

Auðlindir & afurðir  
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir  
Food Safety, Environment  
& Genetics

Viðskiptaþróun  
Business Development

Líftækni & lífefni  
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun  
Analysis & Consulting



# Samanburður á pökkun ferskra fiskafurða í kassa og ker til útflutnings með skipum

Magnea G. Karlsdóttir  
Ásgeir Jónsson  
Gunnar Þórðarson  
Björn Margeirsson  
Sigurjón Arason  
Aðalheiður Ólafsdóttir  
Þorsteinn Ingi Víglundsson

**Auðlindir og afurðir**

**Skýrsla Matís 11-16**  
Júlí 2016

**ISSN 1670-7192**

Titill / Title	<b>Samanburður á pökkun ferskra fiskafurða í kassa og ker til útflutnings með skipum /</b> Packing of fresh fish products in boxes and tubs intended for sea transport		
Höfundar / Authors	Magnea G. Karlsdóttir <sup>1</sup> , Ásgeir Jónsson <sup>3,4</sup> , Gunnar Þórðarson <sup>1</sup> , Björn Margeirsson <sup>2</sup> , Sigurjón Arason <sup>1</sup> , Aðalheiður Ólafsdóttir <sup>1</sup> , Þorsteinn Ingi Víglundsson <sup>5</sup> <sup>1</sup> Matís ohf.; <sup>2</sup> Sæplast ehf.; <sup>3</sup> Háskóli Íslands; <sup>4</sup> Háskólinn á Akureyri; <sup>5</sup> Thor-Ice.		
Skýrsla / Report no.	11-16	Útgáfudagur / Date:	Júlí 2016
Verknr. / Project no.	2003-2289		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi (R 034-14)		
Ágrip á íslensku:	<p>Markmið rannsóknarinnar var að finna bestu og hagkvæmstu aðferð við pökkun ferskra fiskafurða fyrir sjóflutning með það í huga að hámarka geymsluþol vöru, sem er einn lykilmáttur í markaðssetningu á ferskum fiskafurðum.</p> <p>Gerðar voru tilraunir með flutning á ferskum fiskafurðum í kerum með ískrapa og borið saman við flutning í frauðplastkössum með tilliti til hitastýringar, afurðagæða og flutningskostnaðar. Bornir voru saman mismunandi afurðahópar sem var pakkað í mismunandi umbúðir og geymdir við mismunandi geymsluhita. Tilgangur þessara tilrauna var að herma eftir umhverfisaðstæðum við flutning á ferskum fiskafurðum, með það fyrir augum að meta áhrif forkælingar fyrir pökkun og pökkunaraðferða á geymsluþol afurðanna. Niðurstöður gefa skýrt til kynna að kæling afurða fyrir pökkun sem og lágt og stöðugt geymsluhitastig eru með þeim mikilvægustu þáttum sem auka geymsluþol ferskra fiskafurða. Mismunandi pökkunarlausnir höfðu einnig áhrif á geymsluþol ferskra fiskafurða, þó voru áhrifin ekki jafn afgerandi og áhrif hitastigs.</p> <p>Niðurstöðurnar gefa til kynna auknar líkur á lengra geymsluþoli ef ferskum fiskafurðum er pakkað í ker með undirkældum krapa samanbórið við hefðbundna pökkun í frauðplastkassa með ís. Til að áætla nauðsynlegt magn ískrapa til að viðhalda ásættanlegu hitastigi var þróað varmaflutningslíkan. Hagræn greining á mismunandi pökkun og flutningi var framkvæmd í verkefninu og sýnir sú vinna umtalsverðan sparnað með notkun kera við flutning á ferskfiskafurðum í samanburði við frauðplastkassa. Ker geta leyst frauðplastkassa af hólmi að töluverðu leyti og verið hagkvæmur kostur fyrir sum fyrirtæki. Hagræna greiningin sýndi fram á að stærri aðilar gætu notfært sér þessa aðferð, þar sem þeir geta fyllt heila gáma til útflutnings. En aðferðin nýtist minni vinnslum ekki síður, sem ekki hafa burði til að fara í miklar fjárfestingar í búnaði til að tryggja fullnægjandi kælingu fyrir pökkun á afurðum til útflutnings á fersku hráefni. Niðurstöðurnar eru gott innlegg í umræður um ferskar fiskafurðir á erlendum mörkuðum.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Ferskur fiskur; þorskur; kæling; flutningar; geymsluþol; pökkunarlausnir		

## Report summary

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>The goal of the study was to find the best and most efficient method of packaging fresh fish for sea transport with the aim to maximize the storage life of the product, which is a key element in the marketing of fresh fish.</p> <p>Experiments were made with the transport of fresh fish in tubs with slurry ice and compared with transport in expanded polystyrene boxes with regard to temperature control, product quality and shipping cost.</p> <p>Different product groups were compared, using different temperature conditions and packing methods to find the best outcome for fresh fish quality and storage life.</p> <p>Experimental results clearly indicate that the pre-cooling for packaging and low and stable storage temperature play a major factor to maximize storage life of fresh fish products. Different packaging solutions are also a factor, though the effect was not as dramatic as the effects of temperature.</p> <p>The results indicate an increased likelihood of prolonged shelf life if fresh fish is packed in a tub with a slurry ice compared to traditional packaging in expanded polystyrene boxes with ice. In order to estimate the necessary amount of slurry ice to maintain acceptable temperature, a thermal model was developed. Economic analysis of different packaging and transport was also carried out and the results showed substantial savings with the use of tubs for the transport of fresh fish products in comparison with the styrofoam boxes.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Fresh fish; cod; chilling; storage life; packaging solutions; fish container; transportation</i></p>

## EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>Inngangur</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Framkvæmd</b> .....	<b>3</b>
2.1	Geymslupólsrannsóknir.....	3
<b>3</b>	<b>Samantekt og túlkun niðurstaðna</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Þakkarorð</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Heimildir</b> .....	<b>8</b>
<b>Viðauki I</b> .....		<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Tilraun 1</b> .....	<b>10</b>
6.1	Framkvæmd.....	10
6.2	Niðurstöður.....	11
6.3	Ályktanir.....	14
<b>7</b>	<b>Tilraun 2</b> .....	<b>15</b>
7.1	Framkvæmd.....	15
7.2	Niðurstöður.....	17
7.3	Ályktanir.....	25
<b>8</b>	<b>Tilraun 3</b> .....	<b>26</b>
8.1	Framkvæmd.....	26
8.2	Niðurstöður.....	27
8.3	Ályktanir.....	34
<b>9</b>	<b>Tilraun 5</b> .....	<b>36</b>
9.1	Framkvæmd.....	36
9.2	Niðurstöður.....	37
9.3	Ályktanir.....	44

# 1 INNGANGUR

Mikil aukning hefur verið á útflutningi á ferskum flökum og flakastykkjum frá Íslandi, sem hefur skilað mikilli verðmætaaukningu í vinnslu á bolfiski. Fersk þorskflök og bitar eru í dag verðmætasta útflutningsafurð íslenskra sjávarútvegsfyrirtækja. Ferskur fiskur hefur almennt stuttan líftíma, jafnvel í geymslu við lágt hitastig. Takmarkað geymslupól hefur verið ein helsta hindrun í sölu og markaðssetningu á ferskum fiskafurðum frá Íslandi á erlenda markaði. Til að veða upp á móti stuttum líftíma hafa útflytjendur notast við flugfrakt. Með aukinni þekkingu á skemmdarferli ferskra fiskafurða við mismunandi aðstæður hafa skapast ný tækifæri í flutningi með kæligámum í skipum.

Samkvæmt samtölum við útflytjendur og flutningsfyrirtæki er mikill meirihluti ferskra flaka og bita flutt út í frauðkössum, bæði í flugi og sjóleiðis. Í tölum frá Hagstofu Íslands ([www.hagstofa.is](http://www.hagstofa.is)) kemur fram að á undanförunum árum hefur flutningur á ferskum flökum og bitum sjóleiðis stóraukist. Árið 2014 var 45% af öllum ferskum flökum og bitum flutt út sjóleiðis miðað við 12,3% árið 2004. Segja má að sú mikla aukning sem hefur orðið á undanförunum árum hafi farið sjóleiðis úr landi. Sýnt hefur verið fram á að sótspor hvers útflutts kíló af afurð sé mun minna með sjófrakt en flugfrakt (Birgir Örn Smáráson o.fl., 2012; Björn Margeirsson o.fl., 2012). Þrátt fyrir það tekur lengri tíma að flytja fisk sjóleiðis til helstu markaða í Evrópu eða 5-7 daga (Páll Gunnar Pálsson og Margeir Gissuráson, 2015).

Mikil tækifæri liggja í bættri meðferð á ferskum flökum og flakastykkjum til útflutnings og um verulega fjárhagslega hagsmuni að ræða fyrir framleiðendur, íslenskan sjávarútveg og þjóðarbúið í heild. Með betri stjórnun á kælikeðju við framleiðslu á ferskum fiskafurðum til útflutnings er hægt að tryggja hitastig undir 0 °C við þökkun, flutning og afhendingu vöru og samtímis bætt gæði vörunnar.

Tækifæri eru til að auka enn frekar verðmætasköpun í þessari ört vaxandi grein íslensks sjávarútvegs og niðurstöður þessarar rannsóknar eru innlegg í þá vegferð. Í þessu verkefni, sem nefnt var „Bestun ferskfiskflutninga“ og var styrkt af AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi, voru meðal annars rannsakaðar mismunandi þökkunaraðferðir fyrir sjóflutning á ferskum fiskafurðum. Bornir voru saman annars vegar flutningur í kerum (340 og 460 L Sæplast kerum) og hins vegar í frauðplastkössum. Tilgangur rannsóknarinnar var að skoða áhrif hefðbundinnar

pökkunar á gæði ferskfiskafurða þar sem ís er notaður til að tryggja hitastig sem næst 0 °C og hins vegar áhrif ofurkældrar geymslu í kerri við -1 °C. Reynt var að horfa til aðferða sem hefðbundin ferskfiskvinnsla gæti notfært sér niðurstöður til að bæta gæði framleiðslu og auka geymsluþol fiskafurða, sem er eitt lykilatriði í sölu á ferskum afurðum.

## 2 FRAMKVÆMD

Viðamiklar geymslupólsrannsóknir á ferskum fiskafurðum voru gerðar þar sem kannaðar voru áhrif mismunandi þökkunarhitastigs, þökkunarlausna og geymsluaðstæðna á líftíma. Tilað áætla hæfilegt magn og gerð ískrapa til að halda fiskhitastigi við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  í flutningi í kerum, sem er ákjósanlegt hitastig fyrir geymslu á ferskum hvítfiskafurðum, voru smíðuð varmaflutningslíkön af 340 PE og 460 PE matvælakerum frá Sæplasti. Framkvæmd og niðurstöður varmalíkanagerðarinnar má sjá í Mátis Skýrslu 07-16 (Björn Margeirsson o.fl., 2016) Auk þess var framkvæmd greining á þróun útflutnings eftir flutningsmáta og upplýsingar um helstu markaðssvæði fyrir fersk flök og bita. Að lokum var framkvæmd hagræn greining á notkun kera og frauðplastkassa með tilliti til umbúða- og flutningskostnaðar. Framkvæmd og niðurstöður hagrænu greiningarinnar má sjá í Mátis Skýrslu 10-16 (Magnea G. Karlsdóttir o.fl., 2016).

### 2.1 Geymslupólsrannsóknir

Fimm geymslupólstilraunir voru framkvæmdar í verkefninu þar sem lagt var mat á áhrif mismunandi forkælingar fyrir þökkun, mismunandi þökkunarlausnir og geymsluaðstæður á geymslupól ferskra fiskafurða. Þessar tilraunir fóru fram í október 2014 (Tilraun 1), nóvember 2014 (Tilraun 2), janúar 2015 (Tilraun 3), apríl 2015 (Tilraun 4) og í maí 2015 (Tilraun 5). Í þessari skýrslu er framkvæmd og meginniðurstöðum tilrauna 1, 2, 3 og 5 lýst ýtarlega í aðskildum köflum í Viðauka I (kaflar 6 til 9), en kafli 3 tekur saman heildarniðurstöður úr öllum tilraununum. Vegna eðlis og umfangs Tilraunar 4, þá hafa niðurstöður hennar verið birtar í aðgreindri skýrslu (Magnea Karlsdóttir o.fl., 2016).

Til þess að meta áhrif mismunandi forkælingar fyrir þökkun, mismunandi þökkunarlausna og geymsluaðstæðna á geymslupól ferskra fiskafurða voru framkvæmdar fjölmargar mælingar á efnis- og eðliseiginleikum, s.s. skynmat, efna- og örverumælingar. Í rannsókninni var hráefnið þorskur sem hefur lágt fituinnihald og helstu áhrifavaldar á geymslupól er örverugróður ásamt eðlis- og efnafræðilegum þáttum. Við örverumælingar var vöxtur heildarörvera og skemmdarörvera mældur. Einnig var skoðað vatnsinnihald og vatnsheldni sem gefa góða vísbendingu um ástand afurða og hvort þær hafa orðið fyrir niðurbroti próteina og misst þannig eiginleika til að viðhalda náttúrulegu vatnsinnihaldi. Yfirlit yfir þá þætti sem lagt var

mat á í tilraunum verkefnisins má sjá í Tafla 1. Þessu til viðbótar þá má sjá uppsetningu og helstu breytur mismunandi sýnahópa í tilraununum í Töflu 2.

**Tafla 1. Yfirlit yfir þá þætti sem lagt var mat á í tilraunum verkefnisins.**

	<b>Mældar breytur</b>	<b>Tilraun 1</b>	<b>Tilraun 2</b>	<b>Tilraun 3</b>	<b>Tilraun 5</b>
<b>Eðliseiginleikar</b>	Hitastig	x	x	x	x
	Skynmat (Torry og myndræn greining)	x	x	x	x
	Drip (Vatnstap við geymslu)			x	x
	Suðunýting	x	x	x	x
	Vatnsheldni		x	x	x
<b>Efniseiginleikar</b>	Efnasamsetning	x	x	x	x
	Heildarfjöldi reikulla basa (TVB-N)		x	x	x
<b>Örverufræðilegir eiginleikar</b>	Heildarörverufjöldi (TVC)		x	x	
	H <sub>2</sub> S-myndandi örverur		x	x	



Tafla 2. Yfirlit yfir uppsetningu mismunandi sýnahópa í tilraunum framkvæmdum í verkefninu.

Tilraunir	Hópur	Pökkun	Upphafshiti við pökkun	Endurpökkun	Geymsluhiti
Tilraun 1 Október 2014 Ysufliök	A	5 kg frauðplastkassar	+1 °C	Nei	+4 °C í 4 daga og svo +1 °C út geymslutímenn
	B*	5 kg frauðplastkassi m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C í 4 daga og svo +4 °C út geymslutímenn
	C	Vakúmpokar í keru m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímenn
	D	5 kg plastpokar í keru m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímenn
	E	5 kg plastpokar í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 4 daga	-1 °C í 4 daga og +4 °C út geymslutímenn
Tilraun 2 Nóvember 2015 Þorskhnakkur	A	Frauðplastkassar; filma og ís ofaná	+2 til +4 °C	Nei	-1 °C í 5 daga og +1 °C út geymslutímenn
	B	Vakúmpokar í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C allan geymslutímenn
	C	Vakúmpokar í keru m/krapa að viðbættu fargi	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C í 5 daga og +1 °C út geymslutímenn
	D	Vakúmpokar í keru m/krapa	+2 til +4 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C í 5 daga og +1 °C út geymslutímenn
	E**	10 kg plastpokar í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C í 5 daga og +1 °C út geymslutímenn
Tilraun 3 Janúar 2015 Þorsfliök	A	5 kg gataðir frauðplastkassar	-0,6 °C	Nei	-1 °C í 4 daga og +1 °C út geymslutímenn
	B	5 kg gataðri frauðplastkassar	-0,6 °C	Nei	+1 °C allan geymslutímenn
	C	Vakúmpokar í keru m/krapa	-0,6 °C	Nei	+1 °C allan geymslutímenn
	D	5 kg ógataðir frauðplastkassar	-0,6 °C	Nei	-1 °C í 4 daga og +1 °C út geymslutímenn
Tilraun 5 Maí 2015 Þorskhnakkur	A	5 kg ógataðir frauðplastkassar	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímenn
	B	5 kg gataðir frauðplastkassar	+2-4 °C	Nei	-1 °C í 5 daga og +2-4 °C út geymslutímenn
	C	5 kg plastpokar í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C í 5 daga og +2-4 °C út geymslutímenn
	D	5 kg plastpoki í keru m/krapa	+2-4 °C	Pakkað í frauðplastkassa eftir 5 daga	-1 °C í 5 daga og +2-4 °C út geymslutímenn

\*Hópur B var ekki rannsakaður þar sem bráðið vatn lak ekki úr kössunum og lágu því flökin í vatni (krapa) og voru þar af leiðandi ónothæf.

\*\*Ekki verður farið yfir niðurstöður tilraunahóps E í þessari skýrslu þar sem einungis var mælt vatnstap við geymslu.

### 2.1.1 Hitastigsmælingar

Hitasíritarnir iButton (DS1922L) frá Maxim Integrated Products (*Mynd 1*) voru notaðir til að fylgjast með kælingu og geymslu fyrir vinnslu, bæði í hráefni og eins umhverfishita. Hitasíritarnir hafa nákvæmni upp á  $\pm 0,5$  °C og upplausn upp á 0,0625 °C.



*Mynd 1. iButton hitanemar sem voru til þess að fylgjast með hita í kælingu, geymslu, vinnslu og umhverfi pakkninga.*

### 2.1.2 Skynmat

Lagt var mat á hvort og ef svo væri þá hvernig mismunandi kæliferlar hefðu áhrif á skynræna eiginleika og geymsluþol ferskra þorskafurða. Sýnin voru metin eftir myndrænu prófi, (GDA - Generic Descriptive Analysis), þar sem skilgreindir matsþættir voru metnir til að lýsa einkennum í útliti, lykt, bragði og áferð af þjálfuðum skynmatshópi (Lawless & Heymann 2010). Átta til tíu dómarar sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO 1993b) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Notaðir voru matsþættir sem höfðu verið skilgreindir af skynmatshópi fyrir þorsk í fyrri tilraunum. Matsþættir voru 24 og eru sýndir ásamt skilgreiningum í Tafla 3. Hver matsþáttur var metinn eftir styrk á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Við ákvörðun á lokum geymsluþols með GDA aðferð er yfirleitt tekið mið af skemmdareinkennum sem metin eru með aðferðinni (t.d. súr lykt/bragð, TMA lykt/bragð, frystilykt/bragð, borðtusku- og brennisteinslykt og óbragð). Þegar þessi einkenni eru um 20-30 á þessum kvarða eru þau orðin greinileg. Sýni voru einnig metin eftir Torry ferskleikaskala fyrir magran hvítan fisk (Shewan *et al.* 1953) (Tafla 4). Einkunnir á bilinu 10 (mjög ferskur) til 3 (mjög skemmt) eru gefnar samkvæmt lýsingum á ferskleikapáttum fyrir bragð og lykt sem einkenna þorsk. Oft er miðað við að ef einkunn er 5,5 eða lægri að meðaltali sé fiskurinn ekki hæfur til neyslu, því þá eru skemmdareinkenni orðin greinileg.

Fyrir skynmat var hvert sýni um 50 g biti skorinn þvert úr hnakkastykki. Sýnin voru soðin í gufu í álboxum í 6 mínútur. Þau voru borin fram heit í álboxum með loki og voru tvö til fjögur sýni

metin í einu. Öll sýni voru dulkóðuð með þriggja stafa númeri og borin fram í mismunandi röð til að takmarka áhrif sýnaraðar á skynmatið.

Skynmatsforritið Panelcheck (V1.4.0) var notað til að skoða frammistöðu dómara. Forritið NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) var notað fyrir tölfræðiúrvinnslu og voru aðferðirnar ANOVA (GLM) og Duncan's test notaðar til að skoða mun milli hópa. Leiðrétt var fyrir notkun dómara á skala. Í úrvinnslu var miðað við 95% öryggismörk og munur því talinn marktækur ef  $p < 0,05$ . Litið var á niðurstöður hvers dags sem eitt gagnasett.

Tafla 3. Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á soðnum þorski (Lawless & Heymann 2010).

Skynmatsþáttur	Skali	Stytting	Skilgreining
<b>Lykt</b>			
Sæt lykt	engin    mikil	L-sæt	Sæt lykt
Skelfisk-/þörungalykt	engin    mikil	L-skelf.	Einkennandi fersk lykt
Vanilla/soðin mjólk	engin    mikil	L-vanilla	Vanilla, sæt soðin mjólk
Soðnar kartöflur	engin    mikil	L-kartöflur	Heitar heilar soðnar kartöflur í potti
Borðtuskylykt	engin    mikil	L-tuska	Óhreint rök borðtuska úr eldhúsinu (36 klst.)
TMA lykt	engin    mikil	L-TMA	TMA, harðfiskur, siginn fiskur, skata, amín
Skemmdarsúr	engin    mikil	L-súr	Skemmdarsúr, súr mjólk, ediksýra, smjörsýra
Brennisteinslykt	engin    mikil	L-brennist.	Brennisteinn, eldspýtur, soðið kál
<b>Útlit</b>			
Litur	Ljós    dökkur	Ú-litur	Ljós: hvítur litur. Dökkur: gulur, brúnn, grár
Misleitur	einsleitur    misleitur	Ú-misleitur	Misleitur: t.d. blettir, mislitur í kantinn
Hvítar útfellingar	ekkiert    mikið	Ú-útfell.	Hvítar útfellingar á bita
Flögur	ekkiert    mikið	Ú-flögur	Fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
<b>Bragð</b>			
Saltbragð	ekkiert    mikið	B-salt	Saltbragð
Málmkennt bragð	ekkiert    mikið	B-málmur	Einkennandi málmbragð af ferskum þorsk
Sætt bragð	ekkiert    mikið	B-sætt	Einkennandi sætt bragð af ferskum þorsk
Rammt bragð	ekkiert    mikið	B-rammt	Rammt bragð
Skemmdarsúrt	ekkiert    mikið	B-súrt	Skemmdarsúrt bragð
TMA bragð	ekkiert    mikið	B-TMA	TMA, harðfiskur, siginn fiskur
Ýlda	ekkiert    mikið	B-ýlda	Styrkur á ýldu (skemmdarbragð/off-flavour)
<b>Áferð</b>			
Mýkt	stinnur    mjúkur	Á-mýkt	Fyrsti biti
Safi	þurr    safaríkur	Á-safi	Þurr, dregur safu úr munni
Meyrni	seigur    meyr	Á-meyrni	Þegar tuggið hefur verið nokkrum sinnum
Maukkennt	lítið    mikið	Á-maukk.	Mauk, grautur
Gúmmíkenndur	lítið    mikið	Á-gúmmík.	Gúmmí, fjaðrandi

Tafla 4. Torry einkunnaskali fyrir magran fisk eins og þorsk (Shewan *et al.* 1953).

Lykt	Bragð	Einkunn
Dauf lykt af sætri soðinni mjólk, sterkju	Vatnskennt, málmkennt. Ekki sætt en kjötkennt munnhrif, e.t.v. örlítill sæta	10
Skelfisk-, þörungalykt, soðið kjöt	Sætt, kjötkennt, einkennandi fyrir tegundina	9
Minnkandi hlutlaus lykt	Sætt, einkennandi en daufara	8
Sag, timbur, vanilla	Hlutlaust	7
Soðin mjólk, soðnar kartöflur	Bragðlitið (í átt að óbragði)	6
Mjólkurkönnulykt, soðinn þvottur	Aðeins súrt, vottur af óbragði	5
Súr mjólk, mjólkursýra, TMA-lykt	Aðeins beiskt, súrt, vottur af TMA (sigið), óbragð	4
Ediksýru-, smjörkýru-, sápu-, rófulykt	Sterkt beiskt, TMA bragð, örlítið sulfít	3

### 2.1.3 Efna- og örverumælingar

Við örverumælingar voru sýnin ræktuð á járnagar (17 °C), með yfirborðssáningu, í 5 daga. Allar kóloníur voru taldar til að finna heildarfjölda. Svartar kóloníur voru taldar sérstaklega til að finna fjölda H<sub>2</sub>S myndandi örvera. Þær mynda H<sub>2</sub>S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. Einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, *Shewanella putrefaciens*, myndar svartar kóloníur á þessu æti. Þessi gerill brýtur trímetylámín oxíð (TMAO) niður í súrefni og trímetylámín (TMA) úr en TMA hefur oft verið notað sem mælikvarði á skemmdarferli ferskra sjávarafurða (Magnússon *et al.* 2007).

Vatnsinnihald (g/100 g) var metið út frá massatapi við þurrkun sýnis í fjórar klukkustundir við 105 °C (ISO 1993a).

Mælingar á heildarmagni reikulla basa (TVB-N) voru gerðar samkvæmt aðferð Malle & Tao (1987). TVB-N var mælt með eimingu (Struers) og títrun eftir útdrátt fiskvöðvans með 7,5% trichloracetic acid lausn (TCA). Eimuðu TVB-N var safnað í bórsýrulausn og títrað með H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 2.1.4 Vatnsheldni og suðunýting

Vatnsheldni flakanna var mæld með skilvindun (Eide *et al.* 1982). Hökkuð sýni (2,0 g) voru í sérstök sýnaglös úr plexigleri og komið fyrir í þar til gerðum plasthulsum í skilvindu (Biofuge Stratas, Thermo eletron corportation, Germany) með 1350 rpm hraða við 0-5 °C, í 5 mín.

Vatnsheldni er hér skilgreind sem hæfni sýnis til að halda í eigin vökva undir þrýstingi við skilvindun.

Til þess að leggja mat á suðunýtingu flakanna voru u.þ.b. 50 g bitar skornir úr hverju flaki og gufusoðnir við 95-100 °C í 8 mín. (Convotherm, Elektrogeräte GmbH, Eglfing, Germany). Eftir eldun var soðvökva helt frá og sýnin kæld að stofuhita áður en þau voru vigtuð aftur. Suðunýting var reiknuð út frá því þyngdartapi sem átti sér stað við eldun:

$$\eta_{\text{Eldun}} = \frac{\text{Massi eftir suðu (g)}}{\text{Massi fyrir suðu (g)}} \times 100$$

### **2.1.5 Tölfræðileg úrvinnsla**

Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd með Microsoft Excel 2010 og SigmaPlot 12.0. ANOVA (one way variance analysis) ásamt samanburðarprófi Duncan's voru notuð til að meta marktækan mun á milli hópa. Í úrvinnslu var miðað við 95% öryggismörk ( $p < 0,05$ ).

### 3 SAMANTEKT OG TÚLKUN NIÐURSTAÐNA

Forkæling fiskafurða fyrir pökkun í ker hefur afgerandi áhrif á það magn af afurðum, sem koma má fyrir í kerri ef gerð er krafa um að viðhalda fiskhitnum  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Þetta skýrist af því að með hækkandi fiskhita við pökkun þarf aukið magn af ískrapa til að lækka fiskhitann í  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  og þar með minnkar rýmið fyrir fiskinn innan kersins. Rúmmálsnýtingu kers, þ.e. magn af fiskafurðum í kerri, þarf vitaskuld að hámarka til að lágmarka flutningskostnað og gera pökkun fiskafurða í ískrapa í ker raunhæfan valkost við sjóflutning samanborið við frauðplastkassa. Gefnar hafa verið út leiðbeiningar um kæligetu ískrapa til kælingar á fiskafurðum í kerum, en þessar leiðbeiningar eiga að nýtast til að áætla það fiskafurðamagn, sem pakka má í 340 PE og 460 PE Sæplast ker (Björn Margeirsson o.fl., 2016). Miðað er við að pakka fiski í ískrapa með hitastig  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , íshlutfall 35% og salthlutfall 1,2% og magn ískrapans nægi til að viðhalda  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  í ískrapa og fiski í fjóra daga við umhverfishita milli  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  og  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Taka ber fram að leiðbeiningarnar taka einungis kælipörf með í reikninginn en ekki mögulegt, óæskilegt farg sem getur skapast í neðstu fisklögum í kerri og getur mögulega valdið nýtingar- og gæðatapi. Mikilvægt er að ná að kæla fiskafurðirnar fyrir pökkun, helst niður fyrir  $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sem er upphafsfröstmark þorsks. Miðað við umhverfishitann  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  í 4 daga er niðurstaðan að ekki má pakka meira en 250 kg af fiski við  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  í 340 PE Sæplast ker samanborið við um 323 kg í sama ker ef fiskhitinn er  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Björn Margeirsson o.fl., 2016).

Eitt af meginmarkmiðum þessa rannsóknarverkefnis var að leggja mat á áhrif forkælingar fyrir pökkun, mismunandi pökkunarlausnir, og geymsluaðstæður á geymsluþol ferskra fiskafurða. Mismunandi pökkunarlausnir fólust m.a. í að pakka ferskum fiskafurðum í hefðbundna frauðplastkassa (með og án gata) og í ker með krapa, en þá voru afurðirnar bæði í lofttæmdum umbúðum ( $\sim 1\text{ kg}$  pakkningar) og í plastpoka ( $\sim 5\text{ kg}$  pakkningar). Afurðum pakkað í ker var síðan ýmist endurpakkað í frauðplastkassa eftir fjóra til fimm daga geymslu eða geymd allan geymslutímenn í kerinu (Tafla 2). Geymsluaðstæður voru síðan mismunandi þar sem reynt var að líkja eftir raunverulegum aðstæðum við flutning og geymslu.

Niðurstöður tilrauna verkefnisins gefa skýrt til kynna að forkæling fyrir pökkun sem og lágt og stöðugt geymsluhitastig spila mjög mikilvægt hlutverk hvað varðar geymsluþol ferskra fiskafurða (Tafla 5), en mælingarnar sýndu marktæka fylgni á milli geymsluþols og meðalhitastigs fisks til loka geymsluþols ( $r = -0,72$ ;  $p = 0,003$ ).

Tafla 5. Yfirlit yfir meðalfiskhiti tilraunahópa, ásamt mældu geymsluþoli skv. Torry ferskleikaeinkunn. Einkunn við og undir 5,5 gefur til kynna lok geymsluþols.

	Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols (°C)	Geymsluþol (dagar)
Tilraun 1 október 2014 Ýsuflök	A	+2,9 ± 1,1	6,5
	C	-0,3 ± 0,2	>11
	D	+0,8 ± 1,2	9,8
	E	-0,5 ± 0,4	10
Tilraun 2 janúar 2015 Þorskhnakkar	A	NA	>10
	B	-1,0 ± 0,2	12-13
	C	-0,6 ± 0,2	11-12
	D	+0,1 ± 1,0	>10
Tilraun 3 apríl 2015 Þorskflök	A	-0,1 ± 0,5	8,5
	B	0,2 ± 0,3	8
	C	-0,5 ± 0,1	>10
	D	-1,1 ± 0,3	9,5
Tilraun 5 maí 2015 Þorskhnakkar	A	-0,5 ± 0,2	10
	B	-0,0 ± 0,5	10
	C	-0,4 ± 1,0	12
	D	-0,7 ± 0,4	12

Mismunandi þökkunarlausnir höfðu einnig áhrif á geymsluþol ferskra fiskafurða, þó voru áhrifin ekki jafn afgerandi og áhrif hitastigs. Niðurstöðurnar gefa til kynna auknar líkur á lengra geymsluþoli ef ferskum fiskafurðum er pakkað í ker með krappa samanborið við frauðplastkassa ( $r = 0,67$ ;  $p = 0,005$ ). Niðurstöður verkefnisins gefa einnig til kynna að það að hindra aðgengi súrefnis að afurðunum skiptir ekki síður máli og að viðhalda lágu hitastigi frá þökkun og út geymslutímum til að lengja geymsluþol ferskra fiskafurða. Þessa niðurstöðu má rekja til þess að flestar skemmdarörverur ferskra fiskafurða, s.s. *Shewanella putrefaciens*, krefjast súrefnis til vaxtar og þola þ.a.l. illa loftfirrtar aðstæður. Að pakka afurðum í lofttæmdar umbúðir krefst meiri vinnu þar sem hver þakning inniheldur eingöngu 1-2 flök/hnakka, en með því er mögulegt að geyma afurðina við kjörhitastig í ískrapa,  $-1$  °C, og halda þeim hita stöðugum þrátt fyrir sveiflur í umhverfishita. Þess háttar þakningar gefa einnig möguleika á að þeim fylgi neytendaupplýsingar, strikamerki og vörulýsing, og því tilbúna til dreifingar á neytendamarkað.

Hægt er að ná fram mikilli hagræðingu í flutningi ferskra afurða (mældri í kr/kg) með notkun kera. Munað getur meira en 50% á kostnaði miðað við smæstu frauðkassa. Þá er ótalinn mögulegur ávinningur af lengri líftíma vöru vegna betri kælingar. Þó eru nokkrir takmarkandi

þættir á notkun kera. Ákveðinn rekjanleiki þeirra verður að vera til staðar og kaupandi verður að vera tilbúinn að taka við afurð í kerum. Að öllu óbreyttu eru ker ekki líkleg til að leysa frauðkassa af hólmi nema að hluta til vegna praktískra þátta í dreifingu afurða. Í vissum tilfellum gæti flutningur í kerum þó hentað mjög vel. Hagræðingarmöguleikar, að líkum á auknum gæðum ótöldum, eru það miklir að vert er fyrir sérhvern ferskfiskútflytjanda að kanna möguleika þess á að flytja ferskar afurðir í kerum (Ásgeir Jónsson o.fl., 2016).

#### **4 ÞAKKARORÐ**

Höfundar skýrslunnar þakka AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi (R 034-14) fyrir veittan styrk til verkefnisins. Fyrirtækjum sem tóku þátt í þessu verkefni er sérstaklega þakkað fyrir þeirra framlag.



## 5 HEIMILDIR

- Ásgeir Jónasson, Björn Margeirsson, Sigurjón Arason, Ögmundur Knútsson og Magnea G. Karlsdóttir (2016). Hagræn greining á ferskfiskflutningum. Reykjavík, Matís skýrsla 10-16.
- Birgir Örn Smáráson, Jónas R. Viðarsson, Gunnar Þórðarson og Lilja Magnúsdóttir (2012). Life Cycle Assessment on fresh Icelandic cod loins. Reykjavík, Matís Skýrsla 24-14.
- Björn Margeirsson, Birgir Örn Smáráson, Gunnar Þórðarson, Aðalheiður Ólafsdóttir, Eyjólfur Reynisson, Óðinn Gestsson, Emilía Martinsdóttir, Sigurjón Arason (2012). Comparison of transport modes and packaging methods for fresh fish products – storage life study and life cycle assessment. Reykjavík, Matís skýrsla 35-12.
- Björn Margeirsson, Sigurjón Arason, Þorsteinn Ingi Víglundsson og Magnea G. Karlsdóttir (2016). Leiðbeiningar um kæligetu ískrapa til kælingar á fiskafurðum í kerum. Reykjavík, Matís skýrsla 07-16.
- Eide, O., T. Borresen and T. Strom (1982). "Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*) A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species." *Journal of Food Science* 47: 347-349.
- ISO (1993a). "Determination of moisture and other volatile matter content (6496)." Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- ISO (1993b). "ISO 8586. Sensory analysis general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: selected assessors." Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- Lawless, H. T. and H. Heymann (2010). "Sensory evaluation of food, Principles and practices." Springer Science + Business Media P 240-246.
- Magnea G. Karlsdóttir, Gunnar Þórðarson, Ásgeir Jónsson, Hrunn Ólafsdóttir, Sigurjón Arason, Björn Margeirsson og Aðalheiður Ólafsdóttir (2016). Greining á skemmdarferlum við ferskfiskflutning. Reykjavík, Matís skýrsla 09-16.
- Magnússon, H., H. L. Lauzon, K. Sveinsdóttir, Á. Þorkeldsdóttir, B. Guðbjörnsdóttir, E. Martinsdóttir, G. Ólafsdóttir, M. Guðjónsdóttir, S. Bogason and S. Arason (2007). Geymslupólstilraunir á þorskbitum: Áhrif ofurkælingar, þæklunar og gasþökkunar á gæðabreytingar og geymslupól. Matís skýrsla 50-07.
- Malle, P. and S. H. Tao (1987). "Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation." *J Food Protect* 50(9): 756-760.
- Páll Gunnar Pálsson og Margeir Gissurarson, (2015). Ferskfiskbókin - fjölbreyttar og gagnlegar upplýsingar um framleiðslu á kældum fiski. Matís, Reykjavík.
- Shewan, J. M., R. G. Macintosh, C. G. Tucker and A. S. C. Ehrenberg (1953). "The development of a numerical scoring system for the sensory assessment of the spoilage of wet white fish stored in ice." *J Sci Food Agric* 4: 283-298.

## **VIÐAUKI I**

Ýtarlegar lýsingar á framkvæmd og niðurstöðum tilrauna

## 6 TILRAUN 1

Við upphaf verkefnisins var framkvæmd fortíraun sem hafði það að markmiði að leggja mat á áhrif forkælingar fyrir þökkun, þökkunarlausna og flutningsleiða á geymsluþol ferska fiskafurða. Niðurstöður þessarar fortíraunar voru síðar notaðar til ákvörðunar á áframhaldandi tílraunum þar sem farið var í ítarlegri rannsóknir.

### 6.1 Framkvæmd

Tílraunin var framkvæmd í október 2014 með línuveidda ýsu sem landað var deginum áður en tílraunir hófust. Alls voru settir upp 4 mismunandi sýnahópar (Tafla 6). Við framkvæmd tílraunarinnar voru notaðir gámakassar (ógataðir frauðplastkassar að viðbættum „sérgerðum götum“ niður við botn kassanna) fyrir sýnahóp B. Þessi „sérgerðu göt“ á kössum hjá sýnahóp B skilaði ekki tilsettum árangri, þ.e. bráðið vatn lak ekki úr kössunum. Sýnahópur B var því ekki metinn þar sem flökin lágu í vökva (krapa).

Tafla 6. Yfirlit yfir uppsetningu sýnahópa í Tílraun 1. \*Hópur B var ekki rannsakaður þar sem bráðið vatn lak ekki úr kössunum og lágu því flökin í vatni (krapa) og voru þar af leiðandi ónothæf.

Hópur	Þökkun	Upphafshitastig við þökkun	Endurþökkun eftir 4 daga	Geymsluhiti
A	5 kg frauðplastkassa	+1 °C	Nei	+4 °C í fjóra daga og svo +1 °C út geymslutímenn
B*	5 kg frauðplastkassi m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C í fjóra daga og svo +4 °C út geymslutímenn
C	Vakúmpokar í ker m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímenn
D	5 kg plastpokar í ker m/krapa	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímenn
E	5 kg plastpokar í ker m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í fjóra daga og svo +4 °C út geymslutímenn

- A. Frauð-Flug-Hitasveiflur:** Pakkað var í 5 kg af hefðbundnum frauðplastkössum frá Tempru fyrir flug. Sýni voru tekin við hleðslu í flutningabíl og flutt til Matís í Reykjavík þar sem hermt var eftir flugi til Bretlands. Eftir hermt flug var fiskur geymdur í fjóra sólarhringa við +4 °C til að líkja eftir aðstæðum við komu til Bretlands. Settir voru hitasíritar í hvorn kassa til að mæla hitastig í afurð og einnig var umhverfishiti mældur.
- C. Ker-Kæligámur-Vakúmpokar-Stöðugt:** Flökum var pakkað í lofttæmdar pakkningar (IP = Individual Packaging) (um 1 kg/stk) í -1 °C ískrapa í 340 L ker (Sæplast, Dalvík). Sýni voru geymd í ískrapanum út geymslutímenn.
- D. Ker-Kæligámur-Plastpokar-Stöðugt:** Pakkað var í tvo 5 kg plastpoka í -1 °C ískrapa í 340

L ker (Sæplast, Dalvík) með um 5 kg af afurðum. Sýni voru geymd í ískrapanum út geymslutímann.

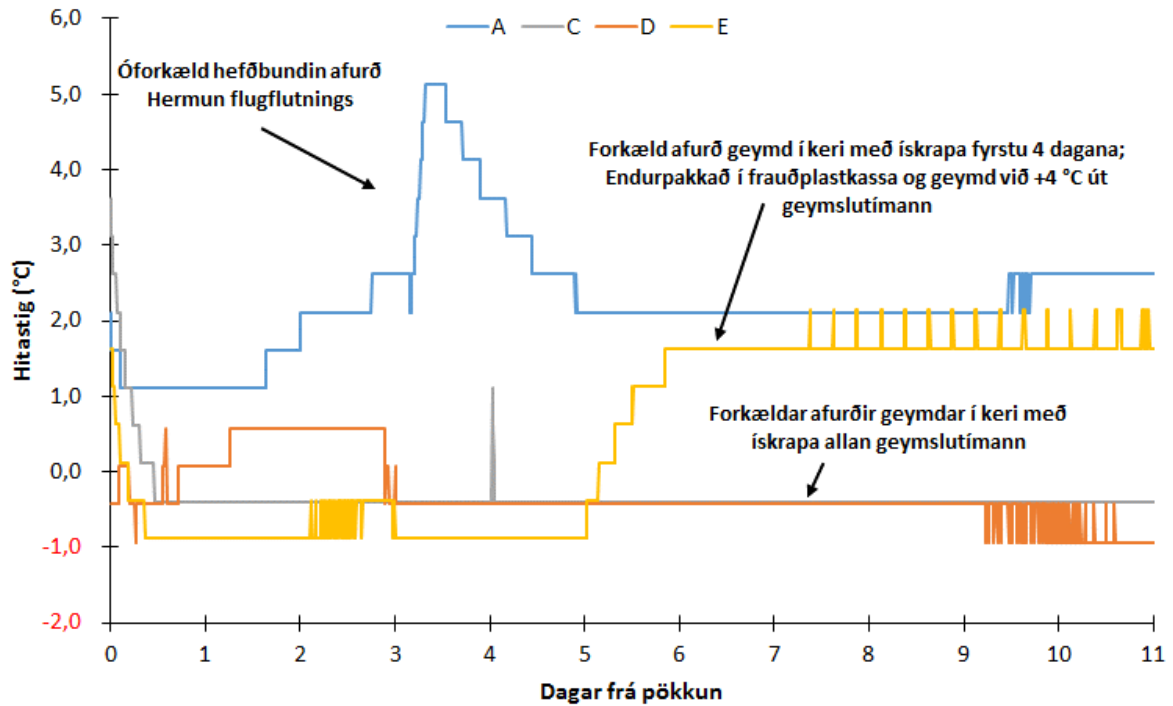
- E. Ker-Kæligámur-Plastpokar-Hitasveiflur:** Pakkað var í tvo 5 kg plastpoka í -1 °C ískrapa í 340 L ker (Sæplast, Dalvík) með um 5 kg af afurðum. Hermt var eftir flutningi í kæligám, -1 °C í fjóra sólarhringa og plastpokar þá settir í frauðplastkassa í kæli við um +4 °C til áframhaldandi geymslu.

Sýni voru tekin eftir 4, 7, 11 og 14 daga í geymslu. Auk þess að fylgjast með hitastigsbreytingum hjá sýnahópunum í geymslunni var lagt mat á suðunýtingu sem og geymslupól skv. Torry ferskleikaskalanum.

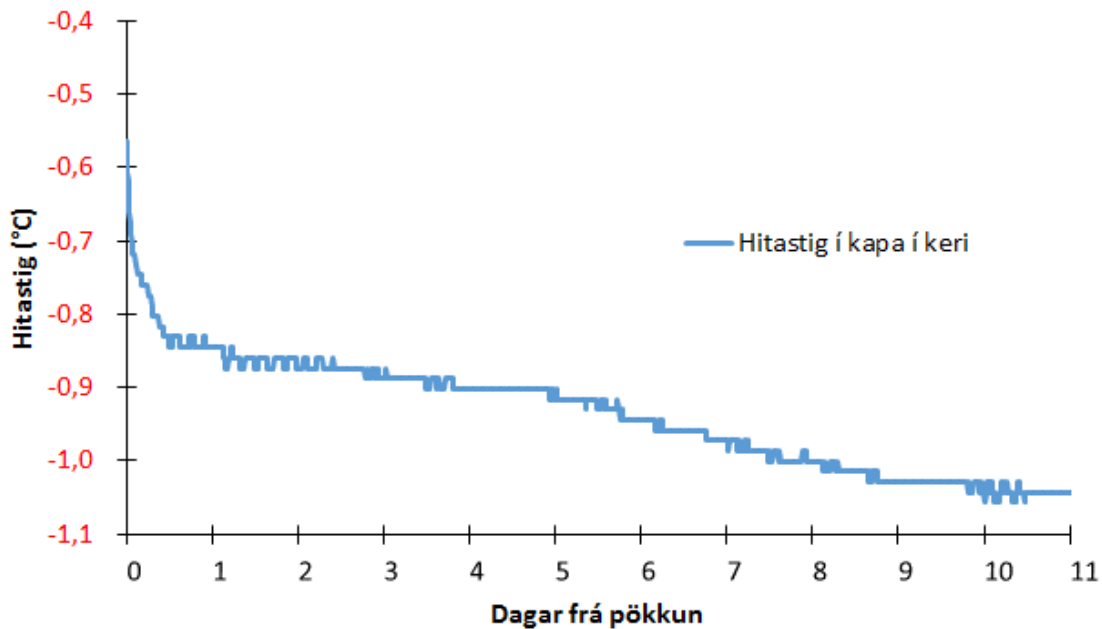
## **6.2 Niðurstöður**

### **6.2.1 Hitaferlar**

Á Mynd 2 má sjá hitaferla tilraunahópanna. Hópur A líkir eftir flutning á ferskfiskflutning til Bretlands með flugi þar sem afurð er pakkað við +1 °C og verður svo fyrir umhverfisáreiti við flutninginn, og fer hitastigið í +5 °C á fjórða degi. Hópur C ásamt E, héldu réttu hitastigi -0,5 °C allan tímann en hópur D hækkar á sjötta degi í tæplega +2 °C til að líkja eftir umhverfi í Bretlandi.



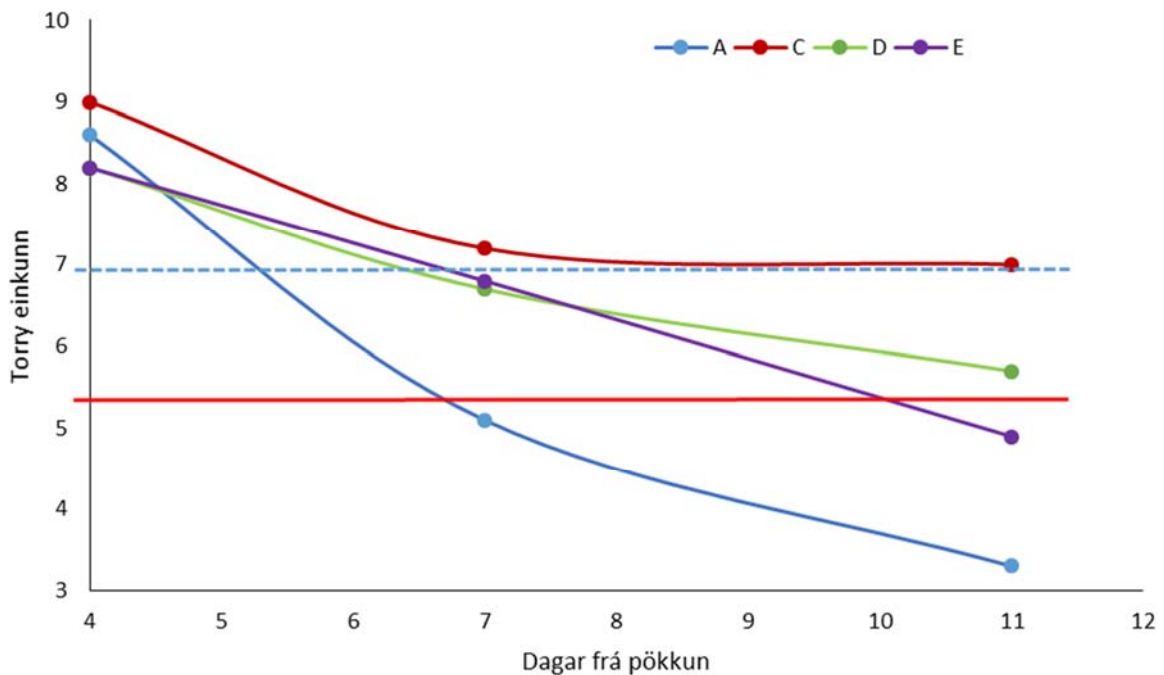
Mynd 2. Umhverfishiti sýnahóparna í Tilraun 1. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg frauðplastkassa og geymdur fyrstu fjóra dagana við +4 °C en síðan út geymsluna við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í loftæmdar umbúðir (IP; Individual packaging) og kældur og geymdur í kerri m/krapa allan geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka í ker m/krapa, geymdur allan tímann í krapanum; Hópur E: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka og geymdur í ker m/krapa fyrstu fjóra dagana, var síðan færður í frauðplastkassa og geymdur við +4 °C út geymslutímann.



Mynd 3. Meðalhitastig í krapa í ker út geymslutímann. Kerrið var geymt við -1 °C umhverfishita allan tíman. Tilraunahópar C og D voru geymdir allan tímann í kerinu. Hópur E var geymdur fyrstu fjóra daga geymslunnar í kerinu.

## 6.2.2 Skynmat

Sýnahópar voru metnir samkvæmt Torry einkunnarstiga. Ferskleikaeinkunnir voru á bilinu 8,2-9 á fyrsta sýnatökudegi (fjórum dögum eftir pökkun), en lækkuðu með geymslutíma, þó mishratt fyrir mismunandi hópa (*Mynd 4*). Samanburðarhópurinn (Hópur A) féll hraðast og var undir mörkum neysluhæfni (5,5) á degi sjö. Forkæld flök í krapa og geymd allan tímann við -1 °C í kerri (Hópur C) viðhélt ferskleikaeinkennum sínum mun lengur samanborið við aðra sýnahópa og var enn við ferskleikamörkin (7,0) eftir 11 daga geymslu (*Tafla 7*).



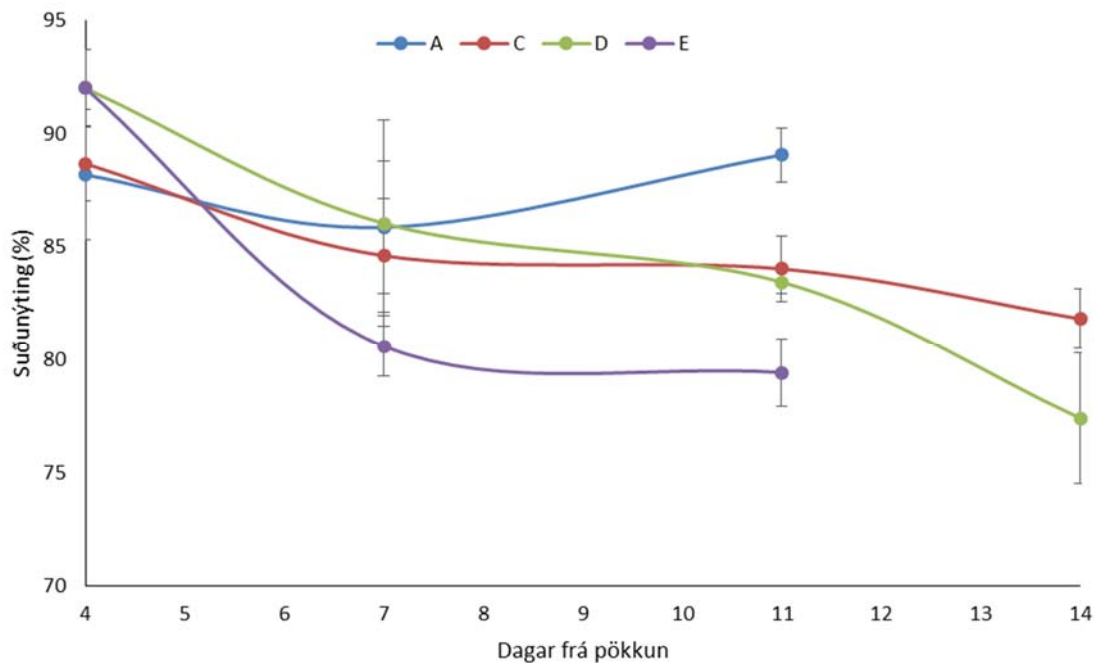
*Mynd 4. Ferskleika einkunnir (Torry) sýnahópanna í Tilraun 1. Blá brotalínan sýnir ferskleikamörkin (7,0) á meðan rauða línan sýnir neysluhæfni mörkin (5,5). Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg frauðplastkassa og geymdur fyrstu fjóra dagana við +4 °C en síðan út geymsluna við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúm poka (IP; Individual packaging) og kældur og geymdur í kerri m/krapa allan geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka í ker m/krapa, geymdur allan tímann í krapanum; Hópur E: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka og geymdur í ker m/krapa fyrstu fjóra dagana, var síðan færður í frauðplastkassa og geymdur við +4 °C út geymslutímann. Frekari lýsingar á sýnahópunum má sjá í Tafla 6.*

**Tafla 7. Meðalfiskhiti tilraunahópa í tilraun 1, ásamt mældu geymsluþoli skv. Torry ferskleikaeinkunn. Einkunn við og undir 5,5 gefur til kynna lok geymsluþols. Frekari lýsingar á sýnahópunum má sjá í Tafla 6.**

Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols (°C)	Geymsluþol (dagar)
A	+2,4 ± 0,7	6,5
C	-0,4 ± 0,1	>11
D	-0,5 ± 0,4	9,8
E	+0,8 ± 1,1	10

### 6.2.3 Suðunýting

Mynd 5 sýnir suðunýtingu tilraunahópanna. Á degi fjögur eftir pökkun var suðunýting allra hópanna frekar há eða á bilinu 88-92%. Sá hópur sem féll hraðast í suðunýtingu voru flök kæld í krapa í kerri, en þau urðu fyrir hitasveiflum á geymslutímanum (Hópur E). Á degi 11 voru hópar A og E óneysluhæfir skv. Torry ferskleikaskalanum og voru því aðeins hópar C og D metnir á degi 14. Minnsta breyting í suðunýtingu átti sér stað hjá hóp A (samanburðar hópurinn), en hann féll aftur á móti hraðast í skynmatinu.



Mynd 5. Suðunýting (%) sýnahópanna í Tilraun 1. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg frauðplastkassa og geymdur fyrstu fjóra dagana við +4 °C en síðan út geymsluna við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúm poka (IP; Individual packaging) og kældur og geymdur í kerri m/krapa allan geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka í kerri m/krapa, geymdur allan tíman í krapanum; Hópur E: Fisk pakkað í 5 kg plastpoka og geymdur í kerri m/krapa fyrstu 4 dagana, var síðan færður í frauðplastkassa og geymdur við +4 °C út geymslutímann. Frekari lýsingar á sýnahópunum má sjá í Tafla 6.

### 6.3 Ályktanir

Eins og sést í Tafla 7, þá sýna niðurstöður tilraunarinnar greinileg áhrif hitastigs á geymsluþol ferskra fiskafurða. Samspil góðrar kælingar fyrir pökkun og við geymslu skila afurðum af góðum gæðum og með lengra geymsluþoli samanborið við afurðir þar sem hitastýringu er ábótavant.

## 7 TILRAUN 2

Að teknu tilliti til niðurstaðna úr fortítraun í október 2014 (Títraun 1) var önnur rannsókn framkvæmd í nóvember 2014. Tilgangur Títraunar 2 var fyrst og fremst að bera saman gæði þorskflaka frá hefðbundinni framleiðslu, pakkað í frauðplastkassa, við gæði flaka pakkað í lofttæmda poka og geymd í ískrapa við -1 °C.

Auk þess var skoðað hvort farg í kerum hefur áhrif á vatnstap í flökum við geymslu sem og hvort vatnstap myndi aukast við að pakka flökum í 10 kg poka í samanburði við 1 kg í lofttæmda poka. Að lokum var gerður samanburður á bestu mögulegu geymslu allan tímann, í -1 °C krapa, við hermun á meðhöndlun á markaði, við +2-4 °C.

### 7.1 Framkvæmd

Hráefni títraunarinnar voru hnakkar af þorski sem veiddur var 9. nóvember 2014. Alls voru teknir fimm mismunandi títraunahópar (Tafli 8). Hópur A var hefðbundin framleiðsla af þorskhnökkum fyrir gámaflutning, þ.e. ísað og pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa (Tempra) og geymt við -1 °C fyrstu 5 dagana, og svo við +1 °C út geymslutímann. Sumir ferskfiskframleiðendur pakka hnökkum og flökum í ógataða frauðplastkassa með bleiu í botni kassa til sjóflutnings. Hópar B og C voru kældir niður í -1 °C áður en þeim var komið fyrir í 340 L keru með -1 °C krapa. Til að líkja eftir fargi í 340 L kerum (hópur C) var saltvatni pakkað í plastpoka, 2 kg í hverjum, og pakkað með fiskinum í keru. Eftir fimm daga voru hópar C, D og E færðir í +1 °C kæli.

Tafli 8. Yfirlit yfir uppsetningu sýnahópa í Títraun 2. \*Ekki verður farið yfir niðurstöður títraunahóps E í þessari skýrslu þar sem einungis var mælt vatnstap við geymslu.

Hópur	Pökkun	Upphafshitastig afurðar við pökkun	Endurpökkun eftir 4 daga	Geymsluhiti
A	Frauðplastkassi; filma og ís ofan á	+2 til +4 °C	Nei	-1 °C í 5 daga og svo +1 °C út geymslutímann
B	Vakúmpokar í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C allan geymslutímann
C	Vakúmpokar í keru m/krapa að viðbættu fargi	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í 5 daga og svo +1 °C út geymslutímann
D	Vakúmpokar í keru m/krapa	+2 til +4 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í 5 daga og svo +1 °C út geymslutímann
E*	10 kg plastpoki í keru m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í 5 daga og svo +1 °C út geymslutímann



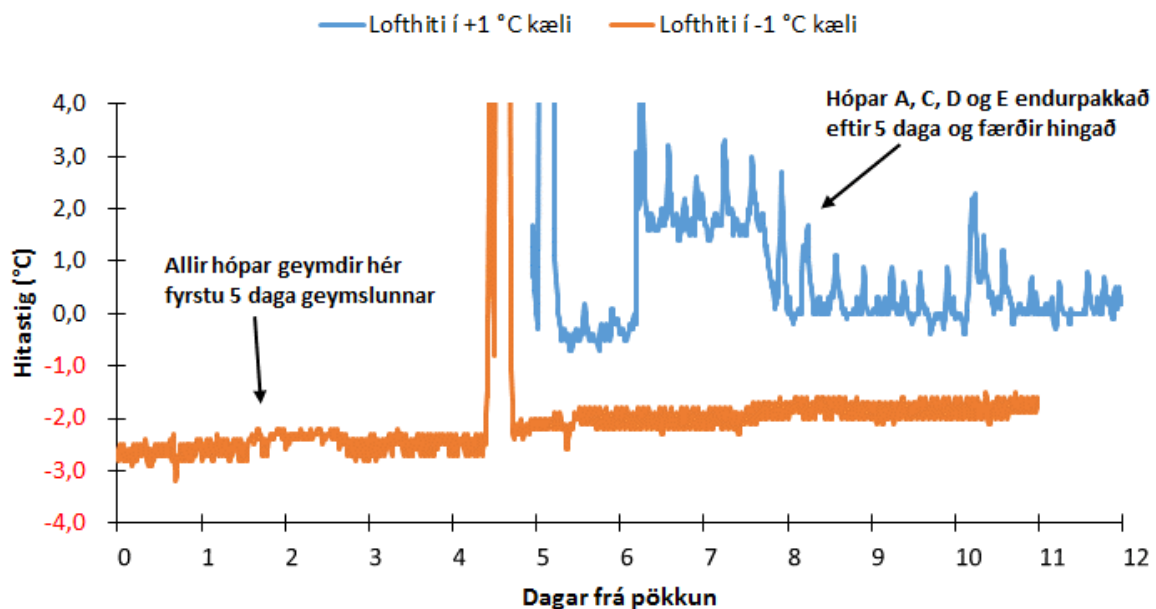
- A. Frauð, ógataðir flugkassar:** Teknir voru 5 kg pakkar frá hefðbundinni vinnslu á þorskhökum fyrir gámaflutning. Upphafshiti afurða var 2-4 °C sem pakkað var í frauðplastkassa með filmu og ís ofan á. Eftir fjögurra daga geymslu voru afurðirnar færðar í +1 °C út geymslutímann.
- B. Ker-Vakúmpokar-stöðugt:** Pakkað var 25 x 0,5 kg IP („Individual Packaging“) í 340 L ker með -1 °C krappa. Upphafshitastig afurðar var -1 °C. Innihald kers: tæp 13 kg af þorski, 143 kg af saltvatni í pokum og 152 kg af krappa, samtals 308 kg. Afurðirnar voru geymdar við -1 °C allan tímann, en var endurpakkað úr kerri eftir fjóra daga í frauðplastkassa.
- C. Ker-Vakúmpokar-hitasveiflu-farg:** Pakkað var 25 x 0,5 kg IP („Individual Packaging“) í 340 L ker með -1 °C krappa með minna magni af krappa og meira af fiski samanborið við hóp B. Upphafshiti afurðar var -1 °C. Innihald kers: tæp 13 kg af þorski, 225 kg af saltvatni í pokum og 70 kg af krappa. Afurðirnar voru geymdar í kerri fyrstu 4 dagana, en voru þá endurpakkaðar í frauðplastkassa og geymdar við +1 °C út geymslutímann.
- D. Ker-Vakúmpokar-hitasveiflur:** Pakkað var 25 x 1 kg IP („Individual Packaging“) í 340 L ker með -1 °C krappa. Upphafshiti afurðar var um 0 °C. Innihald kers: 13 kg af þorski, 143 kg af saltvatni í pokum og 152 kg af krappa, samtals 308 kg. Afurðirnar voru geymdar í kerri fyrstu fjóra dagana, en var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdar við +3 °C út geymslutímann.
- E. Ker-Plastpokar:** Pakkað var 2 x 10 kg plastpokum (vel strappað fyrir op) efst og neðst í 340 L ker með -1 °C krappa. Upphafshiti afurðar var -1 °C og voru þær geymdar í kerri fyrstu fjóra dagana. Á degi fimm var þeim endurpakkað í frauðplastkassa og geymdar við +3 °C út geymslutímann.

Sýni voru tekin eftir 0, 5, 8, 11 og 13 daga í geymslu. Auk þess að fylgjast með hitastigsbreytingum hjá hópunum í geymslunni, var lagt mat á drip, suðunýtingu, vatnsheldni (WHC), skynmat, heildarfjöldi örvera (TVC), H<sub>2</sub>S myndandi örverur, vatnsinnihald og heildarfjöldi reikulla basa (TVB-N).

## 7.2 Niðurstöður

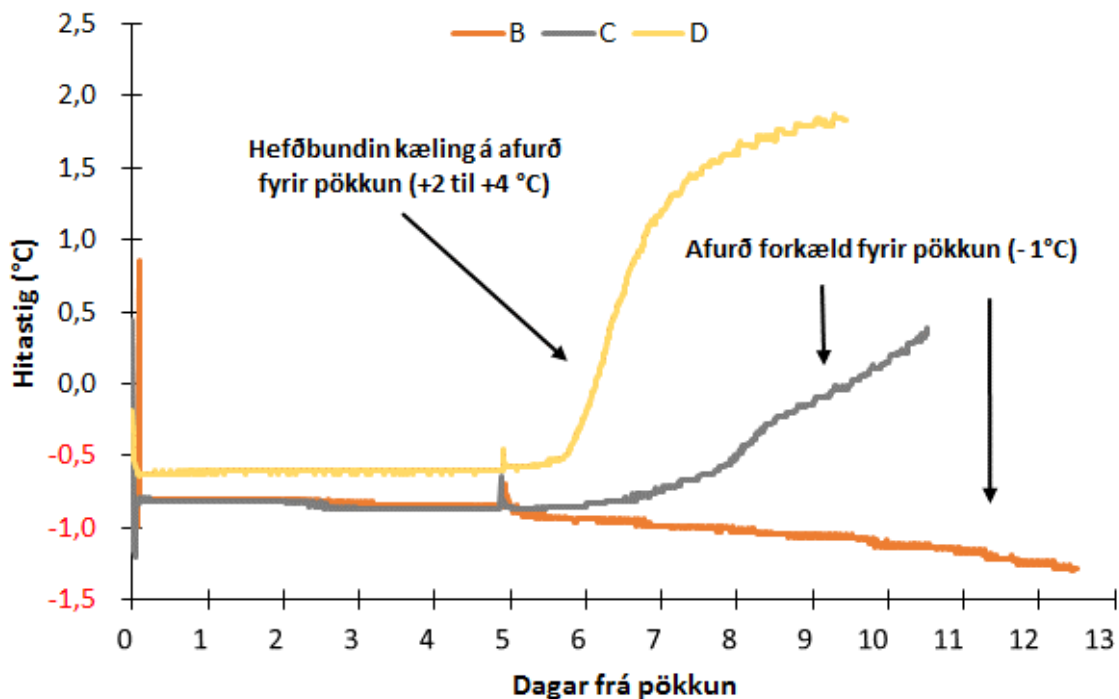
### 7.2.1 Hitaferlar

Við pökkun á sýnum í lofttæmdar umbúðir (IP) (hópar B, C og D) kom í ljós að nokkuð var um frost í hnakkastykkjum, sem bendir til að forkæling á afurðum fyrir pökkun hafi gengið of langt. Þetta hafði mjög líklega áhrif á niðurstöður tilraunar. Auk þessa fór eitthvað úrskeiðis í hitastýringu á kæli sem geymdi alla sýnahópana fyrstu fimm daga geymslunnar, eins og sést á *Mynd 6* og 7 þá virðast hópar B og C hafa verið kældir niður fyrir frostmark (-1,4 °C) með umhverfishita niður í allt að -3 °C.



*Mynd 6. Umhverfishitastig sýnahópa í Tilraun 2. Allir hópar voru geymdir í -1 °C kæli fyrstu fimm daga geymslunnar. Eftir það voru hópum A, C, D og E endurpakkað og færðir í +1 °C kæli.*

Forkæling fyrir pökkun hafði greinileg áhrif á hitastigsferla afurða eins og glögglega sést á *Mynd 7* þegar hópar C og D eru bornir saman. Hópur C viðhélt mun lægri afurðarhitastigi út geymslutímann samanborið við hóp D. Báðum hópum var pakkað eins og geymdir á sambærilegan hátt. Það sem aðskilur þessa sýnahópa er að í hóp C (grá lína á *Mynd 7*) voru sýnin forkæld fyrir pökkun.



Mynd 7. Hitastig afurða í hópum B, C og D í Tilraun 2. *Hitanemar fyrir hóp A glötuðust.* Allir hópar voru geymdir í  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli fyrstu fimm daga geymslunnar. Eftir það voru hópar A, C, D færðir í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli. Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli fyrstu fimm dagana en síðan í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli út geymslutímann. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig u.þ.b.  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann.

## 7.2.2 Skynmat

Markmið skynmatsins var að athuga hvort og þá hvernig mismunandi aðferðir við kælingu þorsks í vinnslu og geymslu hefur áhrif á geymsluþol hans eða önnur áhrif á lykt, útlit, bragð og áferð. Í byrjun tilraunar einkenndist þorskurinn af ferskleika; sætri lykt, sætu bragði, skelfisklykt og málmkenndu bragði (Tafla 9). Þorskurinn var ljós og einsleitur og áferð var frekar mjúk, meyr og safarík. Á degi átta hafði sæt lykt, skelfisklykt og sætt bragð dofnað og vottur fannst af kartöflulykt. Engin skemmdareinkenni fundust þó af fiskinum. Á degi ellefu höfðu hópar A og D vott af TMA lykt og mun meiri skemmdarsúra lykt en hinir tveir hóparnir. Ferskleikaeinkenni; sæt lykt, skelfisklykt, sætt bragð og málmkennt bragð, höfðu minnkað og kominn var vottur af borðtuskulykt af öllum hópum. Á degi ellefu voru hópar A og D óneysluhæfir og voru því ekki metnir eftir þrettán daga geymslu. Þess ber að geta að fiskur í hópi B var hálfrosinn allan geymslutímann og líklegt er að það hafi orsakað meiri útfellingar en hjá öðrum hópum. Hópur B var einnig mun þurrari og seigari en hópur C á degi þrettán.

Tafla 9. Meðaltöl fyrir skynmatþætti og p-gildi fyrir mismun milli hópa í Tilraun 2 (A, B, C og D) eftir 0, 5, 8, 11 og 13 daga geymslu. Mismunandi bókstafir innan dálks á geymsludegi gefa til kynna marktækan mun milli hópa. L, lykt; Ú, útlit; B, bragð, Á, áferð. Niðurstöður á degi 0 og 5 byggja á mati 7 dómara og niðurstöður á degi 8 og 11 byggja á mati 9 dómara. Niðurstöður fyrir lykt og útlit á degi 13 byggja á mati 8 dómara en niðurstöður fyrir bragð og áferð byggja á mati 5 dómara. Lýsing sýnahópa (A-D) má sjá í Tafla 8. (ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ )).

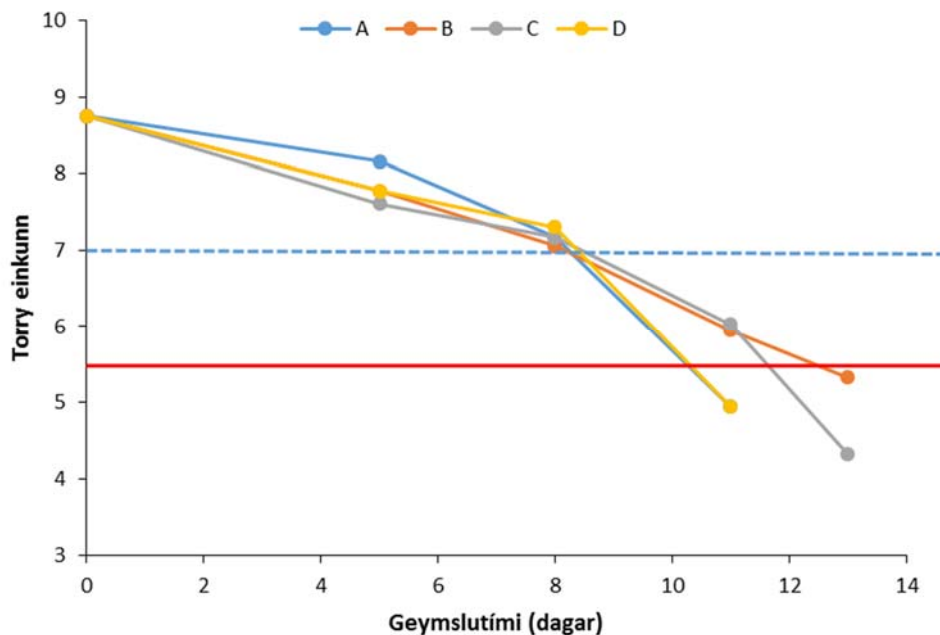
Hópur	L-sæt	L-skelf.	L-vanilla	L-kartöflur	L-tuska	L-TMA	L-súr	L-brennist.	Ú-litur	Ú-misleitur	Ú-útfell.	Ú-flögur
<b>Dagur 0</b>	51	30	12	5	1	0	0	0	13	11	26	66
<b>Dagur 5</b>												
A	45	23	14 a	10	5	0	0	0	17	17	30	62
B	45	27	10	7	3	0	0	0 a	18	18	33	57
C	42	27	9 b	8	5	1	0	0 b	15	15	29	63
D	44	24	10	7	3	1	0	0	14	17	31	59
p-gildi	0,713	0,107	0,040 *	0,676	0,827	0,185	0,415	0,102	0,157	0,534	0,495	0,318
<b>Dagur 8</b>												
A	33	19	9	17	9	1	1	1	22 a	23	35	52
B	34	20	14	15	10	1	1	1	21 a	23	32	57
C	35	23	12	14	9	1	1	0	22 a	21	38	52
D	34	22	10	13	9	2	1	0	15 b	16	30	55
p-gildi	0,868	0,337	0,223	0,366	0,749	0,762	0,635	0,317	0,010 *	0,072 ms	0,172	0,580
<b>Dagur 11</b>												
A	20 b	13	7	16	21	11	23 a	2	23 b	27	37 b	47
B	25	16	6	18	16	8	7 b	1	20 b	24	47 a	49
C	25 a	18	8	20	16	4	6 b	1	20 b	21	30 b	47
D	20	15	6	16	20	10	20 a	2	32 a	31	36 b	55
p-gildi	0,041 *	0,149	0,645	0,554	0,405	0,215	0,000 ***	0,869	0,000 ***	0,073 ms	0,001 ***	0,120
<b>Dagur 13</b>												
B	18 a	10	11	15	17	3 b	8	0	30	33	52 a	49
C	12 b	7	7	9	15	17 a	12	3	22	29	31 b	52
p-gildi	0,012 *	0,098 ms	0,350	0,234	0,681	0,033 *	0,608	0,172	0,057 ms	0,266	0,000 ***	0,297

Hópur	B-salt	B-málmur	B-sætt	B-rammt	B-súrt	B-TMA	B-ýlda	Á-mýkt	Á-safi	Á-meyrni	Á-maukk.	Á-gúmmík.
<b>Dagur 0</b>	9	43	58	1	0	0	0	63	66	66	24	15
<b>Dagur 5</b>												
A	8	31	42	2	0	0	0	60	67	67	26	16
B	10	32	41	3	0	0 b	0	63	65	69 a	27	15
C	8	30	39	3	1	2 a	1	63	68	66 b	22	14
D	9	29	38	3	0	0	0	62	68	53 c	21	16
p-gildi	0,593	0,708	0,828	0,445	0,448	0,086 ms	0,515	0,923	0,815	0,040 *	0,519	0,744
<b>Dagur 8</b>												
A	8	28	34	3	1	2	1	55	57	54	21	21
B	8	29	35	4	1	1	1	57	56	50	22	20
C	7	29	32	6	1	2	1	57	56	52	23	24
D	7	29	34	4	1	1	1	53	57	49	20	21
p-gildi	0,453	0,865	0,764	0,145	0,727	0,133	0,900	0,821	0,902	0,774	0,917	0,473
<b>Dagur 11</b>												
A	7	21	24	8	16	14	6	53	52	50	31	13
B	9	25	30	9	6	11	2	45 b	46	47	30	14
C	7	25	30	7	4	4	2	60 a	58	56	38	12
D	9	24	22	10	8	11	5	50	51	51	30	11
p-gildi	0,402	0,311	0,171	0,814	0,085 ms	0,367	0,154	0,067 ms	0,176	0,389	0,416	0,692
<b>Dagur 13</b>												
B	5	18	22	5	12	6	3	39	34 b	38 b	32	24
C	8	16	19	11	5	21	7	52	51 a	63 a	42	17
p-gildi	0,322	0,067 ms	0,357	0,180	0,414	0,064 ms	0,368	0,129	0,046 *	0,028 *	0,455	0,649

Á fyrsta sýnatökudegi var Torry einkunnin 8,8 sem staðfestir að upphafshráefnið var mjög ferskt (hámarks Torry einkunn er 9). Einkunnirnar lækkuðu svo með geymslutíma, þó mishratt fyrir mismunandi hópa (Mynd 8). Á degi fimm og degi átta var ekki var munur á meðaltölum Torry einkunna. Á degi ellefu fengu þeir hópar sem voru forkældir fyrir pökkun og pakkað í ker með krapa (hópar B og C) hærri einkunn en hóparnir sem voru ekki forkældir fyrir pökkun (hópar A og D) sem þá voru skemmdir og því ekki metnir eftir þrettán daga geymslu. Munur

var á forkældu hópunum í Torry einkunn á geymsludegi þrettán og fékk hópur B (geymdur við rúmlega  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  allan tímann) hærri einkunn en hópur C (færður úr  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  á fimmta degi í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Miðað er við að þegar Torry einkunn hefur náð 7 að meðaltali hafi þorskurinn misst ferskleika að mestu leyti þó ekki sé farið að bera á skemmdareinkennum. Við meðaleinkunn 5,5 og neðar á Torry skala er ályktað að fiskurinn sé skemmdur. Meðaltöl Torry einkunna gefa til kynna að allir hópar hafi verið á mörkum þess að teljast ferskir eftir átta daga geymslu. Hópar A og D (ekki forkælt fyrir pökkun) höfðu um tíu daga geymsluþol og hópur C tæplega tólf daga geymsluþol (Tafla 10). Hópur B hafði lengst geymsluþol eða rúmlega tólf daga, en þess ber að geta að hópur B var hálfrosinn allan geymslutímann. Meðalhiti í hópi B var of lágur vegna bilunar í hermi, um  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  sem gæti valdið frostskemmdum þótt það geti lengt geymsluþol afurða (Tafla 10).



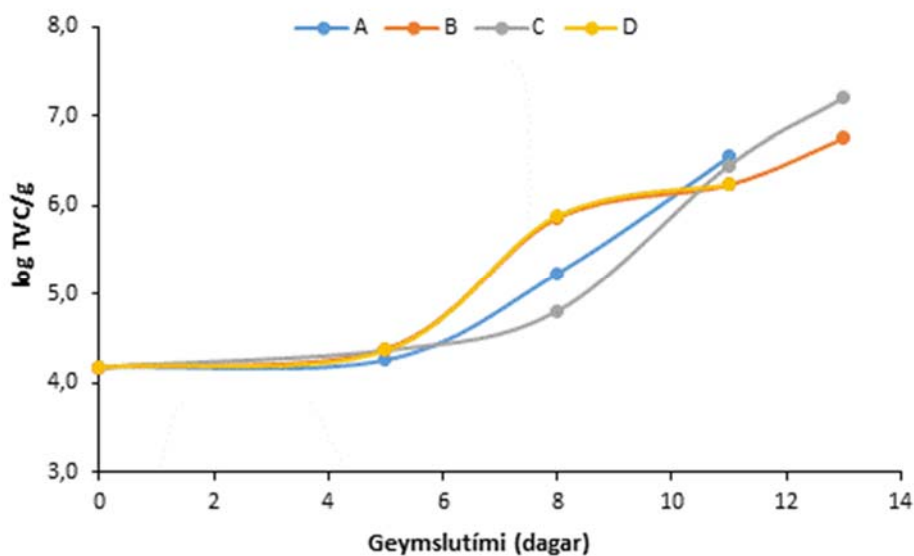
Mynd 8. Meðaltal ferskleikaeinkunna (Torry) fyrir sýnahópa í Tilraun 2. Blá brotalínan sýnir ferskleikamörkin (7,0) á meðan rauða línan sýnir neysluhæfnimörkin (5,5). Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli fyrstu fimm dagana en síðan í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli út geymslutímann. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  kæli), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann.

Tafla 10. Meðalfiskhiti tilraunahópa í Tilraun 2 ásamt áætluðu geymsluþoli skv. niðurstöðum Torry ferskleikamats. Lýsing sýnahópa (A-D) má sjá í Tafla 8.

Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols (°C)	Geymsluþol (dagar)
A	NA	>10
B	-1,0 ± 0,2	12-13
C	-0,6 ± 0,2	11-12
D	+0,1 ± 1	>10

### 7.2.3 Örverumælingar

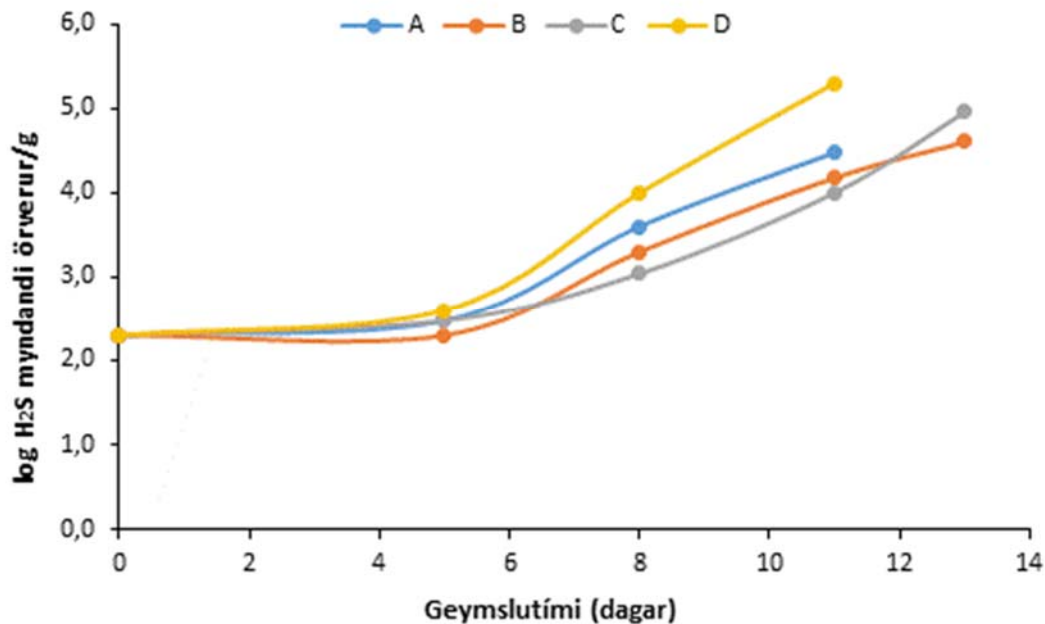
Upprunaleg örverufræðileg gæði hráefnisins voru nokkuð góð ( $\log 4,2/g$ ; Mynd 9). Talningar á sérhæfðum skemmdargerlum sýna að fjöldi  $H_2S$ -myndandi örvera var í upphafi helmingi færri eða  $\log 2,3/g$  (Mynd 10). Við geymslu var vöxtur heildarörveruflórunnar sambærilegur fyrir alla hópana fyrstu fimm daga geymslutímans. Á degi átta var hægari þróun örveruflórunnar sjáanleg hjá hópum A og C, en sá mismunur jafnaðist út á 11. degi og var við lok geymslutímans um  $\log 6-7/g$ . Forkæling og/eða mismunandi pökkunarlausnir virtust ekki hafa áhrif á vöxt heildarörveruflórunnar.



Mynd 9. Heildarörverufjöldi á járnagar í öllum sýnahópum í Tilraun 2. Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í -1 °C kæli fyrstu fimm dagana en síðan í +1 °C kæli út geymslutímann. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krpa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við -1 °C. Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krpa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig u.þ.b. -2,5 °C), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann.

Fjöldi  $H_2S$ -myndandi örvera í þorskhnökkunum sem voru forkældir fyrir pökkun var á öllum sýnatökupunktum (hópar B og C) með lægri samanborið við aðra hópa. Mesti fjöldi  $H_2S$ -myndandi örvera mældist á degi 11 í sýnum sem voru ekki forkæld fyrir IP pökkun í ker með

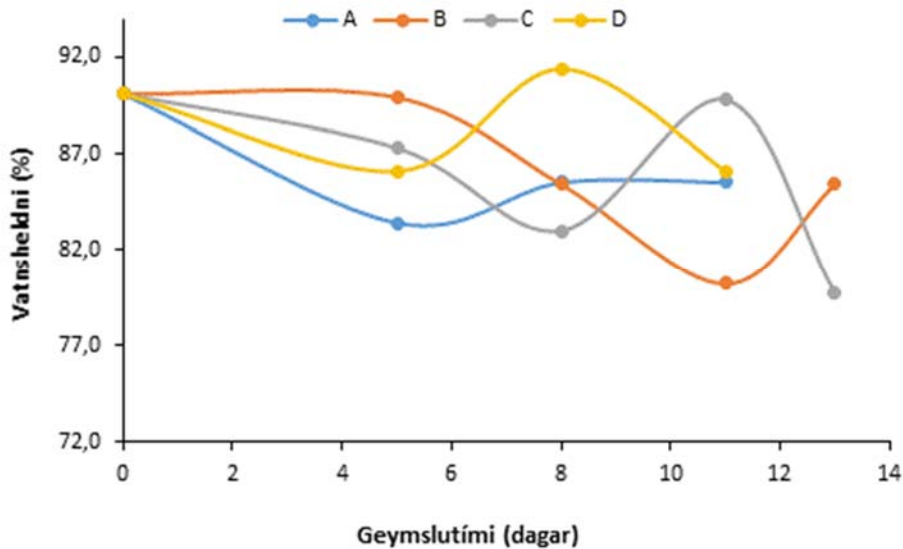
krapa (hópur D), en þessi hópur var geymdur fyrstu 5 dagana við -2,5 °C en síðan endurpakkað og geymt við +1 °C út geymslutímann. Vakúm þökkun (IP) virtist ekki hafa afgerandi áhrif á vöxt H<sub>2</sub>S-myndandi örvera, en aftur á móti hefur verið sýnt fram á að *Shewanella putrefaciens*, ein helsta skemmdarörvera í ferskum fisk, þolir illa loftfirrtar aðstæður.



Mynd 10. Fjöldi H<sub>2</sub>S-myndandi gerla á járnagar í öllum sýnahópum í Tilraun 2. Í hópur A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í -1 °C kæli fyrstu fimm dagana en síðan í +1 °C kæli út geymslutímann. Hópur B og C voru forkældir fyrir þökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krappa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), hópur C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við -1 °C. Í hópur D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krappa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann.

#### 7.2.4 Efnamælingar

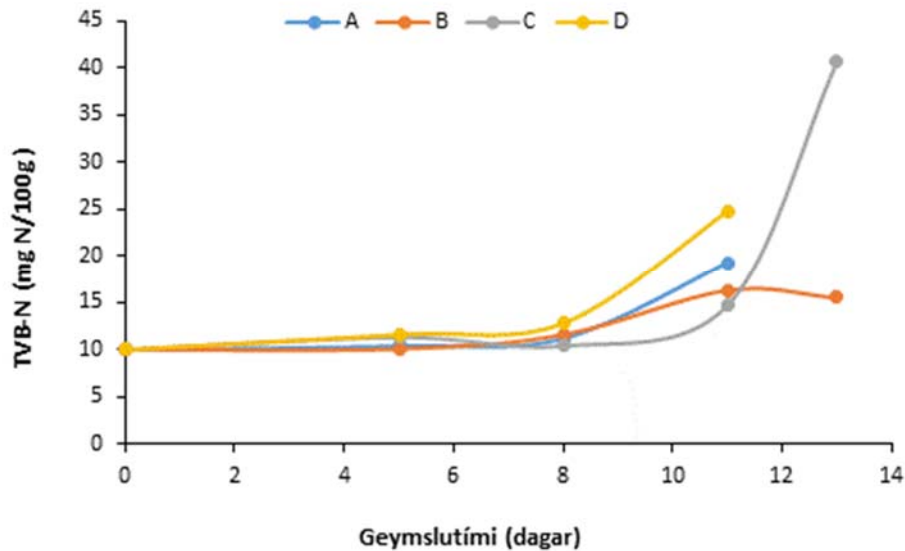
Vatnsinnihald þorskhakkanna var að meðaltali 81,3% og var ekki marktækur munur á milli sýnahópa né geymslutíma. Vatnsheldni í upphafi geymslu mældist 90,1% sem telst nokkuð gott miðað við ferskan fisk. Almenn lækkaði vatnsheldni með geymslutíma, en hún mældist lægst í 13. degi fyrir hópur C. Aftur á móti er mjög erfitt að draga ályktun af vatnsheldni niðurstöðunum þar sem talsvert ósamræmi var á milli mælinga eins og sést á Mynd 11. Hugsanlega má rekja það til hráefnisbreytileika og einstaklingsmunar.



Mynd 11. Vatnsheldni (WHC; %) í öllum sýnahópum í Tilraun 2 út geymslutímann. Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur við u.þ.b.  $-2,5$  °C fyrstu fimm dagana en síðan í  $+1$  °C kæli út geymslutímann. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig  $-1$  °C kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1$  °C út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við  $-1$  °C. Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig  $-1$  °C kæli), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í  $+1$  °C út geymslutímann.

Mynd 12 sýnir að myndun reikulla basa (TVB-N) fór ekki af stað fyrr en á degi 8 hjá öllum sýnahópunum. Í forkældu hópunum (B og C) var myndun TVB-N hægari samanborið við aðra hópa. Á 11. degi mældist TVB-N hæst í sýnum sem voru ekki forkæld fyrir IP pökkun í ker með krapa (hópur D), en þessi var geymdur fyrstu fimm dagana við  $-2,5$  °C en síðan endurpakkað og geymt við  $+1$  °C út geymslutímann. Þetta samræmist þróun örveruflórunnar í þessum hóp, þar sem  $H_2S$ -myndandi örverur voru yfirgnæfandi samanborið við aðra sýnahópa. *Shewanella putrefaciens*, sem er  $H_2S$ -myndandi örvera, getur afoxað TMAO í TMA. Af forkældu hópunum (hópar B og C) þá viðhélt hópur B ferskleikaeinkennum sínum lengst, en þess ber þó að geta að sá hópur var hálfrosinn allan tímann eins og sést á Mynd 7.

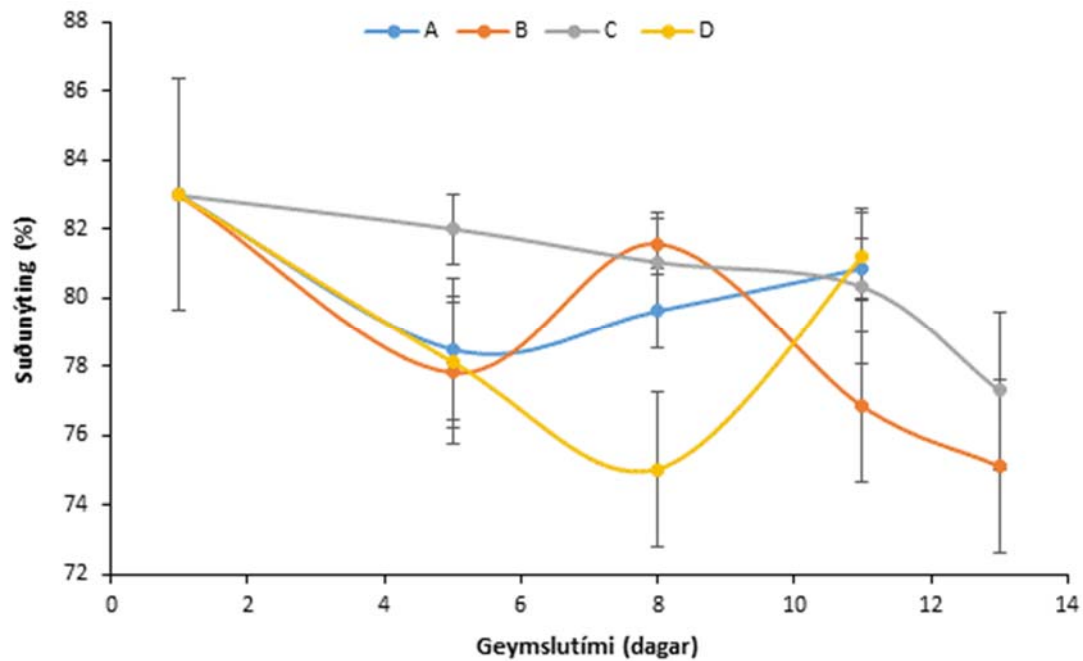




Mynd 12. Heildarmagn reikulla basa (TVB-N; mg N/100 g) í öllum sýnahópum í Tilraun 2 út geymslutímam. Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í -1 °C kæli fyrstu fimm dagana en síðan í +1 °C kæli út geymslutímam. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krappa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímam á meðan hópur B var geymdur allan tímann við -1 °C. Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krappa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímam.

### 7.2.5 Suðunýting

Lagt var mat á suðunýtingu tilraunahópanna eftir mismunandi geymslutíma (Mynd 13). Suðunýting skiptir miklu máli fyrir neytandann, þ.e. að hann fái það sem hann er að kaupa. Það þykir ekki gott ef fiskurinn rýrnar mikið við suðu. Suðunýting í upphafshráefninu var 83,0%. Eftir 5 daga geymslu hafði suðunýtingin fallið hjá flestum hópum niður í 77,8-78,5% að undanskyldum hóp C (forkældur fyrir pökkun) sem var með marktækt hærri suðunýtingu á degi 5. Þeir hópar sem voru ekki forkældir fyrir pökkun (hópur A og D) voru dæmdir óneysluhæfir á degi 11 (Mynd 8) og voru því ekki metnir eftir 13 daga geymslu. Af forkældu hópunum, þá var hópur B (geymdur allan við u.þ.b. -1 °C allan tímann) með lægri suðunýtingu samanborið við hóp C, en munurinn var þó ekki marktækur.



Mynd 13. Suðunýting (%) í öllum sýnahópum í Tilraun 2 út geymslutímann. Í hóp A var fisk pakkað í frauðplastkassa (ekki forkældur) og geymdur í -1 °C kæli fyrstu fimm dagana en síðan í +1 °C kæli út geymslutímann. Hópar B og C voru forkældir fyrir pökkun í vakúmpoka og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), hóp C var þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann á meðan hópur B var geymdur allan tímann við -1 °C. Í hóp D var fisk pakkað í vakúmpoka (ekki forkældur) og geymdir í kerri með krapa fyrstu fimm daga geymslunnar (umhverfishitastig -1 °C kæli), þá endurpakkað í frauðplastkassa og geymdur í +1 °C út geymslutímann.

### 7.3 Ályktanir

Lítill munur var á sýnahópunum fjórum fyrstu átta geymsludagana en allir hópar höfðu misst ferskleika eftir átta daga geymslu skv. skynmati. Eftir átta daga geymslu skemmdust óforkældu sýnahóparnir (hópar A og D) fyrr en hinir forkældu hóparnir og voru metnir með um 10 daga geymslupól. Forkældu sýnahóparnir (hópar B og C) voru svipaðir á degi 11 en eftir það skemmdist hópur C fyrr og var metinn með tæplega tólf daga geymslupól. Hópur B var metinn með rúmlega 12 daga geymslupól. Þess ber að geta að hópur B var ofurkældur um of (fiskhitastig allt niður að -1,7 °C) mest allan geymslutímann og gæti það útskýrt lengra geymslupól og einnig hvítar útfellingar og þurrari og seigari áferð á geymsludegi þrettán.

## 8 TILRAUN 3

Markmið tilraunar 3 var að bera saman mismunandi umbúðir, geymslu í hefðbundnum frauðplastkössum og í loftæmdum pokum í krapa (IP), og geymsluhitastigs með tilliti til gæða fiskafurða.

### 8.1 Framkvæmd

Hráefni tilraunarinnar voru flök af þorski sem veiddur var 28. janúar 2015. Þorskurinn var flakaður 29. janúar og roðrifinn áður en hann var kældur niður í u.þ.b.  $-0,6\text{ °C}$  og pakkað. Alls voru teknir fjórir mismunandi tilraunahópar (Tafla 11).

Tafla 11. Yfirlit yfir sýnahópa í Tilraun 3. Enginn endurpökkun var framkvæmd í hér.

Hópur	Pökkun	Upphafshitastig afurðar við pökkun	Geymsluhiti
A	5 kg gataðir frauðplastkassar	$-0,6\text{ °C}$	$-1\text{ °C}$ í 4 daga og svo $+1\text{ °C}$ út geymslutímann
B	5 kg gataðir frauðplastkassar	$-0,6\text{ °C}$	$+1\text{ °C}$ allan geymslutímann
C	Vakúmpokar í ker m/krapa	$-0,6\text{ °C}$	$+1\text{ °C}$ allan geymslutímann
D	5 kg ógataðir frauðplastkassar	$-0,6\text{ °C}$	$-1\text{ °C}$ í 4 daga og $+1\text{ °C}$ út geymslutímann

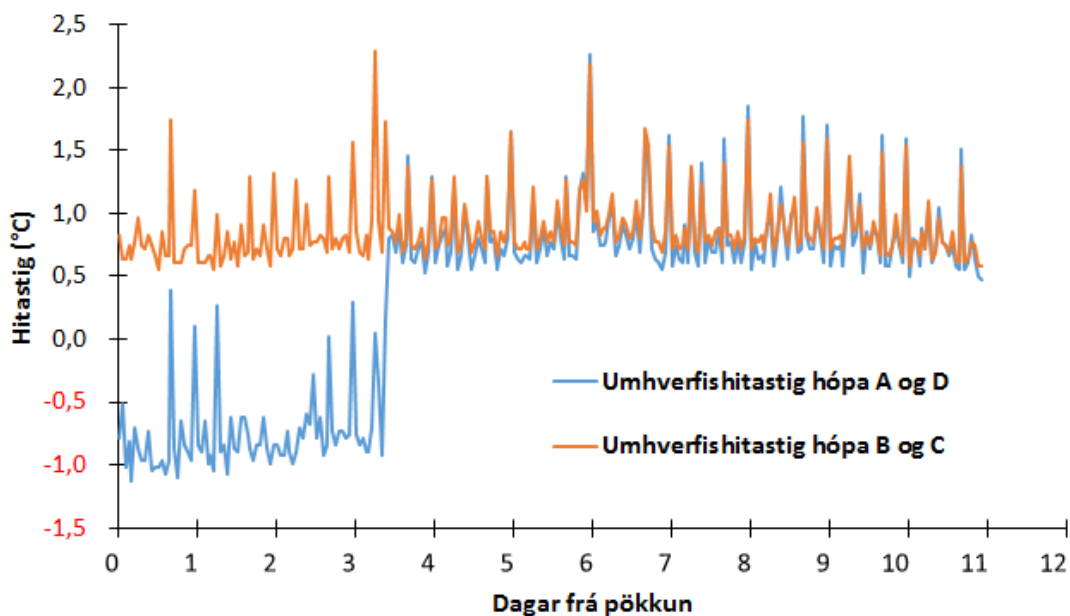
- A.** Fiskur var kældur niður í um  $-0,6\text{ °C}$ , roðrifinn og pakkað við  $-1\text{ °C}$  í 5 kg gataða frauðplastkassa með filmu ofan á fiski og ís efst í kössum. Kassarnir voru geymdir við  $-1\text{ °C}$  í fjóra daga og síðan færðir í  $+1\text{ °C}$  út geymslutímann.
- B.** Fiskur var kældur niður í um  $-0,6\text{ °C}$ , roðrifinn og pakkað við  $-1\text{ °C}$  í 5 kg gataða frauðplastkassa með filmu ofan á fiski og ís efst í kössum. Kassarnir voru geymdir við  $+1\text{ °C}$  í kæli allan geymslutímann.
- C.** Fiskur var kældur niður í um  $-0,6\text{ °C}$  og pakkað í 1 kg IP pakkningar og komið fyrir í 70 L kerri (Sæplast) í krapa við  $-1\text{ °C}$ . Kerið var geymt við  $+1\text{ °C}$  umhverfishita allan geymslutímann.
- D.** Fiskur var kældur niður í um  $-0,6\text{ °C}$ , roðrifinn og pakkað í plastpoka með bleiu neðst í pokanum áður en þeim var komið fyrir í ógötuðum 5 kg frauðplastkössum. Kassarnir voru geymdir við  $-1\text{ °C}$  í kæli í fjóra daga og síðan færðir í  $+1\text{ °C}$  umhverfishita út geymslutímann.

Sýni voru tekin 1, 7 og 10 dögum frá pökkun. Auk þess að fylgjast með hitastigsbreytingum hjá hópunum við geymslu var lagt mat á drip, suðunýtingu, vatnsheldni (WHC), skynmat, heildarfjölda örvera (TVC), H<sub>2</sub>S myndandi örverur, vatnsinnihald og heildarfjölda reikulla basa (TVB-N).

## 8.2 Niðurstöður

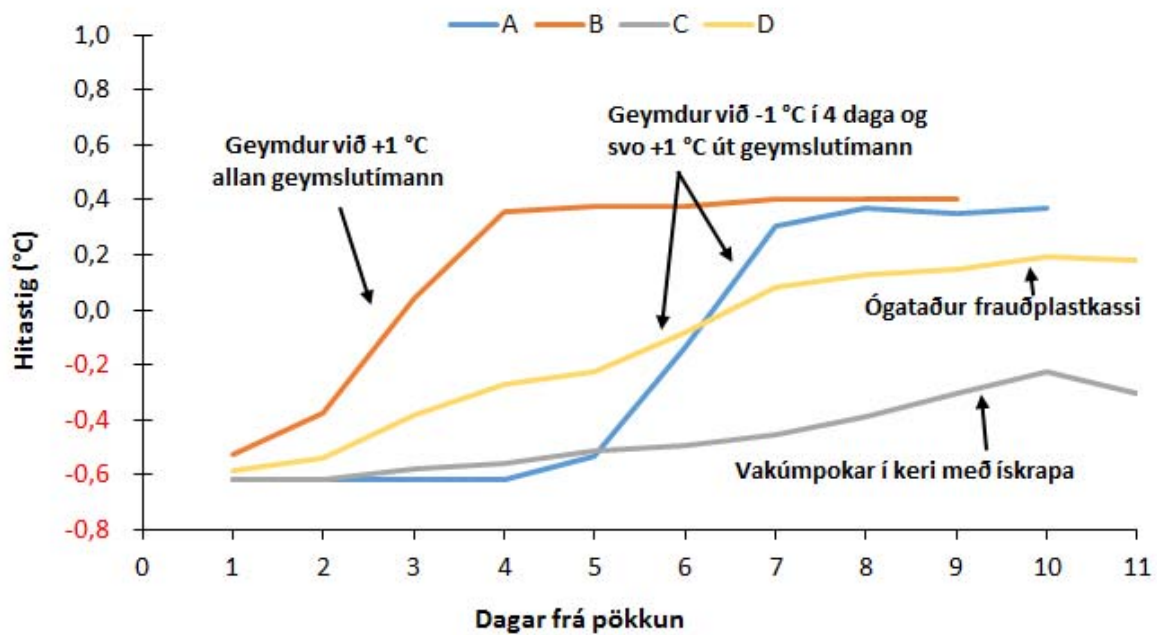
### 8.2.1 Hitaferlar

Sýnahópar voru geymdir í tveimur kæliklefum þar sem öðrum var haldið við um +1 °C allan geymslutímann (hópar B og C) á meðan hinn var stilltur á -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan var hitastigið hækkað í +1 °C (hópar A og D) (*Mynd 14*).



*Mynd 14. Umhverfishiti allra hópa í Tilraun 3. Hópar A og D voru geymdir við +1 °C allan geymslutímann á meðan hópar B og C voru geymdir við -1 °C fyrstu fjóra daga geymslunnar en voru síðan færðir í +1 °C út geymslutímann.*

Á *Mynd 15* má greinilega sjá að hópar A og D voru geymdir við kaldara umhverfi fyrstu fjóra sólarhringana en voru síðan færðir í sama umhverfi og hópar B og D. Greinilegur munur var á hitastigi í hóp C þar sem hráefnið var geymt í krapakeri og fór ekki upp fyrir -0,3 °C (*Mynd 15*). Auk þess er áhugavert að sjá mun á hitastigsferlum afurða í götuðum og ógötuðum frauðplastkössum (gámakassar vs. flugkassar), en umhverfisaðstæður virðast hafa minni áhrif á afurðir í flugkassanum.



Mynd 15. Hitastig afurða í öllum hópum í Tilraun 3. Upphafshitastig allra hópa var  $-0,6$  °C. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í  $+1$  °C út geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við  $+1$  °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímann (umhverfishitastig kers var  $+1$  °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í  $+1$  °C út geymslutímann.

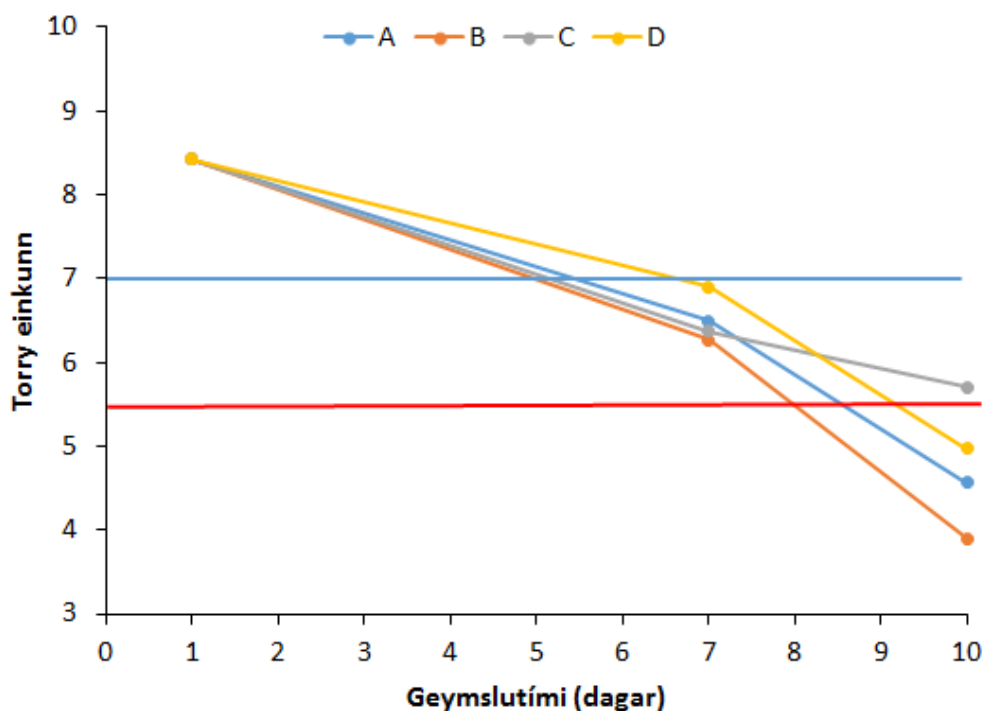
### 8.2.2 Skynmat

Í byrjun tilraunar einkenndist þorskurinn af ferskleika; sætri lykt, sætu bragði, skelfisklykt og málmkenndu bragði (Tafla 12). Þorskurinn var frekar ljós og einsleitur, og áferð var mjúk, meyr, safarík og nokkuð maukkennd. Lítil munur var milli hópa á degi sjö í lykt, útliti og bragði. Ferskleikaeinkenni höfðu þá minnkað en skemmdareinkenni voru ekki til staðar. Á degi 10 voru ferskleikaeinkenni lítil en skemmdareinkenni orðin áberandi í flestum hópum. Nokkur munur var milli hópa á degi tíu í meðaltölum skynmatsþátta. Hópur C hafði meiri sæta lykt, skelfisklykt og kartöflulykt en hópur B. Hópur B (geymdur allan geymslutímann í götuðum frauðplastkassa við  $+1$  °C) var hæstur í skemmdarþáttum; TMA lykt, skemmdarsúrri lykt og brennisteinslykt, af hópunum fjórum.

Tafla 12. Meðaltöl fyrir skynmatsþætti og p-gildi fyrir mismun milli hópa (A, B, C og D) eftir 1, 7 og 10 daga kæligeymslu. Mismunandi bókstafir innan dálks á geymsludegi gefa til kynna marktækan mun milli hópa. L, lykt; Ú, útlit; B, bragð; Á, áferð. Niðurstöður hvern dag byggja á mati sjö dómara. Einn dómari smakkaði ekki eitt eða fleiri sýni á degi 7 og einungis tveir dómamar smökkuðu öll sýni á degi 10. Ekki eru því sýndar niðurstöður fyrir bragð og áferð á degi 10. ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ ).

Hópur	L-sæt	L-skelf.	L-vanilla	L-kartöflur	L-tuska	L-TMA	L-súr	L-brennist.	Ú-litur	Ú-misleitur	Ú-útfell.	Ú-flögur
<b>Dagur 1</b>												
	47	34	15	4	5	1	1	1	19	19	21	64
<b>Dagur 7</b>												
A	23	18	14	15	17	6	3	1	21	19	21	60
B	24	20	9	16	16	6	2	1	21	20	22	61
C	23	20	11	17	16	8	4	2	19	20	17	51
D	27	19	14	18	14	4	3	2	19	16	19	63
p-gildi	0,370	0,954	0,195	0,885	0,848	0,485	0,884	0,692	0,680	0,403	0,100	0,119
<b>Dagur 10</b>												
A	14	10	8	18	27	19	15	6	27	34 a	27	59
B	10 b	5 b	6	10 b	28	29 a	29 a	13 a	23	31	27	56
C	19 a	13 a	10	17 a	19	9 b	15 b	4 b	21	24 b	30	61
D	16	12	9	18	24	13	14	2 b	25	26 b	25	59
p-gildi	0,053 ms	0,055 ms	0,447	0,053 ms	0,569	0,027 *	0,090 ms	0,029 *	0,255	0,013 *	0,454	0,660
Hópur	B-salt	B-málmur	B-sætt	B-rammt	B-súrt	B-TMA	B-ýlda	Á-mýkt	Á-safi	Á-meyrni	Á-maukk. gúmmík.	
<b>Dagur 0</b>												
	6	37	43	4	2	1	4	77	73	78	37	6
<b>Dagur 7</b>												
A	8	22	27	4	1	3	1	64	53	67 a	32	12
B	10 a	23	28	5	3	5	2	53	60	61 b	22 b	19 a
C	7 b	21	27	3	2	5	2	67	56	67 a	40	10 b
D	8	29	33	6	1	2	1	64	60	68 a	39 a	14
p-gildi	0,026 *	0,187	0,375	0,402	0,451	0,421	0,772	0,171	0,323	0,013 *	0,057 ms	0,046 *

Miðað er við að þegar meðaltal Torry einkunnar er orðið 7 eða lægra, hafi þorskurinn misst ferskleika að mestu leyti þótt ekki beri á skemmdareinkennum. Við meðaleinkunn 5,5 og neðar á Torry skala er ályktað að fiskurinn sé skemmdur (*Mynd 16*). Á degi sjö var ekki munur milli hópa í meðaltölum fyrir Torry einkunn ( $p > 0,05$ ) og voru meðaltöl frá 6,3 til 6,9. Á degi tíu hafði hópur B lægra Torry meðaltal en hópur C ( $p < 0,01$ ) og voru allir hópar metnir skemmdir nema hópur C. Þar sem ekkert skynmat var gert milli núllpunkts og dags sjö er erfitt að meta ferskleikatíma þorsksins en hópur C fékk 6,9 í meðaltal á degi sjö og var nálægt því að teljast þá enn ferskur. Geymsluþol þorsks úr hópi B var átta dagar en rúmlega tíu dagar fyrir þorsk úr hópi C (Tafla 13). Þannig munaði rúmlega tveimur sólarhringum á geymsluþoli þessara tveggja hópa. Hópar A og D höfðu um níu daga geymsluþol en þó virðist þökkun í ógataða frauðplastkassa (hópur D) hafa heldur lengra geymsluþol í för með sér en þökkun í gataða frauðplastkassa (hópur A).



Mynd 16. Meðaltal ferskleikaeinkunnar (Torry) fyrir sýnahópana í Tilraun 3. Blá brotalínan sýnir ferskleikamörkin (7,0) á meðan rauða línan sýnir neysluhæfni mörkin (5,5). Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu 4 dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímenn; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í kerri m/krapa allan geymslutímenn (umhverfishitastig kers var +1 °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímenn.

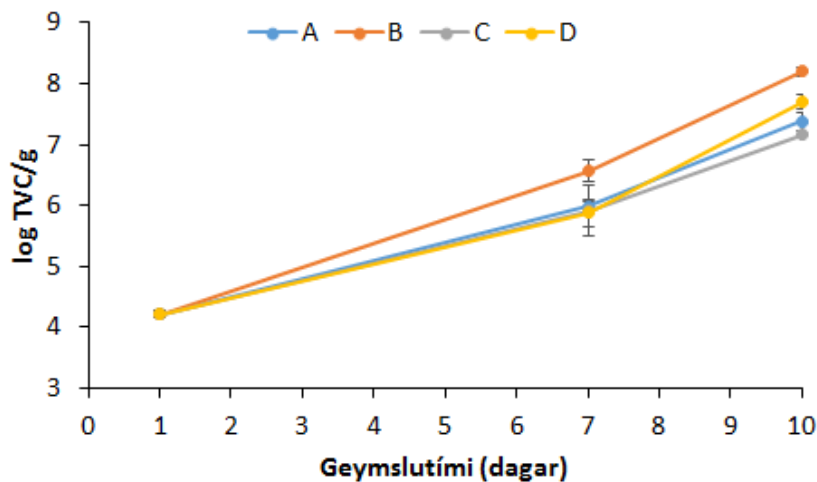
Tafla 13. Meðalfiskhiti tilranahópanna í Tilraun 3 yfir allt geymslutímabilið (11 dagar) og áætlað geymsluþol hópanna skv. niðurstöðum Torry ferskleikamats. Lýsing tilranahópa (A-D) er að finna í Tafla 11.

Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols (°C)	Geymsluþol (dagar)
A	-0,1 ±0,5	8,5
B	0,2 ±0,3	8
C	-0,5 ±0,1	>10
D	-0,1 ±0,3	9,5

### 8.2.3 Örverumælingar

Lagt var mat á heildarörverufjölda sem og fjölda H<sub>2</sub>S-myndandi örvera, sérhæfðra skemmdargerla, á degi 0, 7 og 10 frá pökkun (Mynd 17 og Mynd 18). Upprunaleg örverufræðileg gæði hráefnisins voru nokkuð góð (log 4,2/g) sem er svipað og í hráefni úr Tilraun 2. Í þessari tilraun voru allir tilranahópar forkældir fyrir pökkun og lá munurinn á milli hópanna í mismunandi pökkunarlausnum (frauðplastkassar vs. kerri m/krapa) og geymsluhitastigi. Eftir 7 daga geymslu var hópurinn sem var pakkað í frauðplastkassa og geymdur allan geymslutímenn við +1 °C (hópur B) með marktækt hærri heildarörverufjölda samanborið við aðra sýnahópa,

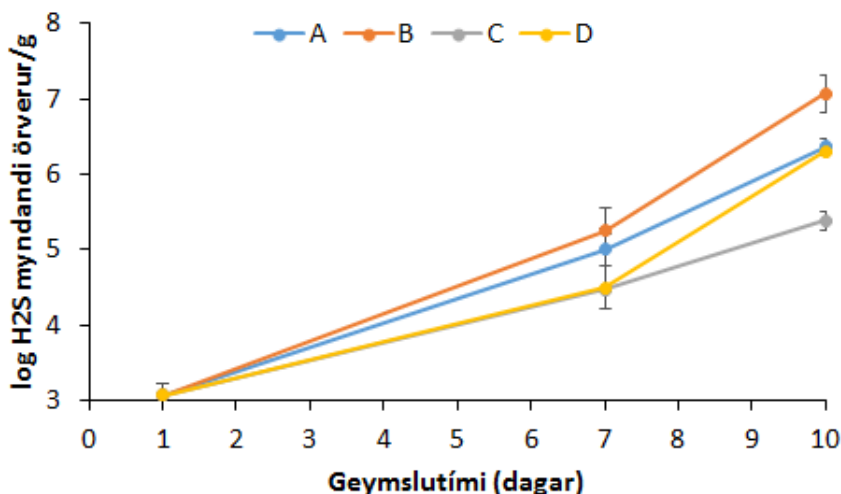
og hélst sá munur út geymslutímabilið. Ekki reyndist marktækur munur á milli annarra sýnahópa.



Mynd 17. Heildarörverufjöldi (log TVC/g) á járnagar í öllum sýnahópum í Tilraun 3. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1^{\circ}\text{C}$  fyrstu fjóra dagana en síðan færður í  $+1^{\circ}\text{C}$  út geymslutímenn; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við  $+1^{\circ}\text{C}$ ; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímenn (umhverfishitastig kers var  $+1^{\circ}\text{C}$ ); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1^{\circ}\text{C}$  fyrstu fjóra dagana en síðan færður í  $+1^{\circ}\text{C}$  út geymslutímenn.

Fjöldi fjölda  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örvera var í upphafi log 3,7/g (Mynd 18). Á degi sjö eftir þökkun mældist mesti fjöldi í hóp B sem er í samræmi við niðurstöður á heildarörverufjölda. Mun hægari vöxtur fjölda  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örvera var í hópnum sem var vakúmpakkaður og geymdur í keru með krpa við  $+1^{\circ}\text{C}$  (hópur C) og var hann marktækt lægstur í lok geymslutímabilsins. Það má rekja til þeirrar staðreyndar að flestar  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örverur, s.s. *Shewanella putrefaciens*, þola illa loftfirrtar aðstæður. Þessu til viðbótar viðhélst mun herra hitastig í hóp B út geymslutímenn (Mynd 15).

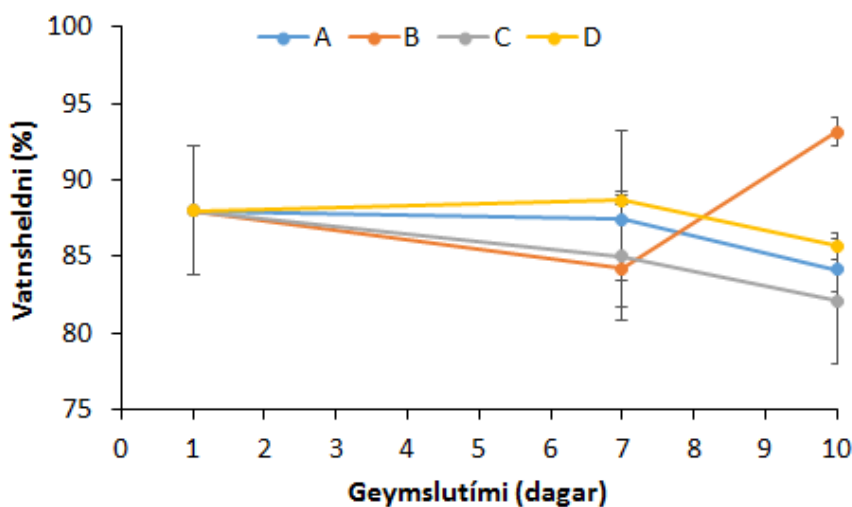




Mynd 18. Fjöldi H<sub>2</sub>S-myndandi gerla (log/g) á járnagar í öllum sýnahópum í Tilraun 3. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímann (umhverfishitastig kers var +1 °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann.

### 8.2.4 Efnamælingar og vatnsheldni

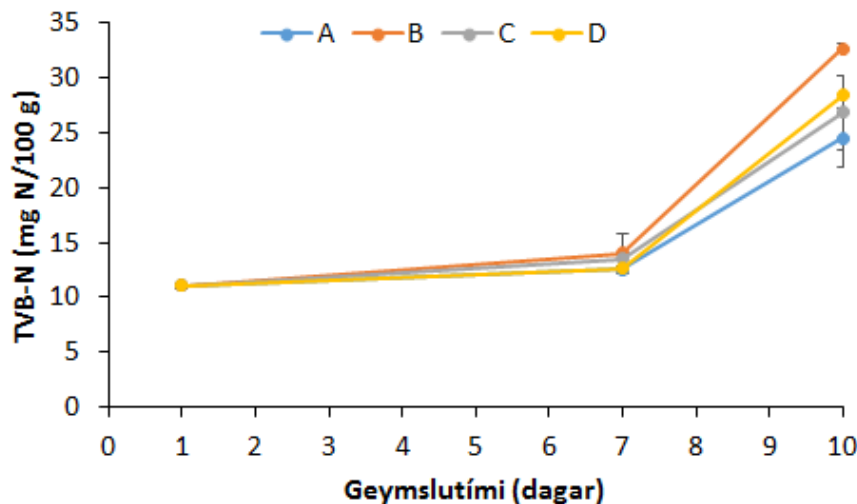
Vatnsinnihald upphafshráefnis var að meðaltali 88,6% og saltinnihaldið 0,3%. Enginn marktæk breyting var á vatnsinnihaldi út geymslutímabilið hjá öllu sýnahópnum. Vatnsheldni í upphafi geymslu mældist að meðaltali 88,0% (Mynd 19). Lækkaði vatnsheldnin lítillega eftir sjö daga geymslu, en var sú minnkun ómarktæk sem og munurinn á milli sýnahópa. Á lokadegi geymslutímans (dagur 10) hafði vatnsheldni sýnahóps B hækkað umtalsvert og var marktækt hærri samanborið við aðra sýnahópa.



Mynd 19. Vatnsheldni hópa (WHC; %) í öllum sýnahópum í Tilraun 3. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann; Hópur B: Fisk

pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímann (umhverfishitastig kers var +1 °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann.

Myndun reikulla basa (TVB-N) var nokkuð stöðug fyrstu sjö dagana frá pökkun (Mynd 20) hjá öllum sýnahópunum. Í lok geymslutímabilsins mældist marktækt hærra TVB-N í hóp B (pakkað í frauðplastkassa og geymdur allan geymslutímann við +1 °C) samanborið við aðra sýnahópa eða 32,7 mg N/100 g. Mörk fyrir neysluhæfni er 35 mg N/100 g. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður skynmats þar sem þessi hópur var metinn með stysta geymsluþolið (níu dagar). Mikilvægar kælingar sést vel hér þar sem hópur B var að meðaltali með hærra hitastig samanborið við hina sýnahópanna (Tafla 13).

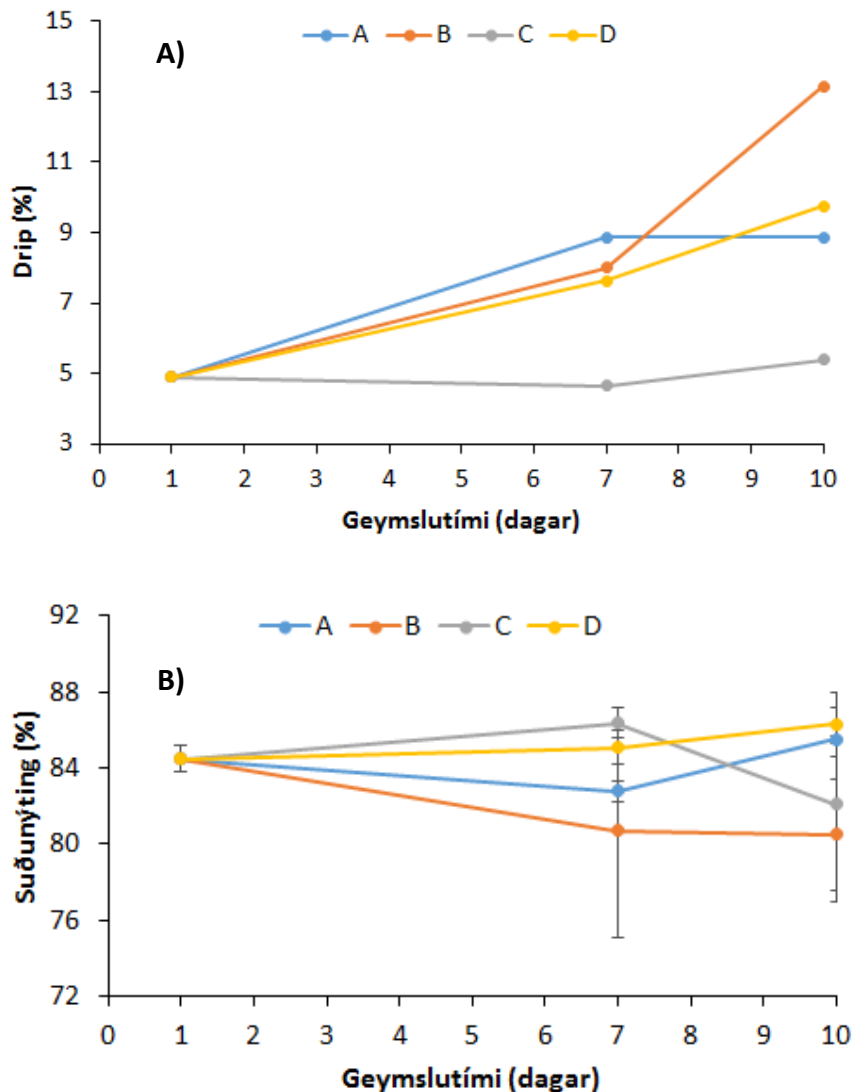


Mynd 20. Heildarmagn reikulla basa (TVB-N; mg N/100 g) í öllum sýnahópum í Tilraun 3 út geymslutímann. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímann (umhverfishitastig kers var +1 °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann.

### 8.2.5 Vatnstap (drip) við geymslu og suðunýting

Lagt var mat á vatnstap við geymslu sem og við suðu á tilraunahópunum eftir mismunandi geymslutíma (Mynd 21). Vatnstap við geymslu mældist marktækt minnst í sýnahópi C samanborið við aðra sýnahópa og helst nokkuð óbreytt út geymslutímann. Þessi hópur var forkældur fyrir pökkun í lofttæmdar umbúðir. Á 10. degi geymslunnar mældist mesta

vatnstapið hjá sýnahópi B (pakkað í frauðplastkassa og geymdur allan geymslutímann við +1 °C) sem í samræmi við niðurstöður úr öðrum mælingum. Svipaðar niðurstöður fengust við mat á suðunýtingu hópanna. Suðunýting sýnahópanna var nokkuð stöðug út geymslutímann.



Mynd 21. (A) Drip við geymslu (vatnstap;%) og (B) Suðunýting (%) í öllum sýnahópum í Tilraun 3 út geymslutímann. Hópur A: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataða frauðplastkassa, geymdur allan tímann við +1 °C; Hópur C: Fisk pakkað í vakúmpoka og geymdir í keru m/krapa allan geymslutímann (umhverfishitastig kers var +1 °C); Hópur D: Fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fjóra dagana en síðan færður í +1 °C út geymslutímann.

### 8.3 Ályktanir

Lítill munur var milli hópa fyrstu sjö geymsludagana, en allir hópar höfðu misst ferskleika eftir 8 daga geymslu. Af hópunum fjórum hafði hópur C (pakkað í lofttæmdar umbúðir og geymt í krapa allan geymslutímann) lengsta geymslupolið en hópur B (pakkað í frauðplastkassa og

geymdur allan geymslutímann við +1 °C) hafði stysta geymsluþolið. Niðurstöður rannsóknarinnar sýna að geymsluhitastig hefur afgerandi áhrif á gæði ferskra fiskafurða. Auk þess skipar val á þökkunarlausnum mikilvægu hlutverki. Þökkun í ískrapa í kerri reyndist betur en þökkun í frauðkassa og heill frauðkassi (flugkassi) með bleiu virtist gefa betri raun en gataður frauðkassi (gámakassi) án bleiu.

## 9 TILRAUN 5

Meginmarkmið Tilraunar 5 var að rannsaka enn frekar áhrif upphafshitastigs afurðar og þökkunarlausna á stöðugleika hennar í geymslu.

### 9.1 Framkvæmd

Hráefni tilraunar voru hnakkar af þorski sem unnir voru 12. maí 2015. Alls voru teknir fjórir mismunandi tilraunahópar (Tafla 14).

Tafla 14. Yfirlit yfir sýnahópa í Tilraun 5.

Hópur	Þökkun	Upphafshitastig	Endurþökkun eftir 5 daga	Geymsluhiti
A	5 kg ógataður frauðplastkassi	-1 °C	Nei	-1 °C allan geymslutímann
B	5 kg gataður frauðplastkassi	2-4 °C	Nei	-1 °C í fimm daga og 2-4 °C út geymslutímann
C	5 kg plastpokar í ker m/krapa	-1 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í fimm daga og 2-4 °C út geymslutímann
D	5 kg plastpokar í ker m/krapa	2-4 °C	Pakkað í frauðplastkassa	-1 °C í fimm daga og 2-4 °C út geymslutímann

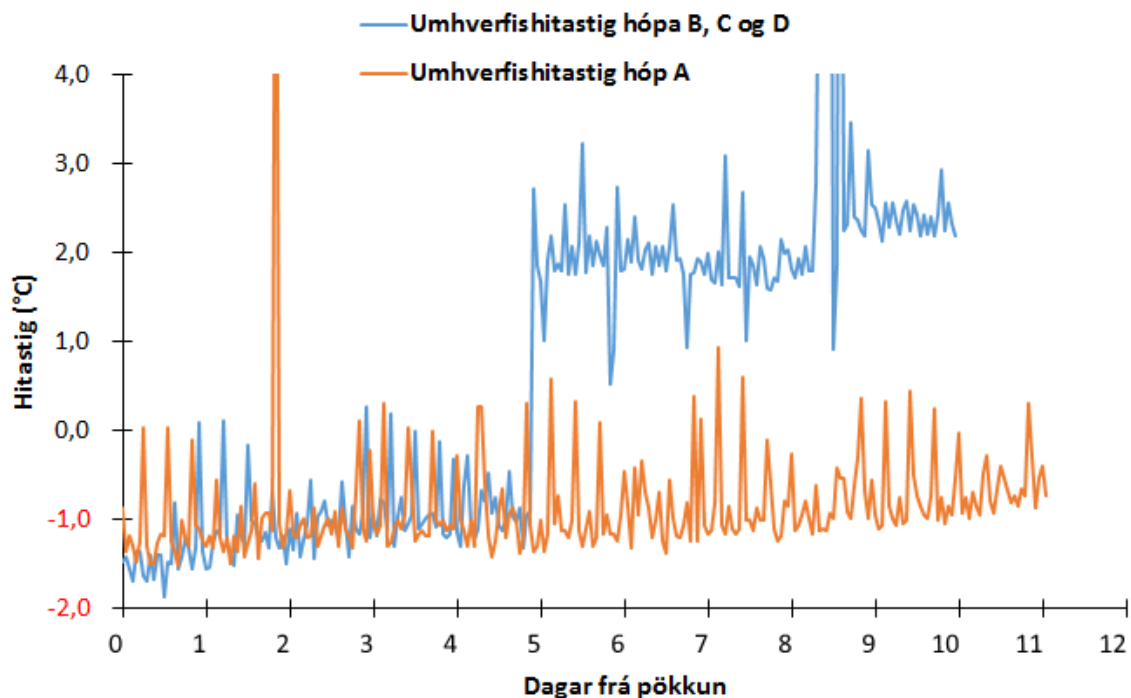
- A.** Forkældir hnakkar, upphafshiti -1 °C, pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa með rakadrægri bleiu í botninum. Hópur var geymdur við -1 °C umhverfishita allan tímann.
- B.** Hnökkum pakkað við 2-4 °C í 5 kg gataðan frauðplastkassa (engin rakadræg bleia í botninum). Hópur var geymdur við -1 °C umhverfishita í fimm daga og síðan færður í 2-4 °C umhverfishita út geymslutímann.
- C.** Forkældir hnakkar, upphafshiti -1 °C, pakkað í 20 kg plastpoka og sett í ískrapa við -1 °C í 70 L ker. Kerið var geymt við -1 °C umhverfishita í fimm daga. Á fimmta degi var flökunum endurpakkað í frauðplastkassa og þau geymd við 2-4 °C umhverfishita út geymslutímann.
- D.** Hnökkum pakkað við 2-4 °C í 5 kg plastpoka og sett í ískrapa við -1 °C í 70 L ker. Kerið var geymt við -1 °C umhverfishita í fimm daga. Á fimmta degi var flökunum endurpakkað í frauðplastkassa og þau geymd við 2-4 °C umhverfishita út geymslutímann.

Sýni voru tekin 0, 6, 8, 10 og 14 dögum frá pökkun. Auk þess að fylgjast með hitastigsbreytingum hjá hópunum við geymslu, var lagt mat á drip, suðunýtingu, vatnsheldni (WHC), skynmat, sýrustig (pH), vatnsinnihald og heildarfjölda reikulla basa (TVB-N).

## 9.2 Niðurstöður

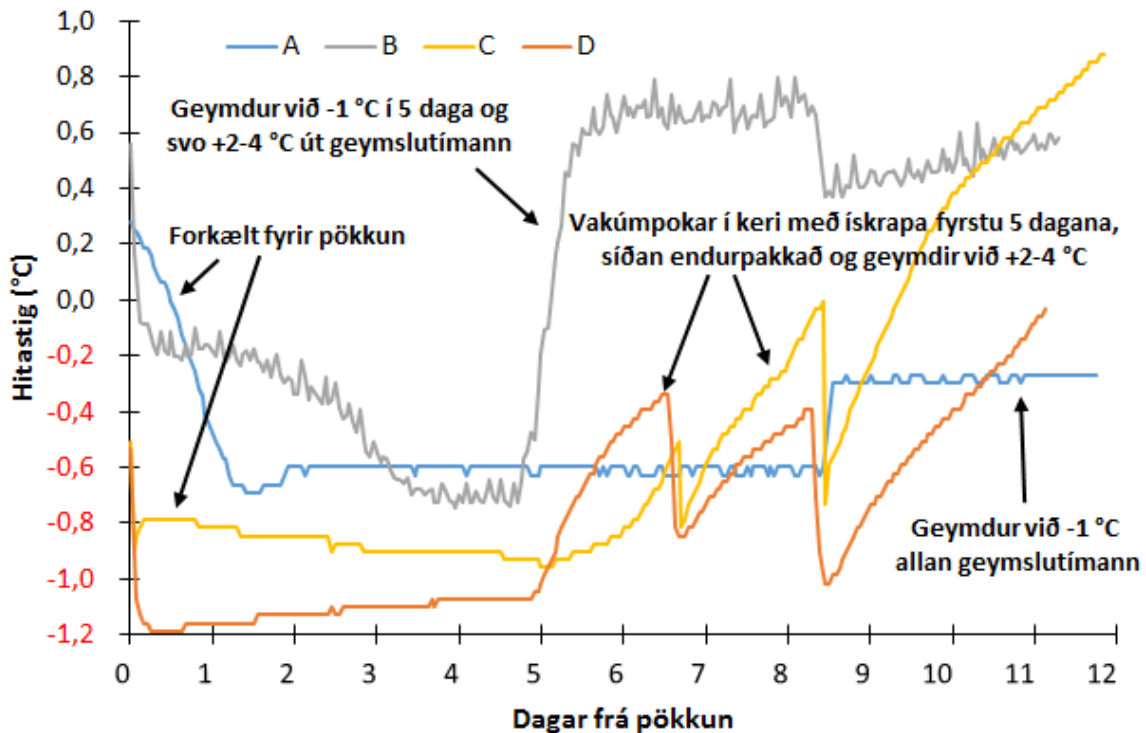
### 9.2.1 Hitaferlar

Sýnahópar voru geymdir í tveimur kæliklefum þar sem öðrum kæliklefanum var haldið við -1 °C allan geymslutímann (hópur A) á meðan hinn var stilltur á -1 °C fyrstu fimm dagana en síðan var hitastigið hækkað í +1 °C (hópar B, C og D) (*Mynd 22*).



*Mynd 22. Umhverfishiti hópa A-D í Tilraun 5. Hópur A var geymdur við -1 °C allan geymslutímann á meðan hópar B, C og D voru geymdir við -1 °C fyrstu fimm daga geymslunnar en voru síðan færðir í 2-4 °C út geymslutímann.*

Á *Mynd 23* má greinilega sjá að hópur B (grá lína) verður fyrir mesta hitastigsálaginu samanborið við aðra sýnahópa, en í þessum hóp var hnökkum pakkað við 2-4 °C í gataða frauðplastkassa og geymdir við -1 °C umhverfishita í 5 daga og síðan færðir í 2-4 °C umhverfishita út geymslutímann. Lægsti meðalhiti mældist í hópum A og D út geymslutímann, eða  $-0,5 \pm 0,2$  °C og  $-0,7 \pm 0,4$  °C.



Mynd 23. Hitastig afurða í hópum A-D í Tilraun 5. Hópur A: Forkældum fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  allan geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataðan frauðplastkassa, geymdur við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  fyrstu fimm dagana en síðan færður í  $2\text{-}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann; Hópur C: Forkældum fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við  $2\text{-}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við  $2\text{-}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  út geymslutímann.

### 9.2.2 Skyngmat

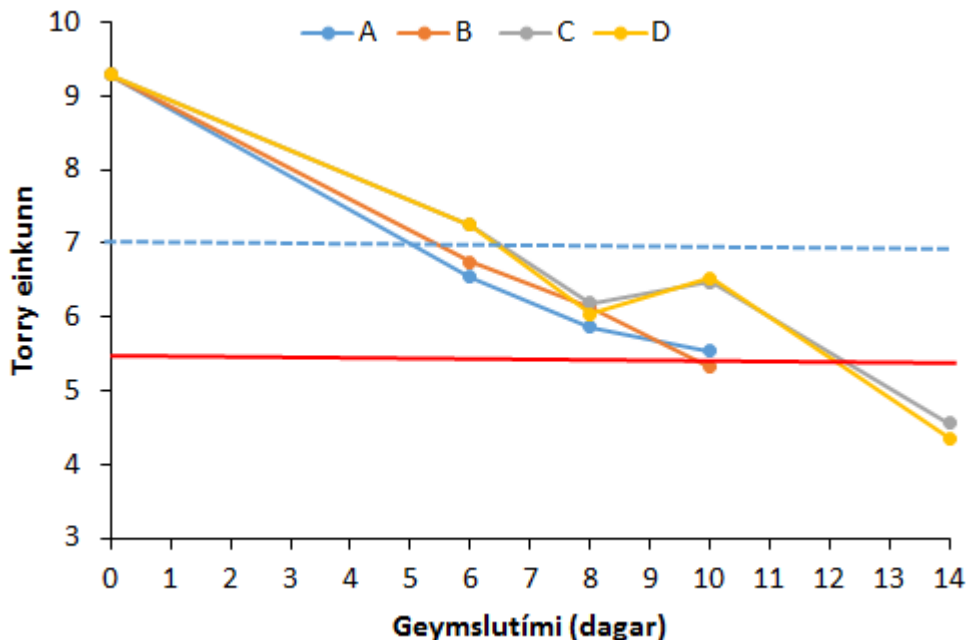
Í byrjun tilraunar einkenndist þorskurinn af ferskleika; sætri lykt, sætu bragði, skelfisklykt og málmkenndu bragði (Tafla 15). Þorskurinn var ljós og einsleitur og áferð var í meðallagi mjúk, nokkuð meyr og safarík. Á degi sex höfðu ferskleikaeinkenni minnkað en skemmdareinkenni voru þó ekki til staðar. Á degi átta höfðu ferskleikaeinkenni minnkað enn frekar. Vottur var kominn af borðtuskulykt í öllum hópum og vottur af TMA lykt af hópi A. Hópur D hafði meira sætt bragð en hópar A og C á degi átta. Á degi tíu hafði borðtuskulykt aukist í öllum hópum og vottur fannst af TMA lykt af hópum A og B. Á degi fjórtán var nokkur borðtuskulykt og TMA lykt af báðum hópum C og D. Einnig fannst vottur af skemmdarsúrri lykt af báðum hópum.

Tafla 15. Meðaltöl fyrir skynmatsþætti og p-gildi fyrir mismun milli hópa (A, B, C og D) eftir 0, 6, 8, 10 og 14 daga kæligeymslu. Mismunandi bókstafir innan dálks á geymsludegi gefa til kynna marktækan mun milli hópa. L, lykt; Ú, útlit; B, bragð, Á, áferð. Niðurstöður á degi 0 og 8 byggja á mati sjö dómara. Niðurstöður á degi 6 byggja á mati sex dómara fyrir lykt og útlit en fimm dómara fyrir bragð og áferð. Niðurstöður á degi 10 byggja á mati átta dómara fyrir lykt og útlit en fimm dómara fyrir bragð og áferð. Niðurstöður á degi 14 byggja á mati 10 dómara fyrir lykt og útlit en sex dómara fyrir bragð og áferð. ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ ).

Hópur	L-sætt	L-skelf.	L-vanilla	L-kartöflur	L-tuska	L-TMA	L-súr	L-brennist.	Ú-litur	Ú-misleitur	Ú-útfell.	Ú-flögur
núllpunktur	54	34	13	3	0	0	0	0	15	15	28	61
<b>Dagur 6</b>												
A	30	13	7	9	15	5 a	5	2	21	27	32 b	61
B	33	15	10	12	6	0 b	1	0	17	26	39 a	61
C	36	22	7	11	6	0	0	0	19	23	30 b	59
D	36	21	7	14	7	0	0	0	18	17	28 b	61
p-gildi	0,159	0,048 *	0,803	0,531	0,135	0,076 ms	0,182	0,169	0,478	0,147	0,013 *	0,960
<b>Dagur 8</b>												
A	20	12	8	18	18	13 a	3	2	26	31	28	56
B	26	18	12	21	17	6	0	1	29	32	28	59
C	25	14	13	19	8	3 b	2	0	27	31	31	56
D	28	17	10	17	12	4 b	1	0	29	33	30	60
p-gildi	0,223	0,117	0,307	0,901	0,253	0,027 *	0,297	0,373	0,726	0,977	0,759	0,459
<b>Dagur 10</b>												
A	20	5	7	15	25	10	8	2	25	29	28	51
B	18	5	4	18	23	14	5	2	26	33	32	50
C	25	8	9	17	16	5	2	1	21	31	27	54
D	27	11	10	16	15	5	2	1	26	31	23	55
p-gildi	0,055 ms	0,130	0,094 ms	0,684	0,205	0,085 ms	0,359	0,464	0,311	0,724	0,118	0,492
<b>Dagur 14</b>												
C	16	7	8	21	20	20	11	1	20 b	26 b	26	58
D	15	8	8	17	23	18	10	3	32 a	40 a	27	59
p-gildi	0,738	0,235	0,924	0,147	0,192	0,492	0,896	0,054 ms	0,003 **	0,001 ***	0,792	0,903
<b>Dagur 6</b>												
Hópur	B-salt	B-málmur	B-sætt	B-rammt	B-súrt	B-TMA	B-ýlda	Á-mýkt	Á-safi	Á-meyrni	Á-maukk.	Á-gúmmík.
núllpunktur	12	37	59	0	0	0	0	51	66	60	9	27
<b>Dagur 6</b>												
A	8	18	38	3	1	5	0	51	52 b	60 a	34	17 b
B	6	23	42	4	2	1	3	40 b	55	39 b	13	37 a
C	9	27	40	1	0	1	0	50	59	67 a	29	18 b
D	9	27	40	1	1	2	1	68 a	65 a	71 a	36	11 b
p-gildi	0,203	0,072 ms	0,572	0,555	0,688	0,451	0,329	0,054 ms	0,046 *	0,014 *	0,138	0,022 *
<b>Dagur 8</b>												
A	6	13	22 b	8	1	5	4	54	56	58	35	27
B	8	14	25	8	1	6	4	56	53	52	38	29
C	7	12	20 b	8	1	5	3	51	53	50	26	29
D	12	13	28 a	4	1	4	2	57	57	57	34	23
p-gildi	0,117	0,772	0,023 *	0,252	0,914	0,707	0,508	0,103	0,295	0,146	0,191	0,293
<b>Dagur 10</b>												
A	7	9	25	5	5	7	2	53 a	53	55	25	20
B	6	10	25	10	6	13	4	45 b	50	42 b	16 b	27 a
C	7	10	29	9	1	9	0	57 a	53	67 a	41 a	11 b
D	8	11	31	8	1	8	0	51	51	56	20	16
p-gildi	0,310	0,900	0,441	0,076 ms	0,124	0,310	0,281	0,005 **	0,662	0,014 *	0,036 *	0,023 *
<b>Dagur 14</b>												
C	22 a	9	20	7	3	11	2	49	53	52	20 b	25
D	4 b	10	21	6	5	10	2	52	49	58	32 a	24
p-gildi	0,006 **	0,724	0,653	0,566	0,143	0,788	0,731	0,685	0,228	0,391	0,023 *	0,902



Miðað er við að þegar Torry einkunn hefur náð 7 að meðaltali hafi þorskurinn misst ferskleika að mestu leyti þó ekki sé farið að bera á skemmdareinkennum. Við meðaleinkunn 5,5 og neðar á Torry skala er ályktað að fiskurinn sé skemmdur. Hópar A og B voru komnir undir 7 í meðaltöl fyrir Torry einkunn á degi sex en allir hópar á degi átta (Mynd 24). Ekki var munur milli hópa á geymsludögum sex, átta og fjórtán ( $p > 0,05$ ). Á degi tíu voru hópar A og B komnir að eða rétt undir meðaltalið 5,5 en hópar C og D höfðu nokkuð hærra Torry meðaltal ( $p = 0,002$ ). Hópar A og B voru þannig við lok geymslupóls á degi tíu og ekki metnir á geymsludegi fjórtán. Báðir hópar C og D voru metnir skemmdir á degi fjórtán (Tafla 16). Hærra meðaltal fyrir hópa C og D á geymsludegi tíu en á degi átta getur orsakast af mismunandi dómurum, einstaklingsmuni milli flaka og meiri mun milli hópa á degi tíu en degi átta en það getur valdið því að meðaltöl verði hærri í ferskari hópunum.



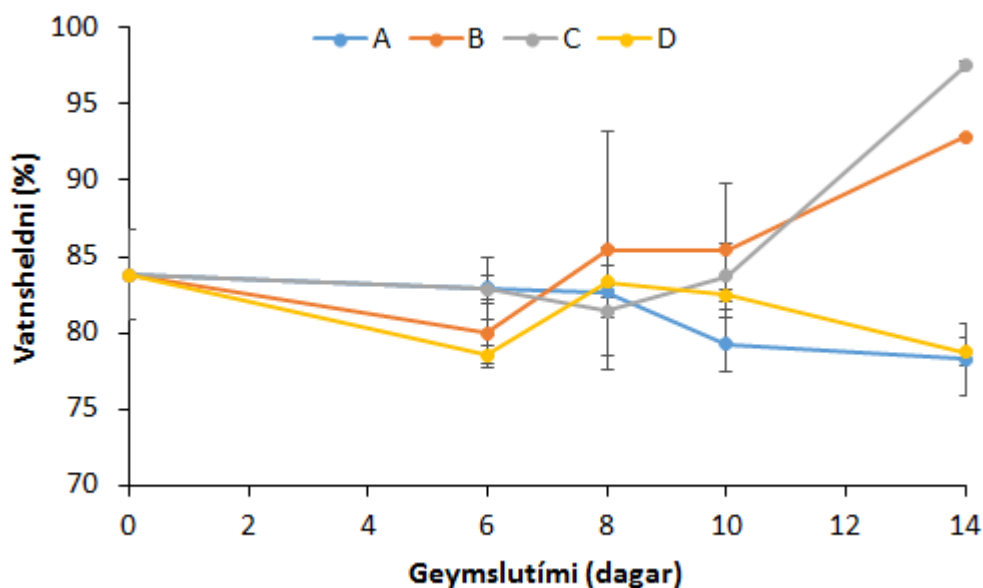
Mynd 24. Meðaltal ferskleikaeinkunnar (Torry) fyrir sýnahópana í Tilraun 5. Blá brotalínan sýnir ferskleikamörkin (7,0) á meðan rauða línan sýnir neysluhæfni mörkin (5,5). Hópur A: Forkældum fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C allan geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataðan frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C fyrstu fimm dagana en síðan færður í  $2-4$  °C út geymslutímann; Hópur C: Forkældum fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var  $-1$  °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við  $2-4$  °C út geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var  $-1$  °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við  $2-4$  °C út geymslutímann.

Tafla 16. Meðalfiskhiti tilraunahópanna í Tilraun 5 yfir allt geymslutímabilið (14 dagar) og áætlað geymsluþol hópanna skv. niðurstöðum Torry ferskleikamats. Lýsing tilraunahópa (A-D) er að finna í Tafla 14.

Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols (°C)	Geymsluþol (dagar)
A	-0,5 ±0,2	10
B	-0,0 ±0,5	10
C	-0,4 ±1,0	12
D	-0,7 ±0,4	12

### 9.2.3 Efnamælingar

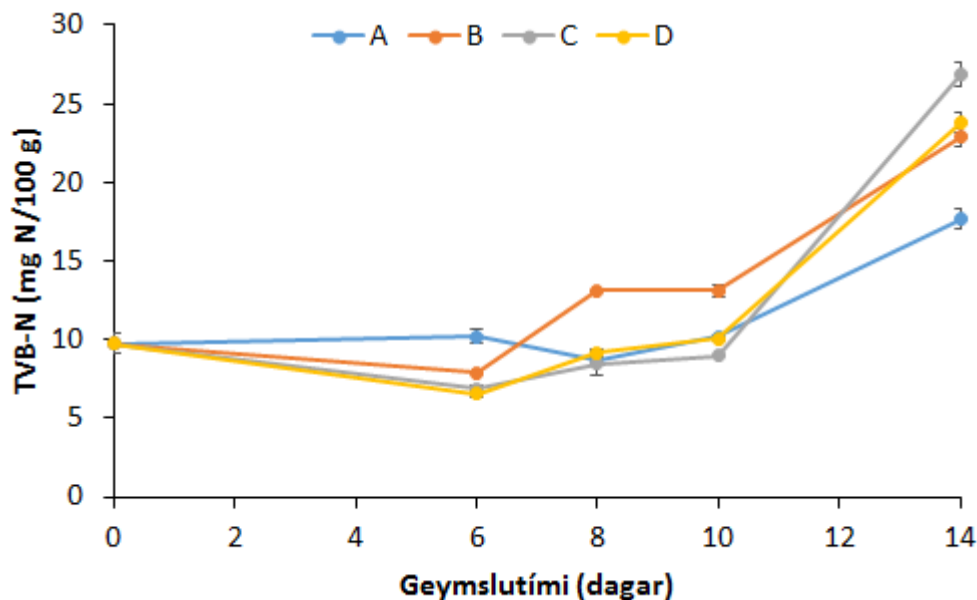
Vatnsinnihald þorskhakkanna var mjög stöðugt hjá öllum hópum yfir allan geymslutímann (að meðaltali 83,5%) og var ekki marktækur munur á milli sýnahópa né geymslutíma. Vatnsheldni í upphafi (strax eftir pökkun) mældist  $83,8 \pm 3,0\%$  (Mynd 25) sem er í samræmi við aðrar rannsóknir á ferskum fisk, þó ívið lægri samanborið við Tilraun 2 (Mynd 11) og Tilraun 3 (Mynd 19). Engin marktæk breyting í vatnsheldni mældist hjá hópum A og D út geymslutímann, en meðalfiskhiti þessara hópa var einnig lægstur til loka geymsluþols (Tafla 16). Á 10. degi var ekki marktækur munur á milli mismunandi sýnahópa, en í lok geymslutímans (dagur 14) jókst vatnsheldni fyrir hópa B og C. Aukning í vatnsheldni ferskra fiskafurða undir lok geymslutíma er þekkt fyrirbæri, en við lok geymsluþols er fiskvöðvinn oft búinn að missa það mikið vatn að lítið er eftir að lausbundnu vatni sem endurspeglast þ.a.l. í hærri vatnsheldni. Þess ber að geta að allir sýnahópar voru skemmdir á degi 14 (Mynd 24).



Mynd 25. Vatnsheldni hópa (WHC; %) í öllum sýnahópum í Tilraun 5. Hópur A: Forkældum fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C allan geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataðan frauðplastkassa, geymdur við  $-1$  °C fyrstu fimm dagana en síðan færður í  $2-4$  °C út geymslutímann; Hópur C:

Forkældum fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímenn; Hópur D: Fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímenn.

Líkt og í fyrri tilraunum þá fór myndun reikulla basa (TVB-N) ekki af stað fyrr en á degi 8 (Mynd 26). Í lok geymslutímabilsins mældist marktækt lægra TVB-N í hóp A (forkældur fyrir pökkun og geymdur allan geymslutímenn við -1 °C) samanborið við aðra sýnahópa, en þar voru þorskhakkarnir forkældur fyrir pökkun og geymdir allan geymslutímenn við -1 °C. Allir sýnahópar voru í geymslutímans undir mörkum fyrir neysluhæfni (35 mg N/100 g).

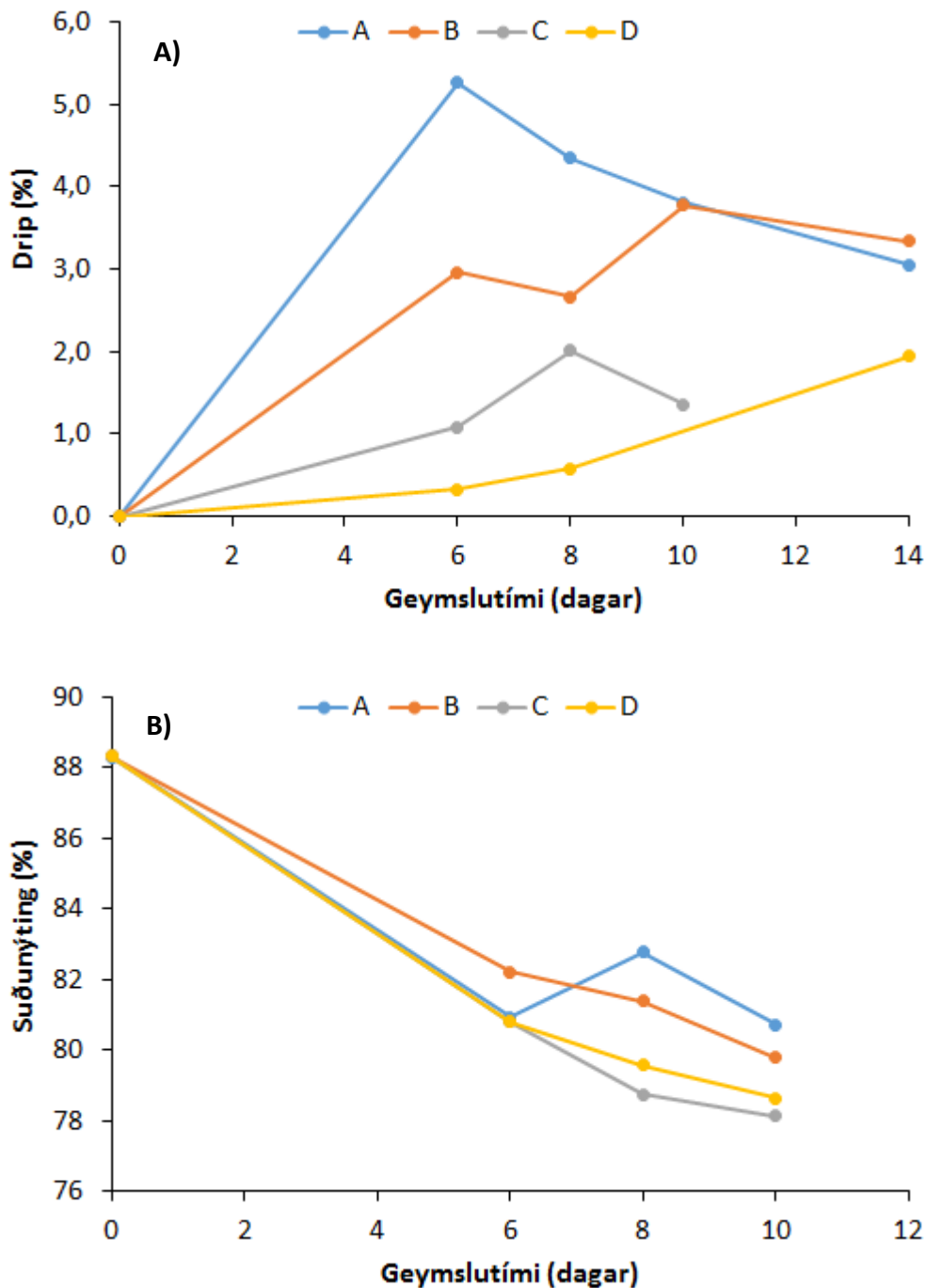


Mynd 26. Heildarmagn reikulla basa (TVB-N; mg N/100 g) í öllum sýnahópum í Tilraun 5 út geymslutímenn. Hópur A: Forkældum fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C allan geymslutímenn; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataðan frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fimm dagana en síðan færðu í 2-4 °C út geymslutímenn; Hópur C: Forkældum fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímenn; Hópur D: Fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímenn.

#### 9.2.4 Vatnstap (drip) við geymslu og suðunýting

Talsverður munur á vatnstapi við geymslu eða dripi mældist á milli sýnahópa strax á degi sex (Mynd 30), þar sem hæst mældist í hóp A (5,3%) og minnst í hóp D (0,3%). Undir lok geymslutímans hafði munurinn á milli sýnahópa aftur á móti rýrnað. Suðunýting sýnahópanna var mjög góð í upphafi geymslutímans eða 88,3%. Eftir 6 daga geymslu hafði suðunýting rýrnað

marktækt hjá öllum sýnahópum niður í 79,3% til 82,2%. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður úr Tilraun 3 en ívið hærrí samanborið við Tilraun 2.



Mynd 27. (A) Drip við geymslu (vatnstap; %) og (B) Suðunýting (%) í öllum sýnahópum í Tilraun 5 út geymslutímann. Hópur A: Forkældum fisk pakkað í 5 kg ógataða frauðplastkassa, geymdur við -1 °C allan geymslutímann; Hópur B: Fisk pakkað í 5 kg gataðan frauðplastkassa, geymdur við -1 °C fyrstu fimm dagana en síðan færðu í 2-4 °C út geymslutímann; Hópur C: Forkældum fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímann; Hópur D: Fisk pakkað í 20 kg vakúmpoka og geymdur í kerri m/krapa (umhverfishiti kers var -1 °C) fyrstu fimm dagana þá endurpakkaða í frauðplastkassa og geymdur við 2-4 °C út geymslutímann.

### **9.3 Ályktanir**

Að pakka þorskhökkunum í plastpoka og geyma fyrstu 5 dagana í kerri með krapa (hópar C og D) skilaði bæði lengri ferskleikatíma og lengra geymsluþoli samanborið við þorskhakka pakkað í frauðplastkassa (hópar A og B). Hópar A og B höfðu um fimm daga ferskleikatímabil og um tíu daga geymsluþol en hópar C og D höfðu rúmlega sex daga ferskleikatímabil og í heild tólf daga geymsluþol.

Niðurstöður tilraunarinnar gefa til kynna að það að hindra aðgengi súrefnis að afurðunum skiptir ekki síður máli og að viðhalda lágu hitastigi frá þökkun og út geymslutímum til að lengja geymsluþol ferskra fiskafurða. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður úr Tilraun 2 og Tilraun 3 sem má rekja til þess að flestar skemmdarörverur ferskra fiskafurða, s.s. *Shewanella putrefaciens*, krefjast súrefnis til vaxtar og þola þ.a.l. illa loftfirrtar aðstæður.