

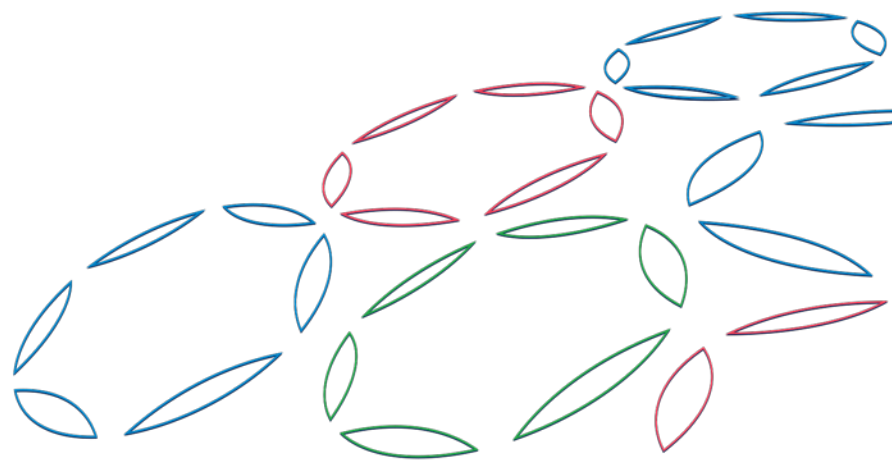


Ný tækni til verðmætaaukningar á bolfiskafla

Gunnar Þórðarson
Sigurjón Arason

Skýrsla Matis 07-18
Júlí 2018

ISSN 1670-7192



Report summary

<i>Titill / Title</i>	Ný tækni til verðmætaaukningar á bolfiskafla		
<i>Höfundar / Authors</i>	Gunnar Þórðarson og Sigurjón Arason		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	07-18	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	1. júlí 2018
<i>Verknr. / Project no.</i>	2077		
<i>Styrktaraðilar /Funding:</i>	AVS Rannsóknasjóður í sjávarútvegi (R 025-11) og Rannís		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Tilgangur verkefnisins var að aðlaga vinnslu að ofurkældu hráefni, til að tryggja einsleitni hráefnis með það að markmiði að bæta afurðargæði, auka nýtingu og lágmarka flakagalla.</p> <p>Í verkefninu var ný tegund af roðflettivél þróuð og síðan prófuð við raunaðstæður. Gerður samanburður á ofurkældu og hefðbundnu (ísuðu) hráefni. Ofurkælt hráefni er stífara en hefðbundið, og sama má segja um flök sem kæld eru eftir flökun til að tryggja þökkun í ferskar pakkningar við lágt hitastig, helst undir 0 °C. Hefðbundnar roðflettivélar hafa illa ráðið við slíkt hráefni en nýja vélin hefur þegar verið tekin í notkun og reynist vel.</p> <p>Samanburðartilraun var framkvæmd á milli ofurkældrar ýsu sem var sex daga gömul og hefðbundins hráefnis úr sama afla. Í framhaldi var gerð samanburðarrannsókn á þorsk, úr ofurkældu og hefðbundnu hráefni.</p> <p>Borin var saman nýting, flakagæði og -gallar ásamt afurðarskiptingu eftir niðurskurð í flakabita, ásamt því að skráðir voru hitaferlar við vinnslu í báðum hópum. Niðurstöðurnar voru mjög góðar fyrir ofurkælt hráefni, bæði hvað varðar gæði, nýtingu og hitastig á afurðum.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	Nýting, gæðamat, afurðaflokkun og ofurkæling		
<i>Summary in English:</i>	<p>The purpose of the project was to customize processing of sub-chilled raw materials to ensure uniformity of raw materials with the aim of improving product quality, increasing utilization and minimizing fillet defects.</p> <p>A new skinning machine for demersal fish was designed and tested in this project, especially to work with sub-chilled raw material. Sub-chilled raw material is more rigid than traditional raw material and can withstand more handling and give better quality of the finished product. Sub-chilled raw material also provides lower product temperature in packed fresh fish production, at 0 °C or even below it.</p> <p>Traditional skinning machines have not been able to handle sub-chilled fillets. A comparative experiment with six-day old haddock where sub-chilled raw material were compared with traditional one, from same catch, were processed. Built on that outcome a follow-up, a comparative study of cod was processed with sub-chilled and traditional raw material.</p> <p>In both experiments a comparison of yield, fillets quality, fillets defects and temperature throughout the production into final packaging were recorded. The results were excellent in favour of sub-chilled raw material, both in terms of quality, yield and temperature of products.</p>		
<i>English keywords:</i>	Yield, quality assessment, product category and Sub-Chilling		

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	1
2	Aukin verðmætasköpun í bolfiskvinnslu	2
3	Framkvæmd.....	6
3.1	Roðflettivél	6
3.2	Samanburðarrannsóknir	8
3.2.1	Tilraun með ýsu	8
3.2.2	Tilraun með þorsk.....	10
4	Niðurstöður	13
4.1	Roðflettivél	13
4.2	Ýsa.....	13
4.3	Þorskur.....	14
5	Umræður og ályktanir	18
6	Þakkarorð	21
	Heimildaskrá.....	22
7	Viðaukar	23

1 INNGANGUR

Markmið verkefnisins var að aðlaga vinnslutækni að ofurkældu hráefni og nýta sérstöðu þess til að auka verðmæti bolfiskafla. Með rannsóknum hefur verið sýnt fram á meiri gæði og geymslupól með ofurkælingu, en augljóst er að hefðbundinn vélbúnaður hentar ekki til vinnslu á breyttu/stífara hráefni (Gunnar, Sigurjón, & Magnea, Sub chilling of fish, 2017).

Grunnurinn að verkefninu var tillaga starfshóps sem skipaður var af Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytinu með það að markmiði að finna leiðir til að bæta nýtingu og verðmætasköpun í sjávarútvegi. Í starfshópnum sátu forsvarsmenn útgerðarfyrirtækja (að hluta þátttakendur í verkefninu), ásamt fulltrúum ráðuneytisins og Matís. Starfshópurinn skipti viðfangsefninu upp í tvo þætti, eftir tegund útgerðar, þ.e. annars vegar vinnsluskip og hins vegar ísfiskskip og landvinnslu.

Þessi útfærsla verkefnisins er til samræmis við breytingar á útgerðamynstri nokkurra af stærstu sjávarútvegsfyrirtækjum landsins, þar sem þróunin hefur verið á þá leið að dregið hefur úr frystingu um borð og frystiskipum hefur ýmist verið breytt í eða skipt út fyrir ísfiskskip (S 12 007-12 Fjárfestingastjórnun í frystitogararekstri).

Við rannsóknir á ofurkælingu hráefnis (Gunnar, Albert, & Guðbjartur, 2015) hefur komið í ljós að með því að kæla þorsk/ýsu niður í $-0,8$ °C án þess að nota ís sem kælimiðil verður holdið stífara ásamt því að hægja á ferli dauðastirðnunar og áhrifum hennar, þ.e. minni samdráttur sem minnkar los í flökum. Ofurkælt hráefni þolir einnig betur alla meðhöndlun sem skilar meiri gæðum í flakavinnslu og betri afurðaflokkun. Hins vegar hefur komið í ljós að erfiðleikar geta komið upp við hausun, flökun og roðrif, þar sem hefðbundinn tækjakostur hentar ekki breyttu, ofurkældu hráefni. Við rannsóknir (Gunnar, Albert, & Guðbjartur, 2015) hefur komið í ljós að nýting er svipuð á ofurkældum afla í samanburði við hefðbundið hráefni, en rannsóknarmönnum hefur verið ljóst að mikil tækifæri geta verið fólgin í aðlögun tækjabúnaðar til að bæta nýtingu.

2 AUKIN VERÐMÆTASKÖPUN Í BOLFISKVINNSLU

Afurð verkefnisins er búnaður (hausun/flökun/roðrif/snyrting/skurður) fyrir bolfisk til vinnslu á ofurkældu hráefni. Hefðbundinn búnaður hentar illa fyrir þetta hráefni, sem er stífara en hefðbundið.

Ofurkæling hefur þegar sannað gildi sitt, t.d. um borð í þeim togurum sem tekið hafa búnaðinn í notkun (fimm togarar) þar sem enginn ís er notaður við meðhöndlun og geymslu á hráefni. Gæði ofurkælingar eru framúrskarandi og í verkefni sem styrkt var af „Nordic Marine Innovation Programme 2.0“ voru gerðar rannsóknir meðal annars á líftíma vöru, áhrifum þess á að hægja á dauðastirðnun og bættri afurðarflokkun. Hins vegar er aðkallandi að aðlaga vinnslubúnað að breyttu hráefni til að nýta kosti ofurkælingar áfram. Með stöðluðu ofurkældu hráefni er hægt að hámarka vinnslugæði þar sem hráefnið þolir betur alla meðhöndlun við vinnsluna. Rannsóknir hafa sýnt að hitastig þess helst undir 0 °C, í gegnum alla vinnslurásina, þar sem því er svo pakkað í ESP kassa til útflutnings á ferskum flökum (Gunnar, Sigurjón, & Magnea, Sub chilling of fish, 2017). Með ofurkælingu þar sem hráefnið helst kalt og stíft í gegnum vinnsluferlið verður styrkur fiskvöðvans meiri, sem mun gefa mikla möguleika á sjálfvirkni í vinnslu, t.d. niðurskurð í vatnskurðarvélum og aukningu í verðmætasköpun landvinnslu.

Ofurkæling gefur möguleika á vinnslu á fiski sem er í dauðastirðnun og pökkun á ferskum fiski í umbúðir til útflutnings. Flökin klára þá dauðastirðnunarferlið í flutningi og styttist þannig tími frá veiðum til markaðar verulega og lengir þ.a.l. líftíma vörunnar. Aukinn ferskleiki og gæði á ferskum flakastykkjum mun styrkja samkeppnishæfni íslensks sjávarútvegs á mikilvægum mörkuðum auk þess sem langar flutningsvegalengdir verða minna vandamál með lengdum líftíma vöru.

Með færri flakagöllum þarf minni snyrtingu fyrir skurð í vatnskurðarvélum ásamt því að stífari flök auka virkni vélbúnaðar, lækka vinnslukostnað sem mun styrkja samkeppnisstöðu íslenskra framleiðenda og auka verðmæti bolfiskvinnslu (Gunnar, Sigurjón, & Magnea, Sub chilling of fish, 2017).

Flakagallar draga verulega úr framleiðni í flakavinnslu. Með nýrri tækni, vatnskurðavélum, hefur framleiðni vinnslunnar aukist verulega og sjálfvirkni eykur jafnframt gæði og einsleitni framleiðslu. Hins vegar þarf fjölmennt eftirlitskerfi eftir flökun og roðrif til að takast á við flakagalla og eftirlit með hringormum. Ef hægt er að draga úr flakagöllum með einsleitara

hráefni og búnaði sem hentar ofurkælingu er hægt að lækka þennan kostnað verulega og draga úr meðhöndlun á hráefninu. Takist að auka framleiðslu á manntíma um 50% eykst framleiðni við flakavinnsluna. Miðað við það magn sem flutt er út af ferskum flökum og flakastykkjum myndi það bæta framleiðni um tæplega 131 milljónir króna á ári¹.

Rannsóknir (Gunnar, Albert, & Hólmfríður, Vinnsla á ofurkældum afla, 2014) sýna að með betri gæðum flaka við ýsuvinnslu jukust verðmæti vinnslu um 8% vegna betri afurðaflokkunar, þar sem hlutfall dýrustu afurða (hnakka) fór úr 16% í 20%. Þrátt fyrir að hlutfall afskurðar ykist við vinnslu á ofurkældum flökum miðað við hefðbundna vinnslu. Ef þetta er heimfært á allan útflutning á ferskum flökum/flakabítum væri aukið verðmæti 8.750 milljónir króna.

Niðurstöður rannsókna sem voru framkvæmdar 2014 og 2015 (Gunnar, Albert, & Hólmfríður, Vinnsla á ofurkældum afla, 2014) sýna að með ofurkælingu strax eftir blóðgun og slægingu er hægt að seinka dauðastirðnun umtalsvert, en skemmdaferlar hefjast ekki fyrr en henni lýkur. Þekkt er að helstu ástæður fyrir losi er hröð dauðastirðnun þar sem holdið rifnar með snöggum samdrætti sem togast á við beinagarð fisksins. Niðurstöður rannsókna sýna að við ofurkælingu stífnar holdið án þess að frjósa og þolir mun betur alla meðhöndlun, t.d. flökun, roðflettingu og snyrtingu. Ekki er aðeins um útlitsmun að ræða á ofurkældum flökum miðað við hefðbundin heldur var mun minna los í þeim og hlutfall þeirra sem fóru í dýrustu pakkningar umtalsvert hærra. Í tilraun sem gerð var hjá Íslandssögu á Suðureyri var niðurstaðan sú að ofurkæling jók afurðaverðmæti um 900 þúsund krónur á dag. Við vinnslu á ofurkældum flökum í ferskfiskútflutningi skiluðu þau sér í pakkningar við -0,8 °C á meðan hefðbundin vinnsla var við 2 til 5 °C. Frysting á hluta af vatni í flökum (5-30%) byggir upp mikla kæliorku sem viðheldur lágu hitastigi í gegnum allt vinnsluferlið (flökun, roðrif og snyrtingu) (Gunnar, Albert, & Hólmfríður, Vinnsla á ofurkældum afla, 2014).

Við flökun á þorski og ýsu eru afköst um 40 kg/pr manntíma meðan þau eru yfir 200 kg/pr manntíma í laxi. Helstu ástæður þess eru fjöldi flakagalla við vinnslu á bolfiski og lítil einsleitni hráefnis til vinnslu. Lax er flakaður um leið og dauðastirðnun lýkur, 3-4 dögum eftir slátrun, en breytileiki í bolfiski er mun meiri; hann er flakaður allt frá sólarhring eftir veiði og upp í viku gamall. Hráefnið er því mismunandi hvað varðar stífleika og þolir því meðhöndlun mismunandi þegar samheldni og styrkur vöðvans minnkar. Sama má segja um roðdrátt á fiski, sérstaklega

¹ 35 þúsund tonn x 45% nýting = 15.750 tonn. 40 kg/pr manntíma x 1000 kr = 393,75 milljónir. 50% bætt framleiðni 262,5 milljónir, mismunur 131,25 milljónir króna.

ýsu, að mjúkur vöðvi þolir illa þá meðhöndlun og veldur nýtingatapi. Sýnt hefur verið fram á að við flökun og roðdrátt tapast mest af próteinum við fiskvinnslu sem skolast út með vinnsluvatni, eða allt að 4-9% af heildarmagni próteina sem fer í gegnum vinnsluna (Kristín & Sigurjón, 2005). Einnig má búast við að los myndist í vöðvanum við meðhöndlun, en los er eitt algengasta gæðavandamál í flökum. Í rannsóknum á laxaflökum hefur verið sýnt fram á verulega minna los í ofurkældu hráefni í samanburði við hefðbundið. (Kristín, A.P., Katrín, Á.S., Sigurjón, A. 2005 *Prótein í frárennslivatni*. Reykjavík: Matís)

Rannsóknir sem gerðar voru hjá Jakobi Valgeiri í Bolungarvík sýndu að hægt var að ná allt að 2% betri afurðanýtingu með ofurkælingu í samanburði við hefðbundið hráefni (Gunnar, Albert, & Guðbjartur, Ofurkæling á afla smábáta, 2015) hinsvegar sýndu aðrar tilraunir sömu nýtingu í báðum hópum, en augljóst var að hefðbundinn algengur vélbúnaður hentaði illa fyrir ofurkælt hráefni og mikill ávinningur því fólgin í að aðlaga búnaðinn að breyttu hráefni. Hefðbundinn vélakostur hentar ekki fyrir stífari fisk þar sem flökunarhnífar leggjast ekki með hrygg og mikið af flakagöllum fylgdu bæði flökun og roðrifi. Þekkt er að vinnslu á eldisþorski, sem unnin er fyrir dauðastirðnun og er stífari, kallar á auka gorma í flökunarvélum til að bæta við álagi á flökunarhnífa. Þetta er kallað „sjóstilling“ þar sem um sömu vinnslu er að ræða um borð í frystitogurum, en þeir vinna hráefni fyrir dauðastirðnun (pre-rigor). Það gefur fyrirheit um að hægt sé að aðlaga vélakost að ofurkældu hráefni.

Rannsóknir hafa sýnt að með ofurkælingu er hægt að ná meiri einsleitni hráefnis og losna við mikinn breytileika, sem hefur neikvæð áhrif á vinnsluna. Í rannsóknum á laxi og þorski hefur komið í ljós að engin breyting verður á ofurkældu hráefni fyrstu fimm sólarhringana, og aðrar rannsóknir benda til að dauðastirðnun haldist út þann tíma.

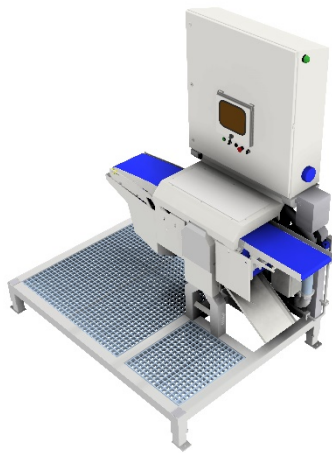
Ný vatnatilskipun (2000/60ESB) tók gildi á Íslandi 2016, þar sem settar voru hertar reglur um losun á lífrænum efnum í vinnsluvatni og notað magn í vinnslu miðað við hráefnisnotkun. Til að standast kröfur er mælt til þess að hlutfall vinnsluvatns og hráefnis sé 1:1, en algengt var að hún væri tvöfalt meiri, 2:1 (Stefán, 2012). Talið er að með bættu verklagi og uppsetningu á búnaði megi minnka vatnsnotkun og auka nýtingu hráefnis. Áætlað var að a.m.k. 300 milljóna króna verðmæti hafi farið í súginn héraendis við flakavinnslu bolfisks (Stefán, 2012). Stífara hold gefur fyrirheit um að hægt sé að nota minna vatn við vinnslu á bolfiski og minna af próteinum skolist því út við meðhöndlun og blandist vinnsluvatni. Mikil munur er á verðmætasköpun við að halda próteinum í flaki í stað hugmynda um endurheimtur þeirra úr

vinnsluvatninu á seinni þrepum. Standist þessar væntingar um ofurkælt hráefni gæti það skilað miklum verðmætum og verður það haft í huga við hönnun á nýjum búnaði.

3 FRAMKVÆMD

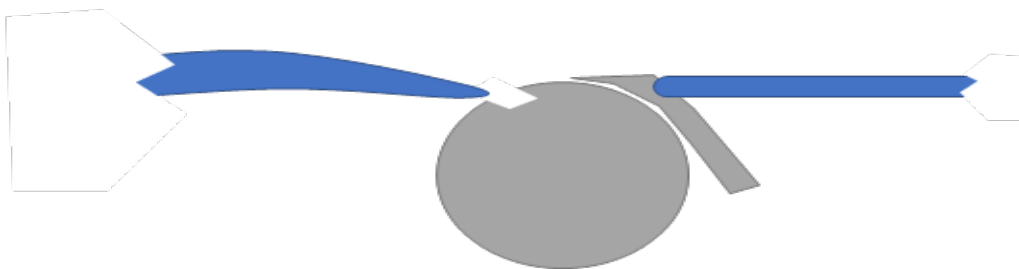
3.1 Roðflettivél

Sub-Zero Skinner var sérstaklega hönnuð til að lágmarka hnask við roðrif til að tryggja betri flakagæði, hefðbundnar vélar eiga það til að kuðla flakinu saman, sérstaklega ýsuflökum sem eru mýkri og viðkvæmari en t.d. þorskflök. Einnig var vélin hönnuð til að taka við stífari flökum, ofurkældum eða kældum í flakakæli þar sem hefðbundnar vélar hafa ekki unnið vel á slíku hráefni, þær missa af roðinu eða skilja eftir roðflyksur á flakinu.



Mynd 1. Sub-Zero Skinner.

Nýjungin við Sub-Zero Skinner er að tromlan er stöðvuð meðan flakinu er komið fyrir í raufinni sem grípur roðið; sjá mynd 2.

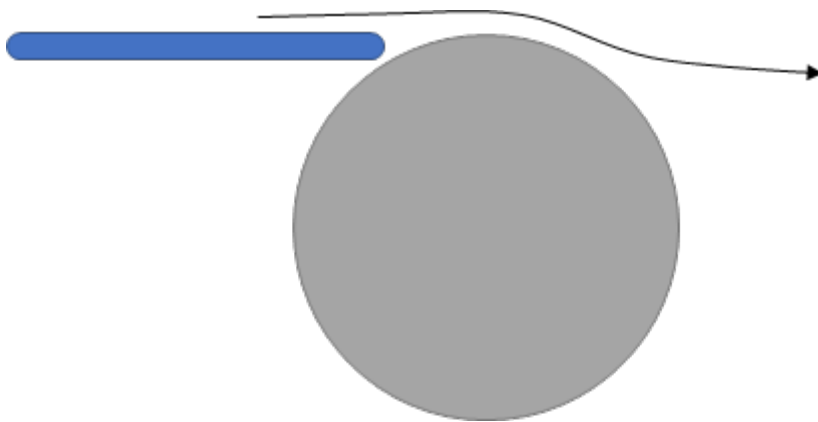


Mynd 2. Sniðmynd af tromlu og hníf á Sub-Zero Skinner.

Þegar flakið er sett inn á roðrifuna þá hjálpar innmötunarbandið við að slétta úr flakinu og dregur það inn að tromlunni og hnífnum með bogadregnu færibaldi. Bogadregna færibaldið er stillt af þannig að flakið keyrir inn að stórri tromlu. Í tromlunni er skarð sem gegnir þeim tilgangi að snyrta enda flaksins og tryggja örugga innkeyrslu á flakinu. Bláendi sporðsins fer niður í raufina og þegar það gerist þá gefur skynjunarbúnaður merki til tromlunnar sem fer að

snúast. Á augabragði byrjar tromlan að snúast og sporðurinn fer örugglega inn undir hnífinn. Hnífurinn skefur roðið mjög þétt við holdið og tromlan heldur áfram að snúast þangað til allt flakið hefur farið í gegn og undir hnífinn. Þegar flakið hefur verið roðdregið þá stoppar tromlan á upphafsstað þar sem raufin er til móts við innmötunarfæribaldið.

Með því að stilla vélinni upp á þennan hátt þá er hægt að tryggja að roðið fer alltaf undir hnífinn á meðan bilið á milli hnífseggjar og tromlunnar er brot úr millimetra. Þessi tækni tryggir virkilega góða nýtingu við roðdrátt, tryggir öruggar færslur. Með þessari tækni er gert kleift að minnka bil á milli hnífs og tromlu til muna sem veldur að minna hold kemst þar á milli.



Mynd 3. Sniðmynd ferli flaks yfir tromlu Sub-Zero Skinner.

Stór tromla gerir það að verkum að meðhöndlun flaksins er mun betri en gerist í hefðbundnum roðflettivélum. Í Sub-Zero Skinner frá Skaganum 3X herpist flakið hvorki né gliðnar líkt og í sambærilegum vélum. Með stærri tromlu er álagið á flakið öðruvísi og hentar betur við framleiðslu á viðkvæmum vörum og minnkar þ.a.l. hættuna á losi sem verður til við meðhöndlun á flökum. Á mynd 4 er sýnt ferli flaksin yfir tromlu í fyrir roðrif á hefðbundinni roðflettivél, og augljós munur á miðað við tromlu á mynd 3 af Sub-Zero Skinner hér að ofan.



Mynd 4. Ferill flaks yfir tromlu í hefðbundinni roðflettivél.

Skaginn 3X roðflettivélin (Sub-Zero Skinner) er tæknileg og afkastamikil roðflettivél, sérstaklega hönnuð til að vinna með ofurkælt hráefni. Vélin getur roðflett 30 flök á mínútu,

háð lengd flaka. Ofurkælt hráefni, hvort heldur það er kælt í Rotex búnaði (Sub-Cilling™ Onboard) eða með SUPER-CHILLER™ eftir flökun, er stífara og því gekk illa að roðrífa flökin með hefðbundinni tækni. Roðflettivélin er sérstaklega hönnuð til fara vel með fiskholdið og lágmarka nýtingartap; bæði með því að fjarlægja roðið án þess að taka vöðvann með og eins koma í veg fyrir los við harkalega meðferð á flakinu. Flök sem eru ofurkæld (-0,8 °C) eru stífari og þola meðhöndlun mun betur en flök við hefðbundna kælingu, sérstaklega ýsuflök. Skaginn 3X Super Chiller og Sub-Zero Skinner eru hönnuð til að vinna saman, en roðflettivélin ræður einnig mjög vel við ofurkæld flök úr hráefni sem kælt er með Sub-Cilling™ Onboard frá Skaganum.

3.2 Samanburðarrannsóknir

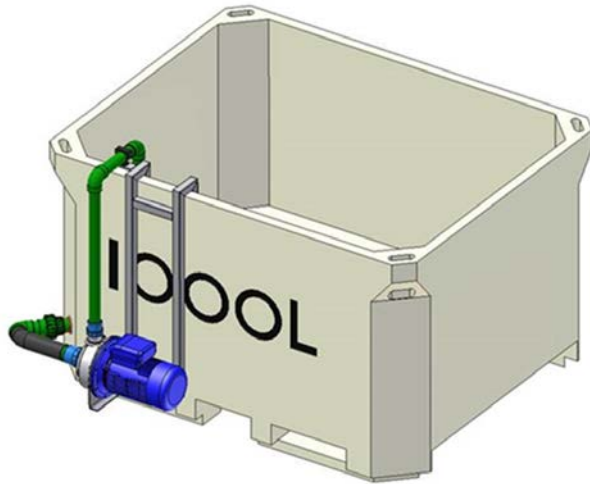
3.2.1 Tilraun með ýsu

Tilraun með ýsu var gerð hjá fiskvinnslu Kambs í Hafnarfirði á haustdögum 2017. Tilraunin var þáttur í BS verkefni Ragnars Arinbjarnar Guðmundssonar en leiðbeinendur hans eru Sigurjón Arason og Sæmundur Elíasson starfsmenn Matís. Einnig tóku þátt í tilrauninni starfsmenn Skagans 3X, yfirverkfræðingur Matís, Sigurjón Arason og starfsmenn Kambs.

Markmiðið var að gera samanburð á nýtingu og gæðum á afla úr sömu lotu á ofurkældu og hefðbundnu hráefni. Ýsan var veidd af togaranum SIRRÝ ÍS og landað í Bolungarvík degi seinna. Fiskurinn var komin í hús hjá Kambi þremur dögum síðar og geymdur í þrjá daga í viðbót fyrir tilraun, samtals sex daga gamalt hráefni.

3.2.1.1 Aðferð

Tilraunahópar voru teknir úr sama kerri, 30 fiskar í hvorum hópi og tryggt að svipuð vigt væri á báðum hópum, rúmlega 50 kíló hvor hópur. Ofurkældur fiskur var kældur í ískrapa sem útbúinn var í 1.000 ltr kerri með hringrásardælingu (mynd 5). Notað var 5-6% salt og ís þar til -1 °C var náð og ýsan kæld í 50 mínútur. Þá var bætt við ís og pækillinn kældur niður í -3 °C og ýsan kæld þar til kjarnahiti var nálægt -0,5 °C. Hefðbundin ýsa var áfram á ís og var í 0 °C. Ýsan var unnin með Curio C3027 hausara, Curio C2011 flökunarvél og Baader 51 roðrífu. Hráefnið var unnið í frystar pakkningar eftir skurð í höndum.



Mynd 5. 1000 ltr ker fyrir ofurkæling.

Flök úr báðum hópum voru hitamæld fyrir og eftir flökun og pökkun. Mæld var nýting eftir hausun, flökun, roðrif og snyrtingu. Gæðamat var gert á flökum úr báðum hópum sem framkvæmt var af gæðastjóra Kambs.



Mynd 6. Rannsóknaraðilar við tilraun hjá Kamb.

Vélamaður Kambs sá um að raða öllum flökum í hausara og síðan í flökunarvél. Öll flök voru merkt til að tryggja eftirfylgni í gegnum vinnsluferil og flök voru mynduð fyrir og eftir roðrif.

3.2.2 Tilraun með þorsk

Tilraun með þorsk var gerð hjá H.B. Granda á Vopnafirði 16. maí 2018. Starfsmenn Matís og Skagans 3X unnu að tilrauninni með aðstoð starfsmanna fiskvinnslunnar.



Mynd 7. Ofurkældur fiskur af Engey RE, óísaður.

Markmiðið var að gera samanburð á nýtingu og gæðum á afla úr ofurkældu og hefðbundnu hráefni sem veitt var á sömu slóðum á sama degi. Ofurkældur þorskur var veiddur af Engey RE og hefðbundið hráefni var úr Helgu Maríu RE. Aflinn var veiddur sunnudaginn 13. maí 2018 á Halamiðum. Þorskinum var landað í Reykjavík og ekið austur á Vopnafjörð, ofurkældur fiskur var aldrei ísaður (mynd 8) en hefðbundinn afli var ísaður eftir kælingu í Rotexbúnaði um borð í Helgu Maríu RE.

Einnig var framkallað ofurkælt ástand á 10 þorskum til að skoða virkni vinnsluvéla, hausara, flökunar- og roðflettivélar, við hráefni sem ofurkælt er í pækli.

3.2.2.1 Aðstæður

Tvö 660 ltr ker voru af hvoru skipi, um 300 kg af hvoru skipi voru tekin frá fyrir tilraunina. Í tilraunahópnum voru valdir 65 fiskar í hvorn hóp; Engeyjar-hópur vó 319,7 kg en af Helgu Maríu 322,5 kg. Hitastig fyrir vinnslu var um $-0,6$ °C í Engey en um 0 °C úr Helgu Maríu.

3.2.2.2 Aðferð

Flök úr báðum hópum voru hitamæld fyrir og eftir flökun og við pökkun. Mæld var nýting eftir hausun, flökun, roðrif og snyrtingu.

Þorskurinn var hauseður í Curio C3027 hausara og flakaður með Curio C2011 flökunarvél, stillingin á vélunum var 12 fiskar á mínútu, sem er hæg stilling. Flök voru roðrifin með Sub-Zero Skinner roðrífu sem er tæki þróað í þessu verkefni til að vinna með ofurkælt hráefni. Hráefnið var unnið í ferskar pakkningar eftir skurð í FlexiCut vatnskurðarvél frá Marel. Vinnslan var með Super Chiller flakakæli til að kæla flökin fyrir roðrif, snyrtingu, skurð og pökkun.



Mynd 8. Roð af ofurkældu hráefni.

Starfsmenn H.B. Granda sáu um að raða fiski í hausun, flökun og roðrífu. Vinnslulína var tæmd áður en tilraunahópur var tekinn í gegn til að forðast mistök. Allir afurðaflokkar úr hvorum hópi voru vigtaðir sérstaklega, ásamt afskurði og roði.



Mynd 9. Kjarnahitastig í flaki, -0,5 °C.

Framkallað var ofurkælt ástand á 10 fiskum af Helgu Máfu sem kælt var í ískrapa sem útbúinn var í 1000 ltr kerri. Notað var 5-6% salt og ís þar til -3 °C var náð og þorskurinn kældur í 10, 20, 30, 40 og 50 mínútur. Tilraunin var gerð til að prófa virkni Curio C3027 hausara og Curio C2011 flökunarvélar ásamt virkni Sub-Zero Skinner á flökum úr hráefni sem var kælt niður í -1 °C hringrásardælingu. Einnig var markmiðið að skoða hvort kæling í krapa gæti komið í staðinn fyrir flakakæli. Á 10 mínútna fresti voru teknir tveir fiskar úr krapanum og þeir hauseðir, flakaðir og síðan fluttir handvirkt í roðflettivél, fram hjá flakakæli, til að finna við hvaða kælingu vinnslubúnaður hætti að ráða við of stífan fisk.

Hitastig var mælt við yfirborð undir roði og í kjarna flaks á hverjum stað; fyrir flökun og eftir roðflettingu. Til samanburðar var hitastig við vinnslu á afla Helgu Maríu skráð á sömu stöðum til samanburðar.

4 NIÐURSTÖÐUR

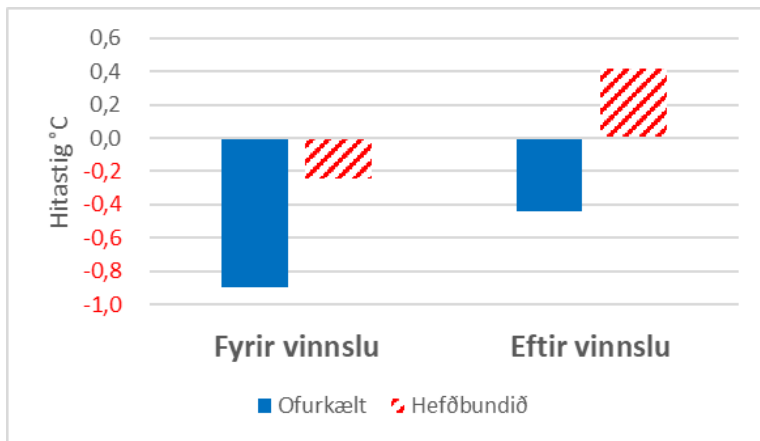
Verkefnið byggir upp á hönnun og smíði á nýrri roðflettivél, tilraun með ýsu hjá fiskvinnslunni Kambi í Hafnarfirði og tilraunum hjá fiskvinnslu H.B. Granda á Vopnafirði.

4.1 Roðflettivél

Sub-Zero Skinner vinnur mjög vel á kældum flökum úr flakakæli, og eins á flökum úr ofurkældu hráefni þar sem fiskurinn er kældur í krapa fyrir hausun og flökun. Vélin lágmarkar allt hnjask á flökum og getur því skilað betri flakagæðum, sérstaklega í ýsu.

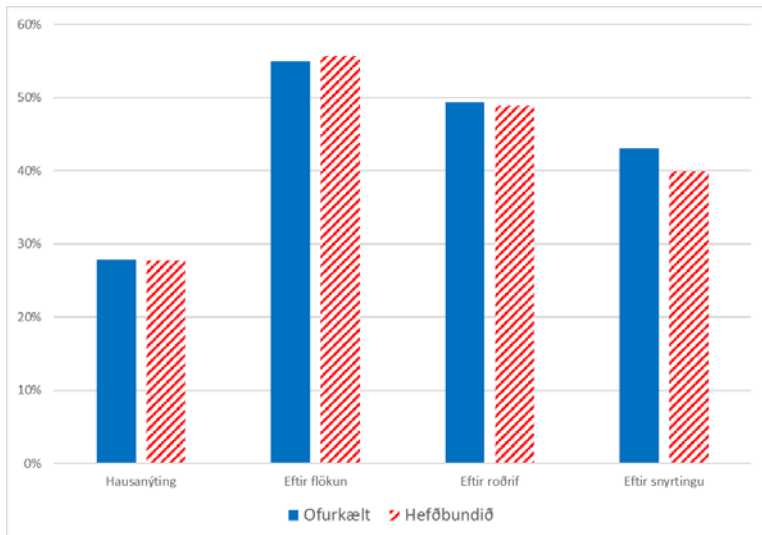
4.2 Ýsa

Hitastig á ofurkældu hráefni var um $-0,9\text{ °C}$ en rétt undir 0 °C á hefðbundna hráefninu. Eftir vinnslu var hitastig í ofurkældu hráefni $-0,4\text{ °C}$ en um $0,4\text{ °C}$ í hefðbundnu, sjá mynd 11.



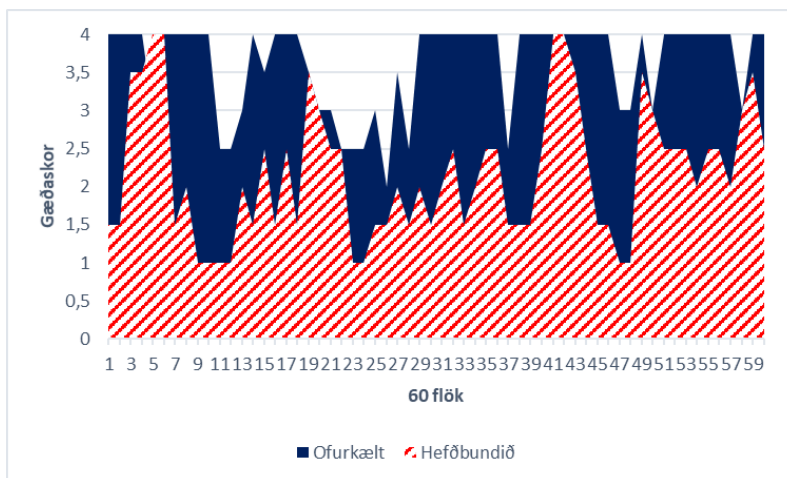
Mynd 10. Hitastig í báðum hópum, ofurkælt og hefðbundið, fyrir og eftir vinnslu.

Hausnýting var sambærileg í báðum hópum, tæplega 28%. Lítil munur var á flakanýtingu, ofurkælt 55% og hefðbundið 56%. Svipuð nýting var eftir roðrif um 49% en um 3% eftir snyrtingu, sem er umtalsvert. Ofurkældu flökin skiluðu heilli flökum þannig að minna þurfti að snyrta frá og meira skilaði sér í verðmætar pakkningar.



Mynd 11. Samanburður á nýtingu úr ofurkældu og hefðbundnu hráefni.

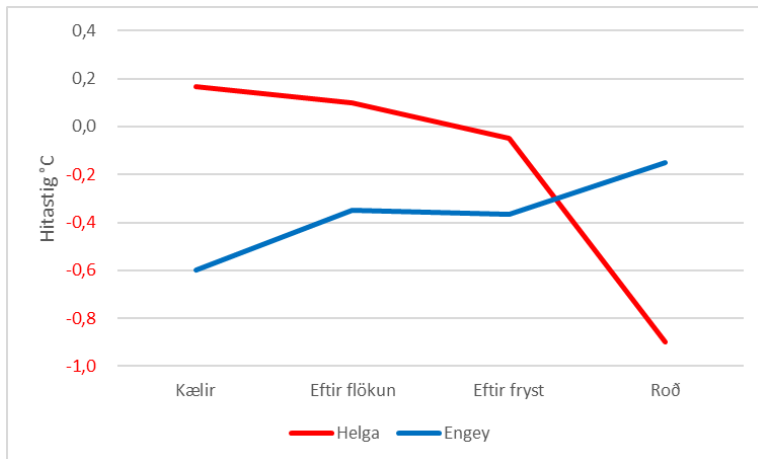
Gæðamat var afgerandi ofurkældu hráefni í vil, eins og sjá má á mynd 12. Tekin voru flök af öllum fiskum og þau metin af gæðastjóra Kambs, samtals 60 flök. Besta einkunn er 4 og lökust er 1. Á mynd 13 má sjá einkunn á 60 flökum en meðaltalsskor í ofurkældum var 3,6 en 2,2 í hefðbundnum.



Mynd 12. Gæðamat á báðum hópum, úr ofurkældu og hefðbundnu hráefni.

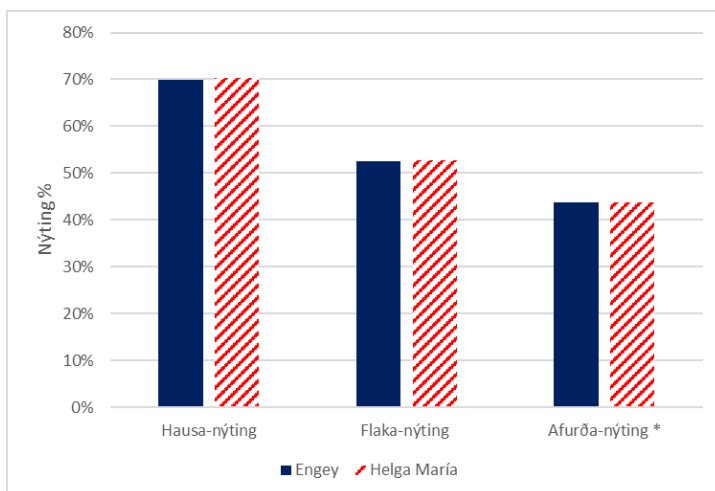
4.3 Þorskur

Á mynd 14 má sjá hitaferla í ofurkældu og hefðbundnu hráefni mælt á mismunandi stöðum á leið í gegnum vinnsluna. Við skráningu á hitaferlum voru ofurkæld flök ekki tekin í gegnum flakakæli fyrir roðrif og því hitna þau eftir roðdrátt en hefðbundin kólna verulega í kælinum. Í nýtingar og gæðatilraun var allt hráefni tekið í gegnum flakakælinn.



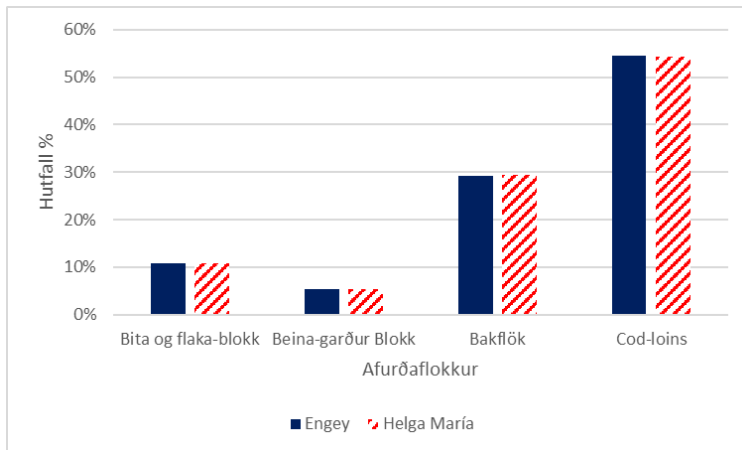
Mynd 13. Samanburður á hitastigi úr hráefni beggja hópum í gegnum vinnsluna; Helga María (hefðbundið) og Engey (ofurkælt).

Nýting var sambærileg í báðum hópum, hausnýting, flakanýting og afurðanýting (mynd 15). Hér er hausnýting tekin eftir hausun, flakanýting er fundin þannig út að haus og beinagarður er dreginn frá heildarvigt á fiski. Afurðarnýting er hlutfall af pökkuðum afurðum af hráefni; bita og flakablokk, beinagarður er pakkaður og frystur, bakflök og hnakkar. Roð og afskurður er ekki tekið með.



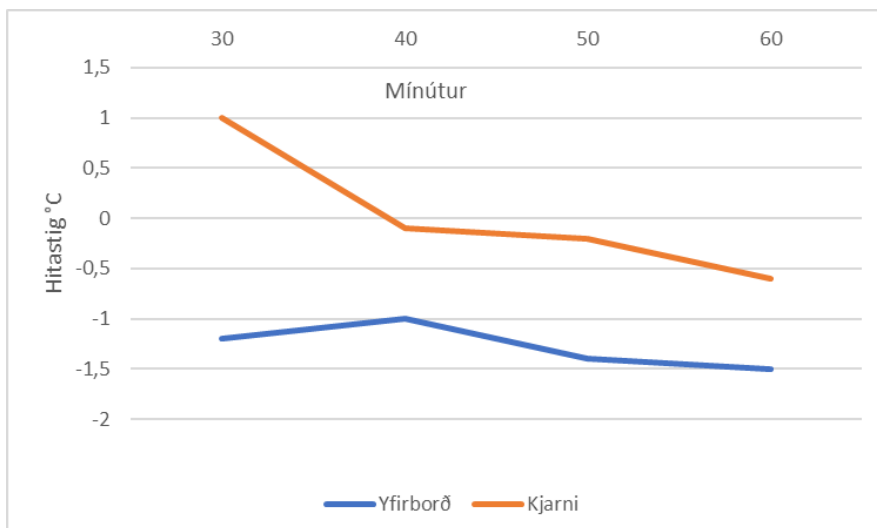
Mynd 14. Samanburður á nýtingu úr báðum hópum í gegnum vinnsluna.

Afurðaflokkun var einnig sambærileg úr báðum hópum og ekki marktækur munur milli þeirra (mynd 16). Hlutfall beinagarðs-blokkar segir til um hversu vel vatnskurðarvélín er að skera beinagarðinn úr flakinu.



Mynd 15. Afurðaflokkun beggja hópa, ofurkælt og hefðbundið hráefni.

Við prófun á ofurkælingu í pækli til að skoða virkni flökunar og roðrifu sýna að varlega þarf að fara í kælingu fyrir vinnslu. Ef of langt er gengið er hættu á flakagöllum og roðrif verður vandamál. Notaður var afli af Helgu Maríu sem var um 1 °C í upphafi kælingar. Eftir 30 mín. kælingu tókst flökun og roðrif mjög vel, fiskurinn var byrjaður að vera stífur en tækin unnu mjög vel á honum. Eftir 40 mín. kælingu fór að bera á flakagöllum og roðfletting var ekki fullnægjandi. Eftir 50 mín. kælingu var árangurinn enn verri og ómögulegt að vinna fiskinn eftir klukkutíma kælingu. Niðurstaðan sýnir að forkæling í pækli getur skilað árangri og tryggt fullkomna flökun og roðrif með þeim búnaði sem er á Vopnafirði. Einnig að slík forkæling tryggir lágt hitastig í gegnum alla vinnsluna og alla leið í pökkun, án þess að nota flakakæli.



Mynd 16. Hitastig á ofurkældu hráefni í kjarna og við yfirborð við mismunandi kælitíma.

Á mynd 17 má sjá muninn á hitastigi á flökum úr hráefni þar sem búið var að framkalla ofurkælt ástand með -3 °C þækli; eftir 30 mínútna kælingu og á tíu mínútna fresti allt að 60 mínútna kælingu, mælt á yfirborði og í kjarna. Flökin voru tekin fram hjá flakakæli fyrir roðrif.

5 UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR

Fyrri tilraunin er sérstök að því leyti að verið er að kæla sex daga gamla ýsu. Hugmyndin er að gera fiskinn stífari fyrir vinnslu, sem eykur þol hans gegn hnjaski en jafnframt getur verið erfiðleikum bundið að nota hefðbundinn vélakost við hausun, flökun og roðrif, sem ekki er hannaður fyrir stífara hráefni. Vélbúnaðurinn getur skýrt þann mun sem er á flakanýtingu og roðrifi en afurðanýting (pökkunarnýting) er það sem skiptir mestu máli, en hún er umtalsvert betri úr ofurkældu hráefni. Niðurstaða gæðastjóra við gæðamat er nokkuð afgerandi á betri gæðum úr ofurkældu hráefni. Það er skoðun rannsakanda að ástæðan sé sú að stífara hráefni þoli meira hnjask og komist betur í gegnum vinnsluna sem hágæða hráefni. Þróa þarf búnað sérstaklega til að fást við breytilegt hráefni. Rétt er að skoða betur þann möguleika að forkæla allt hráefni framan við flökun þar sem rétt hitastig er tryggt, um $-0,5$ °C í kjarna. Skoða þarf hvort hægt er að tryggja einsleitni hráefnis með slíkri kælingu en í dag getur verið mikill munur á því í hvaða ástandi/stífleika hráefnið er fyrir vinnsluna.

Það var álit starfsmanna Kambs að flökin úr ofurkælda hópnum mætti nota í ferskfiskútflutning en alls ekki flökin úr hefðbundna hópnum, enda venjan að ekki sé hægt að vinna sex daga gamla ýsu í slíka vöru. Þeir veltu upp þeim möguleika hvort ofurkæling gæti tryggt betri gæði og gæfu kost á pökkun í ferskar pakkningar, sem gefa mest virði, þann tíma sem þorskur er í slæmu ástandi vegna hrygningar, frá maí til ágúst. Mun minna var af flakagöllum úr ofurkælda hráefninu og munaði miklu á tíma við snyrtingu milli hópa og magns af afskurði, ofurkældu í hag. Hefðbundin flök komu illa út úr flökunarvél og roðrífu.

Hitastig við pökkun í ferskar pakkningar er mjög mikilvægt og ljóst að ofurkælt hráefni tryggir mun lægra hitastig. Hinsvegar er hitastig við hefðbundna vinnslu óvenju gott hjá Kambi miðað við það sem rannsakendur hafa séð í fiskvinnslum víða um land, en oftar en ekki er það milli fjórar til fimm gráður á celsíus.

Ekki voru settir hitasíritar í hráefni við flutning eða geymslu. Ljóst er að hitastig í kæli á Vopnafirði er of hátt fyrir ofurkældan fisk. Betra er að nota -1 °C en hitastigið þar er miðað við ísaðan afla og stillt þannig að ísinn renni og haldi fiski við 0 °C, það hentar ekki ofurkældum fiski.

Ef hægt væri að nota Rotex búnað til að kæla hráefnið fyrir vinnsluna myndi sparast fjárfesting og eins þyrfti ekki handröðun inn á flakakæli eins og er í dag (tveir starfsmenn). Nauðsynlegt er að gera frekari tilraunir með forkælingu fyrir vinnslu en niðurstöður í þorsk- og ýsurannsókn

benda til þess að hægt sé að ná miklum árangri með því. Skoðun vinnslustjóra H.B. Granda á Vopnafirði er að ekki sé merkjanlegur munur á nýtingu eða afurðaflokkun milli ofurkælds hráefnis og hefðbundins, þó breytileiki sé töluverður milli veiðiferða, er ekki merkjanlegur munur milli hópa.

Mikilvægasta atriðið í gæðum á ferskum flakastykkjum sem seld eru á erlenda markaði er ferskleiki og hitastig. Gera þarf ráð fyrir tíma í virðisdeðjunni við; veiðar, geymslu, vinnslu, flutning, dreifingu erlendis og smásölu eða geymslu fyrir eldun í veitingahúsi. Í dag eru flök flutt út í skipagámum eða í flugi. Almennt má segja að betri hitastýring sé í gámum en í flugi, þó kemur fraktflug betur út almennt en farþegaflug. Hinsvegar hefur áfangastöðum í farþegaflugi fjölgað mjög mikið sem stækkar markaðsvæði á ferskum fiski í samræmi við þá fjölgun. Mikil tækifæri felast í þessari flutningsleið en fersk flakastykki skila mestum verðmætum í þorski og ýsu á Íslandi.

Tími frá veiðum er mikilvægur í þessari framleiðslu vegna þess hve skammur líftími vörunnar er, en það byggir líka mikið á kælikeðju afurða.

Með nýjum skipum og góðri kælingu um borð strax eftir veiðar, með Rotex búnaði og síðar Sub-Cilling™ Onboard, hefur orðið mikil breyting til batnaðar og framúrskarandi hráefni berst til vinnslunnar. Í vinnslunni hinsvegar gerist það víða að hitastig afurða hækkar og nær allt að 4-6 °C í pökkun. Ýmsar aðferðir eru notaðar til að kæla flakastykki niður fyrir flutning; setja heilu brettin í frysti fyrir afskipun, setja aukalega ísmottu í kassana eða nota þurrís (gufar upp við -80 °C) til að snöggkæla afurðir. Þessar aðferðir eru allar slæmur kostur þar sem hætta er á að ysta lag á bretti í frysti getur frosið, auka ísmottur valda kostnaði og þurrís er bæði dýr og getur myndað frostbruna í þeim flökum sem komast í snertingu við hann. Besti kosturinn er að halda hitastiginu niðri í gegnum vinnsluna. Ofurkæling virðist geta tryggt það og spurning hvort rétt sé að koma fyrir Rotex búnaði framan við flökun sem tryggir að allt hráefni, hvort heldur það hafi verið ofurkælt um borð í veiðiskipi eða ekki, sé kælt niður í -0,8 °C og fiskurinn þannig gerður einsleitur (stífur) fyrir vinnsluna. Margar mælingar hafa sýnt að þessi aðferð skilar flökum í pökkun undir 0 °C. Frekari tilraunir þarf að gera til að skoða hvort þessi aðferð kæmi í staðin fyrir flakakæli, sem virðist vera nauðsynlegur miðað við núverandi aðferðir, til að tryggja hitastig í flökum undir 0 °C við pökkun.

Tilraunir með Curio C2011 flökunarvélina sýna að hún vinnur mjög vel á stífari flökum, hvort heldur að þau komi úr flakakæli eða úr ofurkælingu á fiski fyrir flökun. Ókostur við flakakæli og nýja roðflettivél er að nota þarf aukalega fjóra starfsmenn til að raða inn á flakakælinn og

síðan roðrífu, en á móti kemur að hægt er að fækka við snyrtingu á flökum. Hinsvegar má halda því fram að til framtíðar verði menn að leysa vandamál við of heita afurð við þökkun og tryggja þar lágt hitastig fyrir flutning.

Í tilrauninni á Vopnafirði var hefðbundið hráefni fengið af Helgu Maríu RE sem er með Rotex kælíbúnað, og kælir þannig aflann strax niður í 0 °C áður en hann er ísaður niður í lest. Þetta er betri kæling en hefðbundin með ís, en þá er fiskurinn allt að sólarhring að kólna niður í 0 °C. Sýnt hefur verið fram á að slík kæling hefur áhrif á dauðastirðnunarferlið og getur því haft áhrif á gæði afurða (Gunnar, Albert , & Anton, Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiksflaka, 2016).

Með ofurkælingu er ekki bara hægt að auka gæði og nýtingu heldur getur aðferðin tryggt íslausan flutning á hráefni og afurðum og sparað þannig flutningskostnað og kolefnisspor.

6 ÞAKKARORÐ

AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi og Rannís er þakkað fyrir þeirra framlag til verkefnisins, en styrkir frá sjóðunum var forsenda þess að hægt væri að gera þessar tilraunir.

Ragnari Arnbirni Guðmundssyni er þakkað fyrir hans framlag við tilraunir; samanburð á ofurkældri og hefðbundinni ýsu, og nýtingarprufum og gæðamati á báðum hópum. Starfsmönnum Kambs fiskvinnslu er þakkað þeirra framlag við ýsutilraunir.

Starfsmönnum H.B. Granda er þakkað þeirra framlag til verkefnisins. Sérstakar þakkir eru til starfsmanna fiskvinnslufyrirtækisins á Vopnafirði sem lögðu mikið á sig til að greiða fyrir rannsóknum á þorski.

HEIMILDASKRÁ

Gunnar, Þ., Albert, H., & Anton, G. H. (2016). *Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiskflaka*.

Ísafjörður: Matís.

Gunnar, Þ., Albert, H., & Guðbjartur, F. (2015). *Ofurkæling á afla smábáta*. Reykjavík: Matís.

Gunnar, Þ., Albert, H., & Hólmfríður. (2014). *Vinnsla á ofurkældum afla*. Reykjavík: Matís.

Gunnar, Þ., Sigurjón, A., & Magnea, K. (2017). *Sub chilling of fish*. Reykjavík: Matís.

Kristín, A. K., & Sigurjón, A. (2005). *Prótein í frárennslisvatni*. Reykjavík: Matís.

Stefán, F. B. (2012). *Bætt vatnsnotkun í fiskvinnslu*. Reykjavík: Matís.

7 VIÐAUKAR

Kynningarbæklingur Skaginn 3X fyrir Sub-Zero Skinner

[https://www.dropbox.com/s/rcswrwida5ruzdg/Sub-Zero Skinner lowres.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/rcswrwida5ruzdg/Sub-Zero_Skinner_lowres.pdf?dl=0)

Kynningarmyndband fyrir Sub-Zero Skinner

https://www.youtube.com/watch?v=yoa5ngGRF_U&feature=youtu.be&autoplay=0&rel=0

<https://www.dropbox.com/home/Skinning%20Machine%20Skaginn3X>