

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisauki & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Tilraunaræktun náttúrulegs dýrasvifs og gæði dvalareggja

Jónína Þ. Jóhannsdóttir
Friðbjörn Möller
María Pétursdóttir
Rannveig Björnsdóttir

Vinnsla, virðisauki og eldi

Skýrsla Matís 01-11
Janúar 2011

ISSN 1670-7192

Tilraunaræktun náttúrulegs dýrasvifs og gæði dvalareggja

MATÍS – Skýrsla

Janúar 2011

Höfundar skýrslu:

Jónína Þ. Jóhannsdóttir¹⁾
Friðbjörn Möller²⁾
María Pétursdóttir¹⁾
Rannveig Björnsdóttir^{1,2)}

¹⁾ Matís, Vínlandsleið 12, 113 Reykjavík

²⁾ Háskólinn á Akureyri, Auðlindafræði, Norðurslóð 2, 600 Akureyri

Samstarfsaðilar:

Hlynur Ármannsson - Hafrannsóknastofnun
Tryggvi Sveinsson - Hafrannsóknastofnun
Ástþór Gíslason - Hafrannsóknastofnun
Gunvor Öie - SINTEF
Hugrún Lísa Heimisdóttir – Háskólinn á Akureyri
Heiðdís Smáradóttir – Fiskey hf

Þátttakendur og styrktaraðilar:

Matís ohf.
Hafrannsóknastofnun
SINTEF Fiskeri og havbruk, Noregi
Verkefnasjóður sjávarútvegsins
Rannsóknasjóður Háskólans á Akureyri
Nýsköpunarsjóður námsmanna
Fiskey hf



SJÁVARÚTVEGS- OG
LANDBÚNAÐARRÁÐUNEYTIÐ



Háskólinn
á Akureyri
University
of Akureyri



Titill / Title	Tilraunaræktun náttúrulegs dýrasvifs og gæði dvalareggja / <i>Experimental production of natural zooplankton and the quality of stored eggs</i>		
Höfundar / Authors	Jónína Þ. Jóhannsdóttir, Friðbjörn Möller (nemandi), María Pétursdóttir, Rannveig Björnsdóttir		
Skýrsla / Report no.	01-11	Útgáfudagur / Date:	Janúar 2011
Verknr. / project no.	3003-1895		
Styrktaraðilar / funding:	Verkefnasjóður sjávarútvegsins, Rannsóknasjóður Háskólans á Akureyri, Nýsköpunarsjóður Námsmanna		
Ágríp á íslensku:	<p>Dýrasvifssamfélag sjávar er mjög fjölbreytt og tegundaauðugt og í svifinu er að finna hátt hlutfall n-3 fitusýra svo og prótein, litarefni, vax estera og kítín. Auk þess að vera náttúruleg fæða lirfa sjávarfiska þá innihalda svifdýr hátt hlutfall fitusýra sem hentugar eru til manneldis. Af þessum sökum er áhugavert að nýta þessa uppsprettu næringarefna með ræktun við stýrðar aðstæður á landi og aðgengi allt árið um kring.</p> <p>Megin markmið verkefnisins var að þróa aðferðir til að viðhalda ræktum <i>Acartia tonsa</i> sem klakið var úr dvalareggjum og rækta <i>Acartia longiremis</i> úr svifi í sjó úr Eyjafirði svo og að rannsaka klakhlutfall eggja eftir geymslu. <i>A. longiremis</i> er mun viðkvæmari í allri meðhöndlun samanborið við <i>A. tonsa</i> og þarf lægra ræktunarhitastig. Komist hefur verið upp aðstöðu til ræktunar svifdýra og þörunga á rannsóknastofu Matís, HA og Hafró á Akureyri. Aðstæður á rannsóknastofunni reyndust fullnægja þörfum beggja tegunda til vaxtar og viðhalds en niðurstöður benda hins vegar til þess að þróa þurfi betri aðstæður við geymslu eggja <i>A. longiremis</i> til þess að auka klakhlutfall þeirra. Niðurstöður tilrauna þar sem lúðuseiði voru fóðruð með <i>Acartia</i> spp. gefa jafnframt vísbendingar um hraðari vöxt lúðulirfa og þótt vísbendingar væru um að myndbreytingu seinkaði nokkuð, þá virtist sem hún heppnaðist betur.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Dýrasvif, Acartia, ræktun, dvalaregg</i>		
Summary in English:	<p>The community of zooplankton includes many species and contains high proportion of n-3 fatty acids in addition to proteins, wax esters and chitin. Apart from being the natural food for marine larvae, zooplankton includes large quantities of high quality oil suitable for human consumption. It is therefore of importance to utilize this nutritional source by culturing zooplankton at controlled conditions throughout the year.</p> <p>The main goal of the project was to develop methods for maintaining cultures of <i>Acartia tonsa</i> that were hatched from dormant eggs, and to maintain cultures of <i>Acartia longiremis</i> collected from the marine environment in Eyjafjörður. The hatching rate of eggs following storage was furthermore investigated. Facilities for culturing of both zooplankton species and algae at controlled conditions have been set up in the laboratory and <i>A. longiremis</i> proved to be more sensitive to handling and require lower culturing temperatures compared with <i>A. tonsa</i>. Culturing conditions proved to fulfil the needs of the <i>Acartia</i> species for normal development and egg production. The results, however, indicate that conditions during egg storage need to be developed further for improved hatching rate of <i>A. longiremis</i> eggs. Offering <i>Acartia</i> spp. to halibut larvae may have resulted in improved growth and metamorphosis of larvae, however with delayed metamorphosis.</p>		
English keywords:	<i>Zooplankton, Acartia, culturing, diapause eggs</i>		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	1
2. FRAMKVÆMD	2
2.1. Ræktun lifandi þörunga	3
2.2. Ræktun dýrasvifs	4
2.2.1. Ræktun dýra úr dvalareggjum frá SINTEF.....	5
2.2.2. Ræktun dýra úr innsöfnuðum sýnum.....	7
2.2.3. Klak eggja	9
2.3. Fóðrun lirfa með ræktuðu dýrasvifi	10
3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR.....	11
3.1. <i>Acartia tonsa</i>	11
3.1.1. Eggjaframleiðsla og afkoma dýra	11
3.1.2. Klak eggja <i>A. tonsa</i>	14
3.2. <i>Acartia longiremis</i>	16
3.2.1. Ræktun <i>A. longiremis</i>	17
3.2.2. Klak eggja <i>A. longiremis</i>	20
3.2.3. Sýkingar <i>A. longiremis</i>	21
3.3. <i>Oithona similis</i>.....	22
3.4. <i>Oncaea borealis</i>.....	23
4. ACARTIA VIÐ FRAMLEIÐSLU LÚÐUSEIÐA.....	24
5. ÁLYKTANIR	25
6. ÞAKKARORÐ.....	27
7. HEIMILDIR.....	28

1. INNGANGUR

Lengi voru auðlindir hafsins taldar ótæmandi en í kjölfari kvótaskerðinga á sjávarafila er fiskeldi ört vaxandi iðnaður sem stendur þó frammi fyrir takmörkuðu framboði á efnivið til framleiðslu fódurs og þá fyrst og fremst á lýsi. Samfara aukinni fæðuþörf mannkynsins hefur athygli manna því í auknum mæli beinst að nýtingarmöguleikum dýrasvifs- eða átutegunda á lægstu þrepum fæðustigsins í sjónum.

Fisklirfur þurfa á nauðsynlegum næringarefnum að halda til að vaxa og þroskast eðlilega og tegundir dýrasvifs sem sjávarlirfur nærast aðallega á í náttúrunni innihalda mun meira af fosfolípíðum og fjölmömettuðum fitusýrum en þær tegundir fódurdýra sem hefðbundið eru notaðar við eldi í dag (van der Meeren, Olsen, Hamre, & Fyhn, 2008). Mikil afföll eru á fyrstu stigum eldis sjávarfiska og hafa þau m.a. verið rakin til ófullnægjandi næringarsamsetningar sem kemur m.a. fram í skertum vexti, lélegri fódurnýtingu, hærra hlutfalli útlitsgalla og minna þoli gagnvart lélegum vatnsgæðum í samanburði við lirfur sem fódraðar eru á náttúrulegu dýrasvifi (Hamre, Holen, & Moren, 2007; Imsland et al., 2006). Það er því ljóst að til þess að auka arðsemi eldis sjávardýra er nauðsynlegt að bæta næringarefnainnihald fódurdýrana þannig að þau verði sambærileg við náttúrulegt dýrasvif (Hamre et al., 2007; Imsland et al., 2006; van der Meeren et al., 2008).

Dýrasvifssamfélagið í hafinu er mjög fjölbreytt og tegundaauðugt en dýrin nærast á þörungum sem þau nýta sér til vaxtar og viðhalds. Auk þess að vera eftirsóttar til framleiðslu dýra til manneldis, s.s. í fiskeldi, þá er dýrasvif eftirsótt við þróun lýsisafurða. Rauðáta (*Calanus finmarchicus*) er algengasta tegund átu í sjónum í kringum Ísland (Gislason, Gaard, Debes, & Falkenhaus, 2008) en rannsóknir samstarfsaðila þessa verkefnis hafa hins vegar leitt í ljós að rauðátan er afar viðkvæm fyrir allri meðhöndlun auk þess sem erfitt hefur reynst að viðhalda ræktum á rannsóknastofunni. Tegundin *Acartia* var valin til ræktunar í verkefninu, vegna þess að hún er algeng í dýrasvifi hér við land og vegna þess að tegundin hefur reynst fremur harðgerð og hefur verið talin tiltölulega auðveld í eldi (Marcus & Wilcox, 2007). Ótal rannsóknir hafa verið gerðar á ræktun á hinum ýmsu tegundum *Acartia* spp. og *Oithona* spp. og virðast þessar tegundir henta vel í eldi vegna hentugs lífsferils (Drillet et al., 2006; Molejon & Alvarez-Lajonchere, 2003).

Nokkrar tegundir af ættkvíslinni *Acartia* finnast í miklu magni umhverfis landið, aðallega næst landi þar sem áhrifa strandsjávar gætir. *Acartia* tegundir er að finna í svifi allt árið, þó tegundin sé sjaldséð á veturna (Ástþórsson og Gíslason 1992; Gíslason og Ástþórsson 1995). Vitað er að ýmsar sviftegundir á hafsvæðum framleiða dvalaregg sem hluta af lífsferli sínu og í því markmiði að viðhalda fjölda við mismunandi umhverfiskilyrði (Engel & Hirche, 2004) og gefur þetta möguleika á stöðugu framboði á dýrasvifi allt árið.

Skýrslu um fyrra ár verkefnisins (2009) var skilað í byrjun árs 2010 (Matís skýrsla 02-10) og verður í þessari skýrslu gerð grein fyrir framkvæmd og niðurstöðum seinna árs verkefnisins en sú vinna fór fram á tímabilinu janúar 2010 til janúar 2011. Uppsetningu ræktunareininga var lýst í fyrri skýrslu og verður hér einungis farið lauslega í gegnum búnað við ræktunina en megin áhersla lögð á aðferðir við eldi dýranna og ræktun á lifandi þörungum auk þess sem fjallað verður um rannsóknir á gæðum dvalareggja. Verkefnið er því sjálfstætt framhald fyrra verkefnis þar sem tilraunir voru gerðar með ræktun villtra svifdýra sem algengust eru í svifinu við landið þ.e. Rauðátu og *Acartia spp.* Verkefnið í heild sinni var styrkt af Verkefnasjóði sjávarútvegsins og var unnið í samvinnu Matís ohf. og Hafrannsóknastofnunar auk þess sem nemandi á auðlindasviði við Háskólann á Akureyri (Friðbjörn Möller) sá um uppsetningu á aðstöðu og vann við verkefnið sumarið 2010.

2. FRAMKVÆMD

Megin markmið verkefnisins var að viðhalda ræktum á dýrum sem annarsvegar voru fengin úr dvalareggjum frá samstarfsaðila í verkefninu, SINTEF í Noregi þar sem áralöng reynsla er af ræktun *Acartia tonsa*, og hins vegar ræktum af villtum dýrasvifstegundum sem algengastar voru í svifinu í Eyjafirði á söfnunartímanum. Annað markmið verkefnisins var að gera tilraunir með geymslu dvalareggja og skoða gæði þeirra eftir geymslu. Vinna við verkefnið hófst í janúar 2010 og hefur framvinda verkefnisins verið í meginráttum í samræmi við það sem sett var fram í umsókn til sjóðsins.

2.1. Ræktun lifandi þörunga

Niðurstöður rannsókna fyrra árs verkefnisins bentu til þess að aðstæður við ræktun dýranna hefðu víðtæk áhrif á framleiðni þeirra og að nauðsynlegt væri að fódra dýrasvifið á lifandi þörungum. Næringarinnihald þörunga hefur áhrif á næringarinnihald dýrasvifsins auk þess sem það hefur áhrif á framleiðni þeirra (fjölda eggja og klakhlutfall) og er val á réttum þörungum því afar mikilvægt. Settar voru upp ræktir af sama þörungi og notaður var með góðum árangri við ræktun dýra á fyrra verkefnisári, þ.e. grænþörungnum *Tetraselmis chuii*. Þessi tegund inniheldur hátt hlutfall fitusýra auk náttúrulegra aminosýra og algengt er að þessi tegund sé notuð við ræktun fæðudýra hjá framleiðendum lirfa kaldsjávarfiska. Auk þessa voru gerðar tilraunir með einangrun og ræktun náttúrulegra þörunga sem safnað var úr sjónum í Eyjafirði.

Þörungar voru ræktaðir við stýrðar aðstæður í aðstöðu sem sett var upp á fyrra verkefnisári (mynd 1).

Þörungum var sáð í dauðhreinsaðan sjó sem í var bætt Conwy Medium næringarlausn (Walne, 1974) í

hlutföllunum 1ml af næringarlausn í hvern líter af sjó. Loftdælu var komið fyrir í ræktunarílátunum og loftið síað í gegnum bakteríu- og gróhelda síu auk þess sem bómullartappi var hafður í opinu til þess að loft kæmist út. Ræktir þörunga voru framkvæmdar í mismunandi rúmmáli, við stöðuga loftun við 25°C og með lýsingu (daylight, 36W) í 16 klst og 8 klst myrkur. Fylgst var með ræktunum og þegar þær voru orðnar vel grænar var um helmingur rúmmálsins fluttur yfir í nýjan sjó og fyllt upp með dauðhreinsuðum næringarblönduðum sjó.

Sjósýnum var safnað í söfnunarleiðöngrum sem farnir voru í Eyjafirði og villtir þörungar einangraðir úr sýnunum til ræktunar á rannsóknastofunni. Til þess að ná upp þörungaræktum var sýnum af þörungum sáð á petriskálar sem í var næringaræti auðgað með steinefnum og vítamínum. Þegar myndast höfðu koloníur á skálunum var þeim umsáð í næringarlausnir. Fylgst var með útliti og fjölda þörunga í smásjá og víðsjá.



Mynd 1. Aðstaða sem sett var upp til ræktunar þörunga við stýrðar aðstæður

2.2. Ræktun dýrasvifs

Á fyrra verkefnisári var sett upp aðstaða til ræktunar á dýrasvifi í sameiginlegu rannsóknarými Matís, Hafrannsóknastofnunar og HA að Borgum, Akureyri. Þetta voru keilulaga ílát sem reyndust ekki henta vel til ræktunarinnar og einnig var erfitt að hirða þau og umgangast almennt. Á þessu verkefnisári var ræktunaraðstaðan endurbætt og settir upp ræktunarkassar sem auðveldara er að hirða um. Mikilvægt er að eldistankar hleypi ljósi í gegnum sig svo nægileg birta sé fyrir þörunga til að sinna orkuframléiðslu og einnig til að koma í veg fyrir að þörungarnir falli til botns en við það getur byggst upp óæskileg flóra baktería og ýmissa sníkjudýra (Marcus & Wilcox, 2007). Sett hefur verið upp aðstaða til ræktunar dýranna í einingum af mismunandi stærðum og með þeim búnaði sem hentar þeirri tegund sem rækta á hverju sinni. Loftdæla er staðsett í hverjum tanki þar sem hægt er að stjórna loftuninni en mikilvægt er að hafa væga loftun eftir klak því of mikil loftun getur valdið því að svifdýrin berist með loftbólum upp á yfirborð og drepist þegar loftbólurnar springa (Marcus & Wilcox, 2007). Lýsingu er stjórnað með ljósaperum sem staðsettar eru fyrir ofan tankana og hitamælur í eldisvökvanum fylgjast með hitastigi. Þar sem kæling er nauðsynleg er hitastigi stjórnað með stöðugu gegnumstreymi vatns í rými sem útbúið var umhverfis hverja einingu.

Acartia spp. eru alætur sem éta einnig eigin lirfur og því nauðsynlegt að aðskilja egg og lirfur frá þó svo það sé tímafrek aðgerð (Payne & Rippingale, 2001). Við umhirðu tankanna er eldisvökva tappað daglega úr tönkunum og ferskum sjó bætt við í staðinn. Skafa er notuð til þess að losa óhreinindi og annað af botni áður en botnlagið er sogað upp. Til þess að hreinsa egg úr sjónum er sigtað með mismunandi stórum filterum hverjum á fætur öðrum, fyrst í gegnum 125µm filter til að ná mestu óhreinindum og síðan í gegnum 9µm filter til að losna við stærstu þörungana. Að því loknu er vökvinn síaður gegnum 63µm filter en þá sitja eggin eftir og er þeim skolað ofan í skál og bætt við um 40 ml af sterilum sjó. Alltaf fylgir eitthvað af dýrum með þegar sjór er sogaður af botni eininganna en dýrin eru mjög viðkvæm og mikilvægt er að sían sé alltaf að hluta til á kafi í sjó, því dýrin þola illa að liggja á grind síunnar eða þeim sé þrýst að henni með rennandi sjó. Lifandi dýrum er skilað aftur í kerin eftir að

eggjinn hafa verið skilin frá. Talning og skoðun á dýrum var framkvæmd undir víðsjá með köldu ljósi til þess að vernda dýrin en þau eru næm fyrir hækkun hitastigs.

2.2.1. Ræktun dýra úr dvalareggjum frá SINTEF

Hjá samstarfsaðila í verkefninu, SINTEF í Noregi, hafa verið gerðar viðamiklar tilraunir með eldi á *Acartia tonsa* og hefur SINTEF framleitt og rannsakað aðferðir til geymslu dvalareggja þeirrar tegundar í nokkur ár. SINTEF lagði til skammta af dvalareggjum *Acartia tonsa* til verkefnisins. Tveir skammtar voru sendir að utan en sá fyrri reyndist illa farinn og hefur að öllum líkindum orðið fyrir hitaskemmdum í flutningi vegna þess hve sendingin var lengi á leiðinni. Þó voru framkvæmdar ræktunartilraunir með eggjum úr báðum skömmtum.

Byrjað var á því að framkvæma litla fortíraun með klak dvalareggja í mismunandi eldisvökva. Eggjum var þá sáð í þrjár mismunandi tegundir af vökva; tilbúinn sjó (Instant Ocean®) sem leystur var í vatni og látinn standa í 2 sólahringa með mikilli loftun fyrir notkun; sjó sem safnað var við Krossanes og grófsíaður í gegnum 63µm síu og sterila 5 cm þykka steinull; sjó sem fenginn var frá seiðaframleiðanda lúðu, Fiskey, en sá sjór er fínsíaður og nokkuð sterill þar sem hann er geislaður með útfjólubláu ljósi. Fylgst var með klaki eggja í 48 klst. eftir sáningu og sýndu niðurstöður að egg voru lífvænlegust þegar klakið var framkvæmt í síuðum sjó samanborið við í tilbúinn sjó. Hins vegar er ljóst að mjög mikið magn af sjó þurfti daglega til að framkvæmda tilraunirnar í þessu verkefni og mikill tími og fyrirhöfn fer í að ná í sjó langar leiðir. Það reyndist því ekki unnt að framkvæma stórar tilraunir á rannsóknastofunni með síuðum sjó og því var tilbúinn sjór (Instant Ocean®) notaður í tilraunirnar.

Til ræktunar á *A. tonsa* hefur verið komið upp fjórum ferhyrindum, glærum 100L ræktunarkössum auk þess sem einnig er til staðar 350L fiskiker og hægt er að stjórna umhverfisaðstæðum í hverjum tanki. Ágæt þekking er á aðstæðum sem henta til ræktunar á *A. tonsa* og á fyrra verkefnisári tókst að viðhalda ræktum þeirra yfir nokkrar kynslóðir. Niðurstöður tilrauna fyrra verkefnisárs gáfu jafnframt vísbendingar um að dýrin þoli hita á breiðu bili en að best niðurstaða fái við hitastig í kringum 20°C. Við eldi dýranna á síðara verkefnisári var tekið mið af þeim aðstæðum sem gefist hafa best í fyrri rannsóknum og höfuðáhersla lögð á söfnun eggja, klak og geymslu þeirra. Eldisaðstæður voru eftirfarandi:

- Eldisvökvi: tilbúinn sjór (Instant Ocean®) sem leystur var í vatni og látinn standa í 2 sólahringa með mikilli loftun fyrir notkun
- Hitastig eldisvökva stjórnaðist af herbergishita og á ræktunartímabilinu sveiflaðist hitastigið frá 20°C til 25,5°C
- Sýrustig eldisvökva sveiflaðist frá pH: 7,8 til pH: 8,5 en nokkrar sveiflur komu fram í tengslum við fóðrun svo og við endurnýjun eldisvökva
- Selta: 32 ppt
- Lýsing var höfð í 18 klst. á móti 6 klst. myrkri (Ljósgrafi. 35 W Universal white / eða Cool white pera)
- Loftun: afar mild í 2 hornum hvers ræktunarkassa
- Næring: þörungurinn *Tetraselmis chuii*

Dvalareggjum *A. tonsa* var klakið í 7 aðskildum tilraunum. Við klak eru um 80L af sjó settir í hvern kassa og eggjum í ákveðnum þéttleika komið fyrir með svartri yfirbreiðslu og loftun stöðvuð á meðan klak fer fram. Þéttleiki á eggjum fyrir klak er metinn samkvæmt upplýsingum í (Marcus & Wilcox, 2007) en þar er fjöldi eggja talinn í þynntu sýni. Reikna þarf með einhverjum afföllum sem m.a. eru háð þeim tíma sem eggin hafa verið í geymslu. Egg *A. tonsa* eru flest klakin eftir 48 klst. (Marcus & Wilcox, 2007) og er þá yfirbreiðsla tekin af og loftun hafin á ný. Til að meta fjölda dýra í hverjum kassa fyrir sig eru sýni tekin á fimm mismunandi stöðum úr yfirborði svo og úr miðjum kassa, samtals 20 ml hverju sinni og skoðað undir víðsjá þar sem dýrin eru talin og heildarfjöldi lifandi dýra í ræktunareiningunni reiknaður. Á hverjum degi eru dýr fóðruð með lifandi þörungum (*Tetraselmis chuii*) í styrkleikanum 2,5 milljón þörungafurum í hvern líter ræktarinnar en skv. heimildum á það að nægja til að halda rækt gangandi og lífi í dýrum.

Á degi 12 í rækt ætti undir eðlilegum aðstæðum að byrja að verða vart við egg hjá *A. tonsa* (Medina & Barata, 2004a) en lífspan hennar þegar hún er í fjölgunarham er um 75 dagar og hrygnir hún á 5 til 7 daga fresti (Marcus & Wilcox, 2007). Á hverjum degi eftir dag 12 er botn eldistanka "ryksugaður" og eggjum safnað. Botnfalli sem kemur í síuna er safnað saman í bikarglas og eggin síðan hreinsuð frá. Á því tímabili sem flest egg fundust í ræktum var eggjunum úr öllum ræktunareiningum safnað saman, þeim klakið og dýrunum síðan komið fyrir í nýrri ræktunareiningu (80L). Einnig voru ræktum leyft að viðhaldast án þess að egg væru fjarlægð og var eldisvökvi þá endurnýjaður reglulega.

2.2.2. Ræktun dýra úr innsöfnum sýnum

Söfnun á villtu dýrasvifi var framkvæmd á Eyjafjarðarsvæðinu í samstarfi við Hafrannsóknarstofnun, en framkvæmd innsöfnunar var í höndum sumarnemanda í verkefninu, Friðbjörns Möller (mynd 2) og skipsstjóra á Einari í Nesi EA, Tryggva Sveinssonar.



Mynd 2. Söfnun á villtu dýrasvifi á Eyjafjarðarsvæðinu

Sýni voru flutt á rannsóknastofuna að Borgum þar sem dýr

voru einangruð og flokkuð. Dýr úr innsöfnum sýnum voru einangruð með því að koma sýnum fyrir í dökkblárri 20L fötu. Ljóni var komið fyrir ofan við vatnsborðið en dýrin laðast að ljósinu og voru þau veidd í 250ml bikarglas. Fjöldi dýra var ákvarðaður eftir talningu í samtals 5ml af sýni undir köldu ljósi í víðsjá.

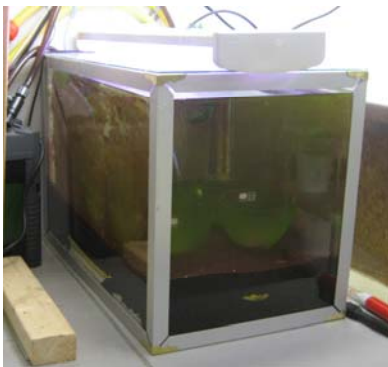
Farnir voru 6 söfnunarleiðangrar á tímabilinu júní til september 2010 og framkvæmdar voru tilraunir með ræktun þriggja tegunda dýrasvifs úr innsöfnum sýnum: *Acartia longiremis*, *Oithona similis* og *Oncaea borealis* en dýr sem söfnumust í leiðöngrunum voru tegundagreind af sérfræðingi Hafrannsóknastofnunar, Ástþóri Gíslasyni. Í sýnum úr fyrsta söfnunarleiðangrinum leiddi greining í ljós blöndu svifdýra þar sem var að finna *Acartia longiremis*, Ljósátu, Rekhyrnu, Rauðátu, *Oithona similis* og ýmislegt annað dýrasvif sem ekki tókst að greina. Fljótlega drapst meiri hlutinn af svifdýrunum en unnt reyndist að einangra lifandi *A. longiremis* og *Oithona* frá botnfalli dauðra dýra og var þeim komið fyrir í glerflöskum og þau notuð í fyrstu ræktunartilraunirnar. Í seinni söfnunarleiðöngrum var reynt að einangra einungis dýr af tegundinni *A. longiremis* og þeim síðan komið fyrir í rækt.

Ræktun á svifdýrum af tegundinni *Oithona* sem safnað var í fyrsta leiðangrinum var komið fyrir í kældu umhverfi í sex 500ml glerflöskum sem innihéldu 15 dýr hver. Notuð var væg loftun og lýsing með 18 klst. ljós á móti 6 klst. myrkri auk þess sem daglega var fóðrað með *Tetraselmis chuii* í styrkleikanum 2,5 milljón þörungafurur/L sjó. Endurnýjun á hluta eldisvökva var framkvæmd daglega í tengslum við fóðrun.

Ræktun á *A. longiremis* var framkvæmd í 30ppt tilbúnum sjó sem svipar til seltustigs sjávar við innsöfnun dýranna. Loftun var höfð væg og fóðrað var daglega með *Tetraselmis chuii* í styrkleikanum 2,5 milljón þörungafurur/L af sjó. Eldisvökvi var endurnýjaður daglega í

tengslum við hreinsun tanka og söfnun eggja. Lýsing var höfð yfir öllum kerjum með 18 klst. ljós / 6 klst. myrkur. Könnuð voru áhrif hitastigs og rúmmáls ræktunurvökva við ræktun *A. longiremis*. Ræktir voru hafðar í kældu umhverfi þar sem unnt var að viðhalda hitastigi á bilinu 8,3°C til 12,8°C. Einnig voru framkvæmdar minni ræktunartilraunir þar sem nokkrum dýrum var komið fyrir í 2L glerflöskum við herra hitastig (20°C) í því markmiði að rannsaka áhrif þess á afkomu og eggjaframleiðslu dýranna.

Ræktunartilraunir voru framkvæmdar í mismunandi rúmmáli eldisvökva, þ.e. 2L glerflöskum, 53L glerbúrum og 350L fiskikeri. Glerflöskunum var komið fyrir í plastkassa sem hafður var í vatnsbaði þar sem hitastiginu var haldið á bilinu 8,3 til 10,1°C. Í 53 lítra glerbúrinu (mynd 3) var reynt að líkja sem mest eftir náttúrulegum aðstæðum dýranna. Miðlungsgrófri sjávarmöl og fínum fjörusandi var komið fyrir á botninum og vatnsslunga lögð um plaströr í botninn og dæla notuð til að hringrása köldu vatni til kælingar á sjónum og til að viðhalda hitastigi á bilinu 11,3 - 12,8°C. Ræktun í stærstu einingunum (350L) var framkvæmd fiskikari með tvöföldum hliðum og þar sem köldu vatni var dælt í gegnum ytra hólfíð til að viðhalda hitastigi eldisumhverfisins á bilinu 11,3 - 12,8°C (mynd 4).



Mynd 3. Glerbúr (53L) með kælingu fyrir ræktun A. longiremis



Mynd 4. Fiskabúr (350L) með kælingu fyrir ræktun A. longiremis

Daglega var fóðrað með þörungum auk þess sem gerðar voru tilraunir með fóðrum með smákornóttu fiskafóðri (malað og sigtað til að fá korn af svipaðri stærð). Í stærri ræktunareiningunum var eldisvökvi endurnýjaður daglega með því að fjarlægja 5 lítra af sjó og nýjum bætt við í staðinn. Vegna sands á botninum í 53L eldisbúrinu var ekki hægt að

ryksuga úr botni þess til innsöfnunar eggja eins og áður er lýst og var því komið fyrir bikarglössum á botninum og daglega sogað úr þeim og skoðað í víðsjá.

Í innsöfnuðum sýnum var oft að finna dýr af tegundinni *Oncaea borealis*. Sérstök tilraun var því framkvæmd með ræktun þessara dýra en þá var um 1.000 dýrum komið fyrir í 53L búi með kælingu. Fóðrað var með *Tetraselmis chuii* og reglulega tekin sýni og dýr skoðuð í víðsjá. Rannsóknir hafa einnig leitt í ljós að dýr af þessari tegund er jafnan að finna í ræktunareiningum *A. longiremis*.

2.2.3. Klak eggja

Eggjum var safnað úr öllum framleiðslueiningum bæði *A. tonsa* og *A. longiremis*. Klakhlutfall ferskra eggja við mismunandi hitastig var rannsakað strax eftir söfnun. Eggjin voru þá hreinsuð með skolun í gegnum síu og þeim síðan komið fyrir í sterílum sjó í sexhólfa bakka (mynd 5) við mismunandi hitastig, þ.e. við 5, 15 og 20°C svo og við stofuhita (>20°C). Fylgst var með klaki í víðsjá undir köldu ljósi eftir 48, 72, 96 og 120 klst. Strax og einhver egg höfðu klakist út var fóðrað með dropa af þörungarækt *Tetraselmis chuii*.



Mynd 5. Sexhólfa bakki til rannsókna á klaki eggja

Einnig voru gerðar tilraunir með geymslu eggja við mismunandi aðstæður, þ.e. í sterílum súrefnissnauðum sjó og með íblöndun glúkósa en vísbendingar eru um að sú aðferð bæti verulega frjóvgunarhlutfall lúðuhroga (Johannsdóttir, Smáradóttir, Pétursdóttir, & Björnsdóttir, 2010). Eftir geymslu voru gæði eggja rannsökuð fyrst og fremst með því að skoða klakhlutfall eggjanna en einnig með því að fylgjast með afkomu dýranna eftir klak. Klakhlutfall dvalareggja *A. tonsa* voru rannsökuð eftir geymslu við 4°C í allt að 50 sólarhringa en egg *A. longiremis* voru geymd við tvö mismunandi hitastig, þ.e. við 4°C og við undirkælingu þar sem yfirborð eldisvökvans fryst og vökvinn því undirkældur (<0°C) og geymslu í allt að 6 sólarhringa.

Þegar eggjum var komið fyrir í sterílum súrefnissnauðum sjó reyndust þau sökkva á botn ílátsins. Glúkósi myndar hjúp utan um eggjin og gæti því hugsanlega látið eggjin fljóta í lausninni og sömuleiðis verndað þau gegn bakteríuvexti en glúkósi er þó einnig næring fyrir

bakteríur og gæti því einnig stuðlað að auknum vexti ákveðinna tegunda (tækifærisbakteríur). Rannsóknir á áhrifum glúkósa á klakhlutfall dvalareggja voru framkvæmdar með því að geyma egg í glúkósalausn af mismunandi styrkleika (5, 10, 20 og 30%) í 6 daga við 4°C áður en klak var framkvæmt eins og áður er lýst.

2.3. Fóðrun lirfa með ræktuðu dýrasvifi

Í samvinnu við seiðaframleiðanda lúðuseiða (Fiskey) var framkvæmd tilraun þar sem lúðulirfur voru fóðraðar með ræktuðu dýrasvifi frá því 78 dögum eftir klak í stað saltvatnsrækju (*Artemia*) sem hefðbundið er notað við framleiðsluna. Við ræktun lúðuseiða þarf að fóðra hverja lirfu af þessari stærð með ~ 1.500-2.000 dýrum á dag og við skipulag tilrauna var því nauðsynlegt að miða stærð tilraunar við fjölda dýra sem hægt var að taka úr ræktunum á þeim tíma.

Tilraunin var framkvæmd í seiðaeldisstöð Fiskeyjar að Hjalteyri og sáu starfsmenn Fiskeyjar um uppsetningu og framkvæmd hennar. Lirfur úr 3.500L framleiðslueiningu voru fluttar í tvö smærri tilraunaker (100L ker) um 28 dögum eftir að startfóðrun hófst (um 78 dögum eftir klak). Tilraunakerin (PVC svart plast) eru þannig úr garði gerð að þau líkist sem mest startfóðrunarkerjunum sem notuð eru við lúðuseiðaframleiðsluna og var rennsli í kerin, skygging eldisvökva og fóðurgjafir stillt þannig að það væri sem líkast venjulegum framleiðslukerjum. Samtals um 150 lirfum var komið fyrir í hvoru keru og fóðrað var með ræktuðu dýrasvifi (blöndu af *A. tonsa* og *A. longiremis*) í morgungjöf í 14 daga. Við kvöldgjöf var lirfunum gefin *Artemia* eins og í viðmiðunarkerinu. Að þessum tíma liðnum voru lirfur í báðum kerjunum fóðraðar með hefðbundnum hætti í báðar gjafir (*Artemia*) þar til myndbreytingu var að mestu lokið.

Áhrif meðhöndlunar voru metin m.t.t. afkomu og gæða myndbreytingar seiða auk þess sem sýnum var safnað til rannsókna á genatjáningu valinna gena í öðru verkefni (sótt hefur verið um styrk til úrvinnslu sýna til Rannsóknasjóðs Háskólans á Akureyri, desember 2010).

3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Vel gekk að viðhalda ræktum á *Tetraselmis chuii* þörungi á rannsóknastofunni og virðist hann vaxa vel við þær aðstæður sem settar voru upp. Hins vegar reyndist ekki unnt að koma upp nægilega þéttri rækt af villtum þörungum til þess að fódra dýrasvifið með. Nokkrar koloníur af þörungum mynduðust á skálum en í flestum tilfellum virtist vera um að ræða afar hægvoxandi tegundir sem oftast en ekki reyndust vera þekjuþörungar sem festast við innra byrði ræktunarglasa og mynda þar ásætubörung sem hentar ekki vel við ræktun svifdýra.

Greining tegunda villtra þörunga var ekki hluti af þessu verkefni en stendur yfir og sótt hefur verið um styrk til AVS sjóðsins í þeim tilgangi að finna kjöraðstæður til ræktunar villtra þörunga á rannsóknastofunni. Í þessu verkefni var *Tetraselmis chuii* þörungurinn því einungis notaður sem næring fyrir dýrasvifið en sú tegund reyndist vel til ræktunar dýrasvifs á fyrra verkefnisári.

3.1. *Acartia tonsa*

Sú tegund krabbaflóa sem hvað mest hefur verið rannsökuð til ræktunar er *Acartia tonsa* og hafa verið framkvæmdar rannsóknir með notkun hennar sem fóðurdýr fyrir fisklirfur. Niðurstöður fyrri rannsókna benda til þess að ræktun *A. tonsa* gæti verið mjög heppilegur kostur en hins vegar þurfi að þróa betur aðferðir við ræktun hennar (Jepsen et al., 2007). Unnt reyndist að rækta þessa tegund yfir fjölda kynslóða í þessu verkefni.

3.1.1. Eggjaframleiðsla og afkoma dýra

Eins og áður hefur komið fram þá reyndist fyrri eggjaskammturinn sem fékkst frá SINTEF vera skemmdur. Megn brennisteinslykt var úr glasinu þegar það var opnað og samkvæmt merkingu á glösum var skammturinn þegar mánaðargamall þegar hann barst á rannsóknastofuna. Þó voru framkvæmdar 4 aðskildar klaktíraunir með þennan skammt. Lítil hluti eggja klaktist út, hnignun ræktanna var hröð í öllum einingum og voru öll dýrin dauð eftir nokkrar vikur í rækt. Botn ræktunareininga var hreinsaður daglega frá því 12 dögum

eftir klak í leit að eggjum en ekki varð vart við mikla eggjaframleiðslu hjá dýrunum í þessari tilraun. Einstaka egg fannst, en tilraunir til að klekja þeim reyndust árangurslausar.

Samkvæmt upplýsingum frá SINTEF eiga gæði dvalareggja og klakhlutfall þeirra að vera viðunandi eftir allt að þriggja mánaða geymslu við kjöraðstæður. Líklegt er talið að egg í þessum skammti hafi orðið fyrir hitaskemmdum í flutningi.

Tilraunir með seinni skammt dvalareggja frá SINTEF voru framkvæmdar í þremur aðskildum tilraunum (klakhópar 23. ágúst, 25. ágúst og 27. ágúst) og notuð voru 1.2 milljón egg í hvert skipti. Hitastig hélst afar stöðug á ræktunartímanum og litlar sveiflur urðu á sýrustigi. Dýr voru talin reglulega í sýnum sem tekin voru úr ræktinni og það uppreiknað til að finna fjölda dýra í ræktinni (Töflur 1-3). Egg fóru að finnast fljótlega eftir tólf daga frá klaki í öllum ræktum.

Tafla 1: Niðurstöður og talningar dýra í klakhópi 23. ágúst 2010 (dvalaregg dagsett 15. ágúst 2010). Klak er áætlað 48 klst eftir sáningu. Talning á dýrum í samtals 100ml af sýni (20ml sýni tekin á 5 mismunandi stöðum í ræktunareiningunni) var notuð til að reikna út meðalfjölda dýra í kerinu og þar með klakhlutfall þeirra 1.2 milljón eggja sem komið var fyrir í kerinu. Þroskastig dýra (N1 – C6) er metið við skoðun í víðsjá þar sem horft er til stærðar og útlits með samanburði við teikningar. Egg fóru að finnast 7. september og voru þau fjarlægð daglega úr kerinu fram til 21. september (grænn litur) en eftir það varð vart fjölgunar dýra í ræktinni.

Dags		Fjöldi dýra í sýni					Meðalfjöldi dýra í keru	Þroskastig	Klakhlutfall
		1	2	3	4	5			
25.ágú	Klak	100	80	110	80	90	368.000	N1	31%
26.ágú		80	100	90	90	90	360.000	N2	
27.ágú		90	90	80	90	100	360.000	N3	
5.sep		50	20	30	20	25	116.000	C6	
6.sep		30	20	30	40	30	120.000		
7.sep	Egg	20	30	30	30	40	120.000		
8.sep		30	20	20	25	50	116.000		
9.sep		20	40	30	30	20	112.000		
19.sep		20	20	20	30	20	88.000		
20.sep		20	20	30	10	20	80.000		
21.sep		20	30	10	10	30	80.000		
22.sep	Fjölgun	30	20	30	20	10	88.000		
27.sep		20	20	30	30	30	104.000		

Tafla 2: Niðurstöður og talningar dýra í klakhópi 25. ágúst 2010 (dvalaregg dagsett 15. ágúst 2010). Klak er áætlað 48 klst eftir sáningu. Talning á dýrum í samtals 100ml af sýni (20ml sýni tekin á 5 mismunandi stöðum í ræktunareiningunni) var notuð til að reikna út meðalfjölda dýra í kerinu og þar með klakhlutfall þeirra 1.2 milljón eggja sem komið var fyrir í kerinu. Proskastig dýra (N1 – C6) er metið við skoðun í víðsjá þar sem horft er til stærðar og útlits með samanburði við teikningar. Egg fóru að finnast 11. september og voru þau fjarlægð daglega úr kerinu til 24. september (grænn litur) en eftir það varð vart fjölgunar dýra í ræktinni.

Dags		Fjöldi dýra í sýni					Meðalfjöldi dýra í keru	Þroskastig	Klakhlutfall
		1	2	3	4	5			
27.ágú	Klak	40	100	100	60	90	312.000	N1	26%
28.ágú		70	90	80	70	80	312.000	N2	
29.ágú		75	60	80	90	70	300.000	N3	
7.sep		15	15	30	20	20	80.000	C6	
8.sep		10	30	30	20	10	80.000		
9.sep		25	25	15	10	20	76.000		
10.sep		20	25	20	20	10	76.000		
11.sep	Egg	30	20	20	15	10	76.000		
12.sep		10	20	30	20	15	76.000		
13.sep		20	20	20	20	10	72.000		
23.sep		15	15	10	10	10	48.000		
24.sep		10	10	15	10	10	44.000		
25.sep	Fjöldgun	15	20	15	10	10	56.000		
26.sep		20	20	10	10	15	60.000		
27.sep		10	20	20	20	10	64.000		
28.sep		20	20	10	20	20	72.000		

Tafla 3: Niðurstöður og talningar dýra í klakhópi 27. ágúst 2010 (dvalaregg dagsett 15. ágúst 2010). Klak er áætlað 48 klst eftir sáningu. Talning á dýrum í samtals 100ml af sýni (20ml sýni tekin á 5 mismunandi stöðum í ræktunareiningunni) var notuð til að reikna út meðalfjölda dýra í kerinu og þar með klakhlutfall þeirra 1.2 milljón eggja sem komið var fyrir í kerinu. Proskastig dýra (N1 – C6) er metið við skoðun í víðsjá þar sem horft er til stærðar og útlits með samanburði við teikningar. Egg fóru að finnast 11. september og voru þau fjarlægð daglega úr kerinu fram til 20. september (grænn litur) en eftir það varð vart fjölgunar dýra í ræktinni.

Dags		Fjöldi dýra í sýni					Meðalfjöldi dýra í keru	Þroskastig	Klak hlutfall
		1	2	3	4	5			
29.ágú	Klak	100	50	100	90	90	344.000	N1	29%
30.ágú		70	100	90	90	80	344.000	N2	
31.ágú		90	80	90	90	70	336.000	N3	
9.sep		30	30	10	20	15	84.000	C6	
10.sep		10	20	20	30	30	88.000		
11.sep	Egg	30	25	20	20	10	84.000		
12.sep		20	25	20	20	10	76.000		
19.sep		10	20	20	15	20	68.000		
20.sep		10	20	20	20	10	64.000		
21.sep		15	20	10	20	25	72.000		
22.sep		20	10	25	20	20	76.000		

Klakhlutfall í tilraunum á seinni skammti dvalareggja frá SINTEF var 26 - 31%. Fjöldi dýra hélst nokkuð stöðugur eftir að hætt var að fjarlægja eggin úr tönkunum og má því áætla að komist hafi á jafnvægi milli fjölgunar og dauða dýra. Klakhlutfall þessara tilrauna er mjög lágt í samanburði við tilraunir Drillet og félaga (2006) (Drillet et al., 2006) þar sem klakhlutfall ferskra eggja var að meðaltali 90,3% en fór niður í 69,9% eftir 3 mánaða geymslu við kjöraðstæður og 73,9% eftir 11 mánaða geymslu. Eins og fyrr segir reyndist nauðsynlegt að nota tilbúinn sjó í tilraunum sem framkvæmdar voru í þessu verkefni og því líkur á að það hafi neikvæð áhrif á klakhlutfall. Eins getur hugsast að flutningur eggja og sveiflur í hitastigi við flutning hafi áhrif á klakhlutfall eggja. Aðstæður í klaki voru ekki þær sömu og í fyrrnefndri tilraun Drillet og félaga (2006) þar sem klak var framkvæmt í mun minni skömmtum eða með einungis 150-200 eggjum og voru tilraunirnar framkvæmdar í petriskálum þar sem auðvelt reyndist að telja nákvæmlega fjölda eggja sem klöktust. Í tilraunum í þessu verkefni var umfang tilrauna mun stærra og erfitt að telja nákvæmt fjölda eggja sem klöktust. Reynt var að taka sýni víðsvegar um búrið en erfitt er að fá rétta mynd af fjölda dýra í öllu búrinu til þess að meta réttilega klakhlutfall sem gæti því verið vanmetið. Af sömu ástæðu er erfitt að gera sér grein fyrir eggjaframleiðslu dýranna þar sem sýnataka úr stórum einungum gefur e.t.v. ekki nægilega góða mynd af ræktinni í heild sinni og því erfitt að meta nákvæmlega fjölda dýra eða fjölda eggja með því að ryksuga egg úr botni eininganna.

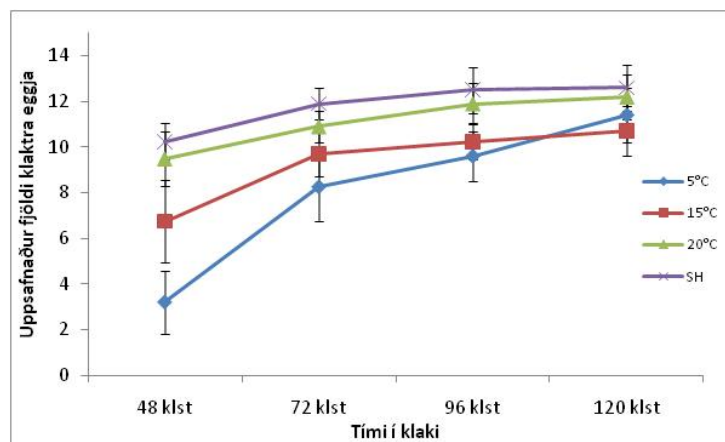
Rækt þar sem klöktum dýrum var komið fyrir hefur þegar þetta er skrifað verið fylgt eftir í 18 vikur. Það fór fljótt að byggjast upp afar þétt rækt og fundust egg í ræktinni sem klöktust út og virðist því hægt að viðhalda dýrum við þær aðstæður sem hannaðar voru í verkefninu. Tekið skal fram að þessi rækt var notuð til þess að fódra lúðulirfur í tilraun sem framkvæmd var hjá lúðuseiðaframleiðanda (Fiskey) og því hefur ekki orðið jafn mikil fjölgun dýra í ræktinni eins og annars hefði mátt búast við.

3.1.2. Klak eggja A. tonsa

Egg fundust í nær öllum ræktunareiningum og var þeim komið fyrir í sterilum sjó til að klekja strax (fersk egg) eða þau voru geymd við kældar aðstæður (dvalaregg). Mjög erfitt reyndist

að losna alveg við óhreinindi þrátt fyrir ítrekaða skolun eggjanna en sú meðferð getur hugsanlega haft áhrif á klakhlutfall þeirra. Skoðun undir víðsjá leiddi í ljós mismunandi útlit þeirra eggja sem safnað var úr einingunni og voru sum eggin alveg glær en önnur bláleit og virtust þau bláleitu vera frjónvuguð eða líklegri til þess að vera lífvænleg.

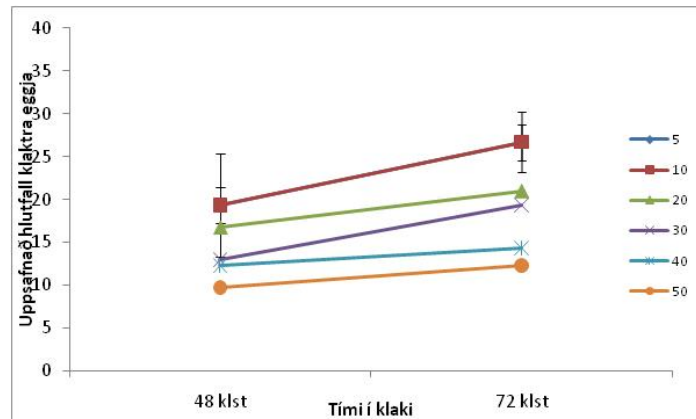
Klak ferskra eggja var rannsakað í tveimur aðskildum tilraunum (6 endurtekningar hver tilraun) þar sem 15 eggjum var klakið við mismunandi hitastig og fylgst með ferlinu undir víðsjá, daglega í 5 sólarhringa (mynd 9).



Mynd 9. Klaktilraun á ferskum eggjum A. tonsa við mismunandi hitastig. Línuritinn sýna uppsafnaðan fjölda klakinna eggja á mismunandi tímamörkum við 5°C, 15°C, 20°C og stofuhita (SH, >20°C). Á hverjum tímamörkum voru tekin tvö sýni og sýnd eru staðalfrávik 6 endurtekninga í hvoru (samaltals 12 endurtekningar).

Klakhlutfall ferskra eggja var á bilinu 71-84%, metið eftir 120 klst frá innsöfnun (mynd 9). Niðurstöður sýna að klakhlutfall ferskra eggja A. tonsa gekk hraðast fyrir sig þegar klakið átti sér stað við yfir 20°C hita (83-84%) og lítil breyting varð á uppsöfnuðum fjölda klakinna eggja eftir 72 klst við það hitastig. Þessar niðurstöður samræmast vel rannsóknum sem framkvæmdar hafa verið í Noregi en þær sýna að klakhlutfall ferskra eggja A. tonsa er á bilinu 80 - 96% (Kusk & Wollenberger, 2005).

Klakhlutfall dvalareggja A. tonsa var rannsakað eftir geymslu í sterílum sjó við 4°C í allt að 50 daga og áhrif íblöndunar glúkósa við geymslu einnig rannsökuð. Eftir geymslu var dvalareggjum (40stk) komið fyrir í stofuhita og síðan fylgst með klaki næstu 72 klst. (mynd 10).



Mynd 10. Klakhlutfall dvalareggja A. tonsa eftir geymslu. Eggjin voru geymd í sterilum sjó við 4°C í mismunandi langan tíma (5 – 50 daga). Í hverri tilraun var klak framkvæmt við stofuhita og fylgst með klaki 40 eggja í 72 klst. og sýna línuritin uppsafnað hlutfall klakinna eggja eftir mismunandi langan geymslutíma. Á hverjum tímapunkti voru gerðar þrjár mælingar og sýnd eru staðalfrávik þeirra.

Hlutfall eggja sem klekjast út eftir geymslu lækkar úr 58% eftir 5 daga geymslu niður í 27,5% eftir 50 daga (mynd 11). Þetta er lægra klakhlutfall en fengist hefur í fyrri rannsóknum (Drillet et al., 2006) en þar fékkst 69,9% klakhlutfall dvalareggja eftir mánaðar geymslu.

Glúkósi virtist jafnvel hafa neikvæð áhrif á klakhlutfall eggja eftir geymslu. Við geymslu í minnsta styrkleika af glúkósa (5%) virtist klakhlutfall eggja óbreytt í samanburði við geymslu í sterilum sjó en ekki varð vart við neitt klak í þeim eggjaskömmtum sem geymdir voru í meiri styrkleika af glúkósa (niðurstöður ekki sýndar).

3.2. *Acartia longiremis*

A. longiremis er alæta, sem lifir á þörungum, liffum annarra krabbafloa og frumdýrum. Hún viðheldur sér með tvennskonar hætti yfir veturinn, annarsvegar fara kvendýr í hálfgerðan dvala eftir forðasöfnun og eru þá með geymslusæði frá karldýri, hinsvegar hrygna þær dvalareggjum sem setjast á botninn og klekjast síðan út þegar aðstæður verða hagstæðar sem er jafnvel eftir margra mánaða dvala (Norrbin, 1996).

3.2.1. Ræktun A. longiremis

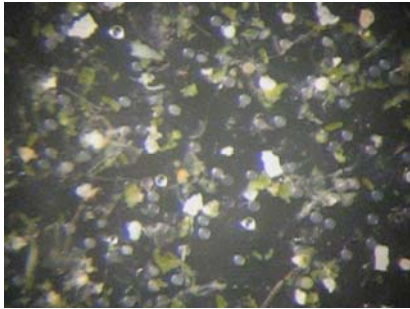
Mikil afföll urðu eftir innsöfnun villtra dýra og var reynt að fjarlægja dauð dýr áður en þau færu að hafa neikvæð áhrif á gæði eldisumhverfisins, m.a. með auknum bakteríuvexti. Í fyrsta innsöfnunarleiðangrinum var *A. longiremis* komið fyrir í litlum ræktunareiningum (2 lítra glerflöskum). Fylgst var náið með flöskunum og reglulega sogað í burtu rusl af botninum og það skoðað undir víðsjá í leit að eggjum eða dauðum dýrum. Ekki fundust nein egg í þessari fyrstu tilraun en hins vegar fannst mikið af hvítum ormum (flatormum) auk ýmissa einfrumunga sem virtust þó ekki hafa neikvæð áhrif á ræktina. Auk þessarar fyrstu tilraunar hafa verið framkvæmdar þrjár tilraunir þar sem miklum fjölda villtra *A. longiremis* var komið fyrir í kældu ræktunarbúri og fylgst með framleiðni dýranna.

Í júní var um 80.000 dýrum komið fyrir í 53L ræktunarbúri en dýrunum fækkaði jafnt og þétt í ræktinni næstu daga á eftir. Ekki var um að ræða náttúrulega fækkun heldur komu göt í sandinn og dýrin virðast hafa sogast inn í rörið á botni búrsins. Að lokum fór svo að það kom stórt gat á botninn og öll dýrin soguðust niður. Eftir endurbætur á kælibúnaði búrsins var næsta tilraun sett af stað.

Í ágúst var um 500.000 dýrum komið fyrir í 53L ræktunarbúri. Daglega voru tekin sýni til að skoða þroskastig dýranna og leita eftir eggjum. Ekkert fannst af dýrum á fyrstu þroskastigum og bendir það til þess að dýr sem safnað var væru öll af sömu kynslóð og komin á seinni þroskastig. Ekki fundust vísbendingar um að egg væru að klekjast út í búinu og passað var að gefa ávallt nægilegt magn þörunga til þess að koma í veg fyrir að dýrin nærðust á afkvæmum sínum sem er algengt og þá sérstaklega ef mikill þéttleiki er í ræktinni.

Á þeim 25 dögum sem tilraunin stóð yfir fækkaði dýrunum mjög mikið fyrstu 5 dagana en eftir það náði fjöldinn jafnvægi í tæplega 75.000 dýrum. Dýrin eru mjög viðkvæm fyrir allri meðhöndlun og því eðlilegt að gera ráð fyrir ákveðnum afföllum við innsöfnun og á meðan aðlögun að nýjum aðstæðum á sér stað. Einnig er þekkt að þéttleiki dýra getur haft áhrif á afkomu þeirra og stærð ræktunartanks sem hér var notaður (53L) styður einungis ákveðinn fjölda dýra í rækt.

Egg fóru að finnast á 5. degi en fram að þeim degi fannst mikið af dauðum dýrum í sýnum og gerði það leitina að eggjum mun erfiðari (mynd 11). Egg voru hreinsuð burt frá dauðum dýrum og úrgangi og þeim komið fyrir í sterílum sjó til frekari skoðunar og rannsókna. Eftir 25 daga í rækt bilaði kælibúnaður í eldistankinum og öll dýr drápu.



Mynd 11. Egg *A. longiremis* innan um úrgang og dauð dýr í sýni sem sogað var úr botni eldiseiningar.

Í september var um 2.000.000 dýrum komið fyrir í 350L ræktunarbúri. Fjöldi dýra náði jafnvægi í um 1.000.000 dýrum eftir 10 daga og hélst sá fjöldi nær óbreyttur í þá 40 daga sem tilraunin stóð yfir. Eftir að dýrin höfðu náð að jafna sig eftir flutninginn fannst ekki mikið af dauðum dýrum en þegar botninn var ryksugaður fylgdi ávallt eitthvað af lifandi dýrum sem skilað var aftur í ræktina. Alla daga fundust egg í sýnum af botninum og gaf talning til kynna að dýrin væru að hrygna ~100-150 þús eggjum á dag en það gefur framleiðslu á um 0,1 eggj á hvert kvendýr á dag.

Eftir 40 daga fór dýrum að fækka verulega í ræktinni og fannst lítið af eggjum eftir þann tíma auk þess sem eggin voru flest glær að lit og því að öllum líkindum ófrjó. Þessar niðurstöður eru í samræmi við leiðbeiningar sem birtar hafa verið um ræktun *A. tonsa* (Marcus & Wilcox, 2007) en þar er bent á að kynjahlutfall breytist og karldýrum fækkar ef egg eru fjarlægð reglulega úr ræktinni og leiðir það til þess að egg frjóvgast ekki. Rannsóknir hafa einnig sýnt að *A. longiremis* leggst jafnan í dvala í október og getur lífsklukka dýranna því einnig haft áhrif hér á.

Eftir að fjöldi eggja minnkaði var hætt að safna eggjum og einungis fylgst með fjölda dýra auk þess sem hreinsað var daglega af botni búrsins. Egg fundust áfram í ræktinni og dýr héldu áfram að klekjast út og smám saman byggðist upp rækt sem innihélt dýr af mismunandi þroskastigum. Um miðjan október (um 40 dögum eftir innsöfnun) hættu að

finnast egg í ræktinni. Ekki er vitað hvort það hafi verið vegna náttúrulegra sveiflna tegundarinnar eða vegna þess að búið var að hreinsa of mikið af eggjum í burtu til þess að viðhalda ákjósanlegu kynjahlutfalli dýranna. Líftími *A. longiremis* er um 80 dagar frá klaki og lifa karldýrin skemur en kvendýrin þannig að ekki má hreinsa öll egg úr ræktinni ef það á að viðhalda ákjósanlegu kynjahlutfalli.

Ræktum þar sem nýklöktum dýrum var komið fyrir án þess að eggjum væri safnað hefur nú verið fylgt eftir í um 16 vikur og hefur ræktin viðhaldið sér á þeim tíma við þessar aðstæður. Dýr úr þessar rækt voru þó notuð til þess að fóðra lúðulirfur í tilraun sem framkvæmd var hjá lúðuseiðaframleiðanda (Fiskey) og því hefur ekki orðið eins mikil fjölgun dýra í ræktinni eins og annars hefði mátt búast við.

Eins og áður sagði var megin áhersla lögð á að viðhalda ræktum villtra dýra og finna aðstæður á rannsóknastofunni sem styðja framleiðslu lífvænlegra eggja. Þetta markmið náðist en ekki voru gerðar nákvæmar tilraunir sem gefa niðurstöður varðandi magn eggjaframleiðslu dýra á mismunandi stigum. Niðurstöður benda til þess að rúmmál rækta hafi ekki mikil áhrif á framleiðni dýranna en hins vegar skiptir þéttleikinn höfuðmáli þar sem hvert rúmmál styður einungis við rækt upp að ákveðnum þéttleika. Lirfur *A. longiremis* virðast dafna best við 15°C og þroskast þær eðlilega og framleiða lífvænleg egg við þær aðstæður. Gerðar voru tilraunir með herra hitastig við ræktun *A. longiremis* þ.e. við 20°C (sama og hefur reynst vel við ræktun *A. tonsa*) en dýrin lifðu aðeins í 4-5 daga við það hitastig.

Þegar fylgst var með ræktum innsafnaðra dýra kom í ljós að lirfur byrjuðu nær strax að nærast á þörungum. *A. longiremis* er ekki einungis þörungaæta heldur einnig kjötæta eða rándýr. Í ræktunartilraunum var rannsókuð áthegðun dýranna með því að fóðra með smákornóttu fiskafóðri til samanburðar við *Tetraselmis chuii* þörunga auk þess sem fylgst var með áthegðun dýranna í rækt með einfrumungum og hvítum ormum sem fundust í innsöfnuðum sýnum. Erfitt er að fá hreinræktir svifdýra í innsöfnuðum sýnum og í öllum sýnum reyndist því vera blanda af ýmsum dýrategundum sem erfitt reyndist að losna við þar sem þau döfnuðu ágætlega í kældu umhverfi á rannsóknastofunni.

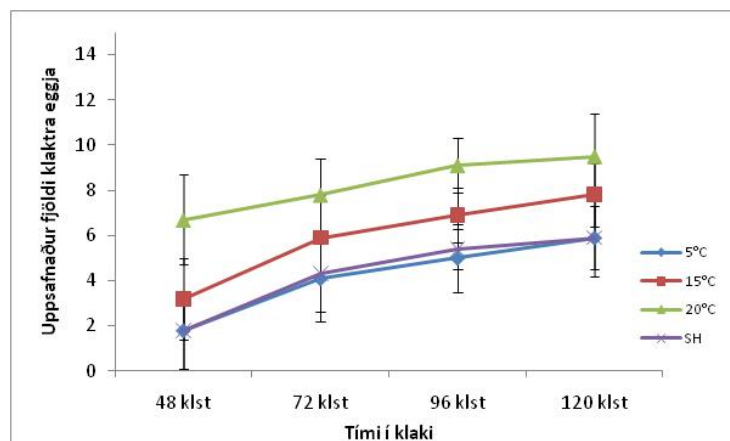
Rannsóknir sýndu að *A. longiremis* leggur sér bæði þörunga og föst fæðukorn til munns auk þess sem dýrin átu bæði orma og önnur smádýr sem voru til staðar í ræktinni. Svifþörungar

virtust þó vera fyrsta val dýranna en það sést vel á meltingarvegi dýranna sem verður fljótt grænn þegar þörungar eru til staðar.

3.2.2. Klak eggja *A. longiremis*

Eins og áður segir reyndist erfitt að hreinsa egg frá þörungum og úrgangi úr botni kerjanna þrátt fyrir endurtekna skolun. Egg *A. longiremis* reyndust annaðhvort vera glær eða bláleit eins og egg *A. tonsa*. Bláleit egg virtust vera frjónvuguð því þau egg klöktust jafnan út. Þetta gerðist yfirleitt eftir 48 til 120 klst. þegar eggjum var klakið strax eftir söfnun (fersk egg) en sjaldgæft var að egg klektust út seinna.

Rannsóknir á klakhlutfalli ferskra eggja hafa verið framkvæmdar í þremur aðskildum tilraunum og 6 endurtekningum í hverri. Þá var 15 eggjum komið fyrir í sterilum sjó í hverju hólfi á sex holu bakka og fjöldi klaktra eggja talið undir víðsjá eftir 2 – 5 sólarhringa (mynd 12).



Mynd 12. Klaktilraunir á ferskum eggjum *A. longiremis*. Línuritin sýna uppsafnaðan fjölda klakinna eggja við 5°C, 15°C, 20°C og stofuhita (SH, >20°C). Framkvæmdar voru þrjár tilraunir og sýnd eru staðalfrávik 6 mælinga í hverri (samþals 18 endurtekningar).

Niðurstöður sýna að gæði lirfa *A. longiremis* eru mismunandi eftir klak og dæmi eru um vanskapaðar lirfur við klak. Klakhlutfall ferskra eggja *A. longiremis* var á bilinu 39-63% eftir 120 klst (mynd 12). Flest eggin höfðu klakist út eftir 72 klst en niðurstöður sýna að best klakhlutfall fæst þegar klakið á sér stað við 20°C. Þrátt fyrir ítarlega leit fundust ekki heimildir um klakhlutfall eggja *A. longiremis* í ræktun en þetta hlutfall reyndist töluvert lægra en

fengist hefur hjá ferskum eggjum *A. tonsa* eða 84% í þessu verkefni og 80 - 96% hjá (Kusk & Wollenberger, 2005).

Klakhlutfall dvalareggja voru skoðuð eftir geymslu við kældar aðstæður (4°C) í 6 daga og klakhlutfall þeirra skoðað í samanburði við egg sem klakin voru út fersk (tafla 4).

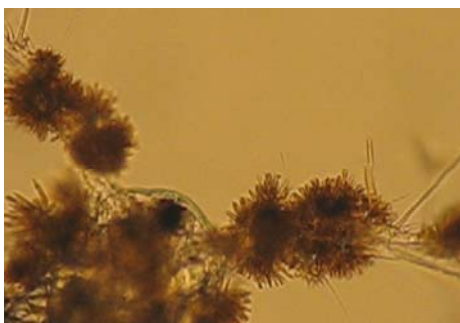
Tafla 4: Klak eggja *A. longiremis*. Taflan sýnir samanburð á klakhlutfalli eggja *A. longiremis* þegar þau eru klakin strax við söfnun (fersk egg) eða eftir geymslu í sterilum sjó við 4°C í 6 daga (dvalaregg). Eggjin voru klakin við mismunandi hitastig (5°C, 15°C, 20°C og stofuhita (SH)) og klak áætlað eftir 48klst.

	5°C	15°C	20°C	SH
fersk egg	12,20%	21,50%	44,40%	11,90%
dvalaregg	15,60%	21,10%	38,90%	15,00%

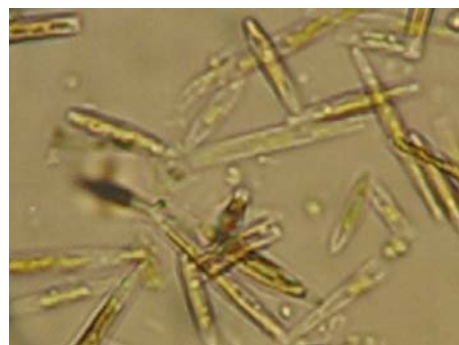
Klakhlutfall dvalareggja reyndist hæst við 20°C (38,9%) en þó var það hlutfall aðeins lægra en klakhlutfall ferskra eggja. Tekið skal fram að eftir geymslu í 6 daga þá höfðu nokkur egg þegar klakist út og voru þau ekki talin með þegar klakhlutfall dvalareggja var skoðað. Endurteknar tilraunir með geymslu eggja *A. longiremis* við lægra hitastig (<0°C) í 4 daga leiddu í ljós að klakhlutfall eggja breyttust ekki við geymslu í undirkælingu auk þess sem egg klöktust ekki út í geymslu við þetta hitastig (niðurstöður ekki sýndar þar sem klak eggja var metið með augunum en ekki með nákvæmri talningu).

3.2.3. Sýkingar *A. longiremis*

Í öllum innsöfnuðum sýnum reyndust vera dýr sem sýkt voru af óþekktri tegund ásætu (mynd 13). Talning í víðsjá leiddi í ljós að um 10 % dýra voru sýkt af þessari ásætutegund en sýktum dýrum virtist þó ekki fjölga í ræktunum á meðan tilraunir stóðu yfir. Ásætan var greind sem skorupörungur (mynd 14).



Mynd 13. Sýking á framhluta *A. longiremis*



Mynd 14. Ásæta greind sem skorupörungur

Önnur tegund sýkingar fannst einnig í innsöfnuðum dýrum (mynd 15). Þar var um að ræða sníkjudýr sem greint var sem "*Blastodinium inornatum*" (*Dinoflagellate*) en það er dýr sem sýkir krabbaflær. Sníkjudýrið fyllir út í skel dýrann og getur einnig hindrað eggjaframleiðslu. Það fjölgar sér með því að búa til gró sem dreifast um endaparm hýsilsins. Í flestum tilfellum (80%) reyndust dýr sýkt af *Blastodinium* einnig vera sýkt af ásætubörungi og bendir það til þess samhengi geti verið á milli þessara sýkinga þó ekki sé vitað hvort sé frumorsökin. Frekari tilraunir þarf til þess að skera úr um þetta.



Mynd 15. Sníkjudýr af tegundinni *Blastodinium inornatum*

3.3. *Oithona similis*

Oithona spp. svifdýr er að finna í svifi allt árið um kring og eru þetta með algengustu svifdýrum við Ísland, sérstaklega um mitt sumar. Í Eyjafirði er sennilega bara eitt hámark á tímabilinu ágúst til október (Kaasa & Guðmundsson, 1994). Einstaklingar þessarar ættkvíslar lifa að verulegu leyti ránlífi og éta svipudýr, bifdýr og ófrumbjarga skorupörunga, en einnig smáar lífrænar leifar (<10µm), sem stærri krabbaflær ráða illa við (Nakamura & Turner, 1997). Egg *Oithona similis* leggjast ekki í dvala, heldur eru þau föst í klösum sitt hvoru megin við hala dýrsins (Uye & Sano, 1995). Egg klekjast út meðan þau eru áföst dýrinu og fer dýrið í gegnum nokkur vaxtarstig áður en það verður fullþroska og fer að fjölga sér. Framleiðni *Oithona* er mikil og bera kvendýr að meðaltali 12 egg í einu sem gerir það að verkum að tegundin er talin heppileg til ræktunar (Uye & Sano, 1995). Þó virðast ekki hafa verið gerðar miklar tilraunir með ræktun þessarar tegundar, því fáar heimildir fundust um það.

Í fyrsta söfnunarleiðangri verkefnisins fundust nokkur villt dýr af þessari tegund og tilraunir voru gerðar með ræktun þeirra við stýrðar aðstæður á rannsóknastofunni. Alls voru settar

upp 6 aðskildar ræktir í 500ml glerflöskum. Í hverri flösku var komið fyrir 15 kvendýrum sem allar höfðu áfasta eggjasekki. Fylgst var með dýrunum daglega og skoðað hvort dýrum fjölgaði þegar eggjum tók að fækka á kvendýrunum. Ekki varð vart fjölgunar dýra í flöskunum og að tveimur vikum liðnum voru öll kvendýrin dauð og ekki varð vart við ný dýr. Niðurstöður benda því til að aðstæður við ræktun hefðu ekki fullnægt þörfum *Oithona similis*. Ekki var vart við dýr á fyrstu þróunarstigum en mögulegt er að egg hafi klakist út og dýrin hafi hreinlega étið þau jafnharðan en rannsóknir hafa sýnt að *Oithona* kjósi fremur smádýr sem fæði heldur en þörunga (Castellani, Irigoien, Harris, & Lampitt, 2005).

3.4. *Oncaea borealis*

Oncaea borealis er svifdýr og algengt á landgrunnssvæði norður og austur af landinu. Tegundin er mjög harðger, er alæta og lifir m.a. á ásætupörungum sem gerir tegundina spennandi kost t.d. við samrækt með öðrum tegundum svifdýra. *O. borealis* getur stuðlað að auknum gæðum eldisvökva með því að nærast á ásætupörungum sem vaxa á innveggjum eldiseininga. Ekki er talið að tegundin sé ákjósanleg til notkunar sem fóður fyrir sjávarfiska eða til manneldis þar sem þær innihalda hátt hlutfall minna æskilegra fitusýra (vax estera). Kvendýr *O. borealis* hafa áfasta eggjasekki og dýrin klekjast út beint frá fullorðnu kvendýri. Framkvæmd var ein tilraun með einangrun *O. borealis* úr innsöfnuðum sýnum auk þess sem fylgst hefur verið með dýrunum í rækt með *A. longiremis*. Þegar dýrum var komið fyrir í ræktunareiningum sáust mörg kvendýr sem höfðu áfasta eggjasekki. Eftir nokkra daga í ræktunarbúrinu fóru að finnast fyrstu þroskastig *O. borealis* og úr varð töluvert þétt rækt. Eftir nokkurn tíma drápuðst hins vegar öll dýrin. Þegar fylgst var með ræktum *A. longiremis* kom í ljós að nokkurn fjölda *O. borealis* var þar að finna. Ekki leit út fyrir að dýrin væru að ráðast á önnur dýr en þau voru ekki heldur að fjölga sér. Niðurstöður benda því til þess að dýrin hafi náð að viðhalda sér í ræktinni en eldisumhverfi hafi ekki stutt við fjölgun þeirra í rækt.

4. ACARTIA VIÐ FRAMLEIÐSLU LÚÐUSEIÐA

Lirfur lúðu eru mjög viðkvæmar á fyrstu stigum fóðrunar en þessi tími er afar mikilvægur fyrir þroska dýranna. Næringarinnihald fæðu á þessum fyrstu stigum er sömuleiðis talin hafa víðtæk áhrif á vöxt og þroska dýranna á seinni stigum. Reynsla starfsmanna Fiskeyjar sýnir að ekki er mögulegt að hreyfa við lirfunum og flytja á milli ræktunareininga fyrr en í fyrsta lagi um 70 dögum eftir klak (dph) og verða jafnvel nokkur afföll við flutning á þeim tíma. Lirfurnar sem notaðar voru í tilraunirnar voru fluttar um 78 dph og mikil afföll urðu fyrstu dagana eftir flutning, sérstaklega í viðmiðunarkeri (munur sem erfitt er að finna skýringu á), en eftir það voru afföll óveruleg í kerjunum.

Niðurstöður sýna hærra hlutfall ómyndbreyttra lirfa 39 dögum eftir flutning (25 dögum eftir að tilraunafóðrun á dýrsvifi lauk) en á þeim tímapunkti var einungis 26% lirfa í tilraunakerinu að fullu myndbreyttar en 47% í viðmiðunarkerinu. Þetta er í samræmi við fyrri athuganir Fiskeyjar og benda athuganir starfsmanna fyrirtækisins til þess að lirfurnar eigi einfaldlega erfitt með að ná villta dýrasvifinu (*Acartia*) sem er mun sneggra í snúningum samanborið við þau dýr (*Artemia*) sem jafnan eru notuð við framleiðsluna (meira um tómar og háltómar lirfur á meðan svifdýragjöf stóð yfir samanborið við í hinu kerinu). Þær lirfur sem komast upp á lag með þetta og nærast á villta dýrasvifinu vaxa hins vegar hraðar og var meðalþungi lirfa úr tilraunakerinu á þessum tímapunkti 0,37g samanborið við 0,33g meðalþunga í viðmiðunarkerinu. Þess má geta að í startkerinu sem lirfurnar komu úr var meðalþyngd seiða á þessum tímapunkti 0,35g eða og myndbreyting þar var mjög góð og voru einungis um 1,5% seiðanna illa myndbreytt samanborið við 3% seiða í litla viðmiðunarkerinu og 0% seiða í svifdýrakerinu. Í samantekt má því segja að lirfur sem fóðraðar voru á dýrasvifi myndbreytist fremur seint en að myndbreytingin heppnist áberandi betur samanborið við viðmiðunarkerin.

Lúðulirfunum var komið aftur fyrir í kerjunum og fylgst verður áfram með vexti þeirra og þroska í einhver tíma, með það að markmiði að rannsaka langtímaáhrif fóðrunar með dýrasvifi á þessu viðkvæma stigi í þroskaferlinu (upphaf myndbreytingar).

5. ÁLYKTANIR

Vel hefur tekist að viðhalda ræktum bæði *A. tonsa* og *A. longiremis* við stýrðar aðstæður á rannsóknastofunni. Tekist hefur að viðhalda ræktum yfir nokkrar kynslóðir dýra auk þess sem tekist hefur að fá dýrin til að framleiða egg og þeim klakið út eftir geymslu.

Acartia spp. er sú tegund krabbaflóa sem hvað mest hefur verið rannsökuð í því markmiði að rækta við stýrðar aðstæður. Meginmarkmið þessa verkefnis var að rannsaka tegundir dýrasvifs sem algengastar eru í sjónum við Ísland og eru náttúruleg fæða okkar fiskistofna. *Calanus finmarchicus* (Rauðáta) er algengasta tegund átu við landið en fyrri rannsóknir leiddu í ljós að erfitt var að viðhalda ræktum hennar á rannsóknastofunni og var því leitast við að finna aðra sviftegun sem er algeng hér við land. Við uppsetningu eldiseininga og þróun aðferða var tekið mið af því sem notað hefur verið með góðum árangri við ræktun *A. tonsa*, m.a. hjá samstarfsaðila í verkefninu SINTEF í Noregi en þar hafa verið framkvæmdar ítarlegar rannsóknir á ræktun *A. tonsa* og lagði samstarfsaðilinn bæði til dvalaregg og sérfræðiþekkingu við rannsóknir þessa verkefnis. Mikið er af *Acartia longiremis* við landið auk þess sem hún finnst í einhverju magni í svifinu svo til allt árið um kring og er talin heppileg til ræktunar. Líftími *A. longiremis* er um 80 dagar frá klaki og leiddu niðurstöður í ljós að þroskunartími hennar var töluvert lengri en *A. tonsa* sem skýrist m.a. af mun á hitastigi við ræktun. *A. tonsa* þolir hitastig á breiðu bili en niðurstöður rannsókna benda til þess að um 20°C henti best til ræktunar *A. tonsa* en hins vegar þolir *A. longiremis* ekki svo hátt hitastig og dafnar best við 15°C.

Aðstæður við ræktunina virtust fullnægja þörfum dýranna til vaxtar og viðhalds þó svo ekki sé vitað hvort hægt sé að auka framleiðni dýranna með því að aðlaga aðstæður. Niðurstöður fyrri rannsókna sýna að svifdýr af tegundinni *Acartia spp.* þurfa næringarmeiri þörunga en aðrar tegundir krabbaflóa (Paffenhofer & Stearns, 1988) og að best sé að nota blöndu þörunga við ræktun dýranna til þess að fá hámarks framleiðni og næringarinnihald sem líkist best náttúrulegri samsetningu dýranna (Milione & Zeng, 2007; Støttrup & Jensen, 1990). Fæðuframboð og gæði fæðu eru þeir þættir sem hafa hvað víðtækust áhrif á eggjaframleiðslu og klakhlutfall (Drillet et al., 2006; Mauchline, Blaxter, Southward, & Tyler, 1998; Støttrup & Jensen, 1990). Einnig er þéttleiki dýranna í rækt mikilvægur m.t.t. hámarks framleiðni og komið hefur í ljós að minni eggjaframleiðsla fæst við meiri þéttleika við ræktun

(Medina & Barata, 2004b; Peck & Holste, 2006). Í þessu verkefni gafst ekki tækifæri til að gera tilraunir með þéttleika eða fæðuframboð þar sem ekki mikil afföll urðu strax eftir innsöfnun og ekki náðist að hafa mikinn fjölda dýra í rækt í einu. Í öllum tilfellum var fóðrað með yfirmangi af þörungum til að koma í veg fyrir að dýr nærðust á eigin afkvæmum. Hins vegar voru dýrin fóðruð á lifandi grænþörungi, *Tetraselmis chuii* sem inniheldur hátt hlutfall fitusýra auk náttúrulegra amínósýra en hugsanlega fengist aukin framleiðni ef notuð væri fjölbreyttara fæði með blöndu þörunga eða öðrum tegundum. Mikið var af þörungum í innsöfnuðum sýnum en ekki tókst að ná upp nægilega miklu magni af villtum þörungum í rækt til að nota sem fóður.

Eins og niðurstöður gefa til kynna þá virðist *A. longiremis* geta nærst á mismunandi fæðu. Þetta vekur upp þá spurningu hvaða áhrif það hafi að fóðra svifdýr á smáum dýrum samhliða þörungum en samkvæmt rannsóknum (Rajkumar & Kumaraguru vasagam, 2006) eykur það næringargildi *Acartia* og getur einnig haft áhrif á stærð hennar og framleiðni. Niðurstöður vekja einnig upp þá hugmynd hvort hægt væri að nýta annað sem fóður t.d. að vinna fóður úr jurtum eða grasi án þess að næringarsamsetning breyttist, en þetta væri afar hagkvæmur kostur ef framleiða ætti dýrasvíf í miklu magni.

Umhirða eldistankanna gekk vel og virtist ekki vera mikið um að óhreinindi söfnuðust upp þó svo eitthvað af þörungagróðri settist ávallt á veggina. Skafið var af botninum og skipt um hluta eldisvökvans daglega til þess að viðhalda gæðum eldisumhverfisins. Vel gekk að safna eggjum frá eldiseiningum með því að sigta vökva af botninum í gegnum mismunandi stórar síur og virtist þessi meðhöndlun ekki skaða dýrin þó svo dýr af tegundinni *A. tonsa* virtust vera harðgerðari en *A. longiremis* sem er þó harðgerðari að því leyti að hún dafnar betur við lægra hitastig. *A. tonsa* virtist þola betur alla meðhöndlun sem oft getur verið harkaleg við flokkun dýra og söfnun eggja úr ræktunum.

Klakhlutfall dvalareggja *A. tonsa* sem ræktuð hafði verið í verkefninu var svipað og fengist hefur í öðrum rannsóknum. Hins vegar sýna niðurstöður að með notkun *Tetraselmis chuii* þörunga fæst lægra klakhlutfall hjá villtri *A. longiremis* og þarf því að rannsaka frekar aðstæður í eldi þessarar tegundar. Aðstæður við geymslu eggja beggja tegundanna virtust vera nokkuð viðunandi en niðurstöður gefa til kynna að nauðsynlegt sé að geyma egg *A.*

longiremis við lægra hitastig eða við frostmark til þess að koma í veg fyrir að egg klekist út við geymslu.

Í samantekt gefa niðurstöður verkefnisins því til kynna að unnt sé að safna villtri *A. longiremis* úr sjónum við Ísland og rækta við stýrðar aðstæður á rannsóknastofunni. Hins vegar er ljóst að frekari tilraunir eru nauðsynlegar til að finna aðstæður í eldi sem hámarka framleiðni dýranna. Sótt hefur verið um styrk til Verkefnasjóðs sjávarútvegsins (31. desember 2010) þar sem markmiðið er að greina tegundir og næringarefnainnihald villtra þörunga úr sjó við Ísland og þróa hentugar aðstæður fyrir ræktun villtra þörunga sem eru náttúruleg fæða svifdýra á svæðinu. Rúmmál rækta virtist ekki hafa mikil áhrif á afkomu eða klakhlutfall eggja og er því reiknað með að hægt sé að auka verulega rúmmál rækta. Í framhaldi af verkefninu er áætlað að gera tilraunir með ræktun *A. longiremis* í stærra rúmmáli og sem stutt gæti framleiðslu til eldis lirfa sjávarfiska yfir krítísk tímabil í þroskunarferlinu, og jafnvel framleiðslu hágæðalýsis til manneldis.

Niðurstöður gefa einnig vísbendingar um að fóðrun lúðulirfa með svifdýrum samanborið við hefðbundna fóðrun með saltvatnsrækju (*Artemia*) leiði til hraðari vaxtar lirfa og þótt myndbreytingu virðist seinka, þá eru vísbendingar um að hún heppnist betur við fóðrun með dýrasvifinu. Lirfurnar voru einungis fóðraðar með dýrasvifi í tvær vikur og einungis í aðra af tveimur daglegum gjöfum, og gefa þessar niðurstöður því vísbendingar um að unnt sé að ná bættum árangri við framleiðslu sjávarfiska við fóðrun með dýrasvifi á völdum tímapiðnum í framleiðslunni. Þetta er sérstaklega mikilvægt með hliðsjón af því magni fæðudýra sem þarf til framleiðslu hvernar lirfu.

6. ÞAKKARORÐ

Aðstandendur verkefnisins vilja þakka Verkefnasjóði sjávarútvegsins fyrir rausnarlegt framlag til verkefnisins. Starfsmönnum Fiskeyjar hf. er þakkað fyrir umsjón með tilrauninni og mat á niðurstöðum tilraunar sem sett var upp í lúðuseiðaeldi þeirra. SINTEF er sömuleiðis þakkað fyrir þeirra framlag til verkefnisins. Síðast en ekki síst fær Friðbjörn Möller, nemandi sem vann við verkefnið sumarið og haustið 2010, bestu þakkir fyrir frábært samstarf, vinnu við skipulagningu og uppsetningu tilraunarækta og óbilandi áhuga á að leita úrlausna og leysa öll þau vandamál sem upp hafa komið.

7. HEIMILDIR

- Drillet, G., Iversen, M. H., Sorensen, T. F., Ramløv, H., Lund, T., & Hansen, B. W. (2006). Effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod, *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. *Aquaculture*, 254, 714-729.
- Engel, M., & Hirche, H. J. (2004). Seasonal variability and inter-specific differences in hatching of calanoid copepod resting eggs from sediments of the German Bight (North Sea). *J. Plankton Res*, 26(9), 1083–1093.
- Gislason, A., Gaard, E., Debes, H., & Falkenhaus, T. (2008). Abundance, feeding and reproduction of *Calanus finmarchicus* in the Irminger Sea and on the northern Mid-Atlantic Ridge in June. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 55(1-2), 72-82.
- Hamre, K., Holen, E., & Moren, M. (2007). Pigmentation and eye migration in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) larvae: new findings and hypotheses. *Aquaculture Nutrition*, 13(1), 65-80.
- Imslund, A. K., Foss, A., Koedijk, R., Folkvord, A., Stefansson, S. O., & Jonassen, T. M. (2006). Short- and long-term differences in growth, feed conversion efficiency and deformities in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) started on rotifers or zooplankton. *Aquaculture Research*, 37(10), 1015-1027.
- Jepsen, P. M., Andersen, N., Holm, T., Jørgensen, A. T., Højgaard, J. K., & Hansen, B. W. (2007). Effects of adult stocking density on egg production and viability in cultures of the calanoid copepod *Acartia tonsa* (Dana). *Aquaculture Research*, 38 (7), 764–772.
- Johannsdóttir, J. T., Smáradóttir, H., Pétursdóttir, M., & Björnsdóttir, R. (2010). Bætt frjóvgun lúðuhroga / Improved fertilization of halibut eggs. *Matís skýrsla 12-10*, 30p.
- Kaasa, Ö., & Guðmundsson, K. (1994). Seasonal variations in the plankton community in Eyjafjörður, North Iceland. *ICES C.M. 1994/L*, 24, 28 s.
- Kusk, K. O., & Wollenberger, L. (2005). Validation of full life-cycle test with the copepod *Acartia tonsa*. *Report to Nirdic Council of Ministers and OECD*, 56p.
- Marcus, N. H., & Wilcox, J. A. (2007). A guide to the meso-scale production of the copepode *Acartia Tonsa*. *Florida State University. Department of Oceanography. Biological Oceanography*.
- Mauchline, J., Blaxter, J. H. S., Southward, A. J., & Tyler, P. A. (1998). Advances in marine biology - The biology of calanoid copepods – Introduction. *Advances in Marine Biology*, 33.
- Medina, M., & Barata, C. (2004a). Static-renewal culture of *Acartia tonsa* (Copepoda : Calanoida) for ecotoxicological testing. *Aquaculture*, 229(1-4), 203-213.
- Medina, M., & Barata, C. (2004b). Static-renewal culture of *Acartia tonsa* (Copepoda : Calanoida) for ecotoxicological testing. *Aquaculture*, 229, 203-213.
- Milione, M., & Zeng, C. S. (2007). The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*, 273(4), 656-664.
- Molejon, O. G. H., & Alvarez-Lajonchere, L. (2003). Culture experiments with *Oithona oculata* Farran, 1913 (Copepoda : Cyclopoida), and its advantages as food for marine fish larvae. *Aquaculture*, 219(1-4), 471-483
- Nakamura, Y., & Turner, J. T. (1997). Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: How important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? *Journal of Plankton Research*, 19(9), 1275-1288.

- Norrbin, M. F. (1996). Timing of diapause in relation to the onset of winter in the high-latitude copepods *Pseudocalanus acuspes* and *Acartia longiremis*. *Marine Ecology-Progress Series*, 142(1-3), 99-109.
- Paffenhofer, G. A., & Stearns, D. E. (1988). Why is *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida) restricted to nearshore environments. *Marine Ecology-Progress Series*, 42(1), 33-38.
- Payne, M. F., & Rippingale, R. J. (2001). Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 201(3-4), 329-342.
- Peck, M. A., & Holste, L. (2006). Effect of salinity, photoperiod and adult stocking density on egg production and egg hatching success in *Acartia tonsa* (Calanoida: Copepoda): optimizing intensive cultures. *Aquaculture* 255, 341–350.
- Rajkumar, M., & Kumaraguru vasagam, K. P. (2006). Suitability of the copepod, *Acartia clausi* as a live feed for Seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch): Compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture*, 261(2), 649-658.
- Sabatini, M., & Kiorboe, T. (1994). Egg-Production, growth and development of the cyclopoid copepod *Oithona-Similis*. *Journal of Plankton Research*, 16(10), 1329-1351.
- Støttrup, J. G., & Jensen, J. (1990). Influence of Algal Diet on Feeding and Egg-Production of the Calanoid Copepod *Acartia-Tonsa* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 141(2-3), 87-105.
- Uye, S., & Sano, K. (1995). Seasonal reproductive-biology of the small cyclopoid copepod *Oithona Davisae* in a temperate eutrophic inlet. *Marine Ecology-Progress Series*, 118(1-3), 121-128.
- van der Meeren, T., Olsen, R. E., Hamre, K., & Fyhn, H. J. (2008). Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. *Aquaculture*, 274(2-4), 375-397.
- Walne, P. R. (1974). Culture of Bivalve Molluscs. 50 Years' Experience at Conwy. *Fishing News (Books), West Byfleet*, , 173 pp.