

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Áhrif blóðgunar á gæði og stöðugleika þorsk- og ufsaafurða

Magnea G. Karlsdóttir
Nguen Van Minh
Sigurjón Arason
Aðalheiður Ólafsdóttir
Paulina E. Romotowska
Arnljótur B. Bergsson
Stefán Björnsson

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 07-14
Febrúar 2014

ISSN 1670-7192

Titill / Title	Áhrif blóðgunar á gæði og stöðugleika þorsk- og ufsaafurða/ Effects of bleeding methods on quality and storage life of cod and saithe products		
Höfundar / Authors	Magnea G. Karlsdóttir, Nguyen Van Minh, Sigurjón Arason, Aðalheiður Ólafsdóttir, Paulina E. Romotowska, Arnjótur B. Bergsson, Stefán Björnsson		
Skýrsla / Report no.	07-14	Útgáfudagur / Date:	Febrúar 2014
Verknr. / Project no.	2001-2084		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS (R 11 087-11)		
Ágríp á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins var að skoða áhrif mismunandi blóðgunaraðferða á gæði og geymsluþol mismunandi þorsk- og ufsaafurða. Með því að greina kjöraðstæður við blóðgun, slægingu og blæðingu er hægt að koma í veg fyrir afurðargalla vegna blóðs og um leið auka stöðugleika afurðanna í flutningi og geymslu.</p> <p>Fiskarnir voru ýmist blóðgaðir í höndum og í vél. Blæðing fór fram í krapa eða sjó og voru áhrif mismunandi blæðingartíma skoðuð. Einnig var lagt mat á áhrif biðtíma á dekki fyrir blóðgun, sem og að blóðga og slægja fiskinn í einu skrefi eða tveimur skrefum (slæging framkvæmd eftir blæðingu). Þær afurðir sem voru rannsakaðar í þessu verkefni voru kældar og frystar þorsk- og ufsaafurðir, sem og saltaðar þorskafurðir.</p> <p>Af þeim breytum sem rannsakaðar voru í þessu verkefni þá var mikilvægi þeirra mismunandi m.t.t. því hvaða fisktegund átti í hlut sem og hver lokaafurðin var. Þegar bornir eru saman sambærilegir sýnahópar af þorsk og ufsa, sést að mismunandi aðstæður henta hvorri tegund. Þetta rennir stoðir undir þær kenningar að líklega er ekki hægt að yfirfæra bestu blóðgunaraðferð þorsks yfir á ufsa og öfugt.</p> <p>Biðtími fyrir blæðingu og tegund blæðingarmiðils (krapi vs. sjór) hafði afgerandi áhrif á stöðugleika þorsk- og ufsaafurðanna sem voru skoðaðar. Þorskafurðir, bæði kældar og frystar, úr hráefni sem blætt var í krapa skilaði sér almennt í bættum gæðum og stöðugleika samanborið við ef blætt var í sjó. Andstætt við þorsk, þá skilaði blæðing ufsa í sjó sér almennt í stöðugri lokaafurð.</p> <p>Hvernig staðið var að blóðgun og slægingu fiskanna hafði einnig afgerandi áhrif á lokaafurðirnar. Í tilfelli frosinna þorskafurða, þá skilaði hráefni sem var blætt og slægt í einu skrefi almennt stöðugri afurð samanborið við hráefni sem var slægt eftir að blæðing hafði átt sér stað (tvö skref). Saltaðar afurðir voru aftur á móti mun stöðugri í geymslu ef hráefnið var slægt eftir að blæðing hafði átt sér stað. Mismunandi niðurstöður fengust einnig fyrir ufsa eftir því hvaða lokaafurð átti í hlut. Blóðgun og slæging ufsa í vél hafði jákvæð áhrif á geymsluþol kældra afurða samanborið við ef gert var að í höndum. Blóðgun og slæging í vél skilaði sér aftur á móti í mun óstöðugri afurði í frosti.</p> <p>Niðurstöður verkefnisins sýna að áhrif mismunandi blæðingaaðferða eru töluvert háð hráefni sem og því hvaða lokaafurð á í hlut.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Blóðgun, þorskur, ufsi, kæling, frysting, söltun, stöðugleiki</i>		

Report summary

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>The main objective of the project was to study the effects of different bleeding methods on quality and storage life of various cod and saithe products. Products defects due to blood residues can be prevented by optimising bleeding protocols, and hence increase the quality and storage life of the products. For this, fishes were either bled and gutted by hand or by machine. The bleeding (blood draining) was carried out with seawater or slurry ice, and were the effects of different bleeding times in the tanks also investigated. Moreover, the effects of waiting time (on deck) before bleeding, as well as the procedure of bleeding technique (bleeding and gutting in one procedure vs. gutting after blood draining) were investigated. The various products evaluated were chilled and frozen cod and saithe products, and salted cod products.</p> <p>The importance of the different parameters investigated in this project varied considerably with regard to fish species and the final products. Comparison of parallel treatments groups of cod and saithe demonstrated that optimum bleeding procedures are different for each species.</p> <p>Waiting time on deck and bleeding media (slurry ice vs. seawater) significantly affected the storage life of the cod and saithe products. Cod products, both chilled and frozen, from fish bled in slurry ice resulted generally in improved quality and storage life compared to fish bled in seawater. In contrast to cod, bleeding of saithe in seawater resulted however in more stable products.</p> <p>The procedure during bleeding and gutting had also great impact on the storage life of the various products studied. Shorter storage life of salted cod products was generally observed when the raw material was bled and gutted in one step compared to when gutting was performed after bleeding (two steps). Rather conflicting results were, however, observed for saithe and were depending on the type of final product. Bleeding and gutting of saithe by machine improved the storage life of chilled products compared to when the saithe was bled and gutted by hand. The machine procedure had, however, negative effects on the storage life of the frozen saithe products.</p> <p>Overall, the results of this project indicate that the effects of different bleeding methods are highly relative to fish species as well the final product of interest.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Bleeding, cod, saithe, chilling, freezing, salting, storage life</i></p>

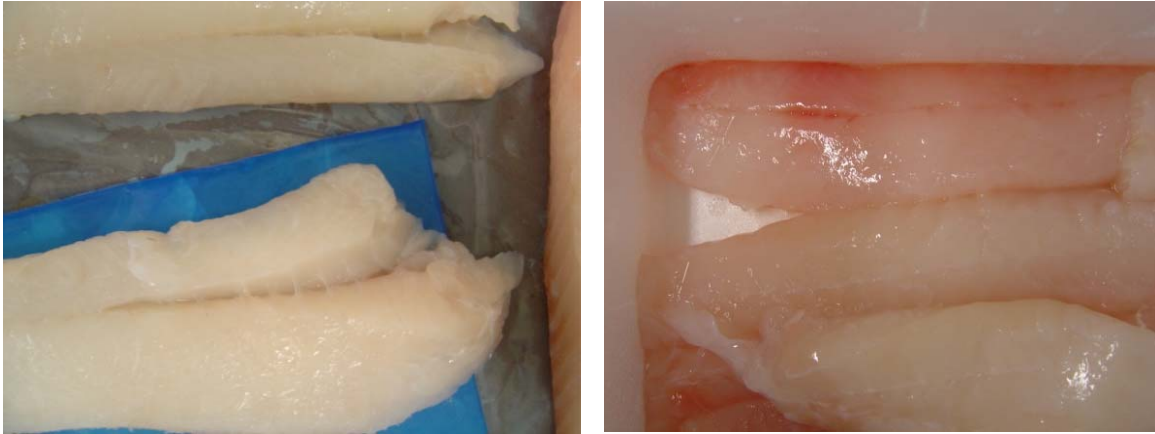
Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
1.1	Blóðgun og slæging	2
1.2	Efnabreytingar af völdum blóðs	3
2	Markmið	4
3	Framkvæmd	5
3.1	Hráefni og tilraunahögun	5
3.1.1	Tilraun 1 (þorskur og ufsi af ísfiskstogara)	5
3.1.2	Tilraun 2 (þorskur af frystitogara)	7
3.2	Mælingar	8
3.2.1	Skynmat	9
3.3	Örverumælingar	10
3.3.1	Vatns- og fituinnihald	11
3.3.2	Reikulir basar (TMA og TVN)	11
3.3.3	Ákvörðun á magni heme-járns og óbundins járns	11
3.3.4	Fituniðurbrot	12
3.3.5	Litgreining	13
3.3.6	Vatnsheldni (WHC) og þíðingar drip	14
3.4	Úrvinnsla gagna	14
4	Niðurstöður og umræða	15
4.1	Efnasamsetning í upphafshráefni	15
4.2	Kældar afurðir (þorskur og ufsi)	17
4.3	Saltaðar afurðir (þorskur)	20
4.4	Frystar afurðir	22
4.4.1	Þorskur	22
4.4.2	Ufsi	24
5	Samantekt	26
6	Þakkarorð	27
7	Heimildir	28

1 INNGANGUR

Einn mikilvægast þáttur í meðferð afla um borð og forsenda þess að tryggja megi gæði afurða er blæðing og kæling hráefnis. Auk þess að hafa áhrif á gæði og útlit afurða getur blóðtæming haft töluverð áhrif á stöðugleika og geymslupól þeirra. Sem stendur er mismunandi hvernig útgerðir standa að verklagi við blóðgun, blæðingu og fyrstu kælingu (Friðriksson et al. 2010). Almenn þekking á áhrifum mismunandi blæðingaraðferða á gæði hráefnis er fyrir hendi, en markvissar rannsóknir hafa ekki verið gerðar hin síðari ár. Ráðgjöf varðandi blóðgunaraðstæður við fiskveiðar byggjast því að miklu leyti á rannsóknum sem gerðar voru fyrir 20-30 árum, þegar möguleikar á stöðlun aðstæðna voru minni en í dag og auk þess hafa kröfur markaðarins breyst. Ýmsar tæknilegar umbætur hafa komið fram sem snerta kælingu, tíma og búnað um borð, sem hafa ekki verið rannsakaðar markvisst með tilliti til gæða og geymslupóls afurða. Í einhverjum tilfellum hafa komið fram ófyrirséðir afurðagallar. Vandamál tengd blóðgun og blæðingu sem eru sýnileg við vinnslu og verkun fisks eru t.a.m. blóðrönd eftir hrygg í verkuðum saltfiski og blóðblettir í ferskum afurðum. Fyrri tilraunir greina t.d. ekki frá áhrifum hitastigs við blæðingu, en nýlega var byrjað að nota krapaís eða vökvaís í blæðingarkerum. Við slíkar aðstæður getur hitastig farið niður í -1 til -2 °C og hugmyndir eru um að það valdi lakari blóðtæmingu. Blæðingaraðstæður eru einnig mismunandi, t.a.m. hvort notað er blæðingarker eða dæla og krapatankar um borð í veiðiskipum.

Til þess að tryggja að blóðið fari úr fiskinum en verði ekki eftir í vöðvunum er mikilvægt að rétt sé staðið að blóðgun/blæðingu aflans. Með því fæst dýrari og betri vara en ef fiskurinn er illa blæddur. Þetta á sérstaklega við um þorskafurðir þar sem markaðurinn er ekki að biðja um bleikan þorsk heldur hvítan. Meðfylgjandi myndir (Mynd 1 og Mynd 2) sýna greinilega þá gæðarýrnun sem getur átt sér stað ef ekki er nægilega tryggt að fiskurinn nái að blóðtæma sig.



Mynd 1 Samanburður á vel blæddum flökum (til vinstri) og illa blæddum (til hægri). Mikil gæðamunur er á þessum flökum og um leið mikill verðmunur



Mynd 2 Hvernig staðið er að blóðgun getur haft veruleg áhrif á gæði saltfisks. Efra flakið hér er blæfalegur saltfiskur af lifandi blóðguðum þorski en neðra flakið af dauðblóðguðum þorski.

1.1 Blóðgun og slæging

Blóðgun fisks er mikilvæg fyrir útlit fiskafurða og reynslan sýnir að það dregur verulega úr gæðum og geymsluþoli margra fisktegunda ef ekki er blóðgað og slægt. Samt sem áður er hefð fyrir að blóðga ekki fiska eins og t.d. steinbít og karfa, og er munurinn á blóðguðum og óblóðguðum fiski þessara tegunda ekki eins mikill og t.d. hjá ufsa og þorski (Gunnarsson 2001). Þetta gæti stafað af því að blóðrúmmál fiska er mismikið, eða frá 2% til 7% af líkamsþyngd fisksins og minna hjá tegundum sem synda hægt s.s. steinbít, en meira hjá tegundum sem synda hratt og mikið eins og lax og ufsa.

Rannsóknir hafa sýnt að mestu skiptir að fiskur sé blóðgaður lifandi og honum blæði út í sjó (Huss & Asenjo 1977; Valdimarsson 1981; Valdimarsson & Gunnarsdóttir 1982; Valdimarsson *et al.* 1984). Einnig hefur verið bent á að stöðug hreyfing við blóðgun hjálpi til við blóðtæmingu og að blóðtæma fisk við ör vatnsskipti í 10 mín (Gunnarsson 2001).

Mikilvægt er talið að kæla fisk í blóðtæmingu til þess að lengja blóðstorknunartímann, dauðastirðnunartímann og draga úr losi fiskholdsins (Skjervold *et al.* 2001). Einnig hefur verið talið að blóðtæming sumra fisktegunda geti hugsanlega orðið lakari við sjávarhita niður að 0 °C, og ekki sé fullrannsakað hvaða hitastig henti best.

Kæling getur verið mjög hröð um borð í skipum sem nota krapa- eða vökvaís til kælingar fyrir og/eða eftir blæðingu og nokkuð hefur verið kvartað um galla í afurðum sem eru blóðtæmdar með þessari aðferð. Mikilvægt er fyrir sjómenn og útgerð að sannreyna hvort krapaís henti til notkunar við blæðingu á sjó, því krapaísinn er ódýrari í framleiðslu og mikil hagræðing og vinnusparnaður er af notkun krapaíss (vökvaíss).

Í sumum löndum hefur verið mælt með að fiskurinn blóðtæmist áður en hann er slægður, en ýmsir telja að það sé ekki nauðsynlegt og því er fiskur gjarnan blóðgaður og slægður í einu handtaki. Flestar heimildir þó sammála um eftirfarandi atriði (Huss 1995):

- Biðtími fyrir blóðgun/slægingu hefur meiri áhrif á blóðtæmingu, en aðferðin sem beitt er við blóðgun/slægingu.
- Best blóðtæming fæst ef fiskurinn er lifandi við aðgerð, en aðalatriðið er að skera fiskinn fyrir dauðastirðnun því það er vöðvasamdrátturinn sem þrýstir blóðinu úr vefjunum.

1.2 Efnabreytingar af völdum blóðs

Helstu ástæður fyrir því að blóðtæming sé gagnleg fyrir gæði fiskafurða eru þær að litur og útlit flaka er betra þegar blóðgað er, auk þess sem rauðu blóðkornin (hemóglóbín) í blóðinu valda skemmdum af völdum þránunar (Rehbein & Hultin 2002). Blóð þorskfiska inniheldur meiri TMAO-asa virkni en hvítur vöðvi, og þannig geta blóðleifar örvað niðurbrot TMAO í formaldehyð og DMA, með tilheyrandi slæmum áhrifum á áferð og gæði fiskafurða, einkum í frystigeymslu.

Gæðarýrnun vegna þránunar var lengi ekki talið vandamál í afurðum úr mögrum fiskvöðva, en rýrnun á bragði, lykt og áferð og myndun eittra efnasambanda geta orðið fyrir tilstuðla þránunar (Kanner 1994). Hins vegar er þránun í kjöti og fiski almennt álitin byrja í himnubundinni fitu (fosfólípíðar) (Decker & Xu 1998) og benda rannsóknir Undeland *et al.* (2002) þar að auki til þess að oxun í fiski sé óháð fituinnihaldi fisksins. Í mögrum fiski eins og ufsa og þorsk er fitan að mestu leyti í lifrinni og er fituinnihaldið (þríglýseríð) í holdinu

minna en 1% (Ackman 1967; Sidwell *et al.* 1978). Til viðbótar við þessa fitu bætast síðan fosfólípíð sem eru fastbundin við prótein (himnubundin lípíð) og mælast ekki með hefðbundnum aðferðum og er magn þeirra um 1%. Fosfólípíð innihalda mjög hátt hlutfall langra fjölómattaðra fitusýra sem eru mjög óstöðugar gagnvart súrefni og oxast því auðveldlega (Khayat & Schwall 1983; Love 1988; Shahidi & Dunajski 1994). Þau eru því viðkvæmari fyrir þránun en þríglýseríð í forðafitu, sérstaklega þegar búið er að vinna fiskinn því þá hafa súrefni og hvatar, eins og járn úr blóði, meira aðgengi að fitusýrunum (Frankel 1998; Hultin & Kelleher 2000).

Margir efnisþættir blóðs geta hvatað eða seinkað oxun lípíða eins og heme prótein (hemóglóbín og myoglóbin). Í fiskum hefur hemóglóbín verið þekkt sem einn af mikilvægustu þráhvötunum, en heme eða járn getur verið losað frá próteinunum til að hvata þránun (Richards & Hultin 2002). Í post-mortem fiski getur hemóglóbín hvarfast við vöðvalípíð og aukið þránun (Richards *et al.* 1998). Sýnt hefur verið fram á að blæðing minnki þránun við frostgeymslu (Tretsven & Patten 1981).

Auk þessara þátta þá er þekkt að blæðing getur haft áhrif á sýrustigið, því minna myndast af mjólkursýru í fiski sem er látinn blæða vel (Chiba *et al.* 1991). Lág sýrustig getur haft slæm áhrif á áferð og geymsluþol fiskafurða (Hedges 2002). Þráahvatavirkni fiski hemóglóbíns getur þar að auki örvast við lækun á pH, eins og gerist við geymslu eftir dauða, þ.e. frá pH 7 niður í 6,2 (Richards & Hultin 2000). Ónóg blæðing hefur því víðtæk áhrif á gæði fiskafurða til hins verra.

2 MARKMIÐ

Markmið þessa verkefnisins er að auka verðmæti sjávarfangs með því að greina kjöraðstæður við blóðgun/blæðingu og koma þannig í veg fyrir afurðargalla vegna blóðs í þorsk- og ufsaafurðum og um leið auka stöðugleika þessara afurða í geymslu. Þetta verkefni gerir okkur kleift að framkvæma markvissar rannsóknir á mismunandi blæðingaraðferðum og auka þannig þekkingu á áhrifum hemóglóbíns og járn á eiginleika fiskvöðvans. Niðurstöður verkefnisins munu gefa ábendingar um réttar blóðgunar/blæðingaraðferðir og þ.a.l. grunn að verklagsleiðbeiningum sem munu leiða af sér stöðugri og verðmætari fiskafurðir. Varpa á ljósi á áhrif mikillar kælingar við blæðingu (-1 til -2 °C), svo og blæðingartíma á sýrustig og magn hemóglóbíns í holdi og áhrif þessa þráhvata á gæðapætti eins og útlit (litur, áferð og

vatnsbindieiginleikar) og þrúnun í unnum afurðum. Þær afurðir sem verða skoðaðar í þessu verkefni eru kældar, frystar og saltaðar afurðir.

3 FRAMKVÆMD

3.1 Hráefni og tilraunahögun

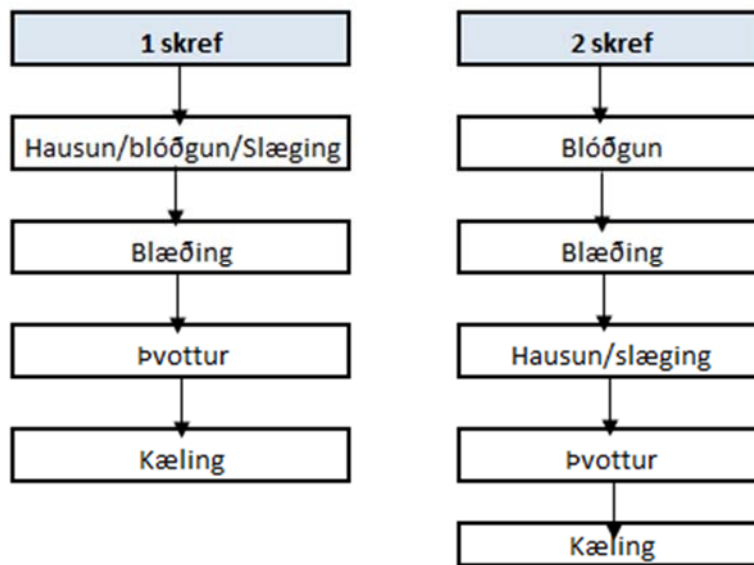
Prófaðar voru nokkrar mismunandi útfærslur á því hvernig staðið er að blóðgun, blæðingu og kælingu afla. Hráefnið var því næst notað í ferskar, frystar og saltaðar afurðir. Bæði þorskur og ufsi voru skoðaðir.

3.1.1 Tilraun 1 (þorskur og ufsi af ísfiskstogara)

Tilraunin var framkvæmd í nóvember 2011 hjá HB Granda í Reykjavík. Fiskurinn var veiddur með botnvörpu af Sturlaugi H. Böðvarssyni AK 10 á *Halamiðum* og *Eldbankanum*. Þorskur og ufsi fyrir tilraunina voru veiddir á tímabilinu 10.-12. nóvember 2011 (þrjár veiðidagar) og var þeim landað hjá HB Granda í Reykjavík þann 14.11.2011. Fiskurinn var blóðgaður og slægður í einu skrefi eða blóðgaður fyrst, látinn blæða í blæðingarkeri og slægður síðan. Allur þorskur var blóðgaður og slægður í höndum en ufsi bæði í höndum og með slægingarvél (KM Mark 5), en véslæging er algeng aðferð fyrir ufsa þar sem hann er talinn verðminna hráefni t.d. samanborið við þorsk. Þorskur er aftur á móti ekki véslægður til þess að viðhalda gæðum og nýtingu. Fiskur sem gerður var að í höndum var blóðgaður og slægður í einu skrefi eða blóðgaður fyrst, látið blæða og svo slægður.

Fiskur var látinn blæða annars vegar í kerri með sjó (-0.8 ± 0.1 °C) og hins vegar með krapa (-1.5 ± 0.1 °C), og látinn liggja í 10 ± 5 mín annars vegar og 35 ± 5 mín hins vegar áður en hann var þveginn. Eftir þvott var svo gengið frá honum niður í lest í kar með ís. Sýni úr ufsa voru metin með hliðsjón af því hvort ufsi var blóðgaður og slægður í vél eða höndum, og hvort honum var látið blæða í krapa eða sjó. Þorskur var blóðgaður og slægður í einu handtaki, og fólst samanburðurinn einkum í samanburði á kælimiðlum og þeim tíma sem fiskurinn var látinn blæða. Samantekt á sýnahópnum má sjá á Mynd 3 og Mynd 4. Strax eftir löndun var fiskurinn flakaður, en flökunum var strax skipt við vinnslu þannig að vinstra flakið fór í kældar afurðir og hægra flakið í frystar afurðir. Þessu til viðbótar, þá glataðist við löndun einn sýnahópur af ufsa þar sem blóðgun og slæging voru framkvæmd í tveimur skrefum og fisknum látið blæða í sjó.

Flökum fyrir kældar afurðir var pakkað í frauðplastkassa með innri plastpoka og ísmottur settar efst í kassana. Flökin fyrir frystu afurðirnar (hægra flakið) voru lausfryst (Gyrofrystir), íshúðuð og pakkað í pappakassa með innri plastpoka. Hitasíritum var komið fyrir í völdum kössum til að fylgja hitastigsmeðhöndlun fisksins við flutning og geymslu. Eftir upphafssýnatöku var sýnunum komið fyrir í geymslum við hitastigin ~ -1 °C (kældar afurðir) og -18 °C og -24 °C (frystar afurðir). Kældar afurðir voru geymdar í allt að 13 daga og frystar afurðir í 13 mánuði.



Hópur	Blóðgun og slæging	Kælimiðill í blæðingarkeri	Tími í blæðingarkeri	Afurðir
Is 1	1 skref	Sjór	10 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
Is 2	1 skref	Sjór	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
Is 3	1 skref	Krapi	10 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
Is 4	1 skref	Krapi	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir

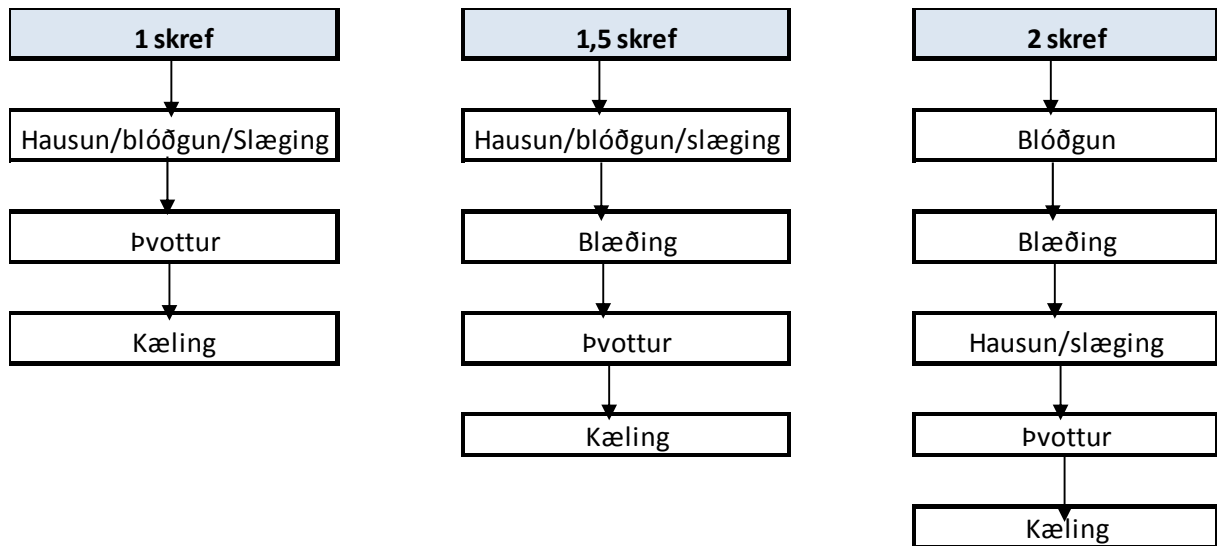
Mynd 3 Tilraunahópar af **borski** í blóðgunartilraun um borð í ísfiskstogara (Tilraun 1).

Hópur	Blóðgun og slæging	Kælimiðill í blæðingarkeri	Tími í blæðingarkeri	Afurðir
U1	1 skref	Sjór	10 ±5 mín	Frystar afurðir
U2	1 skref	Sjór	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
U3	2 skref	Sjór	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
U4	2 skref	Krapi	35 ±5 mín	Glataðist við löndun
U5	1 skref / Vél	Sjór	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir
U6	1 skref / Vél	Krapi	35 ±5 mín	Kældar og frystar afurðir

Mynd 4 Tilraunahópar af [ufsa](#) í blóðgunartilraun um borð í ísfiskstogara (Tilraun 1).

3.1.2 Tilraun 2 (þorskur af frystitogara)

Tilraunin var sett af stað í mars 2012 hjá Þorbirni hf. í Grindavík. Þorskurinn var veiddur með botnvörpu af Hrafn Sveinbjarnarsyni GK255 í *Tánni*. Fiskurinn fyrir tilraunina var veiddur á tímabilinu 27.-29. mars 2012 (þrjár veiðidagar) og var annars vegar blóðgaður og slægður í einu skrefi og hins vegar í tveimur skrefum (fyrst blóðgað, blæðing í 15 mín og því næst slægður og hausaður). Að auki var mismunandi biðtími á dekki fyrir blóðgun skoðaður (enginn vs. 4 klst.). Samantekt á sýnahópunum má sjá á Mynd 5. Eftir blóðgun, slægingu og kælingu voru fiskarnir flakaðir og frystir í millilagðar blokkir um borð. Eftir löndun í Grindavík voru blokkirnar sendar til Matís og unnar frekar (3. apríl 2012). Eftir komu til Matís voru frystu flökin í blokkunum aðskilin og skipt niður í mismunandi afurðir. Eftir upphafssýnatöku var sýnunum bæði komið fyrir í frystigeymslu (-18 °C og -24 °C) sem og voru flök þídd fyrir söltun. Söltun fór fram með hefðbundnum hætti, þ.e. þæklað með 18% saltpækli í 2 dga og því næst þurrsaltað í 2 vikur. Saltaðar afurðir voru geymdar í kæli í 3 mánuði. Frystar afurðir voru geymdar í 6 mánuði.



Hópur	Blóðgun og slæging	Biðtími fyrir blóðgun	Kælimiðill í blæðingarkeri	Afurðir
F1	1 skref	4 klst.	Sjór	Frystar og saltaðar afurðir
F2	1 skref	Enginn	Sjór	Frystar og saltaðar afurðir
F3	1,5 skref	Enginn	Sjór	Frystar afurðir
F4	2 skref	4 klst.	Sjór	Frystar afurðir
F5	2 skref	Enginn	Sjór	Frystar og saltaðar afurðir

Mynd 5 Tilraunahópar af **borsk** í blóðgunartilraun um borð í frystitogara (Tilraun 2).

3.2 Mælingar

Fjölmargar mismunandi mælingar voru framkvæmdar til þess að fylgja eftir gæðabreytingum afurðanna við vinnslu og áframhaldandi geymslu. Auk hefðbundinna efna- og örverumælinga, þá var lögð áhersla á að fylgja eftir breytingum sem áttu sér stað bæði í vöðva og fitumassa flakanna. Samantekt um þær mælingar sem voru notaðar í tilrauninni má sjá í eftirfarandi töflu (Tafla 1).

Tafla 1 Listi yfir þær mælingar sem voru framkvæmdar. *Mælingar gerðar á bæði dökkum og ljósum ufsavöðva. **Mælingar gerðar aðeins á ljósum vöðva ufsa.

Mælingar	Skýring	Sýnahópar metnir
Skynmat	QDA og Torry	Kældar afurðir
Örverutalning	Heildarfjöldi. og H ₂ S-myndandi	Kældar afurðir
* Vatnsheldni	WHC	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
Drip	Þíðingardrip	Frystar afurðir
* Heme og non-heme járn	Magn blóðrauða og óbundins járn í vöðva	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
* Efnasamsetning	Vatns- og fitumagn	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
* Samsetning fitu	Magn (hlutfall) fosfólípíða	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
* Oxunarafleiður	Fríar fitusýrur (FFS), peroxíð gildi (PV), TBARS og flúrljómunar gildi (FL)	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
** TVN	Heildarmagn reikulla basa,	Kældar, frystar og saltaðar afurðir
** TMA	Trímethylamín	Kældar afurðir
Litur	Machine vision / Minolta	Kældar, frystar og saltaðar afurðir

3.2.1 Skynmat

Athugað var hvort og ef svo væri þá hvernig mismunandi meðhöndlun við blóðgun hefur áhrif á skynræna eiginleika og geymsluþol kældra þorsk- og ufsaafurða. Soðin sýni voru metin eftir myndrænu prófi (GDA generic descriptive analysis) og Torry ferskleikaskala (Shewan *et al.* 1953). Í myndrænu prófi eru skilgreindir matsþættir metnir af þjálfuðum skynmatshópi til að lýsa einkennum í lykt, útliti, bragði og áferð (Stone & Sidel 1985). Ellefu dómarar sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Val matsþátta var byggt á fyrri tilraunum (Margeirsson *et al.* 2011) en matsþættir voru 28 fyrir þorsk og 29 fyrir ufsa og voru allir matsþættir, utan eins, þeir sömu eða sambærilegir (Tafla 2 **Error! Reference source not found.**). Hver matsþáttur var metinn eftir styrk eða einkennum á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Hvert sýni var um 40g biti skorinn þvert úr hnakkastykki flaks. Sýnin voru soðin í gufu í 6 mín og borin fram heit í álboxum með loki. Dómarar mátu í mesta lagi fjögur sýni í einu. Hver sýnahópur var metinn tvisvar (tvísýni) og öll sýni dulkóðuð með þriggja stafa númeri.

Skynmatsforritið Fizz var notað við uppsetningu og framkvæmd skynmats. Við úrvinnslu voru dómarar, sýni og endurtekningar skoðuð og framlag þeirra metið í greiningu á hópum.

Skynmatsforritið Panelcheck (V1.3.2) var notað til að skoða frammistöðu dómara. ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd á leiðréttum gildum í NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) til að greina hvort tilraunahópar væru mismunandi með tilliti til skynmatsþátta (marktækur munur ef $p < 0,05$).

Tafla 2 Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á soðnum þorski og ufsa. *Skynmatsþáttur aðeins metin fyrir ufsa.

skynmatsþáttur	stytting	skali	skilgreining
<i>LYKT</i>			
sæt lykt	L-sæt	engin mikil	sæt lykt
skelfisk-/þörungalykt	L-skelfiskur	engin mikil	einkennandi fersk lykt
vanilla/ soðin mjólk	L-vanilla	engin mikil	vanilla, sæt soðin mjólk
soðnar kartöflur	L-kartöflur	engin mikil	heitar heilar soðnar kartöflur í potti
borðtusukulykt	L-borðtuska	engin mikil	óhrein rök borðtuska úr eldhúsinu (36 klst)
þrái	L-þrái	engin mikil	þráalykt
TMA lykt	L-TMA	engin mikil	TMA, harðfiskur, siginn fiskur, skata, amín,
skemmdarsúr	L-súr	engin mikil	skemmdarsúr, súr mjólk, ediksýra, smjörsýra
brennisteinslykt	L-brennist.	engin mikil	brennisteinn, eldspýtur, soðið kál
<i>ÚTLIT</i>			
litur	Ú-litur	ljós dökkur	yfirborð sýnis: ljós; hvítur litur. Dökkur; gulur, brúnn, grár
misleitur	Ú-misleit.	einsleitur misleitur	yfirborð sýnis: misleitur; t.d. blettir, misleitur í kantinn
hvítar útfellingar	Ú-útfell.	ekkert mikið	hvítar útfellingar á bita
flögur	Ú-flögur	ekkert mikið	fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
<i>BRAGÐ</i>			
saltbragð	B-salt	ekkert mikið	saltbragð
málmkennt bragð	B-málmur	ekkert mikið	einkennandi málmbragð af ferskum þorski/ufsa
fiskolía *	B-fiskolía	ekkert mikið	Fersk fiskolía, fersk lifur, (ekki þrátt)
sætt bragð	B-sætt	ekkert mikið	einkennandi sætt bragð af ferskum soðnum þorski/ufsa
rammt bragð	B-rammt	ekkert mikið	rammt bragð
skemmdarsúrt	B-súrt	ekkert mikið	skemmdarsúr
þrái	B-þrái	ekkert mikið	þráabragð
TMA bragð	B-TMA	ekkert mikið	TMA, harðfiskur, siginn fiskur
ýlda	B-ýlda	ekkert mikið	ýlda
<i>ÁFERÐ</i>			
mýkt	Á-mýkt	stinnur mjúkur	fyrsta bit
safi	Á-safi	þurr safaríkur	þurr- dregur safi úr munni
meyrni	Á-meyrni	seigur meyr	þegar tuggið hefur verið nokkrum sinnum
maukkennt	Á-maukk.	lítið mikið	mauk, grautur
kjötkennd munnh	Á-kjöt.	lítið mikið	minnir á kjötáferð, grófar vöðvatrefjar
stamur	Á-stamur	lítið mikið	stöm áferð, þurrt rauðvín, tannín
gúmmikenndur	Á-gúmmík.	lítið mikið	gúmmí, fjaðrandi

3.3 Örverumælingar

Við örverumælingar voru sýnin ræktuð á járnagar (17 °C), með yfirborðssáningu, í 5 daga. Allar kólóníur voru taldar til að finna heildarfjölda. Svartar kólóníur voru taldar sérstaklega til að finna fjölda H₂S myndandi örvera. Þær mynda H₂S úr sodíum thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. Einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, *Shewanella putrefaciens*, myndar svartar kólóníur á þessu æti. Þessi gerill myndar trímetylámín (TMA) úr trímetylámín

oxíð (TMAO) en fyrra efnið hefur oft verið notað sem mælikvarði um skemmdir á sjávarfiski (Magnússon *et al.* 2007).

3.3.1 Vatns- og fituinnihald

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

Fituúrdráttur var framkvæmdur skv. aðferð Bligh & Dyer (1959) þar sem 25 g hakkað sýni var blandað við MeOH/CHCl₃/0,88% KCl með homogenizer (Ultra-turrax T25, IKA, Germany) á ís. Eftir blöndun voru sýnin sett í skilvindu (2500 rpm) í 20 mín við 4 °C. Neðri fasinn (klóróform fasinn) var síaður undir sögi, settur í 50 mL mæliflösku og fyllt að marki með klóróformi. Klóróform fasinn var notaður til þess að meta fituinnihald sýnanna, magn fosfólípíða, sem og til þess að ákvarða þriðjastigs myndefni þránunar. Fituinnihald sýnanna ver fengin með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Fituinnihald (\%)}: \frac{\text{g fita í 50 mL}}{\text{g sýnis}} \times 100$$

Magn fosfólípíða (% af heildarmagni fitu) var metið ljósgleypniaðferð (Stewart 1980) sem byggist á myndun efnasambands milli fosfólípíða og ferrotiocynate. Styrkur fosfólípíða var metin út frá staðalkúrfu með phosphatidylcholine í klóróformi (5-50 µg/mL).

3.3.2 Reikulir basar (TMA og TVN)

Mælingar á heildarmagni reikulla basa (TVN) og trimethylamine (TMA) voru gerðar samkvæmt aðferð Malle & Tao (1987). TVN var mælt með gufueimingu (Struers) og títrun eftir útdrátt fiskvöðvans með 7,5% trichloroacetic acid lausn (TCA). Eimaðu TVN var safnað í bórsýrulausn og títrað með H₂SO₄. Sami úrdráttur var notaður fyrir TMA mælingu en 20 mL af 35% formaldehyde var bætt í suðufloeskuna fyrir eimingu.

3.3.3 Ákvörðun á magni heme-járns og óbundins járns

Magn járns sem bundið er við hemóglóbín (e. heme iron) var ákvarðað samkvæmt Gomez-Basauri & Regenstein (1992) með smá breytingum. Hakkað sýni (2g) var mælt í 50 mL PP skilvinduglas og 20mM fosfatbuffer (pH 6,8) bætt út í. Eftir blöndun og skilvindu (3000g í 30 mín.) var sýnið síað með Whatman No. 1 og mælt við 525 nm. Myoglobín innihald var reiknað út frá millimolar extinction stuðlinum 7,6 og molecular þyngdinni 16110. Heme járn var reiknað út frá því að myoglobín inniheldur 0,35% járn.

Magn óbundins járns (e. non-heme iron) var ákvarðað samkvæmt aðferð Schricker *et al.* (1982).

3.3.4 Fituniðurbrot

Áhugi var að kanna hvort og ef svo væri þá hvaða áhrif hráefnimeðhöndlun og geymsla hefðu á fituniðurbrot (myndun oxunarafleiða). Til þessa voru, fríar fitusýrur (FFA), peroxíð gildi (PV), TBARS og flúrljómunargildi (FL) metin. Margir efnisþættir blóðs geta hvatað eða seinkað þránun, en í fiskum hefur hemóglóbín verið þekkt sem einn af mikilvægustu þráahvötunum (Decker & Hultin 1992; Skipsted *et al.* 1998; Richards & Hultin 2002).

3.3.4.1 Fríar fitusýrur (FFA)

Fríar fitusýrur (g/100g af fitu) voru metnar samkvæmt aðferð Lowry & Tinsley (1976) með breytingum frá Bernardez *et al.* (2005). Styrkur FFS var reiknaður út frá staðalkúrfu af oleic sýru á styrkbilinu 2-22 $\mu\text{mól}$.

3.3.4.2 Peroxíð gildi (PV)

Fyrstastigs myndefni þránunar (peroxíðgildi, PV) var ákvarðað með breyttri útgáfu af ferric thiocyanate aðferðinni (Santha & Decker 1994). Fita var dregin úr 5,0 g af hökkuðu sýni með 10 mL af ískaldri $\text{CHCl}_3:\text{MeOH}$ (1:1) lausn og 5,0 mL af NaCl (0,5 M). Til þess að hindra að frekari myndun peroxíðs ætti sér stað við mælinguna, þá var allt framkvæmt á ís og 500 ppm af BHT var bætt í úrdráttarlausnina. Eftir blöndun voru sýni sett í skilvindu (TJ-25 Centrifuge, Beckmann Coulter, USA) í 5 mín. við 5100 rpm og 4 °C. 0,5 mL af neðri fasanum (klóroform fasinn) var safnað og blandað saman við 0,5 mL af $\text{CHCl}_3:\text{MeOH}$ lausninni og 5 μL af hvarflausn bætt við (ammonium thiochyanate (4 M) og ferrous chloride (80 mM), 1:1). Eftir að sýnin höfðu hvarfast í 10 mínútur við herbergishita var gleypni þeirra mæld í 96 holuörplötu við 500 nm Tecan Sunrise, Austria). Peroxíðgildi sýnanna (mmol PV/kg sýnis) var ákvarðað útfrá staðalkúrfu af cumene hydroperoxides.

3.3.4.3 TBARS

Til þess að mæla annarstigs myndefni þránunar (TBARS) var notuð aðferð Lemon (1975) með breytingum. Hökkuð sýni (5,0 g) voru blönduð við 5,0 mL af trichloroacetic acid (TCA) úrdráttarlausn (7,5% TCA, 0,1% propyl gallate og 0.1% ethylenediaminetetraacetic acid) með homogenizer á hámarkshraða í 10 sek. (Ultra-Turrax T25, IKA, Germany). Þá var öðrum 5 mL af TCA bætt við blönduna og hún sett í skilvindu við 5100 rpm í 20 mín við 4 °C (TJ-25 Centrifuge, Beckmann Coulter, USA). 0,5 mL af efralaginu var safnað og blandað við 0,5 mL

af thiobarbituric acid (TBA, 0,02M) hvarflausn og hitað í vatnsbaði við 95 °C í 40 mín. Strax eftir hitun voru sýnin kæld niður á ís og ljósgleypni þeirra mæld í 96 holuörplötu við 530 nm (Tecan Sunrise, Austria). TBARS gildi ($\mu\text{mol MDA} / \text{kg sýni}$) var ákvarðað útfrá staðalkúrfu af tetraethoxypropane.

3.3.4.4 Flúrljómun

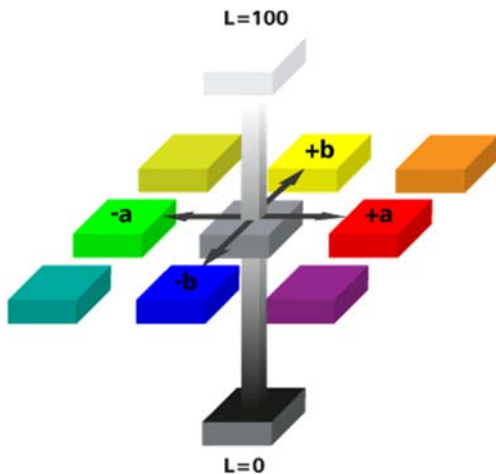
Þriðjastigs myndefni þránunar var metið með því að mæla flúrljómun á klóróform fasanum (úr fituúrdrættinum) á Perkin Elmer LS 50B flúrljómunarmæli. Stuðst var við aðferð sem þróuð var af Aubourg o.fl. (Aubourg *et al.* 1997; Aubourg *et al.* 1998; Aubourg 1999a; Aubourg 1999b; Aubourg 2001). Útslag var mælt við bylgjulengdirnar ex/em 393/463 nm og ex/em 327/415 nm. Flúrljómunargildið er:

$$\Delta F = \frac{F_{393/463}}{F_{327/415}} \quad \text{þ.s.} \quad F_{393/463} = \frac{F}{F_{st}}$$

F er útslag sýnis, F_{st} er útslag quinine sulphate staðals (1 $\mu\text{g/mL}$ í 0.05M H_2SO_4) við sömu bylgjulengdir. $F_{327/415}$ er fengið á sama hátt.

3.3.5 Litgreining

Meðal helstu ástæðna fyrir því að blóðgun sé talin gagnleg fyrir gæði fiskafurða eru þær að litur og útlit flaka er talið betra þegar fiskur er blóðgaður. Litmælingar voru því framkvæmdar til þess að leggja mat á áhrif mismunandi blóðgunaraðferða á litarblæbrigði þorsk- og ufsaflaka. Yfirborðslitur flakanna var metinn með litgreiningartæki sem samanstendur af ljóskassa og CCD litmyndavél sem er beintengd við tölvu. Litgreiningarforritið LensEye® var notað til þess að greina myndirnar samkvæmt CIE skalanum þar sem L^* (svart = 0 til hvítt = 100) lýsir hvítum lit, a^* (rautt = 60 til grætt = -60) lýsir rauðum lit og b^* (gult = 60 til blátt = -60) lýsir gulum lit flakanna.



Mynd 6 Hér er hægt að sjá sjónrænt hvernig gildin skiptast niður skv. *Lab** mælikerfinu.

3.3.6 Vatnsheldni (WHC) og þíðingar drip

Vatnsheldni flakanna var mæld með skilvindun (Eide *et al.* 1982). Hökkuð sýni (2,0 g) voru keyrð í skilvindu (Biofuge Stratas, Thermo electron corporation, Germany) með 1350 rpm hraða við 0-5 °C, í 5 mín. í sérstökum sýnaglös úr plexigleri í þar til gerðum plasthulsum. Vatnsheldni er hér skilgreind sem hæfni sýnis til að halda í eigin vökva undir þrýstingi við skilvindun. Vatnsheldni var reiknuð sem hlutfall þess vatns sem var í sýni eftir keyrslu miðað við heildarmagn í sýninu fyrir keyrslu:

$$\text{WHC (\%)} = \frac{[\% \text{ vatns (fyrir keyrslu)} * \text{magn sýnis (g)}] - [\text{vatnstap (þyngdartap við mælingu)} (g)] * 100}{[\% \text{ vatns (fyrir keyrslu)} * \text{magn sýnis (g)}]}$$

Lagt var mat á þíðingar drip eftir frystigeymslu. Þar var miðað við þyngd flakanna fyrir og eftir þíðingu. Fryst flök voru þíð upp við +2 °C í u.þ.b. sólarhring. Flökin voru sett á grindur þannig að þau lágu ekki í þeim vökva sem rann frá þeim við þíðinguna. Plast var breitt yfir flökin til að varna uppgufun og þornun yfirborðs. Flökin voru vegin frosin og þíðin til þess að leggja mat á drip, það er vökva sem rann frá flökunum við þíðinguna.

3.4 Úrvinnsla gagna

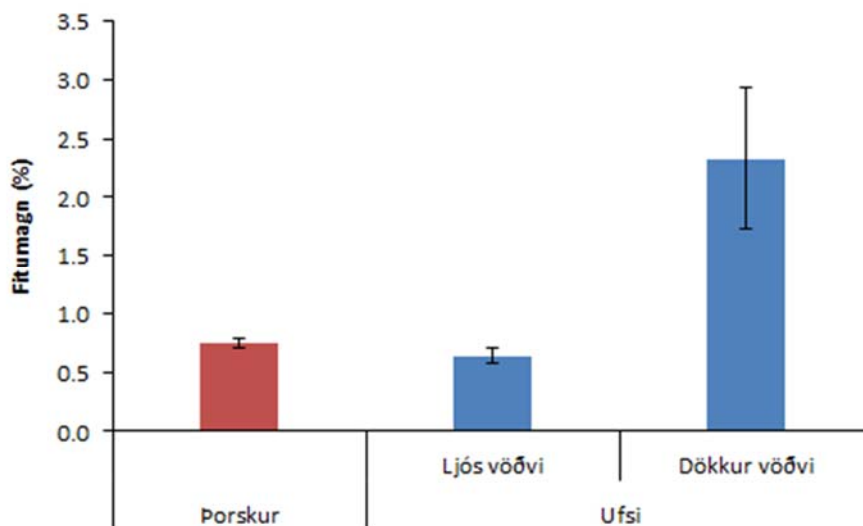
Tölfræðileg úrvinnsla var framkvæmd með Microsoft Excel 2010 og SigmaStat 3.5. ANOVA (one way variance analysis) ásamt samanburðarprófi Duncan's voru notuð til að meta marktækan mun á milli hópa. Í úrvinnslu var miðaða við 95% öryggismörk ($p < 0,05$). Höfuðþáttgreining (PCA) á öllum gögnunum var unnin með Unscrambler X (v. 10.2) til þess að meta hvaða mælipættir eru valda mestum breytileika milli sýna og hvaða sýni eru lík/ólík.

4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Í eftirfarandi undirköflum verður farið yfir helstu megin niðurstöður fyrir hverja afurð fyrir sig, þ.e. kældar, frystar og saltaðar afurðir.

4.1 Efnasamsetning í upphafshráefni

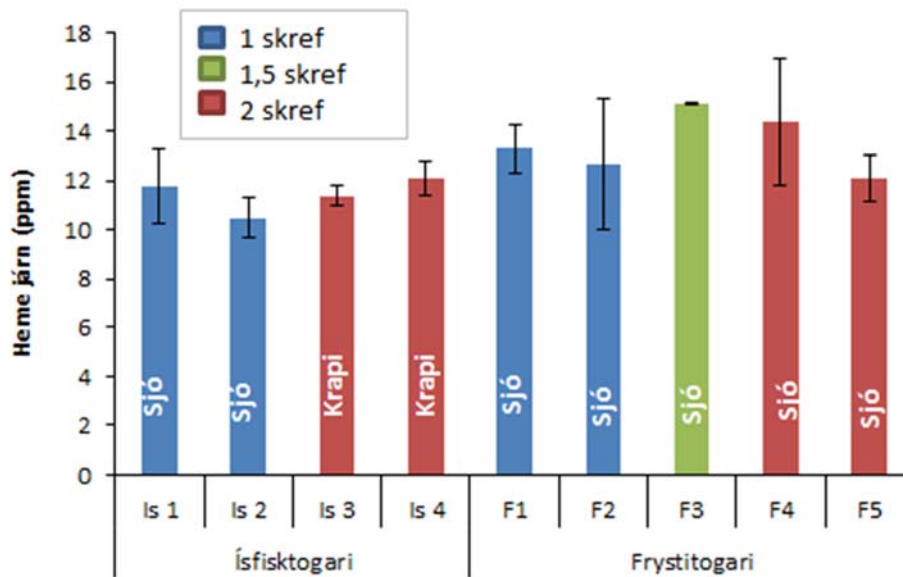
Vatns- og fituinnihald þorskflakanna sem notað var í tilraununum var á bilinu 81,1-81,9% og 0,5-0,7% og breytist það lítið í kældum og frystum afurðum með geymslu óháð blæðingaraðferðum. Hlutfall fosfólípíða af fitu í þorskinum var 62,1-64,7% í upphafshráefninu og rýrnaði það hlutfall marktækt með geymslutíma í öllum sýnahópunum. Frábrugðið mælingum á þorskinum, þá voru ljósi og dökkvi vöðvi ufsaflakanna greindir aðskildir. Vatnsinnihald í dökka vöðvanum var almennt ívið lægra eða 76,8-79,5% samanborið við 79,2-80,1% í ljósa vöðvanum. Meiri munur var á fituinnihaldi á milli vöðvanna þar sem fituinnihald í ljósum vöðva var á bilinu 0,6-0,8% en í dökkum vöðvanum 1,0-4,0%. Litlar breytingar áttu sér einnig stað á vatns- og fituinnihald við geymslu ufsa afurðanna. Í upphafshráefni var hlutfall fosfólípíða um 68,4-71,1% í ljósum vöðva og 32,4-38,1% í dökkum vöðva og rýrnaði það hlutfall almennt með geymslutíma í öllum sýnahópunum.



Mynd 7 Meðaltal fituinnihalds í upphafshráefni af þorsk og ufsa. Ljós og dökkur ufsavöðvi voru greindir aðskildir.

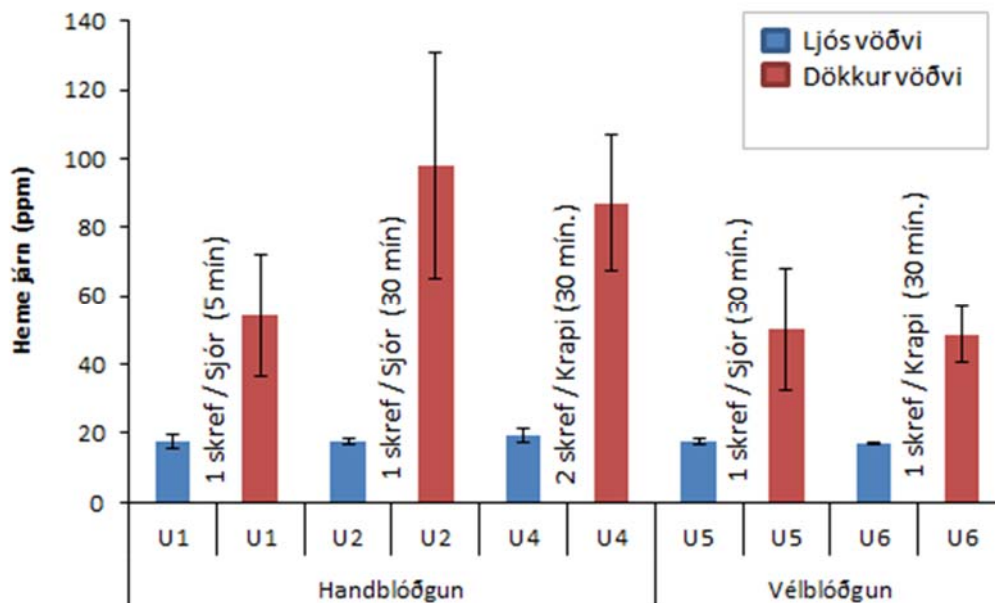
Til þess að leggja mat á hversu vel blóðtæming tókst þá voru framkvæmdar magngreiningar á járnri sem er bundið við blóðrauða (heme járn) í hráefninu bæði fyrir þorsk og ufsa. Hemóglóbín er mjög virkur afoxari og getur auðveldlega brotnað niður ef fiskurinn verður

fyrir áreiti, t.d. vegna súrefnis, hitastigsbreytinga, ljóss og málma. Sýnahópar af mismunandi blæddum þorsk sýndu almennt lítinn mun á milli sýnahópa (Mynd 8).



Mynd 8 Heme járn (ppm) í upphafshráefni af þorsk sem hafði verið blóðgaður á mismunandi hátt.

Í ljós kom talsverður munur á hemóglóbín bundnu járni í dökkum vöðva ufsaflaka samanborið við ljósan vöðva (Mynd 9). Í upphafshráefninu voru þeir hópar sem voru blóðgaðir og slægðir í þar til gerðum vélbúnaði með almennt marktækt lægra magn samanborið við þá hópa sem voru handblóðgaðir og slægðir, sem gefur til kynna betri blóðlosun í vél. Handblóðguðu hóparnir sýndu einnig hraðara niðurbrot þessara efnasambanda með geymslutíma. Hitastig í blæðingarkeri virtist hafa óveruleg áhrif á magn járn bundið við hemóglóbín. Ekki reyndist marktækur munur á milli sýnahópa þegar ljósi ufsavöðvinn var skoðaður.



Mynd 9 Heme járn (ppm) í upphafshráefni af ufsa sem hafði verið blóðgaður á mismunandi hátt.

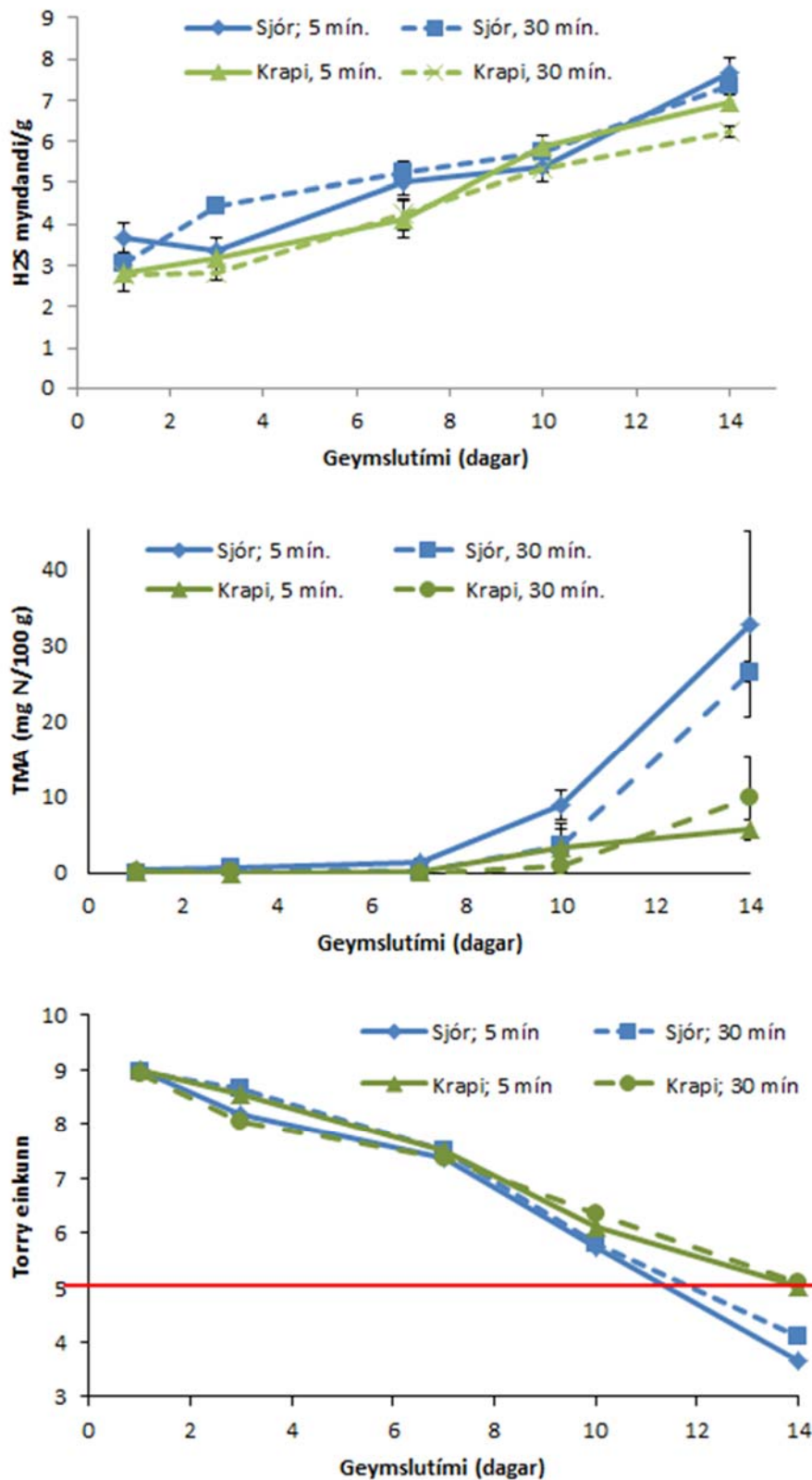
4.2 Kældar afurðir (þorskur og ufsi)

Allur þorskur var blóðgaður og slægður í höndum (eitt skref) og blætt út í sjó og í krapa í 10 ± 5 mín og 35 ± 5 mín. Þorski sem blætt var út í krapa viðhélta ferskleikaeinkennum sínum lengur, þ.e. geymdist lengur, en þorski sem blæddi út í sjó. Tími blæðingar virðist ekki skipta máli fyrir blæðingu á þorski í krapa, blæði þorski aftur á móti út í sjó eykst geymsluþol hans hins vegar með lengri blæðingartíma (**Error! Reference source not found.**). (Frekari skil á niðurstöðunum hafa verið birtar af höfundunum í *International Journal of Food Science and Engineering* (Nguyen *et al.* 2013).)

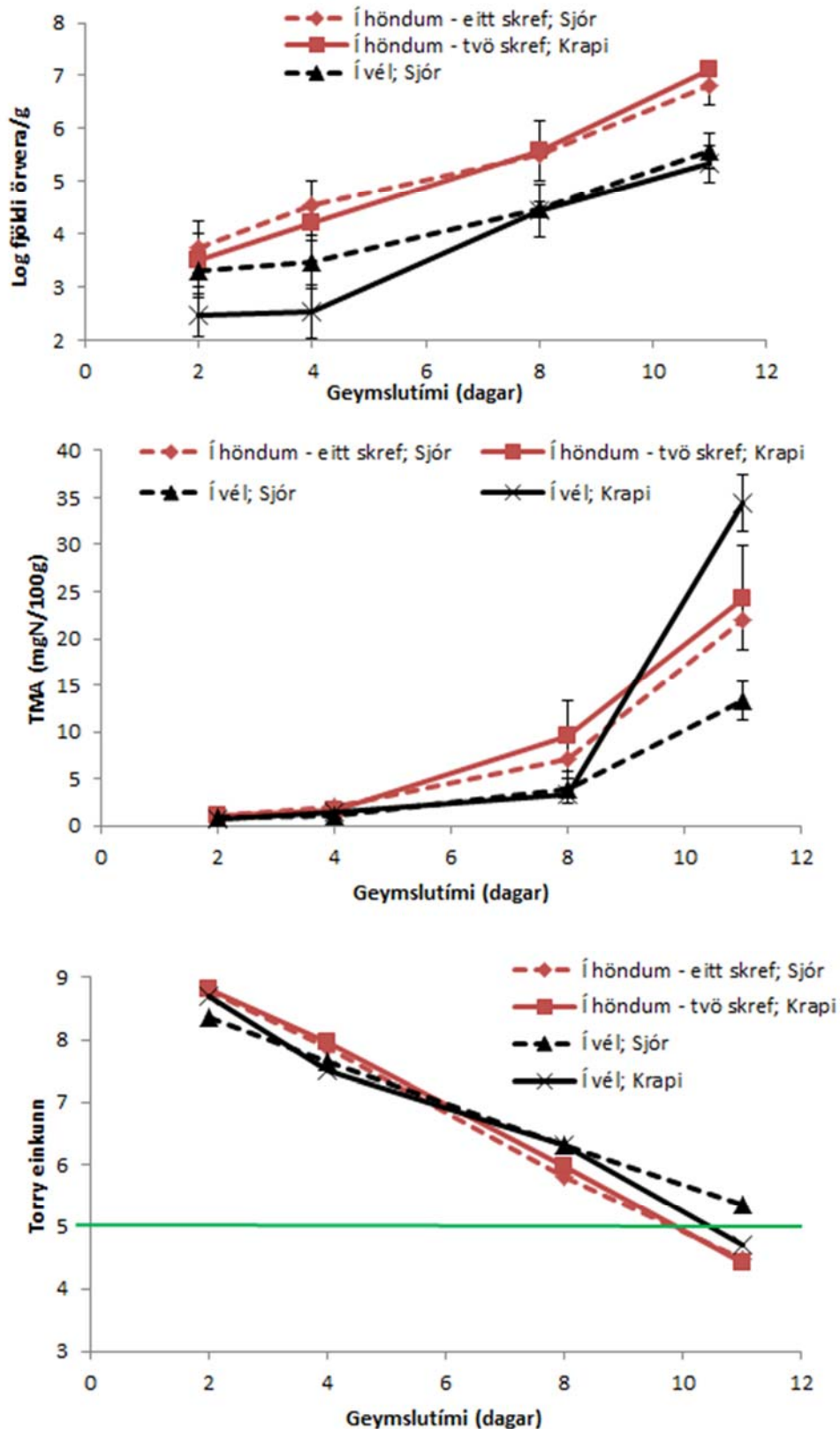
Sýni úr ufsa voru metin með hliðsjón af því hvort ufsi var blóðgaður og slægður í vél eða höndum og hvort honum var látið blæða í krapa eða sjó. Niðurstöður tilraunarinn sýna að aðferð við slægingu og blóðgun skiptir miklu máli fyrir geymsluþol ufsa (Mynd 11). Geymsluþol ufsa sem var slægður og blóðgaður í höndunum var minnst en meira fyrir ufsa sem var slægður í vél. Ufsi slægður í vél sem blæddi út í sjó hafði mest geymsluþol, en ufsi slægður í höndum sem blæddi út í sjó hafði minnst geymsluþol. Aðferð við blóðgun og slægingu virðist hafa minni áhrif ef ufsa blæðir út í krapa.

Af þeim aðferðum sem notaðar voru til þess að meta gæði og geymsluþol kældra þorsk- og ufsaflaka, sýna mæliþættir s.s. skynmat, örveruvöxtur, myndun reikulla basa og fríar fitusýrur mestu aðgreiningu á milli sýnahópa. Þránun virðist ekki hafa afgerandi áhrif á

ferskleikaeinkenni kældra þorsk- og ufsaflaka. Greinilegur munur mældist milli ljóss og dökks ufsavöðva, en það er ljóst að dökki vöðvinn er mun viðkvæmari fyrir þránun en sá ljósi.



Mynd 10 Fjöldi H₂S-myndandi örvera, TMA magn (mg N/100 g) og Torry einkunn í kældum mismunandi blóðguðum þorskflökum.

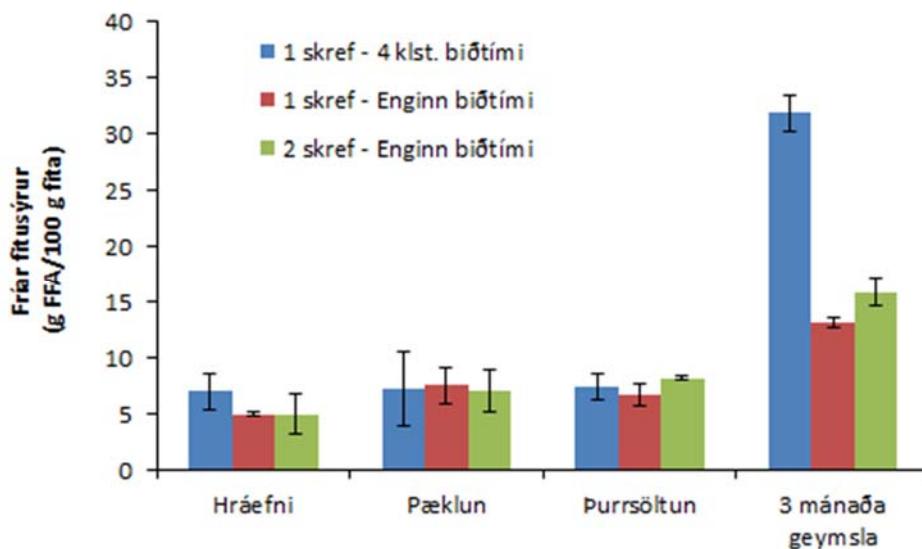


Mynd 11 Fjöldi H₂S-myndandi örvera, TMA magn (mg N/100 g) og Torry einkunn í kældum mismunandi blöðguðum ufsaflökum.

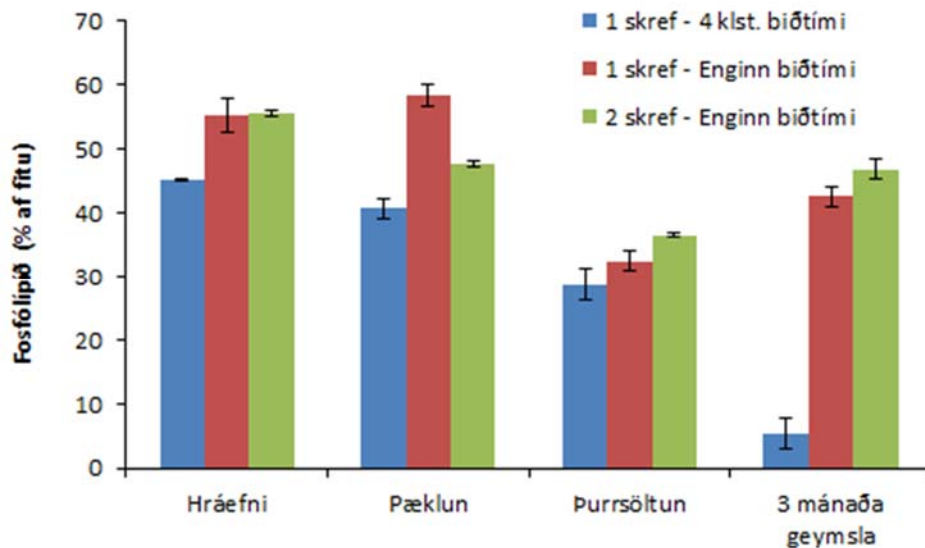
4.3 Saltaðar afurðir (þorskur)

Hráefnið (þorskur) sem var notað í saltaðar afurðir var unnið um borð í frystitogara og var fiskurinn annars vegar blóðgaður og slægður í einu skrefi og hins vegar í tveimur skrefum (fyrst blóðgað, blæðing í 15 mín og því næst slægður og hausaður). Að auki voru áhrif mismunandi biðtími á dekki fyrir blóðgun skoðuð (enginn vs. 4 klst.).

Biðtími á dekki fyrir blóðgun hafði veruleg áhrif á gæði saltaðra afurða sem endurspegladist m.a. í niðurbroti á fitufasa flakanna eins og sést á meðfylgjandi myndum. Eftir þriggja mánaða geymslu var magn frírra fitusýra (Mynd 12) í flökum sem fengu lengri biðtíma fyrir blóðgun umtalsvert hærra samanborið við flök þar sem biðtíminn var enginn. Munur á milli því hvernig staðið er að blóðgun var þó almennt ekki marktækur. Almennt er talið að fríar fitusýrur myndist fyrir tilstuðlan ensíma eins og lípasa og hafa rannsóknir sýnt að fosfólípíð séu einstaklega viðkvæm fyrir þess konar niðurbroti. Niðurstöðurnar hér styðja þetta þar sem magn fosfólípíða minnkar verulega hjá þeim flökum sem fengu lengri biðtíma fyrir blóðgun eins og sést á Mynd 13.

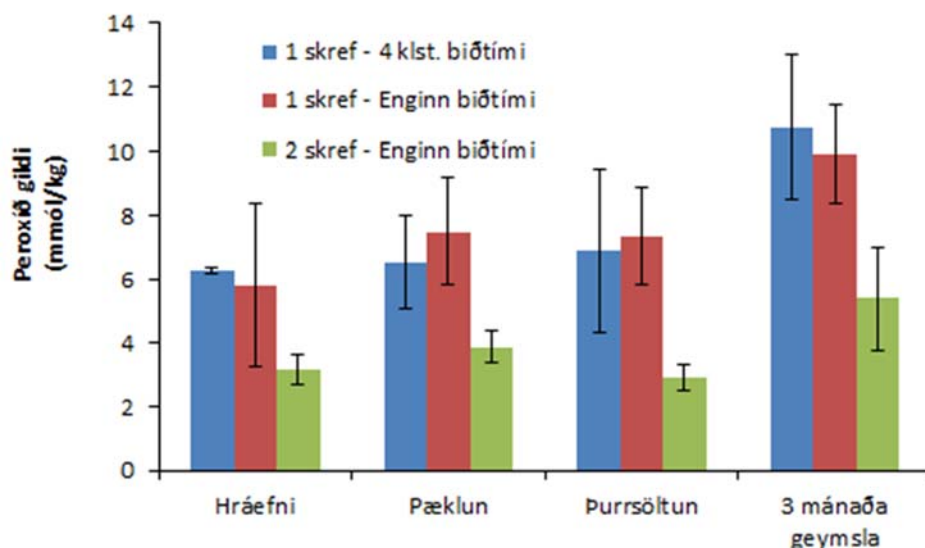


Mynd 12 Magn frírra fitusýra (g FFA/100 g fita) í söltuðum þorskafurðum.



Mynd 13 Magn fosfólípíða (hlutfall af heildarmagni fitu) í söltuðum þorskafurðum.

Þegar þránun eftir 3 mánaða geymslu er skoðuð þá eru áhrif mismunandi biðtíma á dekki fyrir blóðgun almennt ekki marktæk. Hvernig staðið var að blóðgun sýndi aftur á móti greinilegan mun á þránunargildum. Það að láta fiskinn blæða áður en hann er slægður skilar sér í marktækt lægri þránun en þegar blóðgun og slæging er framkvæmd samtímis eins og sést á Mynd 14 (peroxíð gildi). Mælingar á annars stigs og þriðja stigs myndefni þránunar (TBARS og flúrljómun) sýndu sömu niðurstöður.



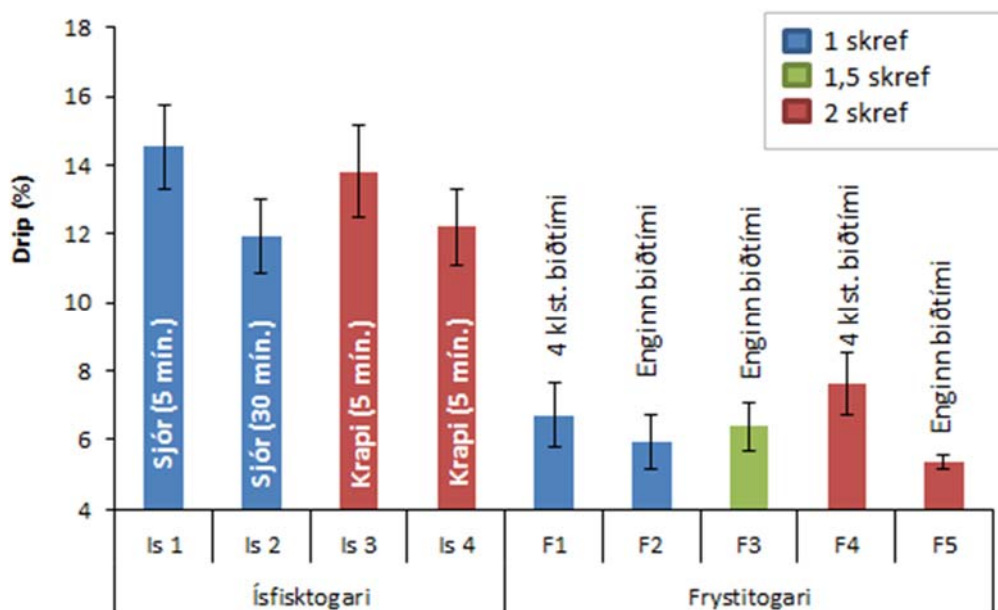
Mynd 14 Peroxíð gildi (fyrsta stigs myndefni þránunar) í söltuðum þorskflökum.

4.4 Frystar afurðir

4.4.1 Þorskur

Fryst þorskflök voru fengin bæði frá ísfisktogara sem og frystitogara þar sem mismunandi blóðgunaraðstæður voru skoðaðar. Auk þess að skoða áhrif mismunandi blóðgunaraðstæðna á stöðugleika afurðanna í frosti, þá var einnig skoðuð þau áhrif sem geymsluhitastig ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) hafa á stöðugleika frosinna þorskflaka.

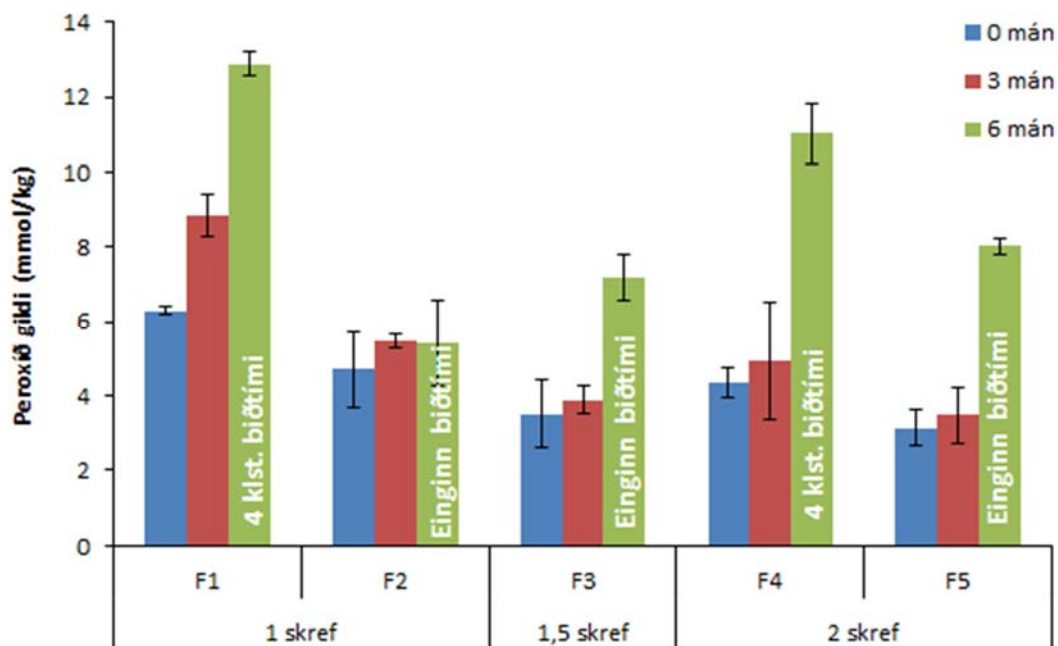
Almennt voru flökin frá frystitogara talsvert stöðugri í frostgeymslu samanborið við flök frá ísfisktogara. Þessi munur sést greinilega á Mynd 15 sem sýnir þíðingardrip í mismunandi sýnahópum eftir sex mánaða frostgeymslu við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Þessi mismunur getur stafað út frá því að flök úr frystitogara eru fryst talsvert fyrr samanborið við flök úr ísfisktogara. Þegar mismunandi sýnahópar frá ísfisktogara eru skoðaðir þá er blæðingartími í kerri að skila meiri stöðugleika m.t.t. þíðingardrips frekar en mismunandi blæðingarmiðlar.



Mynd 15 Þíðingardrip (%) frystra þorskflaka eftir 6 mánuði geymslu við $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Flök frá frystitogara voru öll blædd í sjó.

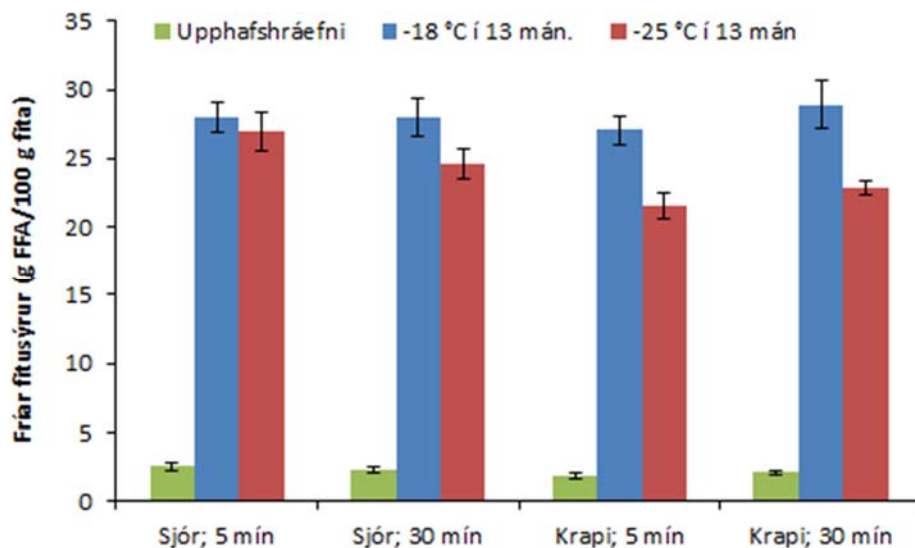
Biðtími á dekki fyrir blæðingu hafði almennt neikvæð áhrif á gæði þorskflakanna. Ásamt því að hafa áhrif á þíðingardrip þá skilaði lengri biðtími sér almennt í meiri þránun yfir geymslutímann. Þetta kemur skýrt fram á Mynd 16 sem sýnir myndun peroxíðs í þorsk þar sem lengri biðtími veldur hærri þránun óháð blæðingaraðferð. Auk biðtíma fyrir blæðingu, þá hafði aðferðarfræðin við blóðgun einnig áhrif á þráamyndun í frystum þorskflökum. Þorskur

sem var blæddur og slægður í einu skrefi skilaði almennt stöðugri afurð í frosti samanborið við afurðir frá þorski sem var blæddur og slægður í tveimur skrefum.



Mynd 16 Peroxíð gildi (mmol/kg) frystra þorskflaka frá frystitogara. Blæðing og slæging voru framkvæmd í 1, 1,5 og 2 skrefum. Allir sýnahópar voru blæddir í sjó. Flök voru geymd í frysti við -24 °C.

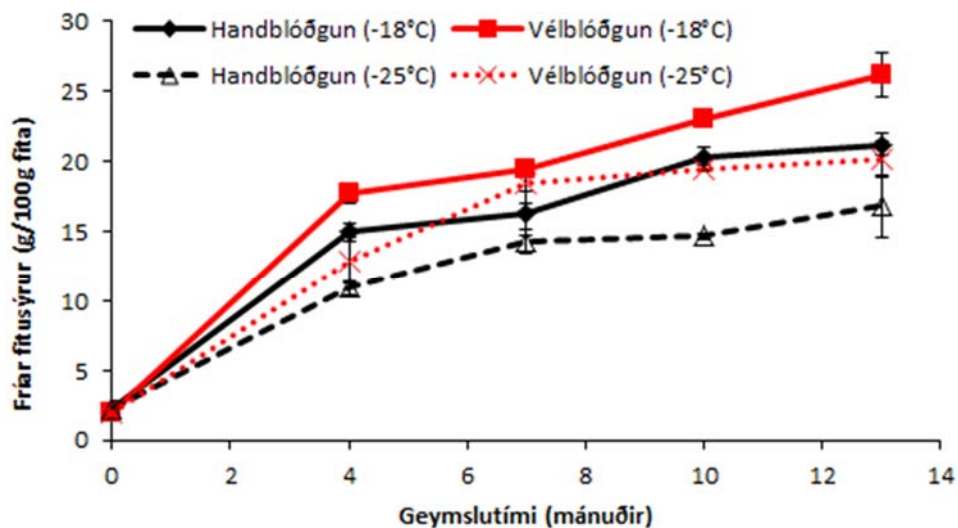
Talsverð mikil myndun frírra fitusýra (FFA) átti sér stað í gegnum geymslutímabilið en FFA gefur ekki bara upplýsingar um ástand fitunnar heldur einnig um áferðareiginleika fiskvöðvans. Blæðingarmiðill hafði almennt töluverð áhrif á stöðugleika frystra flaka í geymslu, en flökin voru geymd í allt að 13 mánuði við -18 °C og -25 °C. Eins og sést á Mynd 17 þá hafði geymsluhitastig í frosti talsverð áhrif á myndun FFA í nánast öllum sýnahópnum og greindist ekki marktækur munur á milli hópa sem voru geymdir við -18 °C. Hjá sýnahópnum sem voru geymdir við -25 °C sást aftur á móti þau áhrif sem blæðingarmiðill hefur á stöðugleika flakanna, þar sem flök blædd í krupa höfðu marktækt minna magn af FFA í lok geymslutímabilsins samanborið við flök blædd í sjó. Áhrif blæðingartíma voru ekki afgerandi áhrif hér.



Mynd 17 Myndun frírra fitusýra (FFA) í þorsflökum frá ísfisktogara. Magn FFA í upphafshráefni og í hráefni eftir 13 mánuði geymslu við -18 °C og -25 °C.

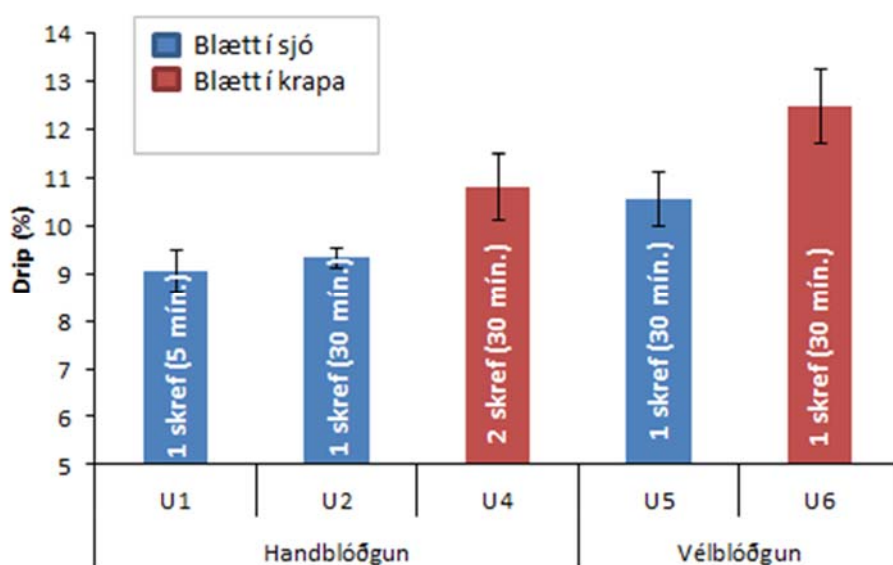
4.4.2 Ufsi

Hvernig staðið var að blæðingu og slægingu ufsa hafði talsverð áhrif á gæði og stöðugleika frystra ufsaflaka. Eins og sagt var frá hér að ofan þá voru sýni af ufsa meting með hliðsjón af því hvort ufsi var blóðgaður og slægður í vél eða höndum og hvort honum var látið blæða í krapa eða sjó. Töluvert meiri gæðarýrnun varð í ufsaflökum frá hráefni sem var blóðgað og slægt í vél í samanborið við handunnið hráefni eins og sést á Mynd 18. Hérna sést einnig greinilega þau áhrif sem geymsluhitastig hefur á gæðarýrnun flakanna í frosti. Þessar niðurstöður undirstrikar mikilvægi stöðugs og lágs geymsluhitastigs í frosti til þess að varðveita gæði fiskafurðanna.



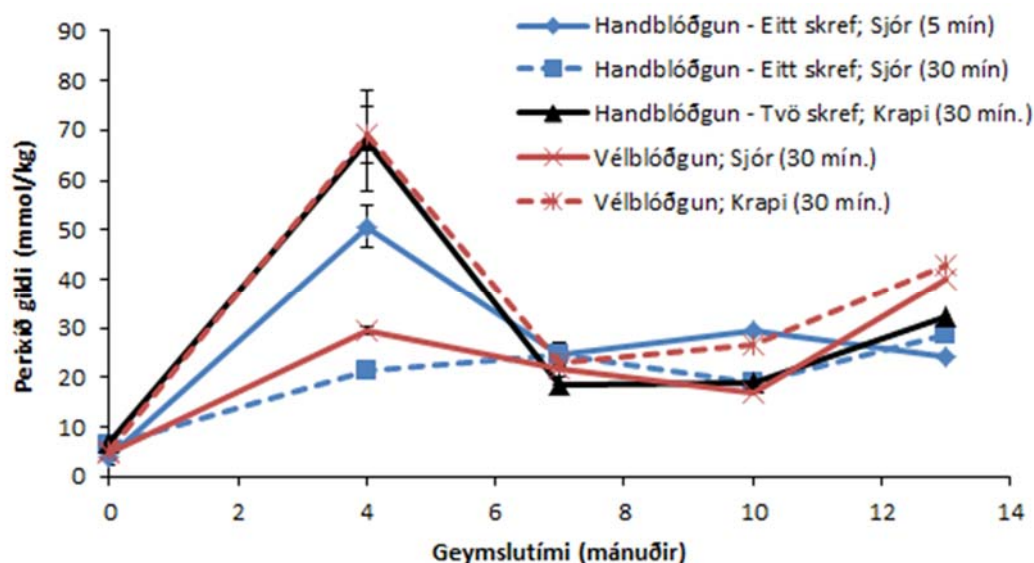
Mynd 18 Myndun frírra fitusýra (FFA) í frystum ufsaflökum geymd við -18 °C og -25 °C í 13 mánuði. Blóðgun og slæging voru framkvæmd í vél og í höndum (eitt skref) og blætt í 30 mín í sjó. (Karlsdóttir *et al.* 2013).

Þó að aðferð við blóðgun og slægingu hafði almennt talsvert meiri áhrif á gæði og stöðugleika frystra ufsaflaka þá voru áhrif mismunandi blæðingarmiðla einnig sjáanleg. Samanburður á þíðingardrip eftir 13 mánaða geymslu við -18 °C sýndi greinilegan mun á milli blæðingarmiðla en eins og sést á Mynd 19 fæst marktækt lægra þíðingardrip hjá þeim sýnahópum sem blætt er í sjó samanborið við krapa. Ef sambærilegir hópar fyrir frosin þorsflök eru skoðaðir fást andstæðar niðurstöður, þ.e. hærri nýting var hjá þeim hópum sem voru blædd í krapa.



Mynd 19 Drip eftir 13 mánuði við -18 °C (minni munur á milli hópa ef við -25°C).

Þessi munur á milli blæðingarmiðla mátti einnig greina við skoðun á þrúnarmyndefnum eins og peroxíð. Á Mynd 20 má sjá að þróun þrúnar í frystum ufsa er meiri hjá þeim sýnum sem blædd voru í krpa samanborið við sjó. Einnig má sjá mun á milli blæðingartíma í sjó þar sem minni þrúnun fæst þegar blætt er í lengri tíma.



Mynd 20 Myndun peroxíðs í dökkum vöðva af ufsa við 13 mánaða geymslu í -18 °C.

5 SAMANTEKT

Af þeim breytum sem rannsakaðar voru í þessu verkefni þá var mikilvæga þeirra mismunandi m.t.t. því hvaða fisktegund átti í hlut sem og hver lokaafurðin var. Þegar bornir eru saman sambærilegir sýnahópar af þorsk og ufsa, sést að mismunandi aðstæður henta hvorri tegund. Þetta rennir stoðir undir þær kenningar að líklega er ekki hægt að yfirfæra bestu blóðgunaraðferð þorsks yfir á ufsa og öfugt.

Biðtími fyrir blæðingu og tegund blæðingarmiðils (krapi vs. sjór) hafði afgerandi áhrif á stöðugleika þorsk- og ufsaafurðanna sem voru skoðaðar. Þorskafurðir, bæði kældar og frystar, úr hráefni sem blætt var í krpa skilaði sér almennt í bættum gæðum og stöðugleika samanborið við ef blætt var í sjó. Andstætt við þorsk, þá skilaði blæðing ufsa í sjó sér almennt í stöðugri lokaafurð.

Hvernig staðið var að blóðgun og slægingu fiskanna hafði einnig afgerandi áhrif á lokaafurðirnar. Í tilfalli frosinna þorskafurða, þá skilaði hráefni sem var blætt og slægt í einu skrefi almennt stöðugri afurð samanborið við hráefni sem var slægt eftir að blæðing hafði átt sér stað (tvö skref). Saltaðar afurðir voru aftur á móti mun stöðugri í geymslu ef hráefnið var slægt eftir að blæðing hafði átt sér stað. Þegar ufsinn var skoðaður þá fengust einnig mismunandi niðurstöður eftir því hvaða lokaafurð átti í hlut. Blæðing og slæging ufsa í vél hafði jákvæð áhrif á geymsluþol kældra ufsaafurða samanborið við ef gert var að í höndum þar sem ufsi slægður í vél og blæddi í sjó hafði mest geymsluþol, en ufsi slægður í höndum og látinn blæða í sjó hafði minnst geymsluþol. Andstæðar niðurstöður fengust aftur á móti fyrir frystar ufsaafurðir, þar sem vélblóðgaður ufsi skilaði sér almennt í afurð sem var mun óstöðugri í frosti.

6 ÞAKKARORÐ

Höfundar skýrslunnar þakka AVS rannsóknarsjóði í sjávarútvegi (R 11 087-11) og Rannsóknarsjóði Háskóla Íslands (rannsóknarstyrkur 2012) fyrir veittan styrk til verkefnisins. Fyrirtækjunum sem tóku þátt í þessu verkefni er sérstaklega þakkað fyrir þeirra framlag.

7 HEIMILDIR

- Ackman, R. G. (1967). "The influence of lipids on fish quality." J Food Technol **2**: 169-181.
- Aubourg, S. (1999a). "Recent advances in assessment of marine lipid oxidation by using fluorescence." JAOCS **76**(4): 409-419.
- Aubourg, S. (2001). "Fluorescence study of the pro-oxidant effect of free fatty acids on marine lipids." J Sci Food Agric **81**: 385-390.
- Aubourg, S., Sotelo, C. G. and Gallardo, J. M. (1997). "Quality assessment of sardines during storage by measurement of fluorescent compounds." Journal of Food Science **62**(2): 295-298, 304.
- Aubourg, S., Sotelo, C. G. and Pérez-Martin, R. (1998). "Assessment of quality changes in frozen sardine (*Sardina pilchardus*) by fluorescence detection." JAOCS **75**(5).
- Aubourg, S. P. (1999b). "Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species." Food Research International **32**(7): 497-502.
- Bernardez, M., Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J. J. R. and Cabo, M. L. (2005). "Modified method for the analysis of free fatty acids in fish." J. Agric. Food Chem. **53**: 1903-1906.
- Bligh, E. G. and Dyer, W. J. (1959). "A rapid method of total extraction and purification." Can. J. Biochem. Physiol. **37**: 911-917.
- Decker, E. A. and Hultin, H. O. (1992). "Lipid Oxidation in Muscle Foods via Redox Iron". In *Lipid Oxidation in Food*. Washington, DC, American Chemical Society. pp. 33-54.
- Decker, E. A. and Xu, Z. (1998). "Minimizing rancidity in muscle foods." Trends in Food Science & Technology **9**: 241-248.
- Eide, O., Borresen, T. and Strom, 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**: 347-349.
- Frankel, N. (1998). "Methods to determine extent of oxidation". In *Lipid oxidation*. Frankel, N. Dundee, Scotland, Oily Press. pp. 79-98.
- Gomez-Basauri, J. V. and Regenstein, J. M. (1992). "Vacuum packaging, ascorbic acid and frozen storage effects on heme and nonheme iron content of Mackerel." Journal of food science **57**(6): 1337-1339.
- Gunnarsson, V. I. (2001). "Meðhöndlun á fiski um borð í fiskiskipum." Sjávarútvegur.is.
- Hedges, N. D. (2002). "Maintaining the quality of frozen fish". In *Safety and quality issues in fish processing*. Bremner, H. A. Cambridge, Woodhead Publishing Limited. pp. 379-406.
- Hultin, H. O. and Kelleher, S. D. (2000). "Surimi processing from dark muscle fish". In *Surimi and surimi seafood*. Park, J. W. New York, Marcel Dekker, Inc. pp. 59-78.
- Huss, H. H. and Asenjo, I. (1977). "Some factors influencing the appearance of fillets from white fish." Fiskeriministeriets Forsøgslaboratorium, Lyngby.
- ISO (1993). "ISO 8586. Sensory analysis general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: selected assessors." Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- Kanner, J. (1994). "Oxidative processes in meat and meat products: quality implications." Meat Science **36**: 169-189.
- Karlsdottir, M. G., Arason, S., Nguyen, M. V., Kristinsson, H. G. and Sveinsdóttir, K. (2013). "Effect of bleeding technique and storage temperature on quality of frozen saithe (*Pollachius virens*) fillets." Submitted manuscript.
- Khayat, A. and Schwall, D. (1983). "Lipid oxidation in seafood." Food Technology **7**: 130-140.

- Lemon, D. W. (1975). "An improved TBA test for rancidity." New Series Circular No. 51, Halifax Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Love, R. M. (1988). *The food fishes, their intrinsic variation and practical implications.* London, Farand Press.
- Lowry, R. and Tinsley, I. (1976). "Rapid colorimetric determination of free fatty acids." JAOCs **53**: 470-472.
- Magnússon, H., Lauzon, H. L., Sveinsdóttir, K., Þorkeldsdóttir, Á., Guðbjörnsdóttir, B., Martinsdóttir, E., Ólafsdóttir, G., Guðjónsdóttir, M., Bogason, S. and Arason, S. (2007). *Geymslupólstilraunir á þorskbítum: Áhrif ofurkælingar, þæklunar og gasþökkunar á gæðabreytingar og geymslupól.* Skúlagata 4, Reykjavík, Mátis ohf.: 48.
- Malle, P. and Tao, S. H. (1987). "Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation." J Food Protect **50**(9): 756-760.
- Margeirsson, B., Laurzon, H. L., Sveinsdóttir, K., Reynisson, E., Magnússon, H., Arason, S. and Martinsdóttir, E. (2011). Effect of improved desing of wholesale EPS fish boxes on thermal insulation and storage life of cod loins - simulation of air and sea transport. Report no. 29-10. Mátis, Reykjavík, Iceland.
- Nguyen, M. V., Karlsdottir, M. G., Olafsdottir, A., Bergsson, A. B. and Arason, S. (2013). "Sensory, microbiological and chemical assessment of cod (*Gadus morhua*) fillets during chilled storage as influenced by bleeding methods." International Journal of Food Science and Engineering **7**(7): 400-407.
- Rehbein, H. and Hultin, H. O. (2002). "Measuring the shelf-life of frozen fish". In *Safety and quality issues in fish processing.* Bremner, H. A. Cambridge, Woodhead Publishing Limited. pp. 407-424.
- Richards, M. and Hultin, H. O. (2000). "Effect of pH on lipid oxidation using trout hemolysate as catalyst: a possible role of deoxyhemoglobin." J. Agric. Food Chem. **48**: 3141-3147.
- Richards, M. and Hultin, H. O. (2002). "Contribution of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle." J Agric Food Chem **50**: 555-564.
- Richards, M. P., Kelleher, S. D. and Hultin, H. O. (1998). "Effect of Washing with or without Antioxidants on Quality Retention of Mackerel Fillets during Refrigerated and Frozen Storage." Journal of Agricultural and Food Chemistry **46**(10): 4363-4371.
- Santha, N. C. and Decker, E. A. (1994). "Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids." Association of Official Analytical Chemists International **77**: 421-424.
- Schricker, B. R., Miller, D. D. and Stouffer, J. R. (1982). "Measurement and Content of Nonheme and Total Iron in Muscle." Journal of food science **47**(3): 740-743.
- Shahidi, F. and Dunajski, E. (1994). "Lipid fatty acids, growth and compositional characteristics of farmed cod (*Gadus morhua* L.)." Journal of Food Lipids **1**: 265-271.
- Shewan, J. M., Macintosh, R. G., Tucker, C. G. and Ehrenberg, A. S. C. (1953). "The development of a numerical scoring system for the sensory assessment of the spoilage of wet white fish stored in ice." J Sci Food Agric **4**: 283-298.
- Sidwell, V. D., Loomis, A. L., Loomis, K. J., Foncannon, P. R. and Buzzell, D. H. (1978). "Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans, finfish and mollusks." Mar. Fish. Rev. **40**: 1-20.
- Skipsted, L. H., Mikkelsen, A. and Bertelsen, G. (1998). "Lipid-derived off-flavours in meat". In *Flavour of Meat, Meat Products and Seafoods.* Shahidi, F. London, Blackie Academic & Professional. pp. 217-256.
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O., Östby, P. B. and Einein, O. (2001). "Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmon salar*)." Aquaculture **192**: 265-280.

- Stewart, J. C. M. (1980). "Colorimetric determination of phospholipids with ammonium ferrothiocyanate." Analytical Biochemistry **104**(1): 10-14.
- Stone, H. and Sidel, J. L. (1985). *Sensory evaluation practices*. Orlando, Fla, Academic press Inc.
- Tretsven, W. I. and Patten, B. G. (1981). "Effect of arterial incisions on the amount of bleeding and flesh quality of rainbow trout." Mar. Fish. Rev. **43**: 16-18.
- Undeland, I., Hultin, H. O. and Richards, M. p. (2002). "Added triacylglycerol do not hasten hemoglobin-mediated lipid oxidation in washed minced cod muscle." J Agric Food Chem **46**: 2319-2328.
- Valdimarsson, G. (1981). "Áhrif mismunandi blóðgunar og slægingar á gæði þorsks." Ægir **74**: 614-618.
- Valdimarsson, G. and Gunnarsdóttir, G. (1982). "Áhrif mismunandi blóðgunar og slægingar á gæði ferskfisks, frystra flaka og saltfisks." Tæknitíðindi **121**: 1-18.
- Valdimarsson, G., Mattiasson, Á. and Stefansson, G. (1984). "Blóðgun og slæging þorsks." Ægir **77**: 548-552.