



## Áhrif dauðastirðnunar á fiskgæði II

---

**Gunnar Þórðarson**

**Sigurjón Arason**

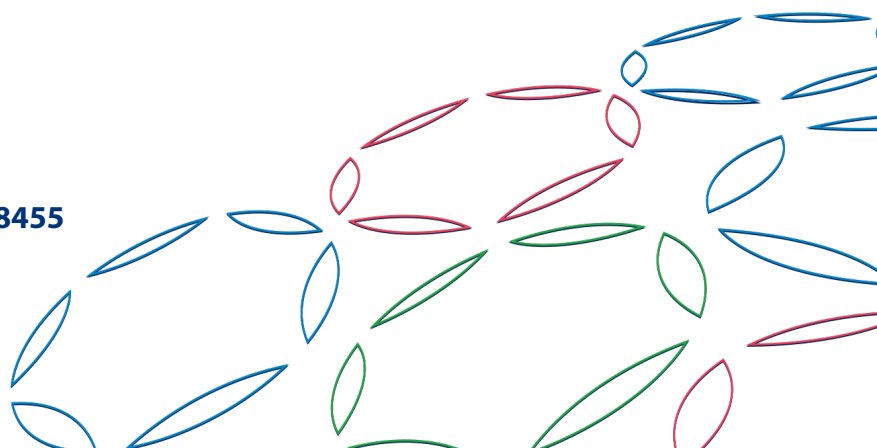
---

**Skýrsla Matis 10-19**

**Ágúst 2019**

**ISSN 1670-7192**

**DOI 10.5281/zenodo.3368455**



Report summary

Titill / Title	Áhrif dauðastirðnunar á fiskgæði II		
Höfundar / Authors	Gunnar Þórðarson og Sigurjón Arason		
Skýrsla / Report no.	10-19	Útgáfudagur / Date:	15. ágúst 2019
Verknr. / Project no.	62460		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS Rannsóknasjóður í sjávarútvegi (R 17 019-17)		
Ágríp á íslensku:	<p>Tilgangur rannsóknarinnar var annars vegar að rannsaka áhrif ofurkælingar á dauðstirðnunarferli þors- og laxaflaka og bera saman við hefðbundna kælingu; og hins vegar að skoða hvort flökun á mismunandi tímasetningu í dauðastirðnunarferli (fyrir dauðastirðnun, í dauðastirðnun og eftir að ferlinu lýkur) hefði á afurðagæði. Fyrir lax var gerð fortítraun sem megintítraunin var byggð á, en í þorski var títraun gerð á villtum þorski og eldisfiski.</p> <p>Ofurkæling á þorski er miðuð við kælingu niður í <math>-0,8</math> °C og laxi í <math>-1,2</math> °C en hefðbundin kæling er miðuð við <math>0</math> °C fyrir báðar tegundir. Skoðaður var mismunur milli hópa og einnig borinn saman mismunur innan hópa. Lítil munur innan hópa bendir til nákvæmari og trúverðugri niðurstöðu.</p> <p>Niðurstöður úr könnun sem var framkvæmd af skynmatshópi sýna að áhrif ofurkælingar eru töluverð þar sem um minni samdrátt er að ræða í dauðastirðnunarferlinu, og áhrif á gæði því minni. Munur er milli villts þorsks og eldisþorsks enda þekkt að vatnsinnihald milli fruma er minna í eldisþroski en villtum. Áhugavert gæti verið að skoða muninn milli eldislax og villts lax, en það var utan við markmið þessarar rannsóknar.</p> <p>Draga má þá ályktun að með ofurkælingu væri hægt að vinna lax fyrir dauðastirðnun án gæðarýrnunar, sem gæti skipt máli við markaðssetningu á ferskum afurðum í framtíðinni, þar sem hægt væri að fullvinna laxinn strax við slátrun og auka þannig geymsluþol á erlendum mörkuðum.</p> <p>Eitt af markmiðum verkefnisins var að útbúa kynningarefni um dauðastirðnunarferlið og áhrif þess á gæði afurða fyrir framleiðendur á laxi og þorski á Íslandi sem gæti gagnast þeim í framtíðinni við að takast á við nýjar áskoranir í framleiðslu á hágæða afurðum.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Dauðastirðnun; samdráttur; slátrun; ofurkæling, hefðbundin kæling		

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>Firstly, the purpose of the study was to investigate the effect of sub-chilling on the rigor mortis process of cod and salmon filets and to compare it with conventional chilling. Secondly, to examine whether filleting at different timing in the rigor mortis process (pre-rigor, rigor and post-rigor) would have effect on the product quality. For salmon, a preliminary research was carried out on which the main research was based, but for the cod the research was based on wild cod and farmed fish.</p> <p>The sub-chilling of cod is based on cooling down to -0.8 ° C and salmon at -1.2 ° C, while conventional cooling is melting ice at 0 ° C for both species. The differences between groups were examined and differences were also compared within groups. Small differences within groups indicate a more accurate and credible outcome.</p> <p>The results of a survey conducted by a sensory group show that the effects of supercooling are considerable, as there is less contraction in the rigidity process, and the effect on the quality is less. There is a difference between the wild cod and the farmed cod, but it is known that the water content between cells is less in farmed fish than wild fish. It might be interesting to look at the difference between farmed salmon and wild salmon, which was outside the scope of this study.</p> <p>It can be concluded that by supercooling, salmon can be processed pre-rigor without quality deterioration, which could be important in the marketing of fresh products in the future, where the salmon can be processed right after slaughtering, extending shelf-life of product at foreign markets.</p> <p>One of the goals of the project was to prepare promotional material on the rigidity process and its impact on product quality for salmon and cod producers in Iceland, which could help them in the future in addressing new challenges in the production of high-quality products.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p>Rigor Mortis; contraction; slaughtering; superchilling; traditional chilling.</p>

## EFNISYFIRLIT

1	Inngangur .....	2
2	Dauðastirðnun .....	3
3	Framkvæmd .....	10
3.1	Tilraunaskipulag .....	10
3.2	Hitastig .....	10
3.3	Efnamælingar .....	10
3.3.1	Áferðarmælingar .....	10
3.3.2	Kæling .....	10
3.3.3	Sýrustigsmæling .....	11
3.4	Skynmat .....	11
3.5	Eldislax - fortilraun .....	11
3.6	Eldislax - aðaltilraun .....	12
3.6.1	Flakamat .....	12
3.6.2	Skynmat .....	12
3.7	Eldisþorskur .....	13
3.7.1	Skynmat á eldisþorski .....	13
3.8	Villtur þorskur .....	16
3.8.1	Skynmat á villtum þorski .....	16
4	Niðurstöður og umræður .....	17
4.1	Eldislax – fortilraun .....	17
4.1.1	Hitastig .....	18
4.1.2	Samdráttur á flökum .....	18
4.1.3	Sýrustig .....	19
4.1.4	Áferðarmæling .....	19
4.2	Eldislax – aðaltilraun .....	20
4.2.1	Hitastig .....	20
4.2.2	Flakamat .....	21
4.2.3	Skynmat .....	21
4.3	Eldisþorskur .....	23
4.3.1	Hitastig .....	23
4.3.2	Suðunýting .....	24
4.3.3	Skynmat .....	25
4.4	Villtur þorskur .....	27
4.4.1	skynmat .....	27
5	Umræður og ályktanir .....	30
5.1	Lax .....	30
5.2	þorskur .....	30
5.2.1	Eldisþorskur .....	30
5.2.2	Villtur þorskur .....	31

6	Þakkarorð.....	31
7	Heimildaskrá.....	32

# 1 INNGANGUR

Margir þættir hafa áhrif á dauðastirðunarferlið (*rigor mortis*) og mikilvægt að gera sér grein fyrir hvernig megi stýra vinnslu á fiski í gegnum það ferli til að hámarka afurðagæði. Þekkt er í ferskfiskvinnslu að hráefni er unnið í dauðastirðnun til að auka geymsluþol og lengja hillutíma á erlendum mörkuðum.

Í nýlegum rannsóknum hefur verið sýnt fram á að flak sem skorið er af hryggbeinum fyrir dauðastirðnun styttist umtalsvert, bæði hjá þorski og laxi, en þau léttast óverulega, t.d. léttist þorskflak um 0,5% við að fara í gegnum dauðastirðnun við 0 °C. Flak sem skilið er eftir á hryggbeininu og skorið af eftir að dauðastirðnun lýkur, styttist óverulega og er töluvert lengra og þynnra en það sem skorið var af fyrir dauðastirðnun. Þekkt er í ýmissi vinnslu að fiskur er flakaður strax eftir slátrun, þ.e.fyrir dauðastirðnun, og sendur þannig á erlenda markaði, t.d. eldisþorskur og eldisbleikja. Kostir slíkrar vinnslu eru fólgnir í tímasparnaði sem leiðir af sér lengri geymslutíma á markaði (Gunnar, Anton Helgi, & Albert, Áhrif dauðastirðunar á gæði fiskflaka, 2016).

Einnig er þekkt að fiskur er flakaður í dauðastirðnun, t.d. er fiski landað síðdegis, fluttur um nótt til vinnslu; flakaður og pakkað að morgni og sendur með flugi á erlendan markað í hádeginu. Ljóst er að vinnsla fyrir eða í dauðastirðnun hefur áhrif á útlit, nýtingu og ýmsa gæðabætti, en takmörkuð þekking er hins vegar á því hver þessi áhrif nákvæmlega eru og hvað þau þýða fyrir verðmætamyndun, geymsluþol, nýtingu og gæði afurða.

Veitingastaðir bjóða oft upp á mjög ferskan fisk sem er veiddur deginum áður og hefur því verið unnin og matreiddur í miðri dauðastirðnun. Án þess að vísindaleg úttekt hafi verið gerð á gæðum þessa fisks eru margir sem halda því fram að hann sé seigur og ekki eins góður og fiskur sem hefur fengið að ljúka dauðastirðnun. Það er áleitin spurning hvort gæði væru betur tryggð með útflutningi á ferskum fiski ef hann væri unninn sólarhringi síðar og hefði þannig lokið dauðastirðnun fyrir vinnslu.

Markmið þessarar rannsóknar var að kanna áhrif tímasetningar á flökun miðað við dauðastirðnun á áferð og aðra eiginleika þorsk- og laxaflaka. Samdráttur flaka sem skorin eru af fiskum fyrir dauðastirðnun er varanlegur en ekki ljóst hvort slíkt hefur áhrif á gæði. Viðfangsefni þessarar rannsóknar var að svara því hvort og þá hvernig flökun fyrir og eftir dauðastirðnun hefur áhrif á bragð, áferð eða aðra eiginleika afurða. Jafnframt var skoðað hvort ofurkæling hefur áhrif á gæði eða eiginleika þessara afurða. Við ofurkælingu er þorskur kældur niður í u.þ.b. -0,8 °C og lax í -1,2 °C sem eru hitastig þar sem fyrstu kristallar eru að myndast í þessum fisktegundum, en við hefðbundna kælingu er kælt niður í 0 °C með ís, frystimörk eru þegar fyrstu kristallar í fiskholdi myndast (Gunnar, Sigurjón, & Magnea, Sub chilling of fish, 2017).

Markmið var einnig að kanna hvort ofurkæling hafi jákvæð eða neikvæð áhrif á þessa þætti. Hvort að stytting sem verður á flökum við vinnslu fyrir dauðastirðnun hafi áhrif á gæði, bit eða bragð afurðar, en ljóst er að töluverð breyting verður á útliti (stytting). Niðurstöður úr þessu verkefni verða mikilvægar upplýsingar fyrir framleiðendur á ferskfiski enda hagsmunir miklir við að vinna upp þann tíma sem tapast við flutning langa leið á markað, og getur haft umtalsverð áhrif á samkeppnishæfni íslenskra framleiðenda.

## 2 DAUÐASTIRÐNUN

Fljótlega eftir dauða læsast vöðvar, sem leiðir til þess að fiskur verður stífur. Þetta fyrirbrigði er nefnt dauðastirðnun (latína: *rigor mortis*, enska: *stiffness of death*), en hún varir í nokkrar klukkustundir eða nokkra daga eftir aðstæðum. Smám saman slaknar aftur á vöðvum og fiskurinn verður mjúkur á ný. Munur er milli fisktegunda hvað þetta varðar og einnig milli einstakra fiska sömu tegundar.

Við dauða hættir súrefni að berast til vöðvanna og þá gengur á öll orkuefni en vöðvi helst slakur (pre-rigor). Við orkuþurrð læsast vöðvarnir og dauðastirðnun hefst með samdrætti í fiskvöðvum vegna efnahvarfa og þeir stífna (rigor).

Upphafstími og tímalengd dauðastirðnunar er mismunandi og fer eftir fisktegundum, ástandi og hitastigi, en það getur tekið fisk allt frá tæpum tveimur tímum og upp í rúman sólarhring að byrja samdrátt og nokkra sólarhringa að ljúka ferlinu.

Tvær megingerðir vöðva eru í fiski; ljós (white muscle) og dökkur (dark muscle). Uppsjávarfiskar flokkast undir feitan fisk sem safna fitu sem orkuforða í vöðvum, t.d. síld, makrill og loðna, en magrir fiskar safna fitu í lifur og flokkast flestir botnfiskar þar undir, t.d. þorskur, ýsa, ufsi og kolmunni. Vöðvar eru byggðir upp af trefjum sem gerðar eru úr eins konar strokklaga frumum (myocytes) sem ganga saman og sundur og mynda þannig hreyfingu vöðvans, sem aftur mynda hreyfiorku fisksins. Hreyfiorka vöðvans myndast með því að umbreyta efnaorku í hreyfiorku. Vöðvinn þarf þannig samdráttarvirkni til að mynda hreyfiorku og koma fiskinum áfram í sjónum. Efnaorkan sem notuð er til vöðvasamdráttar er á forminu adenosine triphosphate (ATP) (Atkinson & Walton, 1967) og gefur styrkur ATP til kynna orkuhleðslu vöðva (energy charge). Það er einmitt lágur styrkur ATP í vöðvum sem veldur dauðastirðnun, en vöðvar ganga á ATP birgðir við dauða (Sörensen, Arason, & Nielsen, 1995). Til að bregðast við minnkuðum ATP styrk framleiða vöðvar ATP úr glýkógeni með efnaferli sem kallast loftfirrt sykurof (glýkólýsa) sem losar mjólkursýru og veldur þannig súrnun í vöðvum. Það er ástæðan fyrir því að sýrustig vöðva er lægra eftir dauðastirðnun (e. *post-rigor*), en ein aðferðin til að mæla dauðastirðunarferli er að mæla sýrustig (pH-gildi) vöðvans og er það oft gert t.d. í rannsóknum hjá Oliveira (Oliveira A., 2011). Fræðilega er sýrustig þorskvöðva í kringum 7 en við dauðastirðnun getur það farið í 6.2 til 6.5 og þegar henni lýkur er það í um 6,7 (Mátis, Aðalsíða Mátis, 2016) (Oliveira, 2011).

Þekkt er að streita fyrir slátrun og sú orka sem fiskurinn notar fyrir slátrun hefur mikil áhrif á dauðastirðunarferlið þannig að aukin streita og orkunotkun fyrir dauða flýtir ferlinu. Margir aðrir þættir hafa áhrif á dauðastirðnun, svo sem meðhöndlun fyrir og eftir slátrun. Sá þáttur sem auðvelt er að stjórna er hitastig, en það hefur mikil áhrif á dauðastirðunarferlið, bæði fyrir og meðan á því stendur. Stærð fiska og hvort fiskur hafi verið í æti eða svelt hefur einnig mikil áhrif ásamt kynþroska. Helstu áhrifavaldar á dauðastirðnun í fiskholdi eru (Oliveira, 2011):

- ✓ Tegundir
- ✓ Stærð
- ✓ Ástand
- ✓ Sláturaðferð
- ✓ Seinkun á blæðingu
- ✓ Kynþroski
- ✓ Meðhöndlun eftir veiði/slátrun
- ✓ Kæling eftir dauða og við geymslu

- ✓ Hitastig sjávar
- ✓ Holdafar

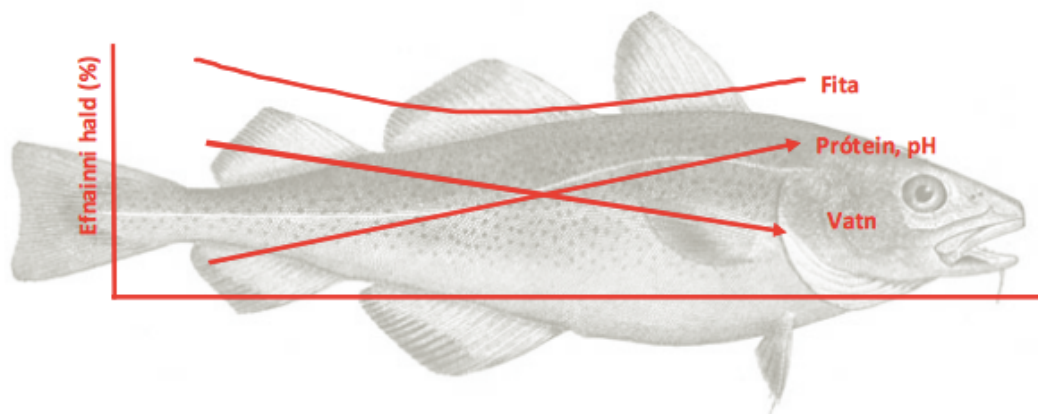
Áhrif dauðastirðunar á fiskvöðva eru í fyrstu samdráttur, sem orsakar stífleika og getur valdið losi í flökum og vökvatapi sem aftur orsakar seigari áferð og þannig ólustugri afurð (Jónas & Sigurjón Arason, 1998). Samdrátturinn getur verið hátt í 30% og er breytilegur eftir tegundum og ástandi en fiskurinn getur lést um 0,5%. Ef samdráttur er hraður eða kröftugur, t.d. vegna hærra hitastigs, geta þessir kraftar myndað los í vöðvum sem verður til af átökum milli vöðva og hryggs, þar sem flakið herpist saman en hryggurinn heldur við (Páll G. Pálsson & Margeir Gissurarson, 2016). Þekking á þessu ferli er því mikilvæg því með rétttri stýringu hráefnis í gegnum dauðastirðunarferlið er hægt að lágmarka neikvæð áhrif á gæði afurða, bæta nýtingu og afurðaskiptingu. Venjulega bíða framleiðendur fiskafurða eftir því að dauðastirðnun ljúki og seinka vinnslu frá veiðum/slátrun um 2-4 daga. Það getur skipt miklu máli að hefja vinnslu sem fyrst eftir slátrun þegar um ferskar afurðir er að ræða þar sem mikið óhagræði hlýst af styttingu geymsluþols vöru. Þekkt er í vinnslu á eldislaxi að pakka fiskinum slægðum og ísuðum í frauðplastkassa fyrir dauðastirðnun og nota flutninginn til að klára ferlið fyrir framhaldsvinnslu. Miklu máli skiptir að lágmarka meðhöndlun á fiski meðan á dauðastirðnun stendur þar sem hann er sérlega viðkvæmur fyrir öllu hnjaski meðan stífleiki varir og því óskynsamlegt að vinna fiskinn í því ástandi. Vélar vinna illa á stífum fiski sem oft er boginn og þarf að rétta áður en hann fer í vinnslu, við það getur vöðvinn rifnað og það veldur miklu losi í flökum.

Á frystitögurum og við vinnslu á eldisfiski er fiskur unninn fyrir dauðastirðnun og eins í vinnslu á eldisbleikju. Um borð í frystitögurum er fiskurinn unninn í frost áður en dauðastirðnun hefst og fer dauðastirðnun fram í frosti á u.þ.b. sex til átta vikum við geymslu í -24 °C frosti. Kaupendur sjófrystra afurða þekkja þetta vel og gæta þess að geyma hann a.m.k. þennan tíma áður en hann er tekinn í áframvinnslu, þar sem flökin fara annars í kröftugan samdrátt við þiðnun eða eldun. Í þorskeldi lentu framleiðendur í miklum vandræðum með gæði afurða þar til þeir uppgötvuðu að slátra fiski snemma morguns og ljúka frystingu fyrir dauðastirðnun. Þekkt er héraendis að flaka eldisfisk fyrir dauðastirðnun og varanlegur samdráttur flaka er minni en hjá villtum fiski og samdráttur flaka af eldisþorski hefur lítil áhrif á bragð og áferð afurða. Fiskur sem flakaður er fyrir dauðastirðnun skilar einstaklega ferskum afurðum með sveigjanlegum vöðvum og náttúrulegri stinnri áferð. Auðvelt er að vinna flökin í vélum og þau þola meðhöndlunina mjög vel og því er los nánast óþekkt í þeim. Við framleiðslu á ferskum flakaafurðum hefur varan augljóslega lengra geymsluþol, þar sem ekki þarf að bíða í nokkra daga eftir að ferlinu lýkur. Við framleiðslu á laxi þarf að bíða í þrjá til fjóra sólarhringa til að losni um beinagarðinn og hægt sé að draga beinin úr með vélrænum beinaplokkunarþúnaði.

Þorskur er botnfisktegund sem finnst á ýmsu dýpi við landið, allt frá nokkrum metrum og niður á 600 metra, og fer hrygning hans fram í apríl-maí (Gunnar Jónsson & Jónbjörn Pálsson, 2013). Þorskur er sú fisktegund landsins sem skapar mest afurðaverðmæti og var aflaverðmæti hans rúmlega 55 milljarðar króna, fyrir rúmlega 220 þúsund tonn, árið 2015 (Hagstofa Íslands, 2015).

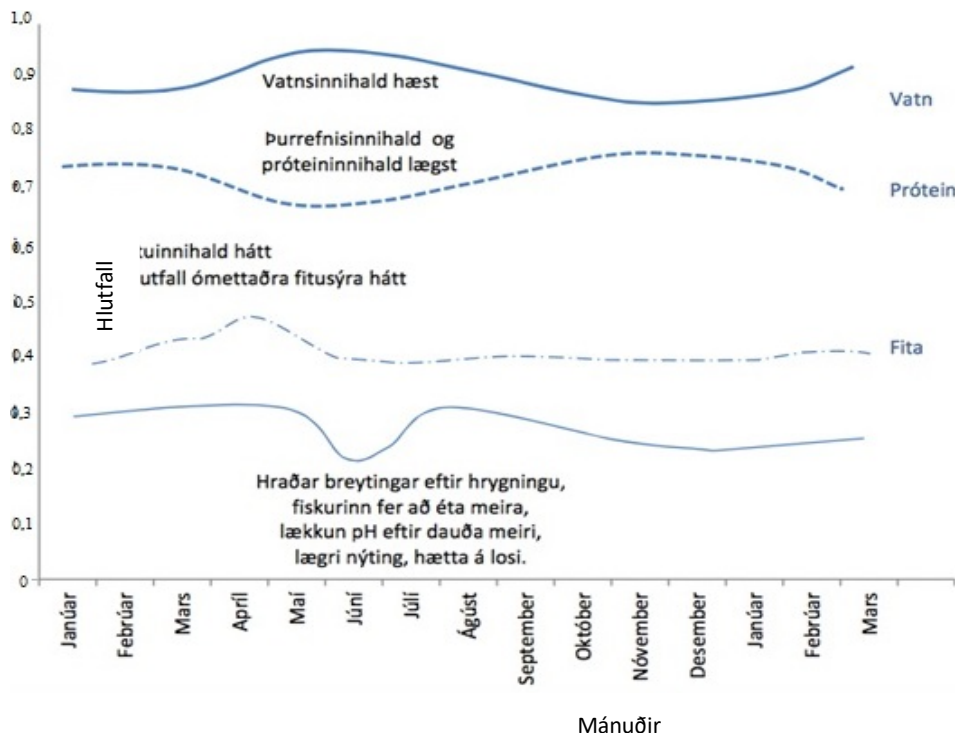
Efnasamsetning og næringarinnihald þorsks er breytilegt og hefur það áhrif á ástand þorsksins. Aðrar breytur sem hafa áhrif á ástand þorsksins eru m.a. árstíðir, hitastig sjávar, hrygningartími, veiðisvæði og holdastuðull. Próteininnihald þorsks er á bilinu 16-20% en fituinnihald flaka er á bilinu 0,5-1%. Þorskurinn telst því vera magur fiskur og er vatnsinnihald hans á bilinu 80-83% (Kristín A. Þórarinsdóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, Jónas R. Viðarson, & Sigurjón Arason, 2012). Á mynd 1 sést hvernig efnainnihald þorsks breytist eftir staðsetningu





Mynd 1. Breytingar á efnasamsetningu í þorski, frá sporði fram í haus (Kristín A. Þórarinsdóttir o.fl., 2012).

Í flaki og mynd 2 sýnir breytingar vatns-, prótein- og fituinnihalds þorsks eftir árstíma (Kristín A. Þórarinsdóttir o.fl., 2012).

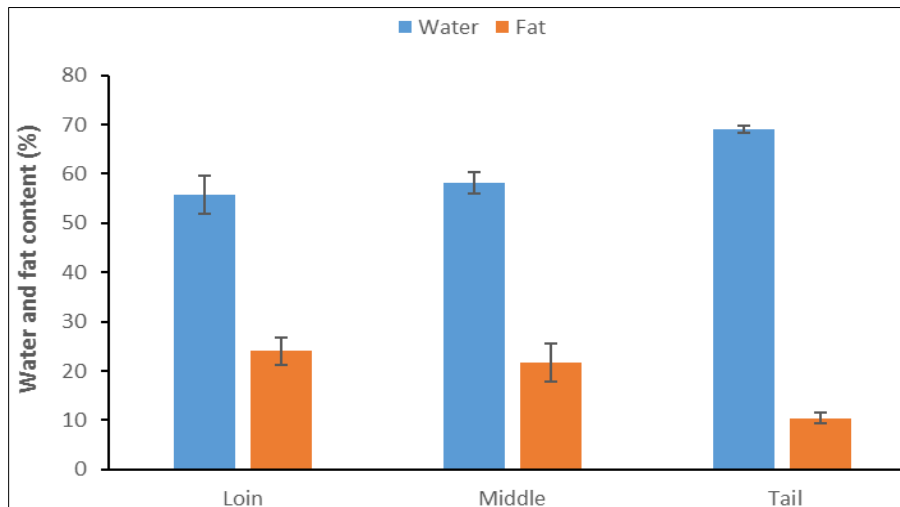


Mynd 2 Efnainnihald þorsks miðað við árstíma (Kristín A. Þórarinsdóttir o.fl., 2012).

Út frá þessum upplýsingum má gera ráð fyrir að vatnsinnihald þorsks sé á milli 80-84% í mars og í september, sem er árstími rannsóknaverkefnisins, og að á þessum tíma myndist fyrstu ískristallar í holdi þorsks við -0,8 °C (Margeirsson, 2012). Ástand þorskins er lakast í máí til júlí en það er sá tími sem hann er að jafna sig eftir hrygningu og fer að éta meira en það hefur mikil áhrif á dauðastirðunarferlið og vinnslueiginleika fisksins.

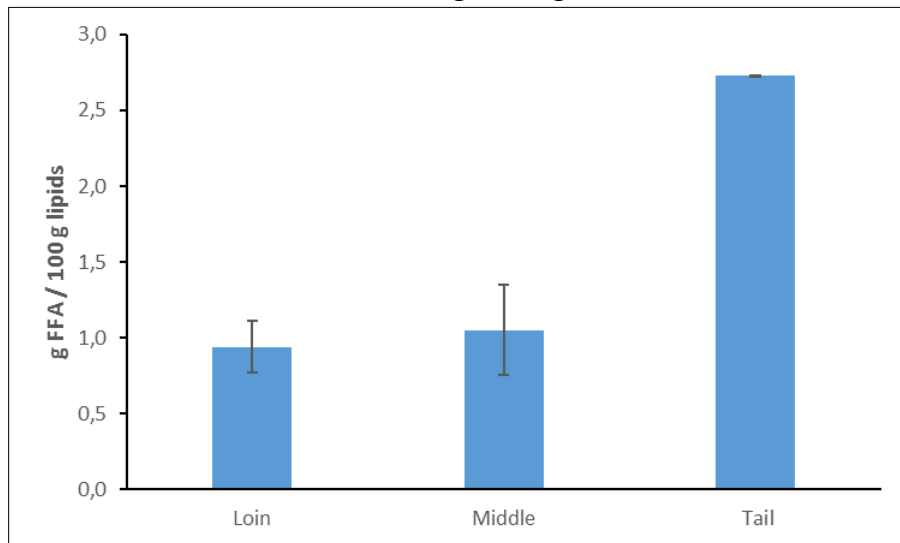
Mun minni breytileiki er í eldisfiski þar sem hægt er að stýra fæðuframboði og slátrunartíma. Hins vegar er þekkt að mikill munur getur verið í efnainnihaldi í flaki, eftir því hvort sýni er tekið úr hnakka, miðstykki eða stirtlu (Gunnar, Sigurjón, & Magnea, Sub chilling of fish, 2017).

Á mynd 3 má sjá niðurstöðu rannsóknar (Gunnar , Sigurjón, & Magnea , Sub chilling of fish, 2017) sem sýnir umtalsverðan mun á vatns- og fituinnihaldi í laxaflaki, eftir því hvort sýni er tekið úr hnakka, miðstykki eða stirtlu.



**Mynd 3.** Vatns- og fituinnihald í hnakka, miðstykki og stirtlu laxaflaka (Gunnar , Sigurjón, & Magnea , Sub chilling of fish, 2017).

Mynd 4 sýnir stöplarit úr sömu rannsókn sem sýnir mismunandi myndun frírra fitusýra í laxaflökum þar sem sýni voru tekin úr hnakka, miðstykki og stirtlu. Þessar niðurstöður sýna að meiri ensímvirkni er í stirtlu og einnig er hærra innihald af fosfólípíðum og vatni.



**Mynd 4.** Innihald frírra fitusýra í hnakka, miðstykki og stirtlu laxaflaka. (Gunnar , Sigurjón, & Magnea , Sub chilling of fish, 2017)

Í fyrri rannsókn á dauðastirðunarferli var myndband tekið af samdrætti hjá þorski og laxi við 0 °C , ofurkældum þorski við -0,8 °C og ofurkældum laxi við -1,5 °C. Jafnframt var annað flakið skorið af fyrir dauðastirðnun en hitt skilið eftir á hryggnum og skorið af eftir að dauðastirðnun (Gunnar, Anton Helgi, & Albert, Áhrif dauðastirðunar á gæði fiskflaka, 2016).

Mikill munur er á flökum eftir því hvort þau eru skorin af hryggbeini fyrir eða eftir dauðastirðnun. Flök sem skorin eru af fyrir ferlið taka umtalsverðum breytingum, þau breyta lögun, dragast saman, og sú breyting gengur ekki til baka eftir að dauðastirðunarferli lýkur

(Matís, Aðalsíða Matís, 2016). Flök sem hins vegar eru skorin af eftir dauðastirðnun styttest óverulega þar sem hryggur heldur við gegn samdrætti flaksins (Guðmundur, Ásbjörn, Valur, & Helga, 2005). Á myndum 5 og 6 má sjá mun á flökum af sama fiski (þorski og laxi), lengra flakið var skilið eftir á hryggnum yfir dauðastirðunarferli en það styttra var flakað fyrir ferlið og fór þannig í gegnum það.



**Mynd 5.** Flök af sama fiski, vinstra flakið var á beinagarði í gegnum dauðastirðnun en það hægra var flakað fyrir dauðastirðunarferlið (Anton, 2016).



**Mynd 6.** Laxaflök af sama fiski, vinstra flakið var á beinagarði í gegnum dauðastirðnun en hægra var flakað fyrir dauðastirðnunar ferlið (Gunnar, Anton Helgi, & Albert, Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiskflaka, 2016).

Samdráttur flaka sem skorin eru af fiskum fyrir dauðastirðnun er þannig varanlegur. Viðfangsefni þessarar rannsóknar er að svara því hvort og þá hvernig flökun fyrir og eftir dauðastirðnun hefur áhrif á bragð, áferð eða aðra eiginleika afurða.

Með betri þekkingu á ferli dauðastirðnunar má bæta gæði sjávarfangs, bæði í botnfisk- og laxavinnslu. Stilla má saman dauðastirðnunarferli og framleiðslu þannig að bestu flakagæði náist. Við rannsóknir á ofurkælingu hefur komið í ljós að samdráttur í flökum þorsks og lax er mun minni við dauðastirðnun en með hefðbundinni kælingu (Gunnar, Anton Helgi, & Albert, Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiskflaka, 2016).



**Mynd 7.** Rammi úr myndbandsupptöku af dauðastirðunarferli (Gunnar, Anton Helgi, & Albert, Áhrif dauðastirðunar á gæði fiskflaka, 2016)

Með ofurkælingu er fiskurinn kældur niður fyrir það hitastig sem fyrstu ískristallar myndast og jafnvel það neðarlega að um 20% af vatnsinnihaldi hans hafi breyst í ískristala. Þessi kæling veldur lítilli kristallamyndun og takmörkuðum skemmdum á frumuveggjum, en virðist hafa góð áhrif á flakagæði. Frostmark hvítfisks eins og þorsks er um  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  en í laxinum er það um  $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en nokkur munur er á hvenær kristallamyndun hefst og fer það eftir vatns- og fituinnihald vöðvans.

### 3 FRAMKVÆMD

Tvær rannsóknir voru gerðar á þroski, eldisfiski og villtum fiski, og tvær rannsóknir á eldislaxi. Sýni voru ýmist ofurkæld eða kæld á hefðbundinn hátt með ís. Eldisþorskur var fengin úr kví við Skutulsfjörð 15. mars 2018 en villtur þorskur af togaranum Björgu EA, veiddur 2. október 2018. Laxasýni voru fengi hjá Arnarlaxi á Bíldudal.

#### 3.1 Tilraunaskipulag

Teknir voru frá sex upp í tíu fiskar í hvern hóp. Fortilraun var gerð á laxi í júlímánuði 2017 og byggt á þeirri niðurstöðu voru sýni tekin af laxi í október sama ár til rannsóknar. Í þroski voru sýni tekin í mars (eldisfiskur) og október (villtur þorskur) 2018. Til að minka neikvæð árstíðarbundin áhrif á gæði þorskflaka voru þorsksýni tekin utan sumartíma þegar holdafar er lélegt eftir hrygningu.

Í sýnatökum var miðað við fimm hópa af fiski (lax og þorskur):

- **IS1:** Hefðbundin kældur á ís og flakað fyrir dauðstirðnun (~3 klst. frá slátrun)
- **IS2 :** Hefðbundin kældur á ís og flakað eftir dauðstirðnun (~5 dagar frá slátrun)
- **RIGOR:** Flakað í dauðstirðnun (~1 dag frá slátrun)
- **OF1:** Ofurkældur fiskur og flakað fyrir dauðstirðnun (~3 klst. frá slátrun)
- **OF2:** Ofurkældur fiskur og flakað eftir dauðstirðnun (~5 dagar frá slátrun)

#### 3.2 Hitastig

Fylgst var með hitastigi í fiski og umhverfishita í flutningi og geymslu. Hitastig var mælt með iButton DS1922L hitanemum sem stilltir voru þannig að skráð var hitastig á fimm mínútna fresti. Í hvorum kassa fyrir sig var einn aukafiskur sem í var settur hitanemi, stungið inn við hrygg við beinagarð. Jafnframt var hitanemi settur utan á hvorn kassa til að skrá umhverfishita. Hitastig var lesið af nemum í lok tilraunar.



Mynd 8. IButton DS1922L hitastigs sírítar notaðir til að mæla hitastig í afurð og umhverfishita

#### 3.3 Efnamælingar

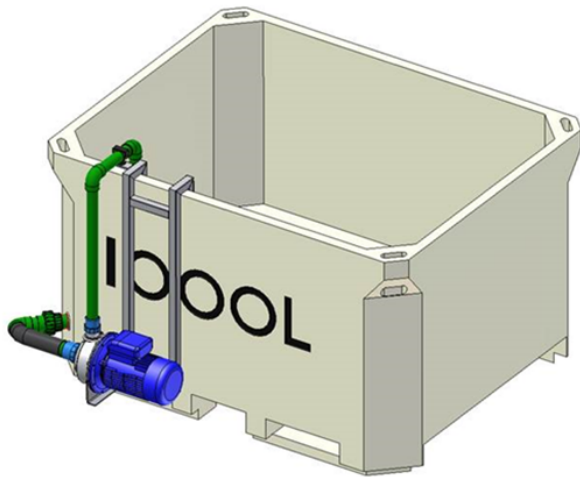
Við efnamælingar voru tekin þrjú sýni úr stirtlum og hnökkum í hverjum tilraunahópi.

##### 3.3.1 Áferðarmælingar

Áferðarmæling var gerð með Warner Bratsler aðferð. Mældur var skurðarpungi í stirtlu, miðju eða hnakka af báðum hópum; IS og OF.

##### 3.3.2 Kæling

Ofurkældur lax var kældur í 660 lítra keru við -3 °C í pækli með 5,5% saltstyrk, hringrás var haldið með dælu (sjá mynd 9) og fiskur kældur niður í -1 °C, kjarnahita. Þorskur var kældur með sömu aðferð þar til kjarnahiti náði -0,5 °C. Hefðbundinn lax og þorskur var ísaður í 30 ltr frauðplastkassa með 5 kg af ís á móti 15- 20 kg af fiski.



Mynd 9. Skýringamynd af 660 ltr kerri með hringrásardælu til að herma eftir ofurkælingu í krpa

### 3.3.3 Sýrustigsmæling

pH mælt með því að blanda í hlutföllum vatni og fiski (50/50) og mælt með Thermo Scientific Orion Ross pH electróðu með Thermo Scientific Orion Star A111 mæli eftir stillingu á bufferum pH 7 og pH 4 .

### 3.4 Skynmat

Sýnin voru metin eftir myndrænu prófi, (GDA - Generic Descriptive Analysis), þar sem skilgreindir matsþættir voru metnir til að lýsa einkennum í útliti, lykt, bragði og áferð af þjálfuðum skynmatshópi (Lawless og Heymann, 2010). Hver matsþáttur var metinn eftir styrk á 15 cm ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Hvert sýni var um 50 g biti skorinn þvert úr hnakkastykki. Sýnin voru soðin í gufu í álboxum í 7 mínútur. Þau voru borin fram heit í álboxum með loki og voru fjögur sýni metin í einu. Öll sýni voru dulkóðuð með þriggja stafa númeri og borin fram í mismunandi röð til að takmarka áhrif sýnaraðar á skynmatið.

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

### 3.5 Eldislax - fortíraun

Sýni voru tekin hjá Arnarlaxi á Bíldudal í júlí 2017, samtals 15 laxar.

- Fimm laxar (OF) kældir strax eftir dauða þar til kjarnahiti var komin niður í  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Fimm laxar (IS) kældir á ís með hefðbundnum hætti.
- Fimm laxar (Rigor) kældir á ís með hefðbundnum hætti.

Hægra flak af úr hvorum hópi (OF1 – IS1) var skorið af innan við tveimur tímum frá dauða en vinstra flakið (OF2 – IS2) látið vera áfram á hryggnum. Fimm fiskar (RIGOR) voru flakaðir í dauðastirðnun (12 – 24 tímar eftir dauða) og flökin meðhöndluð sambærilega og við vinnslu.

Fiskar og flök voru lengdarmæld og vigtuð áður en þeim var komið fyrir í viðeigandi frauðplastkassa til flutnings. Kössunum tveimur var síðan komið í flug á Bíldudal til Reykjavíkur



þar sem þeim var komið fyrir í kælum með viðeigandi hitastigi, 0 °C fyrir IS laxinn og -1 °C fyrir OF laxinn. Eftir fimm daga geymslu voru vinstri flök skorin af hryggbeini og mælingar framkvæmdar. Flakamat, skynmat og áferðarmæling var framkvæmd.

### 3.6 Eldislax - aðaltilraun

Sýni voru tekin hjá Arnarlaxi á Bíldudal í október 2017.

- 10 laxar (OF) kældir strax eftir dauða þar til kjarnahiti var komin niður í -1 °C.
- Sjö laxar (IS) kældir á ís með hefðbundnum hætti.
- Sjö laxar (Rigor) kældir á ís með hefðbundnum hætti.

Skoðaður var IS lax sem flakaður var fyrir dauðastirðnun í dauðastirðnun og eftir dauðastirðnun. Einnig var metinn OF fiskur sem flakaður var fyrir og eftir dauðastirðnun. Fyrir IS hópa voru notaðir 10 fiskar og fyrir OF og RIGOR hópa voru notaðir 7 fiskar. Hægri flök fyrir IS og OF hópa (IS1 - OF1) voru skorin af fiski innan við þremur tímum frá slátrun. Vinstri flökin (IS2 – OF2) voru skilin eftir á hryggbeini og skorin af eftir fimm daga frá slátrun. Hópur RIGOR var flakaður innan við sólarhring frá slátrun. Fiskum og flökum var komið fyrir í frauðplastkössum og síðan komið í flug á Bíldudal til Reykjavíkur þar sem þeim var komið fyrir í kælum með viðeigandi hitastigi, 0 °C fyrir IS og -1 °C fyrir OF laxinn. Eftir fimm daga geymslu voru vinstri flök skorin af hryggbeinum af IS og OF hópunum og mælingar framkvæmdar.

#### 3.6.1 Flakamat

Flakamat var gert samkvæmt FHF (Eridson, Bye, & Oppedal, 2009) aðferð þar sem mælt er teigni, stífleiki og los. Einkunn er gefin á skala frá 0-2 og 0-4: Eftirfarandi fjórir hópar voru metnir:

- **IS1:** Flaka fyrir dauðastirðnun (~3 klst. frá slátrun)
- **IS2:** Flaka eftir dauðastirðnun (~5 dagar frá slátrun)
- **OF1:** Flaka ofurkældan fisk fyrir dauðastirðnun (~3 klst. frá slátrun)
- **OF2:** Flaka eftir dauðastirðnun (~5 dagar frá slátrun)

#### 3.6.2 Skynmat

Skynmat var framkvæmt á öllum fjórum tilraunahópunum. Metinn var lax sem kældur hafði verið á hefðbundinn hátt og flakaður fyrir dauðastirðnun, meðan á dauðastirðnun stóð, og eftir dauðastirðnun. Einnig var metinn ofurkældur lax sem flakaður var eftir dauðastirðnun.

Tíu dómarmenningar sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO, 2014) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Notaðir voru matsþættir sem höfðu verið skilgreindir af skynmatshópi fyrir lax í fyrri tilraunum. Tveir þjálfunartímar voru haldnir þar sem farið var yfir skalann ásamt viðmiðunarsýnum til að aðlaga skala að sýnunum og samræma notkun dómara á skala. **Error! Reference source not found.** sýnir þá 23 matsþættir sem notaðir voru, ásamt skilgreiningum. Aðferðin parað t-próf var notuð til að skoða mun milli flökunar fyrir og eftir dauðastirðnun, fyrir hefðbundna kælingu og ofurkælingu. Einnig var t-próf notað til að skoða áhrif tímasetningar á flökun án tillits til kælingar, þ.e. fyrir dauðastirðnun og eftir dauðastirðnun. Í úrvinnslu var ávallt miðað við 95% öryggismörk og munur því talinn marktækur ef  $p < 0,05$ .



**Tafla 1.** Skynmatþættir sem notaðir voru við prófun

skynmatsþáttur	stytting	skali	skilgreining
<i>LYKT</i>			
sæt, einkennandi	L-sæt	engin    mikil	Sæt einkennandi lykt af soðnum laxi
málmlykt	L-málmur	engin    mikil	Málmlykt
fersk olía	L-olía	engin    mikil	Fersk óskemmd fiskolía
moldarlykt	L-mold	engin    mikil	Moldarlykt, fúkkalykt, jarðlykt.
súr lykt	L-súr	engin    mikil	Fersk súr lykt, sítrónusýra
þráalykt	L-þrái	engin    mikil	Þráalykt
<i>ÚTLIT</i>			
hvítar útfellingar	Ú-útfell.	ekker    mikið	Hvítar útfellingar á yfirborði og milli flaga sýnisins
mislitur	Ú-mislitur	einsleitur    misleitur	Ofan á flaki, hve mislitt er sýnið
litur	Ú-litur	hvítur    bleikur	Inni í flaki: Hve hvítur / bleikur (rauðbleikur) er fiskurinn
gulur vökvi	Ú-g.vökvi	ekker    mikið	Hve gulur er vökvinn í boxinu
fitudropar í vatni	Ú-fita	ekker    mikið	Magn fitu í yfirborði vökva
<i>BRAGÐ</i>			
sætt, einkennandi	B-sætt	ekker    mikið	Sætt einkennandi bragð af soðnum laxi
málmbragð	B-málmur	ekker    mikið	Málmbragð
fersk olía	B-olía	ekker    mikið	Fersk fiskolía
súrt bragð	B-súrt	ekker    mikið	Súrt bragð, grunnbragð
moldarbragð	B-mold	ekker    mikið	Moldar-/ fúkkabragð
þráabragð	B-þrái	ekker    mikið	Þráabragð
beiskt bragð	B-beiskt	ekker    mikið	Beiskt bragð
<i>ÁFERÐ</i>			
mýkt	Á-mýkt	stinnur    mjúkur	Metið í fyrsta biti
safi	Á-safi	þurr    safaríkur	Þurr- dregur safi úr munn
meyrni	Á-meyrni	seigur    meyr	Metið þegar sýnið er tuggið
maukkennt	Á-maukk.	lítið    mikið	Fer fljótlega í mauk eða graut við tyggingu
viðloðun	Á-viðloðun	lítið    mikið	Viðloðun, límur saman tennur

### 3.7 Eldisþorskur

Tilraun var framkvæmd í mars 2018. Tuttugu og fjórir eldisþorskar voru teknir úr eldiskví í Skutulsfirði við Ísafjarðardjúp og var landað lifandi í Ísafjarðarhöfn. Hitastig sjávar var 4 °C og var fiskinum haldið lifandi með súrefnisgjöf. Valið var í þrjá hópa:

- 10 þorskar (OF) kældir strax eftir dauða þar til kjarnahiti var komin niður í -1 °C.
- Sjö þorskar (IS) kældir á ís með hefðbundnum hætti.
- Sjö þorskar (Rigor) kældir á ís með hefðbundnum hætti.

IS og RIGOR hópar voru kældir með hefðbundnum hætti á ís. Hópur OF var kældur í pækli við -3 °C þar til kjarnahiti náði -0,5 °C. Hægra flak í hópum IS1 og OF1 var skorið af innan við 2 tímum frá dauða, en vinstra flakið í hópum IS2 og OF2 var látið vera áfram á hryggnum. Fimm dögum eftir slátrun var vinstra flakið skorið af hryggnum (hópar IS2 og OF2).

Fiskar í hópi RIGOR voru flakaðir í dauðastirðnun (12 – 24 tímum eftir dauða) og flökin meðhöndluð sambærilega og við vinnslu. OF þorskur var geymdur við -1 °C, en IS við 0 °C frá flökun til rannsóknar. Flök úr öllum hópum voru metin 7 dögum eftir slátrun.

Öll flök voru merkt til að halda utan um skráningu í gegnum ferlið, lengdarmæld fyrir og eftir dauðastirðnun. Flökin voru mynduð, framkvæmt skynmat og pH mælt í hnakka og stirtlu.

#### 3.7.1 Skynmat á eldisþorski

Skynmat var framkvæmt á fjórum hópum af þorski í mars 2018. Metinn var þorskur sem kældur hafði verið á hefðbundinn hátt og þorskur sem hafði verið ofurkældur. Fyrir báðar kælingaraðferðir var metinn þorskur sem flakaður var annars vegar fyrir og hins vegar eftir

dauðastirðnun. Ellefu dómara sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO, 2014) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Notaðir voru matsþættir sem höfðu verið skilgreindir af skynmatshópi fyrir þorsk í fyrri tilraunum. Ein þjálfun var haldin þar sem farið var yfir skalann ásamt viðmiðunarsýnum til að aðlaga skala að sýnunum og samræma notkun dómara á skala. Matsþættir voru 22 og eru sýndir ásamt skilgreiningum í töflu 2.

Tafla 2. Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á þorski og skilgreiningar á þeim.

skynmatsþáttur	stytting	skali	skilgreining
<i>LYKT</i>			
sæt lykt	L-sæt	engin    mikil	sæt lykt
skelfisk-/þörungalykt	L-skelfisk	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
borðtusulykt	L-borðtu.	engin    mikil	óhrein rök borðtuska úr eldhúsinu (36 klst)
TMA lykt	L-TMA	engin    mikil	TMA, harðfiskur, siginn fiskur, skata, amín,
skemmdarsúr	L-súr	engin    mikil	skemmdarsúr, súr mjólk, ediksýra, smjörkýra
<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 og í vökva
flögur	Ú-flögur	ekkert    mikið	fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
<i>BRAGÐ</i>			
málmkennt bragð	B-málmur	ekkert    mikið	einkennandi málmbragð af ferskum þorski
sætt bragð	B-sætt	ekkert    mikið	einkennandi sætt bragð af ferskum soðnum þorski
ferskt súrt	B-sýra	ekkert    mikið	ferkt súrt bragð, sýra, ekki skemmdarsúrt
rammt bragð	B-rammt	ekkert    mikið	rammt bragð
skemmdarsúrt	B-súrt	ekkert    mikið	skemmdarsúrt bragð
TMA bragð	B-TMA	ekkert    mikið	TMA, harðfiskur, siginn fiskur
<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
gúmmíkenndur	Á-gúmmí	lítið    mikið	gúmmí, fjaðrandi

### **3.8 Villtur þorskur**

Gengið var frá sýnunum um borð í Björgu EA sem var á veiðum á Austfjarðamiðum í október 2018. Valið var í þrjá hópa:

- 10 þorskar (OF) kældir strax eftir dauða þar til kjarnahiti var komin niður í -1 °C.
- 10 laxar (IS) kældir á ís með hefðbundnum hætti.
- 10 laxar (Rigor) kældir á ís með hefðbundnum hætti.

Hægra flak fyrir hóp IS og OF (IS1 – OF1) var skorið af fiskinum innan við 2 tímum frá dauða, en vinstra flakið (IS2 – OF2) látið vera áfram á hryggnum. Fimm dögum eftir slátrun var vinstra flakið skorið af.

Fiskar í RIGOR hóp voru flakaðir í dauðastirðnun (12 – 24 tímar eftir dauða) og flökin meðhöndluð sambærilega og gert er í vinnslu. Geyma átti OF þorsk við -1 °C og hefðbundinn við 0 °C frá flökun til rannsóknar, en mistök voru gerð við geymslu á OF fiski sem fór í 0-2 °C. Flök úr öllum hópum voru metin 7 dögum eftir slátrun.

Öll flök voru merkt til að halda utan um skráningu í gegnum ferlið, lengdarmæld fyrir og eftir dauðastirðnun. Flökin voru; mynduð, skynmat framkvæmt og mæling á pH í hnakka og styrtlu.

#### **3.8.1 Skynmat á villtum þorski**

Skynmat var framkvæmt á fimm hópum af þorski. Metinn var þorskur sem kældur hafði verið á hefðbundinn hátt (IS) og þorskur sem hafði verið ofurkældur (OF). Fyrir báðar kælingaraðferðir var metinn þorskur sem flakaður var annars vegar fyrir (IS1 – OF1), og hins vegar eftir (IS2 - OF2) dauðastirðnun. Einnig var metinn þorskur sem flakaður var í dauðastirðnun (RIGOR). Tilraun með eldisþorsk í mars 2018 hafði gefið til kynna að flökunartími hefði lítil sem engin áhrif á lykt og bragð þorsks, og var því ákveðið að beina athyglinni að útlits- og áferðarpáttum. Átta dómara sem allir höfðu reynslu af skynmati (ISO, 2014) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Ein þjálfun var haldin þar sem farið var yfir skalann ásamt viðmiðunarsýnum til að aðlaga skala að sýnunum ef á þyrfti að halda, og samræma notkun dómara á skala. Matsþættir voru 9 og eru sýndir ásamt skilgreiningum í töflu 1. Meðhöndlun fiska í hópum sem flakaðir voru fyrir og eftir dauðastirðnun var þannig að annað flakið var tekið af hverjum fiski fyrir dauðastirðnun en hitt flakið eftir dauðastirðnun. Í skynmatinu fékk þannig hver dómari samskonar bita úr flökum af sama fiski, fyrir og eftir dauðastirðnun, og var þannig komið í veg fyrir áhrif einstaklingsmunar milli fiska og milli staðsetningar innan flaks.

Áferðar- og losmat á ferskum flökum var framkvæmt sama dag og annað skynmat. Fimmtán flök, þrjú úr hverjum hópi, voru lögð á borð og metin af sex reyndum einstaklingum í mati á fiski. Fyrir hópa IS1, IS2, OF1 og OF2 voru bæði flök af sama fiski metin, annað flakað fyrir- og hitt eftir dauðastirðnun. Hvert flak var merkt með þriggja stafa númeri og var flökunum raðað tilviljunarkennt á borðið. Los var metið eftir sex punkta skala (0 = ekkert los til 5 = mjög áberandi los) og áferð var metin eftir þriggja punkta skala (0 = stinnt til 2 = lint) (tafla 3). Skynmatsþáttunum eru gerð skil í töflunum 2., 3. og 4.

Tafla 3. Skynmatsþættir fyrir myndræna greiningu á útliti og áferð soðins þorsks og skilgreiningar á þeim

skynmatsþáttur	skali	skilgreining
<b>ÚTLIT</b>		
litur	ljós    dökkur	yfirborð sýnis: ljós; hvítur litur. Dökkur; gulur, brúnn, grár
misleitur	einsleitur    misleitur	yfirborð sýnis: misleitur; t.d. blettir, misleitur í kantinn
hvítar útfellingar	ekkert    mikið	hvítar útfellingar á bita og í vökva
<b>ÁFERÐ</b>		
flögur	ekkert    mikið	fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
mýkt	stinnur    mjúkur	fyrsta bit
maukkennt	lítið    mikið	metið eftir tvær til þrjár tyggingar, mauk, grautur, skyrhumar
safi	þurr    safaríkur	þurr- dregur safi úr munn; safaríkur - gefur frá sér safi
meyrni	seigur    meyr	þegar tuggið hefur verið nokkrum sinnum
gúmmíkenndur	lítið    mikið	gúmmí, fjaðrandi

Tafla 4. Skalar fyrir mat á losi og áferð í ferskum þorskflökum

Einkunn LOS	
0	Ekkert los, engar langsprungur (e.t.v. lítilsháttar langsprungur á vöðvaskilum í hnakkastykki).
1	Los í minna en 20% flaksins eða ein til þrjár langsprungur.
2	Lítillsháttar los á einu svæði (20% flaksins) eða meira en þrjár langsprungur.
3	Lítillsháttar los í nær öllu flakinu (75% flaksins) eða mjög greinilegt los á einu svæði (20% flaksins).
4	Mjög greinilegt (en ekki áberandi) los í nær öllu flakinu (75% flaksins) eða mjög áberandi los á einu svæði (20% flaksins).
5	Mjög áberandi los í meira en 20% af flakinu
Einkunn ÁFERÐ	
0	Fiskhold er stinnt viðkomu
1	Fiskhold er fremur lint viðkomu
2	Fiskhold er lint viðkomu

## 4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

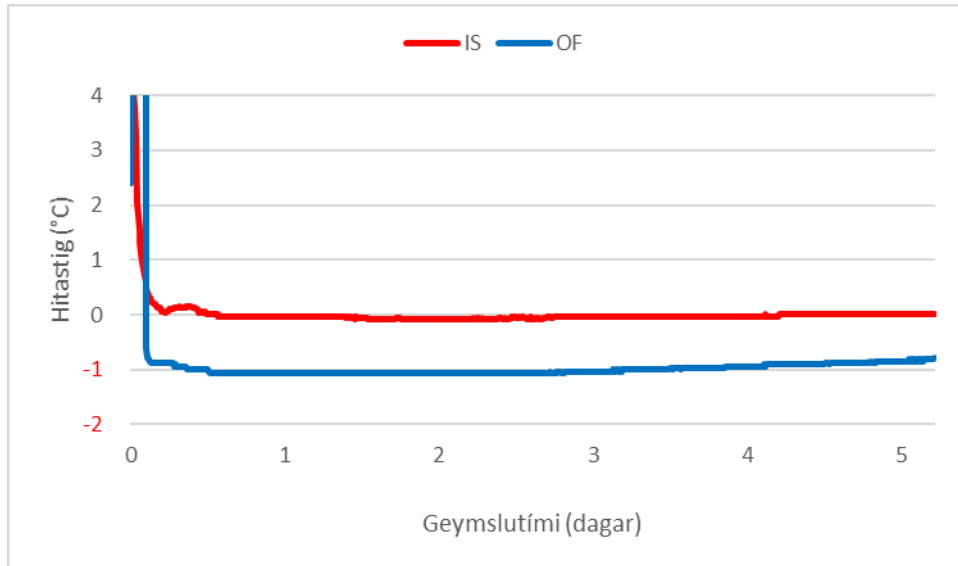
Rannsóknir voru gerðar hjá Matís á Vínlandsleið í Reykjavík.

### 4.1 Eldislax – fortíraun

Hægra flak (IS1 – OF1) af öllum fiskinum var flakað 2 tímum eftir dauða en vinstra flakið (IS2 – OF2) látið vera áfram á hryggnum. RIGOR var flakaður í dauðastirðnun og geymdur á ís. Ofurkældur lax var geymdur við -1 °C en hefðbundinn við 0 °C (bráðnun íss) frá flökun til rannsóknar.

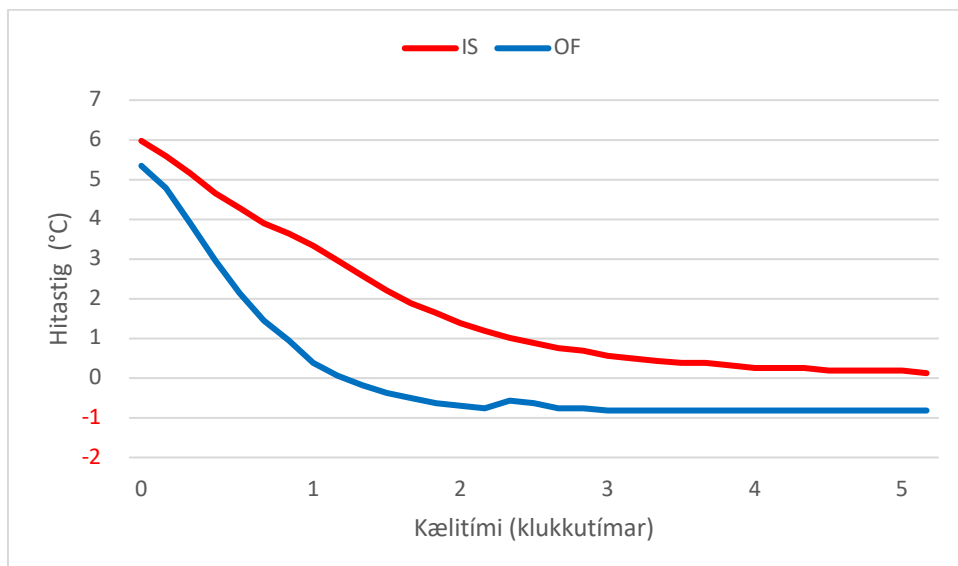
#### 4.1.1 Hitastig

Hitanemar voru settir í afurð og umhverfishita fyrir báða hópa til að skrá hitastig meðan á tilrauninni stóð. Á mynd 10 má sjá hitaferla í laxi í báðum hópunum, ofurkældum og laxi kældum á hefðbundinn hátt, ásamt umhverfishita fyrir hvorn hóp fyrir sig. Meðalhiti í laxi sem kældur var á hefðbundinn hátt er nálægt 0 °C en meðalhitastig í ofurkældum er nálægt -1 °C. Umhverfishiti er mældur frá pökkun, í gegnum flutning og síðan í kælihermum hjá Matís, en sveiflur á hitastigi eru vegna umgangs og afhrímingar.



**Mynd 10.** Hitastig í laxi, ofurkældum og hefðbundnum (kældum með ís), frá slátrun (dagur 0) fram að mælingum. IS hópur er við 0 °C allan tímann og OF hópur við -1 °C.

Á mynd 11 má sjá kæliferil laxins, annars vegar fyrir IS með ís og hins vegar OF, í kjörhitastig tilraunar.

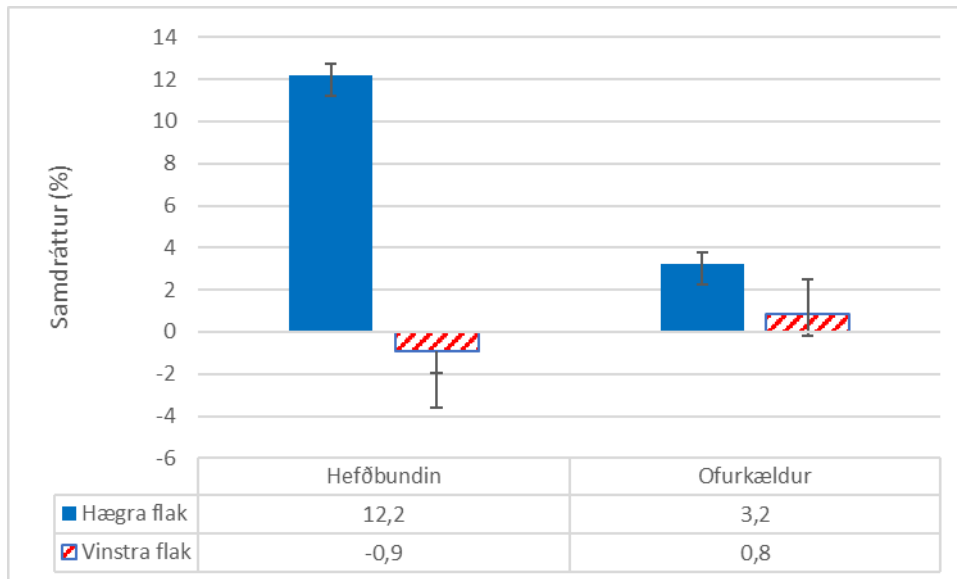


**Mynd 11.** Hitaferill í laxi frá slátrun og þar til stöðugu kjörhitastigi er náð, -1°C fyrir OF og 0 °C fyrir IS.

#### 4.1.2 Samdráttur á flökum

Ekki var munur á lengd flaka strax eftir að þau voru skorin af laxi fyrir dauðastirðnun samanborið við flök sem skorin voru af sama fiski eftir dauðastirðnun ( $p=0,399$ ) (mynd 12). Því má ætla að samdráttur vegna dauðastirðunar sé lítill sem enginn ef flakað er eftir að

dauðastirðnun er yfirstaðin. Nokkur samdráttur varð hins vegar í flökum sem skorin voru af fyrir dauðastirðnun og þá aðallega í laxi sem kældur var á hefðbundinn hátt með ís og var samdráttur í flaki að meðaltali 7 cm eða 12,2% ( $p=0,009$ ). Samsvarandi munur fyrir ofurkældan fisk var ekki marktækur ( $p=0,160$ ).



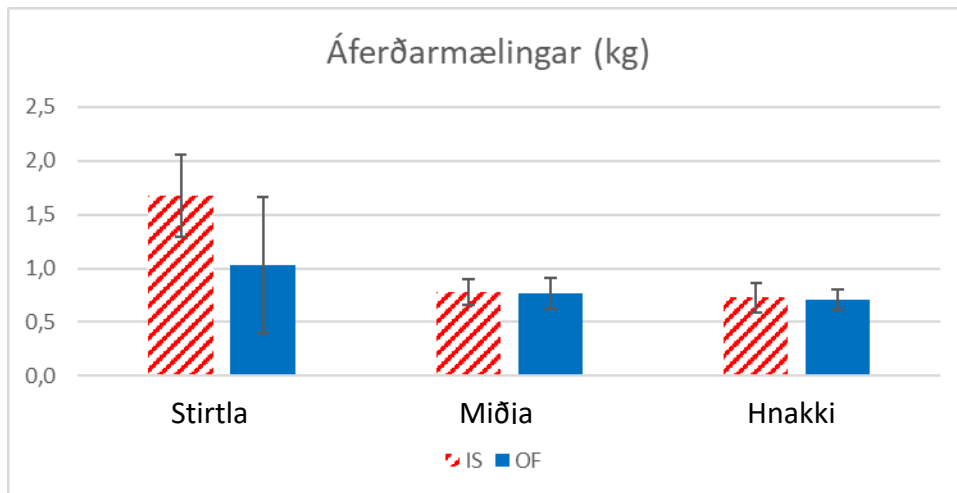
**Mynd 12.** Hlutfall meðaltalssamdráttar í lengd laxaflaka vegna dauðastirðnunar í hópum OF (ofurkæling) og IS (hefðbundin kæling með ís). Mismunur á lengd flaks sem skorið var af laxi fyrir dauðastirðnun og lengdarmælt strax (**hægra flak**), og hinu flakinu af sama laxi sem skorið var af eftir dauðastirðnun (**vinstra flak**).

#### 4.1.3 Sýrustig

Greinilegur munur var í sýrustigi eftir staðsetningu í flaki ( $p<0,000$ ). Hæst var sýrustig í stirtlu (meðaltal  $pH=6,23$ ), lægra í hnakka (meðaltal  $pH=6,20$ ) og lægst í miðjustykki (meðaltal  $pH=6,10$ ). Ekki var munur í sýrustigi fyrir lax kældan á hefðbundinn hátt eftir því hvort hann var flakaður fyrir eða eftir dauðastirðnun. Hins vegar var munur í sýrustigi fyrir stirtlu á ofurkældum fiski eftir flökunartíma þar sem flökun fyrir dauðastirðnun gaf herra sýrustig (meðaltal  $pH=6,27$ ) en flökun eftir dauðastirðnun (meðaltal  $pH=6,22$ ;  $p=0,014$ ). Munur var á sýrustigi í hnakkastykki eftir kælingaraðferðum þar sem hefðbundin kæling gaf herra sýrustig (meðaltal  $pH=6,22$ ) en ofurkæling (meðaltal  $pH=6,17$ ;  $p=0,049$ ). Sjá mynd 14.

#### 4.1.4 Áferðarmæling

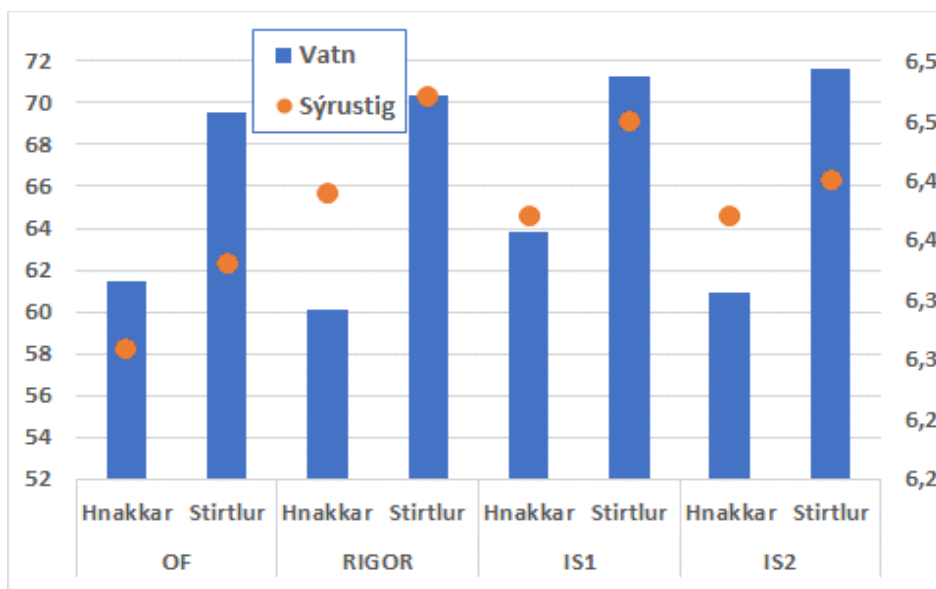
Áferð var mæld í þremur hlutum flaka þ.e. stirtlu, miðju og hnakka við mismunandi geymsluaðstæður. Fiskur geymdur við hefðbundnar aðstæður og flakaður fyrir dauðastirðnun sýndi að stirtlan var mun stífari en aðrir hlutar flaksins, miðjustykki og hnakki ( $p=0,000$ ), og stirtla af fiski kældum á hefðbundinn hátt hafði meiri seiglu en ofurkældur. Engin munur mældist í stífleika hjá miðju flaki eða hnakka á milli hópanna, sjá mynd 13.



**Mynd 13.** Áferðarmæling á flakahlutum, stirtlu, miðju og hnakka. Laxinn geymdur á tvo mismunandi vegu og flakað fyrir dauðastirðnun; IS – kæling á hefðbundinn hátt og OF – ofurkældur.

## 4.2 Eldislax – aðaltilraun

Á mynd 14 má sjá stöplarit fyrir sýrustigsmælingar. Hægra flak (IS1 – OF1) af öllum fiskum var flakað 3 tímum frá dauða en vinstra flakið (IS2 – OF2) látið vera áfram á hryggnum. RIGOR var flakaður í dauðastirðnun og geymdur á ís. Ofurkældur lax var geymdur við  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en við hefðbundna kælingu við  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (bráðnun íss) frá flökun til rannsóknar.

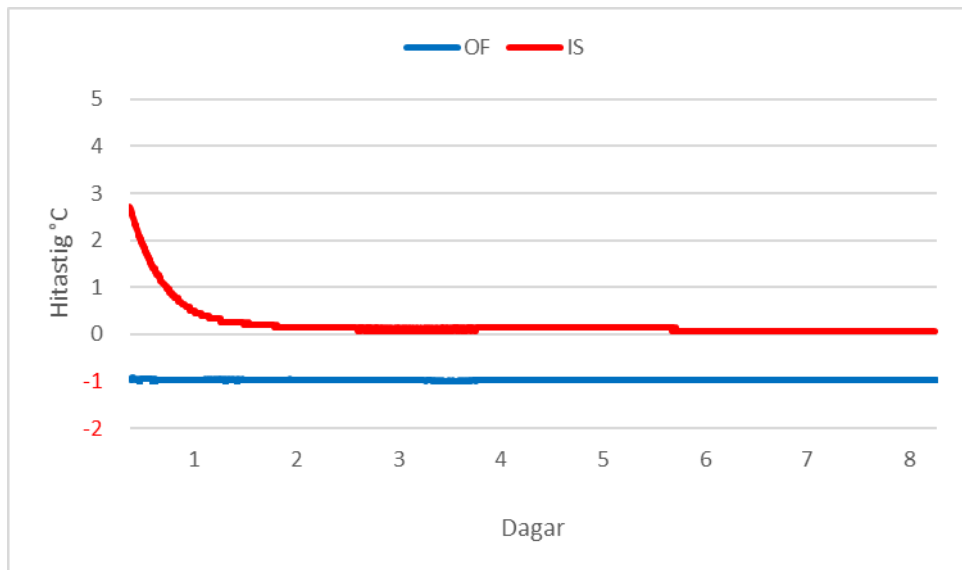


**Mynd 14.** Vatns- og sýrustigsmælingar í laxa-flakabitum. Ofurkældur (OF) Hefðbundin (IS). OF er flakaður fyrir dauðastirðnun, IS1 er flakaður fyrir dauðastirðnun og IS2 eftir dauðastirðnun, og RIGOR er flakaður í dauðastirðnun

### 4.2.1 Hitastig

Hitastig í laxi sem var geymdur við hefðbundnar aðstæður var nálægt  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  og geymdur við ofurkældar aðstæður um  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Greinilega má sjá að það tekur um 1,5-2 daga að ná kjörhitastigi,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , við hefðbundna kæligeymslu með ís. Umhverfishiti við geymslu lax við hefðbundnar aðstæður var um  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en við aðstæður með ofurkælingu var hitastigið um  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , eins og sjá má á mynd 15.

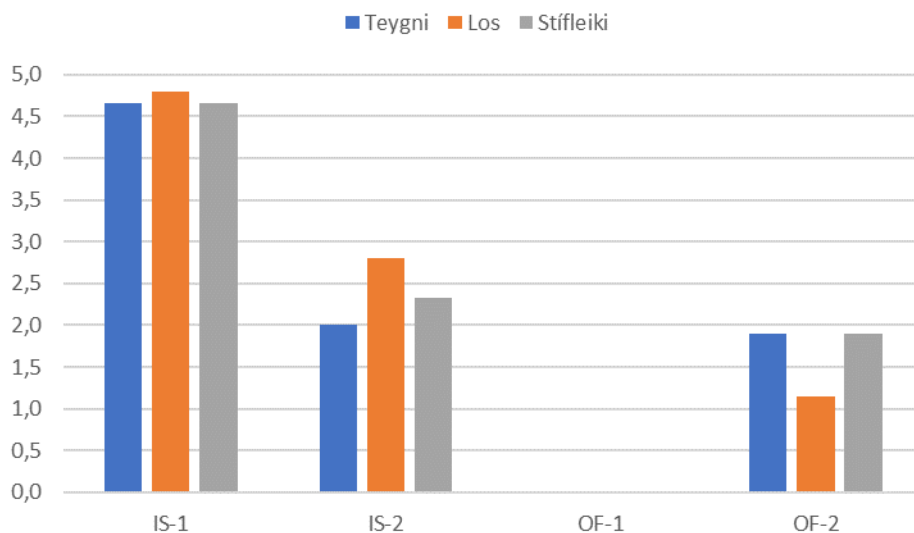




**Mynd 15** Hitastig í ofurkældum (OF) og hefðbundnum (IS) laxi, OF er við -1 °C en IS við 0 °C.

#### 4.2.2 Flakamat

Flakamat var gert á flökum úr ísuðu hráefni og ofurkældu. Laxinn var flakaður fyrir og eftir dauðastirðnun. IS1 eru hefðbundin flök sem flökuð voru fyrir dauðastirðnun en IS2 eru flök tekin eftir ferlið. OF1 eru flök af ofurkældu hráefni sem tekin voru fyrir dauðastirðnun og OF2 af flökum tekin eftir ferlið. Lægri einkunn stendur fyrir meiri gæði en hærri tölur lakari. Greinilegur munur er á því hvort flök eru geymd við hefðbundnar aðstæður eða ofurkældar, en einnig er munur á milli þeirra hópa eftir því hvort flakað er fyrir eða eftir dauðastirðnun. Lakasta útkoman (sjá mynd 16) eru flök sem tekin eru fyrir dauðastirðnun, en besta útkoma (fullkomin einkunn) eru flök sem tekin eru fyrir ferlið af ofurkældu hráefni.



**Mynd 16** Niðurstaða flakamats fyrir þrjá laxa hópa, flök af ofurkældum laxi flakað eftir dauðastirðnun (OF2) og flökum af laxi geymdum við hefðbundnar aðstæður (IS1 - IS2). Fyrir hvern hóp voru teknir sjö fiskar. Mestu gæði eru 0 en hærri tölur gefa lakari gæði (Eridson, Bye, & Oppedal, 2009).

#### 4.2.3 Skyngmat

Laxinn hafði greinileg en þó ekki mikil ferskleikaeinkenni. Ferskleikaeinkenni í laxi eru sæt lykt, sætt bragð, málmlykt og málmbragð auk lyktar og bragðs af ferskri olíu. Greinileg sæt lykt,

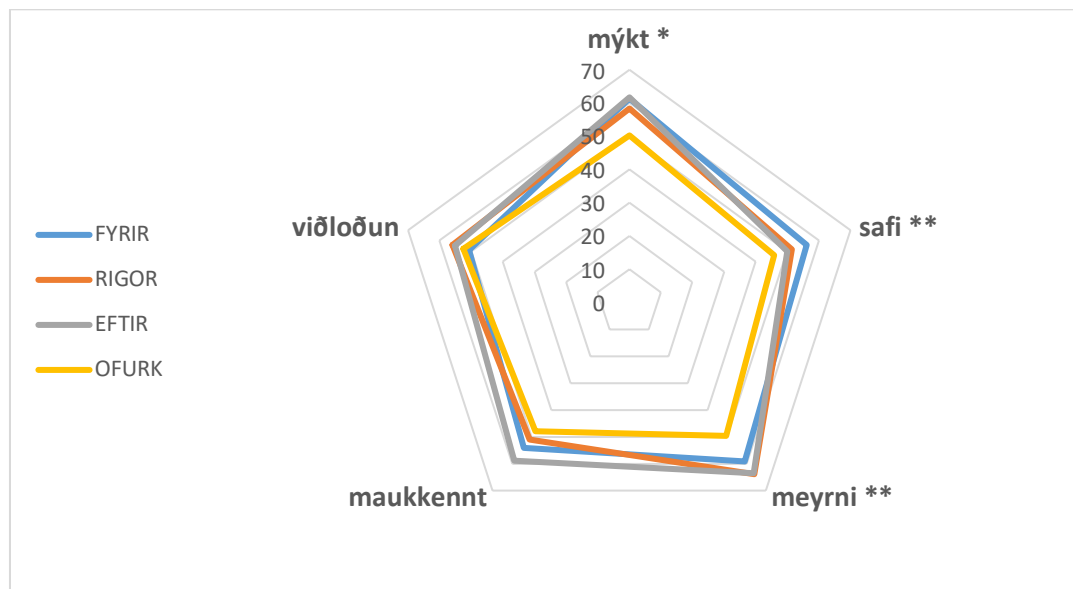
málmbragð og sætt bragð fannst af laxinum. Vottur var af málmlykt, og lykt og bragði af ferskri olíu. Einnig var vottur af moldarlykt, moldarbragði og súru bragði sem algengt er í laxi. Engin skemmdareinkenni voru greinanleg (þráalykt, þráabragð og beiskt bragð). Laxinn hafði almennt dálítið af hvítum útfellingum, var frekar einsleitur, í meðallagi bleikur miðað við lax og nokkuð mikið var af olíu í soðvökva. Áferðin var almennt frekar mjúk og meyr, og í meðallagi safarík. Laxinn var nokkuð maukkenndur og viðloðun var frekar mikil. Sjá töflu 5 og mynd 17.

**Tafla 5** Meðaltöl skynmatspáttu fyrir lax úr myndrænni greiningu (GDA). IS stendur fyrir ískæling og OF fyrir ofurkælingu. IS1 - flakað fyrir dauðastirðnun, RIGOR - flakað í dauðastirðnun, IS2 - flakað eftir dauðastirðnun, OF1 - flakað fyrir dauðastirðnun. Skali 0 - 100. Mismunandi bókstafir innan línu gefa til kynna marktækan OW anova. Einnig eru sýnd p-gildi úr þöruðu t-prófi fyrir samanburð á IS1 og IS2.

skynmatspáttur	IS1	RIGOR	IS2	OF1	p-gildi anova	p-gildi parað t-próf FYRIR/EFTIR
<i>LYKT</i>						
sæt	27	30	29	28	0,705	0,493
málmlykt	16	18	21	17	0,351	0,053 <b>ms</b>
fersk olía	18	18	17	17	0,859	0,723
moldarlykt	14	12	16	15	0,516	0,382
súr lykt	7	6	6	6	0,947	0,347
þráalykt	1	2	2	3	0,406	0,145
<i>ÚTLIT</i>						
hvítar útfell. *	23	22	18 <b>b</b>	25 <b>a</b>	0,032	0,034 *
mislitur	28	22	26	26	0,390	0,238
litur	45	50	44	48	0,184	0,630
gulur vökvi	22	26	27	26	0,398	0,094 <b>ms</b>
fitudropar	45	45	47	41	0,594	0,482
<i>BRAGÐ</i>						
sætt	26	29	25	26	0,703	0,679
málmbragð	28	29	24	25	0,238	0,126
fersk olía	19	17	17	16	0,452	0,548
súrt bragð <b>ms</b>	14	15	15	22	0,090	0,682
moldarbragð	14	13	13	13	0,719	0,358
þráabragð	1	1	1	2	0,132	0,262
beiskt bragð	6	5	3	5	0,466	0,131
<i>ÁFERÐ</i>						
mýkt *	61 <b>a</b>	58 <b>a</b>	62 <b>a</b>	50 <b>b</b>	0,020	0,932
safi **	56 <b>a</b>	51	50	46 <b>b</b>	0,005	0,112
meyrni **	59 <b>a</b>	64 <b>a</b>	64 <b>a</b>	50 <b>b</b>	0,005	0,384
maukkennt	54	51	59	48	0,179	0,229
viðloðun	51	56	55	53	0,348	0,266

ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ).

Ef niðurstöður úr OW anova eru skoðaðar fannst ekki munur milli sýnahópa í lykt. Lítil munur var einnig í bragði en munur á súru bragði (ekki skemmdareinkennum) var á mörkum marktækis og hafði ofurkældi laxinn tilhneigingu til að vera **súrari** en lax kældur á hefðbundinn hátt. Ofurkældi laxinn hafði aðeins meira af hvítum **útfellingum** en lax kældur á hefðbundinn hátt og flakaður eftir dauðastirðnun. Í áferð var ofurkældi laxinn nokkuð frábrugðinn laxi sem kældur var á hefðbundinn hátt en ofurkældi laxinn var **stinnastur**, **þurrastur** og **seigastur** af hópunum fjórum. Skynmatssýnum var raðað þannig að hver dómari mat samskonar bita úr flökum af sama fiski, þar sem eini munurinn var að annað flakið var skorið af fyrir og hitt eftir dauðastirðnun. Þar með er hægt að útiloka að langmestu leiti mismun vegna annarra þátta en flökunartíma. Þessi uppsetning gerir það að verkum að hægt er að nota parað t-próf til að meta mun í skynrænum einkennum eftir flökunartíma. Slík úrvinnsla gefur til kynna mun í **hvítum útfellingum** þannig að lax flakaður fyrir dauðastirðnun hafði meira af útfellingum en lax flakaður eftir dauðastirðnun. Munur í málmlykt og gulum vökva var á mörkum marktækis.



**Mynd 17** Meðaltöl GDA fyrir áferðarþætti fyrir lax. FYRIR (IS1) er flakaður fyrir dauðastirðnun (ísaður), RIGOR er flakaður í dauðastirðnun (ísaður), EFTIR (IS2) er flakaður eftir dauðastirðnun (ísaður), OFURK er flakaður fyrir dauðastirðnun (ofurkældur). Skali 0-100. \*( $p < 0,1$ ); \*\*( $p < 0,01$ ).

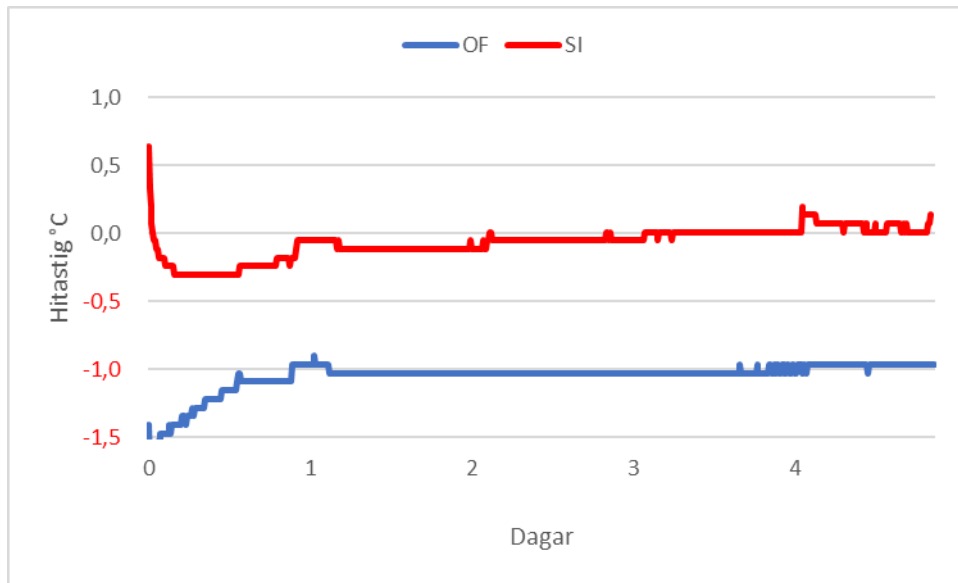
### 4.3 Eldisþorskur

Eldisþorskur var tekinn úr kví á Skutulsfirði í mars 2017. Fiskurinn sem kældur var á hefðbundinn hátt með ís (IS1) mældist með 7% mismun á samdrætti eftir því hvort flakið var skorið af fyrir eða eftir dauðastirðnun, hægra flakið sem var skorið innan við 2 tímum frá dauða var að meðaltali 7% styttra en flak sem skorið var af fimm dögum seinna. Hægra flak af ofurkældum þorski sem skorið var af innan við 2 tímum eftir dauða var að meðaltali 6% styttra en vinstra flakið sem var skorið af fimm dögum eftir dauða.

#### 4.3.1 Hitastig

Sjávarhiti var um 4 °C þegar eldisþorskurinn var tekinn úr kví. Hitastig í IS fór niður í -0,3 °C en aðlagði sig að bráðnun ís í um 0 °C á fyrsta degi og hélst þannig út geymslutímann, en OF

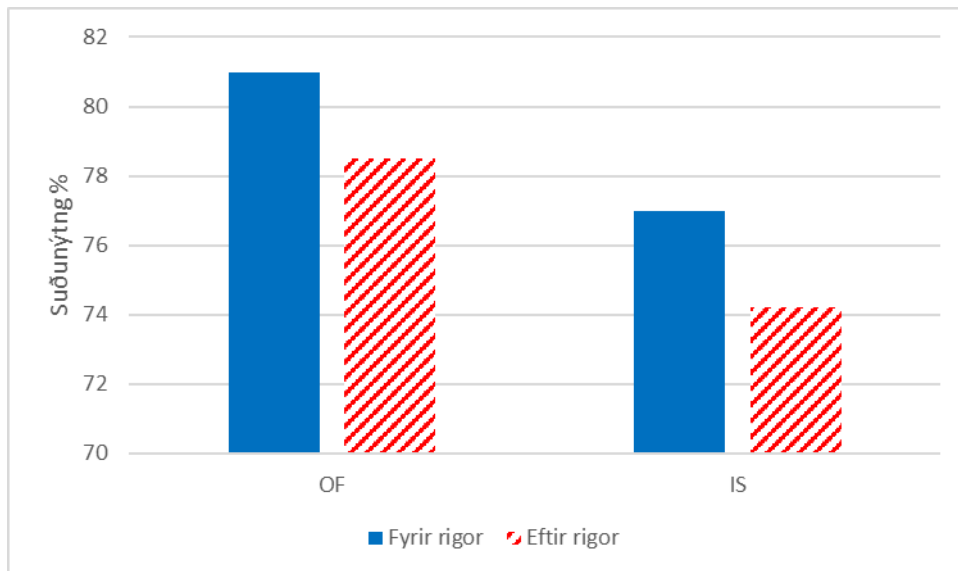
fiskur fór niður í -1,5 en aðlagðist síðan að -1 °C eftir nokkurra klukkustunda geymslu, sjá mynd 18.



**Mynd 18** Hitaferlar ofurkælds (OF) og hefðbundins (SI) eldisporsks frá sýnatöku til loka tilraunar. OF er við -1 °C allan tímann en IS nálægt 0 °C.

#### 4.3.2 Suðunýting

Tímasetning flökunar hafði áhrif á suðunýtingu (mynd 19) þannig skilaði flökun fyrir dauðastirðnun betri suðunýtingu en flökun eftir dauðastirðnun (meðaltöl: 79,3 og 76,7,  $p = 0,004$ ). Enn meiri munur var á suðunýtingu eftir kælingaraðferðum, þannig skilar ofurkældur þorskur betri suðunýtingu en fiskur sem var kældur á hefðbundinn hátt (meðaltöl: 79,7 og 71,5,  $p = 0,003$ ).



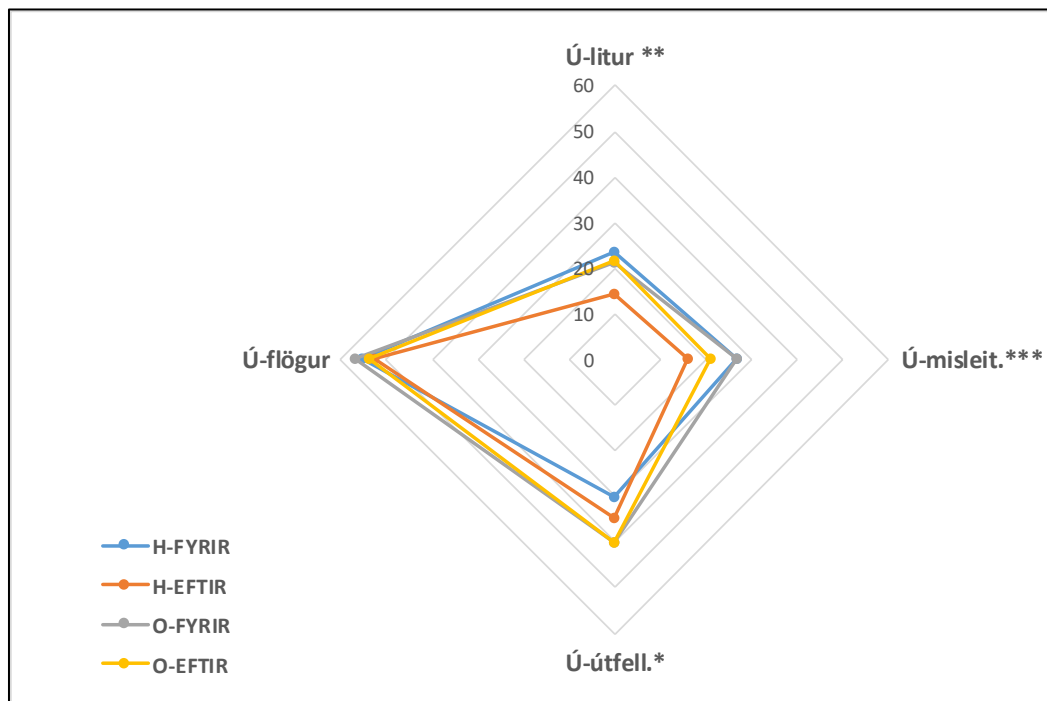
**Mynd 19** Mælingar á suðunýtingu fyrir eldisporsk. OF flök geymd við -1 °C og IS flök við 0 °C

### 4.3.3 Skynmat

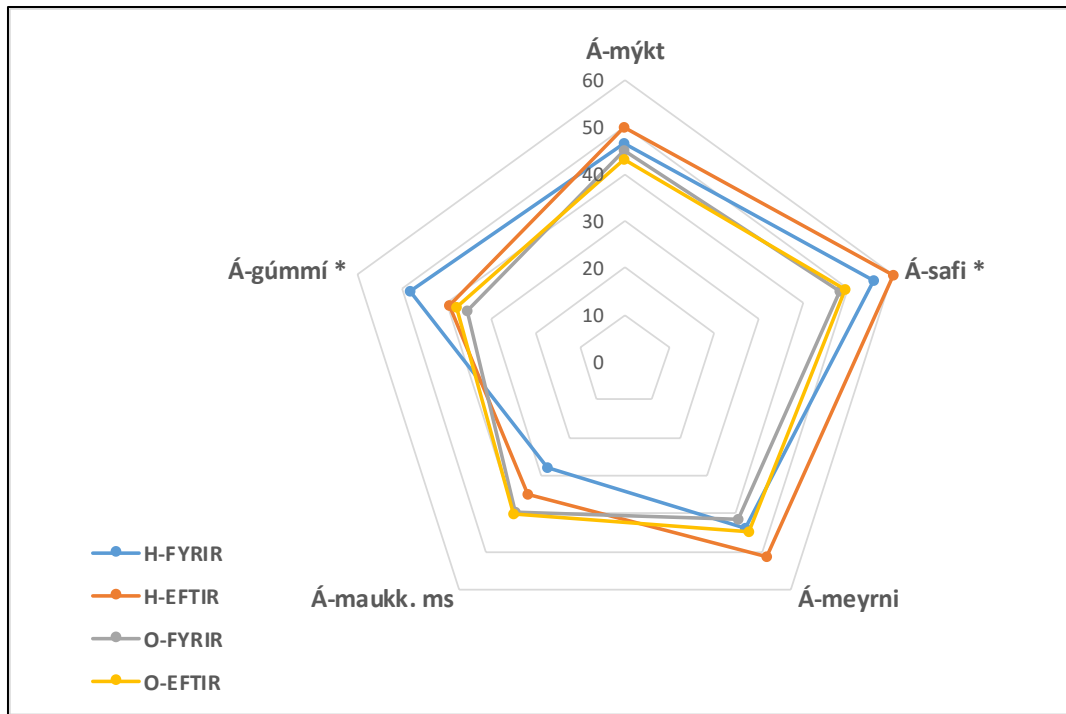
Ekki fannst munur milli hópa í lykt eða bragði (tafla 6). Nokkur munur sást hins vegar bæði í útliti og áferð (myndir 20 og 21). Þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður eftir dauðastirðnun var **ljósari** en aðrir hópar.

Þorskur sem flakaður var fyrir dauðastirðnun hafði tilhneigingu til að vera **misleitari** en þorskur sem flakaður var eftir dauðastirðnun. Ofurkældur fiskur hafði meira af **hvítum útfellingum** en þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður fyrir dauðastirðnun. Þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður eftir dauðastirðnun var **safaríkari** en ofurkældur fiskur flakaður fyrir dauðastirðnun. Munur á **maukkenndri** áferð var á mörkum marktækis og var þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður fyrir dauðastirðnun minnst maukкенndur en báðir hópar af ofurkældum þorski voru **mest maukкенndir**. Þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður fyrir dauðastirðnun var **gúmmikenndari** en ofurkældur þorskur flakaður fyrir dauðastirðnun.

Almennt hafði þorskurinn ekki mikil en þó greinileg ferskleikaeinkenni (sæta lykt og skelfisklykt, málmkennt bragð og sætt bragð). Vottur af kartöflulykt fannst sem gefur til kynna minnkandi ferskleika en engin skemmdareinkenni voru greinanleg (borðtuskulykt, TMA lykt, skemmdarsúr lykt, rammt bragð, skemmdarsúrt bragð eða TMA bragð). Þorskurinn var almennt ljós og einsleitur, hafði nokkuð af hvítum útfellingum og rann nokkuð vel í flögur þegar þrýst var á sýni með gaffli. Áferð þorsksins var almennt í meðallagi mjúk, safarík og meyr. Einnig var hún aðeins maukкенnd og gúmmikennd.



**Mynd 20** Meðaltöl GDA fyrir útlitsþætti hjá þorskflökum. H - hefðbundin kæling, O - ofurkælt (C), FYRIR - fyrir dauðastirðnun, EFTIR - eftir dauðastirðnun. Skali 0 - 100. \* p<0,05; \*\* p<0,001; \*\*\* p<0,001.



**Mynd 21** Meðaltöl GDA fyrir áferðarþætti hjá þorskflökum. H – hefðbundin kæling, O – Ofurkæling, FYRIR - fyrir dauðastirðnun, EFTIR - eftir dauðastirðnun. Skali 0 – 100. \*  $P < 0,1$  ; ms  $0,05 < p < 0,1$  (á mörkum marktækis).

**Tafla 6.** Meðaltöl GDA (**myndrænt próf, GDA - Generic Descriptive Analysis**) fyrir áferðarþætti fyrir þorsklök. H – FYRIR (IS1) hefðbundin kæling flakað fyrir dauðastirðnun, H-EFTIR (IS2) hefðbundin kæling flakað eftir dauðastirðnun, O-FYRIR (OF1) ofurkælt flaka fyrir dauðastirðnun, O-EFTIR (OF2) ofurkælt flakað eftir dauðastirðnun. Mismunandi bókstafir innan línu gefa til kynna marktækan mun milli viðkomandi hópa

<b>skynmatsþáttur</b>		<b>H-FYRIR</b>	<b>H-EFTIR</b>	<b>O-FYRIR</b>	<b>O-EFTIR</b>	<b>p-gildi</b>
<i>LYKT</i>						
sæt lykt		31	34	29	33	0,166
skelfisk-/þörungalykt		30	31	28	26	0,254
vanilla/ soðin mjólk		10	9	10	10	0,819
soðnar kartöflur		21	15	18	19	0,209
borðtuskulykt		4	2	5	4	0,170
TMA lykt	**	1 <b>b</b>	1 <b>b</b>	3 <b>a</b>	3 <b>a</b>	0,004
skemmdarsúr		1	2	2	2	0,827
<i>ÚTLIT</i>						
litur	**	24 <b>a</b>	15 <b>b</b>	21 <b>a</b>	22 <b>a</b>	0,005
misleitur	***	27 <b>b</b>	16 <b>c</b>	27 <b>ab</b>	21 <b>ac</b>	0,001
hvítar útfellingar	*	30 <b>b</b>	35	40 <b>a</b>	40 <b>a</b>	0,024
flögur		55	53	57	54	0,822
<i>BRAGÐ</i>						
málmkennt bragð		37	37	37	37	0,998
sætt bragð		33	39	38	38	0,222
ferskt súrt		7	5	5	5	0,456
rammt bragð		2	4	2	4	0,468
skemmdarsúrt		0	1	1	1	0,199
TMA bragð		1	1	3	2	0,191
<i>ÁFERÐ</i>						
mýkt		47	50	45	43	0,698
safi	*	56	60 <b>a</b>	48 <b>b</b>	50	0,031
meyrni		44	51	41	45	0,127
maukkennt	<b>ms</b>	28	35	40	40	0,061
gúmmíkenndur	*	48 <b>a</b>	39	35 <b>b</b>	38	0,035

ms (marginal significance,  $p = 0,05-0,10$ ); \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ )

#### **4.4 Villtur þorskur**

Þorskur var fenginn af Austfjarðamiðum og var gengið frá honum um borð í togaranum Björgu EA í október 2018.

##### **4.4.1 skynmat**

Fyrstu tveir höfuðþættir í höfuðþáttagreiningu (Principal Component Analysis) útskýra 83,8% af breytileika GDA niðurstaða (mynd 1). Höfuðþáttur 1 (PC1) útskýrir 61,2% af breytileikanum og einkennist aðallega af mun í lit, misleitni og meyrni. Höfuðþáttur 2 (PC2) útskýrir 22,6% af

breytileika gagnanna og einkennist af mun í maukkenalndri áferð og hversu vel fiskurinn rennur í flögur við þrýsting. Samanburður milli allra hópa með ANOVA (glm) og Duncans prófi sýndi að lítill munur var milli hópa sem flakaðir voru á sama tíma sem gefur til kynna að áhrif kælingar hafi verið hverfandi (tafla 2). Allur fiskurinn hafði lítið af hvítum útfellingum og féll nokkuð vel í flögur þegar þrýst var á hann með gaffli. Fiskurinn var einnig allur mjög mjúkur, nokkuð maukenalndur og safaríkur, meyr og lítið gúmmíenalndur.

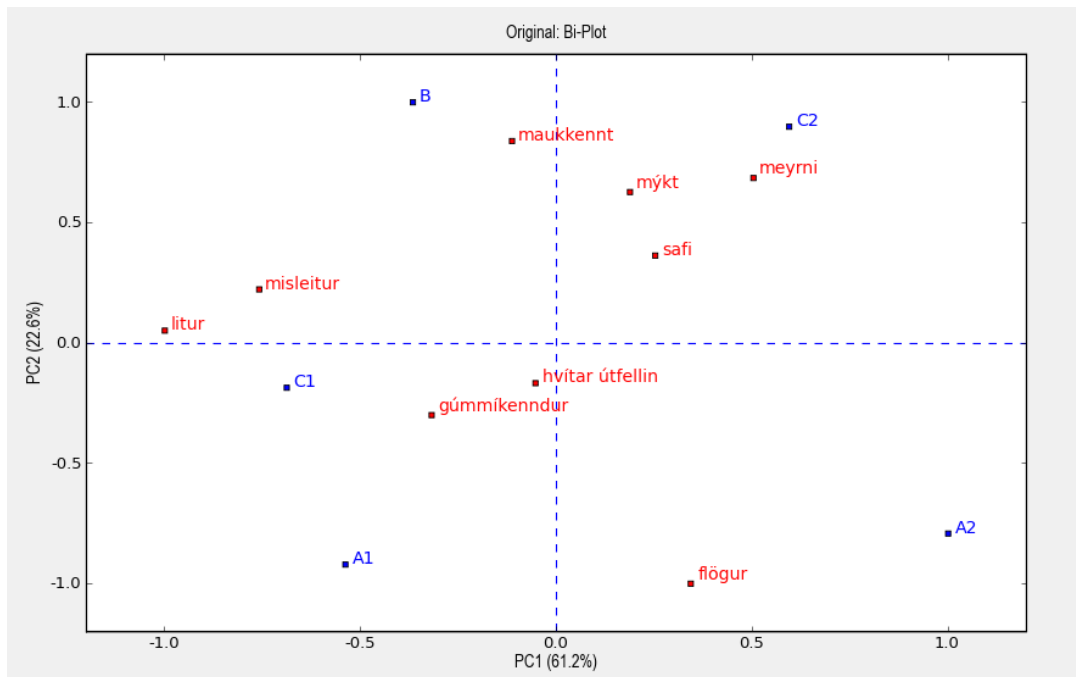
Samaburður milli flökunar fyrir og eftir dauðastirðnun með þöruðu t-prófi sýndi nokkuð mikinn mun. Flökun fyrir dauðastirðnun gaf af sér fisk sem var nokkuð **dekkri, misleitari og seigari** en fiskur sem flakaður var eftir dauðastirðnun. Fiskur flakaður eftir dauðastirðnun var **mjög ljós, mjög einsleitur og mjög meyr** en fiskur flakaður **fyrir dauðastirðnun** var **frekar ljós, aðeins misleitur og frekar meyr**. Munur á mýkt, safa og gúmmíenalndri áferð var á mörkum marktækis og voru flök eftir dauðastirðnun **safaríkari, mýkri og minna gúmmíenalnd** en flök fyrir dauðastirðnun. Flök af fiski flökuðum í dauðastirðnun var líkari hópum flökuðum fyrir dauðastirðnun í **útliti** en í **áferð** var þessi hópur líkari hópum flökuðum eftir dauðastirðnun (tafla 2 og mynd 1). Hópur A2 féll auðveldar í flögur en hópar C1, C2 og B.

Niðurstöður úr mati á ferskum flökum, eftir úrvinnslu með þöruðu t-prófi, gefa til kynna mun í **áferð** flaka eftir tímasetningu flökunar og gaf flökun eftir dauðastirðnun **stinnari** áferð flaka en flökun fyrir dauðastirðnun (tafla 3). Ekki var munur í losi milli hópa sem kældir voru á hefðbundinn hátt en fyrir ofurkæld flök olli flökun eftir dauðastirðnun meira losi í flökum. Flökun í dauðastirðnun gaf af sér meðalgildi sem féllu milli meðalgilda hópa fyrir og eftir dauðastirðnun. Hins vegar þarf að hafa í huga að einungis voru þrjú flök metin fyrir hvern hóp og flökun var ekki framkvæmd af sama einstaklingi fyrir og eftir dauðastirðnun.

**Tafla 7.** Meðaltöl skynmatspátta úr myndrænni greiningu (GDA) fyrir þorsk. **IS** – hefðbundin kæling, **OF** – ofurkæling, **1** - fyrir dauðastirðnun, **2** – eftir dauðastirðnun, **RIGOR** – í dauðastirðnun. Skali 0 – 100. Sýnd eru p-gildi fyrir það t-próf milli IS1 og IS2, OF1 og OF2, flökunar fyrir og eftir dauðastirðnun (fyrir: IS1+OF1, eftir: IS2+OF2). Einnig eru sýnd p-gildi fyrir mun milli hópa með **glm** (general linear model). Mismunandi bókstafir innan línu gefa til kynna marktækan mun milli hópa samkvæmt Duncan's prófi.

skynmatspátur	Parað			parað			glm			parað		
	IS1	IS2	t-próf; A1, A2 p-gildi	OF1	OF2	t-próf; C1, C2 p-gildi	RIGOR	p-gildi	fyrir	eftir	t-próf p-gildi	
<b>ÚTLIT</b>												
litur	32 a	16 b	0,000	38 a	18 b	0,000	34 a	0,000	35	17	0,000	
misleitur	30 a	16 b	0,000	29 a	17 b	0,016	35 a	0,000	29	17	0,000	
hvítar útfellingar	17	16	0,822	15	13	0,302	17	0,738	16	15	0,415	
flögur	55	65 a	0,144	52 b	48 b	0,499	49 b	0,022	53	56	0,450	
<b>ÁFERÐ</b>												
mýkt	69	74	0,269	74	79	0,130	77	0,163	71	77	0,069	
maukentalnd	37	33	0,525	41	46	0,355	42	0,065	39	40	0,892	
safi	65	69	0,454	60	69	0,065	70	0,187	63	69	0,060	
meyrni	58 c	75 ab	0,010	62 bc	70 ab	0,096	74 a	0,004	60	72	0,002	
gúmmíenalndur	24	16	0,068	23	17	0,387	18	0,277	23	16	0,078	





**Mynd 22.** Höfuðþáttgreining (Principal Component Analysis) fyrir þorsk. **A (IS)** – hefðbundin kæling, **C (OF)**– ofurkæling, 1 – fyrir dauðastirðnun, 2 – eftir dauðastirðnun, **B (RIGOR)**– í dauðastirðnun.

Niðurstöður úr mati á ferskum flökum, eftir úrvinnslu með þöruðu t-prófi, gefa til kynna mun í áferð flaka eftir tímasetningu flökunar og gaf flökun eftir dauðastirðnun stinnari áferð flaka en flökun fyrir dauðastirðnun (tafla 8). Ekki var munur í losi milli hópa sem kældir voru á hefðbundinn hátt en fyrir ofurkæld flök olli flökun eftir dauðastirðnun meira losi í flökum. Flökun í dauðastirðnun gaf af sér meðalgildi sem féllu milli meðalgilda hópa fyrir og eftir dauðastirðnun. Hins vegar þarf að hafa í huga að einungis voru þrjú flök metin fyrir hvern hóp og flökun var ekki framkvæmd af sama einstaklingi fyrir og eftir dauðastirðnun.

**Tafla 8.** Meðaltöl fyrir mat á losi og áferð á ferskum þorskflökum. IS – hefðbundin kæling, OF – Ofurkæling, 1 - fyrir dauðastirðnun, 2 – eftir dauðastirðnun, RIGOR – í dauðastirðnun. Los, skali 0-5; áferð, skali 0-2. Sýnd eru p-gildi fyrir parað t-próf milli IS1 og IS2, OF1 og OF2, flökunar fyrir og eftir dauðastirðnun (fyrir: IS1+OF1, eftir: IS2+OF2). Einnig eru sýnd p-gildi fyrir mun milli hópa með glm – general linear model. Mismunandi bókstafir innan línu gefa til kynna marktækan mun milli hópa samkvæmt Duncan's prófi.

skynmatsþáttur	Parað			parað			glm			parað	
	IS1	IS2	t-próf;	OF1	OF2	t-próf;	RIGOR	p-gildi	fyrir	eftir	t-próf
			A1, A2			C1, C2					
			p-gildi			p-gildi					p-gildi
los	1,5	1,4	0,607	1,1 <b>b</b>	1,8 <b>a</b>	0,005	1,5	0,055	1,3	1,6	0,100
áferð	0,3 <b>b</b>	0,6 <b>a</b>	0,020	0,3 <b>b</b>	0,6 <b>a</b>	0,029	0,4	0,004	0,3	0,6	0,001

## 5 UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR

### 5.1 Lax

Lítill munur fannst á lykt, útliti, bragði eða áferð eftir flökunartíma á laxi sem kældur var á hefðbundinn hátt. Lax sem flakaður var fyrir dauðastirðnun hafði þó aðeins meira af hvítum útfellingum en lax sem flakaður eftir dauðastirðnun. Ofurkældur lax skar sig aðeins úr í útliti og bragði að því leiti að hann hafði mestar **hvítar útfellingar** af hópunum fjórum og bragðaðist **súrastur**. Súrt bragð er í þessu tilfelli ekki skemmdareinkenni enda var allur fiskurinn metinn ferskur og engin skemmdareinkenni voru greinileg. Mestur munur sást í **áferð** en þar var ofurkældi laxinn frábrugðinn þeim sem var kældur á hefðbundinn hátt, sérstaklega í **mýkt** og **meyrni**. Ofurkældi laxinn var **stinnastur**, **þurrastur** og **seigastur** af hópunum fjórum.

Þessar niðurstöður gefa til kynna að þörf er á frekari rannsóknum hvað varðar þau atriði sem hafa áhrif á dauðastirðnun. Hægt er að stýra allri vinnslu og slátrun og besta ferlið þannig að hægt verður að tryggja jöfnustu gæði afurða sem eru unnin ofur-fersk og stýra flutningi afurða á markaði og fá alltaf hæstu verð og byggja þannig undir aukna verðmætasköpun í laxeldi á Íslandi. Niðurstöður þessarar rannsóknar benda til að þrátt fyrir samdrátt á flökum sem skorin eru fyrir dauðastirðnun og umtalsverða breytingu á lögun, hefur það lítill áhrif á bragðgæði, bit eða nýtingu. Niðurstöður styðja fyrri niðurstöður rannsókna (Gunnar , Albert, & Anton Helgi, Ofurkældur lax, 2016) (Gunnar , Sigurjón, & Magnea , Sub chilling of fish, 2017) að ofurkæling hafi talsverð áhrif á samdrátt við dauðastirðnun og dragi verulega úr honum. Flökun á laxi strax eftir slægingu og kælingu gæti því verið álitleg og skapa tækifæri fyrir framleiðslu á afurðum inn á kröfuhörðustu markaði. Slíkt eykur líftíma vöru á markaði fyrir ferska framleiðslu og gefur samkeppnistækifæri.

### 5.2 Þorskur

Flökun á bolfiski er vel þekkt um borð í frystitogurum og mikil reynsla komin á þá framleiðslu. Mikilvægt er að gefa afurðum tíma til að ljúka ferlinu í frysti fyrir þíðingu (Jónas & Sigurjón Arason, 1998). Munur virðist vera á afurð sem flökuð er fyrir og eftir dauðastirðnun í villtum þorski. Áhugavert gæti verið að skoða hvort gæðamunur sé á þorski (bolfiski) sem er flakaður í dauðastirðnun og eldaður í því ástandi, en miklar líkur eru á að slíkt sé stundað á íslenskum veitingahúsum, fiski er landað að kvöldi veiðidags og veitingahús kaupa á hann á markaði morguninn eftir og elda um kvöldið. En slíkt var utan við umfang þessa verkefnis.

#### 5.2.1 Eldisþorskur

Þorskurinn hafði greinileg en þó minnkandi ferskleikaeinkenni og engin skemmdareinkenni voru greinanleg. Áferð þorsksins var almennt í meðallagi **mjúk**, **safarík** og **meyr**, aðeins **mauk-kennd** og **gúmmíkennd**.

Lítill sem enginn munur sást milli hópa í lykt og bragði. Nokkur munur var hins vegar í útliti og áferð en mjög lítill munur sást milli flökunartíma fyrir ofurkældan þorsk. Þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður eftir dauðastirðnun var **ljósari** en aðrir hópar. Þorskur sem flakaður var fyrir dauðastirðnun hafði tilhneigingu til að vera **misleitari** en þorskur sem flakaður var eftir dauðastirðnun. Hins vegar voru þó allir hópar metnir **ljósir** og **einsleitir**. Ofurkældur þorskur hafði meira af **hvítum útfellingum** en þorskur kældur á hefðbundinn hátt. Þorskur kældur á hefðbundinn hátt og flakaður fyrir dauðastirðnun var **gúmmíkenndastur** og **minnst mauk-kenndur** af hópunum fjórum.

### 5.2.2 Villtur þorskur

Þar sem tilraunin var sett upp þannig að hver dómari mat samskonar bita úr flökum af sama fiski má útloka áhrif vegna einstaklingsmunar sem oft er mikill, sérstaklega þegar unnið er með villtan fisk. Tvítekning á hópum sem flakaðir voru fyrir og eftir dauðastirðnun styrkir einnig niðurstöður tilraunarinnar, þrátt fyrir að upphafskæling hafi verið mismunandi. Niðurstöður úr GDA mælingu gefa til kynna að áhrif kælingar á útlit og áferð soðins fisks hafi verið **hverfandi**. Áhrif tímasetningar flökunar voru hins vegar nokkuð mikil en flökun fyrir dauðastirðnun gaf af sér fisk sem var nokkuð **dekkri, misleitari** og **seigari** en fiskur sem flakaður var eftir dauðastirðnun. Einnig var munur á **mýkt, safa og gúmmíkenndri** áferð á mörkum marktækis og gaf flökun eftir dauðastirðnun af sér aðeins **safaríkari, mýkri og minna gúmmíkenndan** fisk en flökun fyrir dauðastirðnun. Í útliti var hópur OF líkari fiski flökuðum fyrir dauðastirðnun en í áferð var hann líkari fiski flökuðum eftir dauðastirðnun.

Niðurstöður benda til að flökun eftir dauðastirðnun gefi af sér **stinnari** áferð flaka en flökun fyrir dauðastirðnun. Fyrir mat á losi voru niðurstöður nokkuð misvísandi en gætu bent til þess að fyrir ofurkældan fisk hafi flökun eftir dauðastirðnun valdið **meira losi** í flökum en flökun fyrir dauðastirðnun.

## 6 ÞAKKARORÐ

Höfundar vilja þakka stuðning frá AVS – Rannsóknasjóði í sjávarútvegi. Án hans hefði ekki verið mögulegt að ráðast í þessar rannsóknir og gerð kynningarefnis. Höfundar vilja jafnframt þakka Arnarlaxi á Bíldudal sem hefur útvegað hráefni og aðstöðu til rannsókna á laxi og starfsmönnum fyrirtækisins fyrir ómetanlegt og gott samstarf. Davíð Kjartanssýni hjá Háubrun ehf er þakkað fyrir að útvega lifandi þorsk til rannsókna í þessu verkefni. Einnig Samherja fyrir að útvega sýni frá Björgu EA af villtum þorski.

## 7 HEIMILDASKRÁ

- Anton, G. H. (2016). *Áhrif mimunandi kælingar og geymsluhitastigs á dauðastirðnuarferli þorskflaka*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.
- Atkinson, D. E., & Walton, G. M. (1967). *Adenosine triphosphate conservation in metabolic regulation*. Los Angeles: The Journal of Biological Chemistry.
- Eridson, U., Bye, G., & Oppedal, K. (2009). *Industritest og opplæring - Guide for evaluatong fillet texture in atlandtic salmon*. Oslo: Sintef.
- Erikson, U., Bye, G., & Oppedal, K. (24. 06 2009). Industritest og opplæring. *Guide for evaluating fillet texture in atlandtic salmon*. Oslo: Sintef.
- Guðmundur, A. Ö., Ásbjörn, J., Valur, G. N., & Helga, G. (2005). *Áhrif flökunar fyrir dauðastirðnun á gæði reykt Atlantshafslax (Salmo salar)*. Reykjavík: Fræðaping Landbúnaðarins.
- Gunnar , Þ., Albert, H., & Anton Helgi, G. (16. 9 2016). *Ofurkældur lax*. Sótt frá <https://www.youtube.com/watch?v=NE8JNG8esWA>
- Gunnar , Þ., Sigurjón, A., & Magnea , K. (2017). *Sub chilling of fish*. Reykjavík: Matís.
- Gunnar, J., & Jónbjörn, P. (2013). *Íslenskir fiskar*. Reykjavík: Mál og menning.
- Gunnar, Þ., Albert , H., & Anton Helgi, G. (16. 09 2016). *Hefðbundinn lax*. Sótt frá [https://www.youtube.com/watch?v=0mKYQ\\_CFC\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=0mKYQ_CFC_A)
- Gunnar, Þ., Albert, H., & Anton Helgi, G. (16. 9 2016). *Hefðbundinn þorskur*. Sótt frá <https://www.youtube.com/watch?v=k2U3RYDAFic>
- Gunnar, Þ., Albert, H., & Anton Helgi, G. (16. 9 2016). *Ofurkældur þorskur*. Sótt frá <https://www.youtube.com/watch?v=IYPbtkRogJ4>
- Gunnar, Þ., Anton Helgi, G., & Albert, H. (2016). *Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiskflaka*. Reykjavík: Matís.
- Gunnar, Þ., Anton, G. H., & Albert, H. (2016). *Áhrif dauðastirðnunar á gæði fiskflaka*. Ísafjörður: Matís.
- Hagstofa Íslands. (10. febrúar 2015). Sótt frá Afli og verðmæti eftir fisktegundum og veiisvæðum, janúar 2005: [http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir\\_\\_sjavarutvegur\\_\\_afla\\_tolur\\_\\_afla\\_verdmaeti/SJA02201.px/?rxid=de74b7a5-a3dc-4b3c-962d-16bf7ea1b7c2](http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir__sjavarutvegur__afla_tolur__afla_verdmaeti/SJA02201.px/?rxid=de74b7a5-a3dc-4b3c-962d-16bf7ea1b7c2)
- Jónas, B., & Sigurjón Arason. (1998). *Dauðastirðinun í fiski*. Reykjavík: Matís.
- Kristín, Þ. A., Helga, G., Jónas, V. R., & Sigurjón, A. (2012). *Breytileiki í fituinnihaldi og eiginleikum þorsks eftir árstíma*. Reykjavík: Matís.
- Margeirsson, B. (2012). *Modelling of temperature changes during transport of fresh fish products*. Reykjavík: Háskóli Íslands.
- Matís. (20. 11 2015). *Fræðsluvefur Matís*. Sótt frá Dauðastirðnun í þorski .
- Matís. (20. 11 2015). *Fræðsluvefur Matís*. Sótt frá Dauðastirðnun í fiski: <http://fraedsluvefur.rf.is/Undirflokkur/gaedi/daudastirdnun/>
- Matís. (15. 08 2016). *Aðalsíða Matís*. Sótt frá Gæði - Dauðastirðnun: <http://fraedsluvefur.rf.is/Undirflokkur/gaedi/daudastirdnun/>
- Oliveira, A. (2011). *Rigor Mortis in Fish*. Kodiak: Fishery Industrial Technology Center.

- Oliveira, A. (2011). *Rigor Mortis in Fish*. Kodiak: Fishery Industrial Technology Center.
- Páll, P. G., & Margeir, G. (2016). *Frysting og þíðing*. Reykjavík: Matís.
- Sörensen, N. K., & Brataas, R. (1997). *Influtence of early processing (pre-rigor) on fish quality*. Tromsö: Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture.
- Sörensen, N. K., & Brataas, R. (1997). *Influtence of early processing (pre-rigor) on fish quality*. Tromsö: Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture.
- Sörensen, N. K., Arason, S., & Nielsen, J. (1995). *Figor í fisk 1992 - 1994*. Köbenhavn: TemaNord.