

Verkefnaskýrsla Rf  
30 - 06



# Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

Október 2006

**BÆTIBAKTERÍUR Í LÚÐUELDI**  
Framleiðsla á blöndum bætibaktería  
fyrir fiskeldi á Íslandi -  
Möguleikar og greinagerð um kostnað

Rannveig Björnsdóttir  
Jónína Þ. Jóhannsdóttir



Titill / Title	<b>Möguleikar á framleiðslu blöndu bætibaktería fyrir fiskeldi á Íslandi</b>		
Höfundar / Authors	Rannveig Björnsdóttir, Jónína Þ. Jóhannsdóttir		
Skýrsla Rf / IFL report	30 - 06	Útgáfudagur / Date:	Nóvember 2006
Verknr. / project no.	1706		
Styrktaraðilar / funding:	Tækniþróunarsjóður		
Ágrip á íslensku:	<p>Heildarmarkmið verkefnisins “Bætibakteríur í lúðuelði” er að stuðla að aukinni afkomu lúðulirfa í eldi með því að þróa blöndu bætibaktería til notkunar í eldinu. Blandan verður samsett úr stofnum sem einangraðar hafa verið úr eldinu og eykur það líkur á að stofnarnir nái þar fótfestu og hafi tilskilin áhrif.</p> <p>Tilgangur notkunar bætibaktería er að breyta samsetningu bakteríuflóru á fyrstu stigum eldisins með það að markmiði að auka stöðugleika í eldinu, bæta afkomu lúðulirfa og stuðla jafnframt að lágmarks efnanotkun í eldinu. Mikinn fjölda baktería þarf til meðhöndlunar í öllu eldisrými Fiskey hf. og er auk þess gert ráð fyrir að nauðsynlegt sé að meðhöndla nokkrum sinnum yfir eldistímabilið. Því er talinn áhugverður kostur fyrir fyrirtækið að setja upp aðstöðu til framleiðslu bætibakteríublöndu á staðnum, sem auðveldar aðgengi og sparar auk þess kostnað við flutning blöndunnar frá öðrum aðila.</p> <p>Í þessari samantekt eru skoðaðar hagkvæmar lausnir við framleiðslu bætibaktería í íslensku fiskeldi og gerð grein fyrir kostnaði við uppsetningu búnaðar. Fyrst og fremst er horft til fyrirtækis sem er þátttakandi í verkefninu og sem kæmi til með að nota blönduna í eigin eldisaðstöðu, en einnig voru skoðaðir lauslega möguleikar á framleiðslu í stærri skala, til sölu til annarra eldisstöðva og jafnvel til útflutnings.</p>		
Lykilorð á íslensku:	lúðueldi, bætibakteríur, framleiðsla, kostnaður		
Summary in English:	<p>The main goal of the project “Probiotic bacteria in halibut farming” is to contribute to increased survival of halibut larvae in intensive farming. The goal will be approached by developing a mixture of probiotic bacteria, isolated from the farming environment which enhances the likelihood that the bacteria can establish in this particular environment. The objective is to change the bacterial flora during this first and most sensitive phase of the production, which will result in increased stability, improve the chances of the survival of larvae and contribute to minimal use of chemicals.</p> <p>In this roundup we discuss practical solutions for production of probiotic bacteria for Icelandic farming enterprises and outline expenses for installation of the necessary equipment. The focus is primarily on the company Fiskey which is participating in the project and which would be using the probiotic mixture at their facilities, but the potential of a production on a bigger scale for marketing in other farming businesses and even for export were outlined as well.</p>		
English keywords:	halibut farming, probiotic bacteria, production, cost		

**Framleiðsla á blöndum  
bætibaktería fyrir fiskeldi á  
Íslandi**

**Möguleikar og greinargerð um kostnað**

## EFNISYFIRLIT

<b>1. INNGANGUR .....</b>	<b>1</b>
<b>2. BÆTIBAKTERÍUR FYRIR ÍSLENSKT FISKELDI.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Búnaður .....</b>	<b>3</b>
<u>Ræktunartankar .....</u>	4
<u>Hitun og viðhald kjörhitastigs í tönkum.....</u>	4
<u>Dæling lofts/súrefnis í tanka: .....</u>	5
<u>Dæling lausna í og úr tönkum.....</u>	5
<b>2.2. Ræktunarlausnir og hreinsun búnaðar .....</b>	<b>6</b>
<u>Eldisvökvi baktería.....</u>	7
<u>Næringarefni .....</u>	7
<u>Hreinsun ræktunarbúnaðar.....</u>	8
<b>2.3. Möguleikar á staðsetningu ræktunaraðstöðu fyrir bætibakteríur .....</b>	<b>8</b>
<u>Uppsetning ræktunaraðstöðu við eldisstöð Fiskeyjar hf. á Hjalteyri: .....</u>	9
<u>Uppsetning ræktunaraðstöðu utan eldisstöðvar: .....</u>	10
<b>3. NÆSTU SKREF.....</b>	<b>10</b>
<b>4. ÞAKKARORÐ .....</b>	<b>11</b>
<b>5. HEIMILDIR.....</b>	<b>11</b>

## 1. INNGANGUR

Heildarmarkmið verkefnisins "Bætibakteríur í lúðueldi" er að auka afkomu lúðulirfa í eldi með því að útbúa blöndu bætibaktería sem samsett er úr stofnum sem einangraðar hafa verið úr lirfum og umhverfi lirfa á fyrstu stigum eldisins. Notaðir verða stofnar sem ná fótfestu í eldinu og bætibakteríurnar notaðar í þeim tilgangi að breyta samsetningu bakteríuflóru á fyrstu stigum eldisins með það að markmiði að auka stöðugleika í eldinu, bæta afkomu lúðulirfa og stuðla jafnframt að lágmarks efnanotkun í eldinu. Í blönduna verða notaðir stofnar sem hafa verið einangraðir úr eldiseiningum þar sem vöxtur lirfa og afkoma hafa verið góð. Ef vel tekst til eru taldar góðar líkur á að hægt verði að yfirfæra þekkinguna og lausnir yfir á eldi annarra sjávarfiska. Verkefnið hefur þannig möguleika á að stuðla að aukinni hagkvæmni í eldi ýmissa sjávarfiska á Íslandi og bættri samkeppnisaðstöðu íslensks fiskeldis almennt, en mikil afföll fylgja fyrstu stigum eldis sjávarfiska hér á landi sem annars staðar.

Vandamál tengd afföllum í eldi sjávarfiska hafa m.a. verið tengd bakteríuflóru og blómstrun óæskilegra bakteríutegunda í umhverfi lirlirfanna á þessum fyrstu og viðkvæmstu stigum eldisins. Mikill fjöldi baktería fylgir fódurdýrum (*Artemia*) sem lirlirfurnar nærast á fyrstu vikunarn eftir að þær byrja að taka til sín fóður og getur þetta lífræna álag reynst lirlirfunum ofviða ef ekkert er að gert (Lillehaug *et al.* 2003). Til þess að ná fram auknum stöðugleika og bæta afkomu lirfa sjávarfiska er mikilvægt að skapa ákjósanlegt umhverfi fyrir lirlirfur með jákvæðri bakteríuflóru, svipað og hægt er að hafa áhrif á aðra þætti eldisins (fitusamsetning fódurdýra, skygging umhverfisins án notkunar þörungna o.s.frv.). Notkun bætibaktería er sú leið sem mikið hefur verið horft til í fiskeldi víðsvegar um heim á undanförunum árum án þess að fullnægjandi árangur hafi náðst í kaldsjávareldi fiska enn sem komið er (Olafsen 2001). Bætibakteríur (probiotic bacteria) hafa verið skilgreindar sem "lifandi bakteríur sem hafa jákvæð áhrif á einstaklinginn með því að bæta örverufræðilegt jafnvægi í meltingarvegi hans" (Olafsen 2001, Skjermo & Vadstein 1999, Halami *et al.* 1999). Í fiskeldi hafa gjarnan verið notaðar blöndur af bætibakteríum sem þróaðar hafa verið út frá þekkingu á áhrifum ákveðinna tegunda í öðrum dýrum, svo sem í manningum. Þessar blöndur hafa því gjarnan verið samsettar úr mjólkursýrubakteríum, en í framhaldi af því einnig tegundum sem eru náttúlegar í umhverfi sjávar (*Vibrio* spp., *Bacillus*, *Pseudomonas* ofl.) (Makridis *et al.* 2000, Paniagua *et al.* 2001, Wong *et al.* 2004). Bætibakteríur hafa í mörgum tilfellum reynst vel við að auka vöxt og gæði fisklirfa með því að hindra að sjúkdómsvaldandi bakteríur nái yfirhöndinni og/eða með því að auka ónæmissvörun lirfa (Macey *et al.* 2005, Gullian *et al.* 2004).

Í samstarfi Fiskeyjar hf. og Rf/HA hafa á undanförunum árum verið rannsökuð áhrif ýmissa blanda bætibaktería sem fengist hafa á almennum markaði. Þessar blöndur hafa fyrst og fremst verið

framleiddar með notkun í eldi hlýsjávartegunda í huga og sýna niðurstöður m.a. að bakteríutegundir úr blöndunum ræktuðust í engu tilfelli úr eldisumhverfi eða meltingarvegi lirlfanna. Af þessum niðurstöðum má því draga þá ályktun að viðkomandi tegundir hafi einfaldlega ekki lifað af eða náð fótfestu í eldinu við þær aðstæður og það umhverfishitastig sem þar er (4-11°C) (Björnsdóttir & Smáradóttir 2003). Síðastliðin ár hefur verið á markaðnum blanda bætibaktería sem hönnuð er fyrir fóðurdýr lirlfa sjávarfiska (REMUS®) og hafa áhrif þessarar blöndu verið rannsökuð á fyrstu stigum íslensks þorskeldis og í lúðueldi Fiskeyjar hf. í samvinnu við Rf/HA og fleiri aðila. Meðhöndlun með blöndunni á ákveðnum stigum eldisins gaf aukið hlutfall heilbrigðra lirlfa á kviðpokastigi (lækkun gapara-%) (Björnsdóttir *et al.* 2006). Hins vegar reyndist meðhöndlun með blöndunni síðar í eldisferlinu (startfóðrun) ekki hafa jákvæð áhrif (Björnsdóttir *et al.* 2006). Vonast er til að með því að nota bakteríustofna, sem einangraðir eru úr eldiseiningum þar sem vöxtur og afkoma lirlfa reyndust góð hjá Fiskey hf., aukist líkur á að hægt verði að setja saman blöndu baktería sem ná fótfestu í eldisumhverfinu. Auk þess að hafa þau jákvæðu áhrif á afkomu og vöxt lirlfa sem vonast er eftir, er ljóst að ef bakteríurnar ná fótfestu í eldinu verður ekki þörf á að endurtaka meðhöndlunir jafn oft til að viðhalda stöðugleika jákvæðrar bakteríuflóru. Ef vel tekst til eru jafnframt líkur á að um sé að ræða einkaleyfishæfa blöndu bætibaktería til notkunar á fyrstu stigum eldis sjávartegunda fiska við lágt umhverfishitastig.

Mikinn fjöldi baktería þarf til meðhöndlunar í öllu eldisrými Fiskeyjar hf. og auk þess er gert ráð fyrir að nauðsynlegt sé að endurtaka meðhöndlun nokkrum sinnum yfir eldistímabilið. Því er talið áhugverður kostur fyrir eldisstöðvar ef hægt væri að setja upp aðstöðu til framleiðslu bætibakteríublöndu á staðnum til að komast hjá kostnaði við kaup og flutning blöndunnar frá öðrum aðila. Við þróun bætibakteríublöndu fyrir lúðueldi Fiskeyjar hf. eru, sem fyrr segir, notaðir bakteríustofnar úr eldinu sjálfu og því taldar hverfandi líkur á að framleiðsla innan veggja eldisstöðvarinnar geti á einhvern hátt haft neikvæð áhrif enda er þar mikil áhersla lögð á rétta umgengni og hreinlæti í hvívetna. Líklegt er talið að rækta þurfi mismunandi bakteríutegundir í hverri blöndu fyrir sig (hver blanda í sér tanki) og blanda síðan saman í ákveðnum hlutföllum að ræktun lokinni. Ekki er á þessu stigi hægt að segja til um kjöraðstæður til ræktunar þeirra tegunda sem fyrir valinu verða (samsetning næringarefna, bætiefni o.fl.), en þetta verður rannsakað eftir að fyrstu tilraunir í eldinu hafa verið framkvæmdar og endanleg ákvörðun hefur verið tekin um samsetningu þeirrar blöndu bætibaktería sem fyrir valinu verður.

## **2. BÆTIBAKTERÍUR FYRIR ÍSLENSKT FISKELDI**

Með tilliti til hagkvæmni og möguleika er í fyrstu horft til fiskeldisfyrirtækjanna sjálfra við framleiðslu á blöndum til nota í eigin eldisaðstöðu. Þó voru einnig skoðaðir lítillaga möguleikar á framleiðslu bætibaktería í stærri skala til sölu til annarra eldisstöðva og þá jafnvel með útflutning í huga.

Til ráðgjafar var leitað til verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns (VGK, Furuvellir 13, 600 Akureyri), en þar er að finna reynslu af hönnun og uppsetningu búnaðar í samvinnu við íslenskan mjólkuriðnað og önnur fyrirtæki á Íslandi. Búnaðurinn sem stuðst er við í þessari samantekt tekur mið af því kerfi sem VGK hannaði fyrir Bústólpa á Akureyri.

### **2.1. Búnaður**

Við val á búnaði er kostnaður mikilvægt atriði, en einnig er nauðsynlegt að skoða þá möguleika á búnaði sem fyrir hendi eru svo og aðstæður og staðsetningu framleiðslunnar. Erfitt er þó að gera sér að fullu grein fyrir umfangi slíkrar framleiðslu fyrir en niðurstöður tilrauna í lúðueldi Fiskeyjar hf. liggja fyrir og valdar hafa verið tegundir baktería og samsetning þeirra í blöndunni ákveðin. Auk þess þurfa að liggja fyrir upplýsingar um aðstæður við ræktun þeirra tegunda sem fyrir valinu verða (næringaræti, ræktunartími osfrv.) áður en hægt er að segja til um nauðsynlegan búnað sem til þarf, framleiðslutíma og önnur slík atriði. Við framleiðslu á sérhannaðri blöndu bætibaktería fyrir Fiskey hf. er talið hagkvæmast að framleiðslan fari fram í eldisrými fyrirtækisins, sem auðveldar stöðugt aðgengi og kemur um leið í veg fyrir auka kostnað og lausnir vegna flutninga. Ef vel tekst til og blandan reynist gefa góða raun í eldisstöðinni og jafnvel við eldi annarra tegunda sjávarfiska, yrði í framhaldinu horft til framleiðslu á stærri skala og þá einnig með útflutning í huga. Slíkt hefði í för með sér framleiðslu í stórum skala (fleiri og stærri framleiðslueiningar), auk þess sem nauðsynlegt yrði að framleiða blönduna í duftformi (frostþurrkun bakteríurækta) og fjárfesta í viðbótarbúnaði sem þarf til þess. Í eftirfarandi samantekt er gengið út frá framleiðslu blöndu til notkunar í lúðueldi Fiskeyjar hf. og gert ráð fyrir að framleiðslan fari fram í eldisrými fyrirtækisins með uppsetningu ræktunartanka og annars búnaðar sem þarf til þess.

Ræktunartankar: Gera þarf ráð fyrir nokkrum **tönkum** til ræktunar baktería þar sem líklegt er talið að rækta þurfi hvern bakteríustofn í blöndunni út af fyrir sig og blanda þeim síðan saman í ákveðnum hlutföllum að ræktun lokinni. Auk þess væri æskilegt að geta haft fleiri en eina ræktun í gangi hverju sinni og sömuleiðis að tankar geti staðið tómir í a.m.k. einn sólarhring á milli ræktana, svo að unnt sé að hreinsa þá á fullnægjandi hátt. Í áætlun verkefnisins er gengið út frá blöndu þriggja bakteríustofna, en ekki er hægt að segja til um þetta fyrir en eftir að niðurstöður tilrauna liggja fyrir, þ.e. í lok síðara (eða fyrra) verkefnisárs. Miðað við þrjár tegundir baktería í blöndunni má því að lágmarki reikna með 6 tönkum við framleiðslu blöndunnar. Nauðsynlegt er að tankar séu úr ryðfríu og sýrupolnu stáli (316 stál) sem þolir “harðan” þvott en stærð tanka ræðst af því hvar í eldisferlinu og hve oft þarf að meðhöndla með blöndunni, þ.e. heildarmagni blöndu í framleiðslu á hverjum tíma.



Möguleikar eru á að nota mjólkurstöðvatanka en mjólkurstöðvar skipta reglulega út sínum framleiðslutönkum og voru t.d. einhverjir tugir 1000 ltr. tanka frá Norðurmjólk til sölu í Garðabæ fyrir á þessu ári (kostnaður um 50-100 þús. stykkið).

Hitun og viðhald kjörhitastigs í tönkum: Möguleikar eru á að nota **kælikápu** utan um tanka (sem í sumum tilfellum fylgja með tönkum úr mjólkurstöðvunum) og nota rafmagn til hitunar upp í það hitastig sem óskað er eftir (reiknað er með að ræktun yrði við um 20°C). Til þess að þetta sé mögulegt þarf að vera mjög lítið flæði inn í tankinn (undir 10-20 ltr/mín) því annars annar kápan því ekki að hita vatnsmassann jafn óðum upp í um 20°C. Annar möguleiki og jafnvel til viðbótar við hitakápur, er að bæta við litlum **plötuvarmaskipti** (DANFOSS) sem hitar innihald tanksins á skömmum tíma og skiptir rennslið inn í tankinn þá ekki jafn miklu máli. Verð á plötuvarmaskipti er á bilinu 50-100 þús. kr. Þriðji möguleikinn er að nota **rafmagnshitara** eða einskonar beltí sem sett er



utan um tankinn (auðvelt að nálgast belti sem passa utan um 200 ltr. tanka af þessari gerð). Kostnaður við kaup á rafmagnshitara (belti) er talinn vera undir 100 þús. kr. stykkið, en gert er ráð fyrir að nokkur belti þyrfti á stærri tanka (1000 ltr. og stærri).

Við þetta bætist **hitastillir** (hitastigs-regulator) til að viðhalda réttu hitastigi á innihaldi tankanna. Álitíð er að nota megi venjulegan ofnastilli sem kostar 20-30 þús stykkið. Talið er að einn stillir á hverjum tanki sé nægjanlegt.

Dæling lofts/súrefnis í tanka: Nauðsynlegt er að geta dælt súrefni eða lofti inn í tankana á meðan bakteríur eru í ræktun. Til þess má nota einfalda **loftdælu**, blásara eða loftpressu sem kostar um 50-100 þús. kr. stykkið (hægt að fá hjá t.d. HÁTÆKNI) og álitíð að ein dæla á hverjum tanki sé nægilegt. Að öllum líkindum þarf að hafa **síu** á milli tanks og loftdælu til að sía örverur úr loftinu sem dælt er inn í tankinn (kostnaður áætlaður nokkur þúsund krónur).

Dæling lausna í og úr tönkum: Einhvers konar **dælubúnað** þarf til að dæla sjó-/næringarlausnum í tankana fyrir ræktun og bakteríulausnum úr tönkum í tanka þar sem blöndum fer fram og síðan í eldiseiningar þar sem nota á blönduna. Einnig þarf að dæla inn lausnum til þvotta á tönkum milli ræktana, en talið líklegt að hægt sé að nota sama dælubúnað við allar þessar dælingar þótt lagnir á milli dælu og tanka séu mismunandi, eftir því hvaða lausnum er dælt hverju sinni (næringarlausnir, bakteríuræktir, þvottalausnir). Til að opna og loka fyrir heitt og kalt vatn þarf að bæta við **tveimur segullokom**, sem kosta nokkur þúsund krónur stykkið, á hvern tank .

#### *Samantekt:*

Fýsilegasti möguleikinn á meðan um tilraunaframleiðslu er að ræða, er að nota mjólkurstöðvatanka (200-1000 ltr.) en mjólkurstöðvar skipta reglulega út þessum tönkum og því auðveldlega hægt að nálgast slíka tanka fyrir sanngjarnt verð (50-100 þús.kr stykkið). Slíkir tankar eru útbúnir með kælikápu sem notuð er til að hita upp og halda réttu hitastigi á innihaldi tankanna, en hugsanlega þyrfti að bæta við litlum plötuvarmaskipti til að ná upp hita óháð vatnsrennsli inn í tankinn. Sama gerð tanka er til í öðrum stærðum, t.d. osta-tankar hjá Norðurmjólk sem rúma allt að 12.000 ltr. hver, svo og tankar eins og notaðir eru á mjólkurbúunum en þeir rúma á bilinu 400-1.000 ltr. Osta-

tankarnir og tankar á mjólkurbúunum eru í einhverjum tilfellum með hitakápu eins og tankarnir í mjólkurstöðvunum. Þessir tankar eru reyndar með stóru loki að ofan en það gæti jafnvel verið jákvætt m.t.t. hreinsunar sem er afar mikilvægt atriði þegar um er að ræða ræktun baktería.

Verkfræðistofa VGK hefur reynslu af hönnun og uppsetningu búnaðar til svipaðra nota og hér um ræðir og hafa þeir lýst yfir áhuga á þátttöku við hönnun búnaðar auk þess að útvega öll aðföng á góðum kjörum. Hitablásara væri t.d. hægt að kaupa hjá Hátækni og annan búnað sem til þarf hjá Danfoss, en VGK hefur mikil viðskipti við þessi og fleiri fyrirtæki.

Hönnunarkostnaður við einn tank er áætlaður á bilinu 300-400 þús. krónur Kostnaður vegna hönnunar fleiri tanka yrði ekki í beinu hlutfalli við fjölda tanka en þó auðvitað eitthvað ódýrara pr. tank miðað við hönnun á einungis einum tanki. Til viðbótar við þann nauðsynlegan búnað sem talinn var upp hér að framan, þarf pípulagningarefni, rafleiðslur svo og iðnaðarmenn til uppsetningar búnaðar.

Þegar allt er tekið saman má því reikna með að beinn efniskostnaður á hvern tank gæti verið um 300 þús. auk pípulagningarefna og vinnu iðnaðarmanna. Til viðbótar kemur hönnunarkostnaður um 300 þús. á tank, sem þýðir að heildarkostnaður við hvern tank væri á bilinu **0,5 – 1 M.**

Við uppsetningu á aðstöðu til að rækta bætibakteríur er nauðsynlegt að leita tilboða vegna allra þátta verksins, allt frá hönnun á búnaði til uppsetningar. Sömuleiðis þarf að skoða vel búnað og hönnun við aðra framleiðslu baktería af svipuðum toga á iðnaðarskala (t.d. framleiðslu bætibaktería sem notaðar eru í AB mjólk og aðrar mjólkurvörur).

## **2.2. Ræktunarlausnir og hreinsun búnaðar**

Reiknað er með að í 1.000 ltr. ræktunartanki sé hægt að ná lífmassa baktería upp í 30-100g/ltr. Að vonum er æskilegt að ná lífmassa sem hæst og taldir eru góðir möguleikar á því að unnt sé að ná lífmassa upp undir 100g/ltr. við þessar aðstæður (vatn að um 2/3 hluta). Lífmassi upp á 100g/ltr. samsvarar um  $10^{12}$  bakteríum/ml. Með hliðsjón af greinum sem birtar hafa verið um efnið má gera ráð fyrir að lokastyrkur bætibaktería í eldisumhverfi lirfa þurfi að vera um  $10^5$  bakteríur/ml (á bilinu  $10^4$ - $10^7$  bakt/ml), sem

þýðir að í 1.000 ltr. tanki með 100g/ltr. lífmassa væru um  $10^{18}$  bakteríur sem dygðu í 40.000 lítra af eldisvökva. Til samanburðar má geta þess að í eldisstöð Fiskeyjar hf. eru 20 hrognaker (250 ltr. ker), 12 síló (10.000 ltr. einingar), 12 startker (3.500 ltr. ker) og 9 startker (7.000 ltr. ker), þ.e. ríflega 200.000 lítra eldisrými. Líklega yrði þó ekki þörf á að meðhöndla á öllum þessum stigum eldisins. Til viðbótar er mikið eldisrými í kerum sem lifur eru fluttar í þegar þær eru vandar á þurrfóður, en á þessu stigi eldisins eru afföll sjaldgæf og því ekki gert ráð fyrir að meðhöndla þurfi með bætibakteríum.

Eldisvökvi baktería: Erfitt er að segja til um heppilega samsetningu næringarlausna til ræktunar á bætibakteríunum fyrr en ákveðið hefur verið hvaða stofnar verða fyrir valinu. Hagkvæmast er ef ræktun getur farið fram í sjó sem í er bætt nauðsynlegum næringarefnum. Góðar líkur eru á að þetta sé hægt, þar sem notaðar verða bakteríur sem náð hafa fótfestu og sem einangraðar hafa verið úr eldisumhverfi lúðulirfa (sjór). Hinsvegar þarf að skilgreina vel þarfir viðkomandi bakteríustofna fyrir næringarefni og að hámarksvöxtur og þéttleiki náist í ræktum

Ekki er reiknað með að nauðsynlegt sé að sterilisera næringarlausnir til ræktunar baktería í tönkunum, fyrst og fremst vegna þess að í næringarlausnirnar er bætt einræktum baktería sem minnkar líkur á að aðrar tegundur baktería nái þar fótfestu. Þó þarf að skoða þetta gaumgæfilega og fylgjast reglulega með ræktunum. Töluvert erfitt og kostnaðarsamt yrði að sterilisera næringarlausnir í tönkunum, þar sem það kallar á gufu undir þrýstingi og þ.a.l. gufuketil sem yrði dýr í innkaupum. Hægt er að leita ýmissa leiða til að forðast mengun eldisvökva, t.d. með því að sterilisera sjóinn í tankana áður en næringu fyrir bakteríurnar er bætt út í. Þetta mætti t.d. gera með ósonmeðhöndlun (vandmeðfarin leið sökum þess hve óson er varasamt efni), eða með því að meðhöndla sjóinn með klór og síðan klórstoppi (natríumþíósúlfati), en það er aðferð sem notuð er til hreinsunar á sjó við ræktun fóðurdýra hjá Fiskey hf. Kostnaður vegna meðhöndlunar með klór og síðan klórstoppi er óverulegur.

Næringarefni: Mismunandi er eftir bakteríutegundum hvaða næringarefni eru nauðsynleg við ræktun þeirra svo og magn og hlutföll næringarefnanna. Laktósi er mögulegur kolvetnisgjafi og gjarnan notaður við ræktun baktería. Jafnframt hefur verið sýnt fram á að ákveðin frúktó-olígósakkaríð, sem falla til við mjólkurframleiðslu, hafa

jákvæð áhrif á vöxt *Lactobacillus* tegunda sem reynast hafa jákvæð áhrif í ákveðnum tegundum búfjár (aukinn vöxtur jákvæðrar bakteríuflóru). Það er því spennandi möguleiki að nýta þessar ónýttu afurðir, sem falla til við mjólkurframleiðslu, sem næringarefni við ræktun bætibaktería fyrir íslenskt fiskeldi. Ef þetta reynist unnt væri kostnaði við framleiðslu bætibakteríanna haldið í lágmarki þar sem ekki er gert ráð fyrir að greiða þurfi sérstaklega fyrir þessa vannýttu afurð sem farga þarf með öðrum hætti eins og staðan er í dag.

Hreinsun ræktunarbúnaðar: Nauðsynlegt er að geta hreinsað og sótthreinsað tankana reglulega með auðveldum hætti. Þetta mætti gera í gegnum lokur á tönkunum en í mjólkurstöðvunum eru tankar sótthreinsaðir með því að dæla inn sýru og basa við þvott í gegnum þessar lokur.

Við hönnun og kaup á tækjum, svo og áætlun um kostnað vegna fjárfestinga í nauðsynlegum búnaði til framleiðslu blöndu bætibaktería fyrir íslenskt fiskeldi, þarf ýmsar grundvallarupplýsingar og gefnar forsendur sem ekki liggja að fullu fyrir fyrr en ákveðið hefur verið hvaða tegundir baktería verða notaðar í blönduna. Í núverandi stöðu má þó gróflega áætla fjölda tanka, magn sjóvatns inn og út úr þeim tönkum, búnað til upphitunar vökva og viðhalds á réttu hitastigi vökva í tönkum svo og dælur og lagnir. Þessi atriði hafa verið talin upp hér að framan og ætti í framhaldinu að vera auðvelt að fylla inn í þær eyður sem upp á vantar.

### **2.3. Möguleikar á staðsetningu ræktunaraðstöðu fyrir bætibakteríur**

Þegar skoðaðir eru þeir staðir sem til greina koma varðandi staðsetningu á aðstöðu til ræktunar bætibaktería til notkunar á fyrstu stigum fiskeldis, er nauðsynlegt að hafa í huga staðsetningu fiskeldisstöðvanna og sömuleiðis hve mikið magn blöndu gert er ráð fyrir að þurfi að framleiða. Ef um er að ræða sérhannaðar blöndur fyrir hverja eldisstöð, er vænlegasta staðsetning slíkrar framleiðslu í eldisstöðvunum sjálfum, sem framleiða jafnóðum það magn blöndu af ákveðinni samsetningu sem notuð er í viðkomandi stöð. Ef hinsvegar er um að ræða blöndu/blöndur sem nota má t.d. við framleiðslu ákveðinnar fiskeldistegundar (t.d. lúðu) eða fyrir ákveðna tegund eldis (t.d. eldi sjávarfiska), væri um meira magn að ræða og þá hugsanlega einnig til útflutnings. Slík framleiðsla ætti tæplega

heima innan eldisstöðva heldur fremur hjá sérstöku fyrirtæki eða aðilum sem annað gætu framleiðslu á stærri skala (framleiðsla selt í formi frostþurrkaðs dufts).

Uppsetning ræktunaraðstöðu við eldisstöð Fiskeyjar hf. á Hjalteyri:

Uppsetning ræktunaraðstöðu við eldisstöð Fiskeyjar hf. á Hjalteyri er æskilegur kostur vegna nálægðar við eldiseiningar þar sem blandan yrði notuð. Þetta er fyrst og fremst vænlegur kostur þegar fyrirhugað er að nota blönduna í vökvaformi, en skiptir minna máli ef fyrirhugað væri að frostþurrka bakteríuræktir í duft, sem síðan væri blandað við eldisvökvann í ákveðnum hlutföllum. Stofnar í bætibakteríublöndunum eiga uppruna sinn í eldisstöðinni og því talin hverfandi hætta samfara dreifingu baktería um eldisstöðina. Fiskey hf. dælir upp sjó og hreinsar hann áður en sjónum er dælt í eldiseiningar og er því gott framboð á hreinsuðum sjó til ræktunar baktería í eldisrými stöðvarinnar. Einnig er þar mikil reynsla á notkun klórs og klórstopps til hreinsunar á sjó við ræktun fóðurdýra sem hægt væri að nýta við hreinsun á sjó til bakteríuræktunar.

Við uppsetningu á aðstöðu til bakteríuræktunar er nauðsynlegt að horfa til aðstæðna á hverjum stað. Mögulega væri hagkvæmast að smíða tanka af þeirri stærð sem hentaði framleiðslunni og lágmarka um leið kostnað samfara notkun eininga af stærðum sem ekki eru lagaðar að framleiðslu og framleiðsluferli í stöðinni. Til dæmis má áætla að smíði á um 500 ltr. tanki gæti kostnað 200-300 þús. kr. stykkið (verðhugmynd sem dregur mið að smíði eldiskera í stöðinni). Starfsmenn Fiskeyjar hf. hafa auk þess mikla reynslu í uppsetningu eldiseininga af ýmsum stærðum og gerðum, sem vafalítið myndi nýtast við uppsetningu ræktunartanka. Ennfremur telja starfsmenn Fiskey hf. að ákjósanlegra væri að hita sjóinn í tönkunum með heitu vatni í stað rafmagns, en gott aðgengi er að heitu vatni í eldisstöðinni.

Ef ræktun bakteríublöndu færi fram í eldisstöðinni sjálfri yrði það trúlega með þeim hætti að Fiskey fengi startkultúr baktería frá Rf/HA til að starta upp ræktum. Í framhaldi af því yrði nýjum bakteríum frá Rf/HA bætt í tankana, ásamt næringarlausnum, að ræktun lokinni. Annar möguleiki er að hluti rækta sé skilinn eftir í tönkum og notaður til að rækta upp nýjan skammt eftir að sjó og næringarefnum hefur verið bætt í tankinn.

### Uppsetning ræktunaraðstöðu utan eldisstöðvar:

Við framleiðslu á bætibakteríublöndu í meira magni og til dreifingar til fleiri aðila er gert ráð fyrir að ákjósanlegra sé að setja upp ræktunaraðstöðu utan eldisstöðvanna. Umfangsmeiri framleiðsla kallar á fleiri ræktunartanka og jafnframt möguleika á frostþurrkun stofna til sölu í duftformi í mismunandi magni.

Nokkrir kostir eru samfara uppsetningu slíks búnaðar sem aukabúgreinar hjá t.d. Norðurmjólk eða öðrum mjólkurstöðvum þar sem mikil þekking og reynsla er fyrir hendi hvað varðar notkun baktería við framleiðslu matvæla. Á mjólkurbúunum liggur auk þess fyrir þekking um hvernig koma má í veg fyrir hugsanlegt smit milli tanka og framleiðslueininga, auk þess sem þar falla til aukaafurðir sem hugsanlega mætti nota sem kolvetnisgjafa við ræktun þessara baktería. Sem dæmi má nefna að mikið magn laktósa fellur til við mysugerð og sem auðveldlega mætti breyta í nothæft næringarefni fyrir bakteríur (einsykrur).

Frostþurrkun baktería að ræktun lokinni og dreifing í duftformi lágmarkar auk þess hættu á mengun frá umhverfinu og öðru hráefni samfara flutningi blöndunnar til eldisstöðvanna.

### **3. NÆSTU SKREF**

Rannsóknir standa yfir í samvinnu Rf/HA og Fiskeyjar hf. þar sem nú er unnið að einangrun og ræktun bakteríustofna úr eldiseiningum Fiskeyjar hf. Þessir stofnar verða síðan notaðir sem undirstaða í tilraunablöndur bætibaktería sem meðhöndlað verður með á fyrstu stigum lúðueidis. Markmiðið með notkun slíkra blanda er að stuðla að bættri afkomu og auknum stöðugleika í eldinu. Rannsóknir sýna ennfremur að með auknum stöðugleika í eldinu minnkar þörf á efnanotkun og getur verkefnið því skilað margþættum árangri ef vel tekst til.

a) Fyrsta skref er framleiðsla á tilaunaskala og umfangsmiklar rannsóknir á næringarkörfum og öðrum eiginleikum viðkomandi bakteríutegunda, auk þess sem ganga þarf úr skugga um að engin áhætta sé samfara notkun bakteríublanda í eldinu.

b) Næsta skref er framleiðsla tilraunablanda og meðhöndlun á fyrstu stigum lúðueidis Fiskeyjar hf. þar sem áhrif meðhöndlunar verða metin m.t.t. afkomu, vaxtar og gæða hrogna og lirfa.

c) Ef vel tekst til og Fiskey hf. velur að nota blönduna í sinni framleiðslu, er talið raunhæfast að framleiðsla blöndunnar fari fram hjá Fiskey hf. þar sem blandan er notuð jöfnum höndum.

d) Síðasta skrefið yrði síðan framleiðsla blöndunnar til dreifingar/sölu til annarra fiskeldisfyrirtækja og yrði það þá væntanlega í höndum annarra aðila en Fiskeyjar hf.

---

#### 4. ÞAKKARORÐ

Aðstandendur verkefnisins vilja þakka Ásgeiri Ívarssyni, verkfræðingi á VGK, fyrir ómetanlega aðstoð við öflun upplýsinga um möguleika og hönnun búnaðar til framleiðslu baktería til notkunar í íslensku fiskeldi. Auk þess er Arnari Jónssyni og Heiðdís Smáradóttir hjá Fiskey hf. þakkað gott innlegg og athugasemdir við þessa samantekt. Ólafi Jónssyni hjá Fódurblöndunni ehf./Bústólpa er sömuleiðis þakkað hans góðu ábendingar og síðast en ekki síst er Tækniþróunarsjóði þakkað fyrir rausnarlegt framlag til framkvæmdar á verkefninu “Bætibakteríur í lúðueldi” sem þessi verkþáttur er hluti af (0. Áfangi verkefnisins).

#### 5. HEIMILDIR

**Björnsdóttir, R og H Smáradóttir.** 2003. Stýring örveruflóru í startfóðrunarkerjum lúðulirfa (Rannís ver.#010 840 001) Lokaskýrsla. #21-03

**Björnsdóttir, R. H. Smáradóttir, J.P. Jóhannsdóttir, Á. Guðmundsdóttir, H. Sveinsdóttir, H.R. Jónsdóttir, S.Ó. Sigvaldadóttir, V.M. Bonilla, E. Reynisson, M. Pétursdóttir.** 2006. Forvarnir í fiskeldi - Flokkun örvera og tilraunir með notkun bætibaktería. (AVS ver# ) Lokaskýrsla #18-06

**Gullian, M., F. Thompson, & J. Rodriguez.** 2004. *Aquaculture* 233:1-14

**Halami, PM, A Chandrashekar & R Joseph.** 1999. *Food Biotechnol*, 13(2):121-136.

**Lillehaug, A, BT Lunestad & K Grave.** 2003. *Dis. Aquat. Org*, 53:115-125

**Macey B.M. & V.E. Coyne.** 2005. *Aquaculture*. 245:249-261

**Makridis, P, AJ Fjellheim, J Skjermo & O Vadstein.** 2000. *Aquaculture Int.*, 8:367-380

**Olafsen, JA.** 2001. *Aquaculture*, 200:223-247

**Paniagua, E, A Paramá, R Iglesias, ML Sanmartín & J Leiro.** 2001. *Dis Aquat. Org*, 45:73-76.

**Skjermo, J & O Vadstein.** 1999. *Aquaculture*, 177:333-343.

**Wong, H, P Wang, S-Y Chen & S-W Chiu.** 2004. *FEMS Microbiol. Letters*, 233- p 269-275.