

Verkefnaskýrsla Rf  
25 - 06



# Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

Október 2006

**Kolmunni í verðmætar sjávarafurðir**

Ragnar Jóhannsson  
Heimir Tryggvason  
Sigurjón Arason





<i>Titill / Title</i>	<b>Kolmunni í verðmætar sjávarafurðir</b>		
<i>Höfundar / Authors</i>	Ragnar Jóhannsson, Heimir Tryggvason, Sigurjón Arason.		
<i>Skýrsla Rf / IFL report</i>	25 - 06	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Október 2006
<i>Verknr. / project no.</i>	1627		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	AVS sjóðurinn		
<i>Ágrip á íslensku:</i>	<p>Meginmarkmið verkefnisins var að endurskoða og betrubæta vinnsluferli fyrir kolmunna, með áherslu á aukið geymsluþol. Meginhluti kolmunnaafla sem kemur að landi hefur hingað til verið bræddur og nýttur í fóðurframleiðslu og verð fyrir hann eftir því, talsvert lægra en hægt væri að fá ef hráefnið yrði nýtt í matvælavinnslu. Talið er að hægt sé að auka gæði og geymsluþol kolmunna þannig að hann verði nýtanlegur sem hráefni í matvæli og þannig fáiist mun hærra verð fyrir hann. Til að svo verði er nauðsynlegt að breyta öllu vinnsluferlinu, frá veiðum til vinnslu.</p> <p>Gæði hráefnis voru skoðuð m.t.t. notkunar í:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Surimivinnslu – hefðbundin eða með nýju vinnsluefrli</li><li>➤ þurrkun</li><li>➤ blokkavinnslu/fiskstauta</li><li>➤ söltun.</li></ul> <p>Framkvæmdar voru tilraunir, þar sem sett voru upp tilraunaker með hringrásarkerfi fyrir kælivökva sem tengt var kælikerfi svo að hægt væri að stýra hitastiginu í kerinu og gerðar geymsluþolstilraunir á hráefni.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<b>Kolmunni, kæling, geymsluþol</b>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The aim of the project was to review and improve the process for blue whiting, emphasising improved shelf life. Most of the blue-whiting-catch landed in Iceland is used to process fish meal for animal feed, a relatively low priced product. Improved quality and shelf life makes it possible to utilize it for human consumption and thereby increase its value. For improved quality it is necessary to change the process, from catch to final product</p> <p>The quality of raw material will be considered for use in products as:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Surimi – typical / alkaline process</li><li>➤ drying</li><li>➤ freezing / mincing</li><li>➤ salt curing</li></ul> <p>Experiments were made, where small experimental tubs were equipped with a circulation and cooling system for temperature control and storage time experiments were made.</p>		
<i>English keywords:</i>	<b>Blue whiting, cooling, shelf life</b>		



# Efnisyfirlit

<b>1</b>	<b>INNGANGUR</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>STAÐA ÞEKKINGAR</b>	<b>3</b>
2.1	Kolmunni . . . . .	3
2.2	Veiðar á kolmunna: . . . . .	5
<b>3</b>	<b>GEYMSLUPOLS TILRAUNIR</b>	<b>7</b>
3.1	Kælikerfið . . . . .	7
3.2	Tilraunakeyrslur . . . . .	8
3.3	Sýnataka og mælingar . . . . .	9
3.4	Niðurstöður mælinga . . . . .	10
<b>4</b>	<b>NÝTT VINNSLUFERLI KOLMUNNA</b>	<b>12</b>
4.1	Veiðar og vinnsla . . . . .	12
4.1.1	Áhrif togtíma á gæði hráefnis . . . . .	14
4.1.2	Áhrif toghraða . . . . .	14
4.1.3	Áhrif dælingar . . . . .	14
4.1.4	Flokkun . . . . .	15
4.2	Geymsla . . . . .	15
4.3	Kælikerfi veiðiskipa . . . . .	16
4.3.1	Módel fyrir kælikerfi kolmunna . . . . .	17
4.3.2	Orkuþörf kælitanka . . . . .	18
4.3.3	Heildarlýsing kælikerfis . . . . .	18
4.4	Vinnsla hráefnis . . . . .	19
4.5	Kostnaður vinnslu . . . . .	21
4.6	Notkun hráefnis . . . . .	22
4.6.1	Frostvarið blautprótein framleitt með alkalískri aðferð. . . . .	22
4.6.2	Marningur. . . . .	23
4.6.3	Skreiðarvinnsla. . . . .	23
<b>5</b>	<b>UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>ÞAKKARORÐ</b>	<b>24</b>



# 1 INNGANGUR

Markmið verkefnisins er að leita leiða til að koma ferskum kolmunna í land í nægilega góðu ástandi til að hægt sé að nota hann sem hráefni í vinnslu á afurðum til manneldis. Sérstaklega er haft í huga að geta nýtt hann sem hráefni í nýjar vinnsluaðferðir þar sem vöðvaprótein eru skilin frá öðrum efnum og þau nýtt í ýmsar tilbúnar afurðir, svo sem bætiefni í fiskblokkir og flök eða jafnvel í þurrkaðar afurðir fyrir bætiefna- og heilsumarkað.

Hingað til hefur kolmunni sem komið hefur að landi ekki verið nýtanlegur nema til bræðslu, þó eitthvað hafi verið heilfryst og sent í handflökun til Kína og unnið í frystar flakablokkir. Þetta er að sjálfsögðu mjög vinnufrekur ferill sem byggir á ódýru vinnafli. Einnig er ferillinn nokkuð orkufrekur, þar sem frysta þarf hráefnið tvisvar, auk þess sem flytja þarf það um langan veg til vinnslu og á markað. Gera má ráð fyrir að þessi aðferð verði ekki arðbær mikið lengur þegar laun og flutningskostnaður hækkar og ef verð á mjöli hækkar.

Til að framleiða afurðir til manneldis þarf vinnsluferillinn í fyrsta lagi að halda hráefni fersku og lausu við örveruniðurbrot og oxun viðkvæmra fosfólípíða (fjölómettaðra fitusýra bundnar sem fosfólípíð). Aðferðin þarf einnig að halda eðliseiginleikum góðum, svo sem vatnsheldni, vatnsbindingu og geljunarhæfni. Síðast en ekki síst má vinnslan ekki vera vinnuafsfrek.

Ef vinna á kolmunna til manneldis verður að breyta veiðiaðferðum og meðferð aflans. Nokkuð hefur verið um að sett séu rotvarnarefni, eins og ediksýra og í seinni tíð einnig klórdíoxín, í lestar við kolmunnaveiðar til að hægja á niðurbroti. Magn þessara efna þarf að skammta nákvæmlega ef nýta á hráefnið til manneldis. Besta leiðin til að verjast skemmdum er hins vegar eflaust fólgin í því að samstilla nokkra þætti. Áhrifaríkur þáttur til að hægja á skemmdum er að kæla aflann sem næst frostmarki, án þess þó að frysta, þar sem frystingin hefur áhrif á vinnslueiginleika hráefnisins, sérstaklega gel og vatnsheldnieiginleika. Í þessu verkefni var skoðað hvernig hægt væri að kæla aflann niður fyrir 0 °C til að hægja sem mest á örveruvexti og ensímvirkni.

Eitt meginmarkmið tilraunanna var að ákvarða áhrif hitastigs á geymsluþol kolmunna. Kælikerfi var útbúið til að geta stýrt hitastigi nákvæmlega og settar upp tilraunir þar sem hráefni var geymt við stýrðar aðstæður og skemmdarferillinn mældur. Til að mæla skemmdarferilinn voru tekin sýni og magn trimethylamina (TMA) og heildarmagn reikulla basa (TVB-N) greint í sýnunum. Engin kolmunnaveiði var á þeim tíma sem tilraunir voru gerðar og var því ekki hægt að fá kolmunna til að gera tilraunirnar. Þess í stað var fengin smáýsa, þar sem hún kemst næst því að líkjast kolmunna.

Auk þessa er farið yfir þætti í veiðum og vinnslu sem miða að því að skila ferskara hráefni í land. Meðal þess er athugun á orkunotkun við að halda afla við lágt hitastig, undir frostmarki vatns. Flest uppsjávarveiðiskip eru í dag búnin kælikerfi í lestum og



Mynd 1: Kolmunni (*Micromesistius poutassou*) (Jón Baldur Hlíðberg)

geta kælt aflann. Vandamálið er að mjög kostnaðarsamt er að keyra þessi kælikerfi og fer þessi kostnaður vaxandi með hækkandi olíuverði. Til að lágmarka hann er gert ráð fyrir að aðeins besti hluti aflans verði flokkaður sem gæðahráefni til manneldis, en afgangurinn fari til bræðslu. Þannig þarf aðeins hluti aflans geymslu við hitastig undir frostmarki.

## 2 STAÐA ÞEKkingAR

### 2.1 Kolmunni

Kolmunni (*Micromesistius poutassou*) er fremur smár fiskur af þorskaætt (*Gadidae*). Hann er úthafs-, uppsjávar og miðsjávarfiskur og hefur mörg einkenni þess. Hann er fremur rennilegur fiskur, lang- og grannvaxinn með meðalstóran haus og í vexti er hann nokkuð áþekkur ufsa. Augu eru fremur stór, munnur í meðallagi og svartur að innan og dregur kolmunninn nafn sitt af því. Hann er yfirmynntur og hökuþráður er enginn. Bakuggar eru þrír og nokkurt bil á milli þeirra. Tveir þeir fremri eru nokkuð áþekkir að stærð og lögun, en sá aftasti er lengri og rís ekki jafn hátt. Hann er andspænis aftari raufarugga og hafa þeir samskonar lögun, fremri raufarugginn er mun lengri en sá aftari. Bolurinn er stuttur, gotraufin framarlega, styrtilan löng og klofin í endann. Eyruggar eru í meðallagi og kviðuggar litlir. Kviðuggar kynjanna eru ólíkir og hafa kviðuggar hængsins miklu lengri ytri geisla (teinalaga smábein í uggum til styrktar) en kviðuggar hrygnunnar. Þessi útlitsmunur kynjanna er óvenjulegur í fiskum af þorskaætt og var honum ekki lýst fyrr en 1978 [Sveinbjörnsson, 1998].

Kolmunni er venjulega orðinn um 18-20 cm eins árs gamall. Hrygnur vaxa hraðar og verða stærri en hængar. Algeng meðallengd í sýnum af kynþroska kolmunna hefur verið um 29- 32 cm. Stærsta hrygnan sem mælst hefur var 50 cm, og stærstu hængarnir hafa verið mældir allt að 43 cm. Síðustu árin hefur aldursamsetning stofnsins verið að breytast, meðalaldurinn hefur minnkað, vegna mikilla veiða þannig að í dag er meðallengdin mun minni en áður var [Sveinbjörnsson, 1998].

Kolmunni safnar fitu í lifrina líkt og þorskurinn. Hinar löngu göngur og álagið samfara hrygningunni krefjast mikillar orku, því safnar hann orkuforða í lifrina á ætistöðv-



unum. Að hrygningu lokinni hefst ætisgangan. Seint í apríl eða byrjun maí er kolmunninn við Færeyjar. Þá er hann mjög magur og þrekaður og dæmi eru um að fituhlutfall hans sé einungis um 1-2 % af líkamsþyngd hans. Hann braggast vel á ætistöðvunum og er orðinn allt að 8-9% feitur í október – nóvember [Ingimarsson, 2001].

Kolmunni hefur verið veiddur við Ísland í 30 ár með hléum og hægt er að tala um tvö megin veiði-tímabil en það eru árin 1976-1983 og síðar tímabilið sem hófst 1996 og stendur enn.

Kolmunni er af þorskfiskaætt og er holdið ljóst á litinn og líkist holdlit ýsu. Fituinnihald kolmunnaflaka er um 0,3% og þess vegna ætti það að vera mögulegt að nýta flökin eða kolmunnahold í matvælaafurðir eins og gert er við aðra þorskfiska. SEM stendur er kolmunninn nær eingöngu nýttur í fiskimjölsvinnslu og síðan í fóðuriðnað, en eitthvað hefur verið um það á síðustu árum að hann hafi verið seldur frystur en í mjög litlu mæli. Verð til fiskimjölsverksmiðja er um 5-8 kr/kg og verðmæti fisks er um 15 kr/kg í heild ef hann er nýttur í mjöl og lýsi.

Rannsóknunum á kolmunna á Íslandi má skipta í tvö tímabil, líkt og veiðunum. Fyrra tímabilið var 1976-81 en þá styrkti sjávarútvegsráðuneytið stórt verkefni sem tengdist veiðum og vinnslu til manneldis. Í framhaldi af því var unnið stórt norrænt verkefni á kostnað Norræna Iðnþróunarsjóðsins (Nordfisk)[Dagbjartsson et al., 1981]. Þar var tekið á öllum helstu vinnsluleiðum miðað við þær forsendur sem þá giltu m.a um kælingu og geymsluþol. Færeyingar nýttu sér þessar niðurstöður við vinnslu á kolmunna á landi og á sjó, en Íslendingar aftur á móti nýttu þá tækni sem þróuð var þar á þurrkun við innþurrkun á þorskhausum. Síðara tímabilið var 1998-2001. Sjávarútvegsráðaneytið styrkti verkefni 1998 um geymslu og flutning á kolmunna í land. Verkefni var unnið í samstarfi SVN og Sabroe (York) í Danmörku. Útkoman var endurbætt kælikerfi sem m.a var sett upp í tvö skip, Ingunn AK og Huginn VE. Rannís styrkti verkefni Rf og SVN um framleiðsluleiðir á kolmunna til manneldis. Rannsóknin fjallaði um vinnslu og þar kom fram sú niðurstaða að kolmunni henti vel í hefðbundnar þorskfiskafurðir s.s. fiskstauta, og saltfiskafurðir. Ítarlegri rannsókn er þó þörf.

Kolmunni er í rauninni prýðilegur matfiskur og hafa t.a.m. ýmsir færir matreiðslumenn gert tilraunir með að búa til úr honum veislurétti. [Ingimarsson, 2001]. Ástæður þess að hann hefur lítið verið notaður í mannamat er aðallega smæð og viðkvæmi hans. Gerðar hafa verið tilraunir hérlendis með heilfyrstingu kolmunna og hann síðan sendur til Kína þar sem hann hefur verið þýddur upp og handflakaður og því næst frystur í blokk sem aftur er hægt að vinna í verksmiðjum, meðal annars í hjúpaðar og brauðaðar afurðir [Jónson, 2002, Sturlaugsson, 2004].

Nágrannaþjóðir okkar hafa síðustu ár gert tilraunir með vinnslu á kolmunna í neysluhæfar afurðir. Sem dæmi má nefna Verksmiðjuskipið Næraberg sem gert var út frá Færeyjum til surimivinnslu. Það hefur verið í þessari vinnlu síðastliðin ár og hefur sú vinnsla gengið vel en verð á surimi var í nokkurri lægð, um €1,30 árið 2004 en er nú á

góðri uppleið [Lien, 2005]

Færeyingar eru mjög bjartsýnir á framleiðslu surimis úr kolmunna og hafa nú öðlast mikla reynslu af rekstri Nærabergs, en það skip var með 80 manna áhöfn og bæði surimivinnslu og mjölverksmiðju um borð. Allnokkuð tap var á útgerðinni árið 2003 eða um 37 milljón DKK og velta um 78 milljón DKK. Um áramótin 2005-2006 skiptu þeir Næraberginu út fyrir mun öflugra skip, Atlantic Navigator, og hefur rekstur þess gengið vel samkvæmt fréttum. Afkastageta þess er mun meiri og var framleiðsla á surimi úr einum af fyrri túrum ársins 2006 um 690 tonn af surimi og 290 tonn af mjöli [Jacobsen, 2006]. Lætur því nærri að um 30% aflans myndi um 70% afurðanna og hafi verið unnin í surimi en afgangurinn í mjöl.

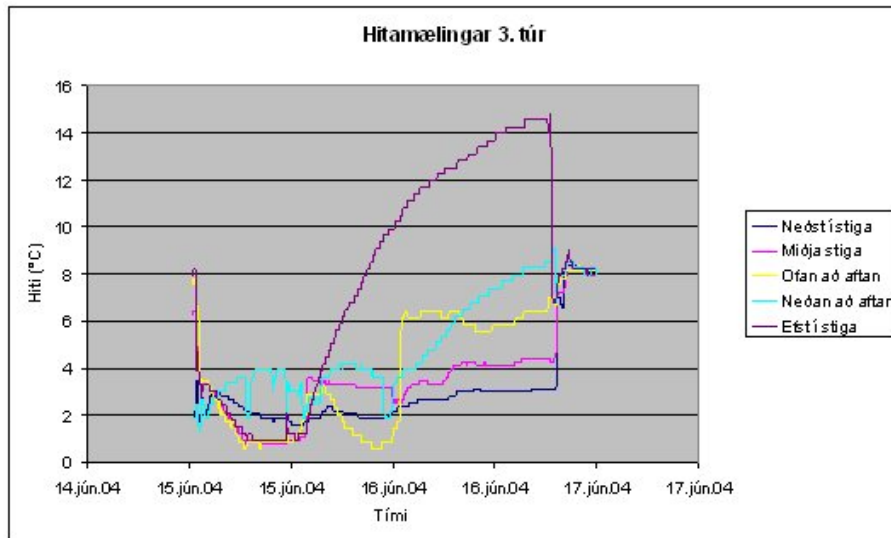
Í fljótu bragði virðist þessi vinnsla nú loks vera að standa undir sér eftir um 25 ára tilraunir og prófanir sem hófust með Nordfisk-verkefninu 1981. Spurningin er þó hvort ekki sé hægt að setja upp svipaða vinnslu í landi sem myndi vera mun hagkvæmari. Augljóst er að ýmsir kostnaðarliðir eru óhagkvæmari í vinnslu á sjó en í landi. Þyngst vegur þar að allur orkukostnaður er mun hærri og fer síhækkandi með olíuverði, sem hefur hækkað mikið og sér ekki fyrir endan á þeirri þróun. Auk þess má nefna aukinn kostnað vegna launa og aðbúnaðar starfsfólks. Það er því eftir töluverðu að slægjast ef tekst að koma kolmunna ferskum í land og vinna hann þar. Það er skoðun skýrsluhöfunda að meira meggi gera til að varðveita hráefnið í geymslu á sjó til að koma því síðan í fullvinnslu í landi og að sú leið hljóti að skila meiri arði en sjóvinnsla, þrátt fyrir aukinn kostnað við geymslu og flutning í land.

## 2.2 Veiðar á kolmunna:

Þessi lýsing á veiðiferð er tekim beint úr skýrslu Sveinbjörns Pálssonar verkfræðistúdents sem vann við verkþætti er vörðuðu skráningar á aðferðafræði kolmunnaveiða og áhrif kæliaðferða á afurðargæði. [Pálsson et al., 2004]

„Dæmigerð veiðiferð eftir kolmunna gengur þannig fyrir sig í nokkrum meginskrefum: Siglt á mið → kastað trolli → togað í mislangan tíma → trollið og pokinn híft upp → dælt úr poka → trolli kastað aftur eða siglt í land til löndunar → landað → siglt aftur á mið. Veiðiferðir geta tekið mjög mislangan tíma. Oftast tekur það skip eins og Ásgrím (Halldórsson) svona 3 – 4 daga að fá 1000 tonn af kolmunna í lest. Gert er þá ráð fyrir að fengin séu um 250 - 400 tonn í hverju kasti. Togtíminn er mjög mislangur og getur verið alveg frá u.þ.b 1-3 klst. þegar best lætur og allt að 23 klst. þegar það gengur sem verst. Togtími hefur nokkur áhrif á ástand afla og er hann þá verr farinn eftir því sem togtíminn er lengri.

Að kasta trolli tekur um 15- 30 mínútur ef vel gengur. Pokinn er settur í sjóinn og svo er vélarafli skipsins notað til að sigla áfram og þá sér sjórinn um að toga trollið út af tromlunni. Á eftir fylgja svo hlerarnir og er trollið komið í fulla notkun eftir 10 -



Mynd 2: Dæmi um niðurstöður hitamælinga í veiðiferð á íslensku kolmunnaveiðiskipti.

20 mínútur frá því að hlerar eru komnir í sjóinn. Mjög mismunandi er á hvaða dýpi er verið að halda veiðarfærunum á meðan veiðum stendur. Þegar skipstjóra finnst ástæða að koma afla sem safnast hefur fyrir í pokanum, fyrir í lest þá er byrjað á því að hífa hlerana inn og svo trollið á eftir því. Ekki er pokinn tekinn upp í skipið eins og maður hefði kannski helst ímyndað sér heldur er aðeins lítill hluti hans tekinn um borð því hann er reimaður saman við trollið. Í pokann eru svo festar tógir og hann er aftur látinn fara í hafið. Þá eru tromlur framan á skipinu sem tógirnar eru festar í og sjá þær um að toga pokann að skipinu aftur. Þá kemur annar hluti pokans upp á dekk að framanverðu og er hann festur á dæluna. Dælan er að svipaðri gerð og þurrðælan sem notuð er við löndun en fer þó mun betur með aflan vegna þess mikla sjóflæðis sem er til staðar því dælan er staðsett neðansjávar allan tíman sem dæling á sér stað. Þannig er dælt öllu úr pokanum og hann er svo tekinn upp rennu sem liggur við stýrishúsið og er leiddur aftur í veiðafærakassa aftur. Dælan dælir u.þ.b 100 - 200 tonn/klst. en margar ástæðu geta verið fyrir minni dæluhraða, eins og t.d. veður og þurrkun á pokanum. Því næst er dælan hífð aftur um borð og afgangurinn af pokanum er leiddur aftur í. Þá er pokinn aftur reimaður við trollið og þá er allt tilbúið til að kasta aftur.”

Einnig voru gerðar mælingar á hitastigi í lestum og voru hitamælar af gerðinni StowAway Tidbit frá Onset Company staðsettir á mismunandi hæðum í lest.

Niðurstöður hitamælinga sýna að hitinn í lestum er að reika á bilinu 2-6°C að meðaltali, sem er ekki ásættanlegt hitastig fyrir hráefni sem ætlað er til manneldisvinnslu. Einnig sést að á hitamælinum, sem er efst í stiganum, að hann hefur ekki verið undir yfirborði kælivatns allan tímann og sýnir því ekki rétta niðurstöðu á hitastigi í lestinni. Toppar koma í ferlana og má helst rekja þá til þess að þeir hafi ekki legið í kælivökvanum

á þeim tímapunkti [Pálsson et al., 2004].

Af þessum niðurstöðum sést að ástand kælingar er ekki viðunandi ef nota á fiskinn til mannelis. Mælingar á TVN sem gerðar voru á hráefni við dælingu um borð og við löndun sýna mikla aukningu í TVN styrk á meðan á geymslu stendur við þessi skilyrði.

### 3 GEYMSLUÞOLS TILRAUNIR

Geymsluþolstilraunir voru gerðar til að kanna áhrif geymsluhitastigs og ákvarða hámarks geymsluþol. Útbúið var kælikerfi til að stýra hita og hráefnið geymt og skemmdarferillinn mældur.

#### 3.1 Kælikerfið



Mynd 3: Ker útbúið með rörum til að hringrásu kælivatni

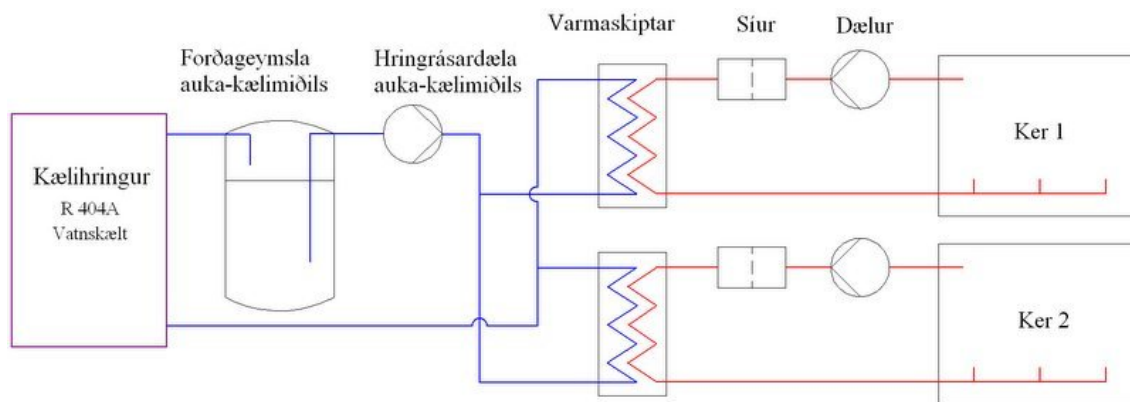
Kælikerfi var útbúið til að líkja eftir aðstæðum í kælitönkum skipa (RSW-kerfi). Tvö 310 lítra plastker voru útbúin með hringrásarkerfi fyrir vatn/sjó til kælingar. Inntakið í kerfið var leitt í götuð rör sem lögð voru í botn keranna, sjá mynd 3, sem gefur jafnt streymi kælivatnsins upp í gegnum hráefnið sem geymt er í kerinu. Kælivatnið er svo leitt úr kerinu um rör með síu á endanum ofarlega í kerinu.

Til að geta farið allt að einni gráðu undir frostmark vatns þurfti íblöndunarefni í vatnið. Venjulega er sjór notaður í kælitanka á skipum, en sjór, sem yfirleitt er yfir 3% í saltinnihaldi,

er of sterk saltlausn og hefur áhrif á eiginleika og gæði hráefnisins. Því var ákveðið að nota vægari saltlausn, 1,5% og bæta við 2% Mono Propylene Glykol (MPG). Þessa blöndu má kalla sjóblöndu og hefur hún frostmark  $-1,7^{\circ}\text{C}$  sem er nærri því sem frostmark 3% saltlausnar er.

Kælihringur kerfisins er drifinn af venjulegri stimpilþjöppu með R404a sem kælimiðil. Þar sem kælipressan var of stór fyrir þessi tvö ker, auk þess sem uppgufunarhitastig kælivökvans var milli  $-10$  og  $-15^{\circ}\text{C}$ , reyndist nauðsynlegt að koma fyrir auka-kælihring (secondary refrigeration) milli kælivökvans og sjóblöndunnar þar sem sjóblandan fraus annars í uppgufaranum.

Kælikerfið er því í raun þrjár hringrásir, eins og sjá má á mynd 4. Til að byrja með er það venjulegur kælihringur með stimpilpressu, vatnskældum þétti og uppgufara. Millikerfið er síðan hringrás með auka-kælimiðli (secondary refrigerant) sem er 37% MPG lausn sem hefur frostmark  $-18^{\circ}\text{C}$ . Þessari lausn er dælt í tvo hliðtengda varmaskipta þar sem millikerfið kæli sjóblönduna fyrir hvort ker um sig.



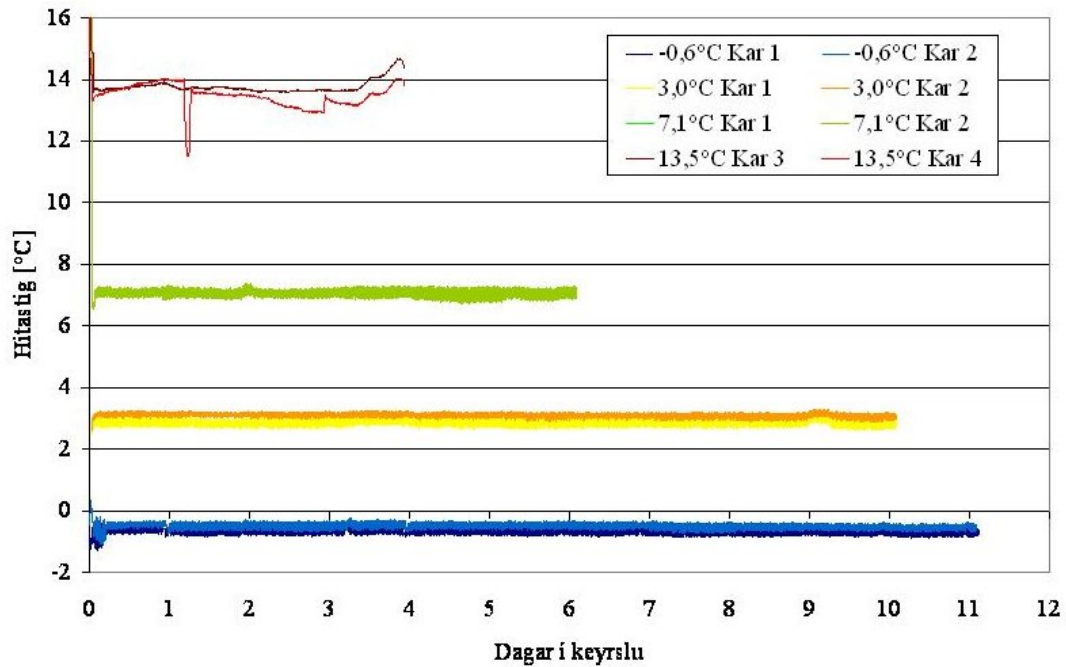
Mynd 4: Kælikerfið, kælihringur(fjólublátt) kæli millikælivökva(blátt) sem tekur upp varma frá sjóblöndunni í kerunum(rautt).

Lausninni er svo dælt í uppgufara kælihringsins þar sem hún er kæld og svo leidd í lítinn tank þaðan sem dælan sýgur og hringurinn lokast. Síðasta hringrásin er svo þar sem sjóblöndunni er dælt úr kerunum í gegnum síur og þaðan inn á varmaskiptana þar sem hún kólnar og er dælt í kerid aftur inn í botnrörinn sem dreifa streyminu í kerinu og kaldur vökvinn kæli hráefnið. Með því að hafa forðageymslu á milli-hringrásinni verður álag á kælipressuna jafnara, þar sem hægt er að kæla millikerfið um nokkrar gráður án þess að hráefnið kólni nema um brot úr gráðu. Þar sem kælipressan var nokkuð stór fyrir kerfið var gott að geta stýrt keyrslunni á þennan hátt. Stýringin fyrir kælipressuna var tengd hitanema sem mældi hitastig millikerfisins úr uppgufaranum. Þannig gekk kælipressan í um 2 mín tvisvar til þrisvar á klukkustund og kældi 30 ltr. af milli-kælimiðlinum um 2-3°C sem hélt svo 200 ltr. af sjóblöndunni á 0,3°C bili í kringum óskagildi hitastigs. Án forðageymslu í milli-hringrásinni hefði kælipressan gengið í mun fleiri og styttri lotum en ella.

### 3.2 Tilraunakeyrslur

Þar sem engin kolmunnaveiði var á þeim tíma sem tilraunirnar voru gerðar, var fengin sjófryst smá-ýsa sem staðgengill fyrir kolmunna. Þar sem kolmunni er af þorskfiskaætt og náskyldur ýsu má gera ráð fyrir að skemmdarferill þessara fisktegunda sé sambærilegur. 30-40 kg voru sett í hvort ker fyrir hverja keyrslu á móti 100 kg. af sjóblöndu. Hlutfallið fiskur á móti sjóblöndu er hér mun lægra en algengast er í kælitank á skipi, þar sem aflinn er um tveir þriðju hlutar innihalds tankanna og restin sjór til kælingar. Þetta helgaðist af því að takmarkað magn var til af fiski og því þurfti að skipta honum á milli keyrslna en hringrásin fyrir kælikerfið þurfti 100 lítra af vökva í kerinu til að loka hringrásinni.

Í hverri keyrslu var hráefni sett í tvö ker, annað með vel hreinsuðu hráefni en hitt með illa hreinsuðu hráefni til að kanna hvaða áhrif það hefði á skemmdarferilinn að



Mynd 5: Geymsluhitastig í körum. Mjög jafnt hitastig var í þeim keyrslum þar sem kælikerfi var notað. Keyrsla við 13,5°C sker sig úr þar sem hitastig kersins var stjórnað með stýringu á umhverfishita þess og var ekki eins stöðugt.

geyma hráefnið með óhreinindum úr slóginu.

Gerðar voru tilraunir á fjórum geymsluhitastigum: -0,6 3,0, 7,1 og 13,5 (°C). Á mynd 5 má sjá hitastigsferla fyrir hverja keyrslu. Keyrslan við 13,5°C sker sig úr þar sem hitastigið er ekki eins stöðugt og í hinum keyrslunum. Þessar keyrslur voru frábrugðnar hinum þar sem kælikerfið sem lýst var hér að ofan var ekki notað. Þess í stað voru kerin sett inn í kæliklefa sem sá um að halda hitastiginu lágu. Hitastigið í kerinu stjórnaðist því af umhverfishita kersins. Erfiðara var að stjórna hitastiginu við þessar aðstæður og eru það því nokkuð sveiflukennt. Aðrar keyrslur voru mjög jafnar og hitastigið hélst mjög stöðugt allan tímann.

Við keyrslu á 7,1°C var brugðið frá því að bera saman vel og illa hreinsað hráefni. Í stað þess voru áhrif hráefnishlutfalls könnuð með því að setja meira hráefni til að fá hlutfall hráefnis á móti kælivatni væri nær því sem gerist um borð í veiðiskipum. Þannig var hráefnishlutfallið í öðru kerinu haft um 25% líkt og í öðrum keyrslum en um 60% í hinu. Hráefnið í þessum keyrslum var vel hreinsað.

### 3.3 Sýnataka og mælingar

Ýsunnir var komið fyrir í kerunum ásamt vatni, salti og MPG blöndunni og kerfið keyrt í það hitastig sem óskað var. Sýni voru svo tekin reglulega, misjafnlega oft eftir geymslu-

hitastigi og spá um skemmdarhraða. Fjórir fiskar voru teknir í hvert sýni, þeir flakaðir og vinstra flakið úr hverjum tekið og fryst.



Mynd 6: Fjórir fiska voru flakaðir og vinstra flakið tekið í sýni

Sýnin voru á bilinu 250-400 gr. Tekið var eitt sýni í hvert skipti úr hverju kerri. Sýnum var safnað og þau fryst og haldið við  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nokkur sýni voru síðan þídd upp í einu, hökkuð og send í greiningu, þar sem mælt var magn heildarfjölda reikulla basa eða TVB-N (Total Volatile Bases-Nitrogen) og TMA (Tri-Methyl-Amin) til að meta skemmdarferilinn.

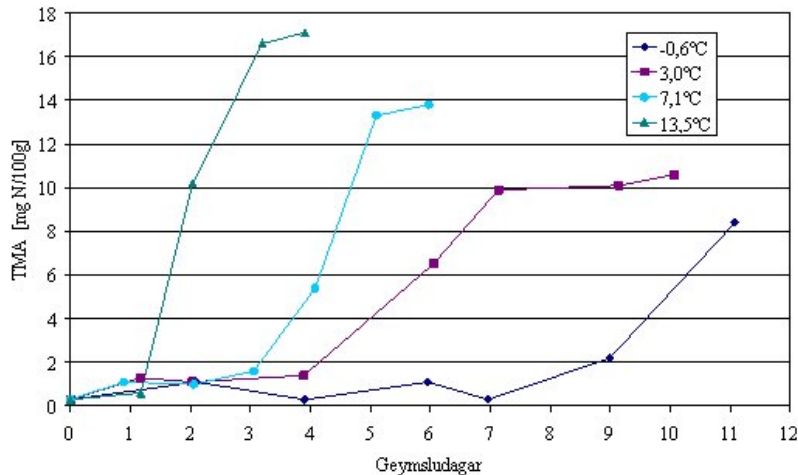
Allir sjávarfiskar innihalda ákveðið magn TMA-O (Tri Methyl Amin - Oxíð), sem gegnir því hlutverki að jafna osmótískan þrýsting sem verður vegna muns á saltstyrk í sjó og fiskholdi. Þegar fisk er slátrað byrjar niðurbrot á TMA-O, annars vegar í TMA vegna örvera og hins vegar í önnur efni, eins og DMA (dimethýlamín) og FA (formaldehýð), vegna ensímvirkni. TVB-N er magngreining á heildarfjölda reikulla basa sem nær yfir TMA, DMA og FA, auk annarra.

Magngreining þessara efna er ein algengasta aðferðin sem notuð er við gæðamat á fiski [Rf, ].

### 3.4 Niðurstöður mælinga

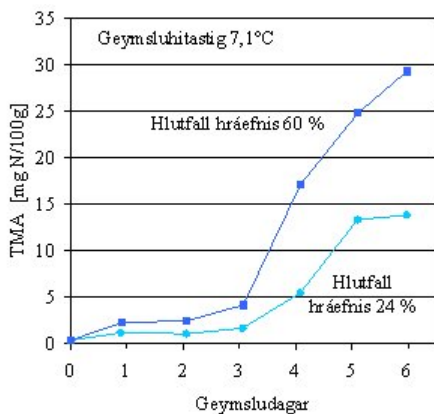
Marktækt meira magn af TVB-N mældist í illa hreinsuðu hráefni en vel hreinsuðu. Þessi munur er þó ekki afgerandi, þar sem í lok geymslutíma munaði mest 7% við hæsta hitastigið,  $13,5^{\circ}\text{C}$ , en minna á lægri hitastigum. Þó að það virðist því ekki hafa úrslitaáhrif á geymsluþol að hreinsa hráefnið, er samt þekkt að í innnyflum fiska er mikið magn örvera og ensím sem hafa neikvæð áhrif á skemmdarferil fisks og mikilvægt er að halda í lágmarki. Í bættu vinnsluferli kolmunna til manneldis er gert ráð fyrir þvotti á hráefninu, líkt og almennt er gert eftir hausun og slægingu.

Mun meiri munur var á myndun TVB-N og TMA eftir geymsluhitastigi eins og sjá má á mynd 7. Hér eru TMA mæligildi úr sýnum sem tekin voru úr vel þrifnu hráefni og sýna hvernig lægra hitastig tefur myndun TMA í hráefninu og eykur geymsluþol umtalsvert. Á myndinni má sjá að byrjunargildin eru úr einu og sama sýninu, núllsýni. Þegar fiskurinn byrjar að skemmast byrjar hröð uppsöfnun á TMA en bæði upphaf og hraði skemmdarferilsins er mjög háður geymsluhitastigi. Athyglisvert er að gildin virðast ná ákveðnu hámarksgildi í lok hverrar keyrslu, fyrir utan keyrslu á lægsta hitastiginu þar sem þessum punkti virðist ekki hafa verið náð. Þessi hámarksgildi lækka svo með lækkanandi hitastigi. Ákveðið magn er af TMA-O í fiski sem er takmarkandi þáttur í hversu mikið af TMA örverur geta myndað og getur það útskýrt hámarksgildin. Þetta er þó háð flóknu samspili umhverfisþátta og örveruflóru. Til að mynda hefur hitastig mikil áhrif



Mynd 7: Vöxtur TMA fyrir mismunandi geymsluhitastig. Hér er greinilegt að kæling hefur mikil áhrif á geymslupól hráefnisins.

á örverur og mismunandi mikið á ólíkar tegundir. Þannig er ein tegund örvera sem er í meirihluta við hærri hitastig en aðrar, kuldapólnari tegundir, við lægri hitastig. Þetta og fleiri áhrifaþættir spila inn í myndunarhraða og magn TMA. Hér verður þó ekki farið djúpt í þessi fræði en frekar litið á þann tíma sem líður áður en myndun þessara efna hefst.

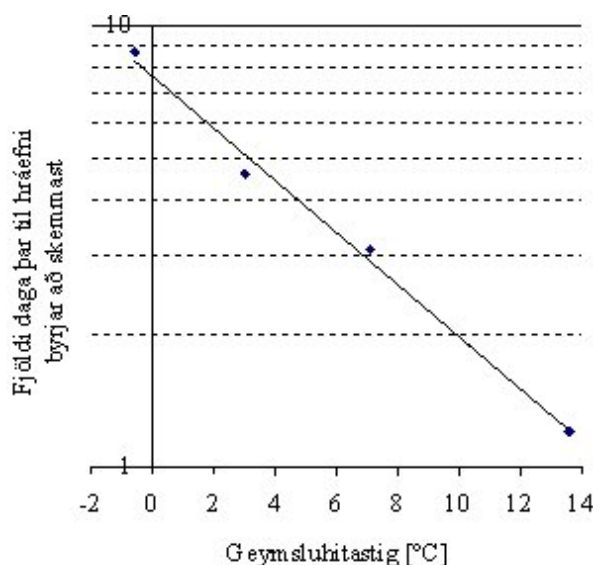


Mynd 8: Keyrslur við 7,1 °C. Hlutfall hráefnis á móti kælivatni var aukið í öðru kerinu. Greinilegt er þó að auk-ið hlutfall flýtir ekki fyrir skemmd.

Það verður að hafa í huga að þessi efni eru vatnsleysanleg og þynnast út í kælivatnið. Þar sem hlutfall hráefnis á móti vatni er nokkuð lágt í þessum tilraunum, um 25%, eru gildin mun lægri en vænta mætti í kælitönkum fiskiskipa. Á mynd 8 má sjá niðurstöður TMA mælinga úr keyrslum við 7,1°C. Í þessari keyrslu var hlutfall hráefnis á móti kælivatni í kerunum mismunandi. Annarsvegar 25% líkt og í öðrum keyrslum og hinsvegar 60% sem er nálægt því sem gerist í tönkum veiðiskipa. Mikill munur er á magni TMA þar sem útþynning er meiri í minna hráefnishlutfalli. Það má þó sjá að þrátt fyrir þennan mun, er greinilegt að myndunin hefst ekki, af krafti, fyrr en eftir rúmlega þrjá daga, óháð hráefnishlutfalli.

Það má segja að þegar myndun þessara efna fer af stað, þá er hún mjög hröð. Það er því fjöldi daga þar til þessi gildi fara að vaxa sem er takmarkandi þáttur. Fyrir mynd 9





Mynd 9: Fjöldi daga þar til hráefni byrjar að skemmast eftir geymsluhitastigi. Tekinn er sá tími þegar TMA gildi fer að hækka fyrir hvert hitastig. Y-ásinn er lógaritmískur

var fundið út á hvaða tíma í tilrauninni magn TMA í hráefninu fer að aukast verulega. Þannig má sjá á mynd 9 að TMA-gildið stígur hratt eftir rúmlega einn dag fyrir keyrslu á 13,5°C, eftir rúma þrjá daga við 7,1°C o.s.frv. Þessi fjöldi geymsludaga er svo settur upp á logaritmískt línurit á móti geymsluhitastiginu og myndar beina línu sem lýsir vel hvernig lækkandi geymsluhitastig tefur byrjun á skemmdarferlinu.

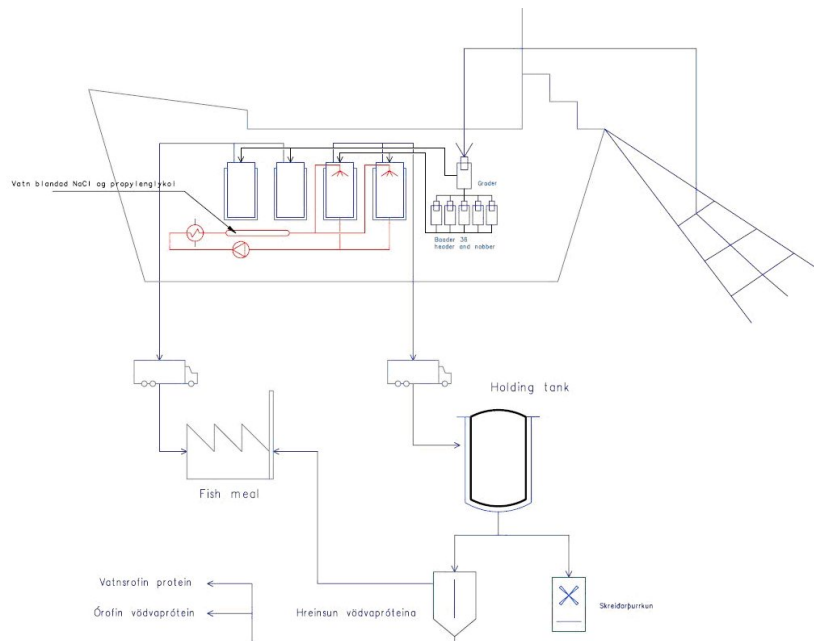
## 4 NÝTT VINNSLUFERLI KOLMUNNA

Annað meginmarkmið verkefnisins var að gera grein fyrir þeim breytingum sem innleiða þarf í vinnsluferlið til að hægt sé að nýta kolmunna í vörur til manneldis. Nokkrir samverkandi þættir verða að koma til, sem ná allt frá veiðum til fullvinnslu aflans.

Þó nokkrar rannsóknir hafa farið fram á veiðum og vinnslu á kolmunna með það fyrir augum að nýta hann til manneldis. Einna viðamest þessara rannsókna var Nordfiskverkefnið frá árinu 1981, sem var samstarfsverkefni Íslendinga, Norðmanna og Færeyinga. Í þessum rannsóknum fékkst reynsla og þekking sem Færeyingar og Norðmenn nýttu í útgerð á verksmiðjuskípum eins og Næraberg og síðar Atlantic Navigator.

### 4.1 Veiðar og vinnsla

Undanfarin ár hefur kolmunni verið veiddur í flottroll og hefur sú veiðartækni reynst vel. Þó nokkuð hefur verið um að togtíminn á þessum veiðum sé langur, allt að sólahring. Þessu fylgir svo að ekki er óalgengt að yfir 300 tonn af kolmunna séu í hverju hali,



Mynd 10: Flæðirit yfir tillögu að vinnsluferli fyrir kolmunna til manneldis. Gert er ráð fyrir að afli fari á stærðarflokkara sem flokkar frá minni fisk sem nýttur verður í bræðslu. Stærri fiskur verður hausaður og slordreginn í vélum og þvínæst skolaður og sendur í sérstaka kælitanka með kæliblöndu sem nær  $-1^{\circ}\text{C}$ .

eins og fram kom hér að framan. Þetta er e.t.v. ekki óeðlilegt í ljósi þess að veiðarnar hafa aðallega byggst upp á að ná miklu magni en gæðakröfur eru ekki jafn miklar fyrir kolmunna sem fer til til bræðslu og ef nýta ætti hann til manneldis. Hér verða að eiga sér stað breytingar ef kolmunni á að verða nýtanlegur í verðmeiri afurðir. Svona langur tog tími og mikill afli í hali hafa veruleg áhrif á gæði hráefnisins. Niðurbrot er komið vel af stað áður en aflann er dælt um borð og hann er kraminn undan þunganum. Nauðsynlegt er að stytta tog tímann ef hráefnisgæðin eiga að aukast og gæta þess að magn í trollinu sé ekki svo mikið að það sé til þess að skemma aflann. Samkvæmt fyrri athugunum, s.s. í Nordfisk-verkefninu, eru töluvert minni líkur taldar á skemmdum ef tog tíma er haldið í 5-8 klst. Með skemmri tog tíma minnkar magn afla í trollinu, en æskilegt er að hann sé ekki meira en 100-200 tonn.

Auk þess að stytta tog tíma þarf að huga að allri annarri meðhöndlun aflans, s.s. dælingu og reyna eftir fremsta megni að lágmarka allt hnjask sem aflinn verður fyrir.

Eitt af grundvallaratriðum við að auka geymsluþol kolmunna er að slægja hann strax eftir veiðar. Mörg uppsjávarfiskiskip eru nú þegar búin vinnslulínur fyrir síld og reiknað er með að hægt sé að aðlaga þessar vinnslulínur að kolmunnavinnslu. Til að byrja með verður að koma til stærðarflokkun á aflannum þegar honum er dælt um borð. Mikilvægt er að valin sé stærð á fiski sem hentar vel fyrir vinnslutækin. Afli sem lendir

utan þessa stærðaflokks færi þá í tanka án frekari vinnslu og síðan í mjölvinnslu. Það hráefni sem aftur á móti væri ætlað til frekari vinnslu færi í hausara þar sem fiskurinn er hausaður og slægður. Þar á eftir er þetta hráefni skolað og sett í kælitanka þar sem því er haldið við -0,8 til -1°C. Flæðirit af vinnsluferlinum er sýnt á mynd 10.

#### **4.1.1 Áhrif togtíma á gæði hráefnis**

Áhrif togtíma á gæði hráefnis var skoðað í Nordforsk-verkefningu Nordfisk og birt í hlutaskýrslu [Arasson and Jónsson, 1979]. Gæði hráefnis voru metin með svokallaðri organoleptiskri greiningu - þ.e. eigin skynfærum. Fiskur var greindur í þrjá flokka eftir því hve illa farinn hann virtist vera eftir tog. Ekki reyndist beint samband milli togtíma og gæða hráefnis en tilhneiging í þá átt að fiskur virtist mýkri því lengri sem togtími var. Því lengri sem togtími var því erfiðara var að hausa og slógdraga fiskinn. Samkvæmt því væri æskilegt að tímalengd hala sé ekki lengri en 4-5 tímar.

#### **4.1.2 Áhrif toghraða**

Áhrif toghraða, þ.e. hversu hratt trollið er híft úr djúpinu, var einnig skoðaður í áðurnefndri skýrslu. Hraða hífingar var á milli 15 og 30 mínútur og virtist einhver fylgni milli gæða og tímalengdar hífingar og þá fæst ívið betra hráefni með styttri tíma. Annars virtist þetta ekki hafa afgerandi áhrif. Þrýstingbreyting virðist hafa haft neikvæð áhrif nokkuð jafnt í öllum tilfellum og ætla má að aðrar breytur, svo sem magafylling (magn átu), hafi mun meiri áhrif hvað varðar viðkvæmni hráefnis fyrir hjaski en togtími og toghraði.

#### **4.1.3 Áhrif dælingar**

Í sömu skýrslu eru tekin fyrir áhrif dælingarhraða á fiskgæði og var dælt frá 120 tonnum á klst. að 320 tonnum á klst. Frá organoleptiskri greiningu fannst ekki merkjanlegur munur á hráefnisgæðum eftir dæluhraða. Samkvæmt niðurstöðum Sveinbjörns Pálssonar [Pálsson et al., 2004] kemur fram að dæling úr poka viðist ekki hafa afgerandi slæm áhrif á aflann, en hins vegar virðist mikill munur vera á þurrðælingu á land eða vakúm-dælingu. Þá er fiskurinn sogaður í kúta með undirþrýstingi, sem er myndaður með rafmagnsdrifi eða vökvadrifi (glussamótorar) og svo er honum „blásið“úr sama kútnum og í land inn á vigt. Þetta kerfi er aðallega notað þegar dælt er fiski sem á að fara til manneldisvinnslu í landi. Fiskurinn skemmist lítið sem ekkert við þetta því ekki eru neinir angar eða spaðar sem koma við fiskinn á leiðinni; þrýstingurinn sér um þetta allt. Stærð kútanna er mjög mismunandi eða frá 1300- 4200 lítrar. Lagnir liggja úr öllum lestum skipsins í 1-2 kúta sem sjá um dælinguna. Við þurrðælingu er dælan hífð upp í krana og slakað niður í lestina og þá moka hún fiskinum upp úr lestinni, upp í gegnum

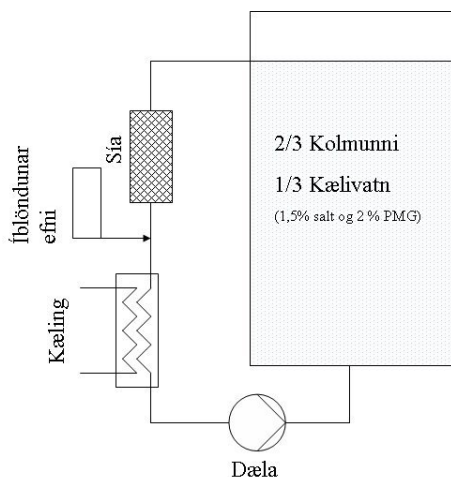
barka og inn á vigt. Þetta kerfi er yfirleitt mun fljótverkara og er notað í flestum tilfellum þegar landað er beint til fiskimjölverksmiðju, þar sem ekki skiptir máli hversu illa farinn fiskurinn kemur til vinnslu. Þó þetta kallist þurrkerfi er þó af og frá að þetta sé þurr dæling, heldur standa menn á lúgubarminum og sprauta blóðvatni niður í lestina til að auðvelda dælingu [Pálsson et al., 2004].

#### 4.1.4 Flokkun

Gert er ráð fyrir að er fiskur verði stærðaflokkaður í vélflokkara. Ekki gerðum við nein- ar athuganir á virkni vélflokkara fyrir kolmunna, en þetta er atriði sem þarf að skoða sérstaklega. Slíkir vélflokkar eru notaðir í vinnslum um borð í færeyskum kolmunna- veiðiskipum sem framleiða surimi úr kolmunna.

## 4.2 Geymsla

Eðlisþyngd kolmunna hefur verið vandamál í geymslu í sjó í RSW tönkum skipa þar sem hann verður eðlisþyngri en sjórinn eftir um þriggja sólarhringa geymslu, sekkur til botns og klessist þar. Þessi þynging stafar af því að mismunur á saltinnihaldi sjós og fiskholds veldur osmótískum þrýstingi. Vatn streymir úr fiskholdinu út í sjóinn en einnig síast salt í fiskholdið, þó í minna mæli. Við þessa söltun verður fiskurinn eðlisþyngri og sekkur til botns.



Mynd 11: *Hringrás kælivatns í RSW kerfi, kælivatnið er síað og svo bland- að út í það bakteríudrepani efnum áður en það fer í kælikerfið og er dælt yfir hráefnið aftur.*

Þetta gerir hringrásun kælivatns erfiða og einnig verður erfiðara að dæla aflanum frá borði við löndun. Gert er ráð fyrir þessu í útgerð veiðiskipa með RSW kerfi og því er ferskvatn tekið með í tönkum og sjórinn sem notaður er til kælingar þynnur og saltinnihald þannig minnk- að í kælivatninu. Þetta er gert bæði til að minnka saltupptöku aflans, þar sem of mikið saltinni- hald verður til þess að minna verð fæst fyrir hann, en einnig til að vinna á móti þyngingu kolmunnans. Ókosturinn við þetta er að frost- mark kælivatnsins hækkar og því verður kæling erfiðari. Í bættu vinnsluferli er gert ráð fyrir að halda frostmarkinu nálægt  $-2^{\circ}\text{C}$  með því að bæta MPG í kælivatnið. Þannig er komið í veg fyrir of mikið saltinnihald en jafnframt hægt að halda aflanum undir  $0^{\circ}\text{C}$ .

Auk þess að kæla hráefnið er hægt að með- höndla kælivatnið til að tefja enn frekar fyr-

ir skemmdarferlinu. Hingað til hefur verið þó nokkuð um notkun sýra og oxandi efna til að rotverja hráefnið. Mest hefur verið um notkun ediksýru, en nokkuð er einnig um að klórdíoxín sé notað. Ef nýta á slík bakt-eríueyðandi efni verður notkun þeirra að vera mun hófsamari og stýring á styrk efna verður að vera fullnægjandi. Einnig þarf að hafa í huga að virkni þessara efna hafa oft oxandi áhrif sem geta valdið þránunarskemmdum á hráefni. Þar er um að ræða mögu-lega oxun á fitusýrum fosfólípíða sem alltaf eru til staðar, hvort heldur er um magran eða feitan fisk að ræða. Þetta þýðir í raun að stýra verður styrk þeirra m.t.t. oxunarhættu og þess að ákveðið hámarksgildi er á leyfilegu magni þeirra í matvælum samkvæmt reglugerðum. Breyting á braðgæðum samkvæmt skynmati var hins vegar vart merk-janleg þegar díoxín var notað við þvott á kjúklingaskrokkum eftir slátrun [OPI, 2003]. Þessi leyfði hámarksstyrkur er mismunandi eftir markaðssvæðum og er t.a.m. hærri í Bandaríkjunum en í Evrópu. Á mynd 11 er sýnt hvernig hringrásarkerfið er hugsað. Hér er kælivatn síað, t.d. með tromlusú, til að lágmarka grugg í kælivatninu. Síðan er bakteríudrepani efnnum blandað út í áður en vökvinn fer í kælingu. Vökvanum er síðan dælt inn í tankinn aftur og er gert ráð fyrir að virkni íblöndunarefnanna sé að mestu leyti í þeim hluta hringrásarinnar þar sem kælivatnið er ekki í snertingu við hráefnið. Slík meðhöndlun á kælivatninu, eins og síun og íblöndun sýra, heldur niðri bakteríuflórunni og lengir geymsluþol hráefnisins.

Geymsluþolstilraunirnar sýna að hægt er að geyma slægðan kolmunna í allt að 8 daga ef hitastigi er haldið vel niðri og e.t.v. lengur þegar örveruflóru er haldið niðri með notkunn örverudrepani efna.

### 4.3 Kælikerfi veiðiskipa

Kælikerfi uppjavarveiðiskipa eru aðallega tvenns konar. Annars vegar CSW-kerfi (Chilled Sea Water), sem kæli sjóvatn sem hringrásað er um aflann með ís í einhveju formi og hinsvegar RSW-kerfi (Refrigerated Sea Water), sem kæla sjóvatnið beint í uppgufara kælikerfis. Kæliþörf fyrir skipin er mjög sveiflukennd, sem gerir hönnun kerfanna erfið-ari. Þörf er á mikilli kæligetu þegar aflinn kemur við 10°C eða heitari um borð og kæla þarf sem fyrst. Síðan þarf aftur á móti ekki nema hluta af þessari kæligetu til að viðhalda hitastiginu. Hér hafa CSW kerfin nokkurt forskot hvað hagkvæmni snertir þar sem hægt er að framleiða ís úti á sjó fyrir veiðar til að mæta toppum í kæliþörf. Þannig er hægt að hanna kerfi sem má vera mun minna en ella. Í þeim skipum sem hafa RSW kerfi er aflinn gjarnan kældur um leið og hann kemur í lestarnar og síðan slökkt á kerfinu. Til að halda niðri hita er síðan kerfið sett á með reglulegu millibili. Bæði þessi kerfi eru dýr í rekstri og hefur hækkandi olíuverð mest áhrif þar á. Því er gjarnan reynt að spara kælinguna og er algengt að kolmunnaafli sé haldið á milli 0 og 5°C og er hann jafnvel vel heitari en það við löndun. Það er því eðlilegt að þessi afli skemmist og verði ekki nýtur í annað

en bræðslu. Það má líka snúa þessu við og segja að eðlilegt sé að ekki sé meira gert til að skila góðum afla í land þar sem enginn hvati sé til þess, þar sem nægilegt er að aflinn sé vinnanlegur í fóður.

Til að ákvarða þá orkunotkun sem þarf til að halda aflanum við hitastig nálægt  $-1^{\circ}\text{C}$ , hafa verið skoðaðar hitastigsmælingar sem gerðar voru í lokaverkefni Bjarka Magnússonar í verkfræði við Háskóla Íslands. Í því verkefni var hitastigsferill í tönkum nokkrurra veiðiskipa mældur. Þar á meðal eru ferlar þar sem hitastigi var stýrt eins og áður er greint frá, þar sem kælingin er sett á þegar hitastig er komið í um  $3^{\circ}\text{C}$  og kælt niður í um  $0^{\circ}\text{C}$ , og svo slökkt á kerfinu. Kælipörfina er hægt að finna út frá hitastigshækkun aflans eftir að slökkt er á kælingunni. Gögn sýna að hitastigshækkun sé um  $0,2^{\circ}\text{C}$  á klukkustund í meðalstórum tank sem tekur um 200 tonn af fiski.

#### 4.3.1 Módel fyrir kælikerfi kolmunna

Í módeli fyrir kælingu afla er gert ráð fyrir að taka salt, ís og MPG í landi. Með því verður kælipörf kerfis mun minni og því verður stofnkostnaður og rekstrarkostnaður kælikerfum skipanna mun minni.

Ísinn yrði settur í lestar skipsins en salti og MPG yrði haldið aðskildu frá honum. Við það helst hiti í lestum við  $0^{\circ}\text{C}$  á útstími án þess að mikið af ís bráðni. Þegar afli fer að berast í lestar er sjó bætt í. Ef gert er ráð fyrir að varmatap sé  $0,2^{\circ}\text{C}$  á hverja klukkustund má gera ráð fyrir að 3% íssins bráðni á sólarhring í geymslu. Ef miðað er við að um tveir sólahringar líði áður en fyrsti afli berst má því gera ráð fyrir að 6% hafi bráðnað. Ef gert er ráð fyrir sjávarseltu 35 %væri mátulegt að bæta jafn miklu af sjó og það vatn sem hefur bráðnað. Bræðslumark þeirrar blöndu verður um  $-1,1^{\circ}\text{C}$  og því myndast kuldablanda sem heldur því hitastigi. Eftir því sem styrkur kuldablöndu minnkar með aukinni bráðnun þegar afli berst í lest er kuldablandan styrkt með innblöndun á sjó, salti og MPG til að viðhalda réttu hitastigi. Ef afli er að meðaltali  $10-12^{\circ}\text{C}$  þegar hann kemur um borð og kæla á hann í  $-1^{\circ}\text{C}$  má gera ráð fyrir eftir sömu forsendum, að um 12-14% af þyngd fisks af ís þurfi til þess verks. Ef tekin er því um 25% af rúmtaki áætlaðs afla af ís áður haldið er til veiða má ætla að bræðsluvarmi hans ætti vel að nægja til að kæla fiskinn hratt niður og viðhalda honum köldum ( $-0,8^{\circ}\text{C}$ ) í 1-2 daga eftir það. Því þarf kælikerfi eingöngu að anna því að viðhalda lágu hitastigi, það er vinna á móti upphitun vegna umhverfishita.

**Tafla 1 helstu kennistærðir við kælingu afla með ís/NaCl/MPG blöndu**

Bræðsluvarmi íss (kJ/kg)	334
Hlutfall íss/fisks (%)	25%
Kælipörf fisks $\Delta T$ (°C)	13
Varmþörf kJ/kg fisk	49,4
Varmarýmd íss ( $\text{kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )	2,114
Bráðnun íss á útstími (%/dag)	3,00%
Ísmagn til að kæla um 13 °C (% af þyngd fisks)	15%
Magn íss til að viðhalda kælingu í 1-2 daga (% af þyngd fisks)	11%

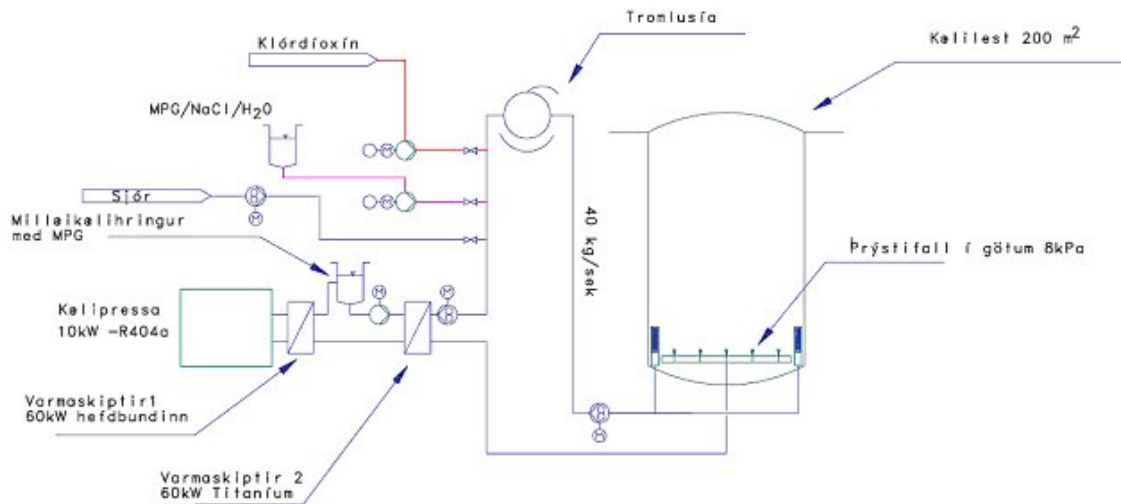
Ef gert er ráð fyrir að kostnaðarverð á ís frá vinnslu í landi sé um 2.600 kr/tonn verður kosnaður vegna íss um 625 kr á hvert tonn af fiski.

### 4.3.2 Orkuþörf kælitanka

Hér er þá gert ráð fyrir að kælikerfi skipanna þurfi eingöngu að viðhalda þeirri kælingu sem fengin er með ís úr landi. Við gerum áfram ráð fyrir hitastigshækkun sem er um 0,2°C á klukkustund, eða um 5°C á sólahring. Samkvæmt því þarf 1000 tonna tankur (6-700 tonn af afla) kælingu sem er 19500 MJ á sólahring eða um 230 kW af jafnri kælingu. COP (coefficient of performance) er hlutfallið milli kæliafls og afls sem kælikerfið tekur. Við getum gert ráð fyrir að kælikerfið hafi COP um 4,5, þ.e að það skili 4,5 sinnum meiri kælingu en orkunotkun kælipressunar er. Þá má gera ráð fyrir að kælipressan þyrfti að vera um 50 kW fyrir þessi 1000 tonn. RSW kerfi í skipum í dag eru mun stærri, mörg um 2-300kW fyrir 1000 tonn. Það má því reikna með að kælikerfi til að viðhalda kælingu, eins og það er hugsað hér, geti verið um 1/6 til 1/4 þess sem RSW kerfin eru. Það er því um tölurverðan stærðarmun að ræða, með tilheyrandi sparnaði vegna minni kælipressa, varmaskipta og lagna.

### 4.3.3 Heildarlýsing kælikerfis

Á mynd 12 má sjá tillögu að kælikerfi fyrir hausaðan og slægðan kolmunna. Gert er ráð fyrir að taka ís í landi sem nemur 25% af áætluðum afla í lest. Ísinn er látinn liggja í lest uns komið er að veiðum sem er vanalega milli 1 -2 dagar. Bráðnun hans er áætluð um 3% á dag og væri því um 3-6% af massa íss. Þá er dælt inn sjó af sama magni og bráðnað hefur af ísnum. Þá fæst kælivökvi sem hefur frostmark um -1 °C og er henni dælt með kælikerfi, í botngreiðu með smáum götum (~ 5mm). Með því fæst jöfn dreifing á kælingu upp um lest. Vatn er tekið til baka sem næst yfirborði og dælt að tromlusíu með 60 m dúk. Gert er ráð fyrir að nota tromlusíu svipaðarar gerðar eins og notur er við hreinsun fráveituvatns í fiskeldi. Sem dæmi má nefna tromlusíur frá sænska fyrirtækinu Hydrotech (sjá mynd 13)



Mynd 12: Tillaga að kælikerfi fyrir h&s kolmunna sem nýta á í matvælavinnslu. Gert er ráð fyrir að taka ís í landi sem nemur 25% af áætluðum afla í tanki.

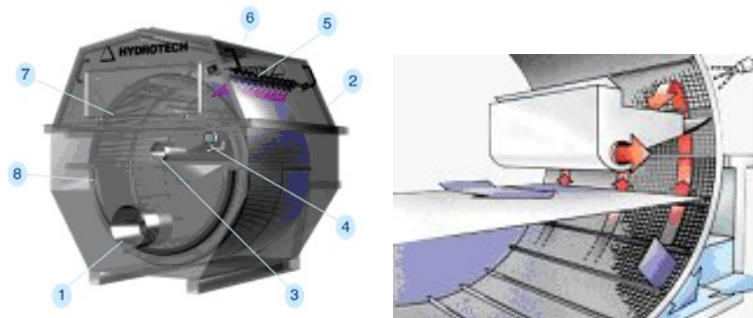
Því næst yrði klórðíoxíni bætt í kællilausn með skammtadælu til að hindra örveruvöxt og afvirkja meltingarensím. Miðað yrði við að styrkur klórðíoxíns yrðir ávallt fallinn það lágt að ekki yrði hætta á oxnarskemmdum í hráefninu þegar kælivökvinn kemst aftur í snertingu við fiskinn. Því næst fer vökvinn gegnum varmaskipti sem kæli hann frekar niður ef þörf er á. Ekki verður þó þörf á því fyrr en ís er bráðnaður í lest. Gert er ráð fyrir að ísinn einn og sér nægi til að kæla fiskinn úr sjávarhita á veiðislóð (10-13°C) niður í -1°C og einnig að halda honum köldum í 1-2 daga þegar tankur er fullur. Að þeim tíma liðnum eða þegar ís er að mestu bráðnaður verður nauðsynlegt að taka kælikerfi til kostanna. Afköst þess þurfa þó ekki að vera mjög mikil þar sem einungis er gert ráð fyrir að það þurfi að halda við hitastigi í -1°C, en gert er ráð fyrir að hitatap sé um 0,2°C á klukkustund. Að frekari kælingu lokinni fer kælivöki áfram til spíssa.

#### 4.4 Vinnsla hráefnis

Þegar fiskur kemur um borð fer það eftir átumagni hve mikið af meltingarensímum eru í honum. Við hraða hífingu mun þrýstingsbreyting valda því að innihald maga fer að stórum hluta út úr fiskinum. Meltingarensím munu fjótt hafa áhrif á gæði hráefnis og því verður að losna við þau með sem skjótustum hætti og einnig kæla fiskinn niður eins fjótt og mögulegt er.

Ljóst er að frekari vinnsla svo sem hausun og slæging, er nokkuð tímafrek, af upplýsingum framleiðenda (sjá síðar) má ráða að um 50 mannmínútur taki að hausa og slæga hvert tonn af fiski. Ef gert er ráð fyrir þó nokkuð mörgum vélum má gera ráð fyrir





(a) Tromlusía

(b) virkni hreinsunar

Mynd 13: Dæmi um tromlusíu. Vatn rennu inn (1) í tromlu sem er klædd dúk með ákveðinni gatastærð. Vatnið rennur gegnum síudúkinn og fer út um frárennsli (2). Tromlunni er snúið hægt og spíssar (5) sprauta vatni á ytra borð dúksins og skola grugg sem fest hefur niður í bakka og þvínæst í gruggfrárennsli (3)

að vinnslutíminn skipti klukkutímum. Í töflu 2 má sjá að til að vinna 100 tonn af afla þarf 6 Baader 39 vélar til að ljúka því verki á 5-6 tímum.

Það er óásættanlega langur tími fyrir hráefni að vera ókælt svo ljóst er að byrja þarf kælingu strax með því að dæla afla í kælilest. Til að minnka magn meltingarensíma þarf að hreinsa aflan mjög vel með sjóspúlun áður en hann fer í kælilest og hann þar kældur í -1°C.

**Tafla 2 Hausun og slæging með Baader vél**

Magn fisks í lest	50	tonn
Meðalþyngd fisks	300	gr
Fjöldi fiska	167.000	stk
Afköst Baader 39	200	st/min
Vinnslutími	14	kl
Fjöldi véla	2	
Tími vinnslu	7	kl
manntímar/tonn	67	min/tonn

Raunhæft er að um borð séu 2-3 hausunarvélar sem taki við kældu hráfni (-1°C) úr lest. Hráefninu yrði dælt með vakúm fiskdælu til hausunarvéla.

Vélar sem koma til greina við þetta verk eru í fyrsta lagi Baader 39, sem er hausunar og slægingarvél fyrir smærri fisk. Hún tekur fisk af stærðinni 25-45cm og afkastar allt að 200 fiskum á mínútu. Tvo til þrjú menn þarf til að vinna við vélina eftir vinnsluhraða. Vatnspörf hennar er 25 L/min og raforkuþörf 1,5 kW.

Síðari vélin sem til greina kemur er frá Pisces-VMK inc., en hún er með vakúm slorsugu strax eftir afhöfðun. Vatnsnot eru mun minni eða um 8 l/min. Afköstin eru

60 bakkar á mínútu sem jafngildir þá 60 fiskum á mínútu. Einn mann þarf til að mata þessa vél og raforkuþörf hennar er 1,3 kW. Þessi vél er mun afkastaminni og mun því væntanlega ekki henta jafn vel.

Ef gert er ráð fyrir að Baader 39 vél yrði fyrir valinu og tvær slíkar settar um borð mætti áætla að þær önnuðu samanlagt um 50 tonnum á dag eins og sá má í töflu 3.2. Raunhæft væri að áætla að skip gæti komið með um 100-150 tonn af hausuðum og slægðum kolmunna að landi úr hverjum túr sem nýtanlegur væri til manneldis. Vel getur hugsast að afli sem veiddur er í apríl - júní sé hæfur til manneldis eftir geymslu við -1 °C þar sem fiskurinn er magur á þessum árstíma [Arason and Jónasson, 1980], í honum er lítil áta og því ensímvirgni í lágmarki. Mælinga á TVN gáfu til kynna að svo gæti verið raunin [Pálsson et al., 2004] en nánari athuganir þurfa að fara fram til að staðfesta að svo sé.

#### 4.5 Kostnaður vinnslu

Reiknaður hefur verið hver kostnaður verði við þetta framleiðsluskref þ.e. hausun og slægingu og áætlað hvert yrði kostnaðarverð afurðarinnar sem er hausauður og slægður kolmunni hæfur í frekari matvælavinnslu. Gert er ráð fyrir að tvær Baader vélar geti annað um 1000 tonnum á ári af hráefni og því skilað af sér 600 tonnum af hausuðum og slægðum kolmunna. Við gerum ráð fyrir að búnaður með uppsetningu gæti kostað nálægt 40 M krónur og með 5 ára afskrifátíma og 15% ávöxtunakröfu fjárfestingar yrði fjarmagnskostnaður um 20 kr/kg afurð.

**Tafla 3 Áætlað heildarverð hausauðs og slægðs (H&S) kolmunna.**

	<i>Heildarverð kælds H&amp;S</i>	
Hráefnisverð	15	kr/kg
Nýting H&S	60%	
kostnaður S&S	25	kr/kg
Slóg og haus	40%	
Verð fyrir slóg (bræðslu)	5	kr/kg
Vermæti slógs úr kg fisk	2	kr/kg
kosnaður slóg frádegið	23	kr/kg
Próteinmagn afurðar	18,50%	
Launakostn	4,6	
Stofnkostnaður	20.0	
Verð afurðar	47,5	kr/kg
Verð próteins (þurrviktarverð)	257	kr/kg

Forsendur kostnaðarverðs er hægt að sjá í töflu 3. Gert er ráð fyrir að verðmæti fisksins við skipshlið sé um 10 kr/kg. Nýting í hausunar og slægingar er um 60% og er gert ráð fyrir að slóg verði sameinað bræðslufiski eða geymt í meltutanki og verði notað til mjölframleiðslu. Gert er ráð fyrir 40% skiptahlut áhafnar af verðmætaaukningu afurðar.

## 4.6 Notkun hráefnis

Nokkrar athuganir hafa verið gerðar undanfarin ár á notkun kolmunna í verðmætar afurðir. Sett hefur verið upp verksmiðja til að vinna vöðvaprótein á Sauðárkróki undir merkjum Iceprotein ehf. Á þar að vinna vöðvaprótein úr afskurði og af beinagörðum hvítfiska, svo sem þorsks, ýsu og ufsa, en einnig er ætlunin að nota hausaðan og slægðan kolmunna í þessa framleiðslu. Afurðir verða meðal annars frostvarðar blautprótein-blokkir (próteininnihald 15-18%). Hægt er að nýta þessi blautprótein með eftirfarandi hætti:

- Í innsprautulausnir til að meðhöndla flök
- Sem surimi
- Sem hráefni í ýmsa tilbúna rétti svo sem fiskibollur eða aðra innblöndun til að stýra eðliseiginleikum tilbúinna matvæla

Einnig er áformað að með stýrðri hydrolýsu framleiða próteinduft sem eftir eiginleikum má nýta á ýmsum sviðum

- Sem bragðefni í matvæli
- Sem fæðubótarefni

Aðrir vinnslumöguleikar eru fyrir hendi. Hægt er að framleiða tvíflök og selja sem IQF flök, blokkir eða framleiða marning. Annar áhugaverður kostur er framleiðsla á skreið úr hausuðum og slægðum kolmunna.

### 4.6.1 Frostvarið blautprótein framleitt með alkalískri aðferð.

Gera má ráð fyrir að nýtni alkalískrar framleiðslu á próteinisolati sé um 60%. Mikið er af öðrum próteinum sem nýtast í aðrar framleiðsluafurðir og gera má ráð fyrir milli 75-80% heildarnýtingu próteina. Þessi vinnsluferill er enn á tilraunastigi. Gera má ráð fyrir að kostnaður við framleiðslu verði á bilinu 30-40 kr/kg afurð. Framleiðsluverð, miðað við hráefnisverð um 50 kr/kg, yrði því um 113-123 kr/kg sem viðist svipað og núverandi surimiverð og ætti því að geta keppt á þeim markaði að því tilskyldu að það

takist að framleiða vöru í góðum gæðaflokki. Niðurstöður forrannsóknna okkar benda til að svo sé [Halldórsdóttir, 2006]. Betri kostur væri þó að nota próteinisólötin sem íblöndun í tilbúna rétti eða sem innsprautunarlausn fyrir flök. Við þá vinnslu verður vermætaaukning meiri.

#### **4.6.2 Marningur.**

Hægt er að framleiða hefðbundin marning úr H&S kolmunna. Gera má ráð fyrir 74% nýtni hráefnis í vinnslu og vinnslukostnaði um 15 kr/kg afurð. Því ætti framleiðsluverð að vera um 83 kr/kg. Það verð er sambærilegt við ýsumarningsverð sem er um 80 kr/kg, sem væri sú vara sem þessi marningur væri sambærilegur við.

#### **4.6.3 Skreiðarvinnsla.**

Gera má ráð fyrir að afhöfðaður og slægður kolmunni, sem geymdur hefur eftir of-anskráðri aðferð, sé mjög gott hráefni í skreiðarvinnslu. Raunar væri hagkvæmara að fá kolmunna heilan og vélslægja hann, því í raun er einungis þörf á að losna við lifrina. Ef við gerum hins vegar ráð fyrir hausuðum og slægðum fiski í vinnslu má gera ráð fyrir um 23% nýtingu í skreið (miðað við H&S) ef afurð inniheldur 86% þurrefni eins og best er talið. Vinnslukostnað má áætla að verði á bilinu 60 - 70 kr/kg. Framleiðsluverð afurðar yrði að því gefnu á bilinu 275-285 kr/kg afurð við verksmiðjudyr. Sá framleiðslukostnaður ætti að vera ásættanlegur. Ef hins vegar slægður kolmunni yrði notaður má búast við um 19% nýtni miðað við heilan fisk. Endanlegt framleiðsluverð yrði snökktum lægra eða á bilinu 210 - 230 kr/kg. Miðað við söliverð afurða væri það ásættanlegt.

## **5 UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR**

Eins og sjá má af niðurstöðum geymslupólspófanna í þessari skýrslu, þá sést glögggt hve afgerandi áhrif hitastig hefur á geymslupól fisks. Eins og áður segir var notuð sjófryst smáýsa í tilrauninni og var það gert þar sem ekki var hægt að prófa kerfið í landi með nýveiddum kolmunna. Fryst ýsa gaf kost á að vera ávallt með sama upphafshráefni og þ.a.l. fækkar það óvissubreytum. Frysting hefur vissulega áhrif á upphaflega örveruflóru og einnig rof frumuhimna við frystingu, sem eykur hraða niðurbrots.

Þau kerfi sem notuð hafa verið fram að þessu við geymslu kolmunna um borð hafa ekki miðað að því að minnka magn meltingarensíma í afla. Um borð eru öflug kælikerfi, en þó hafa niðurstöður mælinga sýnt að hitastig afla hefur að jafnaði verið á bilinu 2-4°C [Pálsson et al., 2004]. Einnig hefur tíðkast að „fylla upp“ það er slökkva á hringdælingu kælikerfis og fylla lestar upp í topp með fiski eftir síðasta hal. Það hefur valdið því að hiti hefur gjarnan hækkað allmikið í lestum, allt að 8-10°C. Við þau skilyrði má

búast við afar hröðu niðurbroti. Þessar aðferðir eru þó skiljanlegar þegar verið var að fá svokallaða veiðireynslu til nota við samningaborð um úthlutun kvóta. Sá tími hlýtur nú að teljast liðinn og liggja nú þjóðhagslegir hagsmunir og hagsmunir fyrirtækja í að skapa sem mest verðmæti úr aflanum.

Niðurstöður þessa verkefnis, sem og annarra sem á undan hafa gengið [Arasson and Jónsson, 1979, Lantfalt et al., 1980] benda til þess að vel sé mögulegt að koma kolmunna þannig í land að hann sé gott hráefni í matvælavinnslu.

Eftirfarandi atriði þarf að hafa í huga við meðhöndlun hráefnis:

- Togtíma stillt í hóf - ekki lengri en 8 tímar helst styttri.
- Hnjask í meðferð aflans lágmarkað aðgætt sé að nóg vatn sé á dælu er afla er dælt um borð.
- Afli sé skolaður vel með ferskum sjó áður en hann er settur í lestarnar.
- Í lest sé blanda af ís saltvatni og MPG sem hafi bræðslumark  $-1^{\circ}\text{C}$  það tryggir að hitastig vökva verður  $-1^{\circ}\text{C}$  meðan ís er enn til staðar og þar með hraða kælingu hráefnis.
- Hafist sé handa við flokkun og vinnslu um borð og kældur fiskur hausaður og slægður. Í því tilfalli þar sem áætlað er að nota fisk í skreiðarvinnslu má sá partur eflaust bíða uns komið er í land með afla og eingöngu slæga hann þar.
- Geymsla sé ávalt á hitastigi í kring um  $-1^{\circ}\text{C}$
- Örveruvexti í kælivatni sé haldið niðri með hóflegri notkun klórdíoxíns í hringrásarkefi.

Ef þessir skilyrði eru uppfyllt má gera ráð fyrir að hægt sé að halda kolmunnaafli í vinnsluhæfu ástandi fyrir afurðir til manneldis í allt að 7 daga.

## 6 ÞAKKARORÐ

AVS sjóðnum er þakkað fyrir framlag til verkefnisins.

## Heimildir

[OPI, 2003] (2003). Opinion of the scientific committee on veterinary measures relating to public health on the evaluation of antimicrobial treatments for poultry carcasses. Directorate c - scientific opinions c2 - management of scientific committees; scientific co-operation and networks, EUROPEAN COMMISSION, HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL.

- [Arason and Jónasson, 1980] Arason, S. and Jónasson, r. (1980). Kontainertransport och kvalitetsvärdering. Áfangaskýrsla til nordforsk, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.
- [Arasson and Jónsson, 1979] Arasson, S. and Jónsson, A. (1979). Den islanske delen af det nordiske blåvillingsproject. - råstoffbehandling - tørringsforsög. Áfangaskýrsla til nordfosk, Rannsóknastofnun Fiskiðnaðrarins.
- [Dagbjartsson et al., 1981] Dagbjartsson, B., Olsen, S., Mörköre, J., and Bronhöft, E. (1981). Nordfisk, fra industrifisk til konsum. Technical report, Nordforsk.
- [Halldórsdóttir, 2006] Halldórsdóttir, S. M. (2006). Prófun á aðferð við mat á geileiginleikum fiskpróteina. Technical report, Rannsóknastofnun fiskiðnaðrarins.
- [Ingimarsson, 2001] Ingimarsson, J. I. (2001). Kolmunni - um veiðar og vinnslu. Technical report, MS ritgerð Raunvísindadeild. Háskóli Íslands, Reykjavík.
- [Jacobsen, 2006] Jacobsen, V. (2006). Mynstra í kvöld. [www.olivant.fo/sub\\_page/grein\\_pdf.php?ide=25339](http://www.olivant.fo/sub_page/grein_pdf.php?ide=25339).
- [Jónson, 2002] Jónson, F. (2002). Þróun í nýtingu á uppsjávarfiski. In *Erindi á Aðalfundur LÍÚ*. LÍÚ.
- [Lantfalt et al., 1980] Lantfalt, B., Sörensen, N., and Tidemann, E. (1980). Föredlingsforsök utfört i samarbeid með nordforsk i projekt nordfisk 1979-1980. Delrapport til nordforsk, Fiskeriteknologisk Forskningsinstitut.
- [Lien, 2005] Lien, K. (2005). Surimi - january 2005. <http://www.globefish.org/index.php?id=2336>.
- [Pálsson et al., 2004] Pálsson, S., Jóhannsson, R., and Arason, S. (2004). Verðmætaukning kolmunna sem hráefnis. Skýrsla tin nýsköpunarsjóðs námsmanna, Háskóli Íslands/Rf.
- [Rf, ] Rf, F. Tma og tvb-n. <http://fraedsluvefur.rf.is/Undirflokkur/gaedi/tmao/>.
- [Sturlaugsson, 2004] Sturlaugsson, S. (2004). Munnlegar heimildir.
- [Sveinbjörnsson, 1998] Sveinbjörnsson, S. (1998). *Kolmunni*. Námsgagnastofnun og Hafrannsóknastofnunin,.