í fóðrinu<sup>148</sup>.

Tilraun II sýndi gott tölfræðilega marktækt samband ( $P = 0,000082$ ) á milli hlutfallslegrar þyngdaraukningar og prótínnihalds í tilraunafóðri. Fóður F-5 gaf bestan vöxt (SGR =  $1.533 \pm 0.041$ ) sem var marktækt meiri en náðist með fóðurgerð F-1.

Tilraun III var frábrugðin tilraun I og II vegna þess að þar mældist ekki tölfræðilega marktækt samband á milli hlutfallslegrar þyngdaraukningar og prótínnihalds í tilraunafóðri. Hinsvegar gaf fóður F-5 bestan vöxt (SGR =  $0.927 \pm 0.030$ ) sem var marktækt meiri en náðist með fóðurgerð F-1. Þessar upplýsingar gefa vísbendingu um að línulegt samband sé á milli vaxtar og prótínnihalds í tilraunafóðri.

Heildar myndin sem kemur fram í rannóknunum er að það sé ávinningur í að auka prótín í fóðri upp í 35- 40%. Aukning á prótíni

---

<sup>148</sup> Britz og Hecht, 1997: 207

fram yfir það virðist ekki hafa martæk áhrif á vöxt í smáum sæeyrum (0,018-7,5g).

Rannsóknirnar á þurrefnistapi fódurs í mismunandi vökva sýna mikinn mun á þurrefnistapi eftir því hvort fóðurköggjar liggja í bleyti í 24 klst eða 48 klst. Mesti munur á þurrefnistapi átti sér stað milli fódurs F-3 og F-4 þar sem þurrefnistap tvöfaldast á milli fóðurtegunda þegar fóður voru látin liggja í sjóvatni í 24 klst. Því er ýmislegt sem bendir til að prótín magn yfir ákveðnum mörkum ( $\geq 35\%$ ) hafi áhrif á þurrefnistap

Ekki var tölfræðilega marktækur munur á þurrefnistapi fódurs þegar þau voru 48 klst í bleyti (Tilraunakassar /48 klst = 44,81% og saltvatn / 48 klst = 44,74%).

Ef breytileiki í leysni mismunandi fóðurgerða er skoðaður og borinn saman við vöxt dýa, má draga þá ályktun að leysni fódurs í eldisvökva hefur ekki neikvæð áhrif á vöxt sæeyrna. Frekari rannsókna er þörf er til að komast að því hversu stöðugt sæeyrnafóður þarf að vera til að skila sem bestum vexti. Þetta gæti hugsanlega ráðiðst að því hvernig fóðrun sæeyrna er háttað þ.e. hvort fóðra á sæeyru daglega eða sjaldnar.

## 6. Lokaorð

Ýmislegt bendir til þess að sæeyrnaeldi á Íslandi geti haft sérstöðu í heiminum. Rannsókn Gunnars Jónssonar sýnir að hérlendis sé mögulegt að útrýma *Rickettsia* sem er náttúruleg í eldisvökva í erlendum eldisstöðvum.

Hér á landi eru einnig möguleikar á góðri og jafnri hitastýringu með jarðhitavatni. Erlendis hafa komið upp vandamál vegna of mikils hita í eldisvökva sem getur dregið úr vexti sæeyrna.

Niðurstöður þessarar fôðurrannsóknar sýna að hér á landi er einnig hægt að ná fram góðri þyngdaraukningu (góðum vexti) í eldi með innlendu fôðri frá Laxá h.f.

Vaxandi eftirspurn á heimsmarkaði eftir sæeyrum, hægfara vöxtur og gjörnýting villtra sæeyrnastofna hefur þrýst á frekari framleiðslu sæeyrna með eldi. Sífelld bætast fleiri lönd í hópi þeirra sem hafa ráðist í uppbyggingu, þróun og rannsóknir til að skjóta styrkari stöðum undir sæeyrnaeldi í viðkomandi löndum.

Haliotis á Íslandi áformar að hefja útflutning á 100g þungum lifandi sæeyrum fyrir lok þessa árs og áformar að auka útflutning á næstu árum.

Til þess að möguleikar sæeyrnaeldis á Íslandi verði sem mestir er þörf á auknum rannsóknum. Prótín og bindiefni eru dýrir efnisþættir í þurrfóður og þörf er á frekari og ítarlegri fôðurrannsóknum sem meta hagstæðasta prótín- og bindiefnainnihald í þurrfóðri fyrir sæeyru, með það að markmiði að lækka fôðurkostnað án þess að það komi niður á vexti dýranna. Kanna þarf möguleika á sölu afurða innanlands og þróa þarf tæknilausnir fyrir flutning á lifandi sæeyrum svo fátt sé nefnt. Með þessum orðum hafa verið gefin svör við rannsóknasurningum verkefnisins.

Höfundur spáir því að sæeyrnaeldi á Íslandi eigi bjarta framtíð fyrir sér og með áframhaldandi framförum, verði eldið fyllilega samkeppnishæft við erlenda framleiðslu.

## 7. Heimildaskrá

### 7.1. Ritaðar heimildir

- Agnar Steinarsson (1993). *Breeding and grow-out of red abalone in Iceland*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Anon (1994). Skýrsla um starfsemi Hafrannsóknastofnunnar 1992. *Hafrannsóknir*, 45. hefti.
- Anon (1995). Sæbýli. *Eldisfréttir*, 11(1), 27.
- Ásgeir Guðnason (2004). *Haliotis ehf., Viðskiptaáætlun 60 tonna eldi, óútgefin*.
- Bautista-Teruel, M.N og Millamena, O.M (1999). Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: proteinenergy levels. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 170, 117-126.
- Barkai, R., og Griffiths, C.L., (1986). Diet of South African abalone *Haliotis midae*. *South African Journal of Mariculture Sci.*, 4, 37 – 44.
- Braid, B.A., Moore, J.D., Robbins, T.T., Hedrick, R.P., Tjeedema, R.S. og Friedman, C.S. (2005). Health and survival of red abalone, *Haliotis rufescens*, under varying temperature, food supply, and exposure to the agent of withering syndrome. *Journal of Invertebrate Pathol.*, 89(3), 219-31.
- Britz, P.J. (1996). The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae*. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 140, 5-53.

- Britz, P.J. og Hecht, T. (1997). Effect on protein and energy level on growth and body composition of South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture*, 156, 195-210.
- Brown, M. R. (2002). *Nutritional value of microalgae for aquaculture*. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Ritstj.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3. til 6. september 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., Dunstan, G. A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151, 315-331.
- Burtin, P. (2003). Nutritional Value of Seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2, 498-503.
- Castro, Peter og Huber, Michael E. (2005). *Marine Biology*. New York: McGraw-Hill.
- Clarke, S.M., (1988). Abalone mariculture: the significance of algae. *Austasia Aquaculture.*, 3, 9 – 11.
- Cuthbertson, A., (1985). *The Abalone Culture Handbook*, Hobart [Australia]: Tasmanian Fisheries Development Authority.
- Demetropoulos, C.L. og Langdon, C.J. (2004). Enhanced production of Pacific dulse (*Palmaria mollis*) for co-culture with abalone in a land-based system: effects of stocking density, light, salinity, and temperature. *Aquaculture*, 235, 471–488.

- Ebert, E. E. (1992). *Abalone aquaculture: a North America regional index review*. Abalone of the World, Biology, Fisheries and Culture. Proceedings of the 1st International Symposium on Abalone, 1989, La Paz, Mexico. S. A. Shepherd, M. J. Tegner and S. A. Guzman Del Proo, (Ritstj.) Fishing News Books.
- Espino, F. og Herrera, R., (2002). *Seguimiento de Poblaciones de Especies Amenazadas 2002 (Haliotis tuberculata coccinea , Nordsieck, 1975) Gran Canaria. Informe Final Presentado por Gesplan y la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente (Viceconsejería de Medio Ambiente de Gran Canaria y Dirección General de Política Ambiental)*. Óútgefin
- Eypór Einarsson (2005). *Rannsókn á hagkvæmni fódurtegunda við eldi á sæeyrum*. B.Sc.-ritgerð: Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild.
- Fallu, Ric (1991). *Abalone Farming*. Oxford: Blackwell Science.
- Fóðurverksmiðjan Laxá h.f. (2005). *Sæeyrnafóður*. [Uppskrift]. Óútgefið.
- Friedman C.S., Anree K.B., Beauchamp K.A., Moore J.D., Robbins T.T., Shields J.D. og Hedrick R.P. (2000). 'Candidatus Xenohaliotis californiensis', a newly described pathogen of abalone, *Haliotis spp.*, along the west coast of North America. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, 847-855.
- Fleming, A.E. (1999). Digestive efficiency of the Australian abalone *Haliotis rubra* in relation to growth and feed preference. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 134, 279-293.

- Fleming A.E., Bameveld R.J.V. og Hone P.W. (1996). The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 140, 5-53.
- Fitzhugh, K. og Q.W. Rouse (1999). A remarkable new genus and species of fan worm (Polychaeta: Sabellidae: Sabellinae) associated with some marine gastropods. *Journal of Invertebrate Biology*, 118, 357-39.
- Gordon, H. R. og P. Cook. (2003). *World Abalone Supply, Markets and Pricing: Historical, Current and Future Perspectives*. Opening Speech: 5th International Abalone Symposium, Quingdao, China October. [Rafræn útgáfa fánleg á <http://www.fishtech.com/speech.html>].
- Gordon, H. R. og P. Cook. (2001). World abalone supply, markets and pricing: historical, current and future. *Journal of Shellfish Research*, 20(2), 567-570.
- Gunnar Jónsson (2006). *Rickettsia-smit í Sæeyrum*. Óbirt B.Sc.-ritgerð: Háskólinn á Akureyri, Auðlindaeyld.
- Moore, JD og Friedman, C.S. (2001). Detection of the bacterial agent causing withering syndrome in California abalone, *Haliotis spp.* 2001 Cal-Neva Chapter Meeting, *American Fisheries Society*, Santa Rosa, CA, Mars, 29-31.
- Hahn, K.O. (1989). *Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods*. Florida: CRC Press, Boca Raton.

- Harada, K. (1992). *Feeding attraction activity of fragrant and pungent spice extracts in black abalone, Haliotis discus (Studies on the feeding attractants for fishes and shellfishes. XVII)*. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán Del pr60 (Ritst.), *Abalone of the World. Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, 193-200.
- Harrison, P. J., Thompson, P. A., Calderwood, G. S. (1990). Effects of nutrient and light limitation on the biochemical composition of phytoplankton. *Journal of Applied Pshycology*, 2, 45–56.
- Imai, T., (1977), *Aquaculture in Shallow Seas: Process in Shallow Sea Culture*, Part IV, New Delhi: Amerind Publishing Co.
- Kawamura, T., Roberts, R. D. og Nicholson, C. M. (1988). Factors affecting the food value of diatom strains for post-larval abalone *Haliotis iris*. *Aquaculture*, 160, 81-88.
- Kolb, N., Vallorani, L., Milanovi, N. og Stocchi, V. (2004). Evaluation of Marine Algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria digitata japonica*) as Food Supplements. *Food Technology and Biotechnology*. 42 (1), 57–61.
- Leighton, D. L. 1989. Abalone (genus *Haliotis*) mariculture on the North American Pacific Coast. *Fishery Bulletin* 87(3), 689-702.
- Leighton, D.L. (1961). Observation of the effect of diet on shell coloration in the red abalone, *Haliotis rufescens*, Swainson. *Veliger*, 4, 29–32.



- Mai, K., Mercer, J.P. og Donlon, J. (1994). Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino : II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture*, 128, 115-130.
- Oakes , F.R. og Raymond C.F. (1996). Infestation of *Haliotis rufescens* shells by a sabellid polychaete. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 140, 139-143.
- Ogino, C. og Kato, N. (1964). Studies on the nutrition of abalone. II. Protein requirements for growth of abalone, *Haliotis discus*. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*., 30: 523-526 [Á japönsku með enskri samantekt].
- Ogino, C. og Ohta, E. (1963). Studies on the nutrition of abalone. I. Feeding trials of abalone, *Haliotis discus* Reeve, with artificial diets. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*., 29, 691-694 [Á japönsku með enskri samantekt].
- Tahil, A.S., Juinio-Menez, M.A., (1999). Natural diet, feeding periodicity and functional response to food density of the abalone, *Haliotis asinina* L., (Gastropoda). *Fisheries and Aquaculture Research*., 30, 95 – 107.
- Thongrod, S., Tamtin, A., Chairat, C. og Boonyaratpalin, M. (2003). Lipid to carbohydrate ratio in donkey's ear abalone (*Haliotis asinina*, Linne) diets. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 225, 165-174.
- Tredici, M. R., Materassi, R. (1992). From open ponds to vertical alveolar panels: The Italian experience in the development of reactors for the mass cultivation of phototrophic microorganisms. *Journal of Applied Phycology*, 4: 221-231.

- Uki, N., Kemuyama, A. og Watanabe, T., (1985). Nutritional evaluation of several protein sources in diets for abalone *Haliotis discus hannui*. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 51, 1835-1839 [Á japönsku með enskri samantekt].
- Uki, N. og Watanabe, T. (1986). Effect of heat-treatment of dietary protein sources on their quality for abalone. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 52, 1199-1204 [Á japönsku með enskri samantekt].
- Uki, N. og Watanabe, T., (1992). *Review of nutritional requirements of abalone (Haliotis spp.) and development of more efficient artificial diets*. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán Del Pr6o (Ritsj.), *Abalone of the World. Fisheries, Biology and Culture*. Fishing News Books, Oxford, 504-517.
- Valdimar Ingi Gunnarsson (2004). *Staða og framtíðaráform í íslensku fiskeldi*. Reykjavík: Landbúnaðarráðuneytið og sjávarútvegsráðuneytið.
- Viana, M.T. , López, L. M., García-Esquivel, Z og Mendez, E (1999). The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. [Rafræn útgáfa] *Aquaculture*, 140, 87-98.

## 7.2. Netheimildir

Ageless [herbal products] (2005). *Seaweed Fucus and Laminaria*. Sótt 12. apríl frá: <http://www.ageless.co.za/herb-seaweed.htm#Laminaria%20digitata%20-%20Atlantic%20kelp>

Anderson, Genny (2003). *Abalone Species Diversity*. Sótt 1. mars frá: <http://www.biosbcc.net/ocean/marinesci/06future/abspsdiv.htm>

Andersen, Genny (2003). *Abalone Species Diversity*. Sótt 1. mars frá: <http://www.biosbcc.net/ocean/marinesci/06future/abintro.htm>

Baluyut, E.A., (1989). *AQUACULTURE SYSTEMS AND PRACTICES: A SELECTED REVIEW* [Rafræn útgáfa], Rome: FAO. Sótt 24. mars frá: <http://www.fao.org/docrep/T8598E/t8598e06.htm>

Bower, S.M. (2004): Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: Sabellid Polychaete Infestation Disease in Abalone. Sótt 21. mars 2006 frá: [http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/sabelab\\_e.htm](http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/sabelab_e.htm)

BHCAP (Bamfield Huu-ay-aht Community Abalone Project) (2005). Sótt 2. mars 2006 frá: <http://oceanlink.island.net/abaloneproject/biology/biology.htm>

California Department of Fish and Game, Marine Region (2006), *Abalone Recovery and Management Plan* (ARMP). Sótt 14. mars 2006 frá: [http://www.dfg.ca.gov/mrd/armpp/pdfs/figure1\\_2.pdf](http://www.dfg.ca.gov/mrd/armpp/pdfs/figure1_2.pdf)

Encyclopædia Britannica (2006). *abalone*. Sótt 22. febrúar 2006 frá: Encyclopædia Britannica Online <http://search.eb.com/eb/article-9003222>

- FAO (2006). Part – I Biology and Culture of Abalone. Sótt 2. mars 2006 frá:  
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB731E/AB731E01.htm>
- Fishtech inc.(1991-2001). *Facts about abalone*. Sótt 18. Mars 2006 frá:  
<http://www.fishtech.com/facts.html>
- Floraislands.is. *Rauðþrungar*. Sótt 30. mars frá:  
<http://www.floraislands.is/Rhodolist.htm>
- Friedman C., Hedrick R.P. og Moore J.D. (2003). Tools for Management of Withering Syndrome in Abalone, *Haliotis* spp: PCR Detection and Feed-Based Therapeutic Treatment . [Rafræn útgáfa] *California Sea Grant College Program. Research Completion Reports*. Paper Aqua03\_02. □ Sótt 23. mars 2006 frá [http://repositories.cdlib.org/csgc/rcr/Aqua03\\_02](http://repositories.cdlib.org/csgc/rcr/Aqua03_02)
- Gray, Tom (2001). Descriptions of Abalone Species. Sótt 2. mars 2006 frá: <http://www.sonic.net/~tomgray/describe.html>
- Hardy, Eddy (2005). Hardy's Internet Guide to Marine Gastropods, HALIOTIDAE. Sótt 28. febrúar frá:  
[http://www.gastropods.com/Taxon\\_pages/Family\\_HALIOTIDAE.html](http://www.gastropods.com/Taxon_pages/Family_HALIOTIDAE.html)
- Ingvar Níelsson (1993). Abalone in Iceland. Sótt 20. mars 2006 frá:  
<http://www.ingvar.is/Publishing/Abalone/Abalone1.html>
- Lee, Lynn (2001 a). *Abalone sex*. Sótt 19. Mars 2006 frá:  
<http://www.spruceroots.org/Feb.2001/AbSex.html>
- Lee, Lynn (2001 b). everything you wanted to now about abalone but were afraid to ask. Sótt 19. Mars 2006 frá:  
<http://www.spruceroots.org/Feb.2001/abalone%201.html>

Lester B. Person College (2006). *Northern Abalone*. Sótt 22. febrúar 2006 frá:

<http://www.racerocks.com/racerock/eco/taxalab/sallav.htm>

Lowry, R. (2006). *One-Way Analysis of Variance for Independent Samples*. Sótt 9. apríl frá:

<http://faculty.vassar.edu/lowry/ch14pt2.html>

Middlebrook, Candice (1999). *Haliotis rufescens*. Sótt 20. mars 2006

frá: [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Haliotis\\_rufescens.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Haliotis_rufescens.html)

Murison, L. (2001). *The Best Dulce*. Sótt 12. apríl frá:

<http://www.elements.nb.ca/theme/ethnobotany/dulse/dulse.htm>

Námshagnastofnun (2006). *Söl*. Sótt 30. mars frá:

[http://www.namshagnastofnun.is:8080/hafid/skjol\\_fjara/default.asp?info=01/07](http://www.namshagnastofnun.is:8080/hafid/skjol_fjara/default.asp?info=01/07)

Orðabók.is (2006). Sótt 18. mars 2006 frá: [www.ordabok.is](http://www.ordabok.is)

Priselac, Adrienne (2003). *The Biogeography of the Red Abalone (Haliotis rufescens)*. Sótt 21. febrúar 2006 frá

<http://bss.sfsu.edu/holzman/courses/Fall%2003%20project/abalone.htm>

PRISA AQUACULTURE [Department of Primary Industries and Resources in South Australia] (2006). *Current Aquaculture Policies*. Sótt 3. apríl frá:

<http://www.pir.sa.gov.au/dhtml/ss/section.php?sectID=1949>

- Price, Robert J. og Tom, Pamela D. (2006). Abalone, *Animal Diversity Web*, Sótt 1. mars 2006 frá:  
<http://seafood.ucdavis.edu/pubs/abalone.htm>
- Ragnar Árnason (2000). *The Economics of Ocean Ranching: Experiences, Outlook and Theory*, FAO. Sótt 23. mars frá:  
[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/005/Y1805E/y1805e07.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y1805E/y1805e07.htm)
- Rannsóknastofa fiskiðnaðarins (2006). *Faggilding Rf mælinga*. Sótt 25. apríl frá: <http://rf.is/profanir/faggilding/> [prótín: ISO 5983-2:2005, fita: OCS Official Method BA 3-88 and application note Tecator no. AN 301. 1997, vatn: ISO 6496 (1999), aska: ISO 5984-2002 (E)]
- Stevens, M.M. (2003). *Cultured Abalone (Haliotis spp.)* [Final Report] [Rafrænt eintak] Monterey Bay Aquarium. Sótt 25. mars frá:  
[http://www.mbayaq.org/cr/cr\\_seafoodwatch/content/media/MBA\\_SeafoodWatch\\_AbaloneFarmedReport.pdf](http://www.mbayaq.org/cr/cr_seafoodwatch/content/media/MBA_SeafoodWatch_AbaloneFarmedReport.pdf)
- Wikipedia (2006). *Abalone*. Sótt 20 febrúar 2006 frá:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Abalone>
- Wikipedia (2006). *Radula*. Sótt 15. mars 2006 frá:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Radula>

### 7.3. *Munnlegar heimildir*

Ásgeir E. Guðnason (2005), framkvæmdastjóri, Haliotis á Íslandi ehf, *Eldi á sæeyrum á Hauganesi í Eyjafirði*. Viðtal tekið í Haliotis ehf. 4. desember.

Ásgeir E. Guðnason (2006), framkvæmdastjóri, Haliotis á Íslandi ehf, *Staða Haliotis á Íslandi ehf. í dag*. Viðtal tekið símleiðis 21. mars.

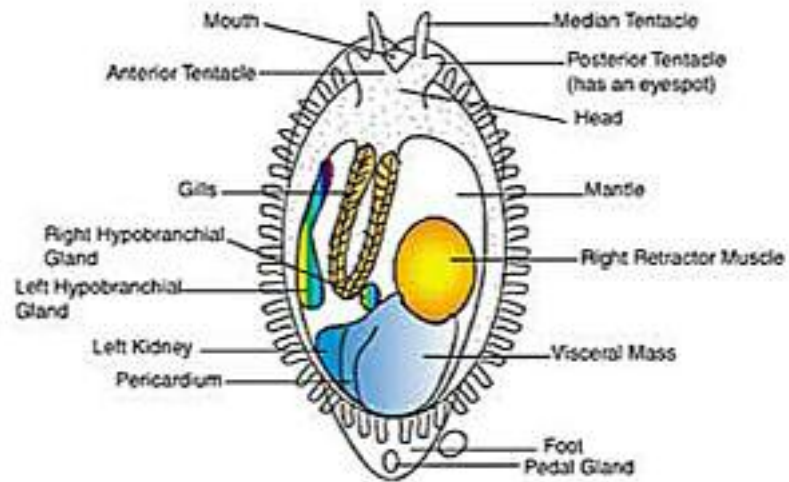
Bergur Sigurðsson (2006), heilbrigðisfulltrúi í Reykjanesbæ, *Sæbýli h.f.* Viðtal tekið símleiðis 21. mars.

Jón Árnason (2006), fóðurfræðingur, Laxá hf, *Næringarþörf rauðra sæeyrna*. Viðtal tekið í Laxá hf. 14. mars.

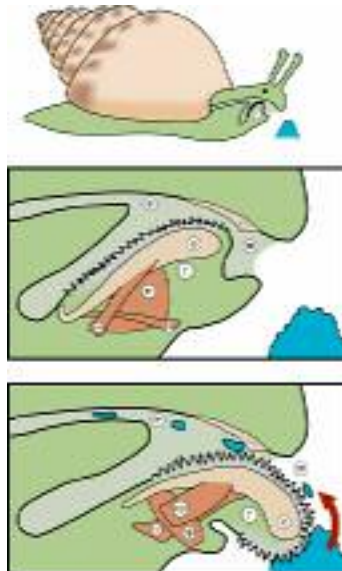
Jóhann Örlygsson (2006), Dósent við Auðlindadeild, Vöxtur þörungna. Viðtal tekið í Háskóla Akureyrar 30. mars.

## Viðaukar

### Viðauki 1a: Bygging sæeyra (upprunaleg mynd)



### Viðauki 1b: Skráptunga (upprunaleg mynd)



e = esophagus  
 m = mouth  
 mx = maxilla  
 o = odontophore  
 op = odontophore protractor muscle  
 r = radula  
 rp = radula protractor muscle  
 rr = radula retractor muscle



**Viðauki 2: Fjöldamælingar í tilraun I**

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Fjöldi-1 (Tilraun 1a)</b>	<b>Fjöldi-2 (Tilraun 1b)</b>	<b>Fjöldi-3 (Tilraun 1c)</b>	<b>TAP total %</b>
F-1	6-5-5	600	598	460	23.3%
F-1	6-5-6	600	562	411	31.5%
F-1	6-5-7	600	531	156	74.0%
F-2	6-5-5	600	543	454	24.3%
F-2	6-5-6	600	590	366	39.0%
F-2	6-5-7	600	575	434	27.7%
F-3	6-5-5	600	548	432	28.0%
F-3	6-5-6	600	538	454	24.3%
F-3	6-5-7	600	590	343	42.8%
F-4	6-5-5	600	576	411	31.5%
F-4	6-5-6	600	597	492	18.0%
F-4	6-5-7	600	600	331	44.8%
F-5	6-5-7	600	585	479	20.2%
F-5	6-5-6	600	576	520	13.3%
F-5	6-5-5	600	559	397	33.8%

**Viðauki 3: Fjöldamælingar í tilraun II**

---

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Upphafsfjöldi</b>	<b>Lokafjöldi</b>	<b>TAP total %</b>
F-1	6-5-5	102	69	32.4%
F-1	6-5-6	102	78	23.5%
F-1	6-5-7	102	73	28.4%
F-2	6-5-5	102	69	32.4%
F-2	6-5-6	102	59	42.2%
F-2	6-5-7	102	75	26.5%
F-3	6-5-5	102	67	34.3%
F-3	6-5-6	102	72	29.4%
F-3	6-5-7	102	80	21.6%
F-4	6-5-5	102	69	32.4%
F-4	6-5-6	102	68	33.3%
F-4	6-5-7	102	90	11.8%
F-5	6-5-7	102	75	26.5%
F-5	6-5-6	102	72	29.4%
F-5	6-5-5	102	70	31.4%

---

**Viðauki 4: Fjöldamælingar í tilraun III**

---

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Upphafsfjöldi</b>	<b>Lokafjöldi</b>	<b>TAP total %</b>
F-2	6-5-7	60	60	0.0%
F-2	6-5-6	60	60	0.0%
F-2	6-5-5	60	62	-3.3%
F-3	6-5-7	60	58	3.3%
F-3	6-5-6	60	67	-11.7%
F-3	6-5-5	60	57	5.0%
F-4	6-5-7	60	59	1.7%
F-4	6-5-6	60	53	11.7%
F-4	6-5-5	60	57	5.0%
F-5	6-5-7	60	60	0.0%
F-5	6-5-6	60	42	30.0%
F-5	6-5-5	60	59	1.7%

---

**Viðauki 5: Vöxtur, fóður og fóðurstuðull – Tilraun I**

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Heildar dagafjöldi</b>	<b>vöxtur (g)</b>	<b>vöxtur (mm/mán)</b>	<b>H. Fóðrun</b>	<b>Fóðurstuðull</b>
F-1	6-5-5	140	84.9	2.35	143.5	1.69
F-1	6-5-6	140	86.0	2.35	143.5	1.67
F-1	6-5-7	140	99.2	2.35	143.5	1.45
F-2	6-5-5	140	87.1	2.35	143.5	1.65
F-2	6-5-6	140	103.0	2.35	143.5	1.39
F-2	6-5-7	140	103.4	2.35	143.5	1.39
F-3	6-5-5	140	88.6	2.35	143.5	1.62
F-3	6-5-6	140	103.9	2.35	143.5	1.38
F-3	6-5-7	140	115.8	2.35	143.5	1.24
F-4	6-5-5	140	104.8	2.35	143.5	1.37
F-4	6-5-6	140	124.6	3.05	143.5	1.15
F-4	6-5-7	140	130.2	3.05	143.5	1.10
F-5	6-5-7	140	111.9	2.35	143.5	1.28
F-5	6-5-6	140	114.2	2.35	143.5	1.26
F-5	6-5-5	140	113.5	3.05	143.5	1.26

**Viðauki 6: Vöxtur, fóður og fóðurstuðull – Tilraun II**

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Heildar dagafjöldi</b>	<b>vöxtur (g)</b>	<b>vöxtur (mm/mán)</b>	<b>Heildar fóðrun (g)</b>	<b>Fóðurstuðull</b>
F-1	6-5-5	119	71.6	4.45	143.5	2.00
F-1	6-5-6	119	79.1	2.12	143.5	1.81
F-1	6-5-7	119	77.7	2.12	143.5	1.85
F-2	6-5-5	119	85.7	2.64	143.5	1.67
F-2	6-5-6	119	49.5	2.12	143.5	2.90
F-2	6-5-7	119	93	2.64	143.5	1.54
F-3	6-5-5	119	84.2	2.64	143.5	1.70
F-3	6-5-6	119	84.6	2.64	143.5	1.70
F-3	6-5-7	119	110.5	2.64	143.5	1.30
F-4	6-5-5	119	92	2.64	143.5	1.56
F-4	6-5-6	119	92.6	2.64	143.5	1.55
F-4	6-5-7	119	134.2	2.64	143.5	1.07
F-5	6-5-7	119	119.4	2.64	143.5	1.20
F-5	6-5-6	119	114	2.64	143.5	1.26
F-5	6-5-5	119	90.3	2.64	143.5	1.59

**Viðauki 7: Vöxtur, fóður og fóðurstuðull – Tilraun III**

<b>Fóður</b>	<b>Ker</b>	<b>Heildar dagafjöldi</b>	<b>vöxtur (g)</b>	<b>vöxtur (mm/mán)</b>	<b>Heildar fóðrun (g)</b>	<b>Fóðurstuðull</b>
F-4+þari	6-5-7	69	189.9	2.99	143.5	0.76
F-4+þari	6-5-6	69	133	2.28	143.5	1.08
F-4+þari	6-5-5	69	128.9	3.06	143.5	1.11
F-2	6-5-7	69	160.4	2.30	143.5	0.89
F-2	6-5-6	69	184	2.59	143.5	0.78
F-2	6-5-5	69	180	2.37	143.5	0.80
F-3	6-5-7	69	161.5	2.49	143.5	0.89
F-3	6-5-6	69	263.3	2.93	143.5	0.55
F-3	6-5-5	69	172.8	2.70	143.5	0.83
F-4	6-5-7	69	184.1	2.71	143.5	0.78
F-4	6-5-6	69	146.5	2.76	143.5	0.98
F-4	6-5-5	69	170.5	2.63	143.5	0.84
F-5	6-5-7	69	184.5	2.69	143.5	0.78
F-5	6-5-6	69	73.4	2.83	143.5	1.96
F-5	6-5-5	69	203.6	3.01	143.5	0.70

**Viðauki 8: Upphafsfjöldi, upphafsþyngd og heildarþyngd sæeyrna í tilraunum I, II, III**

Ker	Fóður	Tilraun I.			Tilraun II.			Tilraun III.*		
		Upphafsfjöldi	Upphafsfjöldi hvers einstaklings (g)	Heildarþyngd (g)	Upphafsfjöldi	Upphafsfjöldi hvers einstaklings (g)	H. Þyngd 1	Upphafsfjöldi	Upphafsfjöldi hvers einstaklings (g)	H. Þyngd 1
6-5-5	F-1	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.677	220.6
6-5-6	F-1	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.973	238.4
6-5-7	F-1	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.632	217.9
6-5-5	F-2	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.927	235.6
6-5-6	F-2	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.905	234.3
6-5-7	F-2	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.940	236.4
6-5-5	F-3	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.892	233.5
6-5-6	F-3	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.847	230.8
6-5-7	F-3	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.917	235.0
6-5-5	F-4	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.782	226.9
6-5-6	F-4	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.825	229.5
6-5-7	F-4	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	4.053	243.2
6-5-7	F-5	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.635	218.1
6-5-6	F-5	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.970	238.2
6-5-5	F-5	600	0.018	11.0	102	0.310	31.6	60	3.602	216.1

\*Í tilraun III. var fóðri F-4+þari skipt út fyrir fóður F-1

**Viðauki 9: Hugsanleg kerjaáhrif – Tilraun I, II og III**

<b>Tilraun I</b>		
<b>Ker</b>	<b>bali / fóðurgerð</b>	<b>Tap</b>
6-5-5	F-1	23.3%
6-5-5	F-2	24.3%
6-5-5	F-3	28.0%
6-5-5	F-4	31.5%
6-5-5	F-5	33.8%
meðaltals tap		28.2%
<hr/>		
6-5-6	F-1	31.5%
6-5-6	F-2	39.0%
6-5-6	F-3	24.3%
6-5-6	F-4	18.0%
6-5-6	F-5	13.3%
meðaltals tap		25.2%
<hr/>		
6-5-7	F-1	74.0%
6-5-7	F-2	27.7%
6-5-7	F-3	42.8%
6-5-7	F-4	44.8%
6-5-7	F-5	20.2%
meðaltals tap		41.9%

<b>Tilraun II</b>		
<b>Ker</b>	<b>bali / fóðurgerð</b>	<b>Tap</b>
6-5-5	F-1	32.4%
6-5-5	F-2	32.4%
6-5-5	F-3	34.3%
6-5-5	F-4	32.4%
6-5-5	F-5	31.4%
meðaltals tap		32.5%
<hr/>		
6-5-6	F-1	23.5%
6-5-6	F-2	42.2%
6-5-6	F-3	29.4%
6-5-6	F-4	33.3%
6-5-6	F-5	29.4%
meðaltals tap		31.6%
<hr/>		
6-5-7	F-1	28.4%
6-5-7	F-2	26.5%
6-5-7	F-3	21.6%
6-5-7	F-4	11.8%
6-5-7	F-5	26.5%
meðaltals tap		22.9%

<b>Tilraun III</b>		
<b>Ker</b>	<b>bali / fóðurgerð</b>	<b>Tap</b>
6-5-5	F-4+þari	20.0%
6-5-5	F-2	-3.3%
6-5-5	F-3	5.0%
6-5-5	F-4	5.0%
6-5-5	F-5	1.7%
meðaltals tap		5.7%
<hr/>		
6-5-6	F-4+þari	6.7%
6-5-6	F-2	0.0%
6-5-6	F-3	-11.7%
6-5-6	F-4	11.7%
6-5-6	F-5	30.0%
meðaltals tap		7.3%
<hr/>		
6-5-7	F-4+þari	5.0%
6-5-7	F-2	0.0%
6-5-7	F-3	3.3%
6-5-7	F-4	1.7%
6-5-7	F-5	0.0%
meðaltals tap		2.0%



**Viðauki 10a: Þurrefnistap tilraunafóðurs í sjóvatni í 24****klst.**

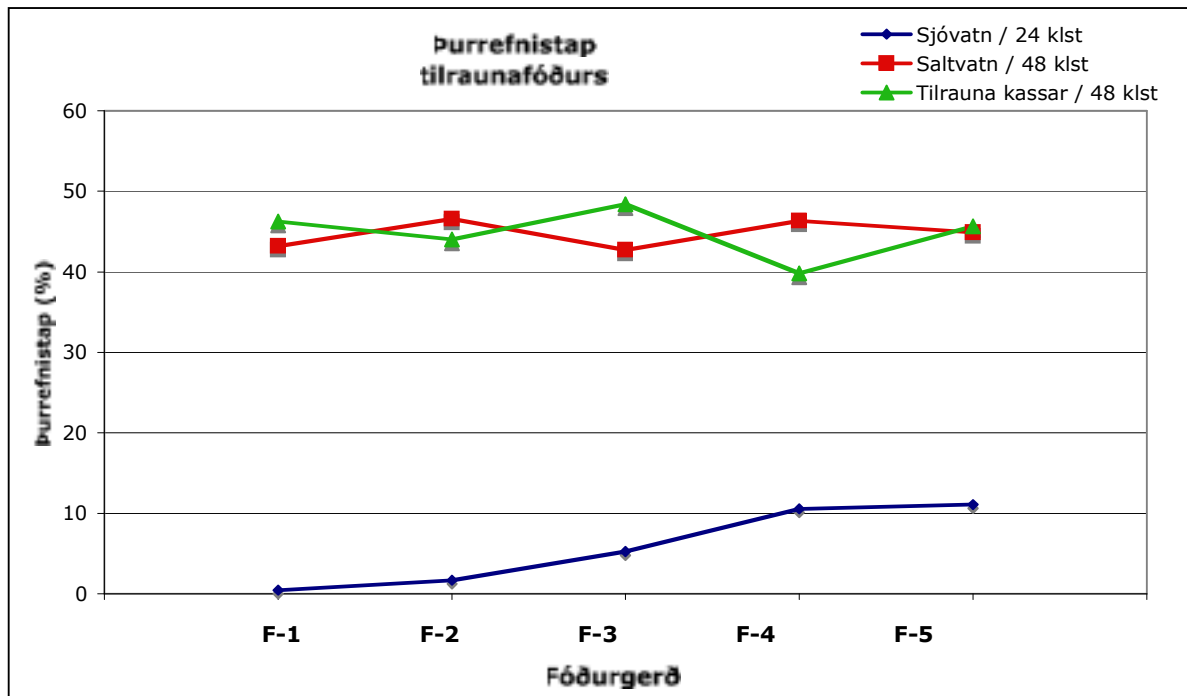
Merki	Fyrir bleytingu			Eftir bleytingu			Þurrefnistap (%)
	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni (g)	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni g	
F-1	10	7.80	9.22	31.32	70.70	9.18	<b>0.47</b>
F-2	10	6.30	9.37	32.32	71.50	9.21	<b>1.69</b>
F-3	10	5.70	9.43	34.11	73.80	8.94	<b>5.23</b>
F-4	10	6.50	9.35	24.45	65.80	8.36	<b>10.57</b>
F-5	10	6.70	9.33	27.37	69.70	8.29	<b>11.11</b>

**Viðauki 10b: Þurrefnistap tilraunafóðurs í saltvatni í 48****klst.**

Merki	Fyrir bleytingu			Eftir bleytingu			Þurrefnistap (%)
	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni (g)	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni g	
F-1	10	7.80	9.22	21.10	75.18	5.24	<b>43.20</b>
F-2	10	6.30	9.37	19.00	73.66	5.00	<b>46.59</b>
F-3	10	5.70	9.43	19.30	72.01	5.40	<b>42.71</b>
F-4	10	6.50	9.35	17.00	70.49	5.02	<b>46.35</b>
F-5	10	6.70	9.33	19.40	73.48	5.14	<b>44.86</b>

**Viðauki 10c: Þurrefnistap tilraunafóðurs í tilrauna****kössum í 48 klst.**

Merki	Fyrir bleytingu			Eftir bleytingu			Þurrefnistap (%)
	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni (g)	Innviktað (g)	Vatn (%)	Innv. Þurrefni g	
F-1	4	7.8	3.69	11.48	82.55	1.98	<b>46.21</b>
F-2	4	6.3	3.75	9.11	76.90	2.10	<b>44.01</b>
F-3	4	5.7	3.77	8.42	76.95	1.95	<b>48.38</b>
F-4	4	6.5	3.74	9.62	76.60	2.25	<b>39.81</b>
F-5	4	6.7	3.73	8.31	75.55	2.03	<b>45.65</b>

**Viðauki 11: Þurrefnistap tilraunafóðurs, samanburður****Meðaltals þurrefnistap (%):**

Sjóvatn / 24 klst: 5,82%  
 Saltvatn / 48 klst: 44,74%  
 Tilraunakassar /48 klst: 44,81%

**Staðalfrávik:**

Sjóvatn / 24 klst: 4,91  
 Saltvatn / 48 klst: 1,77  
 Tilraunakassar /48 klst: 3,20

**Viðauki 12: SGR, Hlutfallsleg þyngdaraukning**

Ker	Fóður	Tilraun I.			Tilraun II.	Tilraun III.*
		SGR a	SGR b	SGR c	SGR	SGR
6-5-5	F-1	2.38	0.96	1.89	1.32	0.97
6-5-6	F-1	2.46	1.15	2.00	1.28	0.74
6-5-7	F-1	2.67	1.22	2.16	1.32	1.00
6-5-5	F-2	2.51	1.11	2.02	1.43	0.75
6-5-6	F-2	2.59	0.97	2.02	1.25	0.84
6-5-7	F-2	2.62	1.25	2.14	1.41	0.77
6-5-5	F-3	2.52	1.08	2.02	1.44	0.81
6-5-6	F-3	2.70	1.86	2.40	1.39	0.94
6-5-7	F-3	2.70	1.68	2.35	1.47	0.87
6-5-5	F-4	2.63	1.15	2.11	1.47	0.89
6-5-6	F-4	2.77	1.67	2.38	1.49	0.90
6-5-7	F-4	2.80	1.52	2.35	1.50	0.84
6-5-7	F-5	2.68	0.95	2.07	1.57	0.89
6-5-6	F-5	2.72	1.81	2.40	1.58	0.91
6-5-5	F-5	2.74	2.11	2.52	1.45	0.99

\*Í tilraun III. var fóðri F-4+þari skipt út fyrir fóður F-1