

Nýsköpun & neytendur
Consumers & Products

Vinnsla & virðisaukning
Value Chain & Processing

Erfðir & eldi
Genetics & Aquaculture

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Öryggi & umhverfi
Food Safety & Environment



Tilraunaræktun náttúrulegs dýrasvifs og gæði dvalareggja

Jónína Þ. Jóhannsdóttir
Hugrún Lía Heimisdóttir
Friðbjörn Möller
Rannveig Björnsdóttir.

Erfðir og eldi

Skýrsla Matís 02-10
Mars 2010

ISSN 1670-7192

Titill / Title	Tilraunaræktun náttúrulegs dýrasvifs og gæði dvalareggja / Experimental production of natural zooplankton and the quality of stored eggs		
Höfundar / Authors	Jónína Þ. Jóhannsdóttir, Huguína Lísu Heimisdóttir (nemandi HA), Friðbjörn Möller, Rannveig Björnsdóttir.		
Skýrsla / Report no.	02-10	Útgáfudagur / Date:	Mars 2010
Verknr. / project no.	3003-1895		
Styrktaraðilar / funding:	Verkefnasjóður sjávarútvegsins, Nýsköpunarsjóður námsmanna, Rannsóknasjóður Háskólans á Akureyri		
Ágríp á íslensku:	<p>Dýrasvif er mikilvægasta fæða fyrir seiði okkar helstu fiskistofna og er rauðáta algengasta dýrasvifstegundin hér við land en <i>Acartia</i> tegundir er ennfremur að finna í svifi nær allt árið um kring. Markmið verkefnisins var að rækta valdar tegundir náttúrulegs dýrasvifs sem algengar eru hér við land (rauðáta og <i>Acartia</i>) og framleiða dvalaregg til að tryggja framboð þess árið um kring.</p> <p>Í tengslum við verkefnið hefur verið sett upp aðstaða til ræktunar á dýrasvifi og lifandi þörungum sem nýttir voru sem fóður fyrir svifdýrin. Villtu dýrasvifi hefur verið safnað með ýmsum aðferðum og ræktunartilraunir framkvæmdar við mismunandi umhverfisaðstæður. Einnig hafa verið framkvæmdar tilraunir með klak dvalareggja <i>Acartia tonsa</i> í tveimur aðskildum tilraunum.</p> <p>Helstu niðurstöður benda til þess að dýrin séu mjög viðkvæm fyrir hverskyns meðhöndlun svo og hitastigsbreytingum við innsöfnun. Mikil afföll urðu fyrstu dagana eftir innsöfnun og erfitt reyndist að halda dýrunum á lífi lengur en nokkrar vikur. Næring hefur víðtæk áhrif á æxlun dýranna, afkomu og framleiðni og gefa niðurstöður vísbendingar um að þörungabykkni sem notað var henti ekki við ræktun dýrasvifs en mun betri árangur fékkst með notkun lifandi þörunga. Klak dvalareggja gekk vel og tókst að fá þau dýr til að framleiða egg. Í framhaldinu er fyrirhugað að kanna áhrif ýmissa þátta s.s. næringarinnihalds fæðu, fæðuframboðs og þéttleika á þroskun, kynjahlutfall og eggjaframleiðslu dýranna.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Rauðáta, Acartia, ræktun, næring, eggframleiðsla.</i>		
Summary in English:	<p>Zooplankton is the food source of our fish stocks, with <i>Calanus finmarchicus</i> being the most abundant species in the marine ecosystem around Iceland in addition to <i>Acartia</i> that may be found in the zooplankton throughout the year. The overall goal of this project was to culture natural zooplankton species (<i>Calanus finmarchicus</i> and <i>Acartia</i>) for production of eggs that is the basis for commercial production of copepods.</p> <p>Facilities for culturing zooplanktonic species and live algae have been set up as a part of the project. Natural zooplankton has been collected using various approach and attempts have been made to culture copepods under various conditions. Eggs of <i>Acartia tonsa</i> have furthermore been hatched and cultured in two separate experiments.</p> <p>The main results indicate that zooplankton species are extremely sensitive to handling and temperature changes during collection and transport. Significant losses were observed during the first days following collection and the copepod cultures only survived through a few weeks. Previous studies show that nutrition profoundly affects reproduction, survival and productivity of zooplankton species. The present results indicate that the algae paste used did not fulfil the nutritional requirements of the copepods but improved results were achieved using live algae cultures. Hatching of dormant eggs proved successful and eggs have been collected from the experimental units. Further experiments are planned with the aim to study the effects of nutrition, food supply and copepod densities on the development, sex ratio and productivity of the cultures.</p>		
English keywords:	<i>Calanus finmarchicus, Acartia, culture, nutrition, egg production</i>		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	1
2. FRAMKVÆMD	3
2.1. Innsöfnun villtra dýra	4
2.2. Flokkun dýrasvifstegunda	5
2.3. Ræktun á rannsóknastofunni	6
2.3.1. Uppsetning ræktunartanka fyrir dýrasvif	6
2.3.2. Ræktun rauðátu	7
2.3.3. Ræktun <i>Acartia</i>	8
2.3.4. Ræktun lifandi þörunga	10
2.4. Samsetning heildarflóru baktería	11
3. NIÐURSTÖÐUR	12
3.1. Rauðáta	13
3.2. <i>Acartia</i>	14
3.3. Bakteríuflóra dýrasvifs	16
4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	19
5. ÞAKKARORÐ	21
6. HEIMILDIR	21

1. INNGANGUR

Í sjónum er að finna fjölbreytilegt úrval lífvera af ýmsum tegundum sem ásamt umhverfi sínu mynda vistkerfi sjávarins. Svifþörungar (*phytoplankton*) eru frumbjarga frumframleiðendur sem tilheyra svifi (*planktons*) í hafinu. Þeir nýta sér orku sólarinnar, CO₂ og ljóstillífun til framleiðslu á næringu (glúkósa). Fita er líka framleidd í þörungum, þó mismikið eftir tegundum en getur hjá sumum farið allt upp í 60 – 70% af þurrvigt þeirra.

Dýrasvifssamfélagið er mjög fjölbreytt og tegundaauðugt en dýrasvifið nærast á þörungum og nýtir þá sér til vaxtar og viðhalds. Dýrasvifið er síðan sjálft fæða ýmissa annarra lífvera í sjónum og flytur þannig frumframleiðslu svifþörunganna til efri fæðuþrepa auk þess að innihalda sjálft hátt hlutfall n-3 fitusýra svo og próteina, litarefna, vax estera og kítíns. Þessar afurðir eru eftirsóttar til manneðis s.s. við þróun lýsisafurða en einnig til framleiðslu dýra til manneðis, s.s. í fiskeldi sem er sá matvælaíðnaður sem vaxið hefur hvað hraðast í heiminum á undanförunum áratug. Auk þess að vera ríkt af fosfolípíðum og fjölómettuðum fitusýrum þá hefur því verið haldið fram að meðal sumra tegunda dýrasvifs sé að finna stærstu ónýttu eggjahvítuuppsprettur jarðar (<http://www.sintef.no>). Rannsóknir á næringarinnihaldi nokkurra dýrasvifstegunda hafa m.a. sýnt að heildarfitusýrumagn rauðátu á þroskastigum I, II og III sé á bilinu 10-19% af þurrvigt og aukist upp í um 22-25% við frekari þroska (Evjemo *et al.*, 1997). Þar sem dýrasvif er neðarlega í fæðukeðjunni og inniheldur mjög lítið af eiturefnum, eru miklir möguleikar taldir vera á notkun dýrasvifs til framleiðslu hágæða lýsisafurða sem innihalda hærra hlutfall eftirsótttra fitusýra samanborið við lýsi unnið úr þorski, ufsa og öðrum fisktegundum sem eru ofar í fæðukeðjunni.

Lengi voru auðlindir hafsins taldar ótæmandi en í kjölfari kvótaskerðinga á sjávarafla er fiskeldi ört vaxandi iðnaður sem stendur þó frammi fyrir takmörkuðu framboði á efni til framleiðslu á fiskafóðri og þá fyrst og fremst 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 en tegundir dýrasvifs sem

sjávarlirfur nærast aðallega á í náttúrunni innihalda mun meira af fosfolípíðum og fjölómettuðum fitusýrum en þær tegundir fóðurdýra sem hefðbundið eru notaðar við eldi í dag (van der Meeren *et al.*, 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 fóðurnýtingu, hærra hlutfalli útlitsgalla og minna þoli gagnvart lélegum vatnsgæðum í samanburði við lirfur sem fóðraðar eru á náttúrulegu dýrasvifi (Hamre 2007; Imsland *et al.*, 2006). Það er því ljóst að til þess að auka arðsemi eldis sjávardýra er nauðsynlegt að bæta næringarefnainnihald fóðurdýranna og gera þau sambærileg við náttúrulegt dýrasvif (Hamre 2007; Imsland *et al.*, 2006; Kvåle *et al.*, 2007; van der Meeren *et al.*, 2008).

Ýmsir þættir gera lirfur krabbaflóa (nauplii) að hentugum fóðurdýrum fyrir lirfur sjávarfiska í eldi (Cutts 2003). Mismunandi þroskastig krabbaflóa gefa t.d. möguleika á bráð af ýmsum stærðum og eru þær því hentug fæða fyrir lirfur á mismunandi þroskastigum sem og mismunandi tegundir fisklirfa (Cutts 2003). Krabbaflær innihalda auk þess mikið af próteinum, karoteni, ómettuðum fitusýrum, meltingarensímum og öðrum efnum og efnasamböndum sem fisklirfunum eru nauðsynleg (Kraul *et al.*, 1992; Evjemo og Olsen 1997). Krabbaflær eru einnig lengur að fara í gegnum meltingarveg lirfa samanborið við saltvatnsrækju (*Artemia*) sem hefðbundið er notuð sem fæðudýr í sjávarfiskaeldi og ná lirfurnar því að melta og taka upp meiri næringarefni frá þeim (Pedersen 1984).

Í sjávarfiskaeldi hafa fyrirtæki notað náttúrulegt dýrasvif, aðallega krabbaflær, þar sem þess er kostur og eru lirfurnar þá ræktaðar “*semi-extensively*” þar sem náttúrulegt dýrasvif er notað að hluta og þá ræktað í tjörnum með góðum árangri (Engell-Sørensen *et al.*, 2004; Berg 1997; Drillet *et al.*, 2006b). Margir eru þeirrar skoðunar að náttúruleg svifdýr geti orðið undirstaða sjávarfiskaeldis í framtíðinni og leiði jafnvel til þess að hægt verði að auka fjölda tegunda í eldi (Payne *et al.*, 2001b). Framboð á náttúrulegu dýrasvifi í miklu magni og allt árið um kring er þó undirstaða víðtækrar notkunar þess við framleiðslu lirfa sjávarfiska.

Mikill breytileiki er meðal ættkvísla krabbaflóa en niðurstöður rannsókna benda til þess að þær henti yfirleitt mjög vel til ræktunar (Støttrup *et al.*, 1998; Toledo *et al.*, 1999; Engell-Sørensen *et al.*, 2004). Á norðlægum hafsvæðum eru það einkum tveir hópar krabbadýra (*crustacea*), þ.e. krabbaflær (*copepoda*) og ljósátur, sem eru mikilvægastir þeirra dýra sem að staðaldri finnast í svifinu. Af ættbálki krabbaflóa hafa fundist rúmlega 100 tegundir í hafinu við Ísland og er rauðáta algengasta tegundin og ein mikilvægasta fæðan fyrir seiði okkar helstu fiskistofna (Gíslason og Ástþórsson 1997a). Nokkrar tegundir af ættkvíslinni *Acartia* finnast einnig 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).

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir framkvæmd og niðurstöðum verkefnis þar sem markmiðið var að þróa og setja upp aðferðir til ræktunar á náttúrulegu dýrasvifi. Valdar voru tvær tegundir sem algengar eru í sjónum í kringum landið og markmiðið að framleiða dvalaregg til geymslu. Verkefnið var styrkt af Verkefnasjóði sjávarútvegsins, Nýsköpunarsjóði námsmanna og Rannsóknasjóði Háskólans á Akureyri. Verkefnið var unnið í samvinnu Matís ohf. og Hafrannsóknastofnunar með aðkomu SINTEF í Noregi auk þess sem nemandi á auðlindasviði við Háskólann á Akureyri (Hugrún Lína Heimisdóttir) vann stóran hluta þess í sumarvinnu með styrk frá Nýsköpunarsjóði námsmanna sumarið 2009.

2. FRAMKVÆMD

Vinna við verkefnið hófst í apríl 2009 og hefur þurft að endurskoða framkvæmd upphaflegrar áætlunar jöfnum höndum en þar var m.a. gert ráð fyrir rannsóknum á gæðum eggja eftir geymslu. Erfiðlega gekk að halda innsöfnum dýrum á lífi lengur en í nokkrar vikur og tókst því ekki að safna eggjum í fyrri hluta verkefnisins. Þá var gripið til þess ráðs að setja upp ræktun á lifandi þörungum auk þess sem dvalareggjum, sem fengust frá samstarfsaðila í verkefninu, var klakið í tveim aðskildum tilraunum. Vel tókst að rækta þessi dýr á lifandi þörungum og fá þau til að framleiða egg.

2.1. Innsöfnun villtra dýra

Í tengslum við verkefnið voru fest kaup á fínriðnum dýrasvifsháfi (Wp2) til söfnunar á villtu dýrasvifi. Háfurinn er með hólk á enda netsins þar sem dýrin safnast þegar háfurinn er dreginn upp (mynd 1). Söfnunarleiðangrarnir voru farnir á rannsóknabátum Einari í Nesi EA 49 en hann er í eigu Hafrannsóknastofnunar og rekinn af útibúi stofnunarinnar á Akureyri. Um framkvæmd innsöfnunar sá Tryggvi Sveinsson skipsstjóri og var nemandi honum til aðstoðar. Dýrasvifssérfræðingur Hafró, Ástþór Gíslason, var einnig fenginn með í einn söfnunarleiðangur til þess að fara yfir helstu aðferðir við innsöfnun dýra. Leiðangrar voru farnir á



Mynd 1. Dýrasvifsháfur

þeim tíma sem áætlað var að áhugverðar tegundir dýrasvifs (rauðáta og *Acartia*) væru í hámarki á Eyjafjarðarsvæðinu eða á tímabilinu júní til september (Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 130. Vistfræðiskýrsla 2006). Einnig voru farnar nokkrar innsöfnunarferðir í október í því markmiði að safna fleiri dýrum til ræktunar.

Söfnun var framkvæmd á ýmsum stöðum í Eyjafirði og í Skjálfanda fyrir utan Húsavík. Við innsöfnun dýra voru prófaðar mismunandi aðferðir þar sem háfurinn var dreginn á eftir bátum á 50m dýpi á 3,3 sjómílna hraða um 430m eða látinn síga niður á 70m dýpi og dreginn svo rólega lóðrétt upp aftur. Algengt var að mikið væri af svifi alveg við yfirborðið og var því í nokkrum tilfellum prófað að handveiða dýrin með því að dýfa fötu rétt undir yfirborð sjávar.

Innsöfnuðum dýrum var komið fyrir í fötum með sjó og höfð í kældu kari þangað til komið var á rannsóknastofuna. Þegar þangað var komið voru dýrin annaðhvort flokkuð strax og áhugaverðum tegundum komið fyrir í ræktunartönkum eða dýrunum var komið fyrir í ræktunartönkum og þeim leyft að jafna sig í nokkra daga áður en þau voru flokkuð (Heimisdóttir 2009).

2.2. Flokkun dýrasvifstegunda

Notuð var víðsjá við flokkun og greiningu dýrasvifstegunda í innsöfnuðum sýnum og var það framkvæmt af nemanda (Hugrún Lísá Heimisdóttir) með aðstoð sérfræðinga Matís, Hafró á Akureyri og HA (Heimisdóttir 2009). Sérfræðingur Hafró (Ástþór Gíslason) var auk þess fenginn til þess að fara yfir helstu atriði sem notuð eru til aðgreiningar á dýrasvifstegundum svo og við kyn- og aldursgreiningu þeirra. Pípetta var notuð til þess að taka sýni úr veiðinni, sýnunum komið fyrir í petriskál og þau síðan skoðuð og flokkuð undir víðsjá. Áhugaverðar tegundir (rauðáta og *Acartia*) voru veiddar úr með pípettu og færðar yfir í ferskan síaðan sjó. Engar tvær átutegundir eru alveg eins en við tegundagreiningu er horft til stærðar og útlits átunnar og þá stuðst við teikningar af dýrunum en við aldursgreiningu er einnig litið til stærðar átunnar svo og fjölda liða í halanum og fótafjölda. Kyngreining getur einungis farið fram á fullvaxta dýrum en þá er m.a. leitað eftir eggjageymslu hjá kvendýrinu.

Rauðáta og *Acartia* eru mjög ólíkar tegundir að stærð en afar líkar í útliti og er kvendýrið áberandi stærra en karldýrið hjá báðum tegundum. Fullvaxin rauðáta er um 1-1,5mm breið og um 3mm að lengd að undanskildum halanum sem er um 1-2mm langur. Rauðáta fer í gegnum 12 vaxtarstig á lífsferlinum, þ.e. 6 náplústig (NI-NVI) og 6 copepodstig (CI-CVI). Við vaxtargreiningu eru liðir í halanum og fjöldi fótapara taldir. Á CI, CII og CIII stigi eru dýrin með tvo liði í halanum en mismunandi fótafjölda, þ.e. tvo fætur á CI stigi, þrjú fætur á CII stigi og fjóra fætur á CIII stigi. Á CIV, CV og CVI stigi eru dýrin komin með fimm fætur en mismunandi fjölda liða í halanum, þ.e. þrjú liði á CIV stigi, fjóra liði á CV stigi og fimm liði á CVI stigi. Á CVI stigi er rauðátan orðin fullvaxta og kynþroska og er þá hægt að greina mun á karl- og kvendýrum meðal annars m.t.t. lögunar fyrstu tveggja liðanna í halanum svo og fjölda þeirra. Á karldýrum er liður nr. 2 áberandi stærstur auk þess sem dýrin eru með fimm liði í halanum. Á kvendýrinu er liður nr. 1 stærstur og eru einungis fjórir liðir í halanum. Við kyngreiningu er einnig skoðuð lögun fálmaranna en fyrsti liðurinn í fálmurum hjá karldýri er stór og langur og greinilega frábrugðinn hinum en á kvendýrum eru allir liðirnir eins. Einnig

sést eggjageymslan hjá kynþroska kvendýrum en þá sést hringur við upptök fyrsta liðar í halanum.

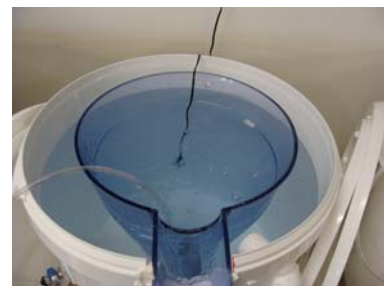
Fullvaxta *Acartia* er einungis um 1/5 af stærð rauðátu eða um 1-2mm að lengd. Við greiningu þroskastiga dýranna er eins og við flokkun rauðátu litið til útlits halans og fjölda fóta. *Acartia* hefur sama fótafjölda og rauðátan en færri liði í halanum þar sem fullvaxta karldýr er með fjóra liði í halanum en kvendýrin þrjá. Við kyngreiningu er litið á fimmta fótaparið sem er stórt og breytt hjá karldýrinu þar sem þeir nota þetta fótapar til að krækja í kvendýrin við kynæxlun. Lögum fálmarana hjá *Acartia* er mismunandi hjá kynjunum og er liður nr. 2 stærri hjá kvendýrinu.

2.3. Ræktun á rannsóknastofunni

2.3.1. Uppsetning ræktunartanka fyrir dýrasvif

Sett var upp aðstaða til ræktunar á dýrasvifi í sameiginlegu rannsóknarými Matís, Hafró og HA að Borgum, Akureyri.

Við hönnun aðstöðunnar var tekið mið af lýsingum á aðstöðu til ræktunar dýrasvifs sem hægt var að nálgast á netinu auk reynslu starfsmanna Fiskeyjar hf. af ræktun lifandi fóðurdýra. Um uppsetningu ræktunartankanna sá Friðbjörn Möller starfsmaður ISS á Borgum. Settir voru upp átta ræktunartankar, fjórir 5L keilulaga (mynd 2) og fjórir 20L tankar. Hægt er að stjórna umhverfisaðstæðum í hverjum tanki. Lýsingu er stjórnað með ljósaperum sem staðsettar eru fyrir ofan tankana, hitamælur í eldisvökvanum fylgjast með hitastigi sem stjórnað er með stöðugu gegnumstreymi vatns í rými umhverfis tankana og loftdæla er staðsett í hverjum tanki þar sem hægt er að stjórna loftuninni. Eftir að tankar höfðu verið hreinsaðir vel voru þeir fylltir af sjó sem síaður hafði verið í gegnum sandsíur hjá Fiskey hf.. Á hverjum tanki var komið fyrir niðurfallsröri sem notað var til þess að tappa af tönkunum en mjög fínriðnu neti var einnig komið fyrir á botni tankanna til þess að koma í veg fyrir að dýrin festust í rörunum sem hleypa í gegn eggjum og úrgangsefnum. Við daglega umhirðu tankanna var ávallt leitast við að vinna með sterilum hætti og öll áhöld hreinsuð fyrir notkun. Eldisvökva var tappað daglega úr tönkunum og



Mynd 2. Keilulaga ræktunartankur

ferskum sjó bætt við í staðinn auk þess sem úrgangur og dauð dýr voru söguð upp af netinu í botninum.

Jafnframt voru settir upp tveir stærri hringlaga tankar (40L) þar sem hægt er að stjórna lýsingu og loftun en hitastig eldisvökvans stjórnast af herbergishita í rannsóknarýminu hverju sinni (18 til 22°C). Ekki er niðurfallsrör á þessum tönkum og því ekki hægt að tappa af eldisvökva en eldisumhverfi var hreinsað með því að soga daglega um 10L af eldisvökva af botni tankanna og ferskum sjó bætt við í staðinn. Þessir stærri tankar voru notaðir við klak á hrognum sem fengust frá SINTEF og ræktun á *Acartia tonsa* í seinni hluta verkefnisins.

2.3.2. Ræktun rauðátu

Eftir innsöfnun var rauðátu komið fyrir í ræktunartönkum á rannsóknastofunni og reynt að áætla fjölda dýra sem komið var fyrir í hverjum tanki til þess að unnt væri að meta afföll. Notaður var síaður sjór sem fenginn var frá Fiskey hf. og um ~20% af heildarmagni eldisvökva endurnýjað vikulega auk þess sem höfð var væg loftun til þess að koma í veg fyrir að dýrin yrðu fyrir hnjaski. Reynt var að líkja sem mest eftir náttúrulegum aðstæðum dýranna en einnig voru skoðuð áhrif mismunandi þátta á afkomu og framleiðni þeirra.

Rannsókuð voru áhrif mismunandi meðhöndlunar við greiningu og flokkun dýra. Við fyrstu innsafnanir voru dýr flokkuð og greind strax við innkomu á rannsóknastofuna en í framhaldinu var dýrunum leyft að jafna sig í nokkra daga eftir innsöfnun áður en flokkun var framkvæmd.

Rannsókuð voru áhrif mismunandi hitastigs við ræktun. Hitastig á eldisvökva var þá haft svipað og var í sjónum við innsöfnun þeirra (8°C) en einnig rannsókuð áhrif hærra hitastigs (12°C).

Dýrin voru fóðruð á blöndu lifandi þörunga (Phyto Feast™ Live Food for Filter Feeders) sem inniheldur tegundirnar *Pavlova*, *Isochrysis*, *Thalassiosira*, *Tetraselmis* og *Nannochloropsis*. Þessir þörungar eru af ýmsum stærðum og eiga því að henta sem áta á öllum þroskastigum

rauðátunnar. Rannsókuð voru áhrif mismunandi magns fóðurs þar sem fóðrað var með 5-10 dropum af blöndunni, ýmist daglega eða annan hvern dag.

Ljós magni var stjórnað með ljósaperum sem staðsettar voru fyrir ofan tankana. Rannsókuð voru áhrif mismunandi ljóslotu, þ.e. stöðug lýsing eða 12 klst birta og 12 klst myrkur.

Daglega var fylgst með afföllum og framleiðni dýranna með því að tappa af öllum tönkum auk þess sem hreinsað var úr botni tankanna. Eldisvökva sem tappað var af tönkunum var hellt í gegnum síur af mismunandi möskvastærð í því markmiði að losna við úrgang en halda eftir eggjum og/eða dýrum. Fjöldi dauðra dýra var metinn auk þess sem leitað var að eggjum í vökvanum. Til þess að rannsaka eggjaframleiðslu dýranna voru stök dýr veidd úr sýnum strax við komu á rannsóknastofuna og einnig eftir ákveðinn tíma í eldistönkum. Dýrin voru geymd í litlum bökkum í hreinum sjó við lægra hitastig (um 4°C) og eggjaframleiðsla skoðuð daglega undir víðsjá.

Samsetning heildarflóru baktería var rannsókuð í sýnum af rauðátu sem safnað var, bæði í stökum dýrum svo og í 10 dýra úrtaki.

2.3.3. Ræktun *Acartia*

Gerðar voru tilraunir með ræktun á villtri *Acartia* sem safnað var í fleiri leiðöngrum sem farnir voru. Dvalareggjum *Acartia tonsa* frá samstarfsaðilum hjá SINTEF var auk þess klakið á rannsóknastofunni og dýrin alin á lifandi þörungum sem ræktaðir voru á rannsóknastofunni. Söfnunarleiðangrar til innsöfnunar *Acartia* voru farnir á tímabilinu ágúst fram í miðjan október. Dýrunum var leyft að jafna sig í nokkra daga áður en *Acartia* var flokkuð úr og dýrunum komið fyrir í ræktunartönkum. Ræktun *Acartia* á rannsóknastofunni var framkvæmd með sama hætti og lýst er fyrir rauðátuna og svipaðar tilraunir framkvæmdar á ræktunum. Hitastig á eldisvökva var haft sem líkast því sem var í sjónum við innsöfnun (~12°C) auk þess sem skoðuð voru áhrif hærra hitastigs (15°C). Dýrin voru fóðruð á sömu blöndu þörunga og notuð var við ræktun rauðátunnar en vegna smæðar dýranna voru gjafirnar hafðar minni, eða 2-3 dropar ýmist daglega eða annan hvern dag. Umhirða tanka

var eins og áður er lýst og voru mismunandi stórar síur notaðar til þess að skilja frá þörunga og úrgang en dýr og egg skoluð ofan í hrein ílát. Þetta var framkvæmt þannig að lýst var með ljósi á yfirborðið en dýrin laðast að ljósinu og er þá auðvelt að veiða dýrin ofan af og skila aftur í ræktunartanka. Eggjaframleiðsla dýra var rannsökuð með því að koma stökum dýrum fyrir í litlum bökkum og skoða daglega undir víðsjá.

Í seinni hluta verkefnisins voru notuð dvalaregg *Acartia tonsa* sem samstarfsaðili í verkefninu, SINTEF í Noregi, lagði til og var þeim klakið í tveimur aðskildum tilraunum. Sérfræðingar SINTEF hafa áralanga reynslu af framleiðslu dvalareggja og ræktun *Acartia* og lögðu þeir einnig til rauðþörung af tegundinni *Rhodomonas baltica* sem talinn er henta vel sem fóður fyrir dýrin.

Tilraun 1 – Nóvember 2009: Eggjum var komið fyrir í síuðum sjó í 40L tanki við herbergishita og kröftug loftun höfð á rætkinni. Sýni voru skoðuð daglega í víðsjá. Eftir tvo daga reyndust dýrin byrjuð að klekjast og þá farið að gefa þeim þörunga (*Rhodomonas*). Eftir viku var dýrum skipt í 4 ræktunartanka (5L) við sömu aðstæður en í þetta skipti voru skoðuð áhrif mismunandi fóðrunar þar sem í tvo tanka var fóðrað með *Rhodomonas* þörungum en í hina tvo fóðrað með sömu blöndu og notuð var í fyrri tilraunum (Phyto Feast™ Live Food for Filter Feeders).

Tilraun 2 – Janúar 2010: Eggjum var komið fyrir í síuðum sjó við sömu aðstæður og í fyrri tilraun. Eftir tvo daga var byrjað að fóðra með lifandi þörungum sem ræktaðir voru á rannsóknastofunni (*Tetraselmis*). Eftir viku var dýrum skipt í 2 stóra ræktunartanka (40L) þar sem höfð var væg loftun og herbergishiti á eldisvökva. Notaður var sjór sem búinn var til á rannsóknastofunni með tilbúnu sjávarsalti (Instant Ocean frá Aquarium Systems) sem var leyst upp í vatni (33ppt), látið ná herbergishita og loftað kröftuglega fyrir notkun. Fóðrað var með lifandi þörungum (*Tetraselmis*) og gefið 1L af þörungarækt 3 sinnum í viku og 2L á mánudögum og föstudögum þar sem ekkert var fóðrað um helgar. Tvisvar í viku voru tankar hreinsaðir með því að sjúga upp botnfall úr tönkunum og hreinum sjó bætt við í staðinn (endurnýjun um 20% eldisvökva hverju sinni). Eldisvökvi sem fjarlægður var úr tönkunum var

skoðaður undir víðsjá, þroskastig dýranna metið og leitað eftir eggjum í vökvanum. Eggjaframleiðsla dýra var rannsökuð með því að koma stökum dýrum fyrir í litlum bökkum og þau skoðuð daglega í víðsjá auk þess sem eggjum var komið fyrir í bökkum og fylgst með klaki þeirra.

2.3.4. Ræktun lifandi þörunga

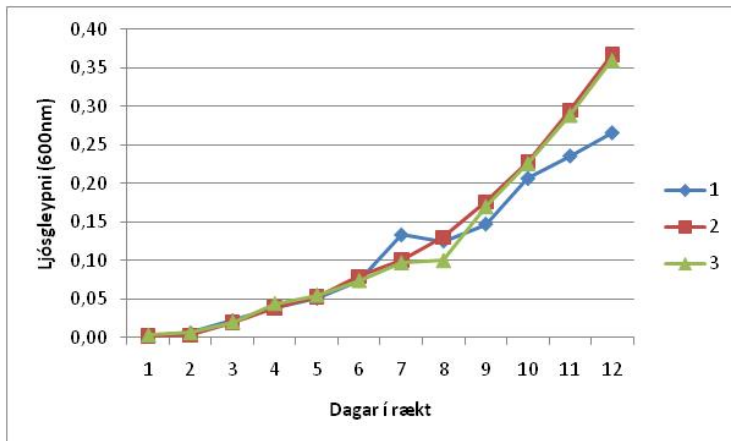
Samstarfsaðilar hjá SINTEF lögðu til rauðþörung af tegundinni *Rhodomonas baltica* sem hentar vel sem fóður fyrir dýrasvifið. Við komuna til Akureyrar var þörungablandan rauðlituð en breyttist eftir nokkurn tíma yfir í grænan lit og við skoðun í víðsjá reyndist hún vera menguð og fannst önnur tegund þörunga sem greindur hefur verið sem *Tetraselmis chuii* (mynd 3). Grænþörungurinn



Mynd 3. Grænþörungur (*Tetraselmis chuii*)

Tetraselmis er tegund sem inniheldur mjög mikið magn fitusýra auk náttúrulegra amínosýra og algengt er að fiskeldisfyrirtæki noti tegundina við ræktun fæðudýra við framleiðslu lifra lúðu, þorsks og annarra sjávarfiska.

Tilraunir voru framkvæmdar til að rannsaka vöxt þörungsins. *Tetraselmis shuii* sem fenginn var úr þörungablöndu frá SINTEF var sáð í dauðhreinsaðann sjó (500ml) með Conwy Medium næringarlausn (Walne, 1974) í hlutföllunum 1ml í hvern líter af sjó. Loftdælu var komið fyrir í kolbum og var loftið síað í gegnum bakteríu og gróhelda síu auk þess sem bómullartappi var hafður í opi til að loft kæmist út. Tilraunin var framkvæmd í þrítekningu og þörungurinn ræktaður í 12 daga við 18°C með 24 klst lýsingu og vaxtarhraða fylgt eftir með ljósgleypnimælingu á 24 klst fresti (mynd 4). Niðurstöður leiddu í ljós að þörungurinn óx vel með notkun Conwy Medium næringarlausnar og tók ræktin vaxtarkipp þegar næringu var bætt út í ræktina eftir 8 daga.



Mynd 4. Vaxtakúrfur fyrir *Tetraselmis chuii* sem ræktaður var á Conwy Medium næringarlausn. Ljósgeypnimæling við 600nm var framkvæmd á 24 klst fresti í 12 daga. Næringarlausn var bætt í ræktina eftir 8 daga.

Sett hefur verið upp aðstaða til ræktunar á lifandi þörungum og sá Friðbjörn Möller starfsmaður ISS á Borgum um uppsetningu aðstöðunnar. Samkvæmt heimildum er kjörhitastig grænþörungisins *Tetraselmis chuii* í rækt um 25°C (Li *et al.*, 2008) og var því aðstaða ræktunar sett upp í herbergi þar sem hitalagnir eru staðsettar. Settir hafa verið upp 3 pokar þar sem ræktun fer fram við 25°C með stöðugri 24 klst lýsingu (daylight, 36W) og loftun þar sem notuð var loftdæla og loftið síað í gegnum bakteríu og gróhelda síu til að forðast utanaðkomandi mengun í ræktina.

Ræktun á *Tetraselmis chuii* var sett af stað í tveimur pokum með því að bæta 2L af þörungum út í 12L af dauðhreinsuðum sjó í sitt hvorum pokanum. Fylgst var með ræktunum og þegar þær voru orðnar vel grænar var um helmingur tekinn úr öðrum pokanum og fluttur í nýjan og fyllt upp með dauðhreinsuðum sjó. Jafnframt var daglega tekið ákveðið magn af þörungaræktinni úr pokunum og fyllt upp með næringarblönduðum sjó.

2.4. Samsetning heildarflóru baktería

Samsetning heildarflóru baktería sem fylgir dýrasvifi var rannsökuð með PCR-DGGE (polymerase chain reaction and denaturing gradient gel electrophoresis) aðferð sem þróuð

hefur verið af starfsmönnum Matís/HA á Akureyri og notuð til rannsókna á bakteríuflóru á fyrstu stigum fiskeldis (Bjornsdottir et al., 2009). Aðferðin var notuð til þess að greina heildarflóru baktería í sýnum sem safnað var af villtu dýrasvifi á mismunandi tímabilum svo og í dýrum eftir mis langan tíma í ræktunartönkum á rannsóknastofunni. Einnig var rannsökuð bakteríuflóra dýra sem klakið var úr dvalareggjum frá SINTEF.

3. NIÐURSTÖÐUR

Í verkefninu hafa verið framkvæmdar yfirgripsmiklar rannsóknir á ræktun dýrasvifs á rannsóknastofunni. Sett hefur verið upp fjölbreytt aðstaða til ræktunar á mismunandi tegundum dýrasvifs svo og aðstaða til ræktunar á lifandi þörungum sem þjóna sem næring fyrir dýrasvifið. Gerðar hafa verið tilraunir með innsöfnun á villtu dýrasvifi með mismunandi aðferðum og ræktun þeirra verið framkvæmd með mismunandi aðferðum. Jafnframt hafa verið gerðar tilraunir með klak á dvalareggjum *Acartia tonsa*, ræktun dýranna og innsöfnun eggja.

Niðurstöður sýna að villt dýrasvif er mjög viðkvæmt fyrir hverskyns meðhöndlun og því mikilvægt að vanda sérstaklega aðferðir við innsöfnun og flokkun dýranna. Á tilraunatímabilinu hafa verið farnir 9 söfnunarleiðangrar á rannsóknabátum Einari í Nesi (maí-okt 2009). Mikið magn safnaðist af dýrum og reyndist mest af rauðátu á vorin og í byrjun sumars en *Acartia* reyndist í mestu magni síðla sumars. Hitastig sjávar og umhverfis á söfnunartímanum var afar misjafnt og reyndist oft erfitt að halda stöðugri kælingu á sýnum þegar þurfti að flytja þau um langan veg frá veiðistað á rannsóknastofuna. Einnig var oft á tíðum mikið af litlum hveljum á veiðisvæðunum og erfitt reyndist að koma í veg fyrir að fylgdu sýnunum. Þekkt er að hveljur lama eða deyða dýrin með eitri sínu og reyndust því mikil afföll á innsöfnuðum dýrum ef hveljur veiddust með. Mikil afföll urðu enn fremur fyrstu dagana eftir flutning í ræktunartanka á rannsóknastofunni, bæði þegar dýrin voru flokkuð strax svo og þótt þeim væri leyft að jafna sig fyrst í nokkra daga áður en flokkun var

framkvæmd. Þetta bendir til þess að beita þurfi öðrum aðferðum við innsöfnun og/eða meðhöndlun við flutning og flokkun dýranna.

Ræktunaraðstaða hefur verið sett upp í sameiginlegri aðstöðu þátttakenda í rannsóknahúsinu að Borgum og þar sem mögulegt er að stjórna hitastigi, loftun og lýsingu í einstaka ræktunareiningum. Heimildir gefa til kynna að ýmiskonar búnað má nota við ræktun dýrasvifs og við hönnun aðstöðu í þessu verkefni var m.a. miðað við reynslu starfsmanna Fiskeyjar hf. af ræktun fóðurdýra. Þegar nokkuð var liðið á verkefnistímann komu hins vegar ábendingar frá sérfræðingum SINTEF um að ræktunarlátin (5L og 20L) gætu verið of smá auk þess sem erfitt reyndist að hreinsa hliðar tankanna með fullnægjandi hætti á meðan ræktun stóð yfir. Af þeim sökum voru notaðir stærri tankar við framkvæmd tilrauna með klak dvalareggja *Acartia tonsa*.

3.1. Rauðáta

Mikið magn safnaðist af rauðátu í fyrstu innsöfnunarleiðöngrum verkefnisins. Mikil afföll urðu á fyrstu dögum eftir innsöfnun, hvort heldur dýrin voru flokkuð strax eða þeim leyft að jafna sig fyrst í nokkra daga. Vel gekk að flokka frá rauðátuna í innsöfnuðum sýnum þar sem hún er hlutfallslega stærri en aðrar sviftegundir á svæðinu. Dýrin voru fóðruð á blöndu lifandi þörunga (Phyto Feast™) og lengst tókst að halda dýrunum lifandi í 4 vikur. Niðurstöður sýndu að hvorki hitastig né magn þörunga hafði áhrif á afkomu eða vöxt dýranna. Ekki reyndist unnt að safna eggjum frá þessum dýrum, hvorki úr ræktunartönkum né frá stökum dýrum sem haldið var við lægra hitastig og fylgst með daglega.

Rauðáta fer í gegnum 12 vaxtarstig á lífsferlinum þ.e. 6 náplústig (NI-NVI) og 6 copepodstig (CI-CVI) og leggst í dvala í dýpri lögum sjávar þegar síðasta copepodstiginu er náð. Við flokkun innsafnaðra dýra reyndist ekki vera mikið um kynþroska dýr og er hugsanleg skýring á því sú að innsöfnuð dýr hafi ekki verið orðin kynþroska (dýr klakin um vorið) eða komin fram yfir það þroskastig þegar eggjaframleiðsla fer fram (dýr sem komu upp úr dýpri lögum sjávar um vorið). Þekkt er að dýrin leita upp úr dýpri lögum á mismunandi tíma frá ári til árs

og stjórnast það m.a. af blómgun þörunga á svæðinu sem tengist m.a. hitastigi umhverfisins. Heimildir segja að í Eyjafirði einkennist átumagn af lágum vetrargildum og einungis einu hámarki yfir sumartímamann (Gíslason og Ástþórsson 1997b) og var framkvæmd innsöfnunar miðuð við þá tímasetningu.

Þó það tækist að halda dýrum lifandi í ræktunartönkum í 4 vikur, varð engar eggjaframleiðslu vart og gæti það bent til þess að ræktunaraðstaðan uppfyllti ekki þarfir dýranna til eðlilegrar þroskunar (hitastig, ljósmagn og næring). Við ræktun dýrasvifs hjá SINTEF í Noregi eru m.a. notaðir lifandi þörungar sem ræktaðir eru í stöðinni og hefur það gefið góða raun við ræktun dýra og framleiðslu eggja. Niðurstöður benda því til þess að nota þurfi lifandi þörunga sem eru í vexti en ekki í dvalarfasa eins og þörungarnir í þykkniinu sem notað var við ræktun rauðátu í þessu verkefni (Phyto Feast™ Live Food for Filter Feeders).

3.2. *Acartia*

Acartia er mun minni lífvera en rauðátan og reyndist oft erfitt að greina þessi dýr í víðsjá. Í innsöfnuðum sýnum reyndist vera minna magn af *Acartia* samanborið við rauðátu og mikil afföll urðu enn fremur fyrstu dagana í ræktun. Þó tókst við sömu aðstæður að halda dýrunum lengur á lífi samanborið við rauðátuna eða lengst í 6 vikur. Hvorki hitastig né magn fóðurs hafði áhrif á afkomu eða þroskun dýranna. Ekki varð þó vart eggjaframleiðslu, hvorki í ræktunareiningum *Acartia* né heldur hjá stökum dýrum sem höfð voru í litlum bökkum með hreinum sjó við 4°C og sem fylgst var daglega með. Líklegt má teljast að ástæðu þessa sé að leita í fæðunni, þ.e. að þörungabykknið sem dýrin voru fóðruð á hafi ekki uppfyllt næringarþörf *Acartia* til vaxtar og framleiðslu eggja.

Í samantekt var því ljóst að ræktunaraðstæður stuðluðu ekki að eðlilegri þroskun dýranna og því nauðsynlegt að gera breytingar á tilhögun ræktunar. Blómgunartíma *Acartia* í hafinu við Ísland var lokið þegar hér var komið sögu og því fengin dvalaregg *Acartia tonsa* frá samstarfsaðila í verkefninu, SINTEF í Noregi. Dvalaregginn eru að jafnaði geymd í kæli við $\leq 4^{\circ}\text{C}$

og byrja þau að klekjast þegar hitastigið nálgast það sem er ákjósanlegt fyrir tegundina. Vel gekk að klekja út eggjum sem þó höfðu verið geymd við mjög breytilegt hitastig við flutninga frá Þrándheimi til Akureyrar. Dvalareggjunum var klakið í tveimur aðskildum tilraunum þar sem dýrin voru fóðruð með mismunandi hætti.

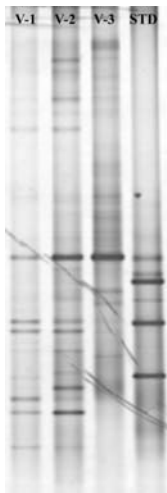
Í fyrri tilrauninni var gerður samanburður á fóðrun með lifandi *Rhodomonas baltica* sem SINTEF lagði til og hins vegar með þörungabykkni sem notað var í fyrri tilraunum (Phyto Feast). Ræktun gekk vel framan af en ekki reyndist unnt að halda dýrunum á lífi nema í stuttan tíma (~10 daga). Skýringa á þessu má hugsanlega rekja til þess að í ljós kom að þörungar frá Noregi voru dauðir og auk þess mikið magn frumdýra (ciliater) í ræktunum eftir nokkurra daga geymslu. Dýr sem fóðruð voru á þörungabykkni (Phyto Feast) lifðu heldur ekki lengi og studdi það fyrri ályktanir um að blanda þörungum í dvalarfasa henti ekki við ræktun dýrasvifsins.

Í seinni tilrauninni var dýrunum klakið í stærri eldistönkum (40L) og þau fóðruð með lifandi grænþörungum (*Tetraselmis*) sem ræktaðir voru á rannsóknastofunni. Viku eftir klak var botn tankanna hreinsaður og síaður í gegnum 0,65µm síu. Þroskastig dýranna sem fylgdu var skoðað undir víðsjá og leitað eftir eggjum í eldisvökvanum. Stökum dýrum var ennfremur komið fyrir í litlum ræktunarbökkum í því markmiði að fylgjast með eggjaframleiðslu. Þroskun dýranna var í samræmi við það sem heimildir geta um, þ.e. eftir u.þ.b. viku voru naupliu stig greinanleg og síðan fullorðin dýr um viku seinna. Dýrum fækkaði á tímabilinu en dauð dýr eru fljót að leysast upp og því erfitt að fylgjast með afföllum. Egg fóru að finnast um 20 dögum eftir klak en hámark eggjaframleiðslu var líklega um 36-38 dögum eftir klak. Eggjaframleiðslu varð þó ekki vart hjá stökum dýrum sem skoðuð voru daglega og er það vísbending um að eðlilegt þroskaferli verði ekki við þær aðstæður. Eggjum sem safnað var úr tönkunum var komið fyrir í hreinum sjó í litlum ræktunarbökkum og þau skoðuð daglega undir víðsjá. Við lok verkefnisins hafði ekki tekist að klekja út eggjum en eggjaframleiðsla stendur ennþá yfir og fylgst verður með þeim áfram.

Niðurstöður síðari klaktilraunarinnar benda til þess að aðstæður sem notaðar voru við ræktun hafi reynst fullnægjandi fyrir eðlilegan þroska og eggjaframleiðslu. Samkvæmt heimildum nær eggjaframleiðsla *Acartia* sem ræktuð er með þörungum af tegundinni *Rhodomonas* hámarki um 30 dögum eftir klak (Marcus and Wilcox 2007). Þetta er nokkuð styttri tími en fékkst í þeim tilraunum sem lýst er hér og bendir það til þess að aðlaga þurfi fóðrunarmagn og tíðni svo og hitastig, ljós og aðrar umhverfisaðstæður til þess að ná fram hámarks framleiðni.

3.3. Bakteríuflóra dýrasvifs

Heildarflóra baktería í dýrasvifinu var rannsökuð með PCR-DGGE aðferð. Bæði voru skoðuð stök dýr svo og samsafn (pool) fleiri dýra. Niðurstöður sýna að bakteríuflóra villts dýrasvifs var nokkuð breytileg (mynd 5). Yfirleitt voru 5-7 tegundir baktería ríkjandi í hverju sýni en mismunandi tegundir greindust í sýnunum.



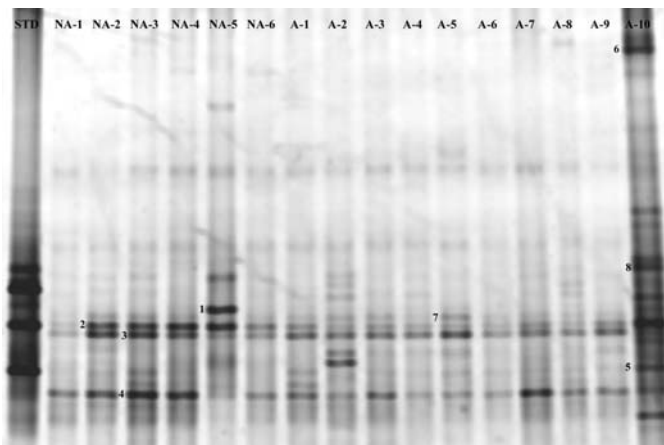
Mynd 5. Samsetning heildarflóru baktería greind með PCR-DGGE aðferð. Sýnd eru sýni af villtu dýrasvifi sem safnað var á mismunandi tímabilum (júní-september 2009). Einnig er sýndur staðall (STD) sem samanstendur af hreinræktum baktería.

Niðurstöður benda til þess að samsetning bakteríuflóru rauðátu sé fremur einhæf og breytist ekki við ræktun (mynd 6). Flóran samanstendur af 1-2 ríkjandi tegundum baktería og fékkst sama munstur hvort sem skoðuð voru stök dýr eða blanda af um 10 dýrum.



Mynd 6. Samsetning heildarflóru baktería í rauðátu greind með PCR-DGGE aðferð. Sýnd eru sýni af rauðátu eftir ræktun á rannsóknastofunni í 7 daga (R-1), 14 daga (R-2), 21 dag (R-3) og 28 daga (R-4). Hvert sýni er blanda af um 10 dýrum. Einnig er sýndur staðall (STD) sem samanstendur af hreinræktum baktería.

Niðurstöður rannsókna á samsetningu heildarflóru baktería í *Acartia* benda til þess að bakteríuflóra sé heldur fjölbreyttari í dýrum sem safnað var úr sjó við Ísland samanborið við dýr sem klakið var úr dvalareggjum frá SINTEF en um svipaðar tegundir/hópa baktería virtist að ræða í sýnunum (mynd 7). Niðurstöður sýna að bakteríuflóra dýra sem klakið var úr dvalareggjum frá SINTEF samanstendur af 3-4 ríkjandi tegundum en fleiri tegundir virðast ríkjandi í dýrum sem safnað var úr sjó við Ísland. Ekki reyndist mikill breytileiki í bakteríuflóru einstakra dýra.



Mynd 7. Samsetning heildarflóru baktería greind með PCR-DGGE aðferð. Sýnd eru sýni af *Acartia* rétt eftir klak úr dvalareggjum frá SINTEF (NA) og sýni af *Acartia* sem safnað var úr sjó við Ísland og ræktað á rannsóknastofunni í 7 daga (A-1 til A-4) og 21 dag (A5 til A-9). Númer vísa til banda sem skorin voru úr geli fyrir tegundagreiningu með raðgreiningu. Á gelinu er einnig sýndur staðall (STD) sem samanstendur af hreinræktum baktería.

Tegundagreining ríkjandi flóru sýndi að *Pseudomonas* sp., *Bacilli*, *Enterococcaceae*, *Serratia* sp. og/eða *Rahnella* sp. reyndust ríkjandi í öllum sýnum af *Acartia*. Í sýnum af *Acartia* sem safnað var úr hafinu við Ísland fundust ennfremur *Brochothrix* sp., *Staphylococcus* sp. og *Psychrobacter* sp. (Tafla 1).

Tafla 1. Tegundagreining baktería eftir raðgreiningu á afurðum sem skorin voru út úr geli

númer	BLAST identification	Division (% similarity)	GeneBank link
1	Uncultured bacterium clone	94	GQ114294
	Haemophilus sp.	94	EU909653
2	<i>Pseudomonas</i> sp.	100	DQ071291
3	Uncultured Bacilli bacterium	97	EF706122
	Uncultured Enterococcaceae	96	EU572469
4	Enterobacteriaceae bacterium	97	FJ348017
	<i>Zerratia</i> sp.	97	AJ288154
	<i>Rahnella</i> sp.	97	FN547804
	<i>Pseudomonas</i> sp.	97	FJ937924
	<i>Yersinia kristensenii</i>	97	FJ641894
5	<i>Brochothrix</i> sp.	88	FJ151397
	<i>Bacillus</i> sp.	88	EU808048
6	<i>Aquimarina</i> sp.	94	FJ490365
	Flavobacteriaceae	94	AB270587
7	<i>Staphylococcus</i> sp.	95	EU572233
8	<i>Psychrobacter</i> sp.	95	GQ327988

4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Krabbaflær eru taldar mjög hentug tegund til ræktunar sökum þess að þær þola hita og seltu á breiðu bili og virðast ekki viðkvæmar fyrir minniháttar sveiflum í umhverfispáttum (Cutts 2003). Fyrstu niðurstöður þessa verkefnis benda til þess að villt dýrasvif sé mjög viðkvæmt fyrir meðhöndlun og því mikilvægt að vanda sérstaklega til aðferða við innsöfnun og flokkun dýranna. Við innsöfnun dýra er einnig mikilvægt að velja veiðisvæði til að komast hjá hveljum sem geta lamað og drepið dýrin. Mikið var um afföll fyrstu dagana eftir innsöfnun sem er í samræmi við fyrri rannsóknir og hafa skýringar verið raktar til meðhöndlunar dýranna (Medina og Barata 2004; Drillet *et al.*, 2006a).

Ræktun mismunandi tegunda dýrasvifs og nauðsynleg aðstaða til ræktunar er fyrst og fremst háð lífsferli tegundarinnar og eru kjöraðstæður mismunandi eftir tegundum. Framleiðni í ræktun er beint tengd páttum á borð við afkomu dýranna, kynjahlutfalli, fjölda eggja á hvert kvendýr, fjölda afkvæma á hvert kvendýr svo og þroskunarhraða (Cutts 2003). Mismunandi er eftir tegundum hvaða þættir hafa víðtækust áhrif á framleiðnina. *Acartia tonsa* er sú tegund sem hvað mest hefur verið rannsökuð m.t.t. ræktunar en tekist hefur að rækta þá tegund yfir fleiri kynslóðir í litlum þéttleika (Støttrup *et al.*, 1986). Við ræktun dýrasvifs í stórum skala þarf að huga að mörgu svo vel gangi og hafa rannsóknir sýnt að bæði þéttleiki og val á fóðri er mikilvægt.

Næring hefur víðtæk áhrif á æxlun dýranna, afkomu og aðra þætti (Cutts 2003) og hafa niðurstöður rannsókna bent til þess að notkun á blöndu þörunga af mismunandi stærð geti gefið góða raun (Støttrup *et al.*, 1986). Sýnt hefur verið fram á að bæði eggjaframleiðsla og klakhlutfall er háð fæðuframboði og næringarinnihaldi fæðunnar (Mauchline *et al.*, 1998; Støttrup og Jensen 1990; Drillet *et al.*, 2006a). Niðurstöður þessa verkefnis benda til þess að nauðsynlegt sé að fóðra dýrin á lifandi þörungum auk þess sem mikilvægt er að gera ítarlegri rannsóknir á aðlögun fæðuframboðs að mismunandi þroskastigum í því markmiði að ná hammarks eggjaframleiðslu.

Komið hafa fram vísbendingar um að kynjahlutfall svifdýra geti breyst við ræktun en þetta er ekki að fullu þekkt þó svo niðurstöður rannsókna hafi bent til þess að þéttleiki geti skipt þar máli og að hlutur kvendýra minnki eftir því sem þéttleiki í ræktunum eykst (Zhang og Uhlig 1993; Fava og Crotti 1979). Við klak á dvalareggjum *Acartia* sem fengust frá SINTEF í þessu verkefni var mikill þéttleiki á dýrunum og töluvert meira en venja er að hafa við ræktun dýranna í Noregi. Einnig var í þessu verkefni notast við aðra tegund þörunga (*Tetraselmis chuii*) en notað er hjá SINTEF (*Rhodomonas baltica*). Næringarinnihald þessara tegunda er mismunandi og inniheldur *T. chuii* til að mynda meira af styttri fitusýrum (Oltra *et al.*, 2000). Við fóðrun með *T. chuii* tókst að fá dýrin til að framleiða egg en ekki hefur reynst unnt að klekja út þeim eggjum sem söfnuðust. Ástæðu þessa gæti hugsanlega verið að leita í mismunandi næringarinnihaldi, fæðuframboði og breytinga á kynjahlutfalli dýranna vegna þéttleika.

Rannsóknir hafa leitt í ljós að *Acartia* spp. og ýmsar aðrar tegundir dýrasvifs eru alætur sem éta eigin lirfur og því nauðsynlegt að aðskilja þær frá í eldi (Payne og Rippingale 2001a). Ræktunartankar þurfa því að vera þannig útbúnir að auðvelt sé að safna eggjum og hreinsa botn og hliðar til að halda umhverfinu hreinu. Hönnun á ræktunaraðstöðu í verkefninu var með það að markmiði að auðvelda innsöfnun eggja. Byrjað var með keilulaga tanka sem tengdir voru við affallsrör en sú hönnun þótti ekki vera hentug fyrir ræktun *Acartia*. Sléttbotna tankar (línubalar) voru notaðir í seinni hluta verkefnisins og ræktunum haldið hreinum með því að sjúga eldisvökva og úrgang upp af botninum og eldisvökvinn síaður í gegnum filter í því markmiði að skilja eggin frá. Mikið var um óhreinindi og þörunga í því sem safnaðist og tímafrekt reyndist og erfitt að finna eggin og flokka þau frá. Nauðsynlegt þykir að hanna betur búnað til að hreinsa eldistanka og til að auðvelda innsöfnun eggja, sérstaklega ef framleiða á í miklum magni.

Á heildina litið sýna niðurstöður þessa verkefnis að möguleiki er á ræktun náttúrulegs dýrasvifs en vanda þarf vel aðferðir við söfnun og meðferð. Mikilvægt er að hafa góðan aðbúnað við ræktun, rétt þrif á tönkum og aðlaga næringarsamsetningu, fóðurmagn og aðrar aðstæður að þéttleika og þroskastigi dýranna. Aðstæður í ræktun miðast að því að

hámarka framleiðni dýranna þ.e. hámarka vöxt, eggjaframleiðslu og klakhlutfall og er því nauðsynlegt að góður búnaður til innsöfnunar og hreinsunar eggja sé til staðar.

Framkvæmd verkefnisins hefur tekið nokkrum breytingum frá því sem sett var fram í upphafi. Ekki hefur reynst unnt að kanna áhrif geymslu á klakhlutfall eggja en unninn hefur verið góður grunnur að frekari rannsóknum og möguleikum á framleiðslu dýrasvifs árið um kring. *Acartia* ræktunartilraunir standa enn yfir í aðstöðunni og er eggjum safnað með það að markmiði að framkvæma á þeim klaktilraunir á komandi sumri (sótt hefur verið um framhald verkefnisins til Verkefnasjóðs sjávarútvegsins). Ef fjármagn fæst þá verður einnig haldið áfram að kletja út dvalareggjum sem fengust frá samstarfsaðila og gerðar tilraunir með aðlögun aðstæðna til að hámarka framleiðni dýranna í ræktun og framleiðslu dvalareggja.

5. ÞAKKARORÐ

Aðstandendur verkefnisins vilja þakka sjóðunum framlag til verkefnisins sem gerði þessar tilraunir mögulegar. Starfsmönnum Hafrannsóknastofnunar og SINTEF er einnig þakkað samstarfið. Þakkið fá einnig Hreiðar Þór Valtýsson, starfsmenn Fiskey hf. og Tatiana Birgisson nemandi við bandarískan háskóla sem aðstoðaði við verkefnið sumarið 2008.

6. HEIMILDIR

- Ástþórsson ÓS, Gíslason Á. 1992. Investigations on the ecology of the zooplankton community in Ísafjörð-Deep, Northwest Iceland. *Sarsia* 77: 225-236.
- Björnsdóttir R, Johannsdóttir J, Coe J, Smaradóttir H, Agustsson T, Sigurgísladóttir S, Guðmundsdóttir BK. 2009. Survival and quality of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in intensive farming: Possible impact of the intestinal bacterial community. *Aquaculture* 286 (2009) 53-63.
- Cutts CJ. 2003. Culture of harpacticoid copepods: Potential as live feed for rearing marine fish. *Advances in Marine Biology*. 44:295-316.
- Drillet G, Iversen MH, Sorensen TF, Ramløv H, Lund T, Hansen BW. 2006a. Effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod, *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. *Aquaculture*. 254:714-729
- Engell-Sørensen K, Støttrup JG, Holmstrup M. 2004 Rearing of flounder (*Platichthys flesus*) juveniles in semiextensive systems. *Aquaculture* 230:475-491
- Evjemo JO, Olsen Y. 1997. Lipid and fatty acid content in cultivated live feed organisms compared to marine copepods. *Hydrobiologia* 358: 159-162.

- Fava G, Crotti E.** 1979. Effect of crowding on nauplii production during mating time in *Tisbe clodiensis* and *T. holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida). *Helgoland Marine Research* 32(4):466-475.
- Gíslason Á, Ástþórsson ÓS.** 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *J Plankton Res* 17:1959–1976
- Gíslason Á, Ástþórsson ÓS.** 1997a. Útbreiðsla og tegundasamsetning dýrasvifs við Ísland í tengslum við sjógerðir. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. *Hafrannsóknastofnun. Fjölrit*, 57: 1-9.
- Gíslason Á, Ástþórsson ÓS.** 1997b. Árstíðabreytingar dýrasvifs fyrir norðan Ísland. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. *Hafrannsóknastofnun. Fjölrit*, 57: 11-23.
- Heimisdóttir HL.** 2009. Ljós hafsins (skýrsla til Nýsköpunarsjóðs námsmanna)
- Kaasa Ö, Guðmundsson K.** 1994. Seasonal variations in the plankton community in Eyjafjörður, North Iceland. ICES C.M. 1994/L:24, 28 s.
- Kraul S, Ako H, Nelson A, Brittain K, Ogasawara A.** 1992. Evaluation of live feeds for larval and postlarval mahimahi, *Coryphaena hippurus*. *J. World Aquac. Soc.* 23 (1):299–306.
- Li HY, Yan XJ, Xu JL, Zhou CX.** 2008. Precise identification of photosynthetic glycerolipids in microalga *Tetraselmis chuii* by UPLC-ESI-Q-TOF-MS. *Science in China Series C: Life Sciences*. 51(12):1101-1107.
- Marcus N.H., Wilcox J.A.** 2007. A guide to the meso-scale production of the copepod *Acartia tonsa*. Florida State University, Dep. of Oceanography.
- Mauchline J, Blaxter JHS, Southward AJ, Tyler PA.** 1998. Advances in marine biology - The biology of calanoid copepods – Introduction. *Advances in Marine Biology*. 33
- Medina M, Barata C.** 2004. Static-renewal culture of *Acartia tonsa* (Copepoda : Calanoida) for ecotoxicological testing. *Aquaculture*. 229:203-213.
- Oltra R, Todol R, Bosquel T, Lubian LM, Navarro JC.** 2000. Life history and fatty acid composition of the marine rotifer *Synchaeta cecilia valentina* fed different algae. *Mar Ecol Prog Ser*. 193:125-133.
- Payne MF, Rippingale RJ.** 2001a. Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*. 201:329-342
- Pedersen BH.** 1984. The intestinal evacuation rates of larval herring (*Clupea harengus* L.) preying on wild plankton. *Dana* 3:21-30.
- Støttrup JG, Richardson K, Kirkegaard E, Pihl NJ.** 1986. The cultivation of *Acartia tonsa* Dana for use as a live food source for marine fish larvae. *Aquaculture* 52(2):87-96
- Støttrup JG, Shields R, Gillespie M, Gara MB, Sargent RJ, Bell JG, Henderson RJ, Tocher DR, Sutherland R, Naess T, Mangor Jensen A, Naas K, Van der Meeren T, Harboe T, Sanchez FJ, Soergeloos P, Dhert P, Fitzgerald R.** 1998. The production and use of copepods in larval rearing of halibut, turbot and cod. *Bulletin of the Aquatic Association of Canada* 4 :41 – 46 .
- Støttrup JG, 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
- Toledo JD, Golez MS, Doi M, Ohno A.** 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. *Fisheries Science* 65:390 – 397 .
- Walne P.R.** 1974. Culture of Bivalve Molluscs. 50 Years' Experience at Conwy. Fishing News (Books), West Byfleet, 173 pp.
- Zhang Q, Uhlig G.** 1993. Effect of density on larval development and female productivity of *Tisbe holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida) under laboratory conditions. *Helgoland Marine Research*. 47(2): 229-241.