

Auðlindir & afurðir
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics

Viðskiptaþróun
Business Development

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting



Greining á skemmdarferlum við ferskfiskflutning

Magnea G. Karlsdóttir
Gunnar Þórðarson
Ásgeir Jónsson
Hrund Ólafsdóttir
Sigurjón Arason
Björn Margeirson
Aðalheiður Ólafsdóttir

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 09-16

Júlí 2016

ISSN 1670-7192

DOI 10.5281/zenodo. 7360223

Titill / Title	Greining á skemmdarferlum við ferskfiskflutning / Comparison of transport and packaging methods for fresh fish products – storage life study		
Höfundar / Authors	Magnea G. Karlsdóttir ¹ , Gunnar Þórðarson ¹ , Ásgeir Jónsson ^{3,4} , Hrunn Ólafsdóttir ¹ Sigurjón Arason ¹ , Björn Margeirsson ² , Aðalheiður Ólafsdóttir ¹ , ¹ Matís ohf.; ² Sæplast ehf.; ³ Háskóli Íslands; ⁴ Háskólinn á Akureyri.		
Skýrsla / Report no.	09-16	Útgáfudagur / Date:	13. júlí 2016
Verknr. / Project. no.	2289		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS Rannsóknasjóður í sjávarútvegi (R 034-14)		
Ágríp á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins „Bestun ferskfiskflutninga“ var að bæta meðferð ferskra fiskafurða í gámaflutningi og auka þar með geymsluþol þeirra og möguleika á frekari flutningum á sjó frá Íslandi, en verulegur sparnaður felst í því miðað við flutning með flugi.</p> <p>Þessi skýrsla fjallar um greiningu á þeim skemmdarferlum sem eiga sér stað við geymslu og flutninga á ferskum fiskafurðum. Gerður var samanburður á flutningi í frauðplastkössum og í ískrapa í keru við mismunandi hitastig. Bornar voru saman mismunandi útfærslur á báðum þökkunarlausnunum og voru matsþættir m.a. hitastig, heildarörverufjöldi, magn skemmdarörvera, vatnsheldni, magn reikulla basa og skynmatseiginleikar.</p> <p>Almennt var frekar lítil munur á milli tilraunahópa á geymslutímanum. Munur kom fram milli hópa í einstaka skynmatsþáttum en sá munur var ekki sambærilegur milli daga og er því líklega til kominn vegna samspils milli misleits hráefnis og of fárra metinna sýna. Ferskleikatími allra hópa var sjö til átta sólarhringar og geymsluþol um 10 sólarhringar. Þær þökkunarlausnir sem rannsakaðar voru í tilrauninni sem og geymsluhitastig, höfðu lítil áhrif á skemmdarferla þorskafurðanna. Breytileikann mátti fyrst og fremst rekja til geymslutímans.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Ferskur fiskur; þorskur; kæling; flutningur; gæði; skemmdarferlar; þökkun		

Report summary

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>The aim of the project “Optimisation of fresh fish transport” was to improve the handling of fresh fish products during sea freight and increase the shelf life and the possibility of further maritime transport from Iceland, involving significant savings relative to the air freight.</p> <p>The present report covers analysis of the deterioration processes occurring during storage and transportation of fresh whitefish products. Comparison was done between transportation in expanded polystyrene boxes and in slurry ice in tubs at different ambient temperature. Different versions of both packaging solutions were compared with regard to temperature, total viable count, amount of spoilage bacteria, water holding capacity, total volatile nitrogen bases (TVB-N) and sensory properties.</p> <p>There were in general relatively small differences between experimental groups during the storage period. Some difference was observed between groups with regard to few sensory attributes, but the difference was not comparable between days which was likely due to heterogeneous material and too small sampling size. The freshness period of all experimental groups was seven to eight days and the shelf life around 10 days. The packaging solutions explored in the present study, as well as storage temperature, had generally little effect on the deterioration processes occurring in the fresh cod product. The observed variation was primarily attributed to the storage time.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Fresh fish; cod; cooling; transportation; quality deterioration; packaging</i></p>

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	1
2	Markmið	2
3	Framkvæmd	2
3.1	Hráefni og tilraunaskipulag.....	2
3.2	Hitastigsmælingar	3
3.3	Efnamælingar.....	4
3.4	Skynmat	4
3.5	Úrvinnsla gagna	4
4	Niðurstöður	5
4.1	Hitaferlar.....	5
4.2	Örveruskemmdir og ferskleiki	6
4.3	Vatnsheldni og vatnsinnihald	8
4.4	Skynmatseiginleikar ferskra þorskafurða	10
4.5	Höfuðásagreining.....	12
5	Ályktanir	14
6	Þakkarorð	14
7	Heimildir	15
	Viðauki I – Lýsing á skynmatspáttum	16
	Viðauki II – Greining á skynmatspáttum	17

1 INNGANGUR

Mikil sparnaður getur falist í flutningum á ferskum flakastykkjum með skipagámum miðað við flugfrakt, og getur munað meira en einni evru á kílóíð. Til mikils er því að vinna með lengingu á geymsluþoli afurða, en skipafrakt tekur að jafnaði lengri tíma, eða um þremur sólarhringum á t.d. breska markaði. Ekki er talið mögulegt að flytja flakastykki með kerum í flugi, þar sem frauðplastkassar eru allsráðandi, en þær umbúðir henta mjög vel í skipagáma. Hugmyndin með pökkunaraðferð í kerum, sem getur reynst vel, felst í að pakka fiskflökunum í plastpoka og koma fyrir í vökvaís/ískrapa í plast fiskikeri (Margeirsson *et al.* 2012). Einn af kostum við umbúðalausnina er að hægt er að kæla afurðina hratt niður fyrir 0 °C og halda því hitastigi í flutningsferlinu.

Frauðplastkassar eru algengustu umbúðirnar fyrir fersk fiskflök og flakabita, enda verja þeir fiskinn mun betur fyrir hitaálagi frá umhverfinu en t.d. kassar úr bylgjuplasti (*e. corrugated plastic*) (Margeirsson *et al.* 2009; Margeirsson *et al.* 2011; Margeirsson *et al.* 2012). Pakkað er mismunandi í frauðplastkassa, það eru ýmist notaðir heilir (ógataðir) kassar eða gataðir kassar. Götin eru til að hleypa út vökva, sem til kemur vegna bráðnunar íss og vegna vatnstaps (*e. drip*) fisksins við geymslu og flutninga. Vanalega er rakadræg bleyja sett í botninn á heilum kössum til að draga í sig fyrrnefndan raka en bleyjunni er sleppt í tilfelli gataðra kassa. Einnig er mismunandi hvort fiskinum er pakkað í plastpoka áður en honum er komið fyrir í frauðkassa eða plastfilma sett ofan á fiskinn.

Hitastig hefur afgerandi áhrif á vöxt örvera og því mikilvægt að halda hitastigi lágu, kjörhitastig er nálægt -1 °C, og stöðugu við veiðar, framleiðslu, flutning, geymslu og dreifingu á markað. Ferskur fiskur hefur almennt stuttan líftíma, jafnvel við geymslu við lágt hitastig. Takmarkað geymsluþol er ein helsta hindrun í sölu og markaðssetningu á ferskum fiskafurðum frá Íslandi á erlenda markaði. Til að vega upp á móti stuttum líftíma hafa útflytjendur notast við flugfrakt, en mikil tækifæri felast í notkun kæligáma í skipum, bæði hvað varðar kostnað og eins er stjórnun á hitastigi við skipaflutning mun öruggari. Með betri stjórn á kælikeðju við framleiðslu á ferskum fiskafurðum til útflutnings er hægt að auka notkun á skipagámum, sérstaklega ef hægt er að tryggja hitastig undir 0 °C við pökkun, flutning og afhendingu vöru.

2 MARKMIÐ

Markmið verkefnisins „Bestun ferskfiskflutninga“ var að bæta meðferð ferskra fiskafurða í gámaflutningi og auka þar með geymsluþol þeirra og möguleika á frekari flutningum á sjó frá Íslandi. Þessi skýrsla fjallar um greiningu á þeim skemmdarferlum sem eiga sér stað við flutninga á ferskum fiskafurðum.

Tilgangur rannsóknarinnar var að líkja eftir mismunandi flutningsleiðum fyrir ferskfiskflök. Breytan í rannsókninni var hitastig vöru, áhrifabreytan var umbúðir og millibreytan umhverfishiti. Gert var ráð fyrir því að hitastig hráefnis réði þróun á gæðum í tíma. Umhverfishiti ræður mestu um hvort tekst að halda lágu og jöfnu hitastigi. Umbúðir eru hins vegar til að takast á við óvissu í umhverfishita og minnka áhrif sveiflu í umhverfishita á hitastig vöru. Því voru mismunandi umbúðir prófaðar ásamt mismunandi umhverfishitastigi.

3 FRAMKVÆMD

3.1 Hráefni og tilraunaskipulag

Í tilraunina voru notuð bakflök (hnakkar) af þorski sem var 2-3ja daga gamall, veiddur af togaranum Helgu María RE og unninn hjá HB Granda hf. á Akranesi. Eftir hausun, flökun og snyrtingu var hráefninu pakkað á mismunandi hátt til þess að líkja eftir mismunandi flutningsleiðum fyrir ferskfiskflök, alls 7 hópar (Tafla 1). Pakkað var í frauðplastkassa með götum án botnplötu og bleyju sem er algengasta aðferðin við þökkun á ferskum flökum til sjóflutnings í dag. Auk þess var pakkað í heilan frauðplastkassa með og án botnplötu sem möguleg lausn í stað gatakassa. Einnig var hráefninu pakkað í plastpoka og geymt í krapakeri, annars vegar allan geymslutímann og hins vegar tekin upp úr kerinu eftir fimm daga og pakkað í frauðplastkassa með ís eins og tíðkast t.d. í Bretlandi.

Hráefnið fyrir hópa A, B og C var auk þessa kælt niður í -1 °C fyrir þökkun, á meðan hráefnið fyrir aðra hópa var tekið beint af vinnslulínunni. Við kælinguna var notast við 1000 L ker frá Sæplast sem útbúin var með miðflóttaaflsdælu til að viðhalda hringrás kælimiðils. Hitastig hráefnisins sem tekið var beint af vinnslulínunni reyndist talsvert hærra en gert var ráð fyrir, eða 5-6 °C í stað 2-3 °C, og var því hráefnið því töluvert heitara en vonast var eftir.

Tafla 1 Yfirlit yfir tilraunahópana, þ.e. pökkunaraðferðir og hitastig við pökkun og í geymslu.

Hópar	Pökkun	Magn	Hitastig
A	Pakkað í heilan frauðplastkassa	5x5 kg	-1 °C allan tímann
B	Pakkað í frauðplastkassa með götum, án botnplötu og bleyju.	5x5 kg	-1 °C í 5 daga, síðan við 2-4 °C
C	Pakkað í plastpoka sem voru settir í krapaker og geymdir í því allan tímann.	2x5 kg	Pakkað við -1°C og geymt við 2-3 °C í 5 daga, síðan við -1 °C
D	Pakkað í plastpoka sem voru settir í krapaker en teknir upp úr kerinu eftir 5 daga og pakkað heilan frauðplastkassa með ís.	2x5 kg	Pakkað við 2-3 °C og geymt við -1°C í 5 daga, síðan við 2-4 °C
E	Pakkað í heilan frauðplastkassa með botnplötu	4x5 kg	Pakkað við 2-3 °C og geymt við -1°C í 5 daga, síðan við 2-4 °C
F	Pakkað í heilan frauðplastkassa með botnplötu og bleyju undir plötunni	4x5 kg	Pakkað við 2-3 °C og geymt við -1°C í 5 daga, síðan við 2-4 °C
G	Pakkað í heilan frauðplastkassa með botnplötu og tveimur bleyjum meðfram og undir botnplötunni	4x5 kg	Pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga, síðan við 2-4 °C

Eftir pökkun voru sýnin ýmist geymd við -1 °C og 2-4 °C í allt að 10 daga. Á degi 0, 5, 7 og 10 eftir pökkun var lagt mat á skynræna eignleika hráefnisins, örveruskemmdir, magn reikulla basa, vatnsinnihald og vatnsheldni.

3.2 Hitastigsmælingar

Til að fylgjast með hitastigsbreytingum mismunandi afurðarhópa (A til G), sem og umhverfishita, var notast við iButton (DS1922L) hitanema frá Maxim Integrated Products (San Jose, CA, U.S.). Hitanemarnir hafa nákvæmni upp á $\pm 0,5$ °C og upplausn upp á 0,0625 °C.



Mynd 1 iButton hitanemar sem notast var við í tilrauninni til þess að fylgjast með hitastigsbreytingum afurða á umhverfis.

3.3 Efnamælingar

Vatnsinnihald (g/100 g) var metið út frá massatapi við þurrkun sýnis í fjórar klukkustundir við 105 °C (ISO, 1983).

Mælingar á heildarmagni reikulla basa (TVB-N) voru framkvæmdar samkvæmt aðferð Malle & Tao (1987).

3.4 Skynmat

Skynmat var framkvæmt á sex hópum þorskflaka (A til F). 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). Á sama tíma voru sýnin metin eftir Torry ferskleikaskala fyrir magran hvítan fisk (Shewan *et al.* 1953; tafla 4 í viðauka I). Hóparnir sex voru metnir í byrjun tilraunar og eftir fimm, sjö og tíu daga kæligeymslu. Tíu dómarar sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Á hverjum sýnatökudegi mátu fimm til átta dómarar öll sýni. 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 í viðauka I. Hver matsþáttur var metinn eftir styrk á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Hvert sýni var 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.

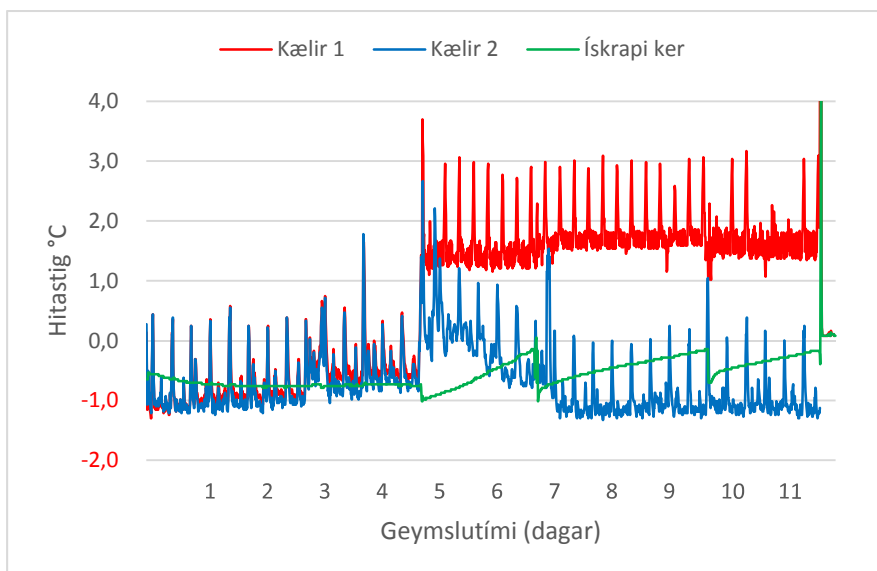
3.5 Úrvinnsla gagna

Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd með Microsoft Excel 2010. 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 ($p < 0,05$). Höfuðásagreining (e. *Principal component analysis*) var framkvæmd með Unscrambler X 10.2.

4 NIÐURSTÖÐUR

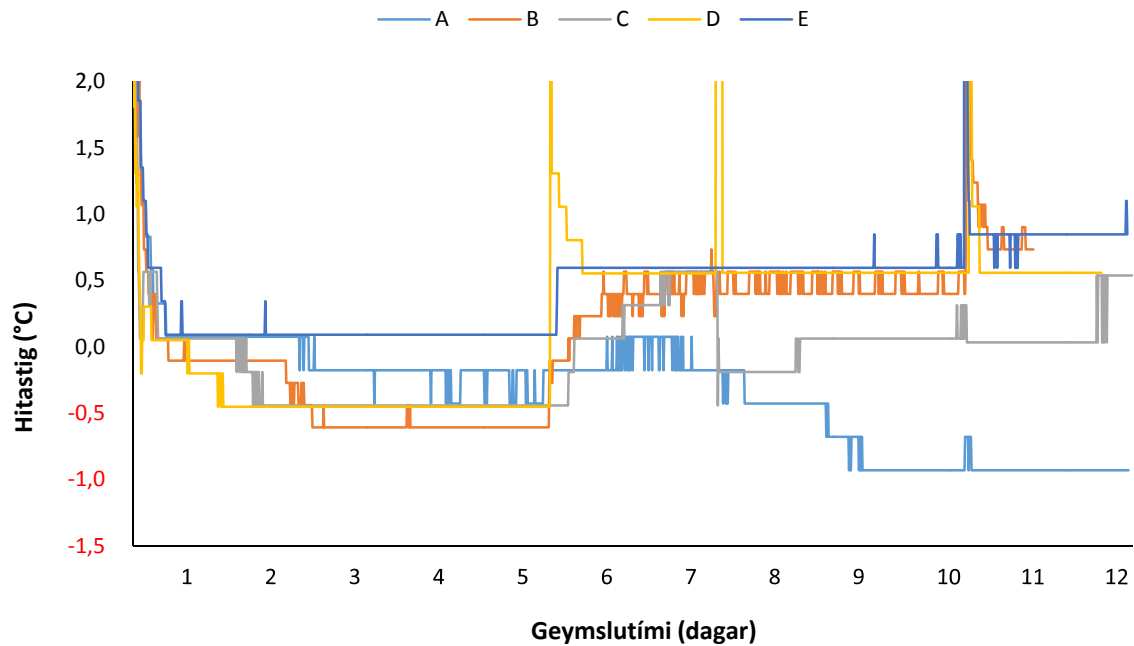
4.1 Hitafferlar

Tilraunahóparnir voru geymdir í tveimur kæliklefum, annar var stilltur á -1 °C en hinn á $2\text{--}4\text{ °C}$, og var hitastig þeirra skráð allan geymslutímann (*Mynd 2*). Kælir eitt átti að líkja eftir vel heppnuðum gámaflutningi fyrir geymslu í kæli hjá kaupanda erlendis og var keyrður á -1 °C fyrstu fimm dagana og síðan hækkaður í $2\text{--}4\text{ °C}$. Kælir 2 átti að keyra allan tímann á -1 °C . Eins og sést á *Mynd 2* náðist ekki að halda kæli 2 allan tímann við rétt hitastig og á fimmta degi fer hann upp í $+2\text{ °C}$ en er kominn niður fyrir -1 °C á sjöunda degi. Hann var afhrímaður á 5. degi sem útskýrir stökkið á grafinu og skilaði kælirinn betri kælingu eftir það.



Mynd 2 Umhverfishiti í kælnum sem tilraunahóparnir voru geymdir í sem og hitastig krapakers (hópar C og D).

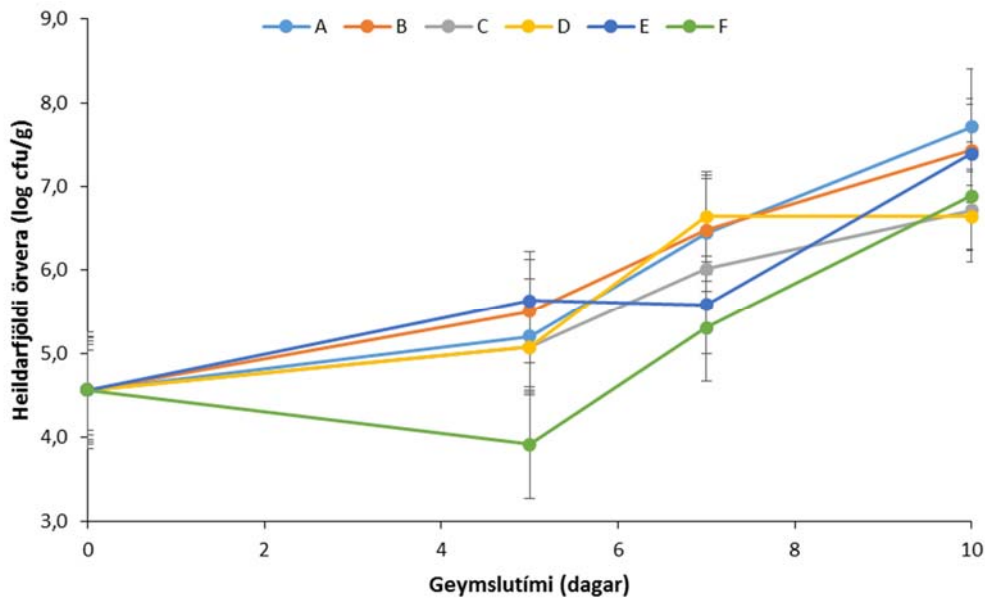
Hitastigsferla tilraunahópanna í gegnum geymsluna má sjá á *Mynd 3*. Hópur A var geymdur í kæli 2 allan geymslutímann, en eins og sést á *Mynd 2* þá fór hitastig kælis 2 niður í allt að $-1,3\text{ °C}$ (á degi 7) með þeim afleiðingum að hitastig afurðar lækkaði niður fyrir -1 °C og mynduðust því ískristallar í holdinu. Hópur B var geymdur við -1 °C fyrstu fimm dagana en hann var færður yfir í kæli 1 sem mældist með hitastigsbilið $1,5\text{ °C}$ til 3 °C . Hópur C er annar af tveimur tilraunahópum sem voru geymdir í ískrapa í ker, en kerid var geymt við -1 °C (kælir 2) fyrstu fimm dagana þegar það var fært yfir í kæli 1. Þrátt fyrir það var hitastigið í afurðinni nokkuð jafnt til loka tilraunar, eða í kringum 0 °C .



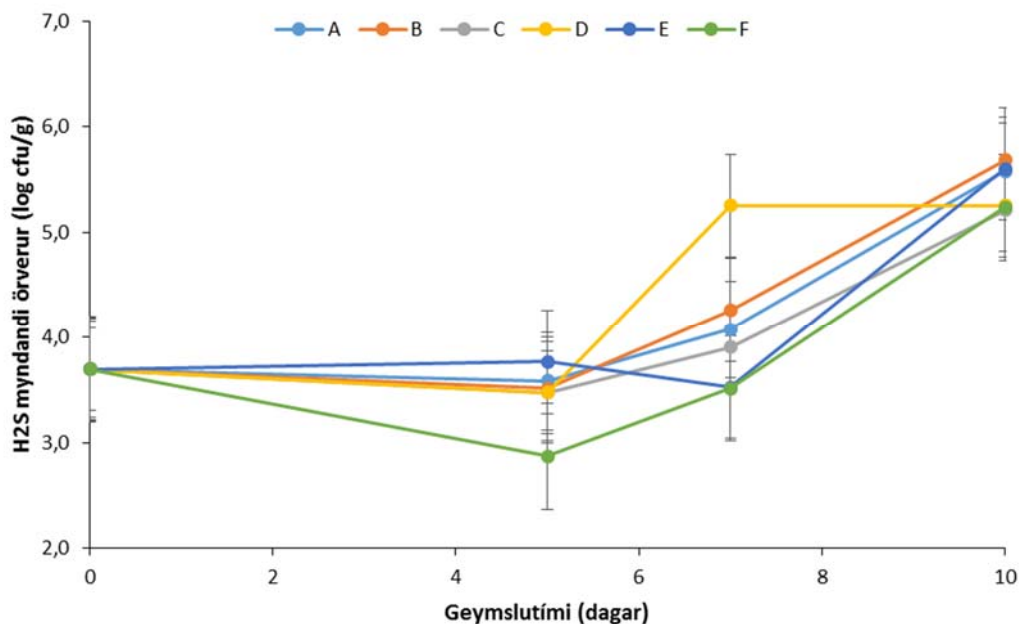
Mynd 3 Hitastig hráefnis í öllum hópum. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 5 daga og svo $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 5 daga og svo við $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2 Örveruskemmdir og ferskleiki

Örverur eru mikilvægur þáttur sem hefur takmarkandi áhrif á geymsluþol ferskra fiskafurða. Í verkefninu var lagt mat á heildarfjölda örvera (*Mynd 4*) og fjölda H_2S myndandi skemmdarörvera (*Mynd 5*) á hverjum sýnatökudegi. Á degi 7 hafði örveruvöxtur aukist í öllum tilraunahópunum samanborið við upphafshráefnið, en ekki reyndist marktækur munur á milli hópa. Í lok geymslutímabilsins mældust þau flök sem þökkuð voru í poka og í ískrapa í kerri með lágsta örverufjöldann ($p > 0,05$).

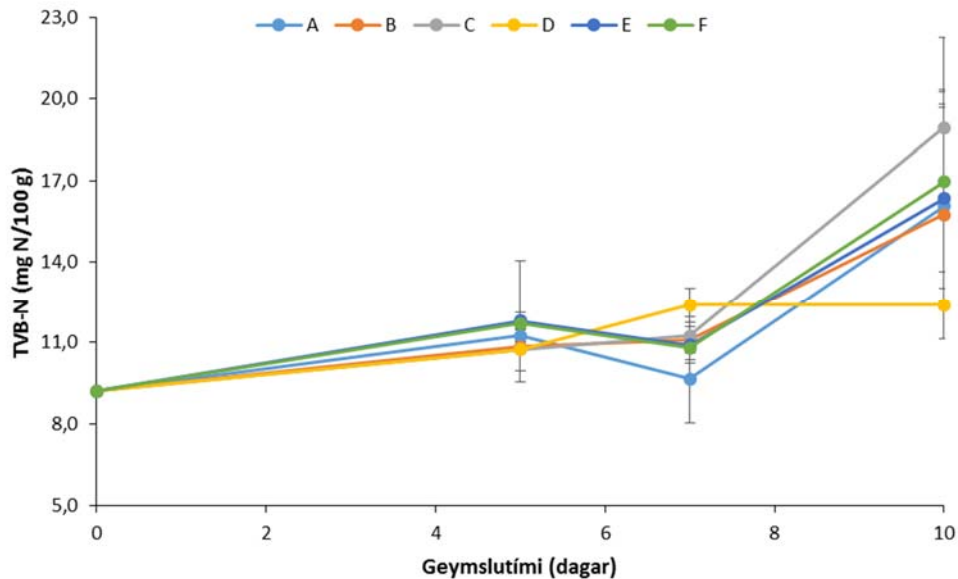


Mynd 4 Heildarörverufjöldi (log cfu/g) ferskra þorsklaka pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.



Mynd 5 Magn H₂S myndandi skemmdarörvera (log cfu/g) í ferskum þorsklökum pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

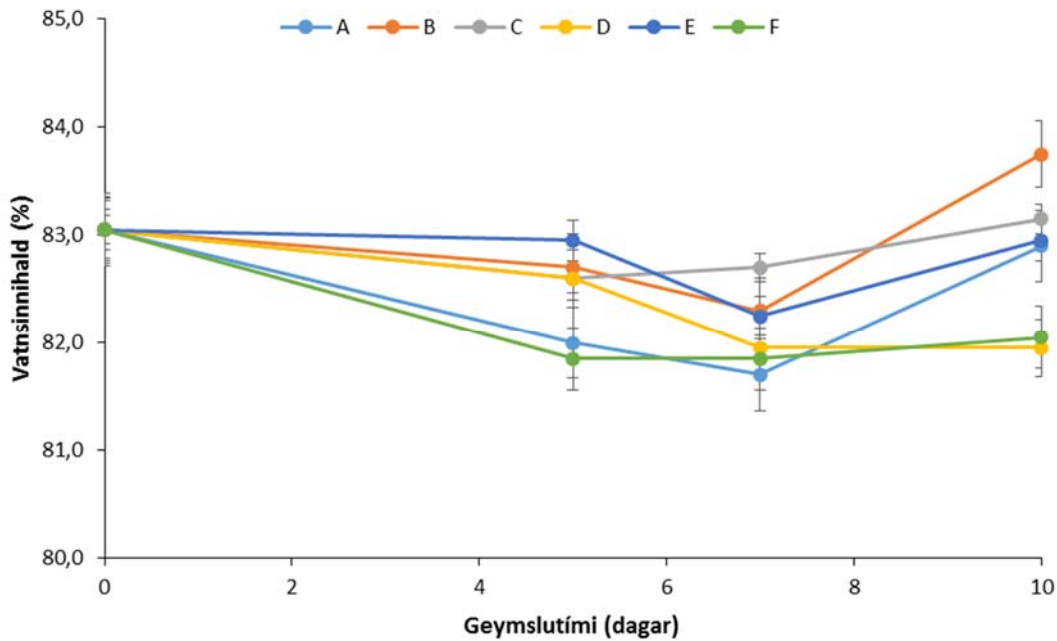
Heildarmagn reikulla basa eða TVB-N var mælt yfir geymslutímam og eru niðurstöðurnar sýndar á *Mynd 6*. Litlar breytingar áttu sér stað í TVB-N magni fyrstu 7 daga geymslunnar. Í lok geymslutímabilsins (dagur 10) hafði TVB-N magn aukist marktækt hjá öllum hópum að undanskildum hóp D. Í lok geymslutímans voru flök sem voru pökkuð í poka og sett í ískrapa í kerri (hópur D) með marktækt lægra magn TVB-N samanborið við aðra tilraunahópa.



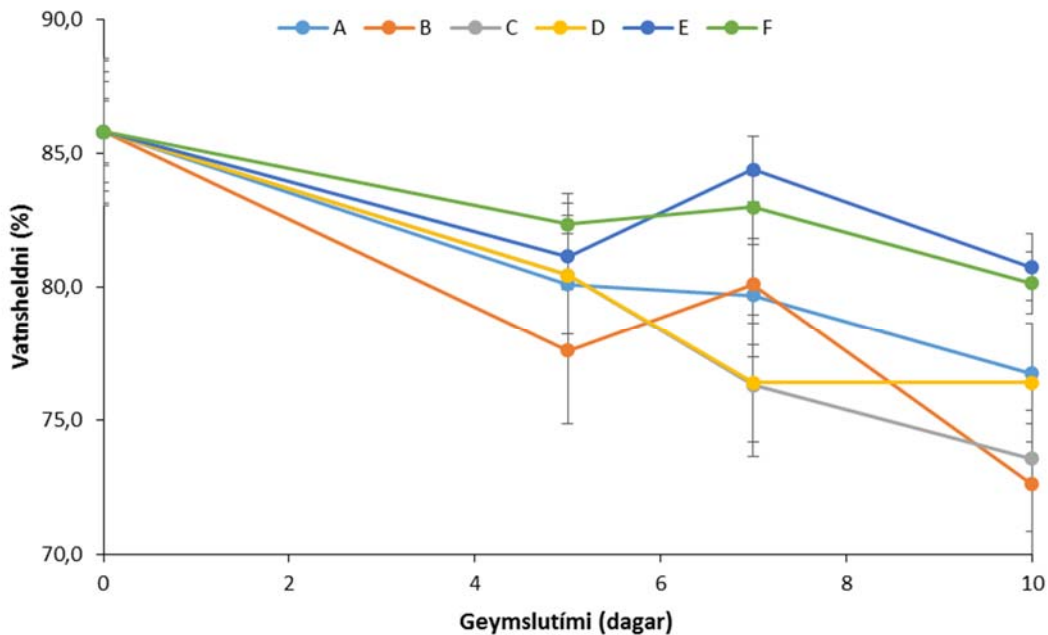
Mynd 6 Heildarmagn reikulla basa (TVB-N; mg N/100 g sýni) í ferskum þorskflökum pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

4.3 Vatnsheldni og vatnsinnihald

Vatnsheldni þorskflakanna lækkaði almennt með geymslutíma (*Mynd 8*), á meðan vatnsinnihald flakanna var nokkuð stöðugt (*Mynd 7*). Í lok geymslutímans mældist marktækt hærri vatnsheldni í tilraunahópum F og G en lægsta vatnsheldni mældist í hópum C og B.



Mynd 7 Vatnsinnihald (%) í ferskum þorsflökum pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

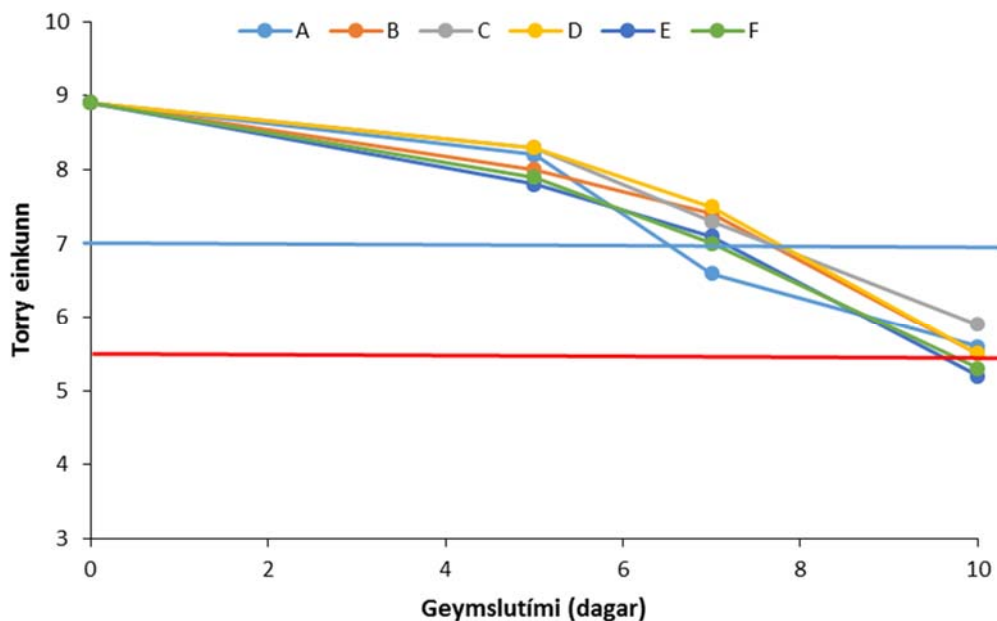


Mynd 8 Vatnsheldni (%) í ferskum þorsflökum pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

4.4 Skynmatseiginleikar ferskra þorskafurða

Í byrjun tilraunar einkenndist þorskurinn af ferskleika; sætri lykt, sætu bragði, skelfisklykt og málmkenndu bragði (Tafla 3 í viðauka II). Þorskurinn var frekar ljós og einsleitur og áferð var mjúk, meyr, safarík og nokkuð maukkennd. Ferskleikaeinkenni minnkuðu með geymslutíma en ekki bar á skemmdareinkennum fyrr en á degi tíu. Þá var komin vottur af skemmdarlykt af öllum hópum og vottur af TMA lykt af hópum D og E. Lítil munur var milli hópa á geymslutímanum. Á degi fimm hafði hópur E minni skelfisklykt en hópar B og C. Á degi sjö var hópur A seigari áferð en hópar B og D og hópur B hafði sætara bragð en hópur A.

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. Ekki var munur á meðaltölum Torry einkunna innan hvers geymsludags (*Mynd 9*). Á degi fimm voru allir hópar enn ferskir. Á degi sjö var meðaltal allra hópa um eða yfir 7, nema fyrir hóp A sem hafði meðaltal 6,6. Á degi tíu voru meðaltöl hópa frá 5,2 til 5,9 en út frá því má álykta að hóparnir hafi þá flestir verið við mörk geymslupols. Hópur C hafði þá hæsta meðaltalið sem gæti gefið til kynna örlítið lengra geymslupól fyrir þann hóp. Sex dómarar mátu öll sýni við byrjun tilraunar og á degi sjö. Átta dómarar mátu öll sýni á degi fimm. Á degi tíu tóku fimm til sex dómarar þátt í skynmatinu en tveir dómarar smökkuðu ekki einhver sýni vegna skemmdarlyktar. Niðurstöður fyrir dag tíu eru því byggðar á mati fárra dómara og ætti að túlka þær niðurstöður með fyrirvara.



Mynd 9 Meðaltals Torry einkunn [3-10] ferskra þorsklaka pakkað á mismunandi hátt og geymdir í allt að 10 daga. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við 2-3 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

Almennt var frekar lítill munur á milli tilraunahópa á geymslutímanum. Munur kom fram milli hópa í einstaka skynmatsþáttum en sá munur var ekki sambærilegur milli daga og er því líklega tilkominn vegna samspils milli misleits hráefnis og of fárra metinna sýna. Ferskleikatími allra hópa var sjö til átta sólarhringar og geymsluþol um 10 sólarhringar (Tafla 2).

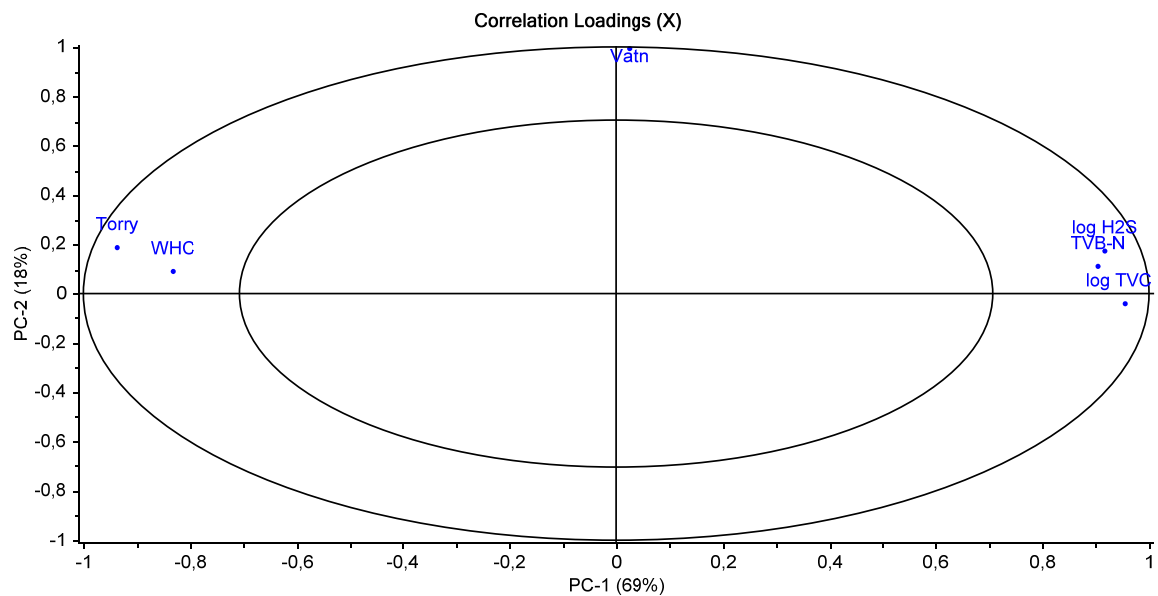
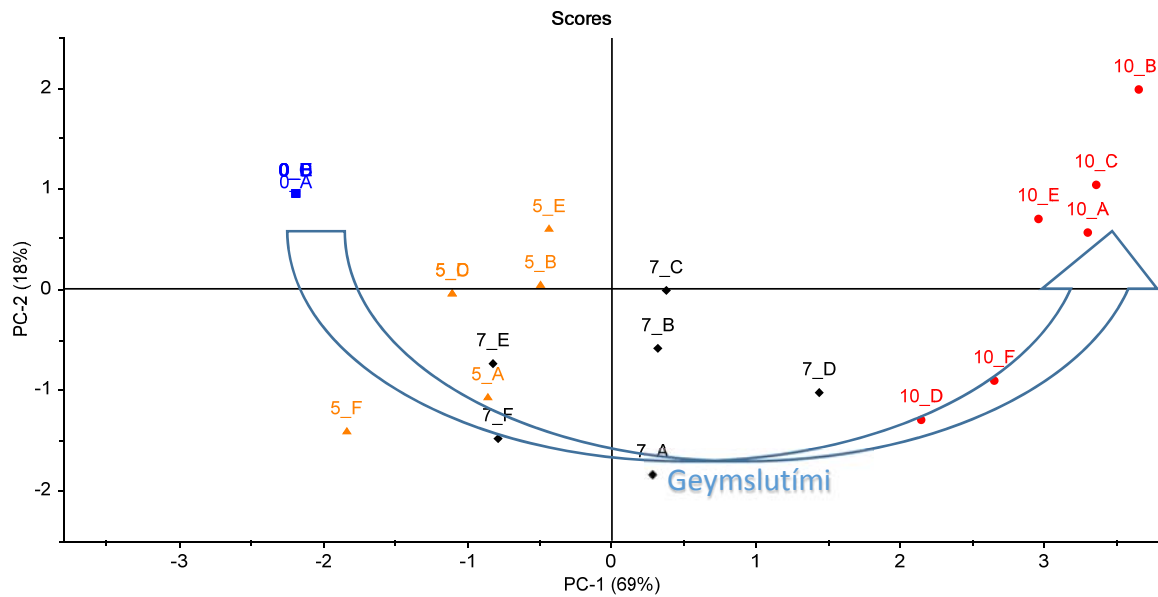
Tafla 2 Meðalhiti í hópunum og geymsluþol samkvæmt skynmatsniðurstöðum. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við -1 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við 2-4 °C; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við 2-4 °C og geymt við -1 °C í 5 daga og svo 2-4 °C.

Hópur	Meðalfiskhiti til loka geymsluþols	Geymsluþol (dagar)
A	-0,4 °C ± 0,4 °C	10
B	+0,2 °C ± 1,1 °C	10
C	-0,1 °C ± 0,3 °C	11
D	+0,3 °C ± 1,2 °C	10
E	+0,5 °C ± 0,8 °C	10

4.5 Höfuðásagreining

Höfuðásagreining (e. *Principal component analysis*) var gerð á samanburði meðaltalsgilda allra hópanna yfir geymslutímamann (*Mynd 10*). Mælibreyturnar sem voru teknar inn í greininguna voru vatnsinnihald, vatnsheldni, TVB-N, Torry einkunn, heildarörverufjöldi og magn H₂S myndandi skemmdarörvera. Góð jákvæð fylgni var á milli vatnsheldni og Torry einkunnar, sem hafði svo neikvæða fylgni við örveruskemmdir og TVB-N.

Fyrsti höfuðásinn (PC-1) útskýrir 69% af breytileikanum á milli tilraunahópa sem er fyrst og fremst vegna breytinga sem eiga sér stað með geymslutíma. Annar höfuðásinn (PC-2) útskýrir 18% af breytileikanum milli tilraunahópa, sem má aðallega rekja til breytinga sem eiga sér stað með geymslutíma en einnig til mismunar á milli tilraunahópa á degi 10. Með öðrum orðum, þá sýnir höfuðásagreiningin að þær þökkunarlausnir sem beittar voru í tilrauninni sem og geymsluhitastig, höfðu lítil áhrif skemmdarferla þorskafurðanna. Breytileikann mátti fyrst og fremst rekja til geymslutímans.



Mynd 10 Höfuðásagreining á meðaltals gildum allra tilraunahópa. A) Heill frauðplastkassi, pakkað við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$; B) Frauðplastkassi með götum án botnplötu og bleyju, pakkað við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 5 daga og svo $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; C) Plastpoka í ískrapa; D) Plastpoka í ískrapa í 5 daga, síðan í heilan frauðplastkassa við $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; E) Heill frauðplastkassi með botnplötu án bleyju, pakkað við $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ og geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 5 daga og svo $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; F) Heill frauðplastkassi með botnplötu og bleyju undir plötunni, pakkað við $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ og geymt við $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 5 daga og svo $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5 ÁLYKTANIR

Almennt var frekar lítil munur á milli tilraunahópa á geymslutímanum. Ferskleikatími allra tilraunahópa var sjö til átta sólarhringar og geymsluþol um 10 sólarhringar. Þær þökkunarlausnir sem beitt var í tilrauninni sem og geymsluhitastig höfðu lítil áhrif skemmdarferla þorskafurðanna. Breytileikann mátti fyrst og fremst rekja til geymslutímans.

6 ÞAKKARORÐ

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

7 HEIMILDIR

- ISO (1993). "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.
- Malle, P. and S. H. Tao (1987). "Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation." J Food Protect. 50(9): 756-760.
- Margeirsson, B., S. Arason and H. Pálsson (2009). "Thermal performance of corrugated plastic boxes and expanded polystyrene boxes." Matís report 01-09.
- Margeirsson, B., R. Gospavic, H. Pálsson, S. Arason and V. Popov (2011). "Experimental and numerical modelling comparison of thermal performance of expanded polystyrene and corrugated plastic packaging for fresh fish." International Journal of Refrigeration. 34(2): 573-585.
- Margeirsson, B., B. Ö. Smáráson, G. Thordarson, A. Olafsdóttir, E. Reynisson, Ó. Gestsson, E. Martinsdóttir and S. Arason (2012). "Comparison of transport modes and packaging methods for fresh fish products - storage life study and life cycle assessment." Matís report 35-12.
- 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 – LÝSING Á SKYNMATSÞÁTTUM

Tafla 3. Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á þorski og skilgreiningar á þeim.

Stytting	Skynmatsþáttur	Skal	Skilgreining
<i>LYKT</i>			
L-sæt	sæt lykt	engin mikil	sæt lykt
L-skelf.	skelfisk-/þörungalykt	engin mikil	einkennandi fersk lykt
L-vanilla	vanilla/ soðin mjólk	engin mikil	vanilla, sæt soðin mjólk
L-kartöflur	soðnar kartöflur	engin mikil	heitar heilar soðnar kartöflur í potti
L-tuska	borðtuskulykt	engin mikil	óhrein rök borðtuska úr eldhúsinu (36 klst)
L-TMA	TMA lykt	engin mikil	TMA, harðfiskur, siginn fiskur, skata, amín,
L-súr	skemmdarsúr	engin mikil	skemmdarsúr, súr mjólk, ediksýra, smjörsýra
L-brennist.	brennisteinslykt	engin mikil	brennisteinn, eldspýtur, soðið kál
<i>ÚTLIT</i>			
Ú-litur	litur	ljós dökkur	ljós: hvítur litur. Dökkur: gulur, brúnn, grár
Ú-misleitur	misleitur	einsleitur misleitur	mislitur; t.d. blettir, mislitur í kantinn
Ú-útfell.	hvítar útfellingar	ekkert mikið	hvítar útfellingar á bita
Ú-flögur	flögur	ekkert mikið	fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
<i>BRAGÐ</i>			
B-salt	saltbragð	ekkert mikið	saltbragð
B-málmur	málmkennt bragð	ekkert mikið	einkennandi málmbragð af ferskum þorski
B-sætt	sætt bragð	ekkert mikið	einkennandi sætt bragð af ferskum þorski
B-rammt	rammt bragð	ekkert mikið	rammt bragð
B-súrt	skemmdarsúrt	ekkert mikið	skemmdarsúrt bragð
B-TMA	TMA bragð	ekkert mikið	TMA, harðfiskur, siginn fiskur
B-ýlda	ýlda	ekkert mikið	styrkur á ýldu (skemmdarbragði/off-flavour)
<i>ÁFERÐ</i>			
Á-mýkt	mýkt	stinnur mjúkur	fyrsta bit
Á-safi	safi	þurr safaríkur	þurr- dregur safi úr munni
Á-meyrni	meyrni	seigur meyr	þegar tuggið hefur verið nokkrum sinnum
Á-maukk.	maukkennt	lítið mikið	mauk, grautur
Á-gúmmík.	gúmmíkenndur	lítið mikið	gúmmí, fjaðrandi

Tafla 4. Torry einkunnastigi fyrir mat á ferskleika á soðnum mögrum fiski (t.d. þorski).

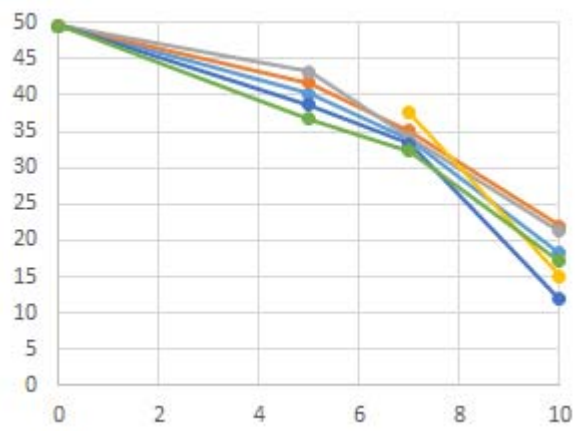
Lykt	Bragð	Einkunn
Dauf lykt af sætri soðinni mjólk, sterkju	Vatnskennt, málmkennt. Ekki sætt en kjötkennd munnhrif, e.t.v. örlítil sæta	10
Skelfisk-, þörungalykt, soðið kjöt	Sætt, kjötkennt, einkennandi fyrir tegundina	9
Minnkandi hlutlaus lykt	Sætt, einkennandi en daufara	8
Sag, timbur, vanilla	Hlutlaust	7
Soðin mjólk, soðnar kartöflur	Bragðlítið (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-, smjörsýru-, sápu-, rófulykt	Sterkt beiskt, TMA bragð, örlítið súlfíð	3

VIÐAUKI II – GREINING Á SKYNMATSPÁTTUM

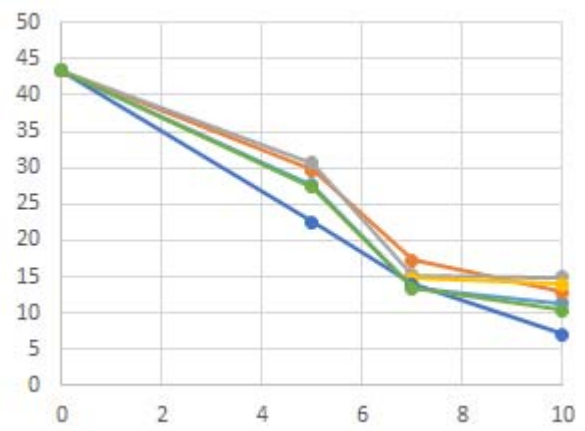
Tafla 5. Meðaltöl fyrir skynmatspætti og p-gildi fyrir mismun milli hópa (A, B, C og D) eftir 0, 6, 8, 10 og 14 daga kæligeyslu. Mismunandi bókstafir innan dálks á geymsludegi gefa til kynna marktækan mun milli hópa. L, lykt; Ú, útlit; B, bragð, Á, áferð. Niðurstöður á degi 0 og 8 byggja á mati 7 dómara. Niðurstöður á degi 6 byggja á mati 6 dómara fyrir lykt og útlit en 5 dómara fyrir bragð og áferð. Niðurstöður á degi 10 byggja á mati 8 dómara fyrir lykt og útlit en 5 dómara fyrir bragð og áferð. Niðurstöður á degi 14 byggja á mati 10 dómara fyrir lykt og útlit en 6 dómara fyrir bragð og áferð.

Hópur	L-sæt	L-skelfisk	L-vanilla	L-kartöflur	L-tuska	L-TMA	L-súr	L-brennist.	Ú-litur	Ú-misleitni	Ú-útfellingar	Ú-flögur
Dagur 0	50	43	16	9	0	0	0	0	12	17	36	54
Dagur 5												
A	40	28	13	11	4	1	1	0	19	20	29	49
B	42	30 ^a	13	7	2	0	0	0	20	21	37	48
C	43	31 ^a	13	5	2	0	0	0	15	17	35	47
E	39	23 ^b	13	9	6	2	1	0	18	18	33	50
F	37	27	10	7	6	1	2	0	20	23	36	44
p-gildi	0,152	0,024 [*]	0,478	0,075 ^{ms}	0,291	0,101	0,346	0,227	0,286	0,278	0,475	0,741
Dagur 7												
A	34	14	15	18	11	2	1	0	26	31	30	46
B	35	17	7	13	7	2	1	0	18	25	28	52
C	34	15	7	14	10	1	2	0	20	26	29	43
D	38	15	9	13	5	0	1	0	17	23	26	54
E	33	14	8	14	10	4	2	0	18	21	30	45
F	32	13	6	15	15	3	2	0	20	24	35	45
	0,902	0,886	0,178	0,550	0,183	0,275	0,232	0,438	0,120	0,429	0,668	0,333
Dagur 10												
A	18	11	12	18	13	8	4	1	16 ^b	26 ^b	39	41
B	22	13	14	26	15	5	6	1	28	37	45	45
C	21	15	13	19	14	9	4	1	23	33	36	45
D	15	14	13	20	18	13	8	3	32 ^a	33	30	48
E	12	7	11	18	20	10	7	1	32 ^a	43 ^a	36	38
F	17	10	9	19	17	5	4	3	22	35	40	39
p-gildi	0,334	0,423	0,919	0,712	0,775	0,631	0,949	0,723	0,028 [*]	0,021 [*]	0,665	0,842
Hópur	B-salt	B-málmur	B-sætt	B-rammt	B-súrt	B-TMA	B-ýlda	Á-mýkt	Á-safi	Á-meyrni	Á-naukk.	Á-gúmmik.
Dagur 0	15	39	53	1	1	0	0	71	68	66	33	15
Dagur 5												
A	8	28	42	2	1	0	0	72	70	70	31	17
B	10	31	38	1	1	0	0	67	66	64	29	23
C	9	31	40	1	0	0	0	72	69	72	28	20
E	6	27	34	2	1	2	1	73	70	73	32	17
F	8	31	36	2	2	1	0	73	69	71	36	18
p-gildi	0,158	0,234	0,155	0,912	0,109	0,271	0,440	0,622	0,842	0,266	0,287	0,223
Dagur 7												
A	10	12	28 ^b	11	4	7	2	51	54	52	33	33 ^a
B	11	21	40 ^a	3	1	1	1	68	67	67	37	19 ^b
C	11	20	38	2	3	1	0	60	68	67	35	23
D	9	21	35	4	1	0	1	71	69	73	37	18 ^b
E	11	17	36	6	5	7	1	66	59	63	38	24
F	9	20	33	5	2	4	1	61	63	58	31	25
	0,371	0,461	0,067 ^{ms}	0,167	0,314	0,115	0,832	0,063 ^{ms}	0,127	0,094 ^{ms}	0,769	0,041 [*]
Dagur 10												
A	8	14	22	11	6	15	2	65	61	71	37	18
B	5	18	20	15	3	6	2	68	61	59	36	16
C	9	21	25	14	1	7	1	73	68	72	40	13
D	8	15	19	17	1	16	3	72	63	66	34	16
E	6	14	17	20	3	8	0	75	70	68	43	20
F	5	14	17	16	4	4	0	70	60	60	44	27
p-gildi	0,765	0,748	0,687	0,787	0,296	0,235	0,507	0,540	0,723	0,377	0,933	0,597

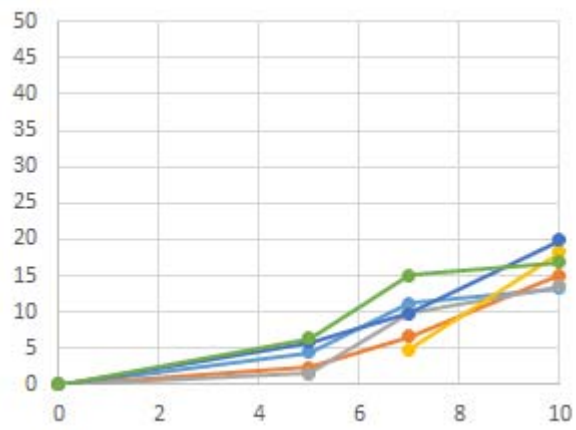
L-sæt



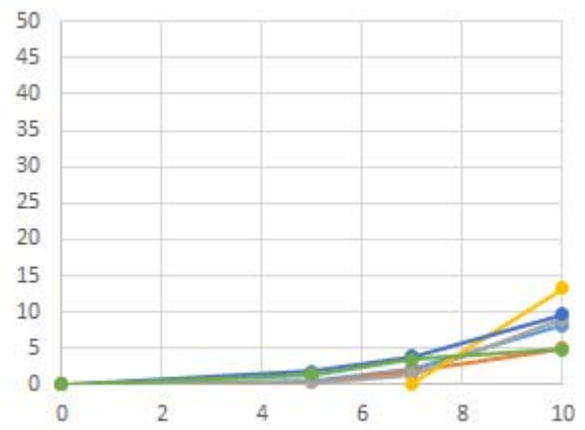
L-skelfisk



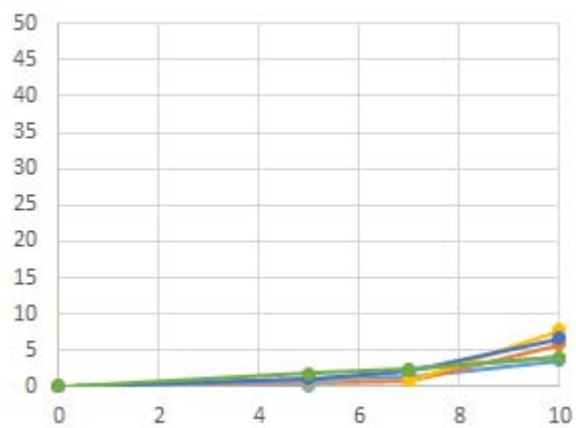
L-tuska



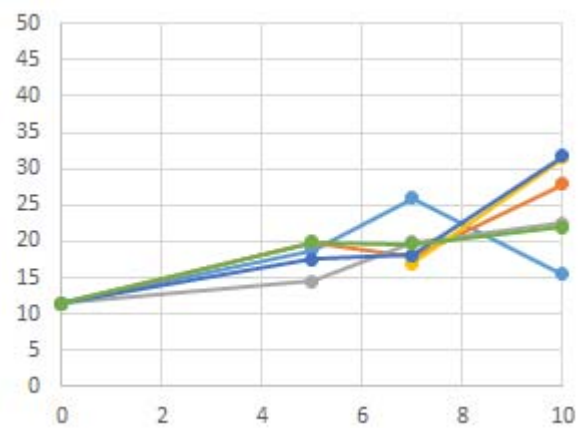
L-TMA



L-súr

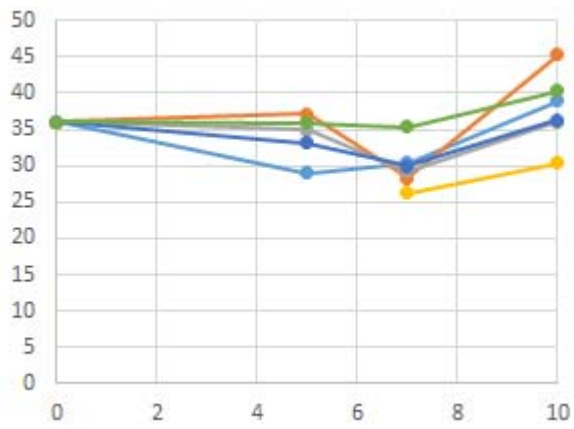


Ú-litur

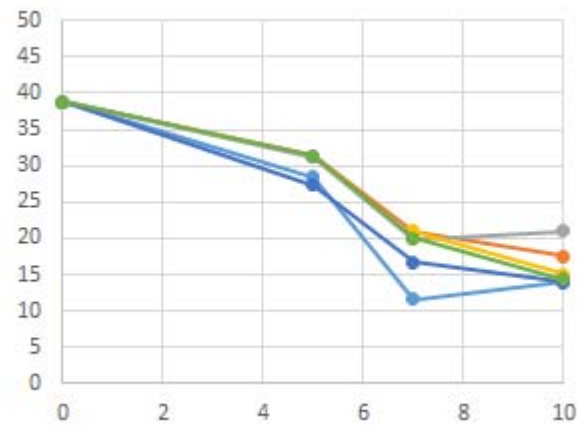


—●— A —●— B —●— C —●— D —●— E —●— F

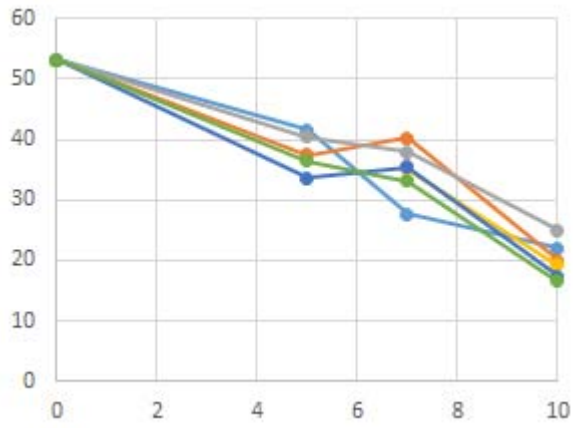
Ú-misleitni



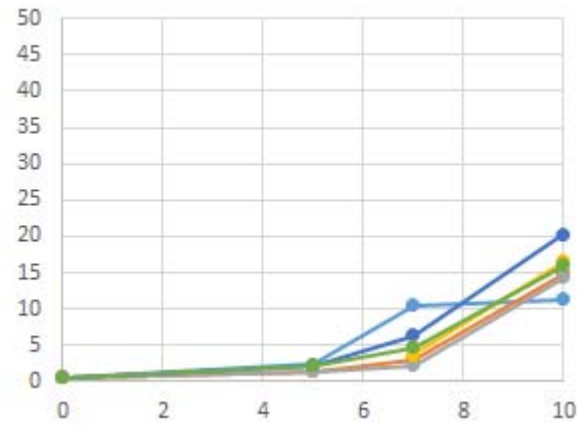
B-málmur



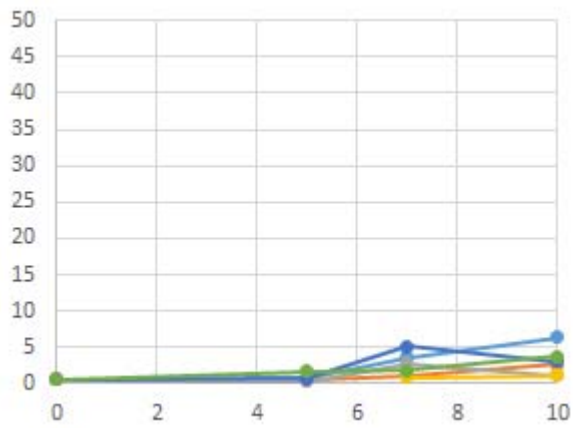
B-sætt



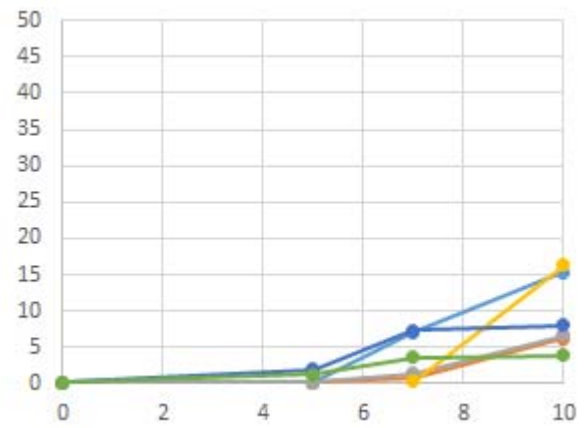
B-rammt



B-súrt



B-TMA



—●— A —●— B —●— C —●— D —●— E —●— F