

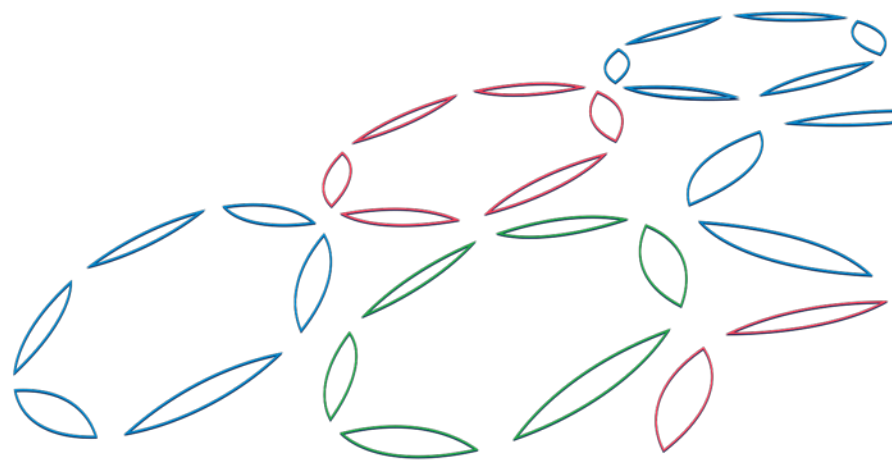


Geymsluþol léttsaltaðra flaka í frosti

Ásbjörn Jónsson
Magnea G. Karlsdóttir
Jóna Sigríður Halldórsdóttir
Inga Rósa Ingvadóttir
Snorri Karl Birgisson
Hildur Inga Sveinsdóttir
Málfríður Bjarnadóttir
Paulina Elzbieta Wasik
Sigurjón Arason

Skýrsla Matís 18-18
Nóvember 2018

ISSN 1670-7192



Report summary

<i>Titill / Title</i>	Geymslupól léttsaltaðra flaka í frosti		
<i>Höfundar / Authors</i>	Ásbjörn Jónsson, Magnea G. Karlsdóttir, Jóna Sigríður Halldórsdóttir, Inga Rósa Ingvadóttir, Snorri Karl Birgisson, Hildur Inga Sveinsdóttir, Málfríður Bjarnadóttir, Paulina Elzbieta Wasik og Sigurjón Arason		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	18-18	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	7.11.2018
<i>Verknr. / Project no.</i>	2003-2285		
<i>Styrktaraðilar /Funding:</i>	AVS rannsóknarsjóður í sjávarútvegi		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Markmið verkefnisins var að meta stöðugleika léttsaltaðra þorskflaka (<i>Gadus morhua</i>) í frostgeymslu. Áhrif hráefnis og vinnslupátta á gæði voru skoðuð. Vinsældir léttsaltaðra þorskflaka hafa aukist hratt og er útflutningur á þeim mikill. Mikilvægt er að átta sig á þeim þáttum sem geta haft áhrif á gæði vörunnar til að geta tryggt verðmæti afurðarinnar og þannig skilað auknum hagnaði. Áhersla var lögð á að skoða mismunandi hráefni með tilliti til aldurs við vinnslu, veiðitíma, blóðgunar og stærðar. Mismunandi vinnsluáferðir voru einnig skoðaðar og þá helst áhrif þæklunartíma, þæklunarhitastigs, tvífrystingar og geymsluhitastigs. Helstu niðurstöður voru þær að léttöltun jók stöðugleika þorskflaka, en það er mjög jákvætt fyrir framleiðendur léttsaltaðra þorskflaka, þar sem alltaf er verið að keppast við að lengja geymslupól afurða. Afurðabreytileiki léttsaltaðra þorskflaka á markaði er mjög mikill, en frekari rannsókn er þörf til þess að átta sig á þeim breytum sem hafa mest áhrif á þennan breytileika.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Léttöltun, þorskur, frysting, geymsla, nýting, stöðugleiki</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The aim of the project was to study the effect of frozen storage on the stability of lightly salted cod (<i>Gadus morhua</i>). The aim of the project was also to obtain an overview of the factors affecting the changes in quality. The popularity of lightly salted cod fillets is increasing. It is important to evaluate the factors affecting the quality of the fillets to ensure the products value. The effect of age of raw material, catching season, bleeding and fillet size was evaluated. Also, different processing methods were evaluated e.g. brining time, brining temperature, double freezing and storage temperature. The main results were that the lightly salted processing increased the stability of the cod fillets during frozen storage. These results are positive for the producers of lightly salted cod fillets, where the producers are always trying to increase the shelf life of fish products. The product variability on the market is large, but further research is needed to evaluate the main factors which affect the product variability.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Lightly salted, cod, freezing, storage, yield, stability</i>		

Efnisyfirlit

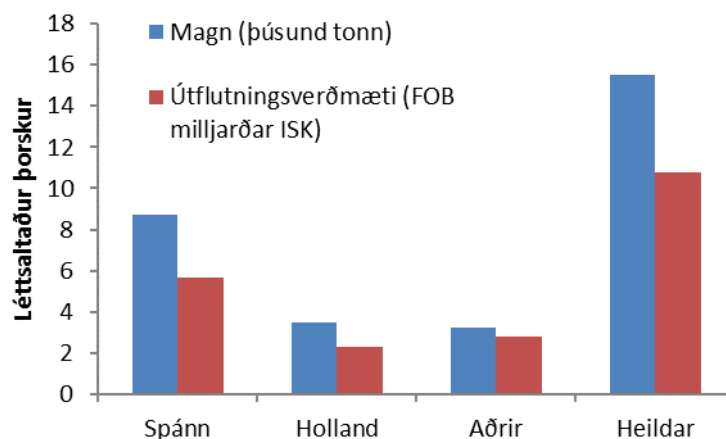
Inngangur	1
Staða þekkingar	3
Atlantshafsporskur	3
Veiðarfæri.....	3
Efnasamsetning þorskvöðvans	4
Árstíðabundnar sveiflur	5
Blóðgun.....	6
Kæling.....	6
Dauðastirðnun (rigor mortis)	7
Léttsöltun	8
Frysting og frostgeymsla	8
Tvífrysting	9
Hjúpun (Glazing)	10
Eðlis- og efnafræðilegar breytingar í frosnum fiskvöðva.	11
Vatn	11
Vatnsheldni (Water activity).....	12
Niðurbrot fitu	13
Myndun formaldhýða.....	14
Litur.....	14
Framkvæmd.....	15
Stöðugleiki léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu	15
Áhrif hitastigsbreytinga á léttsöltuð flök í frostgeymslu.....	16
Hitastigsmælingar.....	16
Vatnstap (drip).....	17
Suðunýting.....	17
Heildarnýting.....	17
Vatnsheldni (WHC)	17
Vinnslunýting.....	17
Íshúð (Hjúpun)	17
Litmæling.....	17
Fituúrdráttur.....	18
Fosfólípíð	18
Fríar fitusýrur (FFA)	18
Peroxíðgildi (PV)	18

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)	18
Tölfræðileg greining	19
Niðurstöður og umræður	19
Stöðugleiki léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu	19
Áhrif aldurs hráefnis fyrir vinnslu og blóðgun á stöðugleika léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu	19
Áhrif aldurs og stærðar hráefnis á stöðugleika léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu.	28
Áhrif mismunandi þæklunartíma á stöðugleika léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu	40
Samanburður á ein- og tvífrystum léttsöltuðum þorskflökum	50
Áhrif mismunandi þæklunarhitastigs á gæði léttsaltaðra þorskflaka	57
Árstíðabundnar sveiflur og breytileiki afurða léttsaltaðra þorskflaka	62
Áhrif hitastigsbreytinga á léttsöltuð flök í frostgeymslu og í flutningum.....	72
Umræða.....	77
Hitastigsferill við þæklun	77
Nýting við vinnslu	78
Íshúðun (Hjúpun).....	78
Vatnstap (Drip)	79
Suðunýting.....	80
Heildarnýting.....	81
Litur	81
Vatnsheldni (WHC)	82
Fríar fitusýrur (FFA)	83
Magn vatns, salts, próteina og fosfats.	84
Vörumat.....	85
Áhrif hitabreytinga á léttsöltuð flök í frostgeymslu og í flutningum.....	85
Ályktanir	87
Þakkarorð	88
Heimildir	89

Inngangur

Léttsaltaður fiskur kom á markað fyrir um 15-20 árum sem ný vara og hefur átt vinsældum að fagna sem valkostur við hefðbundinn saltfisk, enda er um ódýrari vöru að ræða sem að auki inniheldur minna salt, eða um 2% á móti 20% í hefðbundnum saltfiski. Þar af leiðandi þarfnast flökin ekki útvötnunar fyrir neyslu. Hugsanlega mætti því kalla þetta saltfisk fyrir nútímaneytedur, sem oft vilja hafa matreiðsluna fyrirhafnarlitla og losna þannig við þann tíma sem fer í útvötnun (Lindkvist, 2009; Gallart-Jornet & Lindkvist, 2007).

Léttsaltaður fiskur er fluttur að mestu leyti út sem fryst vara á markaði í Suður-Evrópu. Á Spáni hefur byggst upp markaður fyrir léttsaltaðar frystar þorskafurðir til hliðar við hefðbundnar saltfiskafurðir (Gallart-Jornet & Linkvist, 2007). Útflutningur frá Íslandi til Spánar jókst úr 376 tonnum í 6905 tonn á árunum 1994 til 2008 (Mynd 1) (Xie & Myrland, 2010).



Mynd 1. Magn og verðmæti útfluttra léttsaltaðra þorskflaka frá Íslandi árið 2010 á markaði (Hagstofa Íslands, 2012).

Léttsöltun er vinnsluáferð sem nota má til að stýra nýtingu og efnainnihaldi flaka og ná þannig fram jafnari gæðum og auka um leið stöðugleika. Hugsanlega má draga úr sveiflum sem verða vegna árstíðabundinna breytinga á ástandi og eiginleikum fiskvöðvans og hafa þannig jákvæð áhrif á afkomu flakavinnslunnar. Léttpæklun ein og sér, er talin hafa áhrif á bragð, vatnsheldni, áferð, lit og geymsluþol fisks. Saltið hefur áhrif á það vatn sem er ófrosið í fiskinum og þar með á þær breytingar sem eiga sér stað í fiskholdinu við frystingu (Þórarinsdóttir *et al.*, 2001). Með þessari aðferð er hægt að stjórna betur áferð fiskholdsins, fá jafnari gæði og vökvaríkari afurðir. Þannig er hægt að mæta betur þeim kröfum sem neytendur fara fram á.

Eitt af grundvallaratriðum í útflutningi frystra sjávarafurða er að tryggt sé að kaupandinn fái vöru af umsömdum gæðum, en það eru margir þættir sem geta haft áhrif á stöðugleika og gæði. Veigamest þátturinn er líklegast geymsluhitastig afurðanna og stöðugleiki hitastigs í flutningum.

Varðveisla gæðaeiginleika hráefnis og góð nýting þess eru tvær af höfuðforsendum þess að íslenskur sjávarútvegur geti myndað eins mikil verðmæti og mögulegt er úr þeirri takmörkuðu auðlind sem fiskistofnar við landið eru. Markaður fyrir léttsaltaðar afurðir er sívaxandi. Mikilvægt er fyrir íslenska framleiðendur að mæta þessari auknu eftirspurn með hágæða afurðum.

Hingað til hafa ekki verið gerðar markvissar rannsóknir á geymslu þessara afurða í frosti og þar af hafa framleiðendur ekki getað tryggt staðlaða vöru til kaupenda. Markmið verkefnisins var að auka verðmæti sjávarfangs með því að greina kjöraðstæður á léttsöltuðum þorsflökum og um leið auka stöðugleika þessarar afurðar miðað við árstíma og hráefnisgæði á hverjum tíma, ásamt því að skoða hitastig við geymslu og flutninga, með aukin gæði í huga. Mjög fáar rannsóknir hafa verið gerðar á þessum þáttum og mun verkefnið því skapa mikilvægar upplýsingar, hvað varðar gæði við mismunandi aðstæður og ekki síst stöðugri og verðmætari afurðir.

Staða þekkingar

Atlantshafsporskur

Atlantshafsporskurinn (*Gadus morhua*) er botnfiskur sem tilheyrir ættkvísl þorska (*Gadus*). Hann lifir í grunnsævi frá fjöru að enda landgrunnsins við strendur Bandaríkjanna, Kanada, Grænlands og Íslands og við vesturströnd Evrópu, allt frá Biscaya-flóa að Barentshafi. Þorskurinn er algengur allt í kringum Ísland og lifir þá á 100-400 metra dýpi. Hann getur orðið allt að tveggja metra langur og vegið um 50 kg. Hann getur lifað í allt að 25 ár og verður kynþroska á tímabilinu milli annars og fjórða árs (Jónsson & Pálsson, 2013). Þorskurinn er straumlínulaga fiskur, kjaftstór og með skeggþráð á höku. Fiskurinn notar skeggþráðinn til að leita fæðu á sjávarbotni. Litur er breytilegur eftir aldri og umhverfi en oftast eru þorskar gulgráir á baki og hliðum með dökkum blettum (Mynd 2).

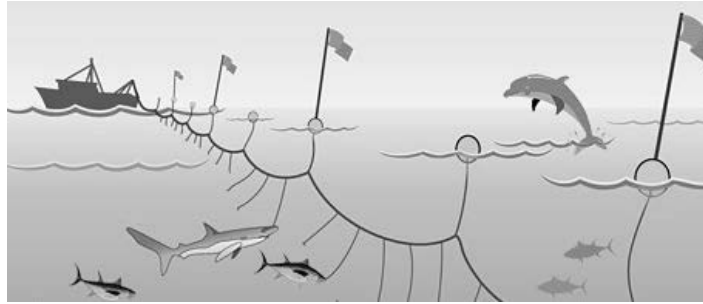


Mynd 2. Atlantshafsporskur.

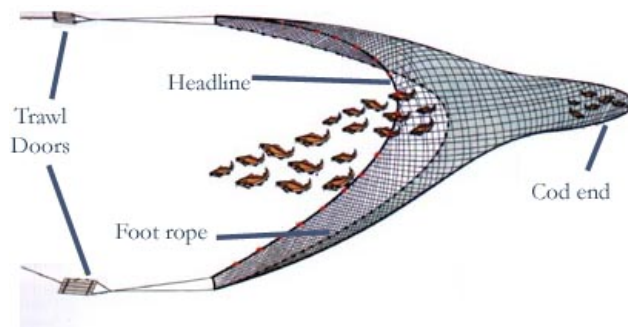
Veifaræri

Öll veiðarfæri valda fisknum streitu þegar hann nálgast þau, og getur það haft áhrif á gæði fisksins (Chopin *et al.*, 1996; Secci *et al.*, 2016; Tsunoda *et al.*, 1999). Fiskurinn hefur því þörf á meiri orku, meira blóð flæðir um vöðvann, ásamt minnkun á glúkógeni, lækkun á sýrustigi og vöðvinn verður rauðari. Dauðastirðnun verður hraðari og styttri sem getur valdið losun í flökum (Suuronen, 2005).

Þorskurinn er almennt veiddur á langlínu (Mynd 3) eða í botnvörpu (Mynd 4). Þegar veitt er með botnvörpu er nauðsynlegt að hafa togtíma sem stystan og takmarka magn í hverju hali. Of mikið magn í hali getur leitt til aukinnar losunar, marbletta og blóðbletta í flaki, vegna aukins þrýstings í botnvörpunni (Gunnarsson, 2001).



Mynd 3. Línuveiðar við Maldíveyjar 2010 (*Controversy over long-line fishery plans in Maldives 2010*).

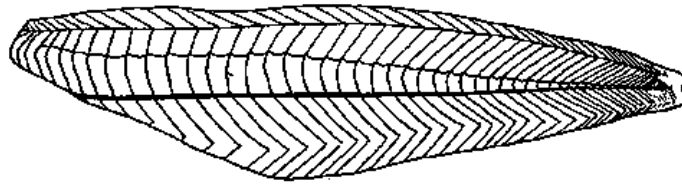


Mynd 4. Botnvarpa (*Wikipedia, 2016*).

Stærri fiskur fæst við línuveiðar í samanburði við botnvörpu, gefur hámarksafkastur og verður fiskurinn fyrir minni streitu (Hovgård og Riget, 1992; Jørgensen, 1995; Tsunoda *et al.*, 1999).

Efnasamsetning þorskvöðvans

Efnasamsetning í þorski er háð árstíðum, ástandi fisksins og veiðisvæðum. Vatnsinnihald í þorski er um 80-83% af þyngd hans og gegnir mikilvægu hlutverki í gæðabreytingum sem eiga sér stað í fiskvöðva eftir dauða, við geymslu og vinnslu (Murray & Burt, 2001). Vatn hefur áhrif á gæðaeiginleika eins og útlit, áferð og geymslupól. Að auki er vatnsvirkni (a_w) mikilvæg með tilliti til geymslupóls afurða þar sem hún skilgreinir hlutfall vatns sem er aðgengilegt fyrir örverur og ensím og próteininnihald er á milli 15-20% (Waterman, 2001). Fituinnihaldið getur verið á bilinu 0,15-0,25%, og fer eftir árstíðum (Botta *et al.*, 1987; Castell & Bishop, 1973; Dambergs, 1964), en sveiflukennast er fituinnihaldið í lifrinni (Murray & Burt, 2001).

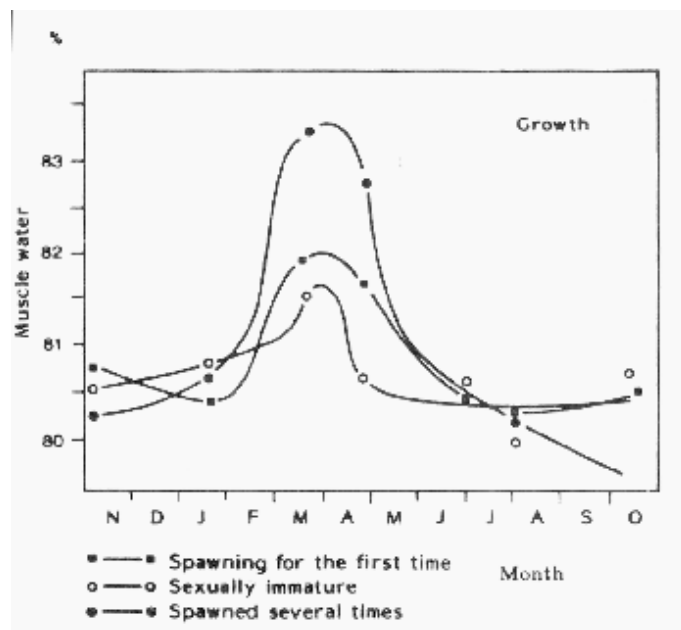


Mynd 5. Vöðvabygging fisks (Murray & Burt, 2001).

Fitan í fiski skiptist í tvær tegundir þríglýseríð og fosfólípíð. Seinni tegundin er byggingarform fyrir vegg fitufrumna. Í mögnum fiski eins og þorski er hlutfall fosfólípíða um 90%.

Árstíðabundnar sveiflur

Efnasamsetning þorsks breytist verulega á milli árstíða. Hrygningartímabilið byrjar seint á vorin eða snemma sumars. Í október til janúar er þorskurinn að safna orku. Frá janúar þar til hrygning hefst í apríl gengur á orkuforðann í lifrinni, próteinum og fitu en vatnsinnihald eykst, vegna uppbyggingar hrogna og svilja (Mynd 6) (Dambergs, 1964; Eliasson & Vahl, 1982; Ingólfssdóttir *et al.*, 1998; Margeirsson *et al.*, 2006).



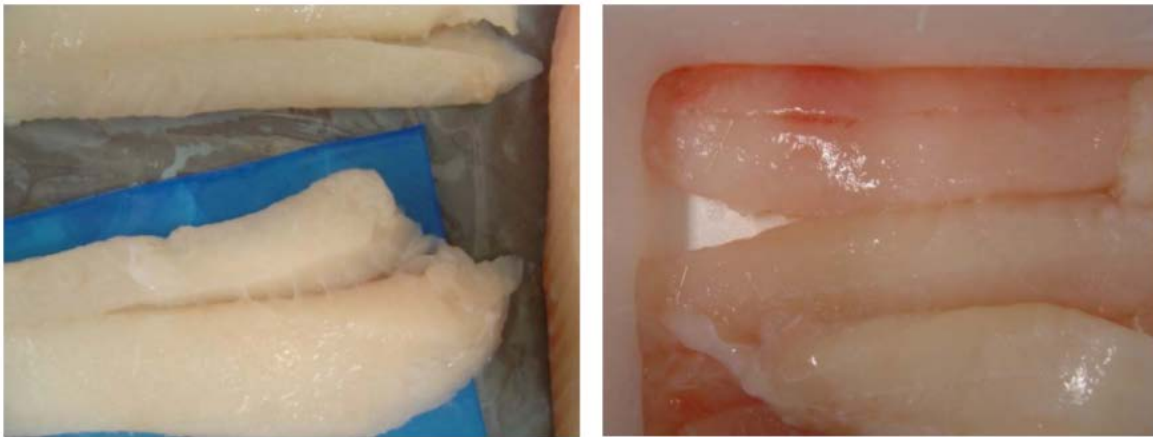
Mynd 6. Árstíðabundinn breytileiki á vatnsinnihaldi í þorskvöðva (Love, 1970).

Sýrustig þorskflaka er háð hrygningartímabili og næringarskilyrðum. Næringarástand fisksins hefur mikil áhrif á lækun sýrustigs eftir dauðastirðnun. Sýrustig lækkar eftir dauða vegna niðurbrots glýkógens og myndun mjólkursýru. Ef næringarástandið er slæmt er minna glýkógen til staðar og myndun mjólkursýru minni sem leiðir af sér hærra sýrustig. Sýrustig fellur yfir stuttan tíma á sumrin en yfir árið er meðalsýrustig þorskflaka pH=6,7. Ástæða þess

að sýrustig fellur er talin vera hröð vöðvauppbygging fiskisins eftir sveltí (Love, 1979). Sýrustig lækkar í nóvember – desember, en ástæðan er talin vera aukið fæðuframboð (Love, 1980).

Blóðgun

Markmið með blóðgun er tvíþætt. Annarsvegar að hindra blóðstreymi í vöðvann og blóðbletti í flaki og hins vegar að hindra skemmdir af völdum örvera. Blóð er góð næring fyrir örverur og aukið magn blóðs í holdi veldur hraðari skemmdum af þeirra völdum og styttir geymsluþolið. Mikilvægt er því að blóðga fisk sem fyrst eftir að hann kemur um borð. Lifandi spriklandi fiskur blóðtæmir sig mun fyrr en hálfdaður. Blóðgun á dauðum fiski veldur því að flökin verða rauð eða dökk (Mynd 7) (Gunnarsson, 2001; Love, 2001).



Mynd 7. Samanburður á vel blóðguðum flökum (til vinstri) og illa blóðguðum flökum (til hægri) (Karlsdóttir *et al.*, 2014a).

EKKI nægilega blóðgaður fiskur inniheldur meira magn blóðrauða (hemóglóbín) sem getur virkað sem hvati fyrir þrúnun ómettaðra fitusýra, og þannig valdið þrúnunarlykt í fiski við geymslu (Larsson *et al.*, 2007; Richards & Hultin, 2002).

Mjög mikilvægt er að lágmarka biðtímann fyrir blóðgun. Rannsóknir hafa sýnt að fiskur sem var blóðgaður innan við hálfri klukkustund eftir veiðar, samanborið við fisk sem var blóðgaður fjórum til fimm klukkustundum eftir veiðar, var mun betri að gæðum (Ríkharðsson og Birgisson, 1996). Aðrar rannsóknir hafa sýnt svipaðar niðurstöður (Botta *et al.*, 1986; Karlsdóttir *et al.*, 2014a; Matthíasson, 1986; Valdimarsson *et al.*, 1984).

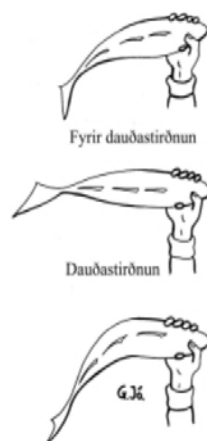
Kæling

Kæling er lykilatriði til að hægja á skemmdarferlum af völdum örvera eða ensíma. Því er nauðsynlegt að kæla aflann sem fyrst, þar sem skemmdarferlar eru háðir hitastigi (Duun &

Rustad, 2007; Guðjónsdóttir *et al.*, 2007; Early & Malton, 2001; Lakshmanan, 2000). Rannsóknir hafa sýnt að hentugra er að nota vökvaís fremur en flöguís og kældan sjó (RSW), þar sem kælihraðinn er mun meiri (Piñeiro *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2006). Geymsla á fiski við ofurkælingu eykur geymsluþol hans til muna. Ofurkæling felur í sér að kæla fiskinn niður í -1 °C til -3 °C. Um helmingur vatns í mögnum fiski er frosið við -2 °C, og við það takmarkast skemmdarferlar sem vinna á flakinu (Gunnarsson, 2001; Magnússon *et al.*, 2007). Sýnt hefur verið fram á að afmyndun próteina nær hámarki við -4 °C í þorskvöðva (Dyer, 1951). Afmyndun próteina veldur minni vatnsbindingu og því er mikilvægt að stjórna hitastigi þegar fiskur er ofurkældur.

Dauðastirðnun (rigor mortis)

Dauðastirðnun getur haft mikil áhrif á gæði og nýtingu fisks. Það fer eftir ástandi hans, hversu langan tíma það tekur og geymsluhitastigi (Borderías & Sánchez-Alonso, 2011; Love, 1979; Hwang *et al.*, 1991). Ef fiskur er unninn meðan á dauðastirðnun stendur, fæst lakari nýting og búast má við meira losi. Dauðastirðnun hefst fljótlega eftir dauða vegna breytinga sem verða á milli actín og mýósín þráða í vöðva. Himnur í vöðvafrumum verða gegndræpari fyrir Ca^{2+} , þar sem það flæðir inn í vöðvafrumur og mynda krossbrýr milli actín og mýósín. Vöðvafrumur stytast og vöðvinn herpist saman á meðan adenosine triphosphate (ATP) og acetylcholine eru til staðar. Síðan slaknar á vöðvafrumum og dauðastirðnun gengur yfir (Mynd 8) (Bjarnason & Arason, 1998; Mackie, 1993; Shugo *et al.*, 1989).



Mynd 8. Fyrir dauðastirðnun, í dauðastirðnun og eftir dauðastirðnun (Gunnarsson, 2001).

Léttsöltun

Söltun er aðferð sem beitt er til að lengja geymsluþol með því að auka saltinnihald fiskvöðva og ná fram ákveðnum bragðeinkennum. Léttsöltun er vægari vinnsluaðferð en tilgangurinn er að ná fram ákveðnum bragðeinkennum.

Salt hefur áhrif á vatnsheldni, en áhrifin fara eftir söltunaraðferð, samsetningu og styrk salts. Vatnsheldni er geta vöðvans til að binda vatn undir ákveðnum aðstæðum. Þetta ræðst að eiginleikum vöðvaþráðapróteina til að viðhalda vatni og þá um leið áferð fiskvöðva ásamt efna- og eðlisefnafræðilegum eiginleikum við vinnslu. Við lágan saltstyrk (0 – 0,1 M) eykst rýmið á milli vöðvaþráðanna vegna þess að saltið binst hleðslum sem eru á milli þeirra, vöðvinn þenst út og pláss fyrir vatn verður meira. Tengsl á milli próteina og vatns verða sterkari en á milli próteina sjálfra og meira vatn binst í vöðvann (Fennema, 1990). Verði saltstyrkur hins vegar of mikill afmyndast próteinin og vöðvinn dregst saman og vatnsbindieiginleikar minnka (Duerr & Dyer, 1952).

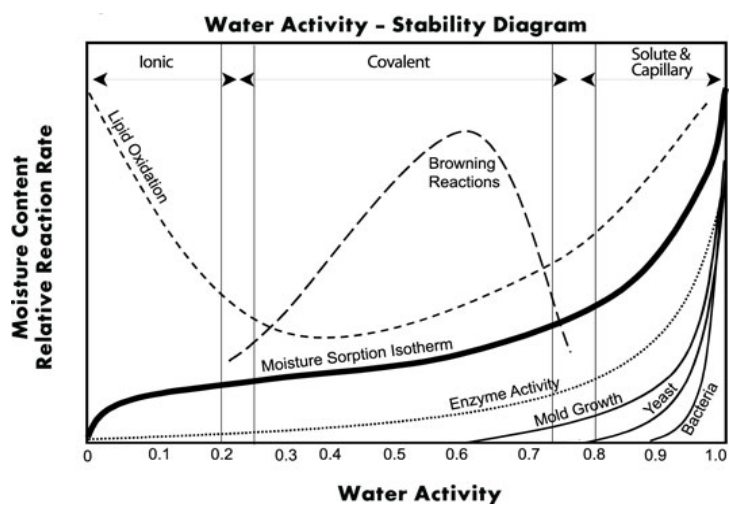
Eftir léttsöltun er saltstyrkur í kringum 2% en við þann styrk bindur saltið vatn í vöðvanum og þar með eykst vatnsinnihaldið. Við vinnslu er algengast að notast við sprautusöltun og svo þæklun í 48 klst. Við sprautusöltun er mikilvægt að gæta fyllsta hreinlætis vegna þess að með henni er verið að opna leið inn í fiskholdið. Með því að nota fyrst sprautusöltun næst jafnari dreifing þækilsins í vöðvanum á styttri vinnslutíma samanborið við ef eingöngu væri notast við þæklun. Með þæklun er verið að ná fram ákveðnu bragði og þyngd flakanna eykst, en hún er háð þækilstyrk og tíma þæklunar (Þórarinsdóttir *et al.*, 2004).

Frysting og frostgeymsla

Við frystingu er örveruvöxtur stöðvaður ásamt því að hægja á ákveðnum eðlisefnafræðilegum breytingum en aðrar óhagstæðar breytingar geta átt sér stað. Vatn í sjávarafurðum frýs vanalega rétt undir frostmarki vatns (0 °C) en fullkomin frysting fer eftir innihaldi uppleystra efna í vatni í frumum. Fiskur er talinn frosinn þegar stór hluti (50% eða meira) af vatnsinnihaldi er orðið að ís. Við ísmyndun eykst hlutfall af uppleystum efnum í því vatni sem er ófrosið. Mestur hluti vatnsins frýs við 0 °C til -5 °C, en undir -10 °C er einungis lítill hluti sem hægt er að frysta í viðbót. Við -24 °C er mestri ísmyndun lokið. Það er því mikilvægt að lokahitastig afurðar sé hið sama og eða mjög nálægt geymsluhitastiginu.

Frysting er mikilvæg fyrir léttsaltaðan fisk þar sem sú söltunaraðferð lækkar ekki vatnsvirknina nægilega til þess að koma í veg fyrir örveruvöxt. Frysting lækkar vatnsvirknina niður í 0.76-0.78 og lágmarkar þannig örveruvöxt og minnkar efna- og eðlisfræðilegar breytingar (Mynd 9) (Arason & Stefánsson, 1999). Sú baktería sem helst veldur skemmdum í fiski, *Pseudomonas putrefaciens*, verður óvirk við frystigeymslu við -18 °C (Licciardello & D'entremont, 1987).

Niðurbrotsensímið trimethylamine N-oxide (TMAO) er mjög virkt alveg niður í frostmark salts sem er -21.6 °C (Arason & Ásgeirsson, 1984). Frystigeymsla fyrir neðan það hitastig er því mjög mikilvæg til þess að lengja geymslupól fisks (Aubourg & Medina, 1999; Badii & Howell, 2002; Careche *et al.*, 1998).



Mynd 9. Kort yfir vatnsvirkni (Labuza, 1970).

Tvífrysting

Megintilgangur með tvífrystingu er að jafna út sveiflur sem verða í fiskveiðum og ná þannig betri nýtingu á vinnslubúnaði og vinnsluafli. Hráefnið er þá fryst á meðan það heldur sem mestum gæðum, síðan unnið og fryst aftur. Þetta verklag er talið gefa betri afurð en einfryst vara ef hráefnið hefur beðið í nokkra daga fyrir vinnslu. Frysting fer þá fram um borð en þíðing og frekari vinnsla fer fram í landi. Hér er helst um að ræða bolfisk sem frystur er heill eða flakaður. Mikilvægt er að standa vel að frystingu og þíðingu en annars getur drip aukist og geymslupól styst (Sigurjón Arason, 1995; Oehlenschläger & Mierke-Klemeyer, 2003).

Rannsóknir hafa sýnt að tvífryst hráefni skilar mun verri gæðum þegar um ræðir léttsöltuð flök samanborið við einfryst hráefni (óbirtar niðurstöður). Þær athuganir leiddu í ljós að tvífryst

hráefni hafði lægri vatnsheldni, meira drip eftir þíðingu en auk þess var greinilegt los í fiskholdinu (Mynd 10).



Mynd 10. Efri myndin sýnir einfryst léttisaltað þorskflak (íslenskt hráefni), en neðri myndin sýnir tvífryst þorskflak (flutt frosið frá Noregi til Kína, þar sem það er unnið og sent aftur til Evrópu). Mikill gæðamunur er á þessum flökum og þar af leiðandi mikill verðmunur.

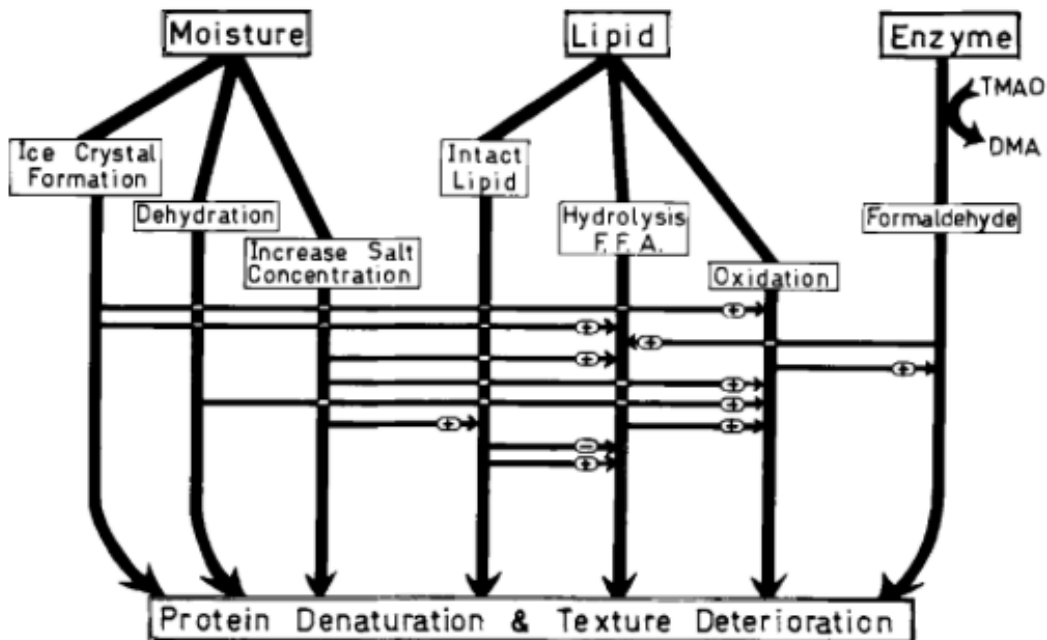
Aðalmálið er að ef fiskur er frystur fyrir dauðastirðnun, þá er nauðsynlegt að halda honum í frosti a.m.k. 6-8 vikur áður en áframvinnsla hefst til að viðhalda gæðum.

Hjúpun (Glazing)

Hjúpun er almenn notuð til að viðhalda gæðum fisks í frostgeymslu (Boknes *et al.*, 2001). Fisknum er þá yfirleitt dýpt í kælt vatnsbað (Žoldoš *et al.*, 2011). Eftir hjúpun er mikilvægt að kæla fiskinn áður en honum er pakkað (Johnston *et al.*, 1994). Mikilvægt er að ná sem jöfnustu dreifingu í hjúpun. Of lítil hjúpun (<6%) getur valdið ónógri verndun á flakinu og of mikil hjúpun (>12%) getur valdið viðskiptaátökum (Verbeke *et al.*, 2007). Rétt magn af hjúp er háð þáttum eins og hjúpunartíma, hitastig hráefnis, stærð og lögun, ásamt hitastigi vatns. Hjúpurinn gufar upp eftir ákveðinn tíma í frostgeymslu og þá þornar fiskurinn á yfirborðinu (Johnston *et al.*, 1994).

Eðlis- og efnafræðilegar breytingar í frosnum fiskvöðva.

Margir þættir hafa áhrif gæðabætti í fiskvöðva í frostgeymslu (Mynd 11).

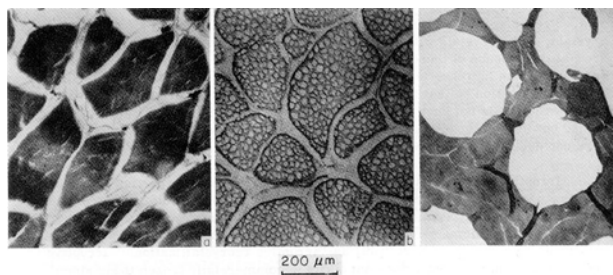


Mynd 11. Afmyndun próteina í fiski í frostgeymslu (Shenouda, 1980).

Vatn

Breytingar í vatnsfasa, meðan á frystingu eða frostgeymslu stendur í fiski, getur valdið kjörumhverfi fyrir afmyndun próteina. Þeir þættir sem hafa áhrif á afmyndun er myndun ískristalla, vatnstap og aukin saltstyrkur, ásamt virkni ensíma í ófrosnum vatnsfasa (Shenouda, 1980).

Frystihraði er mikilvægur þáttur. Nauðsynlegt er að frysta fisk eins fljótt og hægt er niður í geymsluhitastig. Hröð frysting hindrar myndun á stórum ískristöllum sem myndast innan frumu og utan og veldur rofi á frumuhimnu. Hröð frysting hefur í för með sér myndun smárra ískristalla og veldur ekki rofi á frumuhimnu (Alizadeh et al., 2007; Arason & Sefánsson, 1999; Bello et al., 1982; Shenouda, 1980) (Mynd 12).



Mynd 12. Frystur þorskvöðvi (til vinstri;ófrosinn, í miðju;hraðfrystur, til hægri;hægfrystur (Love, 1970).

Sveiflur á hitastigi í frostgeymslu leiðir til uppsöfnunar ískristalla, jafnvel við lágt hitastig. Þegar hitastig hækkar, bráðna ískristallar. Smærri ískristallar bráðna hraðar en stórir, og þegar hitastigið lækkar aftur, þá frjósa smærri ískristallar við þá stærri og mynda ennþá stærri ískristalla. Áhrif hitastigssveiflna er meiri við herra frosthitastig (Dyer & Dingle, 1961). Lágt og stöðugt hitastig minnkar þessar sveiflur í frostgeymslu (Alizadeh *et al.*, 2007; Kent, 1975).

Vetnistengi halda þrívíðri byggingu próteina stöðugum, en rofna þegar vatn er fjarlæggt. Frysting veldur því samsöfnun próteina, vegna þess að þau verða berskjölduð fyrir vatnskærum og vatnsfælum svæðum, aðliggjandi próteinum. Við frystingu eykst styrkur ólífrænna salta sem hefur þau áhrif að stöðugleiki próteina minnkar. (Shenouda, 1980).

Vatnsheldni (Water activity)

Vatnsheldni er hugtak sem segir til um eiginleika vöðvans til að halda í bæði innri og ytri vökvum undir ákveðnum aðstæðum (Fennema, 1990), þ.e.a.s. eiginleikar vöðvaþráða til að halda í vatn og þar með áferðar-, efna- og eðlisfræðilegum eiginleikum fiskvöðvans við vinnslu. Vatnsheldni vöðvans er aðallega háð ástandi vöðvaþráða og hvers konar bundið vatn er í frumum.

Áhrifaþætti í vatnsheldni vöðvavefs má flokka í tvo þætti, innri og ytri. Innri þættir eru t.d. tegund, aldur, stærð, vöðvagerð, magn fitu í innri vöðva og dauðastirðnun. Ytri þættir eru t.d. fæðumynstur, árstími, veiðisvæði, og meðhöndlun fyrir slátrun. Breytingar í efnasamsetningu við vinnslu er einnig mikilvægur þáttur, sérstaklega við áframhaldandi vinnslu eins og söltun (Fennema, 1990).

Wagenknect & Tuelsner (1975) rannsökuðu breytingar í vatnsheldni þorskvöðva, með tilliti til dauðastirðnunar. Vatnsheldnin náði hámarki í dauðastirðnunarferlinu. Styttri tími í dauðastirðnun leiddi til minni lækkunar á sýrustigi, vegna botnvörpu sem var notuð við veiðar

sem leiddi til aukinnar vatnsbindingar. Tímabilsmunurinn reyndist vera í dauðastirðunarferlinu, ástandi vökva, lækkunar í sýrustigi við dauðastirðun og vatnsheldni. Söltun hefur mikil áhrif á vatnsheldni, og fer eftir söltunaraðferð, samsetningu salts og saltstyrk. Við mjög lágan saltstyrk (0-0,1 M), síar saltið niður hleðslu próteina sem leiðir til minnkunar á bili milli vöðvaþráða, sem leiðir til hliðlægrar smækkunar. Þegar saltstyrkur er hærri en 0,1 M, eykst bilið milli vöðvaþráða ásamt því að jónastyrkur eykst, vegna aukinnar bindingar anjóna við vöðvaþræði. Próteinin geta einnig verið að hluta til afnítuð. Aukning á saltstyrk að ákveðnu marki leiðir til taps í vatnsheldni (Fennema, 1990).

Afnítuð prótein hefur um það bil 10% meiri vatnsbindingu en hið venjulega prótein, en þegar prótein afmyndast, verður tap í vatnsheldni vegna aukinnar prótein-prótein tengsla (Damodaran, 1996). Þegar saltstyrkur nær 4,5 M þá skreppur vöðvinn saman vegna útsöltunaráhrifa (salting out effect) (Offer & Knight, 1988).

Niðurbrot fitu

Þorskur inniheldur hátt hlutfall ómettaðra fitusýra. Þeir þættir sem helst valda niðurbroti á fitu er virkni ensíma og oxun (Auborg *et al.*, 2007). Niðurbrot vegna ensíma eða myndun frírra fitusýra verður við niðurbrot þríglýseríða eða fosfólípíða. Fosfólípíð brotna hraðar niður við frystigeymslu samanborið við þríglýseríð. Magur fiskur inniheldur allt að 0,9% fitu (Murrey & Burt, 2001) og stærsti hlutinn eru fosfólípíð. Vegna þessa er magur fiskur viðkvæmari fyrir niðurbroti en feitur fiskur (Sikorski & Kolakowoska, 2010). Myndun frírra fitusýra gerist hraðar við -10 til -20 °C en við lægra hitastig (Auborg & Medin, 1999; Rodríguez-Vargas *et al.*, 2007). Sýnt hefur verið fram á að aukið hlutfall frírra fitusýra tengist oxun á fitu og ýtir undir oxun (Han & Liston, 1987; Márques-Ruiz *et al.*, 2013).

Karlsdóttir *et al.*, (2014a) rannsakaði niðurbrot fitu í ljósum og dökkum vöðva á ufsa í frostgeymslu. Rannsóknin sýndi að niðurbrot fitu vegna virkni ensíma hafði áhrif á ufsa í frostgeymslu, og hafði mest áhrif á ómettaðar fitusýru í ljósum vöðva.

Suða hindrar myndun frírra fitusýra í ufsa en örvar oxun í bæði ljósum og dökkum vöðva. Áhrif suðunnar gæti meira í hráum fiski eftir langa frostgeymslu (Karlsdóttir *et al.*, 2014a).

Myndun formaldehyða

Trímetýlamín-N-oxíð (TMAO) er mikilvægt til að viðhalda lífeðslilegri virkni fisks. Magn TMAO getur verið breytilegt og er háð seltu og hitastigi í sjónum, fæðu, aldri og stærð fisks, ásamt tegund (Haard & Simpson, 2000). Trímetýlamín-N-oxíð dímetýlasi (TMAOase) er ensím sem hvetur niðurbrot TMAO. TMAO brotnar niður í dímetýlamín (DMA) og formaldehyð (FA). FA hefur áhrif á áferðareiginleika í frosnum fiski og má rekja það til krosstengdra próteina af völdum FA, sem leiðir til stífari fiskvöðva. Fiskvöðvinn verður heldur ekki eins safamikill við neyslu (Castell *et al.*, 1973; Lee & Park, 2016, Shenouda, 1980).

Samband er á milli geymsluhitastigs og myndun FA. Lee & Park (2016) rannsökuðu myndun FA við tvö hitastig, -18 og -80 °C, yfir 24 vikna tímabil á frosnum kolmunnaflökum. Myndun FA var hverfandi við -80 °C, en jókst marktækt við -18 °C á tímabilinu.

Myndun FA er breytilegt milli tegunda af þorskaætt. Í þorski myndast hátt hlutfall af FA, en í ýsu er hlutfallið hverfandi (Badii Howell, 2002a, 2002b; Howell *et al.*, 1996).

Litur

Einn mikilvægasti sýnilegi gæðaeiginleiki í fiskafurðum er litur. Neytandinn dæmir útlit vöru helst eftir lit (Lozano, 2006).

Frost hefur áhrif á lit, þar sem flök verða föl eða hvít (Chevallier *et al.*, 2007; Johnston *et al.*, 1994). Guli liturinn eykst og rauði liturinn minnkar í fiski við geymslu í frosti (Chevallier *et al.*, 2007; Florek *et al.*, 2010; Tironi *et al.*, 2007). Hins vegar getur ferskur fiskur sem geymdur er á ís sýnt aukningu bæði í gulum og rauðum lit (Ocaño-Higuera *et al.*, 2011).

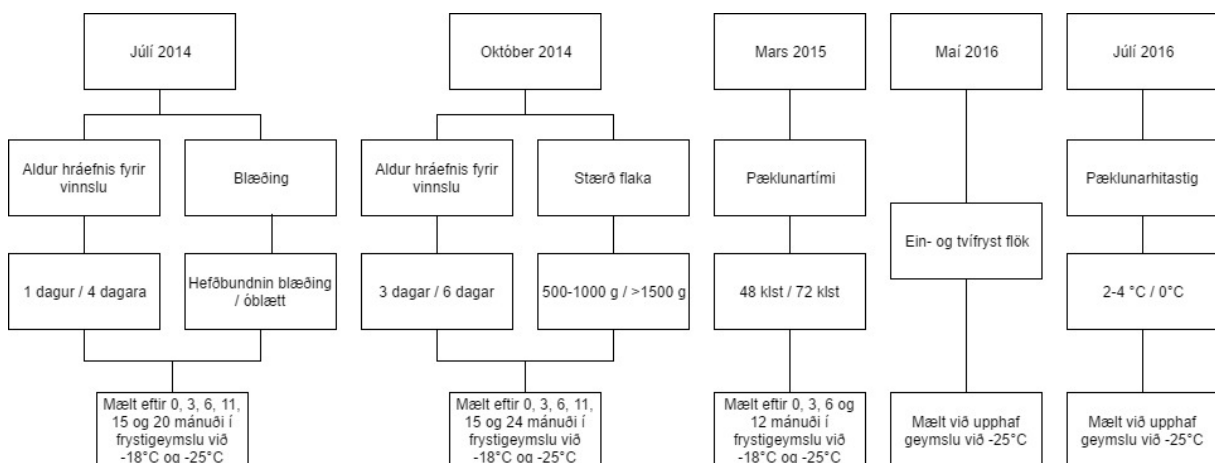
Ástæðan fyrir þessum litabreytingum geta verið margvíslegar. Efnahvarf sem veldur brúnun milli aldehyða og oxunar fitu og amína á fosfólípíð getur átt sér stað í bæði ferskum og frosnum flökum (Thanonkaew *et al.*, 2006).

Rauð litur við frostgeymslu getur komið fram vegna skemmda sem á sér stað við frystingu. Myndun ískristalla leiðir oft til rjúfunar á frumuvegg og oxunar og niðurbrots á litarefnum vegna óstöðugleika gagnvart ljósi og súrefni (Badii & Howell, 2002a).

Framkvæmd

Stöðugleiki léttsaltaðra þorskflaka í frostgeymslu

Framkvæmdar voru fimm sýnatökur á meðan verkefninu stóð (Mynd 13). Fyrst í júlí þar sem hráefnið var veitt á línu. **Sú tilraun fól í sér greiningu á áhrifum aldurs hráefnis fyrir vinnslu og blóðgun á stöðugleika og gæði léttsaltaðra þorskflaka, ásamt því að bera saman geymslu þeirra við mismunandi hitastig, þ.e. $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.** Önnur tilraun fór fram í október 2014 á hráefni sem var veitt með botnvörpu. **Markmið þeirra tilraunar var að skoða áhrif aldurs hráefnis fyrir vinnslu og stærð flaka á stöðugleika og gæði léttsaltaðra þorskflaka við tvö mismunandi hitastig í geymslu, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.** Þriðja tilraunin fór fram í mars 2015. **Hráefnið var veitt með botnvörpu og skoðuð voru áhrif þæklunartíma á stöðugleika og gæði léttsaltaðra þorskflaka við geymsluhitastig $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.** Fjórða tilraunin fór fram í maí 2016 og var hráefnið veitt í botnvörpu. **Markmiðið var að skoða mun á einfrystu og tvífrystu hráefni eftir vinnslu og áhrif þeirrar meðhöndlunar á gæði. Einfryst hráefni var veitt í maí og tvífryst hráefni veitt í mars og unnið samhliða í maí.** Síðasta tilraunin fór fram í júlí 2016 og hráefnið veitt í botnvörpu. **Markmið tilraunar var að meta áhrif hitastigs þækils við þæklun, á gæði léttsaltaðra þorskflaka. Þæklað var annars vegar við $2\text{-}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ og hins vegar við $0\text{ }^{\circ}\text{C}$** (Mynd 13).



Mynd 13. Yfirlit yfir sýnatökur rannsóknarinnar.

Áhrif hitastigsbreytinga á léttsöltuð flök í frostgeymslu og í flutningum.

Þorskur var veiddur á tímabilinu 19-21 mars 2015 og landað 23 mars. Þorskurinn var geymdur blóðgaður, slægður og ísaður, þar til hann var unnin 23 mars 2015. Ósöltuðu þorskflökin voru fryst 24 mars en léttsöltuðu flökin voru sprautusöltuð og látin liggja í pækli í 48 klst. og fryst þann 26 mars.

Flökin voru geymd við hitastýrðar umhverfisaðstæður við breytilegt hitastig, þar sem hitabreyting var framkvæmd við -12 °C. Hluti af flökunum var fryst og geymd við -25 °C og síðan við -12 °C og aftur við -25 °C á ákveðnum tímamörktum, en viðmiðunarflök (control) voru geymd við stöðugt hitastig við -12 °C. **Markmiðið var að kanna þau áhrif sem hitasveiflur geta haft á léttsöltuð þorskflök, með því að líkja eftir aðstæðum sem geta átt sér stað við flutning afurða til Spánar.**

Þorskflök sem voru notuð við rannsóknina voru öll í sama stærðarflokki. Flökunum var skipt í 3 hópa:

1. Samanstóð af 5 léttsöltuðum þorskflökum sem voru geymd við -12 °C í tvær vikur.
2. Samanstóð af 5 ósöltuðum þorskflökum sem voru geymd við -12 °C í tvær vikur.
3. Samanstóð af 5 léttsöltuðum þorskflökum sem voru geymd við -25 °C í 4 vikur, færð yfir í -12 °C hitastýrða geymslu í viku og aftur yfir í -25 °C og geymd í viku.

Hvert flak var númeramerkt og innihélt tvo hitanema sem staðsettir voru í miðju hnakkastykkis og við roðhlið nær sporði.

Hitastigsmælingar

Við mælingar á hitastigi flaka í frostgeymslu og vinnslu voru notaðir tvenns konar hitanemar. Annars iButton DS1922L hitanemi (Maxim Integrated Products, Dayton, OH, USA) og hinsvegar Onset UTBI-001 hitanemar (Hobo pendant loggers, Onset Computer, Bourne, Massachusetts) (Mynd 14).



Mynd 14. iButton DS 1922Log Onset UTBI-001 hitanemar.

Vatnstap (drip)

Vatnstap (drip) er mælikvarði á hversu mikið vatn fiskurinn missir við þíðingu og/eða geymslu í frosti og var reiknað skv. eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vatnstap (\%)} = \frac{\text{þyngd fisks í upphafi (g)} - \text{þyngd fisks eftir geymslu eða þíðingu (g)}}{\text{þyngd fisks í upphafi (g)}} \times 100$$

Suðunýting

Suðunýting eða eldunarnýting var reiknuð sem hlutfall þyngdar fyrir og eftir suðu.

Heildarnýting

Heildarnýting var fengin út frá margfeldi suðunýtingar og vatnstaps.

Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldni var ákvörðuð skv. skilvindaðferð Eide *et al.*, (1982).

Vinnslunýting

Vinnslunýting var reiknuð eftir sprautusöltun, eftir þæklun og eftir frýstingu skv. eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vinnslunýting (\%)} = \frac{\text{þyngd flaks eftir íhlutun (g)}}{\text{þyngd flaks fyrir íhlutun (g)}} \times 100$$

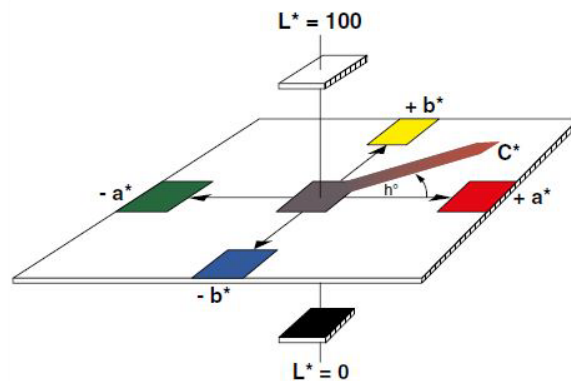
Íshúð (Hjúpun)

Magn íshúðar var metið skv. Codex staðli (Alimentarius, 2001) skv. eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Íshúð (\%)} = \frac{\text{þyngd frosins flaks (g)} - \text{þyngd frosins flaks eftir að íshúð er fjarlægð (g)}}{\text{þyngd frosins flaks (g)}} \times 100$$

Litmæling

Litgreiningarkerfið Color Machine Vision System (CMVS) var notað til að ákvarða lit flaka. Kerfið samanstendur af ljósakassa og myndavél sem tengt er tölvu. Myndir voru teknar af flökum við stýrðar aðstæður, inni í ljósakassanum og voru greindar með LensEye hugbúnaði Engineering & Cyber Solutions, Gainesville FL, USA). Niðurstöður voru gefnar á CIE L*, a*, b* formi (Mynd 15). L* er mælikvarði á ljósum og dökkum lit (0=svart og 100=hvít), a* gildið mælir rauðan og grænan lit frá 60 til -60 og b* gildið mælir gulan og bláan lit frá 60 til -60.



Mynd 15. CIE $L^*a^*b^*$ litakerfi (BYK, 2014).

Hvítleiki flaka var reiknaður út frá L^* , a^* og b^* gildum skv. eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Hvítleiki (\%)} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

Fituúrdráttur

Fituúrdráttur var framkvæmdur skv. aðferð Bligh & Dyer (1959).

Fosfólípíð

Magn fosfólípíða (hlutfall af heildarmagni fitu) var metið með ljósgleypniaðferð (Stewart, 1980) sem byggir á myndun efnasambands milli fosfólípíða og ferroþíocyanate. Styrkur fosfólípíða var metinn út frá staðalkúrvu með phosphatidylcholine í klóroformi (5-50 $\mu\text{g/ml}$).

Fríar fitusýrur (FFA)

Fríar fitusýrur voru metnar skv. aðferð Lowry & Tinsley (1976) með breytingum frá Bernárdez *et al.*, (2005).

Peroxiðgildi (PV)

Fyrsta stigs myndefni þránunar var ákvarðað með breyttri útgáfu af ferricthiocyanate aðferðinni (Karlsdóttir *et al.*, 2014a).

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

Til þess að mæla annars stigs myndefni þránunar (TBARS) var notuð aðferð Lemon (1975) með breytingum Karlsdóttir *et al.*, (2014a).

Tölfræðileg greining

Hugbúnaðurinn Microsoft Excel 2011 útgáfa 14.6.4 var notaður við tölfræðilega greiningu gagna og uppsetningu grafa úr hitastigsmælingum. Fervikagreining (Analysis of variance) var gerð með notkun SPSS tölfræðihugbúnaði, útgáfa 7.1 (SPSS, Inc.). Marktækur munur var ákveðinn með einhliða fervikagreiningu og Tukey samanburðarmargfeldi (Multiple-comparison) var notað til að meta tölfræðilegan mun, með öryggismörk $p < 0,05$. Fylgnistuðull Pearson's var greindur með notkun SPSS til að skoða fylgni milli mældra breyta.

Niðurstöður og umræður

Stöðugleiki léttsaltaðra þorsklaka í frostgeymslu

Áhrif aldurs hráefnis fyrir vinnslu og blóðgun á stöðugleika léttsaltaðra þorsklaka í frostgeymslu

Hráefninu var aflað í júlí 2014 frá línuveiðum. Hráefnið var geymt í frosti við -18 °C og -25 °C . Áhrif blóðgunaraðferða (blóðgað vs. óblóðgað) og tími frá veiðum til vinnslu (1 og 4 dagar) á stöðugleika léttsaltaðra flaka í frostgeymslu voru metin í allt að tvö ár.

Efnasamsetning

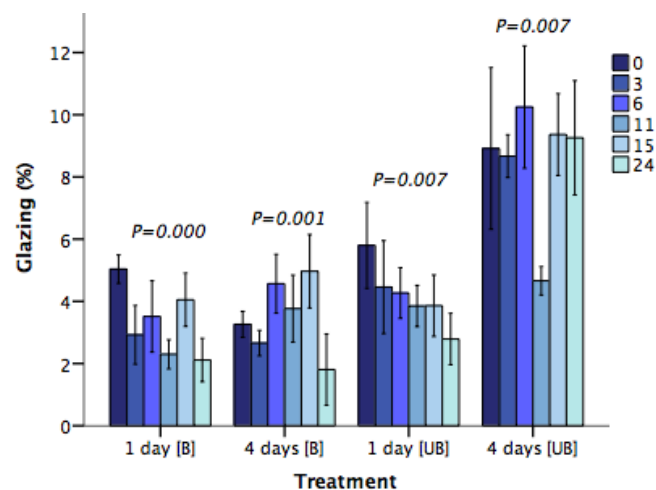
Vatnsinnihald var á bilinu 84,9% til 85,9% í léttsöltuðum flökum. Fjögurra daga gamall þorskur frá veiðum var með örlítið hærra vatnsinnihald en eins dags gamall þorskur. Saltinnihald var einnig hærra í fjögurra daga gömlum þorski. Fítuinnihald var það sama fyrir báða hópa og magn fosfats var á bilinu 3,0 mg/g til 3,6 mg/g (Tafla 1).

Tafla 1. Efnasamsetning hráefnis sem unnið var á fyrsta og fjórða degi eftir veiðar, blóðgað og óblóðgað.

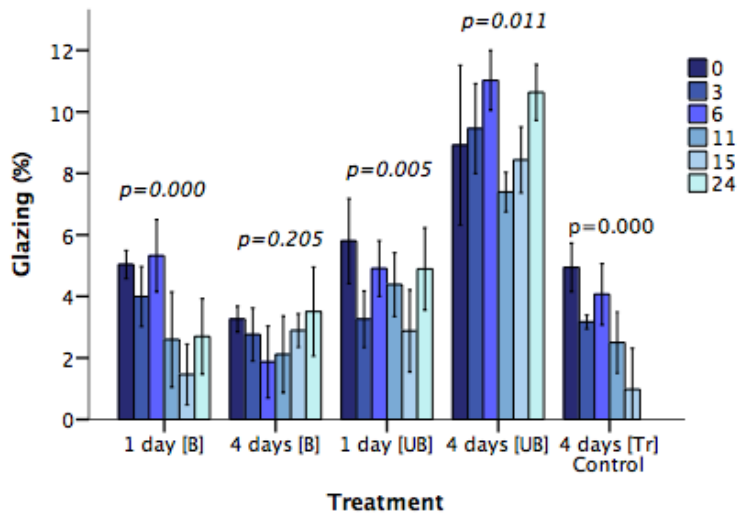
Aldur hráefnis fyrir vinnslu	Blóðgun	Vatn (%)	Fita (%)	Salt (%)	Fosfat (mg/g)
1 dagur	Blóðgað	84,9	0,4	1,8	3,6
	Óblóðgað	85,3	0,4	1,7	3,1
4 dagar	Blóðgað	85,9	0,4	2,1	3,0
	Óblóðgað	85,6	0,4	1,9	3,2

Íshúð (Hjúpun)

Flök af þorski veiddum í júlí 2014 voru rannsökuð. Lítill breytileiki var á magni íshúðar milli hópa. Magn íshúðar í flökum úr óblóðguðu fjögurra daga gömlu hráefni var töluvert hærra, samanborið við flök frá eins dags gömlu hráefni (Mynd 16 og 17). Öll flök frá eins dags gömlu hráefni, samanborið við fjögurra daga gömlum blóðguðum þorski, þar sem flökin voru geymd við -25 °C sýndu marktækan mun í hlutfalli íshúðar innan hópsins. Eins daga gamall fiskur blóðgaður og óblóðgaður sýndi marktæka minnkun á íshúð innan hvers hóps með geymslutíma. Fjögurra daga gamall blóðgaður fiskur geymdur við -18 °C sýndi einnig marktæka minnkun á íshúð innan hópsins. Fjögurra daga gamall óblóðgaður fiskur sýndi meira magn íshúðar við bæði geymsluhitastig með geymslutíma, miðað við aðra hópa, fyrir utan hóp eftir 11 mánaða geymslu ($p < 0,05$). Ekki var marktækur munur á milli annarra hópa. Samanburður á geymsluhitastigum sýndi ekki marktækan mun.



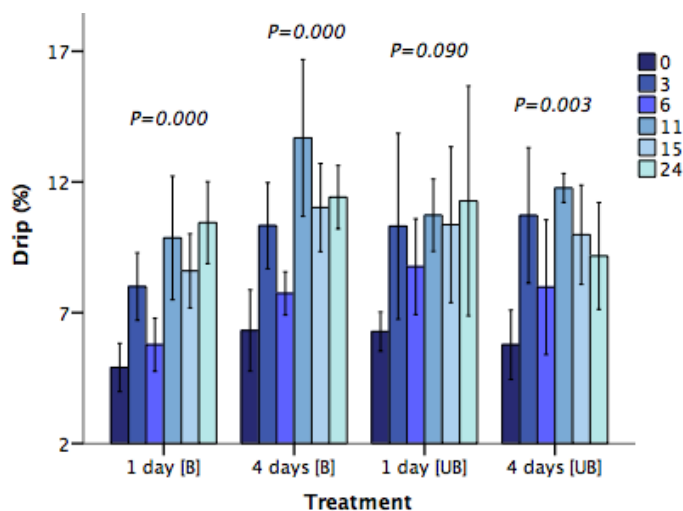
Mynd 16. Hlutfall íshúðar á léttsöltuðum þorskflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



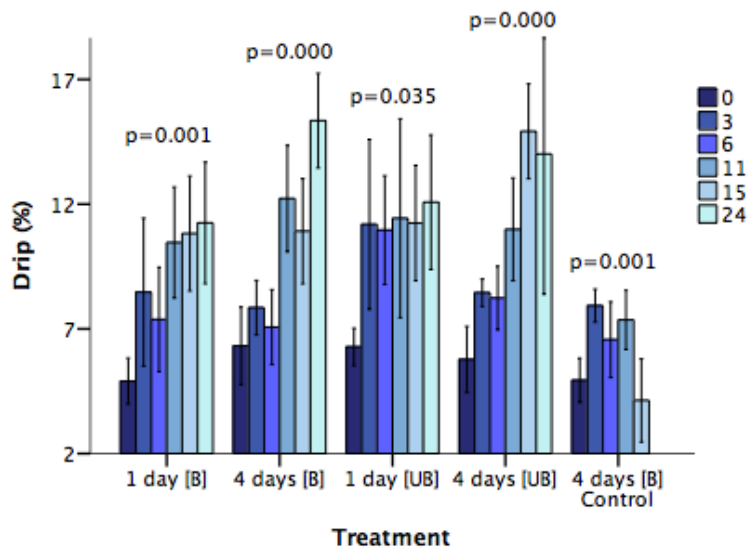
Mynd 17. Hlutfall íshúðar á léttsöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

Drip jókst marktækt með geymslutíma hjá flestum hópum (Mynd 18 og 19). Almenn var ekki munur á dripi milli hópa ($p>0,05$). Drip jókst hraðar á 4 daga gömlum þorski við -25 °C, samanborið við eins dags gamlan þorsk. Minna drip var í ósöltuðum viðmiðunarhópum (control) en léttsöltuðum (Mynd 19). Samanburður milli geymsluhitastiga var ekki marktækur.



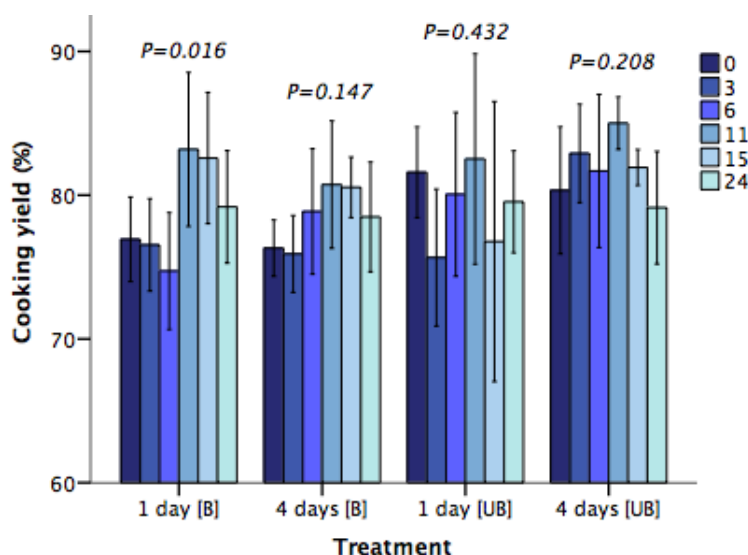
Mynd 18. Vatnstap (%) í léttsöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



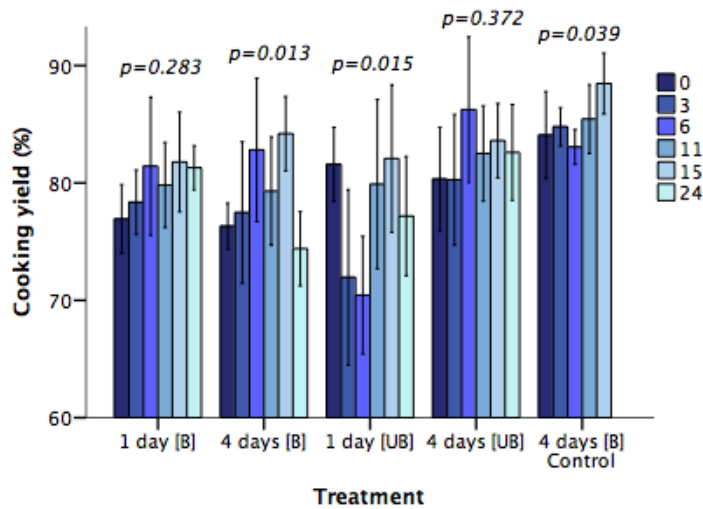
Mynd 19. Vatnstap (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

Suðunýting breyttist lítið yfir geymslutímamann (Mynd 20 og 21). Munur á milli hópa var ekki marktækur. Einungis þrjú hópar sýndu marktækan mun á aukningu eða minnkun á suðunýtingu, blóðgaður eins daga gamall þorskur, blóðgaður fjögurra daga gamall þorskur og viðmiðunarflök (control) geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($p<0,05$). Suðunýting viðmiðunarhópa var yfirleitt hærri en léttisaltaðra flaka. Samanburður milli hópa sýndi ekki marktækan mun.



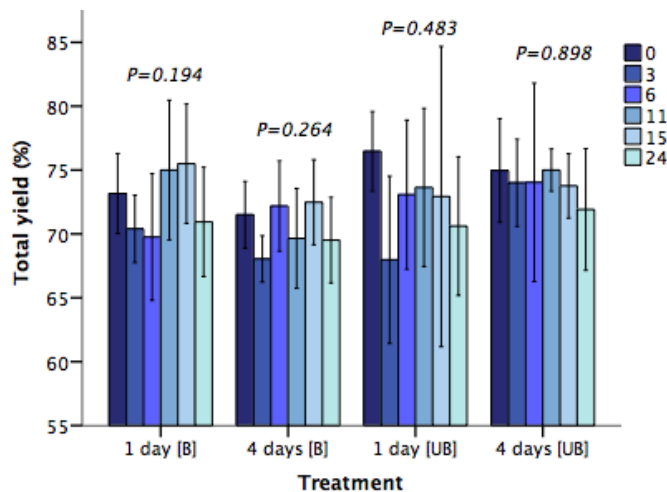
Mynd 20. Suðunýting (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



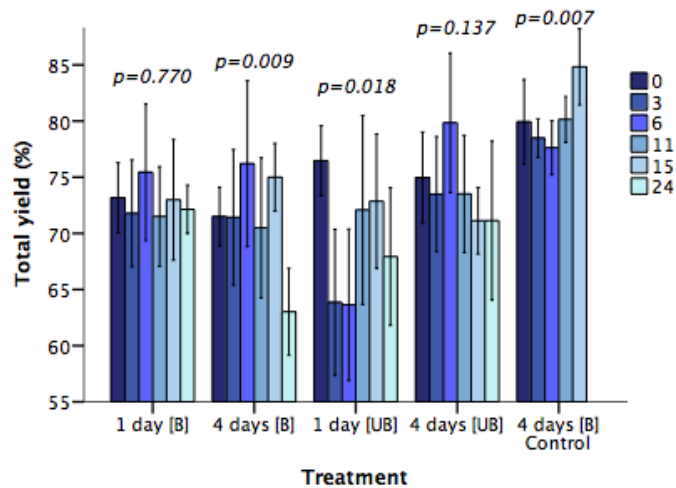
Mynd 21. Suðunýting (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildarnýting

Heildarnýting innan hópa var tiltölulega stöðug meðan á geymslutíma stóð. Enginn hópur sýndi marktækan mun á heildarnýtingu við -18 °C (Mynd 22). Þrjú hópar sýndu marktækan mun við -25 °C, fjögurra daga gamall blóðgaður þorskur, eins dags gamall óblóðgaður þorskur og viðmiðunarhópur við -25 °C (Mynd 23). Heildarnýting viðmiðunarhóps var almennt hærri, samanborið við aðra hópa, með marktækan mun í byrjun geymslutíma og í mánuði 15. Samanburður á heildarnýtingu við geymsluhitastig sýndi ekki marktækan mun.



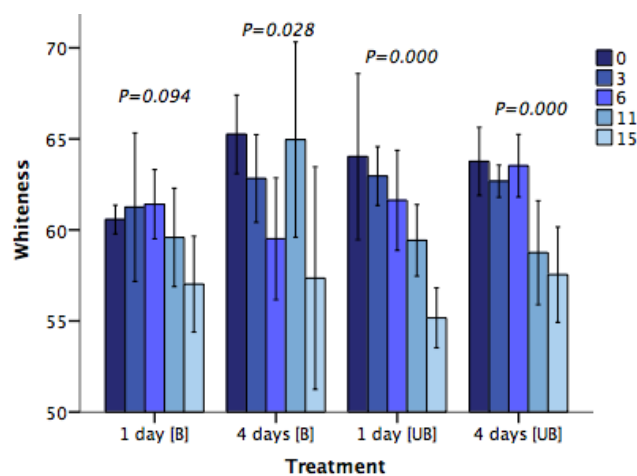
Mynd 22. Heildarnýting (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



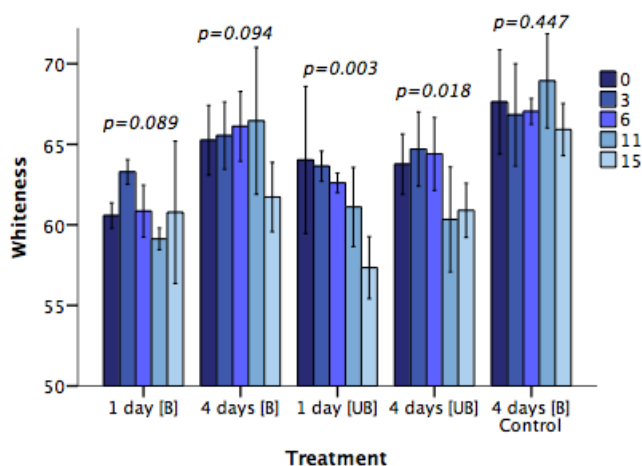
Mynd 23. Heildarnýting (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Litur

Hvítleiki flakanna var almennt stöðugur fyrstu 6 mánuði í frostgeymslu inna flestra hópa við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, eftir það dökknuðu þau ($p<0,05$). Ekki var marktækur munur á hvítleika flakanna meðan á geymslu stóð á eins dags gömlum og blóðguðum þorski við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ og viðmiðunarhóp (control) (Mynd 24 og 25). Samanburður á léttisöltuðum flökum og viðmiðunarhóp, var sá að viðmiðunarhópurinn var almennt hvítari en flestir hinir hóparnir, geymdir við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, fyrir utan fjögurra daga gamlan blóðgaðan þorsk ($p<0,05$). Samanburður milli blóðgaðra og óblóðgaðra þorska sýndi ekki marktækan mun milli geymslutíma, fjögurra daga gamall blóðgaður þorskur var aðeins hvítari miðað við aðra hópa. Geymsluhitastig hafði áhrif á litinn þar sem flök geymd við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ voru dekkri eftir langtíma geymslu.



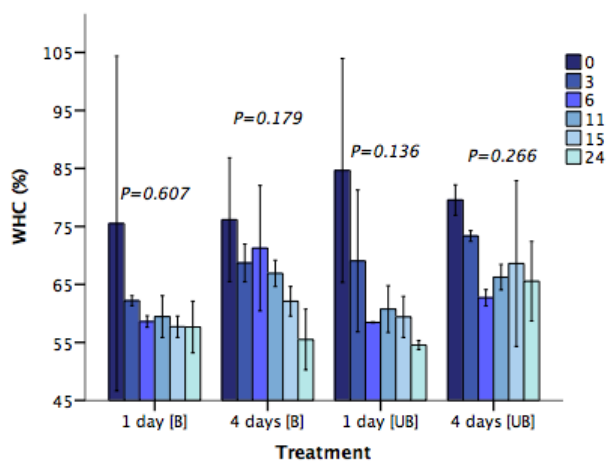
Mynd 24. Hvítleiki (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



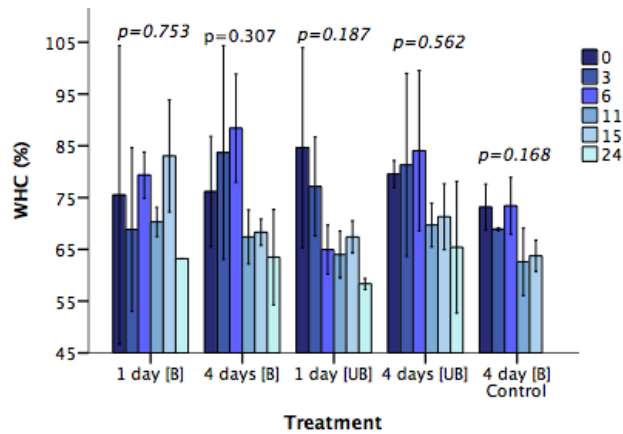
Mynd 25. Hvítleiki (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldni léttisöltuðu flakanna var mjög breytilegt innan hvers hóps, sérstaklega í upphafi geymslutímans (Mynd 26 og 27). Hún hafði tilhneigingu til þess að minnka yfir geymslutímann en ekki var marktækur munur milli hópa. Marktækur munur var í vatnsheldni á milli geymsluhitastiga, þar sem hærri vatnsheldni mældist í flökum -25 °C. Þessar niðurstöður benda til áhrifa geymsluhitastigs á vatnsheldni.



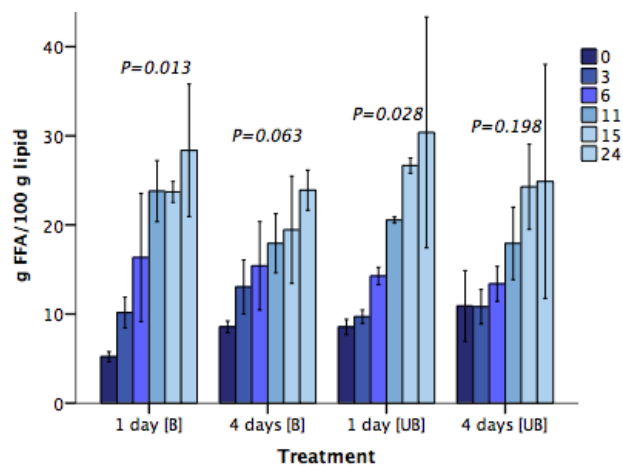
Mynd 26. Vatnsheldni (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



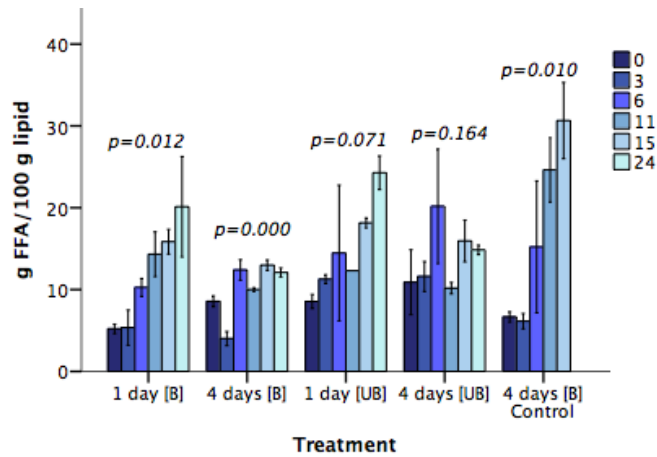
Mynd 27. Vatnsheldni (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Fríar fitusýrur (FFA)

Magn frírra fitusýra jókst yfir geymslutímann, marktækt innan hvers hóps. Myndun FFA var meiri í viðmiðunarhóp (control), samanborið við aðra hópa. Hitastig í frostgeymslu hafði einnig áhrif og var myndun FFA marktækt meiri við -18 °C .



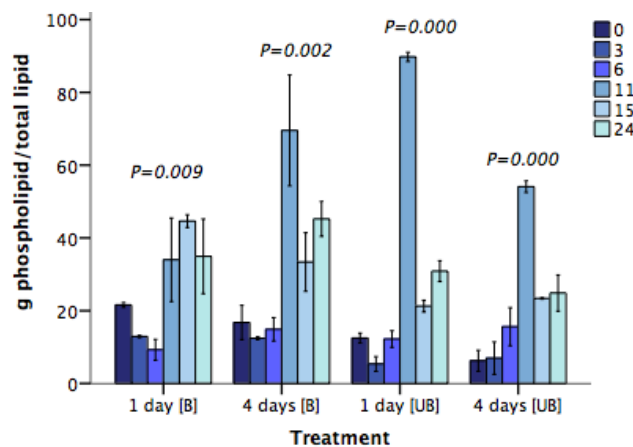
Mynd 28. Fríar fitusýrur (g FFA/100 g fita) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



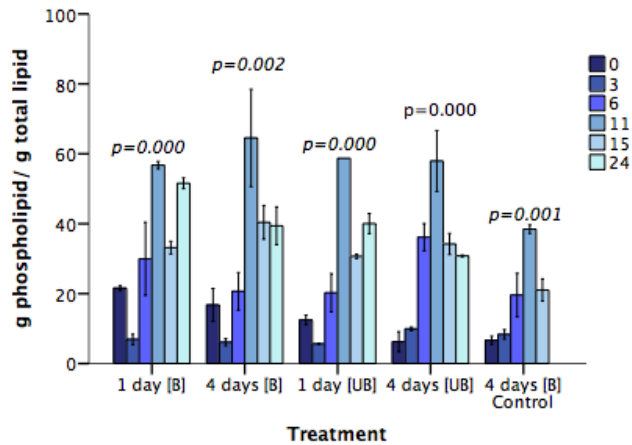
Mynd 29. Fríar fitusýrur (g FFA/100 G fita) í léttsoiltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn fosfólípíða

Magn fosfólípíða jókst marktækt innan hvers hóps yfir geymslutímann við bæði geymsluhitastig (Mynd 30 og 31). Magnið jókst hratt eftir 11 mánaða geymslu í flestum hópum, en minnkaði síðan við lengri geymslu ($p<0,05$). Samanburður á milli geymsluhitastiga sýndi ekki marktækan mun.



Mynd 30. Magn fosfólípíða (g fosfólípíð/g heildarfitu) í léttsoiltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



Mynd 31. Magn fosfólípíða (g fosfólípíð/g heildarfita) í léttisöltuðum þorskflökum ($n=5$) eftir mislanga (0-24 mánuðir) geymslu í frosti við -25°C . [B] = blóðgaður; [UB] = óblóðgaður; control = viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

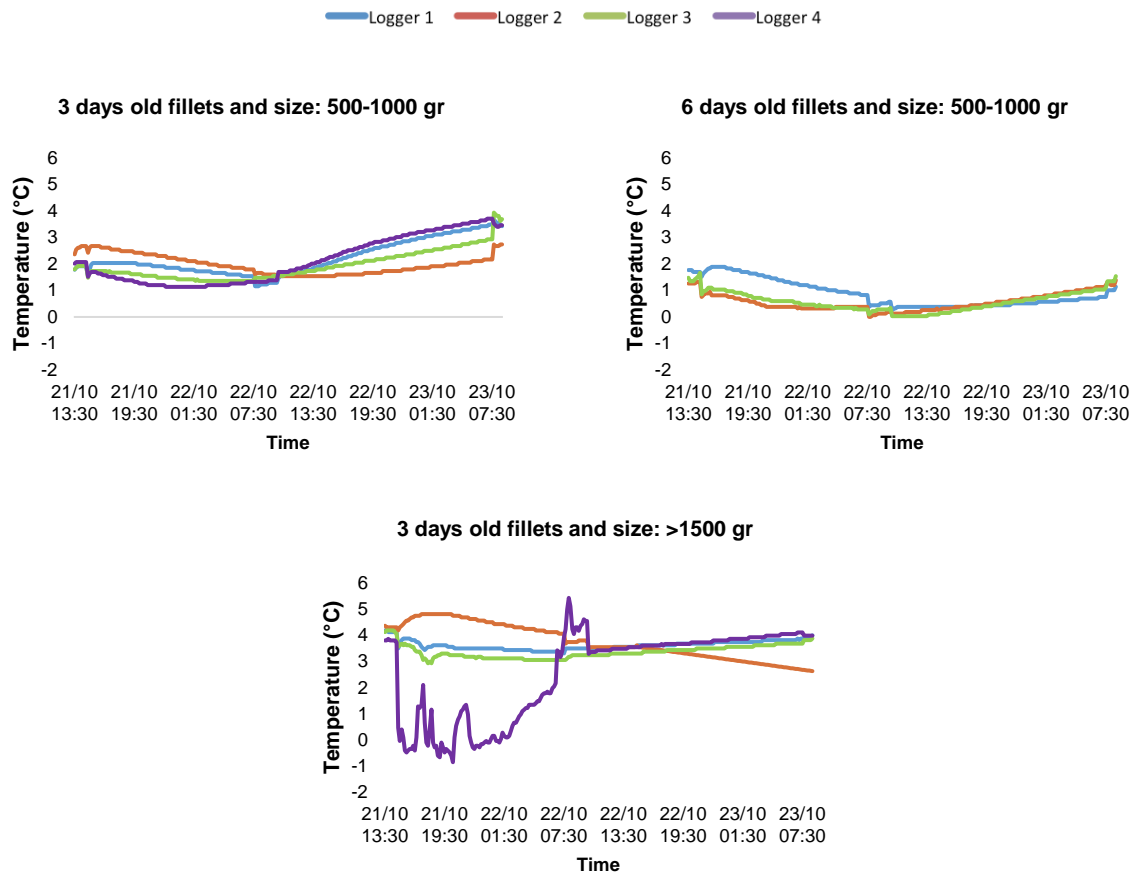
Áhrif aldurs og stærðar hráefnis á stöðugleika léttisaltaðra þorskflaka í frostgeymslu.

Hráefnið var veitt í botnvörpu í október 2014. Hráefnið var geymt við -18°C og -25°C . Áhrif stærðar flaka (500-1000 g og >1500 g) og aldur þeirra fyrir áframhaldandi vinnslu frá veiðum (3 og 6 daga gamalt hráefni) á stöðugleika léttisaltaðra flaka við frostgeymslu í 20 mánuði var skoðað.

Hitastigsferill við þæklun

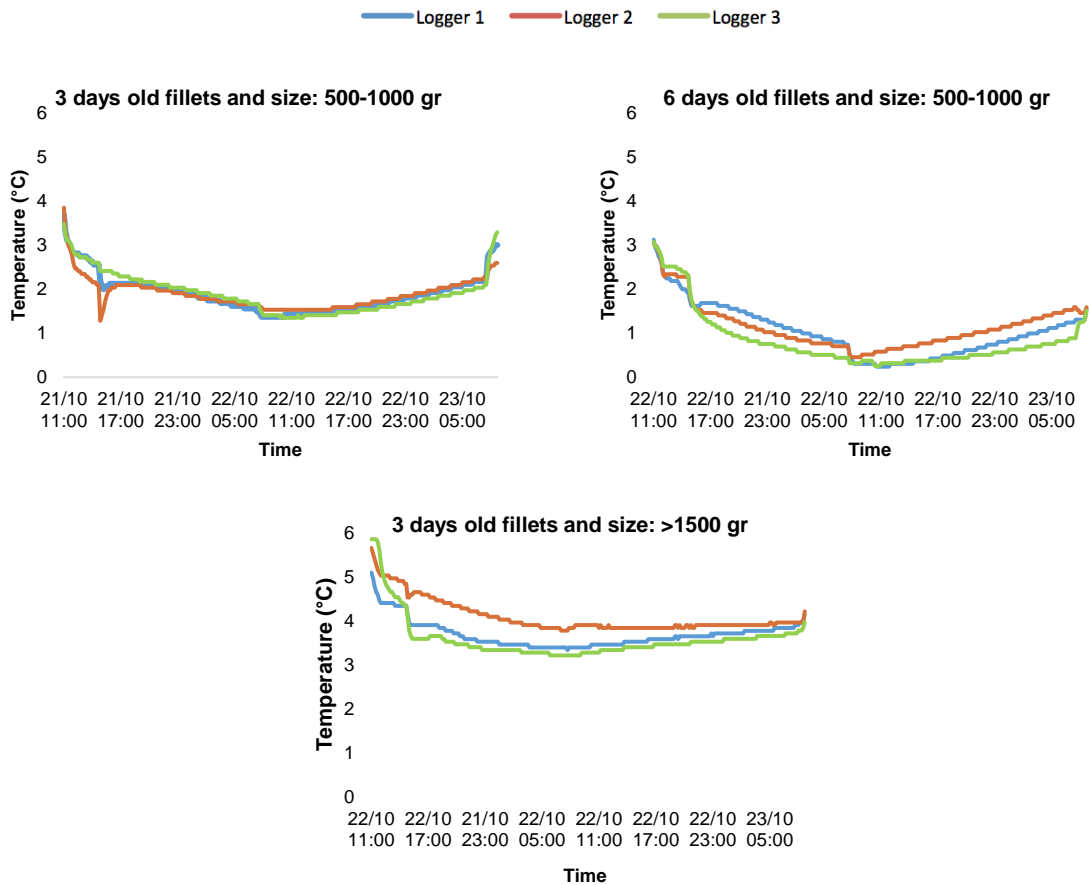
Hitastig þækils var tiltölulega stöðugt hjá öllum 3 hópnum (Mynd 32). Hitastig þækils við þæklun á flökum > 1500 g, sýndi hitastigssveflur hitamæli í byrjun þæklunar.

Hitastig þækils með þriggja daga gömlu hráefni á 500-1000 g flökum var á bilinu $1,1-3,9^{\circ}\text{C}$, sex daga gömlum 500-1000 g flökum á bilinu $0-1,39^{\circ}\text{C}$ og þriggja daga gömlum flökum stærri en 1500 g á bilinu $-0,9-5,4^{\circ}\text{C}$.



Mynd 32. Hitastigsferill þækils fyrir hvern hóp.

Hitastig í flökunum var stöðugt (Mynd 33). Hitastig í þriggja daga gömlu hráefni, á 500-1000 g flökum var á bilinu 1,3-3,9 °C. Hitastig í sex daga gömlum 500-1000 g flökum var á bilinu 0,3-3,1 °C, og hitastig í 3 daga gömlum flökum stærri en 1500 g var á bilinu 3,2-5,8 °C.



Mynd 33. Hitastigsferill í flökum meðan á pæklu stóð.

Efnasamsetning

Lítill breytileiki var á milli hópa í efnasamsetningu (Tafla 2). Vatnsinnihald var á bilinu 84,8-85,4%. Fitueinnihald var 0,5% í öllum hópum, og saltinnihald var 1,7% í öllum hópum. Fosfatinnihald var á bilinu 2,6-2,8 mg/g.

Tafla 2. Efnasamsetning á léttisöltuðum þorsflökum (n=2).

Hráefni	Flakastærð (g)	Vatn (%)	Fita (%)	Salt (%)	Fosfat (mg/g)
3 daga gamalt	500-1000	85,3	0,5	1,7	2,8
3 daga gamalt	>1500	84,8	0,5	1,7	2,6
6 daga gamalt	500-1000	85,4	0,5	1,7	2,7

Íshúð (Hjúpun)

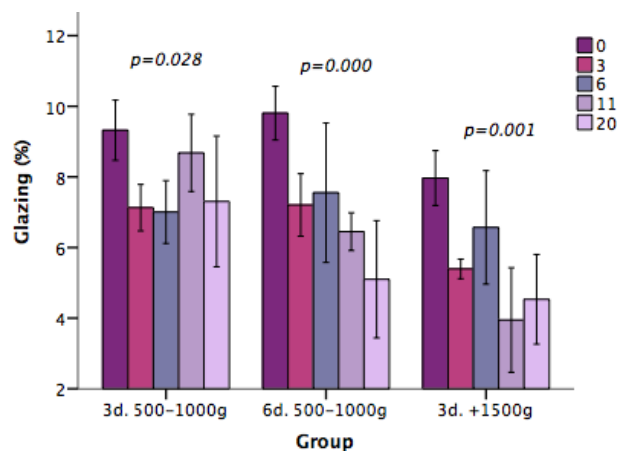
Hlutfall íshúðar minnkaði yfir geymslutímam og léttari flökin höfðu marktækt hærra hlutfall íshúðar en þyngrri flökin (Mynd 34 og 35). Hlutfall íshúðar minnkaði marktækt innan hvers hóps við bæði geymsluhitastig, meðan á geymslu stóð, fyrir utan sex daga gömul 500-1000 g flök og

þriggja daga gömul flök stærri en 1500 g geymd við -25 °C, þar sem hlutfall íshúðar var marktækt breytilegt.

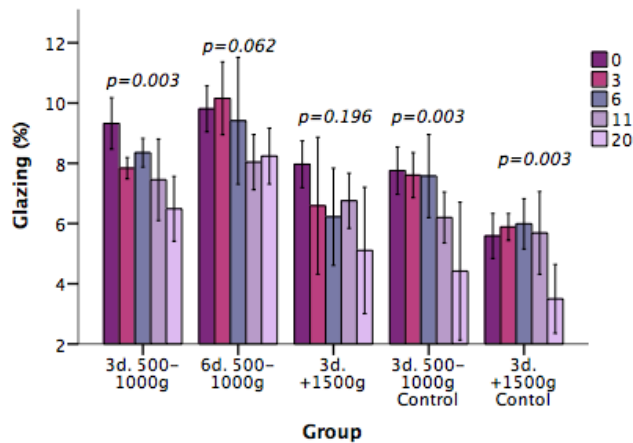
Samanburður á hlutfalli íshúðar í léttisöltuðum flökum, sýndi að smærri flökin höfðu hærra hlutfall af íshúð en þau stærri. Aldur flakanna frá veiðum hafði engin áhrif á hlutfallið ($p>0,05$). Smærri og stærri flök innan viðmiðunarhópa, sýndu sömu tilhneigingu, þar sem smærri flökin höfðu hærra hlutfall íshúðar en stærri flökin. Munurinn var einungis marktækur í byrjun geymslu í frosti.

Þegar léttisöltuð flök sem voru jafn gömul voru borin saman við viðmiðunarhópa af sömu stærð geymd við -25 °C, sýndu að bæði smærri og stærri flök viðmiðunarhópa höfðu minna hlutfall íshúðar, og var marktækt í byrjun geymslu í frosti fyrir báðar stærðir.

Geymsluhitastig hafði marktæk áhrif á minnkun hlutfalls íshúðar í sex daga gömlum flökum 500-1000 g að stærð, þar sem flök geymd við -18 °C höfðu marktækt lægra íshúðunarhlutfall, samanborið við -25 °C.



Mynd 34. Hlutfall íshúðar (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



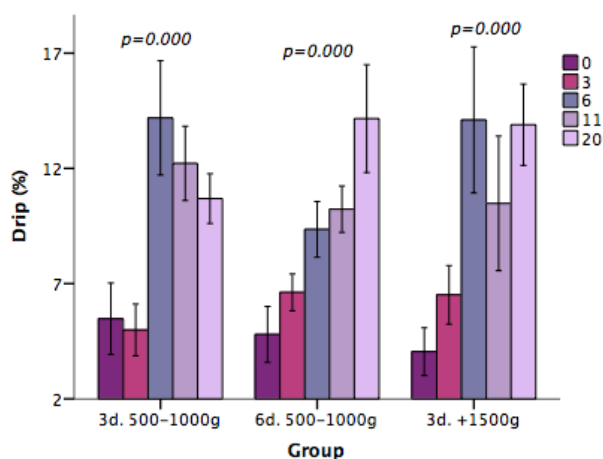
Mynd 35. Hlutfall íshúðar (%) í léttisöltuðum þorsklökum (n=5) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall +orskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

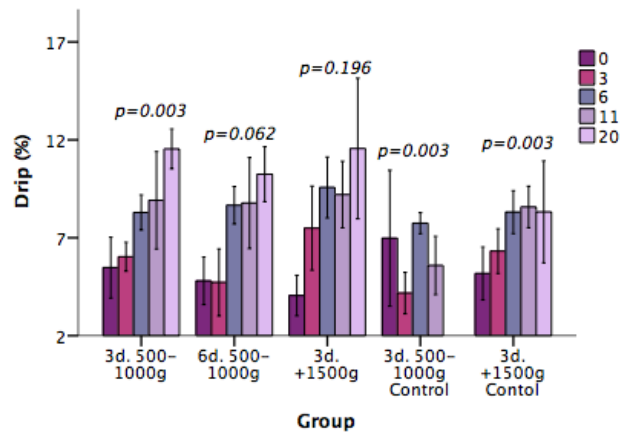
Vatnstap jókst yfir geymslutímamann innan hvers hóps (Mynd 36 og 37). Allir hópar sýndu aukningu í vatnstapi yfir geymslutíma nema sex daga gömul 500-1000 g flök og þriggja daga flök stærri en 1500 g við geymsluhitastig -25 °C ($p < 0,05$).

Viðmiðunarhópar höfðu tilhneigingu til að tapa minna af vatni síðustu mánuði geymslunnar, miðað við léttisöltuðu hópanna, en sá munur var ekki marktækur.

Vatnstap var meira hjá léttisöltuðum flökum við -18 °C, samanborið við -25 °C, síðustu mánuði geymslutímans, en munurinn var ekki marktækur.



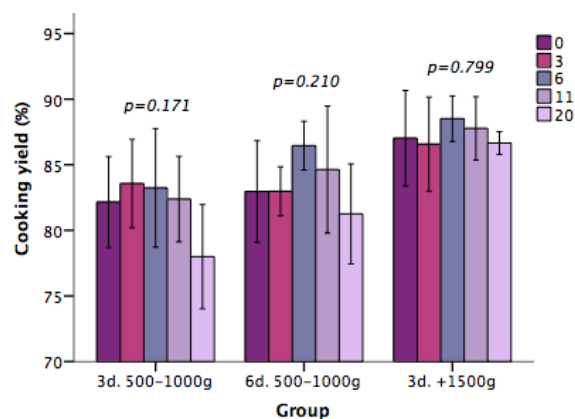
Mynd 36. Vatnstap (drip) (%) í léttisöltuðum þorsklökum (n=5) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



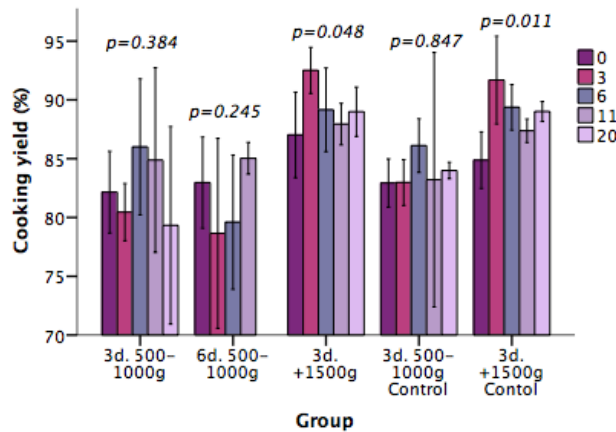
Mynd 37. Vatnstap (drip) (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

Flök að stærð 500-100 g sýndu hvorki marktækan mun í suðunýtingu yfir geymslu í frosti eða við mismunandi geymsluhitastig (Mynd 38 og 39). Flök stærri en 1500 g sýndu marktækan mun innan hvers hóps yfir geymslutíma við -25 °C, þar sem suðunýting jókst á þremur mánuðum en minnkaði síðan. Flök stærri en 1500 g sýndu hærri suðunýtingu geymd við -25 °C, samanborið við geymslu við -18 °C. Ekki var marktækur munur á milli aldurs hráefnis fyrir vinnslu, eða léttisöltuðu flakanna og viðmiðunarhópa (control). Samanburður á milli stærðar flaka, sýndi hærri suðunýtingu meðal flaka sem voru stærri en 1500 g, og var sá munur marktækur í sumum tilvikum.



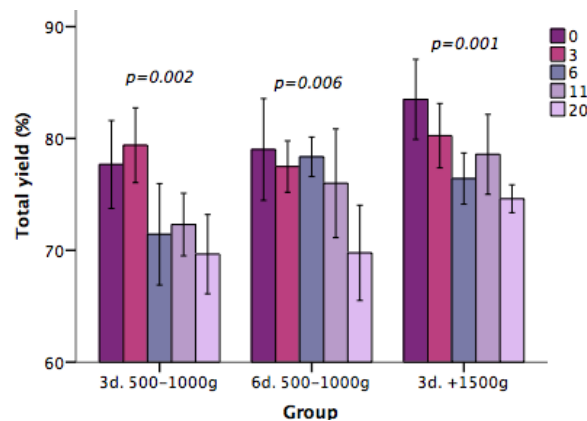
Mynd 38. Suðunýting (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



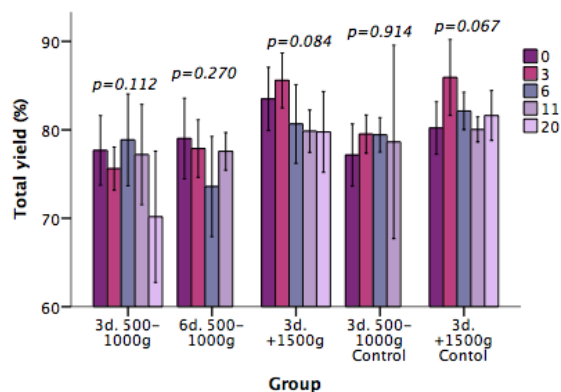
Mynd 39. Suðunýting (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildarnýting

Heildarnýting minnkaði marktækt innan hvers hóps með geymslutíma við -18 °C. Hins vegar var ekki marktækur munur innan hvers hóps við -25 °C. Geymsluhitastig hafði áhrif á heildarnýtingu, þar sem hún jókst eftir langvarandi geymslutíma við -18 °C. Ekki var munur á heildarnýtingu milli aldurs flakanna eða á milli léttisöltuðu flaka og viðmiðunarhópa (control). Samanburður á milli flaka 500-100 að stærð og flaka sem voru stærri en 1500 g, sýndi að stærri flökin höfðu hærri heildarnýtingu.



Mynd 40. Heildarnýting (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

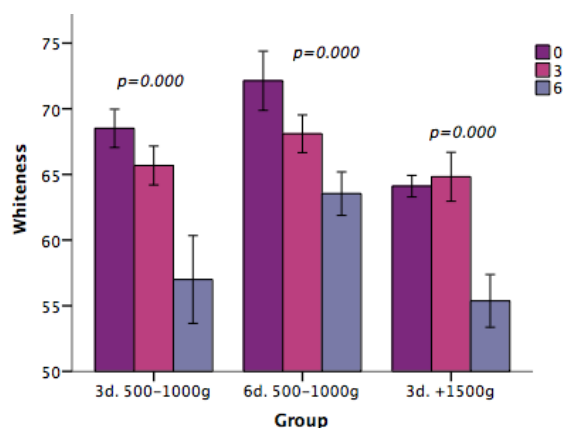


Mynd 41. Heildarnýting (%) í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

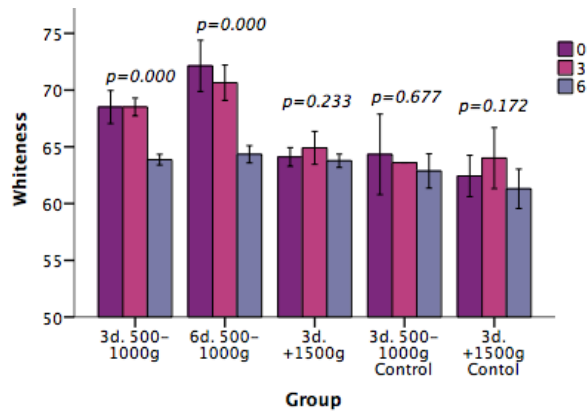
Litur

Hvítleiki minnkaði innan hvers hóps við geymslutíma í $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hvítleiki minnkaði einnig við geymslutíma í $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í léttisöltuðum 500-100 g flökum ($p<0,05$) og stærri léttisöltuð flök og viðmiðunarhópar sýndu ekki marktækan mun (Mynd 42 og 43). Samanburður á sex daga gömlum flökum og þriggja daga flökum sýndi að eldri flökin (6d) voru hvítari en þau yngri (3d) ($p<0,05$).

Léttisöltuð flök stærri en 1500 g höfðu tilhneigingu til að vera dekkri en léttisöltuð flök að stærð 500-1000 g fyrir bæði hitastigin í upphafi geymslutíma ($p<0,05$). Munurinn minnkaði svo yfir geymslutímann. Ekki var marktækur munur á hvítleika viðmiðunarflaka (>1500 g og 500-1000 g). Marktækur munur var á hvítleika flaka eftir geymsluhitastigum, þar sem flök geymd við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ voru dekkri.



Mynd 42. Hvítleiki í léttisöltuðum þorsflökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-6 mánuðir) geymslu í frosti við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

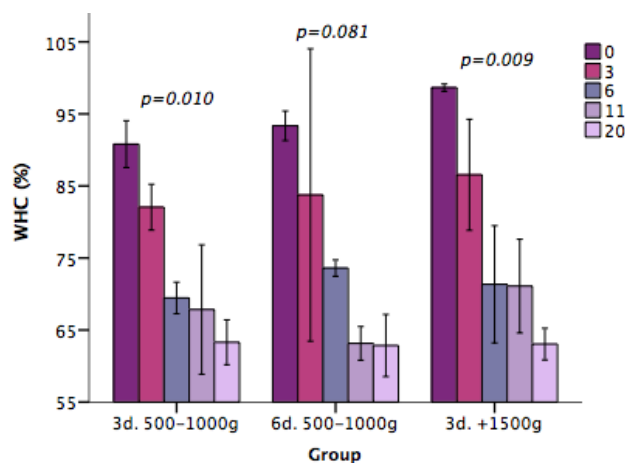


Mynd 43. Hvítleiki í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-6 mánuðir) geymslu í frosti við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

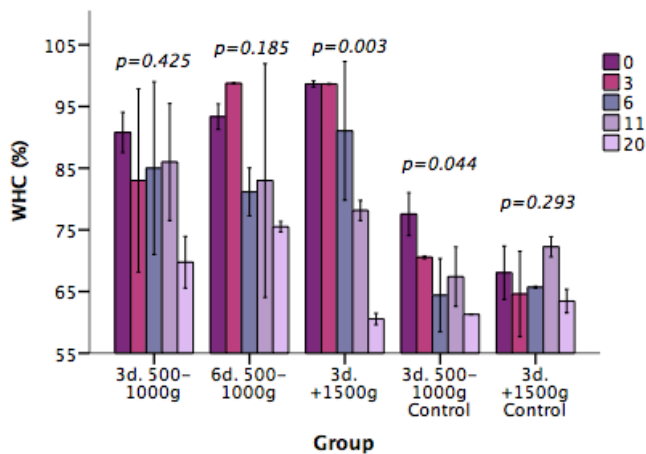
Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldnin minnkaði innan hvers hóps yfir geymslutímamann við bæði geymsluhitastig ($p < 0,05$). Ekki allir hóparnir sýndu marktækan mun. Ekki var marktækur munur á vatnsheldni milli hópa við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Það var heldur ekki marktækur munur á milli þriggja daga gamla flaka og sex daga gamla flaka geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hins vegar var marktækur munur á vatnsheldni í flökum sem voru 500-1000 g að stærð og flaka sem voru stærri en 1500 g, eftir 20 mánaða geymslu, þar sem vatnsheldnin var minni í stóru flökunum.

Samanburður á geymsluhitastigum sýndi marktækt hærri vatnsheldni við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 500-1000 g flökum.



Mynd 44. Vatnsheldni (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

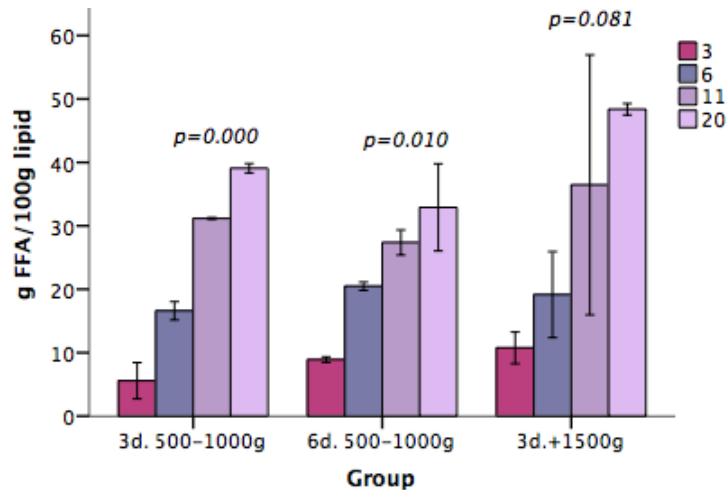


Mynd 45. Vatnsheldni (%) í léttisöltuðum þorsklökum ($n=5$) eftir mismanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

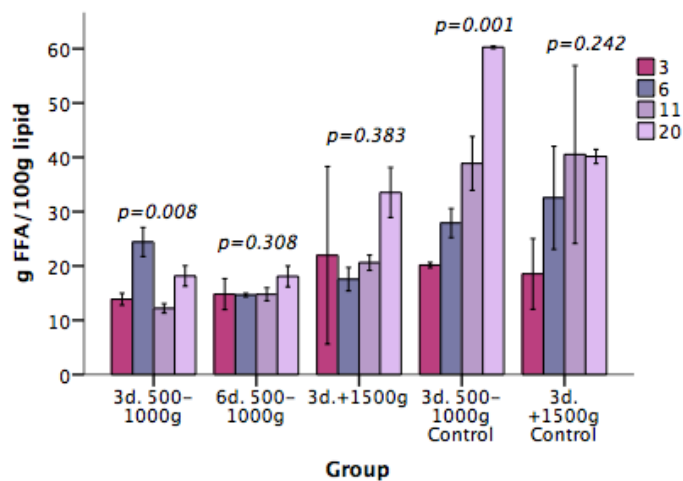
Magn frírra fitusýra (FFA)

Magn frírra fitusýra hafði tilhneigingu til að aukast í flestum hópum með geymslutíma, bæði við -18 °C og -25 °C ($p<0,05$) (Mynd 46-47). Ekki var marktækur munur á hlutfalli FFA í flökum við mismunandi aldur í viðmiðunarhópunum (control) við -25 °C. Það var munur á magni FFA í misstórum léttisöltuðum flökum, þar sem í minni flökunum lækkaði magn FFA, samanborið við stærri flökin. Munurinn jókst með geymslutíma og var marktækur eftir 20 mánaða geymslu. Samanburður á léttisöltuðum flökum og viðmiðunarhópum sýndi tilhneigingu til hækkunar á magni FFA hjá síðari hópunum og munurinn jókst með geymslu og var marktækur eftir 20 mánaða geymslu.

Samanturður á léttisöltuðum flökum (500-100 g) og viðmiðunarhópi (500-1000 g) sýndi meira magn FFA í þeim síðarnefndu og sá munur jókst með geymslutíma og var marktækur eftir 20 mánuði. Ekki var marktækur munur á milli léttisaltaðra flaka (>1500 g) og viðmiðunarhóps (>1500 g) en viðmiðunarhópurinn innihélt yfirleitt meira magn FFA, sérstaklega á seinni stigum geymslutímans. Geymsluhitastig hafði áhrif á magn FFA, þar sem magnið jókst hraðar við -18 °C en -25 °C, en sá munur var ekki marktækur.



Mynd 46. Magn frírra fitusýra (gFFA/100 g fita) í léttisöltuðum þorsklökum (n=5) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



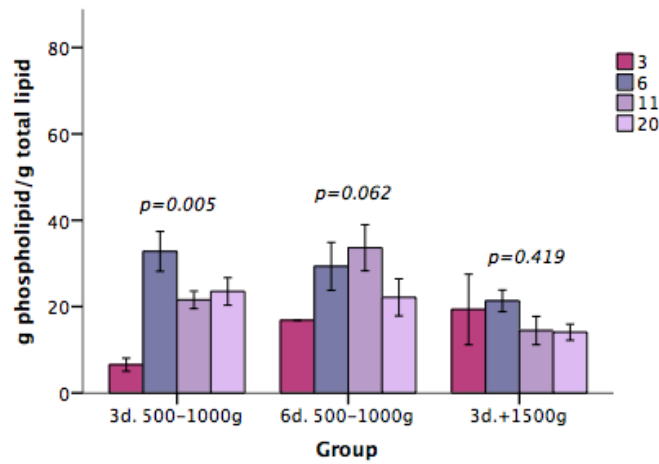
Mynd 47. Magn frírra fitusýra (gFFA/100 g fita) í léttisöltuðum þorsklökum (n=5) eftir mismilanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn fosfólípíða (PL)

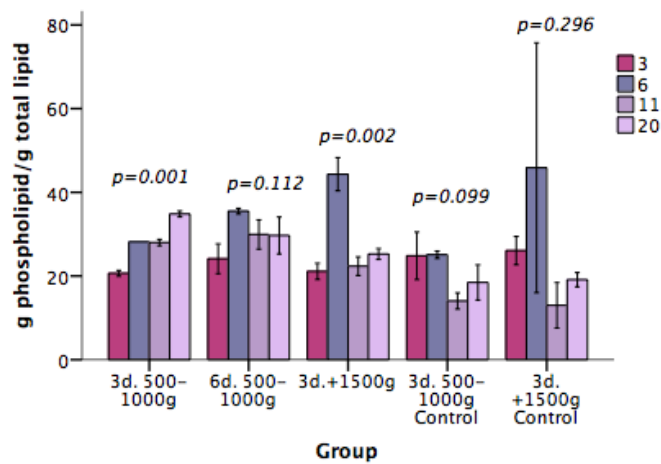
PL var frekar stöðugt innan hvers hóps meðan á geymslu stóð við -18 °C og -25 °C. Það var aukning á magni fosfólípíða á þriggja daga gömlu hráefni, flökum af stærð 500-1000 g geymd við -18 °C og -25 °C og þriggja daga gömlum flökum geymd við -25 °C ($p < 0,05$). Fosfólípíðin höfðu tilhneigingu til að aukast eftir sex mánuði í geymslu og minnka eftir það.

Það var marktækur munur á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa yfir geymslutímann. Léttisöltuðu flökin innihéldu hærra hlutfall af PL eftir 11 og 20 mánaða frostgeymslu ($p < 0,05$).

Einungis stærri flökin sýndu marktækan mun í magni PL, þar sem flök við -25 °C voru með hærra magn PL.



Mynd 48. Magn fosfólípíða (g fosfólípíða/100 g fita) í léttsoötuðum þorsklökum (n=5) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -18 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



Mynd 49. Magn fosfólípíða (g fosfólípíð/100 g fita) í léttsoötuðum þorsklökum (n=5) eftir mislanga (0-20 mánuðir) geymslu í frosti við -25 °C. 3d=þriggja daga gamall þorskur; 6d=sex daga gamall þorskur; control=viðmiðunarhópur. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Skynmat

Skynmat var gert á léttisöltuðum þorskflökum geymd í frostgeymslu í 20 mánuði við -18 °C og -25 °C. Engin ómeðhöndluð flök (control) voru skoðuð. Áhrif tveggja þátta var skoðað, aldur hráefnis fyrir vinnslu (3ja og 6 daga gömul flök) og geymsluhitastig (-18 °C og -25 °C).

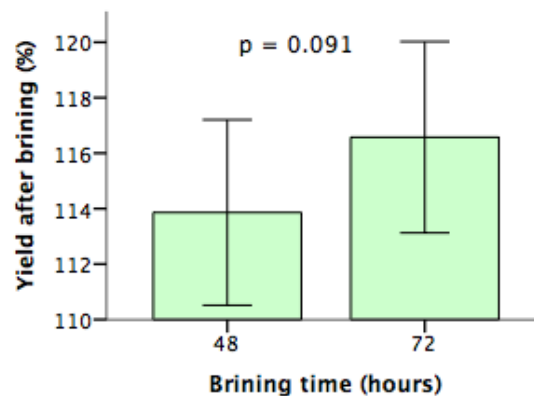
Mikill munur var á gæðum innan hópa, sérstaklega á flökum frá þriggja daga gömlu hráefni. Gæðin voru talin betri á flökum frá sex daga gömlu hráefni borið saman við flök frá þriggja daga gömlu hráefni. Í sumum tilvikum voru flök frá þriggja daga gömlu hráefni geymd við -18 °C, óneysluhæf. Engin munur var á gæðum flakanna á milli geymsluhitastiga.

Áhrif mismunandi þæklunartíma á stöðugleika léttisaltaðra þorskflaka í frostgeymslu

Þorskurinn sem notaður var í rannsókninni var veiddur í botnvörpu í mars 2014. Hráefnið var geymt við geymsluhitastig -18 °C og -25 °C. Áhrif þæklunartíma á stöðugleika léttisaltaðra flaka í frostgeymslu í allt að 15 mánuði var skoðað.

Vinnslunýting

Þæklunartími hafði ekki marktæk áhrif á nýtingu flakanna eftir þæklun (Mynd 50). Meðalnýting eftir 48 klst. var $113,9\% \pm 3,3$ og $116,6\% \pm 3,4$ eftir 72 klst.



Mynd 50. Nýting eftir þæklun (%) léttisaltaðra þorskflaka ($n=10$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.). Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Efnasamsetning

Efnasamsetning léttisaltaðra flaka var keimlík milli hópanna (Tafla 3). Vatnsinnihald var á bilinu 84,3% til 84,8%. Fitueinnihald var 0,4% í báðum hópum. Saltinnihald var á bilinu 2,5% til 2,9%, hærra í hópnum sem var þæklaður í 72 klst. Magn fosfats var á bilinu 2,0 mg/g til 2,6 mg/g.

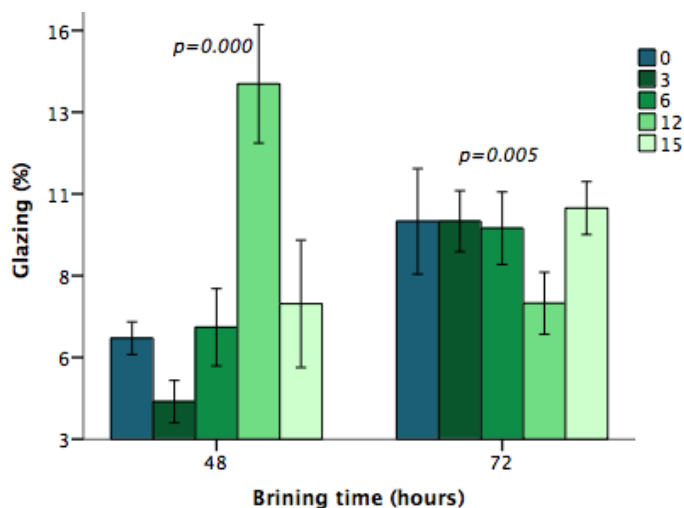
Tafla 3. Efnasamsetning flaka þækluð í 48 klst. og 72 klst.

Pæklunartími	Vatn (%)	Fita (%)	Salt (%)	Fosfat (mg/g)
48 klst	84,8	0,4	2,5	2,6
72 klst	84,3	0,4	2,9	2,0

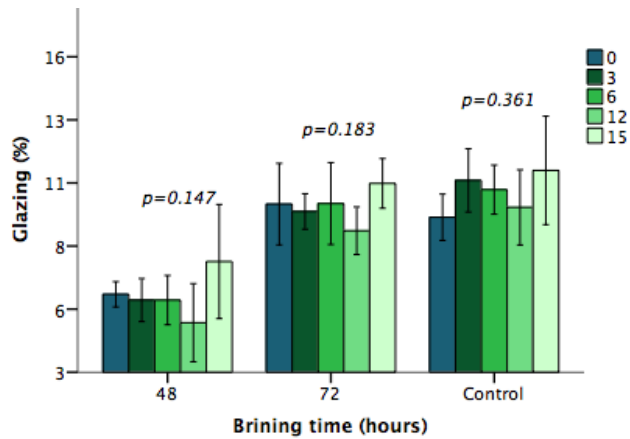
Hlutfall íshúðar

Hlutfall íshúðar jókst marktækt eða minnkaði við -18 °C (Mynd 51), en var tiltölulega stöðugt innan hvers hóps við -25 °C (Mynd 52) ($p>0,05$).

Hlutfall íshúðar var marktækt hærra í flökum þækluðum í 72 klst. samanborið við 48 klst. við -18 °C, fyrir utan flök sem þækluð voru í 72 klst. og höfðu verið í frostgeymslu í 12 mánuði. Þau flök innihéldu lægra hlutfall íshúðar ($p<0,05$). Almennt var hlutfall íshúðar lægri í flökum sem voru þækluð í 48 klst., miðað við flök þækluð í 72 klst.



Mynd 51. Hlutfall íshúðar (%) léttisaltaðra þorskflaka ($n=5$) við mismunandi þækluðartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



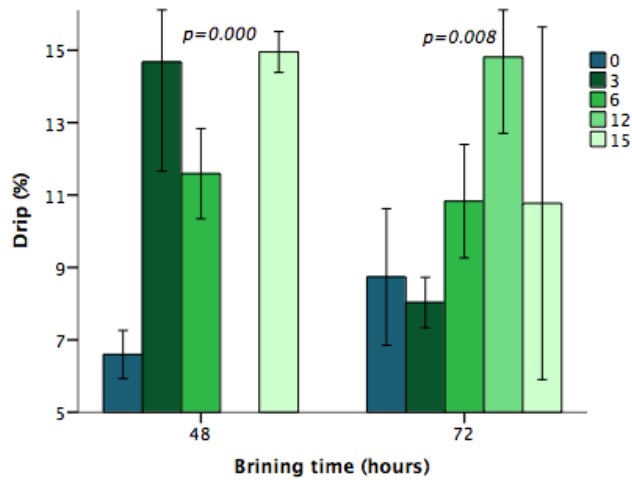
Mynd 52. Hlutfall íshúðar (%) léttsaltaðra þorsklaka ($n=5$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

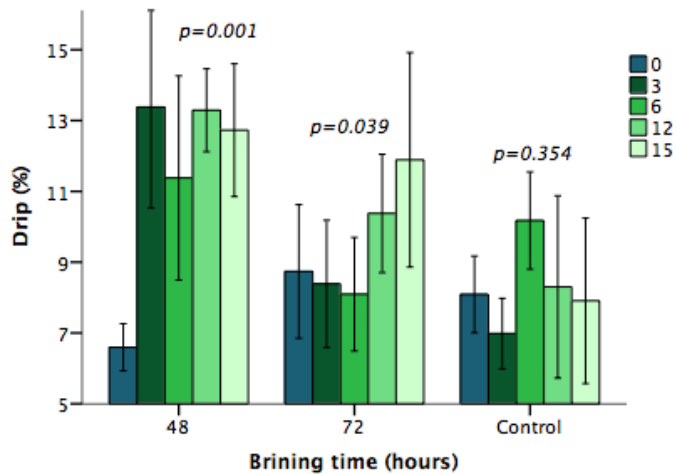
Vatnstap hafði tilhneigingu til að aukast í léttsöltuðum flökum í frostgeymslu ($p<0,05$) (Mynd 53 og 54). Í viðmiðunarhópnum (control) var vatnstapið frekar stöðugt á milli mánaða ($p>0,05$).

Flök sem voru þækluð í 48 klst. sýndu meira vatnstap eftir þriggja mánaða geymslu og í lengri tíma, samanborið við þækluð flök í 72 klst., en vatnstapið var einungis marktækt hærra eftir 3 mánuði við bæði hitastigin (-18 °C og -25 °C).

Samanburður á léttsöltuðum flökum, þækluðum í 72 klst. og viðmiðunarhópnum (control) sýndu ekki marktækan mun. Eftir 3 og 12 mánuði var marktækur munur á léttsöltuðum flökum þækluðum í 48 klst. og viðmiðunarhópnum eftir -25 °C frostgeymslu.



Mynd 53. Vatnstap (%) léttisaltaðra þorsklaka (n=5) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



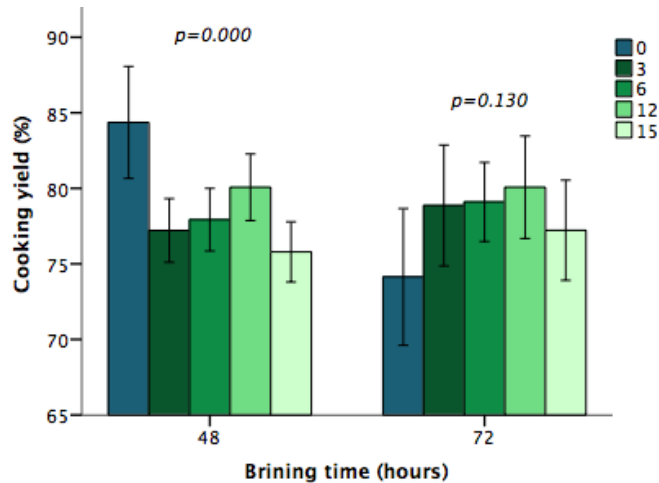
Mynd 54. Vatnstap (%) léttisaltaðra þorsklaka (n=5) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

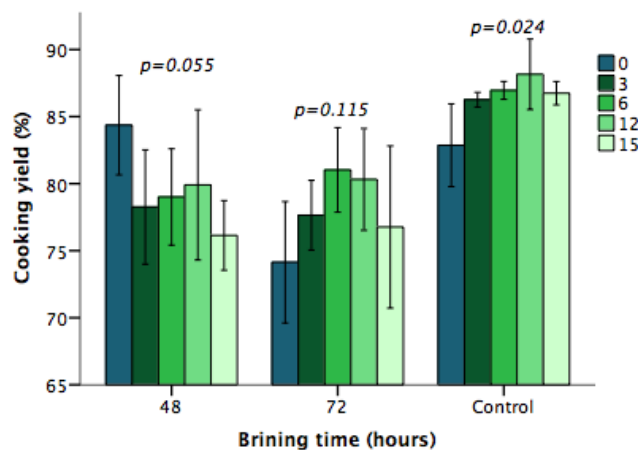
Suðunýting lækkaði í léttisöltuðum flökum eftir 48 klst. þæklun og frostgeymslu við bæði hitastig, en munurinn var einungis marktækur við -18 °C (Mynd 55 og 56). Flök sem voru þækluð í 72 klst. voru nokkuð stöðug eftir frostgeymslu við bæði hitastig ($p > 0,05$). Suðunýting í viðmiðunarhópum (við -25 °C) jókst marktækt yfir geymslutímamann ($p < 0,05$).

Marktækur munur var á flökum þækluðum í 48 klst. og flökum þækluðum í 72 klst. í byrjun frostgeymslu við bæði hitastig, þar sem flök þækluð í 48 klst sýndu hærri suðunýtingu. Samanburður á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa við -25 °C í geymslu var marktækur,

þar sem seinni hópurinn sýndi hærri suðunýtingu. Ekki var marktækur munur á þessum hópum samanborið við geymslu í -18 °C og geymslu í -25 °C.



Mynd 55. Suðunýting (%) léttsaltaðra þorskflaka (n=5) við mismunandi pæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



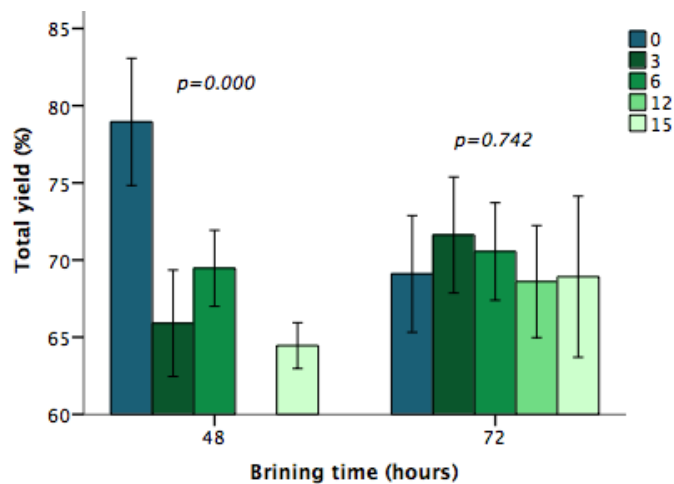
Mynd 56. Suðunýting (%) léttsaltaðra þorskflaka (n=5) við mismunandi pæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildarnýting

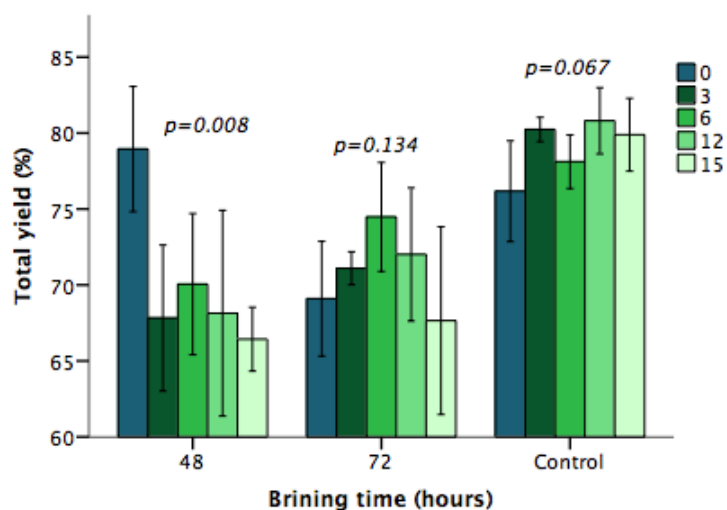
Heildarnýting jókst í flökum pækluðum í 48 klst. eftir frostgeymslu við bæði geymsluhitastig (-18 °C og -25 °C) (Mynd 57-58) ($p < 0,05$). Léttsaltaði hópurinn pæklaður í 72 klst. og viðmiðunarhópar (control) við geymslu í -25 °C voru stöðug yfir geymslutímamann við bæði hitastigin ($p > 0,05$).

Marktækur munur á heildarnýtingu flaka var einungis milli pæklunartíma við upphaf í frostgeymslu við bæði geymsluhitastigin, þar sem hærri nýting var í flökum pækluðum í 48 klst.

Samanburður á milli léttsaltaðra flaka og viðmiðunarhópa við -25 °C sýndu hærri nýtingu í seinni hópnum ($p < 0,05$). Ekki var marktækur munur á milli geymsluhitastiga.



Mynd 57. Suðunýting (%) léttsaltaðra þorskflaka ($n=5$) við mismunandi pæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



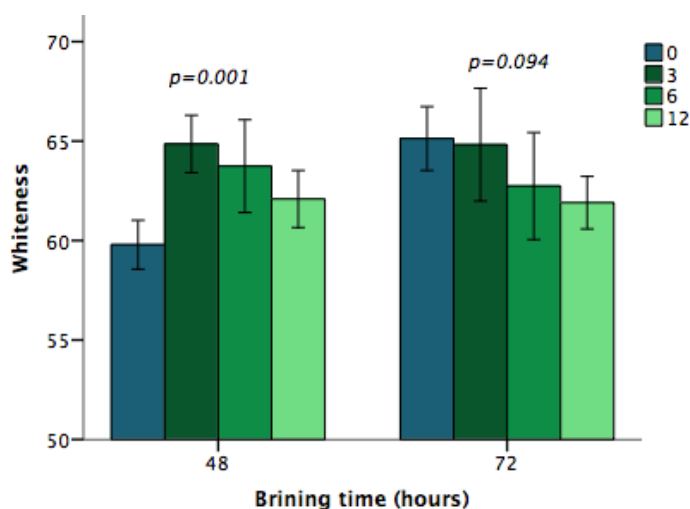
Mynd 58. Suðunýting (%) léttsaltaðra þorsklaka ($n=5$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Litur

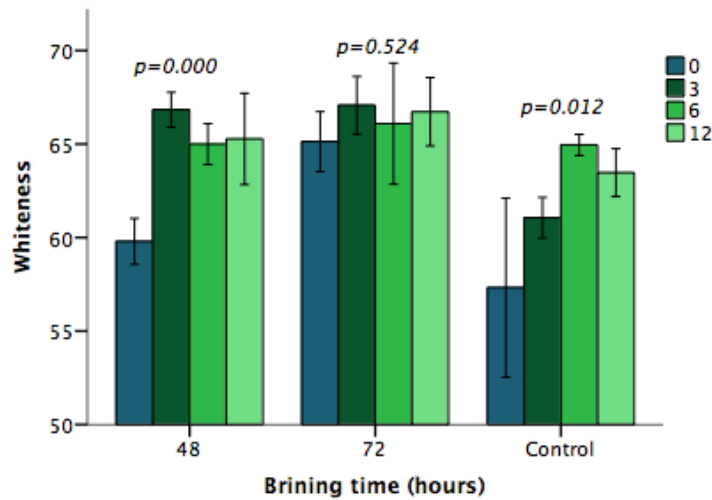
Hvítleiki léttsaltaðra flaka eftir 48 klst. þæklun og viðmiðunarhópa við geymslu í -25 °C jókst á innan við þriggja mánaða geymslu ($p<0,05$) (Mynd 59 og 60).

Í byrjun geymslutímans sýndu flök sem voru þækluð í 72 klst. marktækt hærri gildi á hvítleika miðað við flök sem voru þækluð í 48 klst. Samanburður á milli léttsaltaðra flaka og viðmiðunarhópa (control) sýndi að seinni hópurinn var dekkri ($p<0,05$).

Samanturður á milli geymsluhitastiga sýndi að flök sem voru geymd við -25 °C voru hvítari en flök geymd við -18 °C ($p<0,05$).



Mynd 59. Hvítleiki léttsaltaðra þorsklaka ($n=5$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-12 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

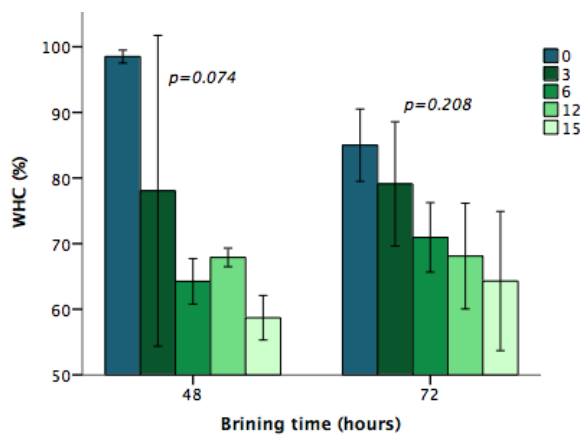


Mynd 60. Hvítleiki léttsaltaðra þorsklaka ($n=5$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-12 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

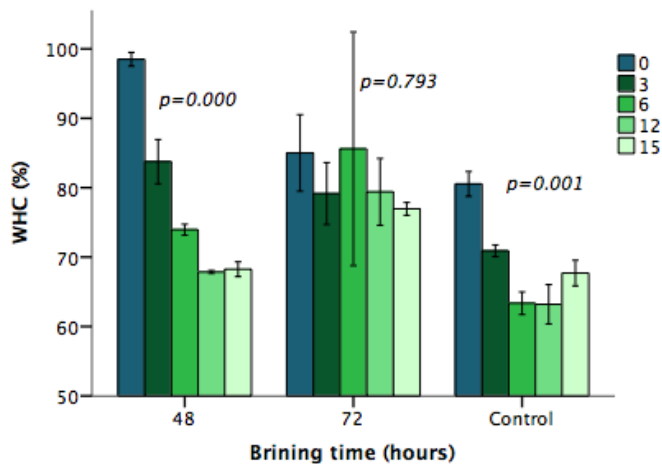
Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldni jókst innan hvers hóps yfir geymslutímamann ($p < 0,05$) (Mynd 61 og 62). Vatnsheldnin var hærri í léttsoltuðum flökum, þækluðum í 48 klst. samanborið við léttsoltuð flök þækluð í 72 klst. við bæði geymsluhitastig ($p < 0,05$).

Samanburður á milli léttsaltaðra flaka og viðmiðunarhópa við -25 °C (control), sýndu að seinni hópurinn hafði lægri vatnsheldni ($p < 0,05$). Marktækur munur var á vatnsheldni léttsaltaðra flaka við mismunandi geymsluhitastig, þar sem léttsoltuð flök þækluð í 72 klst. og geymd við -18 °C höfðu lægri vatnsheldni.



Mynd 61. Vatnsheldni (%) léttsaltaðra þorsklaka, ($n=2$) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.



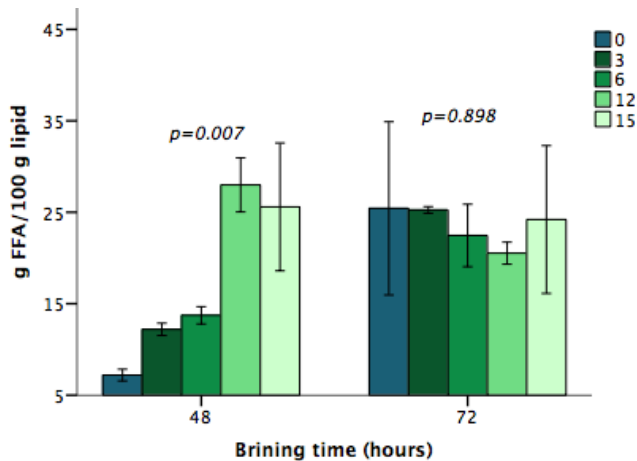
Mynd 62. Vatnsheldni (%) léttisaltaðra þorsklaka, (n=2) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn frírra fitusýra (FFA)

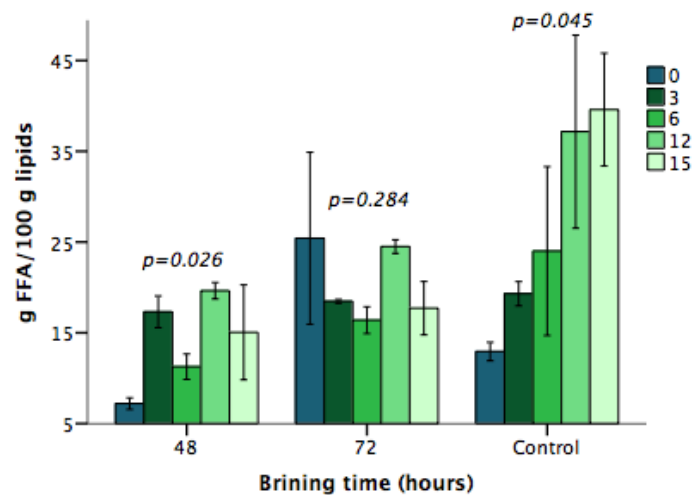
Magn frírra fitusýra jókst marktækt eftir 48 klst. þæklun í léttisöltuðum flökum og í viðmiðunarhópum (control), geymdum við -18 °C og -25 °C (Mynd 63 og 64). Magn FFA í léttisöltuðum flökum þækluðum í 72 klst. var stöðugt yfir geymslutímamann innan hópsins ($p > 0,05$).

Magn FFA var hærra í léttisöltuðum flökum þækluðum í 72 klst á fyrstu mánuðum í frostgeymslu, samanborið við léttisöltuð flök þækluð í 48 klst., geymd bæði við -18 °C og -25 °C, en munurinn var einungis marktækur eftir þriggja mánaða geymslutíma við -18 °C.

Eftir langtíma geymslu, sýndu viðmiðunarhóparnir við -25 °C hærra magn FFA, miðað við léttisöltuðu flökin, þar sem magn FFA í viðmiðunarhópunum jókst hraðar í samanburði við léttisöltuðu flökin. Aukningin var marktæk eftir 15 mánaða geymslu. Almennt var ekki marktækur munur á milli hópa ef tekið er mið af geymsluhitastigi.



Mynd 63. Magn frírra fitusýra (g FFA/100 g lípíð), (n=2) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

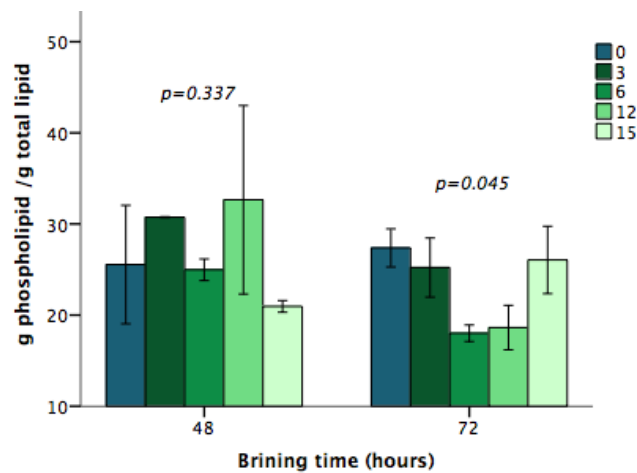


Mynd 64. Magn frírra fitusýra (g FFA/100 g lípíð), (n=2) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -2.5 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

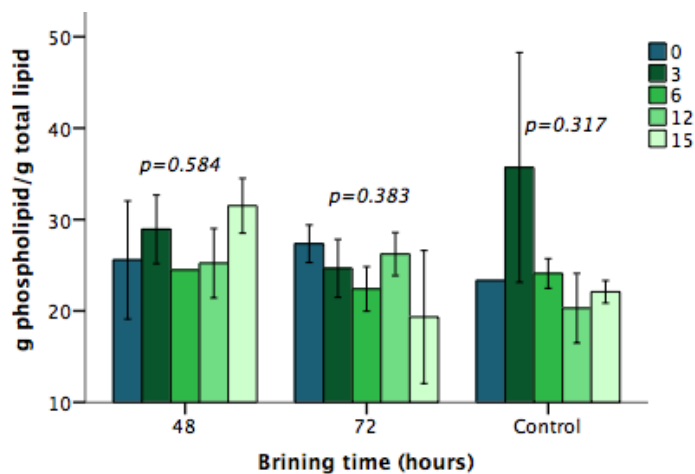
Magn fosfólípíða (PL)

Magn PL var tiltölulega stöðugt innan hvers hóps meðan á geymslutíma stóð, fyrir bæði hitastigin ($p > 0,05$). Einungis sýndi einn hópur marktækan mun eftir þæklun í 72 klst. við geymslu í -18 °C, þar sem magn PL minnkaði eftir þriggja mánaða geymslu en jókst svo eftir 15 mánaða geymslu.

Eftir fyrstu mánuðina í geymslu var munur á magni PL milli mismunandi þæklunartíma, þar sem léttisöltuð flök þækluð í 48 klst. innihéldu meira magn PL við bæði geymsluhitastig. Engin marktækur munur var á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa eftir -25 °C geymslu.



Mynd 65. Magn fosfólípíða (g fosfólípíða/100 g heildar lípíð), (n=2) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -18 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



Mynd 66. Magn fosfólípíða (g fosfólípíða/100 g heildar lípíð), (n=2) við mismunandi þæklunartíma (48 klst. og 72 klst.) og mismunandi geymslutíma (0-15 mánuðir) í -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

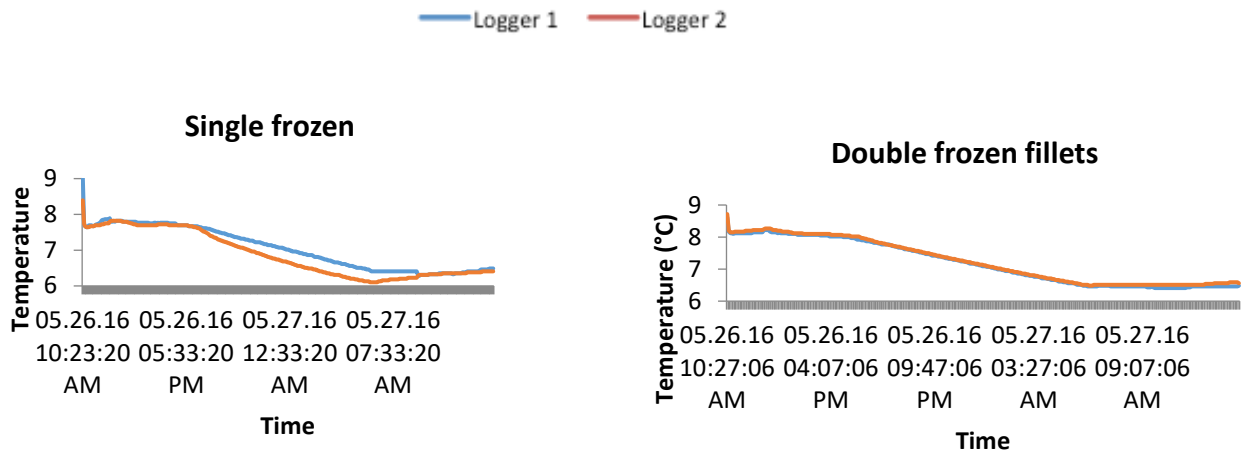
Samanburður á ein- og tvífrystum léttsöltuðum þorskflökum

Áhrif ein- og tvífrystingar léttsaltaðra flaka á gæði var metin í byrjun geymslu við -25 °C.

Hráefni fyrir einfrystingu var safnað í maí 2016 en hráefni fyrir tvífrystingu var safnað í mars 2016.

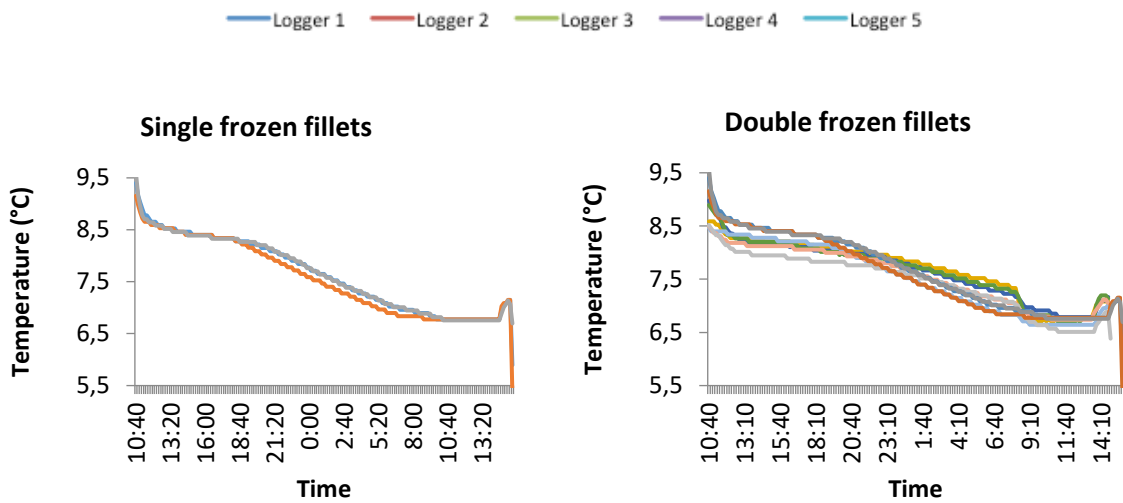
Hitastigsferill við þæklun

Hitastig þækils lækkaði með þækiltíma (Mynd 67). Hitastig í þækli fyrir einfryst hráefni var á bilinu 7,8 °C til 6,2 °C, og fyrir tvífryst hráefni 8,7 °C til 6,5 °C.



Mynd 67. Hitastigsferill í pækli.

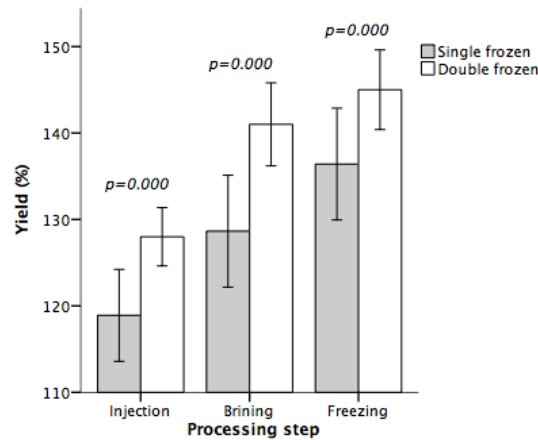
Hitastig í flökum var mjög svipað fyrir ein- og tvífryst hráefni (Mynd 68), og lækkaði meðan á pæklun stóð. Hitastig fyrir einfryst flök var á bilinu 8,7 °C til 6,8 °C og fyrir tvífryst flök á bilinu 8,7 °C til 6,7 °C meðan á pæklun stóð.



Mynd 68. Hitastigsferil í flökum meðan á pæklun stóð.

Nýting á léttsöltuðum ein-og tvífrystum flökum

Ein- og tvífryst flök sýndu marktækan mun í nýtingu, þar sem tvífryst flök sýndu hærri nýtingu.



Mynd 69. Nýting (%) eftir sprautun, þæklun og frýstingu á ein- og tvífrýstra flökum.

Efnasamsetning flaka eftir vinnslu

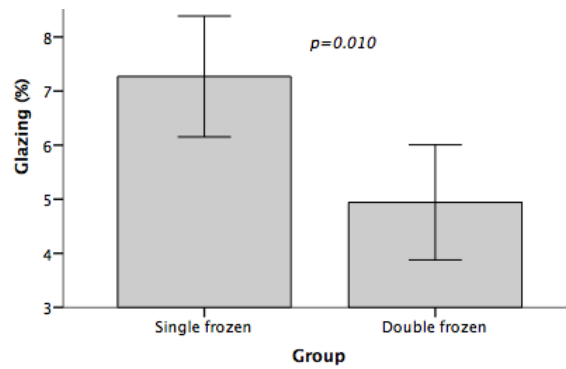
Vatnsinnihald á milli ein- og tvífrýstra flaka var á bilinu 85,6% til 85,8% (Tafla 4). Fitueinnihald var á bilinu 0,3% til 0,4%. Próteinnihald var á bilinu 11,7% til 12,4% og magn fosfats var á bilinu 2,1 mg/g til 2,4 mg/g. Í tvífrystum flökum var herra saltmagn en í einfrystum flökum eða 2,4% miðað við 2,1%.

Tafla 4. Efnasamsetning léttsaltaðra flaka (n=2) á ein- og tvífrýstu hráefni.

	Vatn (%)	Fita (%)	Prótein (%)	Salt (%)	Fosfat (mg/g)
Einfryst	85,6	0,3	12,4	1,9	2,4
Tvífryst	85,8	0,4	11,7	2,3	2,1

Hlutfall íshúðar

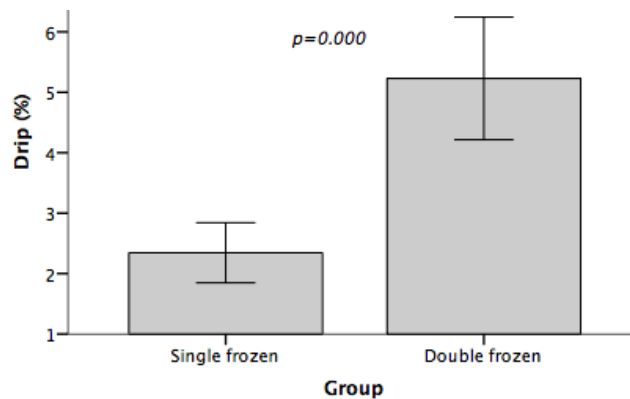
Samanburður á ein- og tvífrystum flökum sýndu marktækan mun, þar sem herra hlutfall íshúðar var í einfrystum flökum (Mynd 70). Hlutfall íshúðar var $7,3\% \pm 1,1$ í einfrystum flökum og $4,9\% \pm 1,1$ í tvífrystum flökum.



Mynd 70. Hlutfall íshúðar (%) léttsaltaðra þorskflaka ($n=5$) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

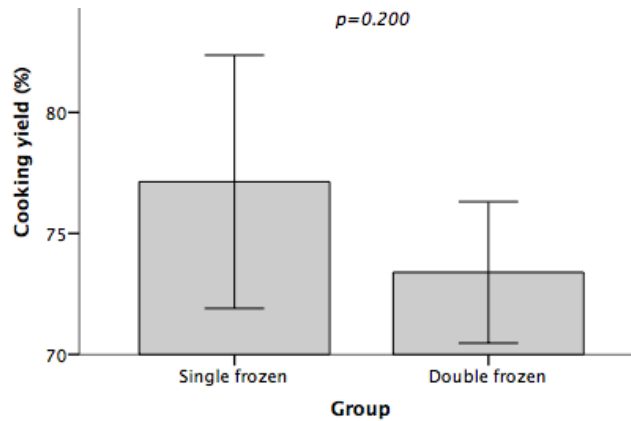
Vatnstap var meira í tvífrystum léttsöltuðum flökum en í einfrystum flökum ($p<0,05$) (Mynd 71). Meðal vatnstap í einfrystum flökum var $2,3\% \pm 0,5$ en í tvífrystum $5,2\% \pm 1,10$.



Mynd 71. Vatnstap (%) léttsaltaðra flaka, ($n=5$) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

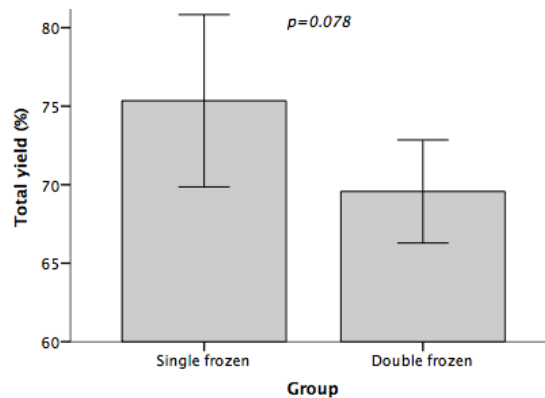
Ekki var marktækur munur á suðunýtingu milli ein- og tvífrýstra flaka, en tvífrýst flök voru með lægri suðunýtingu.



Mynd 72. Suðunýting (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildanýting

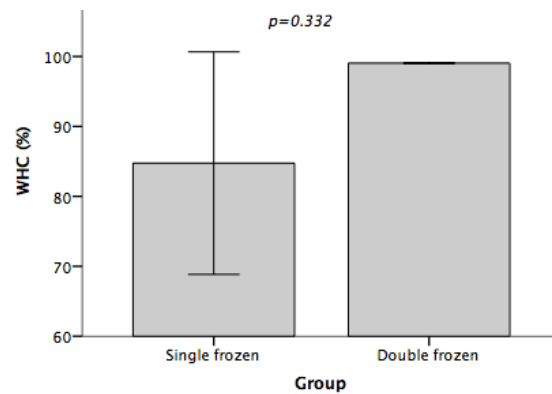
Ekki var marktækur munur á heildarnýtingu ein- og tvífrýstra flaka (Mynd 73). En tvífrýst flök sýndu lægri suðunýtingu.



Mynd 73. Heildarnýting (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnsheldni (WHC)

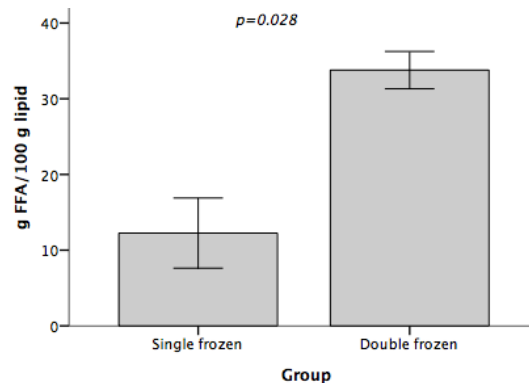
Ekki var marktækur munur á vatnsheldni milli ein- og tvífrýstra flaka (Mynd 74).



Mynd 74. Vatnsheldni (%) léttsaltaðra flaka, ($n=5$) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn frírra fitusýra (FFA)

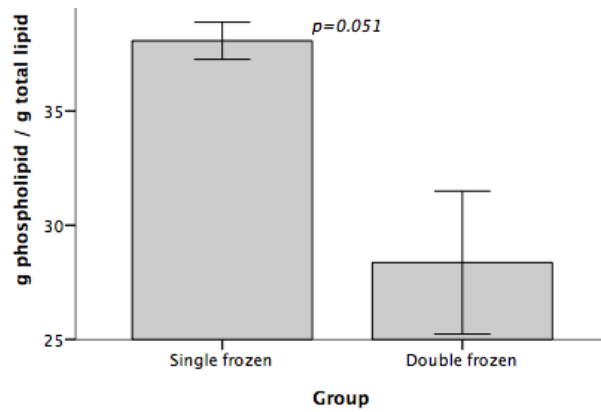
Marktækur munur var á magni frírra fitusýra, milli hópa þar sem meira magn var af FFA í tvífrýstum léttisöltuðum flökum (Mynd 75).



Mynd 75. Magn frírra fitusýra (g FFA/g lípíð) léttsaltaðra flaka, ($n=5$) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn fosfólípíða (PL)

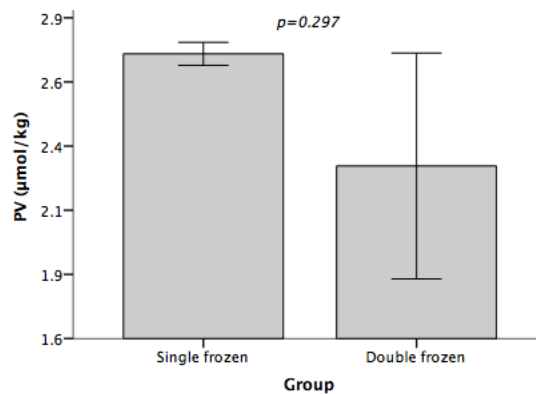
Marktækur munur var á magni fosfólípíða milli hópa, þar sem magnið var lægra í tvífrýstum léttisöltuðum flökum.



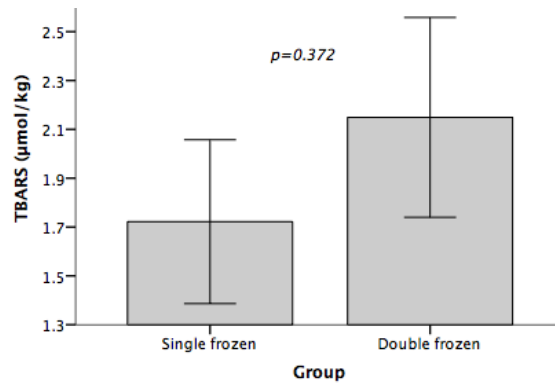
Mynd 76. Magn fosfólípiða (g fosfólípið/heildarlípið) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Oxun fitu (þránun)

Ekki var marktækur munur á milli hópa, hvorki í magni PV eða TBARS (Myndir. 77 og 78). Hins vegar var PV gildið hærra í einfrystum léttisöltuðum flökum og TBARS gildið hærra í tvífrystum léttisöltuðum flökum.



Mynd 77. Magn hýdróperoxíðs (PV=peroxide value; µmól/kg) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir 4 daga geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.



Mynd 78. Magn thiobarbituric acid reactive substances (TBARS; $\mu\text{mol/kg}$) léttsaltaðra flaka, ($n=5$) eftir 4 daga geymslu í frosti við $-25\text{ }^\circ\text{C}$. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

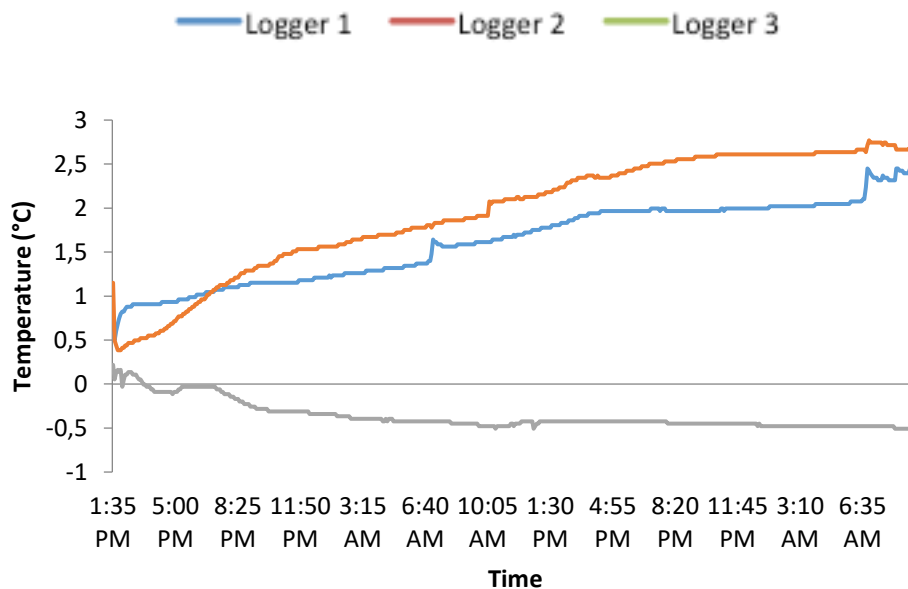
Áhrif mismunandi þæklunarhitastigs á gæði léttsaltaðra þorskflaka

Áhrif mismunandi þæklunarhitastigs ($0\text{ }^\circ\text{C}$ og $2\text{--}4\text{ }^\circ\text{C}$) á gæði léttsaltaðra þorskflaka var metið í byrjun geymslu við $-25\text{ }^\circ\text{C}$. Sýnum var safnað í júlí 2016.

Hitastigsferill þækils

Áhrif tveggja þæklunarhitastiga ($0\text{ }^\circ\text{C}$ og $2\text{--}4\text{ }^\circ\text{C}$) á gæði léttsaltaðra flaka var skoðað (Mynd 79).

Hærra þæklunarhitastigið var á bilinu $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ til $3,7\text{ }^\circ\text{C}$ og lægra þæklunarhitastigið var á bilinu $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$ til $0,2\text{ }^\circ\text{C}$.



Mynd 79. Hitastigsferill þækils.

Efnasamsetning

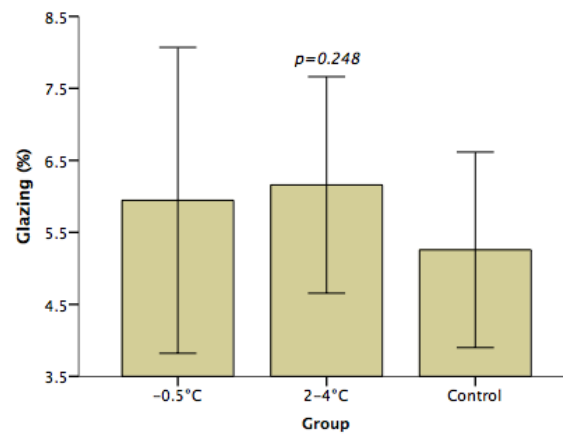
Efnasamsetning hópanna var keimlók (Tafla 5). Meðalvatnsinnihald var á bilinu 85,1% til 86,1%. Próteininnihald var á bilinu 11,7% til 12,4% og fituinnihald var 0,4% í báðum hópum.

Tafla 5. Efnasamsetning léttsaltaðra þorskflaka (n=2), þækluð við mismunandi hitastig (0 °C og 2-4 °C).

Hitastig þækils (°C)	Vatn (%)	Fita (%)	Prótein (%)	Salt (%)
-0.5	85.6	0.4	12.4	1.6
2-4	86.1	0.4	11.7	2.8

Hlutfall íshúðar

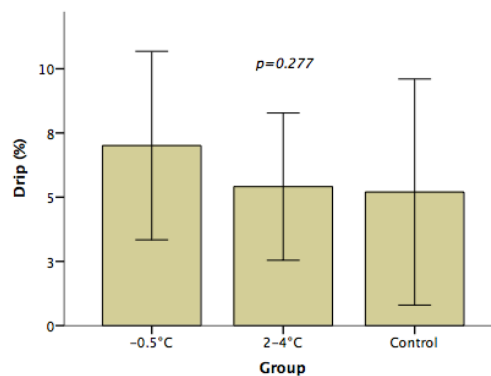
Hlutfall íshúðar var svipað fyrir alla hópa ($p>0,05$), á bilinu 5,3% til 6,1% (Mynd 80).



Mynd 80. Hlutfall íshúðar (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

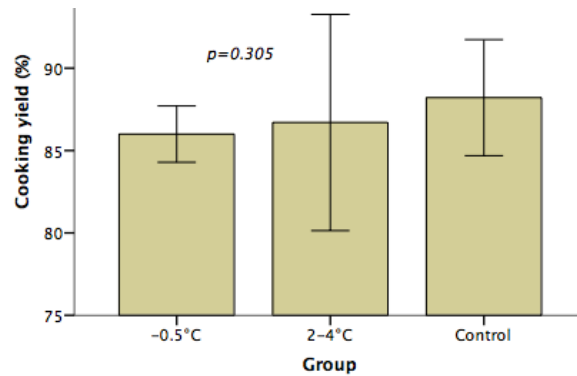
Ekki var marktækur munur á vatnstapi á milli hópa (Mynd 81).



Mynd 81. Hlutfall íshúðar (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

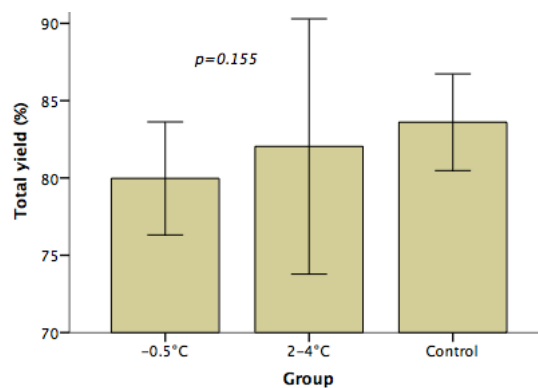
Suðunýting reyndist svipuð milli hópa og ekki marktæk (Mynd 82), og var á bilinu 86,0% til 88,2%.



Mynd 82. Suðunýting (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildarnýting flaka

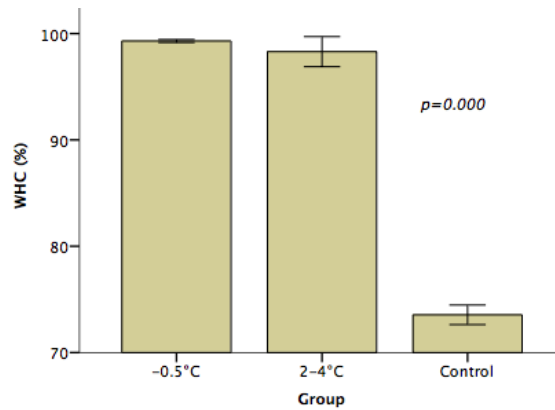
Heildarnýting léttsaltaðra flaka var lík á milli hópa og ekki marktækur munur (Mynd 83).



Mynd 83. Heildarnýting (%) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldnin var svipuð á milli léttölluðu hópanna ($p > 0,05$). Hins vegar var WHC marktækt lægri í viðmiðunarhóp, samanborið við léttölluðu flökin.

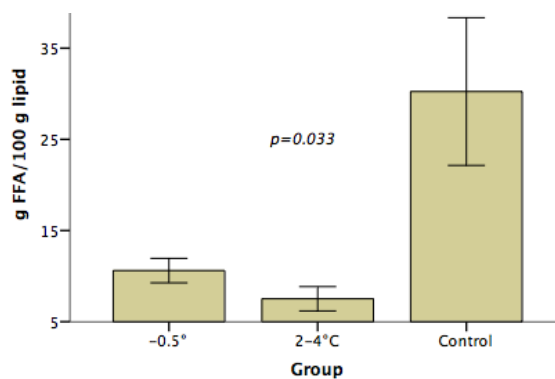


Mynd 84. Heildarnýting (%) léttaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Magn frírra fitusýra (FFA)

Magn FFA var meira í viðmiðunarhóp, samanborið við léttisöltuðu flökin ($p < 0,05$) (Mynd 85).

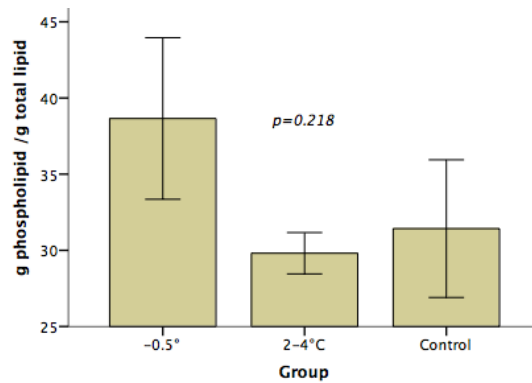
Ekki var marktækur munur á léttisöltuðu flökunum þæklud við mismunandi hitastig.



Mynd 85. Magn frírra fitusýra (g FFA/100 g fita) léttaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Fosfólípíð (PL)

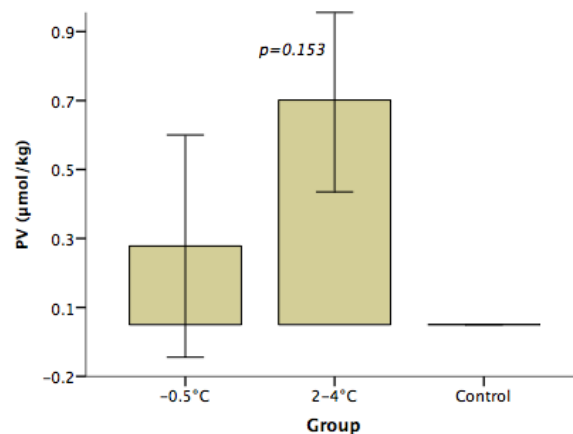
Magn PL var marktækt meira fyrir léttisöltuð flök þæklud við 0 °C, borið saman við flök þæklud við 2-4 °C (Mynd 86). Ekki var marktækur munur á magni fosfólípíða í léttisöltuðu flökunum samanborið við viðmiðunarhóp.



Mynd 86. Magn fosfólípíða (g fosfólípíða/g heildarfita) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

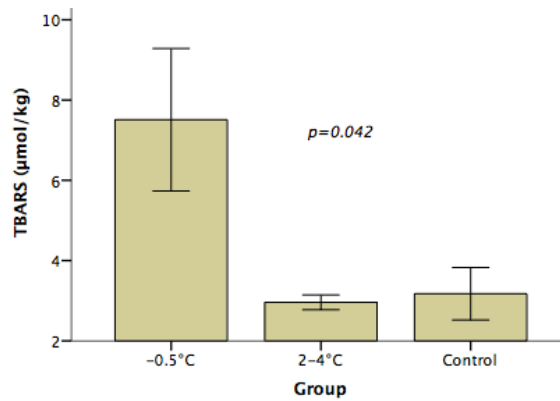
Oxun fitu (þránun; PV og TBARS)

Peroxið gildið (PV) var frekar lágt fyrir alla hópa á bilinu 0-0,7 $\mu\text{mol/kg}$. Léttsöltuð flök þækluð við 2-4 °C sýndu hæsta PV gildi, samanborið við aðra hópa.



Mynd 87. Hýdróperoxíð gildi (PV; $\mu\text{mol/kg}$) léttsaltaðra flaka, (n=5) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Léttsöltuð flök, þækluð við 0 °C sýndu hæsta TBARS gildið, samanborið við aðra hópa ($p < 0,05$) (Mynd 88). Viðmiðunarhópur og léttsöltuðu flökin, þækluð við 2-4 °C sýndu svipuð gildi ($p > 0,05$).



Mynd 88. Magn thiobarbituric acid reactive substances (TBARS; $\mu\text{mol/kg}$) léttsaltaðra flaka, ($n=5$) eftir tveggja vikna geymslu í frosti við -25°C . Staðalfrávik fyrir hverja súlu er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Árstíðabundnar sveiflur og breytileiki afurða léttsaltaðra þorskflaka

Árstíðabundnar sveiflur og breytileiki léttsaltaðra þorskflaka var metinn í hráefni sem var safnað frá júlí 2015 til maí 2016. Hráefnið var veitt með botnvörpu, á mismunandi árstíðum og unnið af mismunandi framleiðendum.

Efnasamsetning

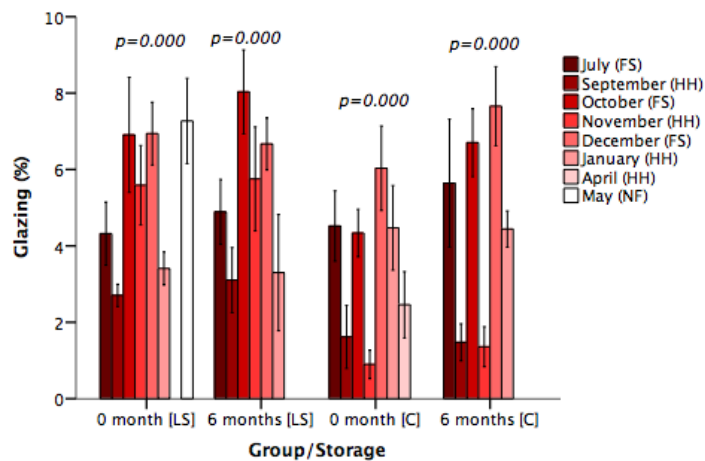
Meðal vatnsinnihald var á bilinu 82,7% til 86% Hlutfall fitu var frá 0,3% til 0,5% (Tafla 6). Próteininnihald var á bilinu 11,3% til 14,7%, salthlutfall var frá 1,6% til 2,5% og fosfatinnihald var frá 2,1 mg/g til 3,4 mg/g.

Tafla 6. Efnasamsetning léttsaltaðra þorskflaka ($n=2$). Hráefnið var veitt frá júlí 2015 til maí 2016.

Veði tímabil	Framleiðendur	Vatn (%)	Fita (%)	Prótein (%)	Salt (%)	Fosfat (mg/g)
Júlí 2015	FS	85.7	0.4	12.3	1.8	2.4
September	HH	83.8	0.5	13.7	2.5	2.8
Október	FS	84.4	0.5	13.5	1.6	3.1
Nóvember	HH	82.7	0.5	14.7	2.3	3.2
Desember	FS	86.0	0.3	11.3	2.0	2.1
Janúar 2016	HH	83.1	0.5	14.4	1.7	3.1
Maí	NF	85.6	0.3	12.4	1.9	2.4

Hlutfall íshúðar

Almennt var munur á hlutfalli íshúðar á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 89). Almennt innihéldu afurðir frá FS og NF hærra íshúðunarhlutfall en hjá HH. Yfirleitt var engin munur á hlutfalli íshúðar yfir geymslutímabilið, fiskur sem var veiddur í október sýndi aukningu eftir 6 mánaða geymslu ($p < 0,05$). Samanburður á milli léttisöltuðu flakanna og viðmiðunarhópa (control) fyrir hvert veiðitímabil sýndu í öllum tilvikum lægra hlutfall íshúðar í viðmiðunarhópum ($p < 0,05$).

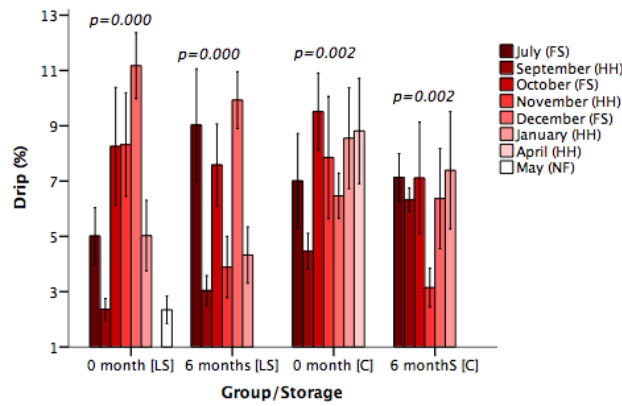


Mynd 89. Hlutfall íshúðar (%) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við -25 °C í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnstap (drip)

Í léttisöltuðum flökum var munur á vatnstapi á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 90). Almennt var mikill breytileiki í vatnstapi milli veiðitímabila ($p < 0,05$)

Í byrjun geymslu á viðmiðunarhópum, hafði hráefni sem var veitt í september minna vatnstap samanborið við önnur veiðitímabil fyrir utan júlí og nóvember flök ($p < 0,05$). Viðmiðunarhóparnir veiddir í nóvember sýndu eftir 6 mánaða geymslu marktækt minna vatnstap, samanborið við aðra mánuði. Samanburður á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa á vatnstapi sýndi ekki marktækan mun.

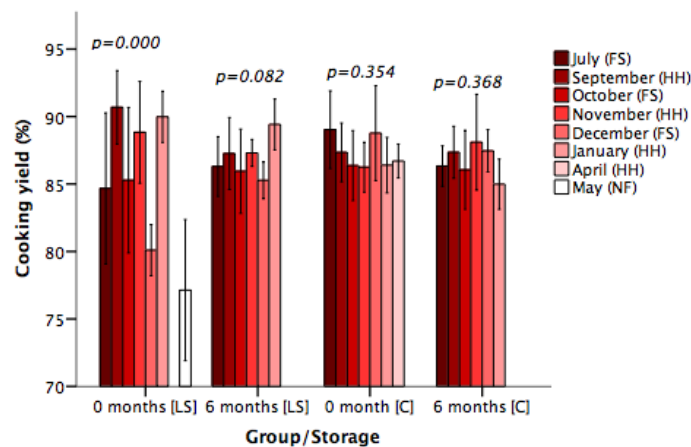


Mynd 90. Vatnstap (%) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Suðunýting

Suðunýting á léttisöltuðum flökum var breytilegt á milli veiðitímabila og framleiðenda í byrjun geymslu ($p<0,05$) (Mynd 91). Þorskur frá framleiðendum FS og NF hafði lægri suðunýtingu borið saman við HH. Eftir 6 mánaða geymslu var munurinn ekki marktækur á milli veiðitímabila og framleiðenda.

Léttisöltuðu flökin sýndu marktækan mun á milli veiðitímabila í byrjun geymslu. Samanburður á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa sýndu ekki marktækan mun á suðunýtingu.

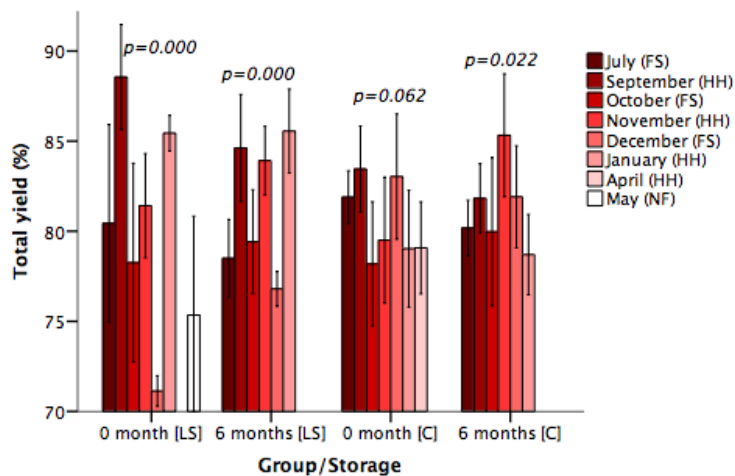


Mynd 91. Suðunýting (%) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Heildarnýting

Heildarnýting var breytileg á milli veiðitímabila og framleiðenda ($p < 0,05$) (Mynd 92). Í flestum tilvikum voru flök frá HH með hærri heildarnýtingu samanborið við aðra framleiðendur. Munurinn var greinilegri eftir 6 mánaða geymslu ($p < 0,05$).

Almennt var heildarnýting mismunandi á milli veiðitímabila og í mörgum tilfellum marktæk. Ekki var margtækur munur á heildarnýtingu á viðmiðunarhópum í byrjun geymslu. Heildarnýting var marktækt mismunandi eftir 6 mánaða geymslu á viðmiðunarhópum, þar sem hráefni veitt í nóvember sýndi hærri heildarnýtingu miðað við hráefni veitt í júlí og apríl. Almennt var engin munur á léttisöluðum flökum og viðmiðunarhópum í heildarnýtingu ($p > 0,05$).



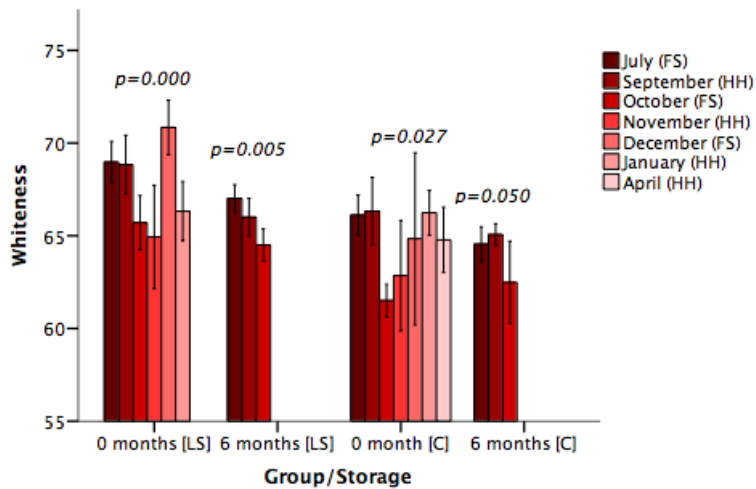
Mynd 92. Heildarnýting (%) í léttisöluðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS, HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Litur

Allir hópar sýndu mun í hvítleika á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 93) ($p < 0,05$). Léttisöluðu hóparnir frá veiðitímabili í júlí og september sýndu svipuð hvítleika gildi. Þorskur veiddur í október og nóvember var dekkri samanborið við þorsk sem var veiddur í júlí og september. Í desember jókst hvítleiki en minnkaði svo í janúar.

Viðmiðunarhópar sýndu svipaðar niðurstöður og léttisöluðu flökin, en ekki var marktækur munur á þeim. Almennt voru viðmiðunarhóparnir ekki eins hvítir, samanborið við léttisöluðu flökin ($p < 0,05$). Léttisöluðu flökin urðu dekkri á sjötta mánuði í geymslu á veiðitímabilum júlí, september og október ($p < 0,05$).

Bæði léttisöluðu flökin og viðmiðunarhóparnir á veiðitímabilinu í október sýndu ekki marktækan mun við geymslu, og ekki viðmiðunarhópar á veiðitímabili í september.



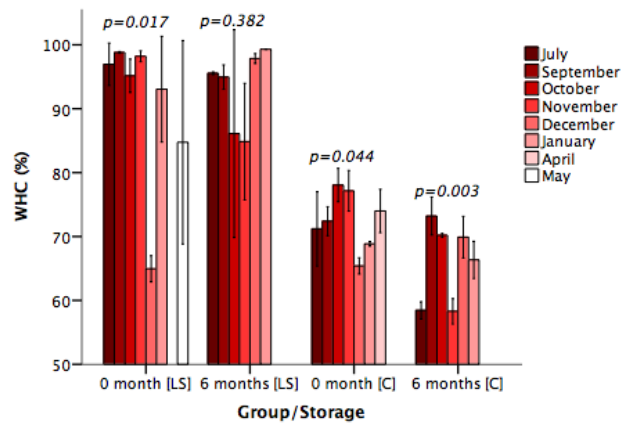
Mynd 93. Hvítleiki (%) í léttisöluðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Vatnsheldni (WHC)

Allir hópar léttisöluðu flakanna, fyrir utan flök sem voru geymd í 6 mánuði, sýndu marktækan mun á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 94) ($p<0,05$). Vatnsheldni í léttisöluðum flökum á veiðitímabili í desember og í byrjun geymslu sýndi marktækt lægri vatnsheldni miðað við aðra mánuði.

Viðmiðunarflök sýndu svipaða vatnsheldni í byrjun geymslu á veiðitímabilum júlí og september. Flök á veiðitímabili október og nóvember sýndu svipaða vatnsheldni, en sem var hærri miðað við önnur veiðitímabil. Á veiðitímabili í desember var vatnsheldni marktækt lægri en jókst svo í janúar og apríl. Eftir 6 mánaða geymslu sýndu viðmiðunarflök fyrir júlí og nóvember lægri vatnsheldni samanborið við aðra mánuði ($p<0,05$).

Vatnsheldnin var tiltölulega stöðug yfir 6 mánaða geymslu en hafði tilhneigingu til að minnka við áframhaldandi geymslu. Viðmiðunarhópar á veiðitímabilinu október og nóvember sýndu marktækt lægri vatnsvirkni, á meðan léttisöluðu flökin sýndu hærri vatnsvirkni í desember. Samanburður á léttisöluðum flökum og viðmiðunarhópum sýndu að viðmiðunarhópurinn var lægri í vatnsvirkni ($p<0,05$).



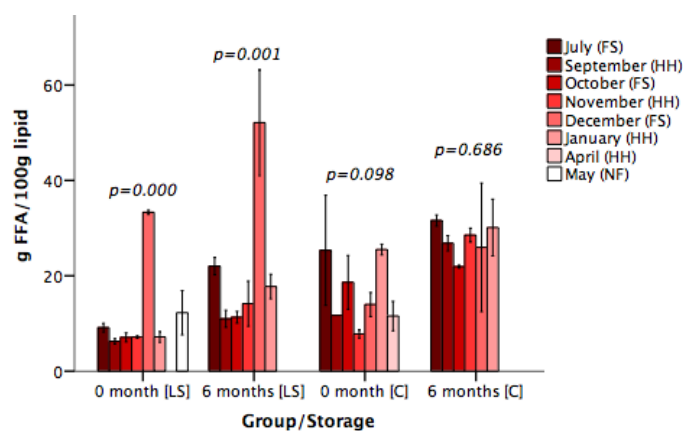
Mynd 94. Vatnsheldni (%) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Fríar fitusýrur (FFA)

Martækur munur var á magni frírra fitusýra í léttisöltuðum flökum í byrjun geymslutímans og eftir 6 mánuði, á meðan viðmiðunarhópar sýndu stöðugt magn FFA á milli veiðitímabila og framleiðenda ($p>0,05$) (Mynd 95).

Eftir 0 mánaða og 6 mánaða geymslu var magn FFA í léttisöltuðum flökum marktækt hærra í þorski sem veiddur var í desember samanborið við önnur veiðitímabil sem sýndu svipað magn FFA ($p>0,05$).

Magn FFA hafði tilhneigingu til að aukast eftir 6 mánaða frostgeymslu í öllum hópum. Viðmiðunarhópar innihéldu meira magn FFA fyrir öll veiðitímabil nema fyrir desember ($p<0,05$).



Mynd 95. Magn frírra fitusýra (g FFA/100 g fita) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS,HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

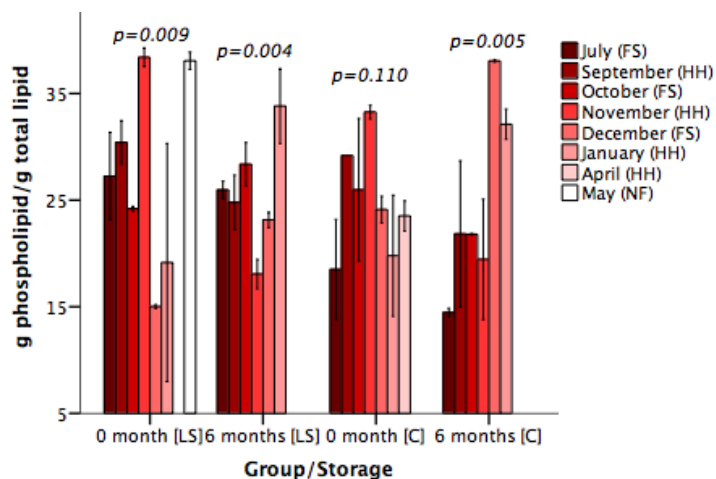
Fosfólípíð (PL)

Samanburður á magni PL á milli veiðitímabila og framleiðenda var marktækur. Einungis viðmiðunarhópurinn sýndi ekki marktækan mun í byrjun geymslutíma (Mynd 96).

Í byrjun geymslutíma innihéldu léttisöltuðu flökin meira magn PL eftir tvo mánuði samanborið við mismunandi veiðitímabil, þ.e. nóvember og maí ($p < 0,05$). Magn PL var lægra á veiðitímabili í desember samanborið við önnur veiðitímabil ($p < 0,05$). Eftir 6 mánaða geymslu innihélt þorskur sem veiddur var í nóvember, lægra magn PL borið saman við önnur veiðitímabil ($p < 0,05$).

Viðmiðunarhópar (control) á þorski sem var veiddur í nóvember innihélt meira magn PL í mánuði 0, samanborið við önnur veiðitímabil. Eftir 6 mánaða geymslu á viðmiðunarflökum, sýndu veiðitímabilin desember og janúar meira magn PL, samanborið við önnur veiðitímabil ($p < 0,05$).

Samanburður á léttisöltuðum flökum og viðmiðunarhópum á magni PL var ekki marktækur ($p > 0,05$).



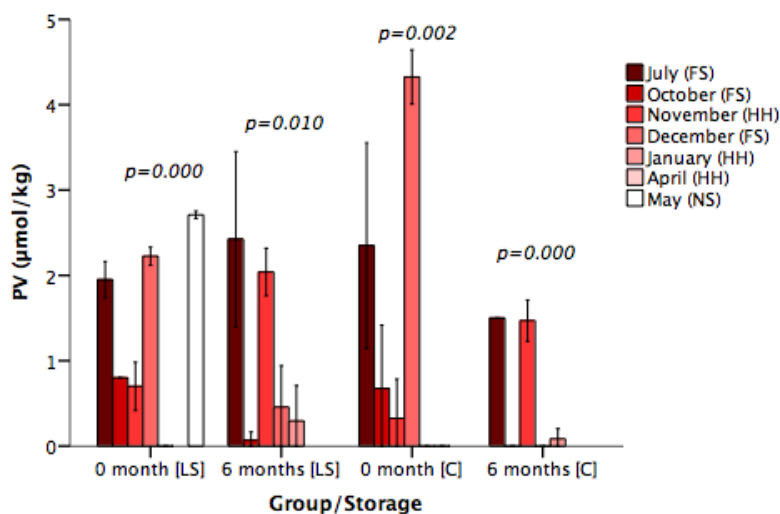
Mynd 96. Magn fosfólípíða (g fosfólípíð/100 g heildar fita) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við -25°C í 0 til 6 mánuði. FS, HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Oxun fitu (Hydroperoxide value (PV), Thiobarbituric acid(TBARS))

Marktækur munur var á PV gildi í léttisöltuðum flökum á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 97). Í byrjun geymslutíma (0 mánuð) var PV gildi í léttisöltuðum flökum hæst í maí ($p < 0,05$), ásamt flökum frá veiðitímabili júlí og desember ($p < 0,05$). PV gildi flaka frá október og nóvember var marktækt lágt samanborið við önnur veiðitímabil. Ekki greindist PV í léttisöltuðum flökum frá janúar. Eftir 6 mánaða geymslu, flök frá veiðitímabili í júlí og nóvember sýndu hærra PV gildi, samanborið við aðra mánuði ($p < 0,05$), sem sýndu svipað PV gildi.

Í byrjun geymslutíma (0 mánuð) á viðmiðunarflökum, sýndi fiskur sem veiddur var í desember hærra PV gildi borið saman við önnur veiðitímabil, með undantekningu á fiski sem veiddur var í júlí ($p < 0,05$). Fiskur sem hafði verið veiddur á öðrum tímum sýndu lágt PV gildi ($p > 0,05$).

Samanburður á milli léttisaltaðra flaka og viðmiðunarhópa sýndu almennt ekki marktækan mun á PV gildi.



Mynd 97. Styrkur hydroperoxide (PV; $\mu\text{mól/kg}$) í léttisöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^\circ\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS, HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p-gildið sýnir mun innan hvers hóps.

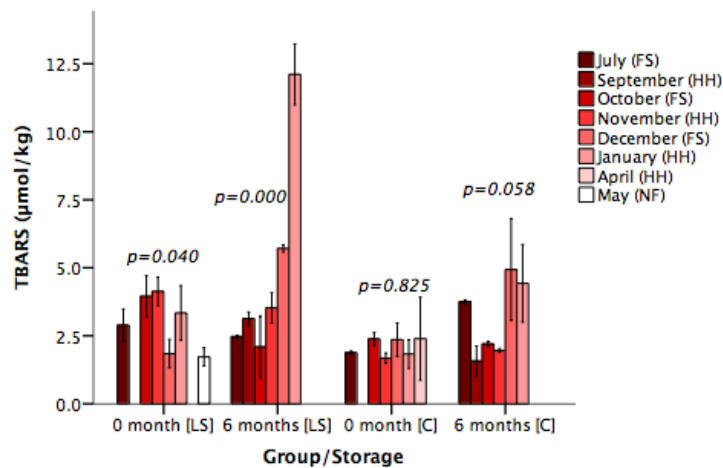
Munur var á TBARS gildi í léttisöltuðum flökum á milli veiðitímabila og framleiðenda (Mynd 98) ($p < 0,05$). Hins vegar var ekki marktækur munur á milli viðmiðunarhópa. Fiskur sem var veiddur í desember og maí innihélt lægri styrk TBARS í byrjun geymslu, samanborið við önnur veiðitímabil. Léttisöltuðu flökin frá veiði í janúar sýndu hærri styrk TBARS samanborið við önnur

léttsöltuð flök ($p < 0,05$). Styrkur TBARS á flökum frá desember var einnig hár og var munur á þeim og flökum frá október ($p < 0,05$).

Styrkur TBARS í viðmiðunarflökum var stöðugur á milli veiðitímabils og framleiðenda. Viðmiðunarflök sýndu litlar breytingar í byrjun geymslu samanborið við flök eftir 6 mánaða geymslu. Flök frá desember og janúar sýndu lítillaga hærra styrk eftir 6 mánaða geymslu, samanborið við önnur veiðitímabil, en munurinn var ekki marktækur.

Styrkur TBARS í léttsöltuðum flökum frá desember og janúar jókst eftir geymslu ($p < 0,05$). Ekki var marktækur munur á viðmiðunarhópum, bæði í byrjun geymslu og eftir 6 mánaða geymslu.

Almennt var styrkur TBARS í léttsöltuðum flökum hærra en í viðmiðunarhópum (control) ($p < 0,05$).



Mynd 98. Styrkur thiobarbituric acid reactive substances (TBARS; $\mu\text{mol/kg}$) í léttsöltuðum flökum (LS) og ómeðhöndluðum flökum (C), eftir veiði á mismunandi árstímum ($n=5$). Flökin voru geymd við $-25\text{ }^\circ\text{C}$ í 0 til 6 mánuði. FS, HH og NF=mismunandi framleiðendur. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

Fitusýrusamsetning

Ekki var munur á fitusýrusamsetningu flaka á milli veiðitímabila ($p > 0,05$) (Tafla 7).

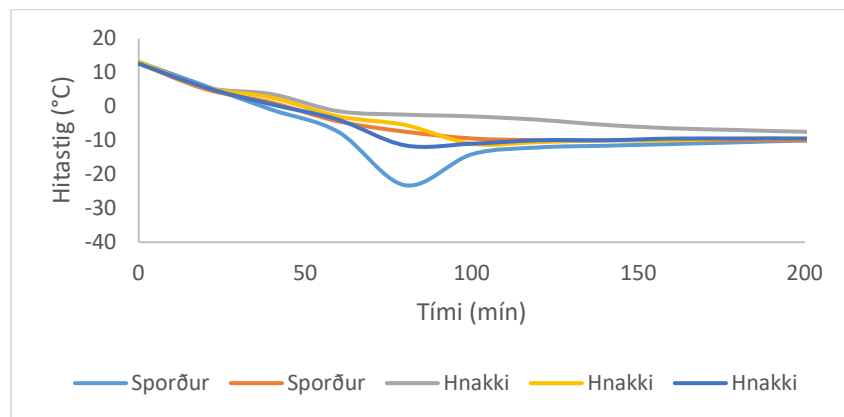
Tafla 7. Fitusýrusamsetning (%) þorsks á mismunandi veiðitímabilum ($n=4$) í byrjun geymslu við -25 °C. Staðalfrávik fyrir hvern mánuð er sýnt og p -gildið sýnir mun innan hvers hóps.

	SFA (%)	MUFA (%)	PUFA (%)	EPA (%)	DHA (%)
	Léttsöltuð flök				
Júlí	23.6 ± 0.5	17.9 ± 2.0	55.7 ± 1.0	14.9 ± 0.8	35.2 ± 2.1
September	22.9 ± 0.4	17.9 ± 0.2	56.7 ± 0.4	15.6 ± 1.8	35.7 ± 1.5
Október	24.1	14.3	57.7	15.5	36.8
Nóvember	23.4 ± 0.2	16.0 ± 1.4	56.7 ± 0.8	16.0 ± 1.1	35.1 ± 0.2
Desember	24.2 ± 1.8	18.3 ± 1.4	54.1 ± 5.0	13.0 ± 12.5	34.7 ± 2.9
Janúar	24.2 ± 0.7	14.7 ± 0.7	57.6 ± 0.0	15.5 ± 1.0	36.6 ± 1.1
Maí	24.2 ± 0.4	14.2 ± 0.0	59.0 ± 0.7	16.5 ± 0.3	36.4 ± 1.0
<i>p-value</i>	0.661	0.053	0.471	0.420	0.845
	Ósöltuð flök; viðmiðunarflök (control)				
Júlí	22.3 ± 0.4 ^a	20.1 ± 2.4 ^a	52.4 ± 2.8 ^a	15.4 ± 1.3 ^a	31.9 ± 1.7 ^a
September	23.3 ± 0.4 ^a	29.9 ± 12.3 ^a	43.9 ± 13.1 ^a	11.1 ± 3.5 ^a	26.5 ± 10.2 ^a
Október	22.7 ± 1.3 ^a	18.4 ± 1.3 ^a	55.0 ± 0.4 ^a	16.0 ± 0.2 ^a	33.3 ± 0.5 ^a
Nóvember	23.1 ± 0.6 ^a	15.5 ± 1.1 ^a	57.4 ± 0.8 ^a	15.1 ± 1.0 ^a	36.9 ± 0.2 ^a
December	23.5 ± 0.8 ^a	17.2 ± 0.2 ^a	57.0 ± 0.9 ^a	14.3 ± 0.8 ^a	36.7 ± 0.1 ^a
Janúar	23.4 ± 0.0 ^a	22.2 ± 0.0 ^a	50.8 ± 0.0 ^a	13.5 ± 0.0 ^a	31.0 ± 0.0 ^a
Apríl	23.4 ± 0.1 ^a	15.3 ± 1.4 ^a	58.9 ± 2.5 ^a	16.0 ± 2.7 ^a	36.5 ± 1.0 ^a
<i>p-value</i>	0.502	0.158	0.200	0.226	0.213

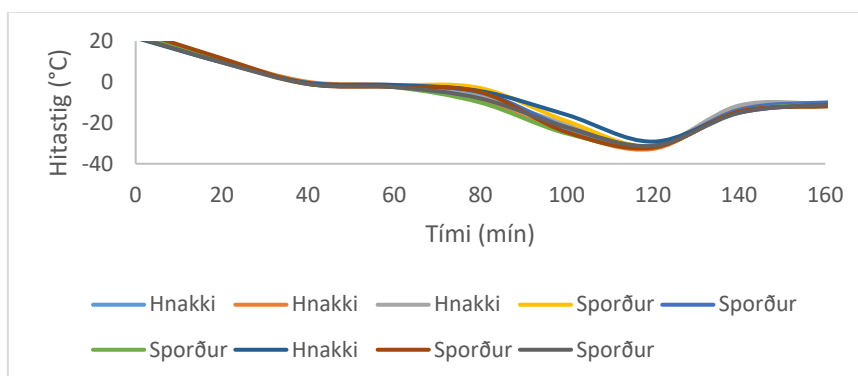
Áhrif hitastigsbreytinga á léttisöltuð flök í frostgeymslu og í flutningum

Hitastigsferill fyrir hópa 1 (léttisaltað) og 2 (ósaltað)

Talsverður munur var á hitastigsferlum milli hópa (Mynd 99 og 100). Hitastigsferill í léttisöltuðum flökum var ójafn, þar sem einungis hluti af mælingum náðu ásættanlegu hitastigi en hnakkastykki náðu einungis um $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hins vegar í ósöltuðum flökum var hitastigsferillinn mjög jafn og samfelldur, bæði í hnakkastykki og sporði (Mynd 100). Léttisaltaði hópurinn sem varð fyrir hitasveiflu sýndi einnig sama hitastigsferil við lausfrystingu. Frystiferillinn í ósöltuðum þorski sýndi nákvæman feril þar sem allar hitamælingar voru mjög jafnar (Mynd 100). Flökin komu úr lausfrysti eftir 105 mínútur, og fór hitastigið lækkandi eftir þann tíma. en þetta er það sem kallast útjöfnunartímabil, þar sem hitastig flaksins er að jafna sig í gegnum allt flakið og lækkar því enn frekar (Arason og Margeirsson, 2014).

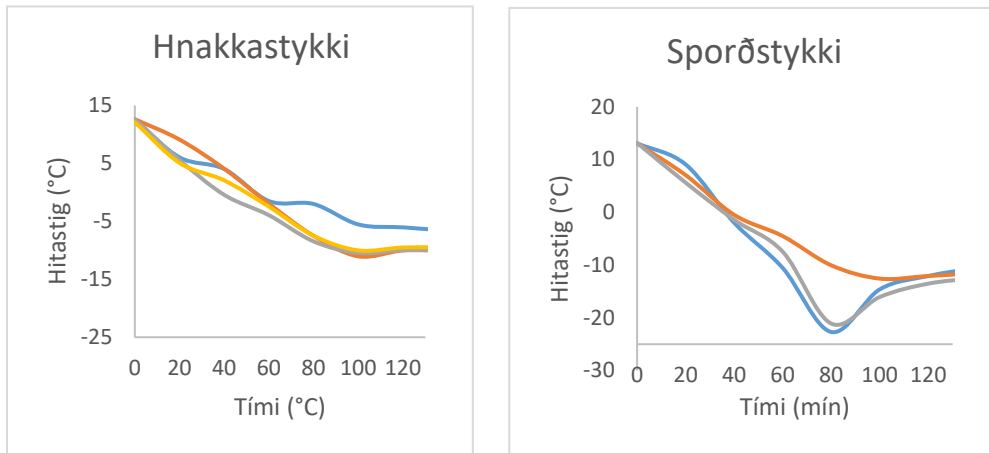


Mynd 99. Hitastigsferill við lausfrystingu á léttisöltuðum þorsklökum.



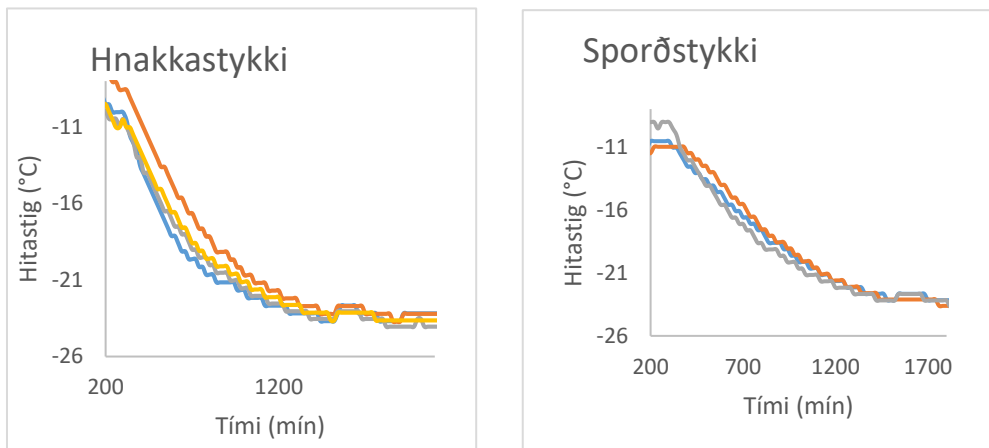
Mynd 100. Hitastigsferill við lausfrystingu á ósöltuðum þorsklökum.

Aðgreining á milli hnakkastykkis og sporðstykkis (Mynd 101).



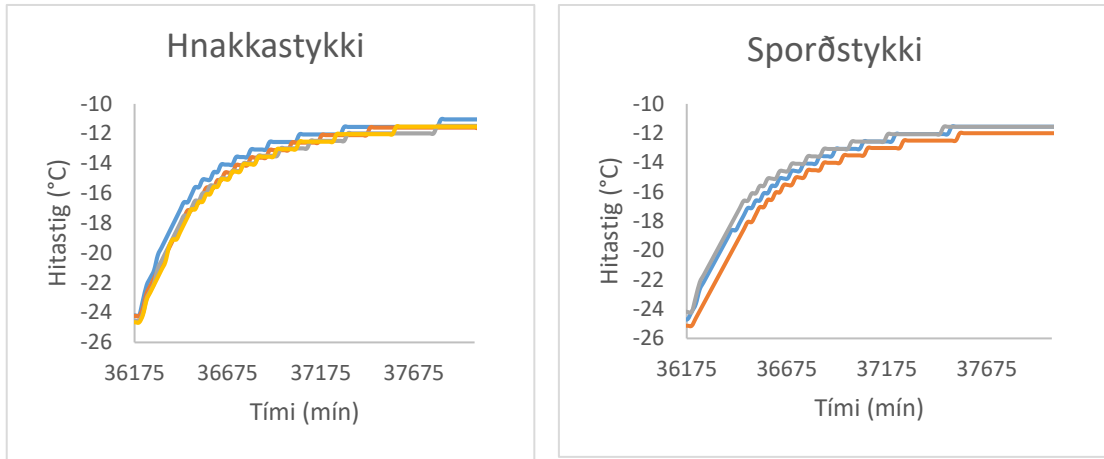
Mynd 101. Lausfrysting á hnakka og sporðstykki á léttisöltuðum þorsflökum með hitasveiflu.

Hitastigsferill í léttisöltuðum þorsflökum við hitasveiflur sýndi að kjarnhitastig var -12 °C þegar flökin voru sett í -25 °C geymslu (Mynd 102). Tíminn sem tók flökin að ná hitastigi geymslu voru 21 klst.



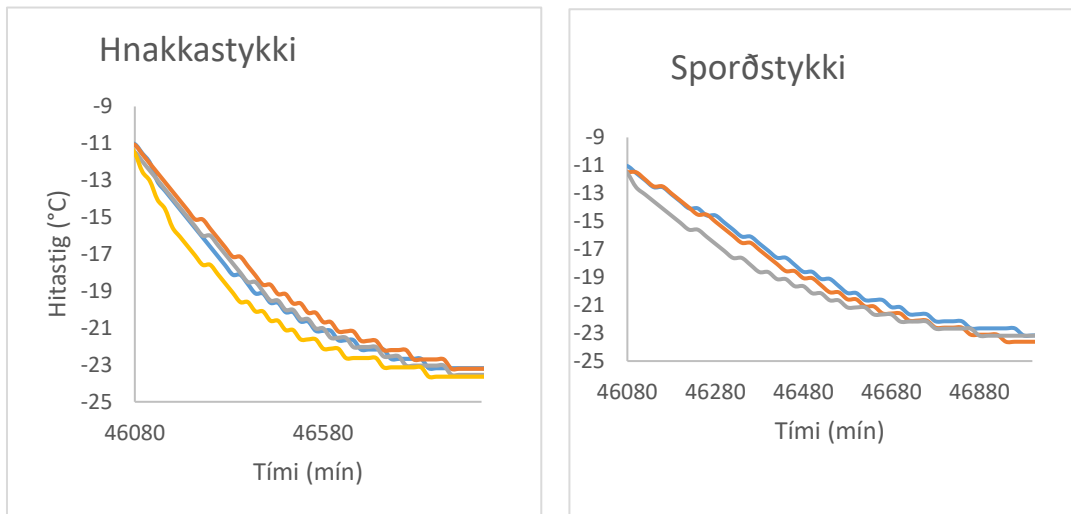
Mynd 102. Hitastigsferill á léttisöltuðum lausfrystum þorsflökum við hitasveiflur.

Tíminn sem það tók flökin að ná nýju geymsluhitastigi (-25 °C) voru 19 klst. (Mynd 103).



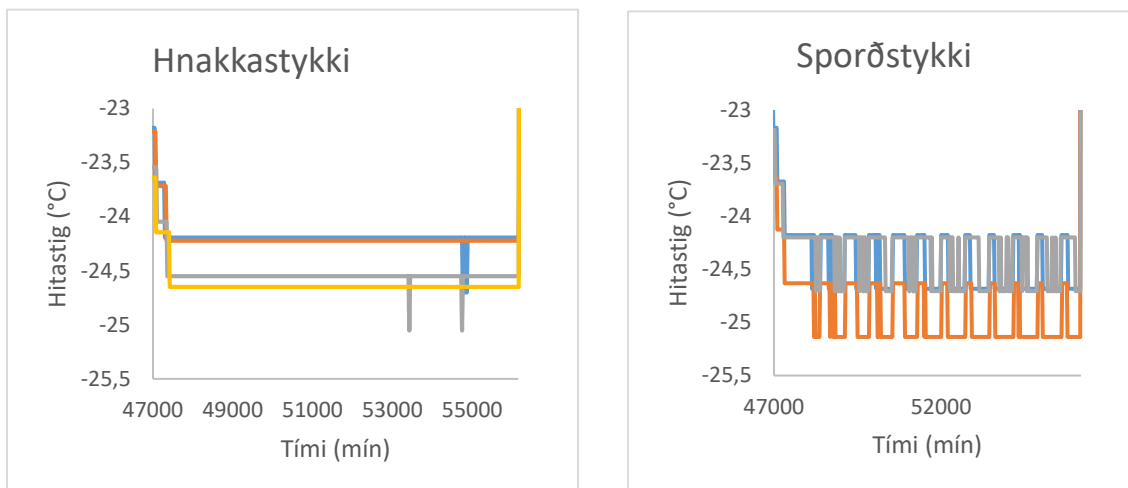
Mynd 103. Léttisöluð flök við geymslu úr -25 °C í -12 °C.

Léttisöluð þorsflök fóru úr geymslu við -12 °C í geymslu við -25 °C (Mynd 104). Hitastigsferill sýndi að flökin voru um 14 klst. að ná geymsluhitastigi (-25 °C), sem er töluvert styttri tími en áður, þó að hitastig í bæði sporði og hnakkastykki hafi verið það sama og áður



Mynd 104. Léttisöluð flök við geymslu úr -12 °C í -25 °C.

Hitastigsferill á léttisöluðum flökum við -25 °C geymslu sýndu stöðugt hitastig í hnakkastykki en sveiflukennd hitastig í sporði (Mynd 105).



Mynd 105. Hitastigsferill í léttisöluðum þorsklökum við geymslu við -25 °C eftir hitastigssveiflu.

Hlutfall íshúðar

Töluverður munur var á hlutfalli íshúðar á milli hópa. Að meðaltali var hlutfall íshúðar hæst í ósaltaða hópnum geymdur við -12 °C, eða 11,4% (Tafla 8). Í léttisöluðu hópnum var hlutfallið á bilinu 4 til 7%.

Tafla 8. Hlutfall íshúðar á léttisöluðum og ósöluðum þorsklökum.

Sýni	Hópur 1 (Léttisaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttisaltað, hitasveifla)
Meðaltal	5,8%	11,4%	3,4%
Staðalfrávik	1,1%	0,55%	0,89%

1 Marktækur munur er á íshúð milli hópa 1 og 2 ($p=0,02$)

2 Marktækur munur er á íshúð milli hópa 2 og 3 ($p=0,00004$)

3 Marktækur munur er á milli hópa 1 og 3 ($p=0,004$)

Vatnstap (drip)

Að meðaltali sýndi léttisaltaði hópurinn sem varð fyrir hitasveiflu hitasveiflu mesta vatnstapið eða 7,4% (Tafla 9).

Tafla 9. Vatnstap á léttisöluðum og ósöluðum þorsklökum.

Sýni	Hópur 1 (Léttisaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttisaltað, hitasveifla)
Meðaltal	5,6%	5,0%	7,4%
Staðalfrávik	0,9%	0,71%	1,4%

1 Ekki marktækur munur á milli hópa 1 og 2 ($p=0,17$)

2 Marktækur munur á milli hópa 2 og 3 ($p=0,015$)

3 Marktækur munur á milli hópa 1 og 3 ($p=0,038$)

Suðunýting

Hæsta suðunýtingin var í léttisaltaða hópnum með hitasveiflu eða 83,3% (Tafla 10). Ekki var marktækur munur á milli hópa.

Niðurstöður fyrir suðunýtingu í hópi 3 sýna svipuð gildi samanborið við hópa 1 og 2. Hins vegar fékkst hvorki marktækur munur á milli hópa 1 og 3, né milli hópa 2 og 3, en gefur samt vísbendingu um mun á milli þeirra.

Tafla 10. Suðunýting í léttisöltuðum og ósöltuðum þorsflökum.

Sýni	Hópur 1 (Léttisaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttisaltað, hitasveifla)
Meðaltal	82,25%	81,2%	83,3%
Staðalfrávik	4,04%	2,71%	1,76%

1 Ekki marktækur munur á milli hópa 1 og 2 ($p=0,63$)

2 Ekki marktækur munur á milli hópa 2 og 3 ($p=0,1$)

3 Ekki marktækur munur á milli hópa 1 og 3 ($p=0,31$)

Vatnsinnihald, vatnsheldni (WHC) og saltinnihald

Vatnsinnihald var mismunandi á milli hópa, þar sem hópur 2 var með lægra vatnsinnihald, samanborið við hópa 1 og 3 (Tafla 11). Viðbætt salt og vatn hafði líklega áhrif á þessar niðurstöður ásamt innsöltunaráhrifum (salting in) sem gefa til kynna jákvæð áhrif salts við bindingu vatns í fiskvöðvanum.

Vatnsheldnin var að meðaltali hærri í léttisöltuðu hópnum miðað við ósaltaða hópinn (Tafla 11). Hópur 3 mældist með hæstu vatnsheldni, þrátt fyrir að hafa orðið fyrir hitasveiflu.

Saltinnihald var mismunandi á milli hópa (Tafla 11). Hópur 2 sem var ósaltaður mældist með 0,33% salt, en hópar 1 og 3 mældust með 2,7% og 2,8% saltinnihald.

Tafla 11. Vatnsinnihald, vatnsheldni (WHC) og saltinnihald í léttisöltuðum og ósöltuðum þorsflökum.

Efnaþæling (%)	Hópur 1 (Léttisaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttisaltað með hitasveiflu)
Vatnsinnihald	84,2 ± 0,4	81 ± 0,4	83,5 ± 0,4
Vatnsheldni (WHC)	88,1	61,5	92,8
Saltinnihald	2,8 ± 0,3	0,35 ± 0,3	2,67 ± 0,3

Fituinnihald og fríar fitusýrur (FFA)

Léttsöltuðu flökin geymd við -12 °C voru marktækt fituminni en ósöltuðu flökin (Tafla 12).

Tafla 12. Fituinnihald í léttsöltuðum og ósöltuðum þorsklökum.

Sýni	Hópur 1 (Léttsaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttsaltað, hitasveifla)
Meðaltal	0,3%	0,4%	0,4%
Staðalfrávik	0,1%	0,03%	0,1%

1 Marktækur munur á milli hópa 1 og 2 ($p=0,027$)

2 Ekki marktækur munur á milli hópa 2 og 3 ($p=0,4$)

3 Ekki marktækur munur á milli hópa 1 og 3 ($p=0,1$)

Marktækur munur var á magni frírra fitusýra milli hópanna í (Tafla 13). Magn FFA í léttsöltuðum flökum þar sem hitasveifla var framkvæmd var marktækt lægri, samanborið við hina tvo hópanna.

Tafla 13. Magn frírra fitusýra (FFA/100 g fita) í léttsöltuðum og ósöltuðum þorsklökum.

Sýni númer	Hópur 1 (Léttsaltað, -12 °C)	Hópur 2 (Ósaltað, -12 °C)	Hópur 3 (Léttsaltað, hitasveifla)
Meðaltal	11,0	33,8	0,175
Staðalfrávik	0,44	8,5	0,068

1 Marktækur munur á milli hópa 1 og 2 ($p=0,002$)

2 Marktækur munur er á milli hópa 2 og 3 ($p=0,0$)

3 Marktækur munur er á milli hópa 1 og 3 ($p=0,001$)

Umræða

Hitastigsferill við þæklun

Þæklunarhitastig og hitastig í flökum var svipað í flestum tilvikum fyrir þorsk sem veiddur var í október 2014 og í maí 2016. Hitastig í flökum var hins vegar vísir að áhrifum á gæði. Þæklunarhitastig getur gefið brenglaðar niðurstöður, eins og sjá mátti fyrir stór þriggja daga gömul flök úr afla sem veiddur var í október 2014, þar sem einn hitanemi sýndi mun lægra hitastig, samanborið við aðra hitanema í sama kerri. Hitaneminn hefur sennilega legið utan á ís sem var settur saman við þækilinn.

Munur var á hitastigi á milli á staðsetningar kerjanna. Kerjunum var staflað saman, og það ker sem var í miðjunni mældist með lægsta hitastigið, miðað við ker sem voru undir eða ofan. Þau ker hafa líklega skapað ákveðna einangrun fyrir miðkerið. Enda voru þessar niðurstöður í samræmi við aðrar rannsóknir (Moureh & Derens, 2000; Moureh *et al.*, 2002).

Hitastigsferill pækils hafði ekki áhrif á upptöku flaka úr þorski sem var veiddur í október 2014 og júlí 2016. Pæklunarhitastig við -2 °C leiddi til meiri saltupptöku en pæklunarhitastig við 5 °C (Einarsdóttir, *et al.*, 2008). Birkerland *et al.*, (2005) bar saman saltupptöku við tvö pæklunarhitastig, 3,5 °C og 17,5 °C, og niðurstöður sýndu hraðari saltupptöku við lægra hitastigið. Þættir eins og ástand hráefnisins, pæklunartími og efnasamsetning saltsins er talin að hafa áhrif á saltupptöku við pæklun (Andrés *et al.* 2005); Birkeland *et al.* 2005; Lauritzsen *et al.*, 2004; Nguyen *et al.*, 2010; Shenderyuk & Bykowski, 1990).

Nýting við vinnslu

Nýting við vinnslu var mæld í flökum úr þorski sem var veiddur í mars 2015 og maí 2016. Einungis var mæld nýting í flökum eftir pæklun í fiski sem var veiddur í mars 2015, en á öllum stigum vinnslu á þorski sem var veiddur í maí 2016. Í mars flökum 2015 var ekki marktækur munur á nýtingu á milli tveggja pæklunartíma, en nýting jókst eftir 72 klst. Gert var ráð fyrir meiri mun, vegna þess að aðrar rannsóknir hafa sýnt aukna nýtingu með tíma, frá byrjun pæklunar (Birkeland *et al.*, 2005; Jittinandana *et al.*, 2002). Í þorski sem var veiddur í maí 2016, sýndu flök sem voru tvífryst hærrí nýtingu eftir hvert vinnslustig (sprautun, pæklun og frýstingu), líklega vegna þess að frýstingin olli skemmdum á frumuvegg í vöðva, sem auðveldaði inngöngu salt í vöðvann (Benjakul & Bauer, 2001; Srinivasan *et al.*, 1997a; Srinivasan *et al.*, 1997b).

Íshúðun (Hjúpun)

Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að meiri íshúð var á minni flökunum samanborið við þau stærri, bæði fyrir léttsöltuðu flökin og viðmiðunarhópa (control). Þeir þættir sem hafa áhrif á upptöku íshúðar eru yfirborðsflatarmál/hlutfall rúmmáls vöðva, tími dýfingar í ísvökva sem myndar íshúð, hitastig hráefnis og hitastig ísvökva (Gonçalves & Gindri Junior, 2009; Jacobsen & Fossan, 2001; Jacobsen & Pedersen, 1997; Johnston *et al.*, 1994). Flatarmál íshúðunar fer eftir stærð flaka, því minni flök, því meira magn íshúðunar.

Óblóðgaður þorskur sem var unnin á fjórða degi frá veiðum í október 2014, hafði meira magn íshúðar samanborið við aðra hópa. Ástæðan var ekki stærð flaka, þar sem flökin voru svipuð að stærð.

Flök sem voru pæklud í 48 klst. voru með lægra magn íshúðar samanborið við flök sem voru pæklud í 72 klst. ásamt viðmiðunarhópum. Líkur eru á því að pæklunartími hafi ekki haft áhrif.

Flök sem voru þækluð í 48 klst. voru fryst í öðrum frysti, svo að munurinn fólst í hitastigi hráefnis, hitastigi ísvökva eða tíma dýfingar ísvökva. Viðmiðunarahóparnir (flökin) voru með minni íshúð, samanborið við léttsöltuðu flökin af sömu stærð. Skýring á háu íshúðarmagni á léttsöltuðum flökunum má rekja til söltunar, þar sem lágt saltmagn bindur vatn (Fennema, 1990; Nguyen *et al.*, 2010; Þórarinsdóttir *et al.*, 2004b).

Munur var á magni íshúðar á milli einfrystra flaka og tvífrystra, þar sem magn íshúðar á einfrystum flökum var meiri en á tvífrystum.

Munur var á magni íshúðar á flökum úr veiði í júlí 2015 til maí 2016. Flök frá framleiðendum FS og NS sýndu meira magn íshúðar en flök frá framleiðanda HH. Munurinn tengdist aðallega framleiðslunni hjá hverjum framleiðanda og stærð flaka.

Notkun íshúðar felst í að vernda yfirborð flaka frá þornun í frostgeymslu. Hindrar einnig breytingar á lit, lykt og áferð fiskvöðvans (Jacobsen & Fossan, 2001).

Vatnstap (Drip)

Vatnstap jókst við langvarandi geymslu í frosti, en var minna í flökum geymd við -25 °C, samanborið við -18 °C, vegna lægra hitastigið hindraði breytingar á efna- og eðliseiginleikum fiskvöðvans (Arason & Stefánsson, 1999; Benjakul *et al.*, 2003; Huss, 1995; Oehlenschläger & Mierke-Klemeyer, 2003).

Vatnstap var yfirleitt meira í léttsöltuðum flökum, samanborið við viðmiðunarahópa (control), eftir langvarandi geymslu (Guðjónsdóttir *et al.*, 2013; Þórarinsdóttir *et al.*, 2001). Ástæðan er sú að viðmiðunarahóparnir innihéldu minna magn íshúðar en léttsöltuðu flökin. Við geymslu í frosti gúfaði íshúðin upp að hluta til og flökin byrjuðu að þorna (Johnston *et al.*, 1994), þannig að það var mjög líklegt að viðmiðunarflökin voru þurrari en léttsöltuðu flökin í enda geymslu í frosti. Önnur ástæða gæti verið sú að vatnsheldnin hefði aukist við geymslu og léttsöltuðu flökin misst meira vatn en viðmiðunarflökin (Bello *et al.*, 1981; Birkeland *et al.*, 2005). Í þessari rannsókn var sterk neikvæð fylgni á milli vatnstaps og vatnsheldni fyrir þorsk sem var veiddur í júlí 2014, október 2014 og mars 2015.

Vatnstap var meira í tvífrystum flökum, borið saman við einfryst flök, þar sem tvífrysting hafði valdið skemmdum á vöðvafrumum og afmyndunar próteina. Endurtekin frysting veldur skemmdum í fiskvöðva og eykur vatnstap (Benjakul & Bauer, 2001; Shenouda, 1980;

Srinivasan *et al.*, 1997a; Srinivasan *et al.*, 1997b). Ekki var munur á vatnstapi milli pæklunarhitastiga. Flök frá framleiðanda FS urðu fyrir meira vatnstap, samanborið við flök frá framleiðanda HH. Margir þættir geta haft áhrif á vatnstapið, eins og ástand hráefnis, gæði hráefnis og afurðar, vinnslan, frysting og þíðing (Archer *et al.*, 2008; Duun & Rustad, 2007; Gang, 2013; Li & Sun, 2002).

Suðunýting

Í þessari rannsókn sýndu stærri flök hærri suðunýtingu, samanborið við minni flökin. Stærð flaka skiptir máli varðandi suðunýtingu. Það tekur lengri tíma fyrir stór flök að ná sama kjarnhita og lítil flök, og þar af leiðandi verður suðunýting hjá minni flökum lægri vegna stærðar flakanna (Charley & Goertz, 1958). Suðunýtingin var stöðug í hverjum hópi. Munur í suðunýtingu á geymslutímanum má rekja til stærðarmunar flakanna. Aðrar rannsóknir hafa sýnt svipaðar niðurstöður, þar sem suðunýtingin var stöðug yfir 3ja mánaða geymslu við -24 °C (Þórarinsdóttir *et al.*, 2001).

Suðunýting á milli viðmiðunarhópa (control) og léttsaltaðra flaka, var svipaður, þannig að viðbætt salt fyrir frystingu bætti ekki suðunýtingu, eins og aðrar rannsóknir hafa sýnt (Sheard & Tali, 2005; Þórarinsdóttir *et al.*, 2001). Því hefur verið haldið fram að aukin saltstyrkur, eykur suðunýtingu, en líklega hefur vatnsrof áhrif á vöðvann vegna hás saltstyrk (Jittinandana *et al.*, 2002). Neikvæð fylgni var á milli suðunýtingar og saltinnihalds, í flökum í júlí 2014 ($r=-0,35$), $p<0,01$) og í mars 2015 ($r=-0,56$, $p<0,01$).

Ekki var marktækur munur á milli einfrystra og tvífrystra flaka. Ekki var heldur munur á milli tveggja pæklunarhitastiga. Þessar niðurstöður komu ekki á óvart þar sem hitastigið hafði ekki áhrif á saltupptöku.

Munur var á suðunýtingu milli veiðitímabila og framleiðenda léttsaltra flaka í júlí 2015 og maí 2016 í byrjun frostgeymslu. Þennan mun mátti rekja til þátta eins ástand hráefnis í upphafi, framleiðsluhátta og stærð flaka. Munurinn var engin eftir 6 mánaða geymslu og viðmiðunarhópurinn sýndi engan mun.

Heildarnýting

Heildarnýting var frekar stöðug á milli hópanna, meðan á geymslu stóð. Flök í júlí 2014, geymd við -25 °C, sýndu sveiflur í nýtingu, sem var vegna sveiflna í suðunýtingu sem mátti rekja til stærðarmismunar flaka. Sömu niðurstöður fengust fyrir flök sem voru þækluð í 48 klst. í mars 2015, þar sem hærri heildarnýting var í byrjun geymslu, miðað við aðra geymslumánuði. Heildarnýting minnkaði innan hvers hóps við geymslu í -18 °C í október 2014.

Geymslutími hafði áhrif á heildarnýtingu í flökum frá október 2014, á síðustu mánuðum geymslunnar, þar sem hitastig -25 °C leiddi til hærri nýtingar. Ekki var munur á heildarnýtingu á milli flaka frá júlí 2014 og mars 2015.

Hærri heildarnýting var í viðmiðunarflökum (control) samanborið við léttisöltuð flök frá mars 2015 og júlí 2015.

Nýtingin var hærri í stærri flökunum, en ekki var munur á heildarnýtingu einfrystra og tvífrystra flaka eða milli þæklunarhitastiga.

Litur

Hvítleiki flaka frá júlí 2014 var stöðugur í geymslu að mánuði 6, eftir það dökknuðu flökin. Flök úr fjögurra daga gömlum blóðguðum fiski og viðmiðunarflök voru hvítari, samanborið við aðra hópa sem voru stöðugir við geymslu. Flök frá október 2014 og júlí 2014 til maí 2016 dökknuðu við geymslu. Flök frá mars 2015, sem þækluð voru í 48 klst. urðu hvítari við geymslu ásamt viðmiðunarflökum, þar sem flök þækluð í 72 klst. voru hvítari í byrjun geymslu í frosti.

Flök úr fjögurra daga gömlum blóðguðum fiski voru hvítari, samanborið við önnur léttisöltuð flök, geymd við -25 °C. Skýringuna má rekja til blóðgunaraðferða og áhrifa dauðastirðunar, sem hafði áhrif á hvítleikann. Blóðgun, slæging og þvottur strax eftir veiðar leiddi til þess að flökin voru hvítari, miðað við aðrar aðferðir. Frosin flök urðu hvítari eftir 15 mínútna blóðgun í sjóvatni, á meðan fiskur sem ekki var blóðgaður leiddi til dekkri flaka (Tetteh, 2010). Flök fyrir dauðastirðnun voru dekkri en flök eftir dauðastirðnun, sem skýrir muninn í hvítleika á milli 1 dags og 4 daga gamals fisks (Nollet & Toldra, 2011). Hins vegar var munur á hvítleika flaka frá þorski sem meðhöndlaður var með mismunandi blóðgunaraðferðum, samt ekki eins mikill og búast mátti við. Ástæðuna má rekja til árstíðabundna sveiflna, þar sem litur í vöðva þorsks er

venjulega dekkri yfir sumarmánuðina, miðað við aðrar árstíðir (Margeirsson, Jónsson, Arason & Þorkelsson, 2007).

Stærri flökin voru dekkri en minni flökin í byrjun frostgeymslu, en munurinn minnkaði þegar leið á geymslutímamann.

Munur var á hvítleika á milli flaka frá júlí 2014 til maí 2016. Þorskur frá júlí, september og desember var hvítari samanborið við aðra mánuði. Ýmsir þættir geta haft áhrif á lit eins og áður hefur komið fram. Ekki var hægt að greina mun á lit á milli árstíða eins og kom fram í rannsókn Margeirsson *et al.*, (2007). Botta *et al.*, (1987), þar sem þeir töldu að veiðiaðferð hefði meiri áhrif á lit en veiðitímabilið.

Í þessari rannsókn höfðu léttsöltuðu flökin tilhneigingu til að vera hvítari, fyrir utan flök frá júlí 2014. Skv. Åsli & Mørkøre (2012), þar sem salt í lágum styrk eykur hvítleika í þorskflökum.

Litabreytingar eru háðar hitastigi, þar sem geymsla flaka við -30 °C er betri en geymsla við -10 °C, flökin dökkna við hærra hitastigið (Schubring, 2004). Í núverandi rannsókn var hitastig við -25 °C, betra en við -18 °C sem leiddi til dekkri flaka. Almenn var sterk neikvæð fylgni á milli hvítleika og a* og b* gilda, og sterk jákvæð fylgni á milli hvítleika og L* gildis.

Vatnsheldni (WHC)

WHC hafði tilhneigingu til að minnka á geymslutímanum í léttsöltuðum flökum frá júlí 2014, október 2014 og mars 2015, þó að munurinn væri ekki marktækur í flökum frá júlí 2014 og júlí 2015-maí 2016. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að frystiferill og frostgeymsla dregur úr WHC vegna neikvæðra breytinga í fiskvöðva (Bello *et al.*, 1981; Hurling & McArthur, 1996; Schubring, 2004; Shenouda, 1980).

Viðmiðunarflökin sýndu lægri WHC en léttsöltuðu flökin, en voru stöðugri yfir geymslutíma í frosti, þannig að munurinn á þessum hópum minnkaði yfir geymslutímamann. Það er vel þekkt að salt eykur WHC flaka (Erikson *et al.*, 2004; Þórarinsdóttir *et al.*, 2001; Þórarinsdóttir *et al.*, 2002) vegna þess að lágur saltstyrkur eykur bilið á milli vöðvaþráða við bindingu þeirra og pláss fyrir vatn eykst. Samverkan próteina og vatns verður sterkari en samverkan á milli próteina, og vatn binst vöðvanum (Fennema, 1990).

Enginn munur var á WHC í þorski sem unnin var á mismunandi tímum eftir veiðar, blóðgaður mismunandi, þæklaður í mislangan tíma og við mismunandi hitastig. Einnig var engin munur í

WHC á einfrystum og tvífrystum flökum. Það kom á óvart að engin munur var á WHC milli einfrystra og tvífrýstra flaka. Í rannsókn Love (1962) var lægri WHC í tvífrystum flökum. Almennt var engin munur á milli stærð flaka, að frábrugðum flökum eftir geymslu í 20 mánuði, þar sem smærri flökin höfðu hærra WHC miðað við stærri flökin.

Skv. Schubring (2004) er WHC háð hitastigi, þar sem geymsla við -10 °C lækkar WHC samanborið við geymslu í 30 °C. Í þessari rannsókn var marktækur munur á WHC m.t.t. geymsluhitastigs (-18 °C og -25 °C), þar sem dró úr WHC við herra hitastigið.

Munur var á milli flaka frá júlí 2015 til maí 2016. Flök frá desember sýndu lægra WHC samanborið við önnur veiðitímabil í byrjun geymslu í frosti. Munurinn var áberandi í léttsöltuðum flökum. Eftir 6 mánaða geymslu á viðmiðunarflökum, flök frá júlí og nóvember höfðu lægri WHC samanborið við aðra hópa. Skýringar á þessum mun má rekja til árstíða og aðra þætti, eins og mismunandi vinnslu. Sýrustig þorsks veiddur strax eftir hrygningu og veiddur í nóvember og desember getur verið lægra miðað við aðra mánuði. Lágt sýrustig getur valdið losi, sem leiðir til lægra WHC (Love, 1970; Love 1979).

Fríar fitusýrur (FFA)

Magn FFA hafði tilhneigingu til að aukast við geymslu í frosti í flestum hópum flaka frá júlí 2014, október 2014 og júlí 2015 til maí 2016. FFA jókst í flökum sem voru þækluð í 48 klst. og í viðmiðunarflökum frá mars 2015. Magn FFA í flökum þækluð í 72 klst. var stöðugt yfir geymslutímann. Í flökum frá júlí 2014 og október 2014 jókst magn FFA hraðar við -18 °C. Ekki var munur á magni FFA milli geymsluhitastiga í flökum frá mars 2015. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að magn FFA eykst við geymslu í frosti vegna vatnsrofs. Geymsla við -18 °C jók myndun FFA (Auborg & Medina, 1999; Baron *et al.*, 2007; Fidalgo *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2007; Romotowska *et al.*, 2016).

Magn FFA jókst hraðar í viðmiðunarflökum, borið saman við léttsöltuðu flökin. Niðurstöðuna má rekja til fituhlutfalls, þar sem léttsöltuðu flökin voru fitusnauðari en viðmiðunarflökin. Ástæðuna má líka rekja til íshúðunarhlutfalls og saltstyrks. Viðmiðunarflökin sýndu lægra íshúðunarhlutfall, miðað við léttsöltuðu flökin og íshúðun er þekkt fyrir að viðhalda gæðum í geymslu í frosti (Jacobsen & Fossan, 2001). Það var sterk neikvæð fylgni á milli íshúðunar og FFA ($r=-0,45, p<0,01$). Saltið hefur áhrif á stöðu próteina og hægir á efna- og eðlisfræðilegum breytingum (Maclean *et al.*, 2002). Það var sterk neikvæð fylgni milli FFA og WHC í flökum frá

júlí 2014 ($r = -0,41 < 0,01$), október 2014 ($r = -0,58 < 0,01$), og mars 2015 ($r = -0,40, p < 0,01$). Einnig var sterk neikvæð fylgni á milli FFA og vatnsinnihalds og FFA og saltinnihalds í flestum flökum frá júlí 2014, október 2014 og mars 2015.

Samanburður á aldri hráefnis (frá veiðum til vinnslu) sýndi örlitla aukningu í magni FFA í eins daga gömlum fiski miðað við fjögurra daga fiski, en munurinn var ekki marktækur. Ekki var munur á þriggja daga gömlu hráefni og sex daga gömlu hráefni. Almennt var ekki munur á magni FFA á milli blóðgunaraðferða.

Magn FFA jókst hraðar í stærri flökunum, samanborið við minni flökin. Ástæðan gæti verið tengd magni íshúðar, þar sem stærri flökin innihéldu minna magn íshúðar, og einangrun því minni.

Magn FFA jókst hraðar í tvífrystum flökum, borið saman við einfryst flök. Ástæðan er líklega sú að tvífrystu flökin voru eldri frá veiðum til vinnslu en einfrystu flökin.

Almennt var magn FFA frekar stöðugt á milli veiðitímabila og framleiðenda í flökum frá júlí 2015 til maí 2016. Aðeins flök frá desember innihéldu meira magn FFA í léttsöltuðum flökum. Það mætti rekja til aðstæðum við flutninga.

Oxun fitu (þránun) var mæld í flökum frá júlí 2015 til maí 2016, ásamt ein- og tvífrystum flökum og einnig í flökum sem geymt voru við mismunandi hitastig (-18 °C og -24 °C). Munur var á þránun á flökum frá júlí 2015 til maí 2016, þar sem flök frá desember og janúar 2016 sýndu meiri þránun samanborið við aðra hópa. Margir þættir hafa áhrif á þránun, t.d. veiðiaðferðir og aðrir þættir sem valda streitu við slátrun. Sýnt hefur verið fram á að streita við slátrun eykur niðurbrotsefni fitu og eykur þránun í frostgeymslu (Secci *et al.*, 2016).

Viðmiðunarflökin þránuðu meira samanborið við léttsöltuðu flökin, varðandi TBARS gildi (2^ostigs þránun).

Tvífrystu flökin þránuðu meira, samanborið við einfryst flökin og flök þæklud við $-0,5\text{ °C}$ þránuðu meira, miðað við flök þæklud við $2-4\text{ °C}$.

Magn vatns, salts, próteina og fosfats.

Almennt var vatnsinnihald léttsaltaðra flaka frá 82,7% til 86,1%. Fituinnihald var frá 0,3% til 0,5% og saltinnihald var frá 1,6% til 2,9%, ásamt fosfatinnihaldi frá 2,1mg/g til 3,6mg/g.

Muninn á þessum efnasamsetningum má rekja til árstíðabundna sveiflna (Dambergs, 1964; Eliassen & Vahl, 1982; Ingólfssdóttir *et al.*, 1998), ásamt þáttum í framleiðslu á léttsöltuðum flökum (Birkeland *et al.*, 2005; Einarsdóttir *et al.*, 2008; Þórarinsdóttir & Arason, 2004a; Þórarinsdóttir *et al.*, 2004b).

Vörumat

Niðurstöður leiddu til þess að betri gæði voru í 6 daga gömlu hráefni miðað við 3ja daga gamalt hráefni. Þetta má rekja til blóðgunaraðferða, þar sem vöðvi í 6 daga gömlu hráefni var hvítari og ekki eins rauður, miðað við þriggja daga gamalt hráefni. Ófáar rannsóknir hafa sýnt tengsl milli skynmats á flökum og blóðgunaraðferða, þar sem meðhöndlun og biðtími að blóðgun/slægingu hefur áhrif (Botta *et al.*, 1986; Gunnarsson, 2001; Love, 2001; Tetteh, 2010).

Áhrif hitabreytinga á léttsöltuð flök í frostgeymslu og í flutningum.

Við mælingar á hitastigsferlum kom í ljós að tími aðlögunar að geymsluhitastigi hjá léttsöltuðu flökum var frábrugðinn fyrir og eftir hitabreytingu. Það er að segja, það tók skemmri tíma fyrir flökin að aðlagast kaldara umhverfi eftir hitabreytingu, þrátt fyrir að upphafshitastig hafi verið svipað. Niðurstöður sýndu að léttsöltuð þorskflök sem urðu fyrir hitabreytingu voru mun fljótlegra að aðlagast kjarnhitastigi við -12 °C heldur en við -25 °C . Það tók um 21 klst. fyrir flökin að ná -25 °C , en þegar flökin voru sett í hitastig -12 °C , tók það einungis 19 klst. að ná því hitastigi. Varmaleiðni frosins þorsks er a.m.k. tvisvar sinnum meiri en í ófrosnum fiskvöðva. Við samanburð á hnakka og sporði í léttsöltuðu flökunum í geymslu við -25 °C eftir hitastigsbreytingar, sást að sporðestykkinn sýndu töluverðar hitasveiflur við geymslu, en hnakkastykkinn sýndu stöðugt hitastig. Líklega er hægt að draga þá ályktun að sporðestykkinn séu mun viðkvæmari fyrir hitabreytingu en hnakkastykkinn. Sporðestykkinn hafa öðruvísi efnasamsetningu og stærra flatarmál og eru því viðkvæmari gagnvart hitabreytingum.

Hitastigsferlar sýndu að ósöltuðu flökin innihéldu mun meira frost þegar þau komu úr lausfrystingu og höfðu því myndað meiri íshúð en léttsöltuðu flökin. Mikilvægt er að léttsöltuð flök nái tilætluðu hitastigi til að ná réttri íshúð, sem getur skipt máli þegar vinnslunýting er ákveðin. Minni íshúð veitir einnig minni vörn fyrir afurðina í frostgeymslu sem leiðir til styttra geymslupóls.

Hitabreytingar höfðu áhrif á vatnstap. Við þær breytingar þiðnuðu flökin að hluta og svo frosinn hægt aftur að áætluðu geymsluhitastigi, sem getur haft þær afleiðingar að stórir ískristallar myndast á milli vöðvafruma. Stórir ískristallar geta rofið frumuhimnur, sem getur aukið vatnstap (drip) við þíðingu. Niðurstöður sýndu að verkun, frysting og geymsla hafi ekki haft áhrif á vatnstap í flökum sem voru geymd við stöðugt hitastig (Hópar 1 og 2; -12 °C). Hitabreytingar hafa því meiri áhrif á vatnstap heldur en hærra stöðugra hitastig (-12 °C).

Geymsluhitastig og hitastigsbreytingar höfðu ekki gerandi áhrif á suðunýtingu eins og búist var við, miðað við niðurstöður í þessum hluta verkefnisins.

Léttsöltuðu flökin innihéldu meira vatnsmagn en ósöltuðu flökin, þar sem léttsöltuðu flökin voru sprautuð með saltþækli. Saltstyrkur styður niðurstöður vatns og vatnsheldni, þar sem léttsöltuðu flökin innihéldu meira vatn og vatnsheldnin var betri samanborið við ósöltuðu flökin. Það útskýrðist vegna innsöltunar áhrifa (saltin in effects), eins og áður sagði sem gaf til kynna jákvæð áhrif salts hvað varðar bindingu vatns í fiskvöðvanum og vatnsheldni.

Magn FFA var hæst í ósöltuðu flökunum. Saltið og þynningaráhrif vatnsins sem bætt var í afurðina við vinnslu, virðist hafa leitt til minna magns FFA í léttsöltuðum flökum. Léttsöltuð flök (Hópur 3) sem urðu fyrir hitabreytingu sýndu mun minna magn FFA, samanborið við aðra hópa. Líkleg skýring gæti stafað af því að hinir hóparnir fóru strax í geymslu við -12 °C en hópur 3 fór í geymslu við -25 °C og var þar í nokkrar vikur. Hægt er að álykta að hlutfall fitu á móti vatni hafi hækkað meira hjá hópum 1 og 2 sem voru geymd við stöðugt hitastig (-12 °C), þar sem mikill hluti vatns var frosinn.

Almennt má telja að mikilvægt er að viðhalda góðum frystihraða, til þess að aðlaga kjarnhitastig afurðar nálægt áætluðu geymsluhitastigi. Mikilvægt er að halda stöðugu hitastigi við geymslu og flutninga, til að koma í veg fyrir hitasveiflur, sem rýra gæðin. Með því að auka eftirlit við þessa ferla er hægt að tryggja betri nýtingu, stöðugri gæðum og lengra geymsluþoli á léttsöltuðum sjávarafurðum.

Ályktanir

Léttsöltun flaka er aðferð sem þessi rannsókn hefur sýnt að auki stöðugleika gæða flaka við geymslu í frosti. Léttsöltuðu flökin innihéldu hærra íshúðunarhlutfall og meiri vatnsheldni en viðmiðunarflökin (control hópur). Myndun FFA var minni í léttsöltuðum flökum. Léttsöltun jók einnig hvítleika flakanna. Hins vegar var meira vatnstap í léttsöltuðum flökum og þar af leiðandi meiri rýrnun en í viðmiðunarflökum.

Hitastig í frostgeymslu hafði áhrif á gæðarýrnun, þar sem geymsla við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ rýrði gæðin miðað við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vatnsheldni minnkaði, og vatnstap, heildarnýting og FFA jókst við $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hitastig í frostgeymslu hafði áhrif á lit í flökum, þar sem flök voru hvítari við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Geymslutími í frosti hafði áhrif á gæðarýrnun flaka. Magn íshúðunar og vatnsheldni almennt minnkaði við langa geymslu, og vatnstap jókst. Suðunýting og heildarnýting voru hins vegar stöðug. Flökin urðu dekkri með lengri geymslutíma í frosti. Magn FFA jókst og magn PL var stöðugt eða jókst.

Niðurstöður gáfu einnig til kynna að aldur frá veiðum til vinnslu hafði áhrif á gæði eftir frostgeymslu. Upptaka salts við vinnslu var hraðari í fjögurra gömlu hráefni en eins dags hráefni. Fjögurra daga gamalt hráefni var hvítara en eins dags hráefni og FFA jókst lítillega í eins dags gömlu hráefni. Blóðgunaraðferð hafði áhrif á lit flaka, þar sem blóðguð flök voru hvítari en óblóðguð flök. Tvífrýsting jók nýtingu í vinnslunni. Hins vegar innihéldu einfrýst flök hærra íshúðunarhlutfall og vatnstap var minna í samanburði við tvífrýst flök.

Íshúðun er góð aðferð til að varðveita hvíta litinn á flökunum ásamt því að vera árangursrík aðferð til að minnka FFA meðan á frostgeymslu stóð.

Rannsóknin sýndi að léttsöltuð flök á markaði voru mismunandi. Þar gætti margra þátta, sem mátti rekja til árstíðar, ástandi hráefnis fyrir og við vinnslu og frostgeymslu.

Til að fullnægja kröfum kaupenda er nauðsynlegt að framleiða stöðuga afurð. Í þessari rannsókn, var ekki auðvelt að finna ástæðu gæðasveiflna á afurðum, vegna þess að þær komu frá mismunandi framleiðendum. Til að minnka sveiflur í gæðum og tryggja langvarandi stöðugleika afurða, er nauðsynlegt að þekkja til grunnar á þætti sem afa mest áhrif á afurðina og vinnslu hennar. Þörf er á frekari rannsóknum, þar sem einblínt er á einsleitt hráefni og

vinnsluaðstæður. Aðalmarkmiðið er að einblína á þá þætti sem hægt er að stjórna að fullu, ásamt meðhöndlun fisksins til að tryggja kröfur viðskiptavina og stöðugan markað.

Niðurstöður gáfu til kynna að mikilvægt er að viðhalda góðum frystihraða, til þess að aðlaga kjarnhitastig vörunnar nálægt áætluðu geymsluhitastigi. Mikilvægt er að viðhalda jöfnu hitastigi við geymslu og flutninga, til að koma í veg fyrir hitasveiflur. Með því að auka eftirlit við þessa ferla er hægt að tryggja betri nýtingu, stöðugum gæðum og lengra geymsluþoli á léttsöltuðum sjávarafurðum.

Þakkarorð

Vilja höfundar þakka AVS sjóðnum fyrir veittan stuðning í verkefninu. Einnig vilja höfundar þakka þeim sjávarútvegsfyrirtækjum sem störfuðu að verkefninu, FISK Seafood hf., Hraðfrystihúsið Gunnvör hf., Nesfiskur ehf. og Jakob Valgeir ehf., fyrir þeirra þátttöku ásamt starfsmönnum Matís sem unnu að verkefninu.

Heimildir

- Alizadeh, E., Chapleau, N., de Lamballerie, M., & Le-Bail, A. (2007). Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(4), 493-499.
- Arason, S., & Ásgeirsson, L. (1984). Um frystingu sjávarafurða. *Skýrsla Rannsóknarstofnunar fiskiðnaðarins*.
- Arason, S., & Stefánsson, G. (1999). Frysting og geymsla frystra sjávarafurða. *Rit RF* (13).
- Arason, S., og Margeirsson, B (2014). Frysting, frystihraði, frystikerfi. *Fiskiðnaðartækni* 1.
- Archer, M., Edmonds, M., & Georg, M. (2008). Seafood thawing. Retrieved from [Http://www.Seafish.Org/media/Publications/SR598-_Thawing.pdf](http://www.Seafish.Org/media/Publications/SR598-_Thawing.pdf). Sótt þann 3.9.2018.
- Auborg, S.P., & Medin, I. (1999). Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(13), 1943-1948.
- Auborg, S.P., Lago, H., Sayar, N., & González, R.(2007). Lipid damage during frozen storage of Gadiform species captured in different deasons. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(6), 608-616.
- Badii, F., & Howell, N.K. (2002a). Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. *Food hydrocolloids*, 16(4), 313-319).
- Badii, F., & Howell, N.K. (2002b). A comparison of biochemical changes in cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) fillets during forzen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(1), 87-97.
- Baron, C.P., Kjaersgard, I.V., Jessen, F & Jacobsen, C. (2007). Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Agric. Food Chem.* 55(20), 8118-8125.
- Bello, R.A., Luft, J.H., & Pigott, G.M. (1981). Improved histological procedure for microscopic demonstration of related changes in fish muscle tissue structure during holding and freezing. *Journal of Food Science*, 46(3), 733-737.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Thongkaew, C., & Tanaka, M. (2003). Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. *Food Research International*, 36(8), 787-795.
- Benjakul, S. & Bauer, F. (2001). Biochemical and physiochemical changes in catfish (*Silurus glanisLinne*) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. *Food Chemistry*, 72(2), 207-217.
- Bernárdez, M., Sampedro, G., Pastoriza, L., & Lopez cabo, M. (2005). Modified method for the analysis of free fatty acids in fish. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1903-1906.

- Birkeland, R., Sivertsvik, M., Nielsen, H.H., & Skåra, T. (2005). Effects of brining conditions on weight gain in herring (*Clupea harengus*) fillets. *Journal of Food Science*, 70(7).
- Bjarnason, J., & Arason, S. (1998). Dauðastirðnun í fiski. *Skýrsla RF*.
- Bligh, E.G., & Dyer, W.J. (1959). *Can J Biochem Physiol*, 37. 911-917.
- Boknes, N., Guldager, H.S., Steinberg, C., & Nielsen, J. (2001). Production of highquality frozen cod (*Gadus morhua*) fillets and portions on a freezer trawler. *Journal of Aquatic Food Products Technology*, 10(1), 33-47.
- Borderías, A.J., & Sánchez-Alonso, I. (2011). First processing steps and the quality of wild and farmed fish. *Journal of Food Science*, 76(1), R1-R5.
- Botta, J.R., Squires, B.E., & Johnson, J. (1986). Effect of bleeding/gutting procedures on the sensory quality of fresh raw Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 19(4), 186-190.
- Botta, J.R., Kennedy, K., & Squires, B.E (1987). Effect of method of catching and time season on the composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 52 (4), 922-924, 927.
- BYK (2014). Color systems. Sótt frá <http://www.azom.Com/article.aspx>
- Castell, C.H., & Bishop, D.M (1973). Effect of season on salt-extractable protein in muscle from trawler-caught cod and on its stability during frozen storage. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30(2), 157-160.
- Chareche, M., Del Marco, M.L., Torrejón, P., & Tejada, M. (1998). Importance of frozen storage temperature in the type of aggregation of myofibrillar proteins in cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(4), 1539-1546.
- Charley, H., & Goertz, G.E. (1958). The effect of oven temperature on certain characteristics of baked salmona. *Journal of Food Science*, 23(81), 17-24.
- Chevallier, S., Hallier, A., Prost, C & Serot, T. (2007). Freezing – thawing effects on the colour and texture of European catfish flesh. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7), 1253-1262.
- Chopin, F.S., Atimoto, T., & Inoue, Y. (1996). A comparison of the stress response and mortality of sea bream *Pagrus major* captured by hook and line and trammel net. *Fisheries Research*, 28(3), 277-289.
- Codex Alimentarius (2001). *Twenty fourth session*. Geneva, Switzerland, 2-7 July 2001.
- Controversy over long-line fishery plans in maldives (2010). In Bluepeace blog. Sótt 2016 frá <http://www.bluepeacemaldives.org/blog/biodiversity/long-line-fishery-controversy-maldives>.
- Damberg, N. (1964). Extractives of fish muscle. 4. Seasonal variations of fat, water solubles, protein and water in cod (*Gadus morhua*) fillets. *J.Fish. Res. Bd. Can.*, 21(4), 703-709.
- Damodaran, S. (1996). Amino Acids, and Proteins. In: *Food Chemistry*. New York, Marcek Dekker (úrg.) Inc.: pp.321-429.

- Duun, A.S., & Rustad, T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food Chemistry*, 105(3), 1067-1075.
- Duerr, J., & Dyer, W. (1952). Proteins in fish muscle. IV. Denaturation by salt. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 8(5), 325-331.
- Dyer, W. (1951). Protein denaturation in frozen and stored fish. *Journal of Food Science*, 16(1-6), 522-527.
- Dyer, W.J., & Dingle, J.R. (1961). Fish proteins with special reference to freezing. In, G. Borgstrom (Útg.), *Fish as food*, pp 275. New York: Academic Press.
- Duun, A.S., & Rustad, T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) filets. *Food Chemistry*, 105(3), 1067-1075.
- Early, J.C., & Malton., R. (2001). Fish for cateres and friers (42) Aberdeen, Skotland; Torry Research Station.
- Eide, O., Børresen, T., & Strøm, T. (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(2).
- Einarsdóttir, R., Guðjónsdóttir, M, & Arason, S. (2008). Áhrif undirkælingar á saltupptöku við þæklun þorskhnakkastykkja (*Gadus morhua*). *Matísskýrsla 15-08*.
- Eliassen, J.E. & Vahl, O. (1982). Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, (*Gadus morhua* L) from Balsfjorden, northern Norway. *Journal of Fish Biology*, 20(6), 707-716.
- Erikson, U., Veliyulin, E., Singstad, T.E., & Aursand, M. (2004). Salting and desalting of fresh and frozen-thawed cod (*Gadus morhua*) fillets: A comparative study using ²³Na NMR, ²³Na MRI, Low-field ¹H NMR and physicochemical analytical methods. *Journal of Food Science*, 69(3), FEP107-FEP114.
- Fennema, O. (1990). Comparative water holding properties of various muscle foods. *Journal of muscle foods*, 1(4), 363-381.
- Fidalgo, L.G., Saraiva, J.A., Auborg. S.P., Vázquez, M., & Torres, J.A. (2015). Enzymatic activity during frozen storage of Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) pre-treated by high-pressure processing. *Food and Bioprocess Technology*, 8(3), 493-502.
- Florek, M., Litwińczuk, A., & Skalecki, P. (2010). *Freezing-induced changes of the colour and texture of Baltic cod fillets*. Kraków: Polish society of food technologist Malopolska Branch.
- Gallart-Jornet & Lindkvist, K.B. (2007). The Spanish salt fish market – A challenge to the Norwegian salt fish industry. *In Torskefiskkonferance 07.11.2007*.
- Gang, M. (2013). Changes in the quality and yield of fish fillets due to temperature fluctuations during processing. Final project, Dalian Ocean University. Sótt frá <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/mugang13prf.pdf>. Þann 3.9.2018.
- Gonçalves, A.A., & Gindri Junior, C.S.G. (2009). The effect of glaze uptake on storage quality of frozen shrimp. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 285-290.

- Guðjónsdóttir, M., Karlsdóttir, M.G., Arason, s., & Rustad, t. (2013). Injection of fish protein solutions of fresh saithe (*Pollachius virens*) fillets studied by low field Nuclear Magnetic resonance and physicochemical measurements. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 228-238.
- Guðjónsdóttir, M., Magnússon, H., Arason, S., Ólafsdóttir, G., & Bogason, S. (2007). Geymslupólstilraunir á þorskbitum: Áhrif ofurkælingar, þæklunar, gasþökkunar á eðlis- og efnaeiginleika þorskvöðva. Skýrsla RF.
- Gunnarsson, V.I. (2001). Meðhöndlun á fiski um borð í fiskiskipum. Sótt frá <http://www.sjavarutvegur.ks/pdf/kafli1.pdf>.
- Haard, N.F., & Simpson, B.K. (2000). *Seafood enzymes*. CRC Press.
- Han, T.J., & Liston, J. (1987). Lipid peroxidation and phospholipid hydrolysis in fish muscle microsomes and frozen fish. *Journal of Food Science*, 52(2), 294-296.
- Hovgård, H., & Riget, F.F. (1992). Fishing gear selectivity comparison of longline and trawl selectivity in cod surveys off West Greenland. *Fisheries Research*, 13(3), 323-333.
- Howell, N., Shavilla, Y., Grootveld, M., & Williams, S. (1996). High Resolution (NMR) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) studies on fresh and frozen cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72(1), 49-56.
- Hurling, R., & McArthur, H. (1996). Thawing, refreezing and frozen storage effects on muscle functionality and sensory attributes of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 61(6), 1289-1296.
- Huss, H.H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish (384). Roma, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Hwang, G., Ushio, H., Watabe, S., Iwamoto, M., & Hashimoto, K. (1991). The effect of thermal acclimation of rigor mortis progress of carp stored at different temperatures. *Nippon Susian Gakkaishi*, 57(3), 541-548.
- Ingólfssóttir S., Stefánsson, G., & Kristbergsson, K. (1998). Seasonal variations in physicochemical and textural properties of North Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(3) 39-61.
- Jacobsen, S., & Fossan, K.M. (2001). Temporal variations in the glaze uptake on individually quick frozen prawns as monitored by the CODEX standard and the enthalpy method. *Journal of Food Engineering*, 48(3), 227-233.
- Jacobsen, S., & Pedersen, W. (1997). Noncontact determination of cold-water prawn ice-glaze content using radiometry. *LWT-Food Science and Technology*, 30(6), 578-584.
- Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D., & Kiser, R.A. (2002). Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67(6), 2095-2099.
- Johnston, W.A., Nicholson, F.J., Roger, A & Stroud, G. (1994). Freezing and refrigerated storage in fisheries. *Rome: Food & Agriculture Org.*

- Jónsson, G., & Pálsson, J. (2013). *Íslenskir fiskar*. Reykjavík, Mál og menning.
- Jørgensen, O.A. (1995). A comparison of deep water trawl and lon-line research fishing in the davis strait. In A.G. Hopper (Ed), *Deep Water Fisheries of the North Atlantic Oceanic Slope* (pp. 235-250). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Karlsdóttir, M.G., Sveinsdóttir, K., Kristinsson, H.G., Villot, D., Craft, B.D., & Arason, S. (2014a). Effects of temperature during frozen storage on lipid deterioration of saithe (*Pollachius virens*) and hoki (*Macruronus novaezelandiae*) muscle. *Food Chemistry*, 156(0), 234-242.
- Karlsdóttir, M.G., Nguen, V.M., Arason, S., Ólafsdóttir, A., Romotowska, P.E., Bergsson, A.B., & Björnsson, S. (2014b). Áhrif blóðgunar á gæði og stöðugleika þorsk- og ufsaafurða. Matísskýrsla 07-14.
- Kent, M. (1975). Fish muscle in the frozen state: Time-dependence of its microwave dielectric properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 10(1), 91-102.
- Labuza, T.P. (1970). Properties of water as related to the keeping quality of foods. *Proceedings of the Third International Congress of Food Science & Technology Washington DC*: 618-635.
- Laksmanan, P.T. (2000). Fish spoilage and quality assessment Quality assurance in seafood processing, pp. 28-45): India:Cochin: Society of Fisheries Technologists.
- Larsson, K., Almgren, A., & Undeland, I. (2007). Hemoglobin-mediated lipid oxidation and compositional characteristics of washed fish mince model systems made from cod (*Gadus morhua*), herring (*Clupea harengus*), and salmon (*Salmo salar*) muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 55(22), 9027-9035.
- Lauritzen, K., Akse, L., Johansen, A., Joensen, S., Sørensen, N.K., & Olsen, R.L. (2004). Physical and quality attributes of salted cod (*Gadus morhua* L) as affected by state of rigor and freezing prior to salting. *Food Research International*, 37(7), 677-688.
- Lee, J., & Park, J.W. (2016). Pacific whiting frozen fillets as affected by postharvest processing and storage conditions. *Food Chemistry*, 201, 177-184.
- Lemon, D.W., (1975). An improved TBA test for rancidity. *New Series Circular*. No. 51, Halifax, Nova Scotia: Halifax Laboratory.
- Licciardello, J.J., & D'entremont, D.L. (1987). Bacterial growth rate in iced fresh or frozen-thawed Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Marine Fisheries*, 49(4), 43-45.
- Li, B., & Sun, D. (2002). Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. *Journal of Food Engineering*, 54(3), 175-182.
- Lindkvist, K.B. (2009). The Norwegian-Spanish salted fish project. Innovation and market response in the the Norwegian salted fish industry. *Department of Geography, Univerity of Bergen*. Sótt frá http://saltedfish.uib.no/content_en/04publications/R0409_KBL_Innovations.pdf.
- Love, R.M. (1962). New factors involved in the denaturation of frozen cod muscle protein. *J. Sci. Food Agr.* 27(6), 544.

- Love, R.M. (1970). The chemical biology of fishes: with a key to the chemical literature. *The Chemical Biology of Fishes: With a Key to the Chemical Literature*, Bindi 1. Útgefandi Academic Press.
- Love, R. M. (1979). The post-mortem pH of cod and haddock muscle and its seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30(4), 433-438.
- Love, R. M. (1980). Seasonal variation and some alternative approaches to fish biology. *The chemical biology of fishes*, 2, 1968-1977.
- Love, R.M. (2001). *Dark Colour in White Fish Flesh* (76). Aberdeen, Scotland: Torry Research Station.
- Lowry, R.R., & Tinsley, I.J. (1976). Rapid colorimetric determination of free fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 53(7), 470-472.
- Lozano, R.D. (2006). A new approach to appearance characterization. *Color Research & Application*, 31(3), 164-167.
- Mackie, I.M. (1993). The effect of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, 9(4), 575-610.
- Macleon, D.S., Qian, Q., & Middaugh, C.R. (2002). Stabilization of proteins by low molecular weight multi-ions. *J. Pharm. Sci.*, 91(10), 2220-2220.
- Magnússon, H., Lauzon, H.L., Sveinsdóttir, K., Þorkeldsdóttir, Á., Guðbjörnsdóttir, B., Martinsdóttir, E., & Arason, S. (2007). Geymslupólstilraunir á þorskbitum: Áhrif ofurkælingar, þæklunar og gasþökkunar á gæðabreytingar og geymslupól (12), Matís, Reykjavík.
- Margeirsson, S., Nielsen, A., Jónsson, G.R. & Arason, S. (2006). Effect of catch location, season and quality on value of Icelandic cod (*Gadus morhua*) products. *Seafood research from fish to dish-Quality, safety and processing of wild and farmed fish*, pp. 265-274. Holland: Wageningen Academic Publishers.
- Margeirsson, S., Jónsson, G.R., Arason, S., & Þorkelsson, G. (2007). Influencing factors on yield, gaðing, bruises and nematodes in cod. (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 503-508.
- Márquez-Ruiz, G., Holgado, F., & Velasco, J. (2013). Mechanisms of oxidation in food lipids. *Food Oxidants and Antioxidants: Chemical, Biological and Functional Properties* (pp. 79-114): CRC Press.
- Moureh, J., & Derens, E. (2000). Numerical modelling of the temperature increase in frozen food packaged in pallet sin the distribution chain. *International Journal and Refrigeration*, 23(7), 540-552.
- Moureh, J., Laguerre, O., Flick, D., & Commere, B. (2002). Amalysis of use of insulating pallet covers for shipping heat-sensitive foodstuffs in ambient conditions. *Computer and Electronics in Aquaculture*, 34(1-3), 89—109.
- Murray, J., & Burt, J.R. (2001). Torry advosory note no. 38: The composition of fish. Sótt 14 janúar 2015 frá <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e00.htm#Contents>.

- Nollet, L.M.L., & Toldra, F. (2011). Fish and seafood products *Sensory Analysis of Foods of Animal Origin* (pp. 12-17). New York: CRC Press.
- Nguyen, M.V., Arason, S., Þórarinsdóttir, K.A., Þorkelsson, G & Guðmundsdóttir, A. (2010). Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin (*Gadus morhua* L) during brine salting. *Journal of Food Engineering*, 100(2), 225-231.
- Ocaño-Higuera, V.M., Maeda-Martinez, A., Rios, E.M., & Plascencia-Jatomea, M. (2011). Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. *Food Chemistry*, 125(1), 49-54.
- Oehlenschläger, J., & Mierke-Klemeyer, S. (2003). Changes of thaw-drip loss and cooking loss of Baltic cod (*Gadus morhua*) during term storage under different frozen conditions. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift Für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*, 99(11), 435-438.
- Offer, G., & Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 2: Drip loss. In R. Lawrie (Útg). *Development in Meat Science*, vol. 4, pp. 172-243.
- Piñeiro, C., Barros-Velázquez, J., & Auborg, S.P. (2004). Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: A comparative review versus flake-ice chilling methods. *Trends in Food Science and Technology*, 15(12), 575-582.
- Richards, M.P., & Hultin, H.O. (2002). Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. *J Agric Food Chem*, 50(3), 555-564.
- Ríkharðsson, M.P., & Birgisson, R. (1996). *Aflabót (48)*. Reykjavík.
- Rodríguez, Ó., Barros-Velázquez, J., Piñeiro, C., Gallardo, J., & Aubourg, S.P. (2006). Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*, 95(2), 270-278.
- Rodríguez-Vargas, S., Sánchez-García, A., Martínez-Rivas, J.M., Prieto, J.A., & Rande-Gil, F. (2007). Fluidization of membrane lipids enhances the tolerance of *Saccharomyces cerevisiae* to freezing and salt stress. *Applied and environmental microbiology*, 73(1), 110-116.
- Romotowska, R.E, Guðjónsdóttir, M., Kristinsdóttir, T.B., Karlsdóttir, M.G., Arason, S., Jónsson, Á., & Kristinnson, H.G. (2016). Effect of brining and frozen storage on physicochemical properties of well-fed Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) intended for hot smoking and canning. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 199-205
- Schubring, R. (2004). Instrumental colour, texture, water holding and DSC measurements on frozen cod fillets (*Gadus morhua*) during long term storage at different temperatures. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*, 100(7), 247-254.
- Secchi, G., Parisi, G., Dasilva, G., & Medina, I. (2016). Stress during slaughter increases lipid metabolites and decreases oxidative stability of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). During frozen storage. *Food Chemistry*, 190, 5-11.

- Sheard, P.R., & Tali, A. (2005). Erratum to „Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooled pork loin“ [Meat Science 68(2) (2004) 305-311]. *Meat Science*, 71(4), 735-754.
- Shenderyuk, V.I., & Bykowski, J. (1990). Salting and marinating of fish. In Z.E Sikorski (ed), *Seafood resources, nutritional composition and preservation*, 147-162). New York: CRC Press.
- Shenouda, S.Y.K. (1980). Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. In C.O. Chichester (útg.), *Advance sin food research* (vol 26: New York Academic Press.
- Shugo, W., Hideki, U., Muneaki, I., Hideaki, Y. & Kanehisa, H. (1989). Temperature dependency of rigor-mortis of fish muscle: Myofibrillar Mg²⁺-ATPase activity and Ca²⁺ uptake by sarcoplasmic reticulum. *Journal of Food Science*, 54(5), 1107-1107.
- Sikorski, Z.Z., & Kolokowska, A. (2010). *Chemical, biological and functional aspects of food lipids*: CRC Press.
- Srinivasan, S., Xiong, Y.L., & Blanchard, S.P. (1997a). Effects of freezing and thawing method and storage time on thermal properties of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of Science of Food and Agriculture*, 75(1), 37-44.
- Srinivasan, S., Xiong, Y.L., Blanchard, S.P. & Tidwell, J.H. (1997b). Physicochemical changes in prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. *Journal of Science of Food*, 62(1), 123-127.
- Stewart, J.C.M. (1980). Colorimetric determination of phospholipids with ammonium ferrothiocyanate. *Analytical biochemistry*, 104(1), 10-14.
- Suuronen, P. (2005). Major factors causing stress, injury and mortality of fish escaping from trawl codens. Sótt frá <http://www.fao.org/docrep/008/y6981e/y6981e05.htm>
- Tetteh, E.N. (2010). Effect of different bleeding conditions on the colour tone of fresh, frozen and salted fillets of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Ministry of Food and Agriculture, Fisheries Commission, Marine Fisheries Research Division*.
- Thanonkaew, A., Benjakul, S., Vissessanguan, W., & Decker, E.A. (2006). Development of yellow pigmentation in squid (*Loligo peali*) as a result of lipid oxidation. *J. Agric Food Chem*, 54(4), 956-962.
- Tironi, V., LeBali, A., & de Lamballerie, M. (2007). Effects of pressure-shift freezing and pressure-assisted thawing on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *J. Food Sci.*, 72(7), C381-387.
- Tsunoda, A., Purbayanto, A., Akiyama, S., & Arimoto, T. (1999). Plasma cortisol level for stress measurement of Japanese Whiting *Sillago japonica* captured by sweeping trammel net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 65(3), 457-463.
- Verbeke, W., Vanhonacker, F., Sioen, I., Van Camp, J., & De Henauw, S. (2007). Perceived importance of sustainability and ethics related to fish: A consumer behavior perspective. *Ambio*, 36(7), 580-585.
- Wagenknecht, W. & Tueksnerm M. (1975). Studies on technologically determined changes in the water binding capacity of fish muscle. *Fisherei Forschung*, 13: 57-65.

- Waterman, J.J. (2001). The cod. Sótt frá <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5911e/x5911e00>.
- Wikipedia. (2016). Sótt frá https://en.wikipedia.org/wiki/Bottom_trawling.
- Xie, J., & Myrland, Ø. (2010). Modeling market structure of the Spanish salted fish market. *Food Economics-Acta Agricult. Scand. C*, 7(2ö4), 119-127.
- Žoldoš, P., Popelka, P., Marcinčák, S., Nagy, J., Mesarčová, L., Pipová, L., & Maia p. (2011). The effect of glaze on the quality of frozen Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) fillets under stable and unstable conditions. *Acta Veterinaria*, 80(3), 299-304.
- Þórarinsdóttir, K.A., Þorkelsson, G., & Arason, S. (2001). Léttsöltun, stöðugleiki og nýting frosinna afurða – Áhrif frystingar og léttpæklunar á eðlis- og efnafræðilegar breytingar í fiskholdi. *IFL Report; Reykjavík* p.50.
- Þórarinsdóttir, K.A., Arason, S., & Þorkelsson, (2002). The effects of light salting on physicochemical characteristics of frozen cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11(3-4), 287-301.
- Þórarinsdóttir, K.A., & (2004). Léttsöltun þorskflaka. *Ægir*, 97(2), 30-34.
- Þórarinsdóttir, K.A., Arason, S., Bogason, S., & Kristbergsson, K. (2004b). The effects of various salt concentrations during brine curing of cod (*Gadus morhua*). *International Journal of Food Science & Technology*, 39(1), 79-89.
- Åsli, M., & Mørkøre, T. (2012). Brines added sodium bicarbonate improve liquid retention and sensory attributes of lightly salted Atlantic cod. *LWT-Food Science and Technology*.