

Auðlindir & afurðir
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics

Viðskiptaþróun
Business Development

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting



Þíðing á sjófrystum flökum

Ásbjörn Jónsson
Magnea G. Karlsdóttir
Einar Sigurðsson
Sigurjón Arason

Innleiðing og áhrif

Skýrsla Matís 14-16
Október 2016

ISSN 1670-7192

Report summary

<i>Titill</i>	Þíðing á sjófrystum flökum / Thawing of frozen cod fillets		
<i>Höfundar</i>	Ásbjörn Jónsson, Magnea Karlsdóttir, Einar Sigurðsson, Sigurjón Arason		
<i>Skýrsla nr.</i>	14-16	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	31.10.2016
<i>Verknr.</i>	2001-2170		
<i>Styrktaraðilar</i>	AVS rannsóknarsjóður í sjávarútvegi		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Markmið verkefnisins var að kanna aðferðir við þíðingu á þorskflökum í blokk og finna bestu og hugsanlegu aðferð til þíðingar fyrir markaði erlendis. Afrakstur verkefnisins á að leiða til aukinna gæða afurða sem unnar eru úr frosnu hráefni og hagræðingar í vinnslu sem leiðir til lægri framleiðslukostnaðar</p> <p>Helstu niðurstöður voru þær að besta þíðingaraðferðin, af þeim aðferðum sem prófaðar voru, var þíðing í vatni með loftblæstri. Einnig kom í ljós að aðferð með temprun (hálfþiðnun) var raunhæf, að því tilskyldu að stilla hitastig og tíma þíðingar.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Þíðing, sjófryst þorskflök, karfaflök, gæði</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The object of the project was to explore methods for thawing of sea-frozen cod fillets and find the potential methods for thawing. The culmination of the project is to lead to increased quality of products derived from frozen fillets and rationalization of processing, resulting in lower production costs.</p> <p>The main results showed that the best method, of the methods tested, was thawing in water with air circulation. It was also revealed that tempering was realistic, provided to adjust the temperature and time of thawing.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Thawing, sea-frozen cod fillets, red ocean perch fillets, quality</i>		

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Staða þekkingar	1
Algengustu aðferðir við þíðingu	3
Þíðing í kyrru lofti	4
Þíðing með loftblæstri	5
Þíðing með vatnsmettuðum loftblæstri	6
Þíðing í vatni	6
Þíðing í umbreyttum plötufrysti (snertíþíðing)	8
Aðrar þíðingaraðferðir.....	9
Þíðing með örbylgju.....	9
Útvarpsbylgjuþíðing.....	9
Rafskautaðþíðing	10
Þíðing með lofttæmi.....	10
Háþrýstingsfrysting og þíðing	10
Framkvæmd.....	11
Hráefni	11
Þíðing á sjófrystum þorskflökum í kyrru lofti	12
Þíðing á sjófrystum þorskflökum í vatni með loftblæstri	12
Þíðing með örbylgjum	13
Temprun (hálfþíðing).....	14
Eðlis- og örverumælingar	16
Niðurstöður	17
Þíðing á fiskblokk í kyrru lofti	17
Þíðing á fiskblokk í vatni með loftblæstri	18
Þíðing með örbylgjum	20
Mæling 1, stillt á 100 Wött í 10 mínútur.	20
Mæling 2, 100 Wött í 1 mínútu.	20
Mæling 3, 250 Wött í 2 mínútur.	21
Mæling 4, 250 Wött í 3 mínútur.	22
Mæling 5, 250 Wött í 4 mínútur	22
Mæling 6, 440 Wött í 1 mínútu.	23
Temprun (hálfþíðnun)	24
Saltinnihald	25
Vatnstap (drip).....	25

Suðunýting.....	27
Heildarfjöldi örvera (TVC).....	28
TVN (Total volatile nitrogen)	30
Vatnsheldni (WHC).....	31
Litur.....	33
Umræða og ályktanir.....	37
Þakkir.....	39
Heimildir	40
Viðauki A.....	42

Inngangur

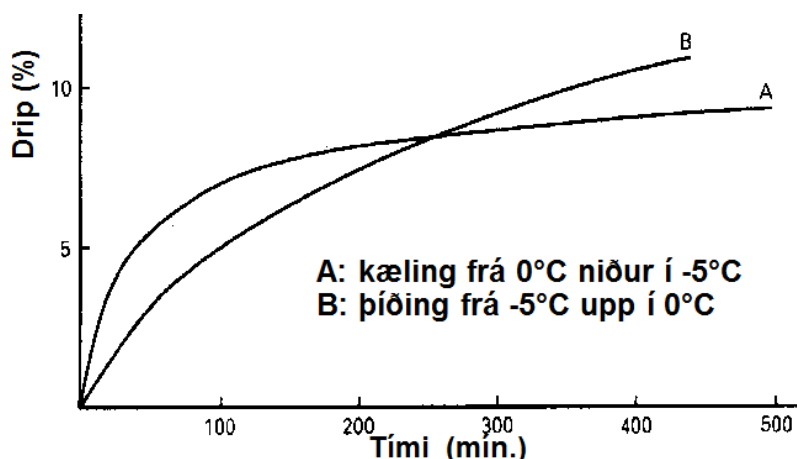
Með aukinni eftirspurn á frystu sjávarfangi, bæði til notkunar hér á landi og til útflutnings er þörf á bættum þíðingarferlum. Með bættum þíðingarferlum aukast gæði og nýting afurða til áframhaldandi vinnslu hérlendis og erlendis, til veitingahúsa jafnt sem stórmarkaða.

Sumar aðferðir sem notaðar eru í dag til þíðingar þykja hægfara (kyrrt loft) eða dýrar og skapa ójafna þíðingu ef stillingar eru ekki réttar (örbylgjur). Við þíðingu matvæla er hættan á skemmdum vegna efna og eðlislegra breytinga, ásamt skemmdum af völdum örvera, til staðar. Þíðing í stuttan tíma við lágt hitastig er því nauðsynleg til að hindra eðlis- og efnabreytingar og ofþornun á yfirborði matvæla og tryggja þannig gæði afurða.

Markmið verkefnisins var að kanna aðferðir við þíðingu á sjófrystum þorskflökum í blokk og finna bestu og hugsanlegu aðferð til þíðingar fyrir markaði erlendis. Afrakstur verkefnisins á að leiða til aukinna gæða afurða sem unnar eru úr frosnu hráefni og hagræðingar í vinnslu sem leiðir til lægri framleiðslukostnaðar

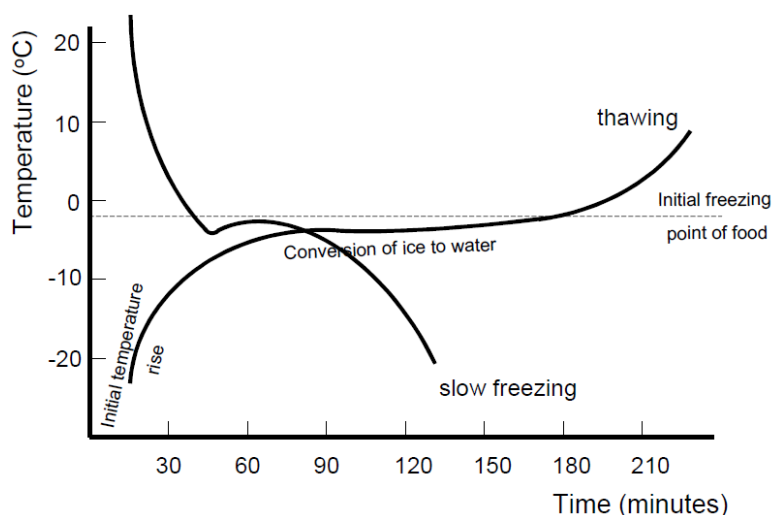
Staða þekkingar

Þíðing er andhverfa frystingar, en er mun viðkvæmara ferli og tekur lengri tíma. Ástæðan er sú að varmaleiðni í ófrosnu fiskholdi er $1/4 - 1/3$ af varmaleiðni frosins fiskholds eða með öðrum orðum að þegar ysta lag fiskvöðvans þiðnar þá er orkuflutningur hægari inn í fiskinn miðað við orkuflutning út úr fiskvöðva við frystingu, þess vegna tekur það lengri tíma að þíða fiskvöðvann en að frysta. Hitastigsmunur milli fiskholds og varmamiðils, t.d. vatns eða lofts, má ekki vera of mikill vegna hættu á að ysta lagið ofhitni. Ysti hluti fiskholdsins er einnig viðkvæmari fyrir skemmdarferlum með hækandi hitastigi (Shokr og Sinhha, 2015; Arason, 1995). Kæling og þíðing hefur einnig áhrif á dripmyndun í fiskvöðva (Mynd 1).



Mynd 1. Áhrif kælingar og þíðingar á dripmyndun í fiskvöðva.

Aukinn hraði frystingar og myndun smárra ískristalla eru mikilvægir þættir til að lágmarka vefjaskemmdir í fiski og vatnstap (drip) við þíðingu. Eins og áður hefur komið fram tekur þíðing lengri tíma en frysting. Við þíðingu er alltaf hættan á skemmdum fiskholdsins vegna efna-, eðlis- og örverabreytinga. Þess vegna er nauðsynlegt að finna ákjósanlegasta og besta ferilinn til þíðingar. Hröð þíðing við lágt hitastig er nauðsynleg til að hindra of miklar eðlis- og efnabreytingar, ásamt því að hindra ofþornun í fiskholdi og tryggja rétt gæði afurða (Bing og Sun, 2002). Nauðsynlegt er að halda kjarnhitastigi við þíðnun fiskholds sem næst 0°C (Mynd 2).



Mynd 2. Hitastig fiskholds sem fall af tíma við frystingu og þíðingu (Archer et al. 2008).

Þíðingu má skipta í tvö þrep, þ.e. temprun (hálfþíðnun) og þíðnun. Eftir temprun er hæsta hitastig í fiskinum á bilinu -2 til -7°C og mesti hluti vatnsins því enn frosinn. Eftir þíðnun er ekkert vatn frosið og getur lágsta hitastig verið um -1°C (Arason, 1995).

Við þíðingu er leitast við að varan haldi þeim gæðum og efniseiginleikum eins og fersk vara.

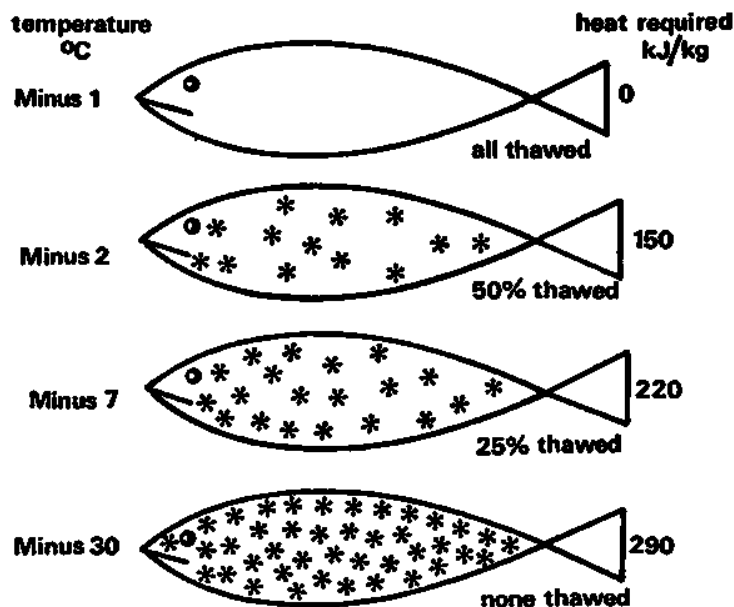
Afleiðingar óvandaðrar þíðingar eru eftirfarandi:

- Mikið los í holdi, sem veldur slæmri áferð fisks og rýrir gæði.
- Litabreyting, þar sem fiskur verður dekkri miðað við ferskan fisk.
- Breytingar á bragði.
- Verðlækkun vegna aukins vökvataps (drips) og breytinga á gæðum.
- Mögulegur örveruvöxtur vegna vals aðferða og verklags þíðingu.

Algengustu aðferðir við þíðingu

Margar aðferðir eru til við þíðingu á matvælum, sem hver um sig hentar við ákveðnar tegundir matvæla. Hér á eftir verður farið yfir helstu aðferðir við þíðingu.

Þegar þíða á ákveðið magn af fiski, þá þarf rétt hlutfall af varma. Til að þíða hvítfisk (með 81% vatnsinnihald) og er geymdur við -30°C , þá þarf um 285 KJ af varma fyrir hver kíló. Minni varma þarf til að þíða fisk sem hefur verið geymdur við hærra hitastig og eins ef vatnsinnihaldið er lægra þar sem minna magn af vatni er frosið í fiskholdinu (Mynd 3).



Mynd 3. Þíðing á heilum fiski.

Þíðing í kyrru lofti

Þíðing í kyrru lofti er einfaldasta og frumstæðasta aðferðin til þíðingar (Mynd 4). Hún byggir á

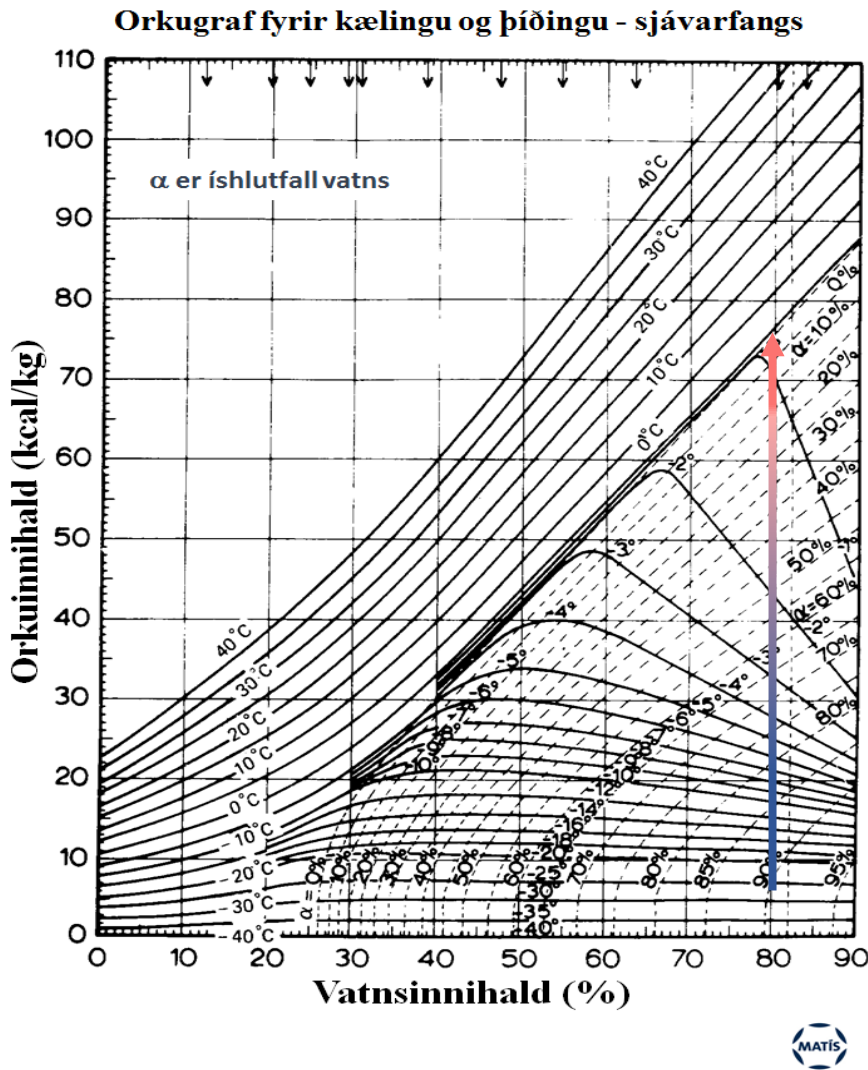


Mynd 4. Dæmi um þíðingu í kyrru lofti.

því að frosin vara er látin standa í opnu rými þar til hún er að fullu þídd. Þíðnun fer yfirleitt fram við 15-20°C umhverfishita, en einnig er oft notað lægra hitastig sem seinkar þíðingunni. Við að beita þessari aðferð þarf að forðast ofþornun yfirborðs afurða. Það tekur um 20 klst. að fullþíða tíu cm þykka blokk, en það tekur um 8-10 klst að þíða staka fiska. Þó svo að aðferðin sé ódýr og einföld í framkvæmd þá veða ókostir hennar almennt þyngra. Ókostir hennar eru meðalannars að erfitt er að hafa stjórn á aðstæðum í ferlinu, yfirborðshiti vörunnar getur hækkað of mikið, og það tekur langan tíma að þíða vöruna með

tilheyrandi áhrif á gæði og verðmæti vörunnar. Ekki er mælt með þíðingu í kyrru lofti, nema í litlu magni.

Orkan sem fer í að þíða afurð, úr -30°C í $-1,5^{\circ}\text{C}$ er um 48 kcal/kg eða 200 kJ/kg . En ef lokahitastig við þíðun er $-0,5^{\circ}$ þá er orkupörfin um 70 kcal/kg eða 290 kJ/kg . Í þessu dæmi er þorskur með vatnsinnihald $81,5\%$ og við -30°C er um 9% af vatninu ófrosið (Mynd 5).



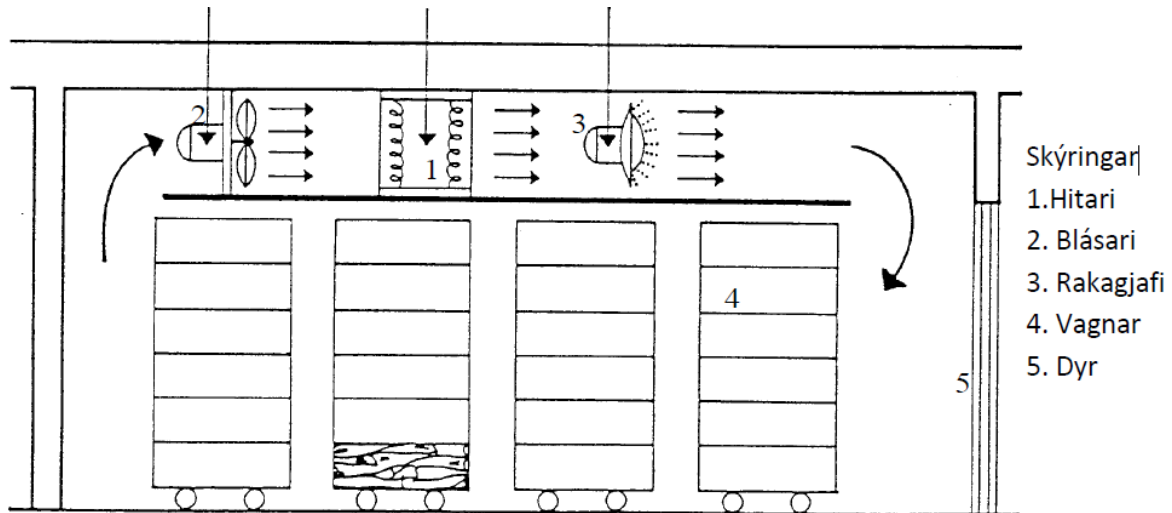
Mynd 5. Orkugraf fyrir kælingu og þíðingu sjávarfangs.

Þíðing með loftblæstri

Þíðing með loftblæstri byggir á sömu lögmálum og þíðing í kyrru lofti en hefur þann kost að um leið og hreyfing er komin á loftið eykst varmaburður, sem veldur því að þíðingartíminn styttest og einnig má hafa meiri stjórn á ferlinu þar sem varmaburðurinn er háð hitastigsmun á milli lofts og efnis, hlutfallslegum loftraka og hraða loftsins. Almennt er fiskblökkum raðað í hillur á vögnum sem er ekið inn í klefa. Lofthitastig er oft haft um 20°C í byrjun, loftrakinn er um 90% og lofthraði $2-8\text{ m/s}$. Þíðingin gengur mun hraðar en í kyrru lofti.

Þíðing með vatnsmettuðum loftblæstri

Vatnsmettaður loftblástur byggir að mestu leyti á venjulegum loftblæstri, en til að auka afköst og stytta þíðingartímann, þá er loftið fullmettað með raka (Archer ofl. 2008). Með því að hafa loftið sem næst rakamettun þá eykst varmaflutningur og flýtir það fyrir þíðnun (Mynd 6).

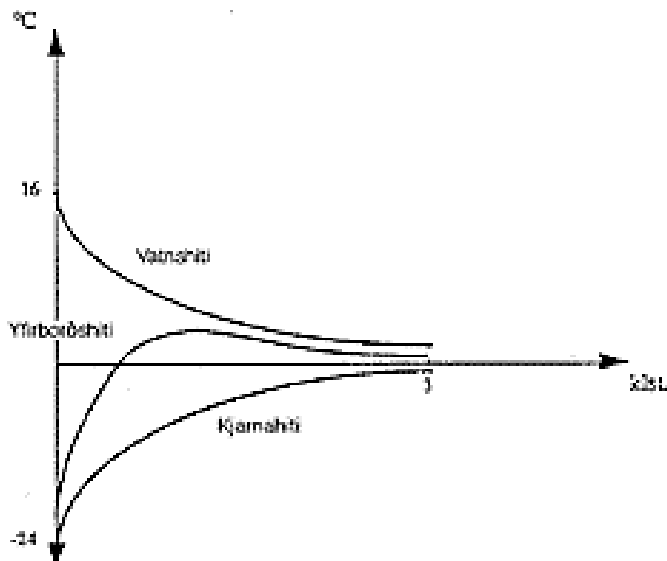


Mynd 6. Klefi til þíðingar með rakamettuðum loftblæstri.

Vatni er úðað í hitað loft áður en það berst að fiskinum. Við þessar aðstæður þíðnar 10 cm þykk blokk á 4-5 klst. Þíðing með þessu hætti má ýmist framkvæma í lotum eða í samfelldri vinnslu í klefanum.

Þíðing í vatni

Þíðing í vatni er almennt ódýr og einföld aðferð. Varmaburður í vatni er talsvert meiri en í lofti og næst því hraðari þíðing með notkun vatns sem varmagjafa. Eins og með loftþíðingu má bæði hafa vöruna í beinni snertingu við varmamiðil eða pakka henni í umbúðir, en helsti kostur þess að þíða án umbúða er hraðari þíðing og einnig að blóð og önnur óhreinindi skolast úr holdinu, það verður ljósara og þá sérstaklega hnakkastykkið.



Mynd 7. Æskilegir hitaferlar við vatnsþíðingu á þorsblokk.

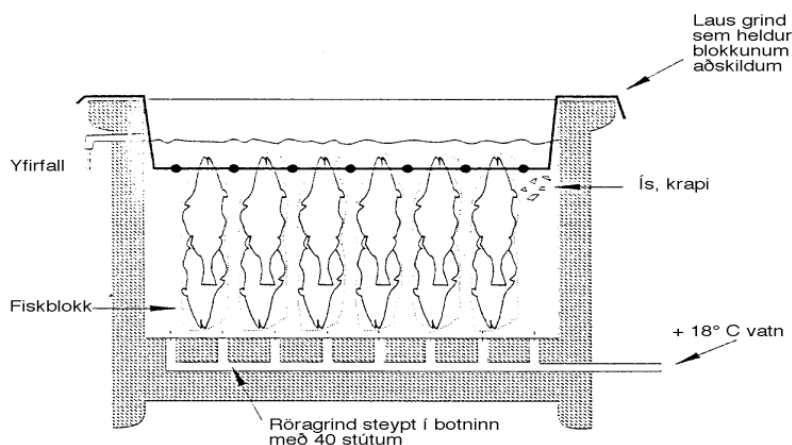
Þíðing með vatni er ein algengasta aðferðin í fiskiðnaði í dag. Hún byggist á því að rétt hlutfall af vatni og fiski er komið fyrir í ker og er hlutfallið þannig að varminn sem vatnið gefur frá sér stýrir lokahitastigi vöru nálægt 0°C (Mynd 7).

Til eru mismunandi útfærslur á þíðingu í vatni. Ein útfærslan er t.d. sú að fiskblokkum er raðað upp á rönd og laus grind heldur blokkunum í sundur. Þetta er gert til að heitt vatn sem streymir upp úr röragrind í botni kersins nái að umlykja fiskblokkirnar og fá þær þannig jafnt hitaálag.



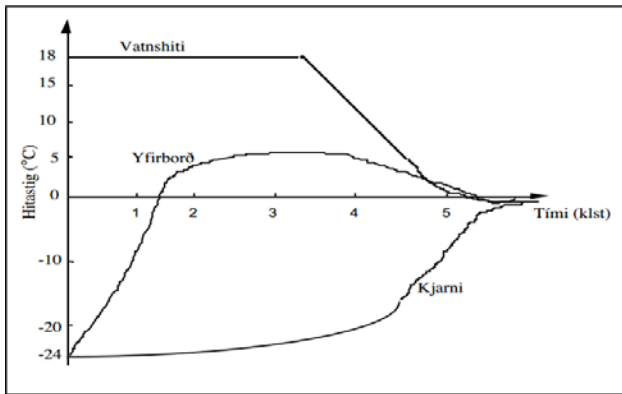
Kælda vatnið flæðir út um yfirfall þar sem það er almennt síað, hitað upp og dælt aftur inn á kerid. Helsti ókostur aðferðarinnar er mikil vatns- og rafmagnsnotkun. Hér á landi er þetta ekki almennt vandamál, þar sem aðgengi er gott að jarðhita (Mynd 8-9).

Mynd 8. Þíðing í vatnsbaði.



Mynd 9. Ein útfærsla á ker fyrir þíðingu á heilum fiski í vatni.

Oft er hitastigi vatns haldið við 18°C og fleytt af við 8°C (Mynd 10). Þegar hitastig yfirborðs vöru er nálægt 5°C þá er hitastig vatnsins lækkað til að draga úr hættu á hitaskemmdum vöru. Eftir þíðingu er varan sett á ís til þess að hún jafni sig.



Mynd 10. Hitaferill vatnsþíðingar þar sem varmamiðli er haldið í -18 °C, þar til kjarnhitastig nálgast 0 °C.

Þíðing í vatni með loftblæstri er önnur útfærsla, þar sem loftblástur er til að koma hreyfingu á vatnið og eykst þá varmaburður frá vatni yfir í vöru og flýttir fyrir þíðingu (Mynd 11) (Roiha ofl. 2016, óbirtar niðurstöður).



Mynd 11. Þíðing í vatni með loftblæstri.

Þíðing í umbreyttum plötufrysti (snertíþíðing).

Fræðin við snertíþíðingu (plötubíðing) er álíka og í plötufrystingu. Í staðinn fyrir að fjarlægja varma úr vörunni er verið að veita varma í vöruna (Backi ofl. 2015). Tilraunir voru gerðar með þíðingu í umbreyttum plötufrysti í verkefninu „Qualifish“ sem Norski rannsóknarsjóðurinn fjármagnaði að hluta til (Mynd 12). Varmamiðillinn var 10°C vatn (Roiha ofl. 2016, óbirtar niðurstöður).



Mynd 12. Þíðing í umbreyttum plötufrysti.

Aðrar þíðingaraðferðir

Til eru aðrar þíðingaraðferðir sem nota aðra varmamiðla en loft og vatn til þíðingar. Þessar aðferðir eru eitthvað notaðar í iðnaði í dag en ókostur þeirra er mikill rekstrarkostnaður.

Þíðing með örbylgju

Örbylgjuþíðing byggir líkt og nafnið gefur til kynna á að nýta örbylgjur við þíðingu á afurð



Mynd 13. Þíðing með örbylgjum.

(Mynd 13). Afurðin dregur í sig orku frá örbylgjunum og eftir því sem orkan fer lengra inn í afurðina því minni hiti myndast. Aðferðin er mjög fljótleg en á móti kemur að erfitt er að hafa stjórn á henni þar sem hluti afurðar þíðnar hraðar og halda áfram að draga í sig orku frá örbylgjunum, á meðan aðrir hlutar eru enn frosnir. Þetta veldur því að sumir hlutar afurðar verða of heitir eða jafnvel soðnir

áður en þíðingu er lokið. Þetta er megin ástæðan fyrir því að þíðing með örbylgju er sjaldan notuð, eða er bundin við mjög þunn lög af afurð eða smáa bita. Hins vegar er algengt að örbylgjur séu notaðar til að tempru (hálfþíða) vöruna, þ.e. hita hana að „frostmarki“ þar sem aðrar aðferðir eru notaðar í kjölfarið til þíðingar.

Útvarpsbylgjuþíðing

Þíðing með útvarpsbylgjum byggir á svipuðum fræðum og hugmyndum og þíðing með örbylgjum, en lægri tíðni gerir það að verkum að hitastigsdreifing innan afurðar er talsvert jafnari. Líkt og með örbylgjuþíðingu er þessi aðferð mest notuð í dag til temprunar (Holden, 2004).



Fyrirtækið Sairem í Frakklandi framleiðir búnað til þíðingar á fiski, sem byggir á notkun útvarpsbylgja. Búnaðurinn temprar (hálfþíðir) fiskblokk úr -20°C í $-2/0^{\circ}\text{C}$ eða frá -20°C í $-4/-2^{\circ}\text{C}$. Afkastageta búnaðarins er frá 160 til 400 kg/klst. háð lokahitastigi (Mynd 14).

Mynd 14. Sairem RF 900 búnaður til þíðingar með útvarpsbylgjum.

Rafskautaðþíðing

Við þíðingu með rafskautum er frosinni afurð komið fyrir inn á milli tveggja samsíða platna og hátíðni riðstraumi er hleypt á. Ef þykkt, samsetning og hitastig afurðar er fremur jafnt og spennan auk tíðni riðstraumsins er nægilega hátt verður það til þess að hiti myndast inn í afurðinni og nýtist til þíðingar. Við þíðingu á stórum fiskblokkum þarf að aðskilja fiska til að ná jafnari þíðingu með rafskautum (Archer ofl. 2008).

Þíðing með lofttæmi

Þíðing í lofttæmi byggir á að frosinni afurð er komið fyrir í loftþéttum klefa sem síðan er lofttæmdur. Gufu er síðan veitt í klefann, og þegar gufan kemst í snertingu við kalda afurð þéttist hún og varmi vatnsins hitar upp og þíðir afurðina. Þíðing með lofttæmi er aðallega notuð við þíðingu á stærri skala og hentar best fyrir þunnar afurðir. Búnaður er almennt plássfrekur og viðhaldsmikill, það þarf gufuketil til framleiðslu á gufu en varminn sem myndast við þéttingu gufunar skilar sér í vöruna og þar fer hún í fasabreytingar úr ís í vatn (Archer, 2008).

Háþrýstingsfrysting og þíðing

Tiltölulega ný aðferð felur í sér notkun á háþrýstingi sem nýta má í frystingu og þíðnun matvæla (Mynd 15).

Með hækkandi þrýsting lækkar frostmark vatns, en nýta má það til að ná jafnari frýstingu og seinna meir þíðingu. Við 200 MPa þrýsting er frostmark vatns komið niður í tæpar -22°C án myndunar ískristalla (Chaplin, 2012). Ófrosin afurð er sett í klefa, þrýstingurinn aukinn og



Mynd 15. Dæmi um háþrýstikerfi fyrir þíðingu.

hitastigið lækkað niður fyrir frostmark við andrúmsloftsþrýsting. Þegar hitastigið er komið nægilega lágt er þrýstingnum hleypt af klefanum sem leiðir til þess að frostmarki vatnsins hækkar uppfyrir hitastig klefans og frýs nánast samstundis og lágmarkar þar með skemmdir á frumum og frumuveggjum afurðar. Þíðingarferlið virkar öfugt við þetta ferli en hefur enn sem

komið er ekki verið talið fýsilegt sökum litabreytinga og skemmda á próteinum sem verða vegna þíðingar undir háum þrýstingi. Aðferðin hentar helst fyrir vinnslu á iðnaðarskala þar sem tækjabúnaður er dýr og plássfrekur.

Framkvæmd

Tilraunum var skipt í 4 hluta:

1. Þíðing á fiskblokk í kyrru lofti.
2. Þíðing á fiskblokk í vatni með loftblæstri.
3. Þíðing á fiskbitum með örbylgjum.
4. Temprun (hálfþíðnun).

Hráefni

Hráefnið, sjófryst millilögð flök í 9 kg blokkum, voru fengin frá frýstitogaranum Hrafni GK 255 (í eigu Þorbjarnar hf.) í september 2013. Áður en skipið hélt til veiða var búið að koma fyrir hitanemum í blokkir, bæði í miðri blokk og á yfirborði blokkar. Hráefnið var þítt eftir geymslu í frosti í 8 vikur við -25°C en eftir þann tíma er dauðastirðnun afstaðin (Pétursson og Karlsson, 2014).

Þíðing á sjófrystum þorskflökum í kyrru lofti



Flök voru aðskilin og látin liggja yfir nótt við 22°C (Mynd 16). Vatnstap (drip) við þíðnun var mælt. Suðunýting var mæld með því að gufusjóða jafnstóra bita við 90°C í 10 mínútur.

Mynd 16. Þíðing í kyrru lofti.

Þíðing á sjófrystum þorskflökum í vatni með loftblæstri

Þíðing fór fram í 18°C vatni. Engin vatnskipti voru til staðar og var sama vatnið notað allan tímann, sem kólnaði á meðan á ferlinu stóð. Fyrsta skrefið var að reikna hversu mikið vatn við 18°C þyrfti til að lokahitastig fisksins endi í 2°C. Eftirfarandi jafna var notuð:

$$\Delta H \cdot m_{\text{fisk}} = m_{\text{vatn}} \cdot c_{p_{\text{vatn}}} \cdot (T_1 - T_2)$$

Þar sem:

ΔH : Vermí (Enthalpy) breyting í fisknum er við tiltekna aðstæður 305,4 KJ/Kg

m_{fisk} : Massi fisks 6,750 kg

m_{vatn} : Massi vatns, óþekkt stærð

$c_{p_{\text{vatn}}}$: Eðlisvarmi vatns 4,1813 KJ/Kg

T_1 : Upphafstig (-25°C)

T_2 : Lokahitastig (2°C)

Útreikningar sýndu að massi vatns þyrfti að vera 4,6 sinnum þyngra en massi fisks.

Sérhannaður þíðingarbúnaður frá fyrirtækinu Promens-Sæplast var notaður til þíðingar á sjófrystum þorskflökum (Mynd 17). Flökin voru látin standa í vatnsbaði í 4 klst. Flökin voru síðan aðskilin, skorin í bita og vatnstap við þíðnun (drip) var mælt með því að vigta blokk fyrir þíðnun og eftir þíðnun. Suðunýting var mæld með því að skera einstök flök í bita og þeir gufusoðnir við 90°C í 10 mínútur.



Mynd 17. Kar og sérhannaður þíðingarbúnaður (Promens Sæplast).

Þíðing með örbylgjum

Búnaðurinn sem notaður var til þíðingar með örbylgjum samanstóð af örbylgjuofni, hitanemum og hugbúnaði sem safnaði gögnum um hitastigsferil meðan á þíðnun stóð (Mynd 18). Sjófryst fiskblokk var skorin niður í bita sem vógu um 180 g. Boraðar voru holur í miðju



bitana og rétt undir yfirborðið til að koma hitanemunum fyrir.

Í byrjun var hitastig blokkar -24°C , en við sögun blokkar í bita og að bora holur og undirbúa fyrir þíðingu hækkað hitastigið í -9 til -10°C . Valdar voru 7 stillingar í tilraunina, þar sem mismunandi afl (Wött) og tímalengd þíðingar var notað í tilraunauppsetningu (Tafla 1).

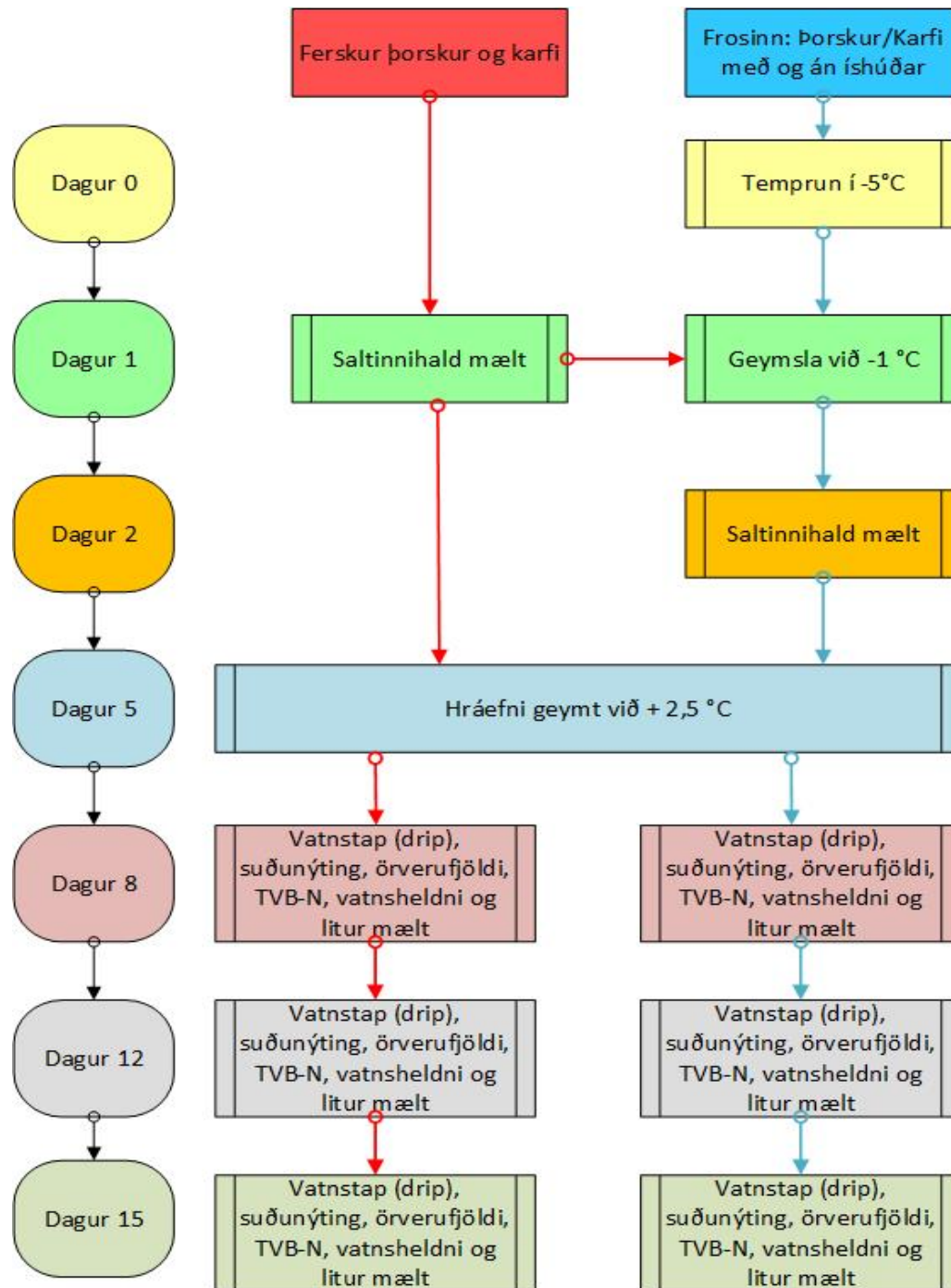
Mynd 18. Örbylgjuofn með hitanemum og hugbúnaði til stýringar (Panasonic NN-T251 W, Panasonic CS UK, Berks UK).

Tafla 1. Uppsetning á tilraun með örbylgjubíðingu.

Mæling	Afl (W)	Tími (mín)
1	100	10
2	100	1
3	250	2
4	250	3
5	250	4
6	440	1

Temprun (hálfbíðing)

Tilraunin byggðist á bíðingu með temprun (hálfþiðnun) á sjófrystum þorskflökum og lausfrystum karfaflökum með og án íshúðunar. Síðan var gerður samanburður á gæðum þídda hráefnisins og gæðum fersks þorsks- og karfaflaka eftir ákveðinn tíma í geymslu (Mynd 19). Sjófryst þorskflök og lausfryst karfaflök með og án íshúðunar voru tempruð (hálfþídd) í -5 °C með blæstri. Þegar temprun var lokið á degi eitt, voru fengin fersk flök af þorski og karfa sem fengu síðan sömu meðhöndlun eins og tempraði fiskurinn og voru pökkuð í frauðplastkassa. Frauðplastkassarnir fyrir hópanna voru geymdir í kæli við -1°C í 5 daga og síðan við +2,5°C í 10 daga. Tilgangurinn var að líkja eftir flutningsferli frá Íslandi í kæligámum til kaupanda erlendis. Saltinnihald var mælt, ásamt vatnstapi (drip), suðunýtingu, örverufjölda, TVN (rokgjarnir basar), vatnsheldni og lit.



Mynd 19. Tilraunahögun og uppsetning tilraunar.

Sjófryst þorsflök og lausfryst karfaflök voru sett á grindur til temprunar og þeim síðan pakkað í „styrofoam“ frauðplastkassa, ásamt ferskum þorsk- og karfaflökum (Mynd 20). Notaðir voru hitanemar iButton (Maxim Integrated Products, CA) til að fylgjast með hitastigi flaka og hitastigi í frauðplastkössum.



Mynd 20. Frosin flök af þorski og karfa í temprun (hægri), ásamt frauðplastkössum sem hráefninu var pakkað í fyrir geymslu.

Eðlis- og örverumælingar

Vatnstap (drip)

Vatnstap (drip) er mælikvarði á því hvað fiskurinn léttist mikið meðan á þíðingu og geymslu stendur, skv. eftirfarandi jöfnu:

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

Suðunýting

Var reiknuð sem hlutfall þyngdar eftir suðu og fyrir suðu. Sýnin voru um 100 g á þyngd og þau gufusoðin við 90 °C í 10 mínútur.

Heildarfjöldi örvera (TVC)

Heildarfjöldi örvera var mældur skv. Gram *et al.* (1987), þar sem talinn var heildarfjöldi örvera ásamt fjölda H₂S myndandi örvera á járnagar.

TVN (Total volatile nitrogen)

TVN var mælt skv. Malle and Tao (1987) þar sem rokjarnt köfnunarefni orsaka skemmdareinkenni í fiski.

Vatnsheldni (WHC)

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

Litur

Sýni voru mæld með CR-300 Chroma meter (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) í Lab*mælikerfi (CIE 1976) með CIE Illuminant C. Hvert sýni var mælt þrisvar (við sporð, í miðju flaki og á hnakkastykki) og meðaltal reiknað. Niðurstöður voru gefnar í *L*, *a* og *b* gildum, þar

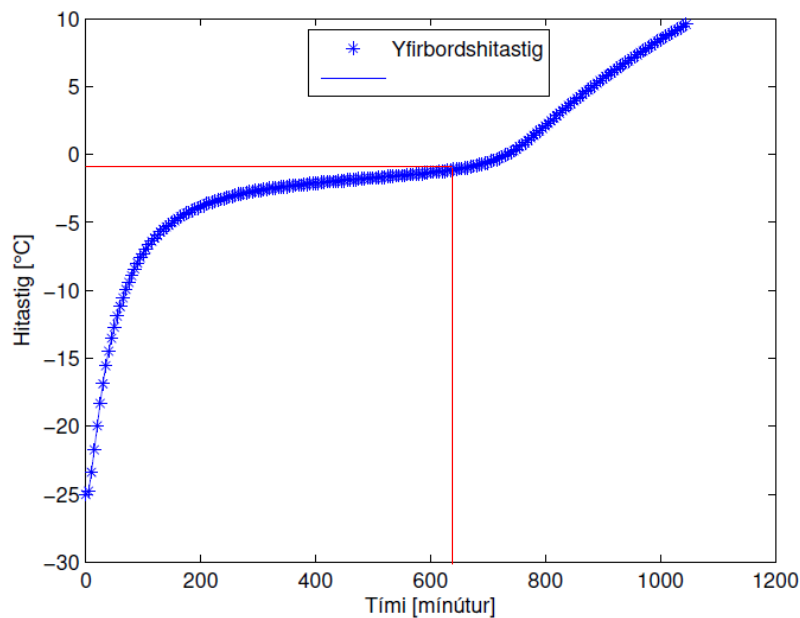
sem L gefur til kynna ljósan lit, ($L = 100$ er hvítt, $L = 0$ er svart), a gefur rauðan /grænan lit ($+a = 0-50$ er rautt og $-a =$ grænt) og b gefur gulan/bláan lit ($+b = 0-50$ er gult og $-b =$ blátt).

Niðurstöður

Þíðing á fiskblokk í kyrru lofti

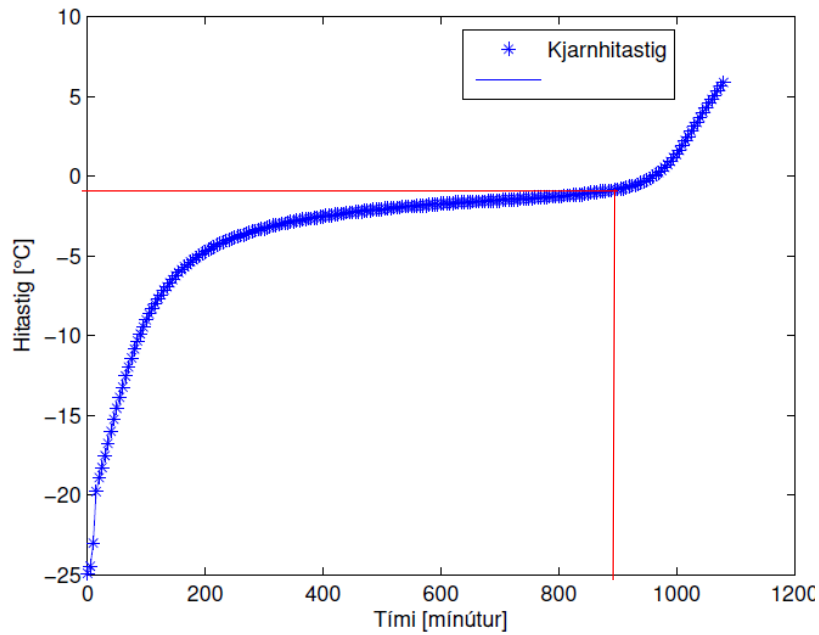
Við loftþíðingu stóð var hitastig á bilinu 21-22,5 °C (umhverfishitastig), og sveiflaðist nánast ekkert.

Á fyrstu 200 mínútonum hækkaði hitastigið ört á yfirborði blokkar, en síðan hægðist á hitastigsbreytingunni frá -3°C, sem mátti rekja til fasabreytinga. Mesta orkan fór í að umbreyta ís í vatn, og eftir það jókst hitastigsbreytingin (Mynd 21).



Mynd 21. Hitastig á yfirborði blokkar sem fall af tíma (Pétursson og Karlsson, 2014).

Hitastigsbreytingin í miðju blokkar var mjög svipuð og á yfirborði, en fasabreytingin tók lengri tíma (Mynd 22).

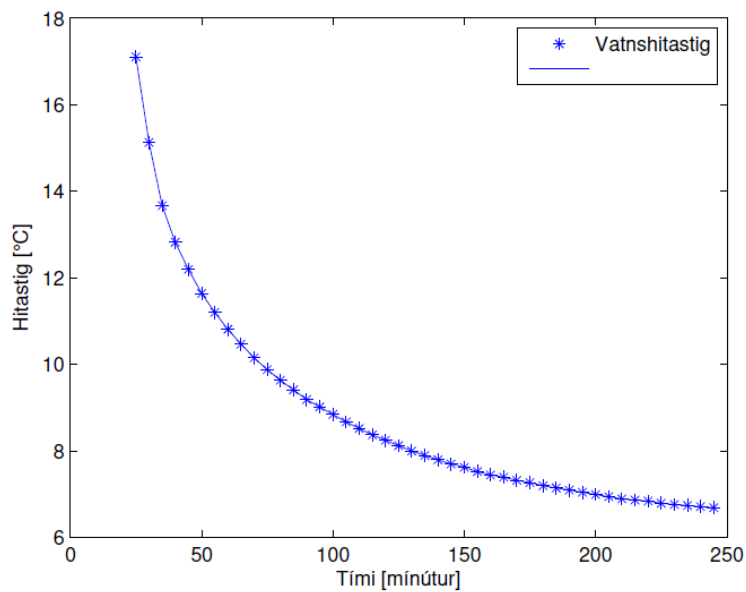


Mynd 22. Hitastig í miðju blokkar sem fall af tíma (Pétursson og Karlsson, 2014).

Vatnstap og drip flaka eftir loftþíðingu var að meðaltali 8,4 %. Suðunýting þíðra flaka var að meðaltali 80,1 %.

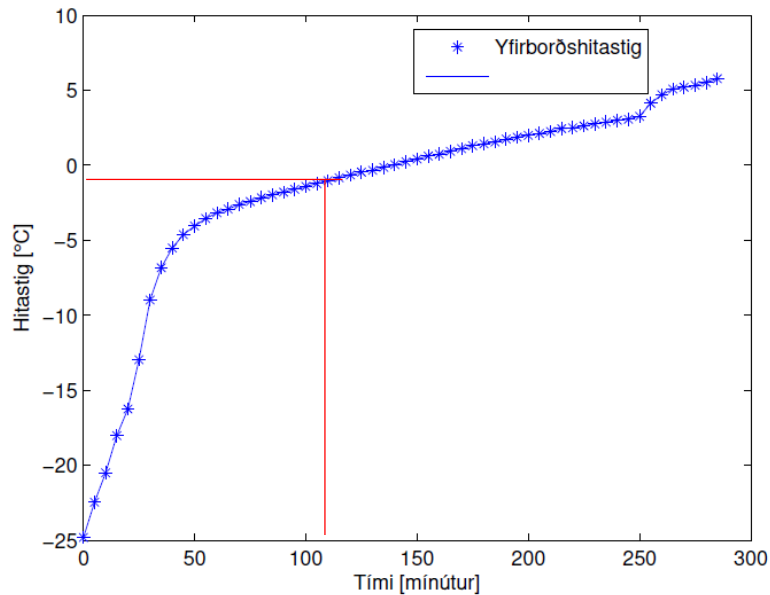
Þíðing á fiskblokk í vatni með loftblæstri

Hitastigsbreyting varmamiðils (vatn) var mjög mikil fyrsta klukkutímann, enda mikill hitastigsmunur á vatninu og blokkinni. Eftir 100 mín. við þíðingu varð hitastigsbreyting í vatninu hægari (Mynd 23).



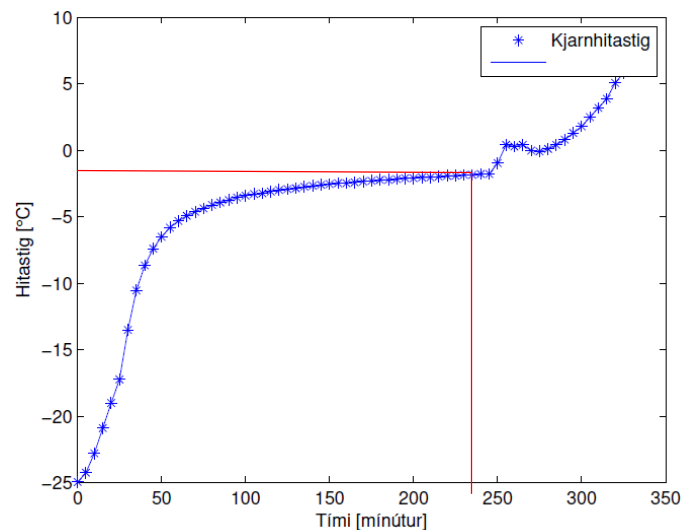
Mynd 23. Hitastig varmamiðils (vatn) sem fall af tíma (Pétursson og Karlsson, 2014).

Hitastig á yfirborði blokkar hækkaði mjög hratt fyrsta klukkutímann. Hækkun á hitastigi eftir 250 mín. varð þegar blokkin var tekin úr vatnsbaðinu. Þá var yfirborðshitastig um $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Mynd 24).



Mynd 24. Yfirborðshitastig blokkar sem fall af tíma (Pétursson og Karlsson, 2014).

Hitastigsbreyting í miðju blokkar eftir 250 mín. var nálægt $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Mynd 25).



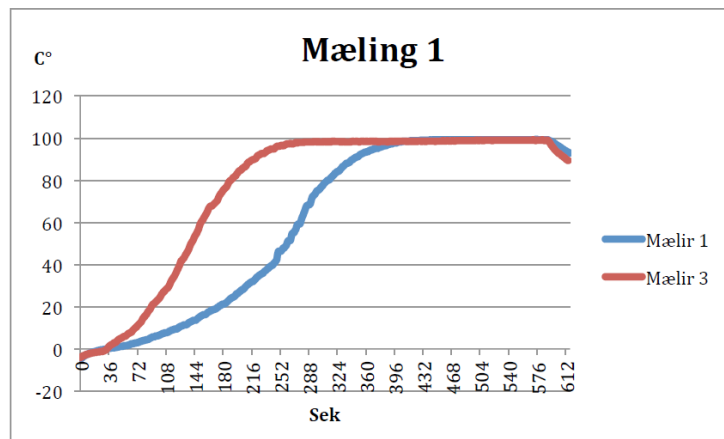
Mynd 25. Hitastig í miðju blokkar sem fall af tíma (Pétursson og Karlsson, 2014).

Drip eða vatnstap flaka eftir vatnsþíðingu var að meðaltali 5,7 %. Suðunýting flaka var að meðaltali 79,2 %.

Þíðing með örbylgjum

Mæling 1, stillt á 100 Wött í 10 mínútur.

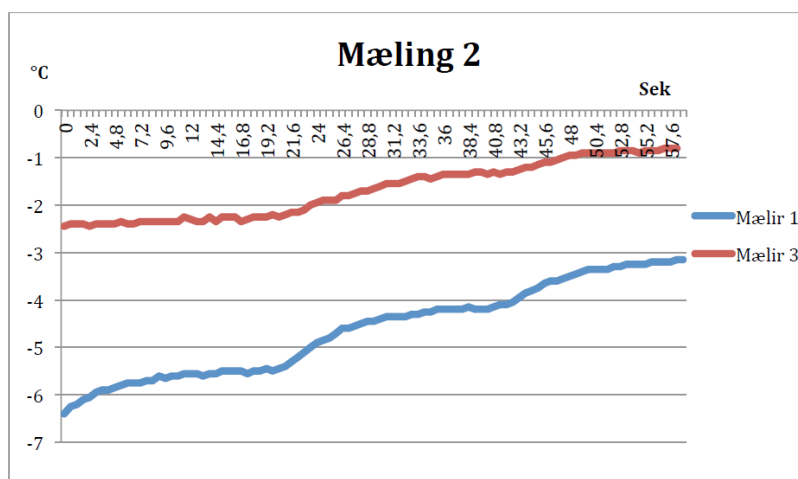
Flökin voru skorinn í bita, og hitanemar staðsettir þannig að nemi 1 var staðsettur í miðjum bita og nemi 3 var staðsettur á yfirborði. Eftir tæplega 4 mínútur var hitastig á yfirborði sýnis komið í 100 °C, og kjarnhitastig náði 100 °C 2 mínútum síðar (Mynd 26).



Mynd 26. Hitastig við örbylgjuþíðingu við 100 Wött í 10 mín., sem fall af tíma (Jónsdóttir ofl. 2013).

Mæling 2, 100 Wött í 1 mínútu.

Eftir 1 mínútu við 100 Wött var hitastig á yfirborði sýnis um -0,8 °C, en hitastig í miðju sýnis var nálægt -3 °C (Mynd 27).



Mynd 27. Hitastig við örbylgjuþíðingu við 100 Wött í 1 mín., sem fall af tíma (Jónsdóttir ofl. 2013).

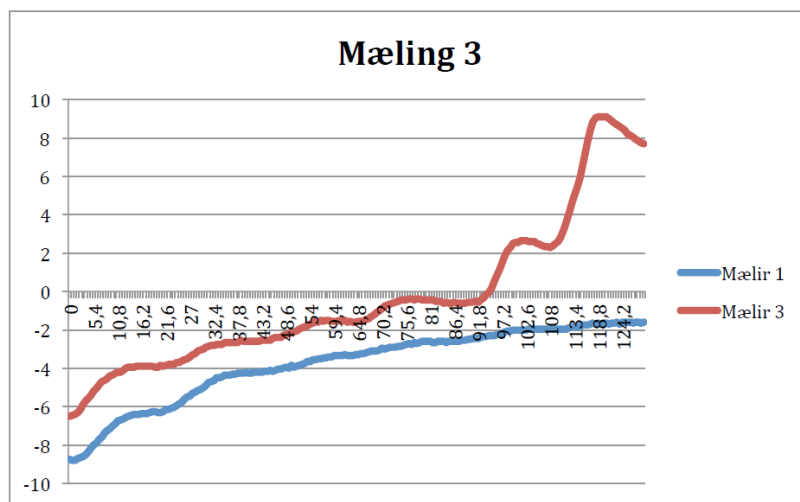
Vatnstap eða þíðunardrip sýna var 0 %.



Mynd 28. Bitar fyrirþíðingu (vinstra megin), staðsetning hitanema (í miðju), bitar eftir þíðingu (hægra megin).

Mæling 3, 250 Wött í 2 mínútur.

Eftir 2 mínútur við 250 Wött var hitastig á yfirborði sýnis um 8 °C og kjarnhitastig var nálægt -2 °C (Mynd 29).

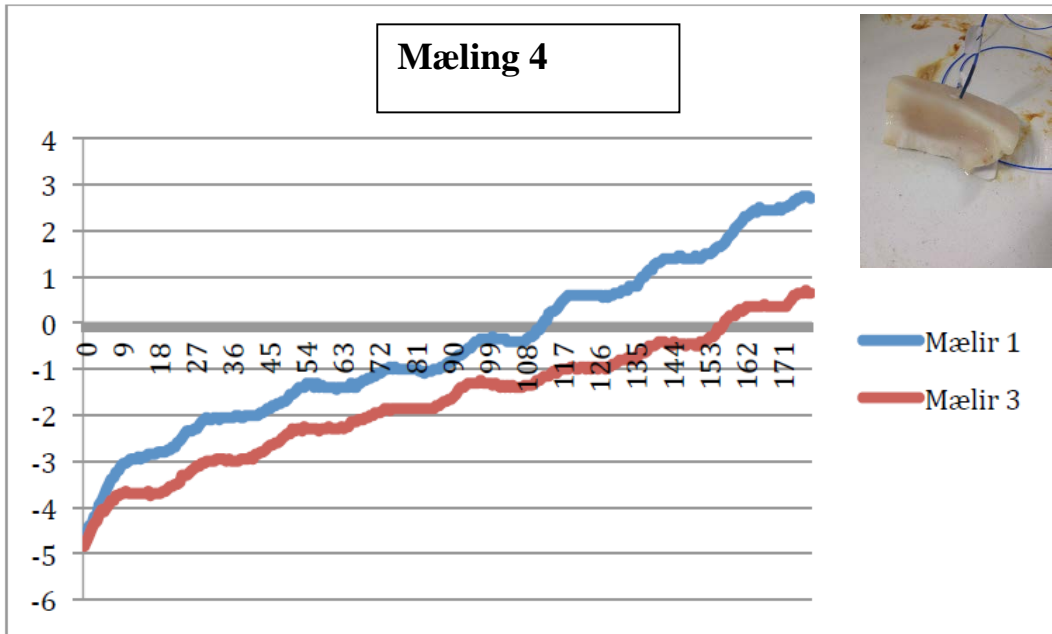


Mynd 29. Hitastig við örbylgjuþíðingu við 250 Wött í 2 mín sem fall af tíma (Jónsdóttir ofl. 2013).

Drip eða vatnstap sýnis var 0 % þar sem sýnið var ennþá frosið í -2 °C.

Mæling 4, 250 Wött í 3 mínútur.

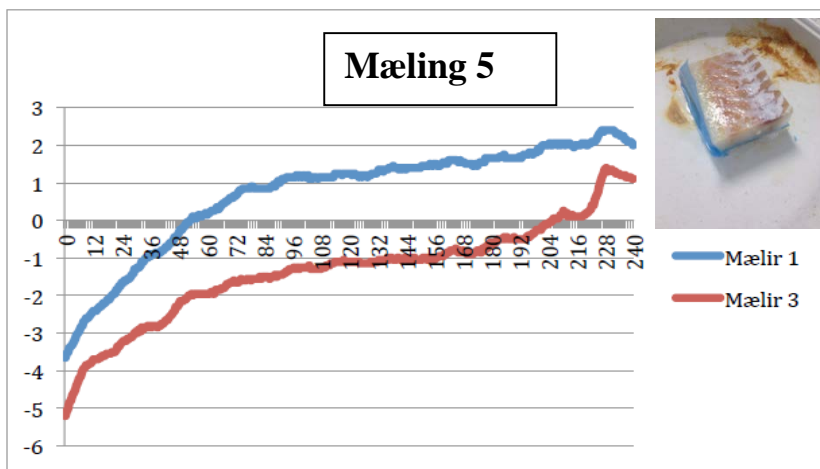
Eftir 3 mínútur við 250 Wött sýndi nemi 1 um 3 °C í miðju og nemi 3 sýndi um 0,8 °C á yfirborði (Mynd 30). Drip var um 6,6 %



Mynd 30. Hitastig við örbylgjuhitun við 250 Wött í 3 mínútur, sem fall af tíma. Í hægra horninu uppi má sjá sýnið eftir þíðingu (Jónsdóttir ofl. 2013).

Mæling 5, 250 Wött í 4 mínútur

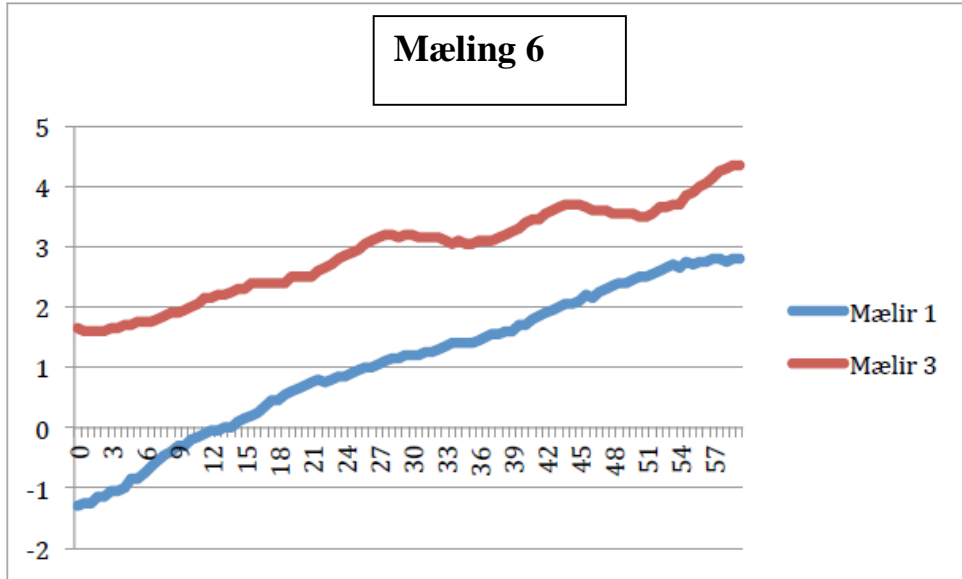
Eftir 4 mínútur við 250 Wött var nemi 1 í miðju sýnis fljótari að ná 0°C miðað við nema 3 á yfirborði (Mynd 31). Eftir 4 mínútur var hitastigið í miðju sýnis 2°C en við yfirborðið var hitastigið 1°C. Töluvert frost var í sýninu eftir þíðinguna. Drip mældist 0 %.



Mynd 31. Hitastig við örbylgjuhitun við 250 Wött í 4 mínútur, sem fall af tíma í mínútum (Jónsdóttir ofl. 2013).

Mæling 6, 440 Wött í 1 mínútu.

Eftir 1 mínútu við 440 Wött var hitastig í miðju sýnis 3°C og á yfirborði 4,3 °C. Vatnstap eða þiðnunardrip eftir þiðnun var 2,5% (Mynd 32 og 33).



Mynd 32. Hitastig við örbylgjuþiðningu við 440 Wött í 1 mínútu, sem fall af tíma. Mælir 1 í miðju sýnis og Mælir 3 á yfirborði sýnis (Jónsdóttir ofl. 2013).



Mynd 33. Sýni fyrir og eftir þiðningu.

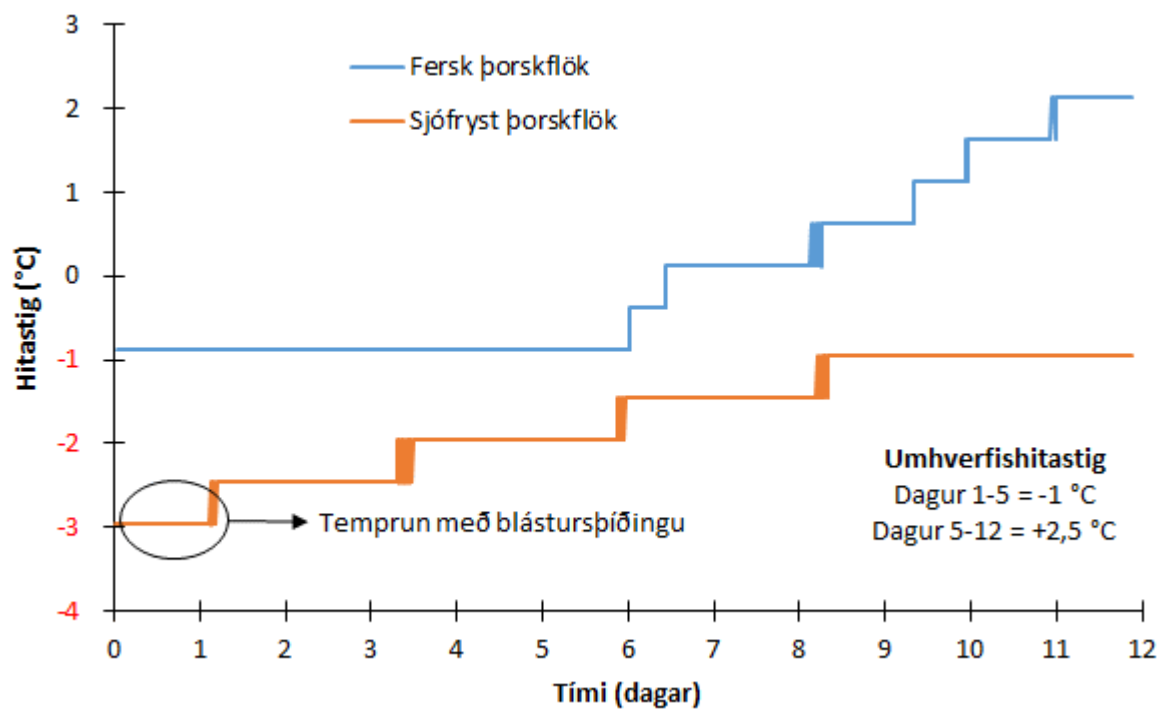
Í stuttu máli er örbylgjuþiðning ekki vænlegur kostur til þiðningar á sjávarfangi, þar sem erfitt er að stýra hitastiginu nákvæmlega. Til er tækjabúnaður í iðnaðinum, þar sem auðveldara er að stýra hitastigi. Í iðnaðinum er verið að vinna einsleitt hráefni og auðveldara að stilla búnaðinn í byrjun og halda þeirri stillingu.

Temprun (hálfþiðnun)

Til þiðingar í þessum hluta var notast við temprun (hálfþiðnun) á frystu hráefni (sjófryst þorskflök og karfaflök með og án íshúðunar). Samanburður var gerður á gæðum á þíddu hráefni og ferskum þorsk- og karfaflökum við geymslu.

Hér fyrir neðan eru hitastigsferlar í flökum fyrir sjófryst og fersk þorskflök og fersk og frosin karfaflök (með og án íshúðunar). Frosni fiskurinn var tempraður í -5°C í einn dag. Á degi 1-5 voru öll flökin (þíddi og ferski fiskurinn) geymd við umhverfishitastig -1°C í frauðplastkössum. Á degi 5 voru allir kassarnir fluttir í geymslu við $+2,5^{\circ}\text{C}$ í 10 daga.

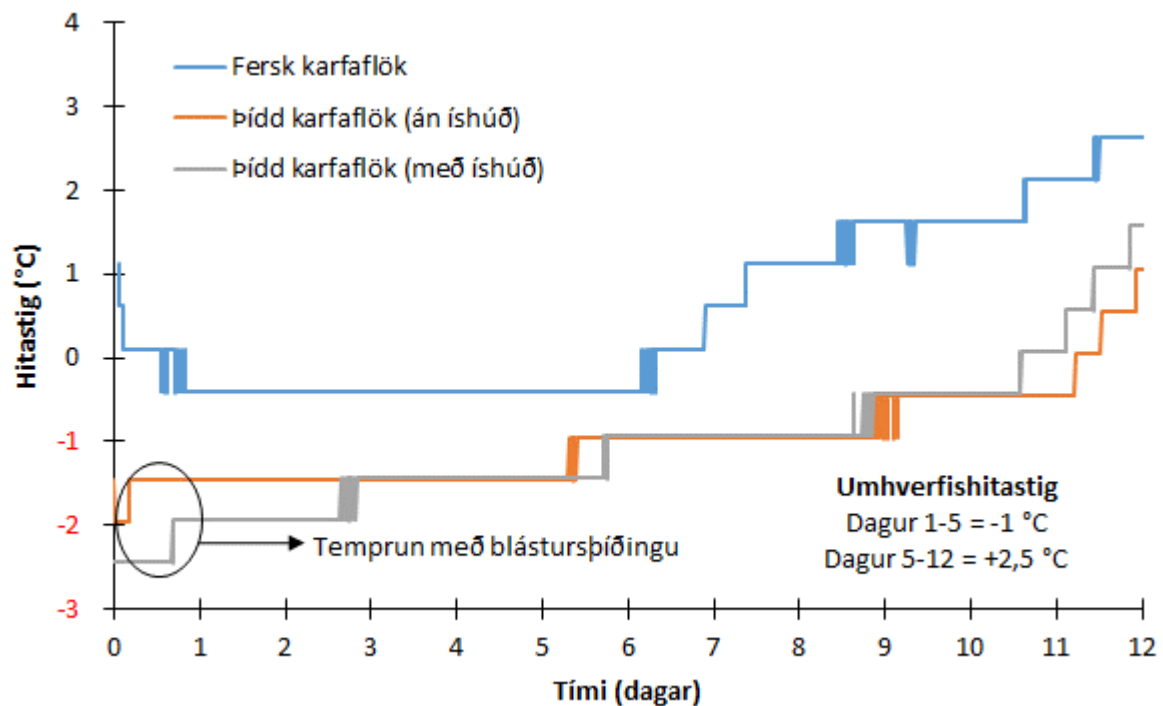
Eftir temprun á degi 1 var hitastig í sjófrystum þorskflökum -3°C (Mynd 34). Eftir geymslu í 12 daga var hitastigið komið upp í $-0,9^{\circ}\text{C}$. Sýnir að frauðplastkassar varðveita hitastigið í lengri tíma.



Mynd 34. Hitastig á ferskum og þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Hitastig ferska karfans var $0,5^{\circ}\text{C}$ við komu á degi 0. Þegar leið á geymslutímann á degi 12 var hitastig á ferska karfanum búið að aðlaga sig að umhverfishitastigi $2,5^{\circ}\text{C}$. Eftir temprun á degi 0, var hitastig karfa með íshúð um -2°C og karfi án íshúðunar var $-1,5^{\circ}\text{C}$. Á degi 11 var hitastig karfa með íshúð rétt um 0°C , en hitastig karfa án íshúðunar varundir 0°C . Undir lok

geymslutímans (12 dagar) var þíddi karfinn með íshúð við 1,6°C, meðan hitastig þídda karfans án íshúðunar var um 2°C (Mynd 35).



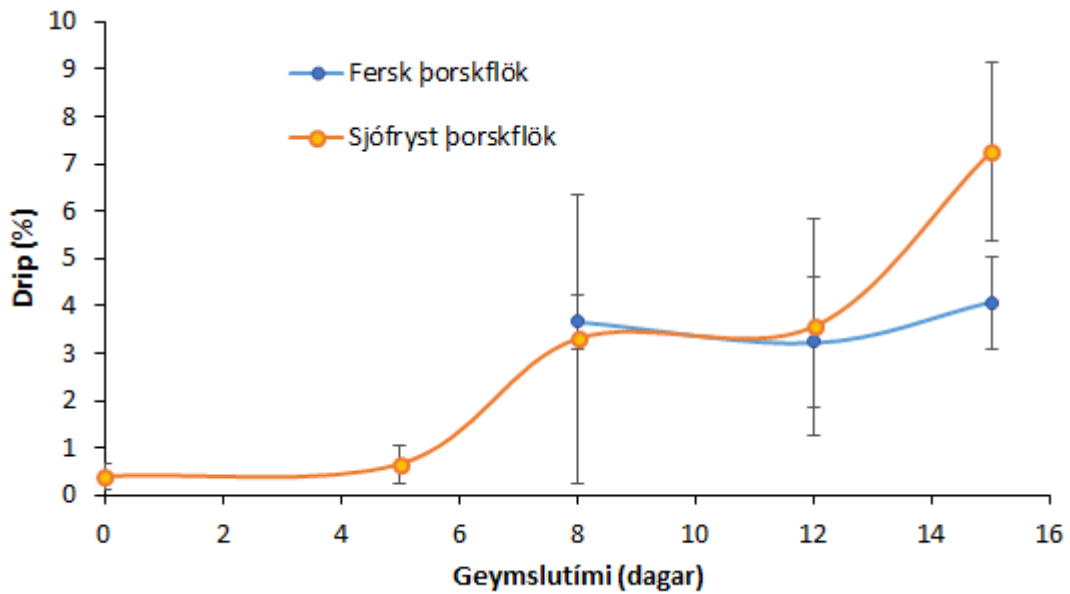
Mynd 35. Hitastig á ferskum og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Saltinnihald

Saltinnihald ferskra karfaflaka var að meðaltali 0,3 %, karfaflaka með íshúðun 0,4 %, og án íshúðunar 0,46 % ferskra þorskflaka 0,2%, lausfrystra og sjófrystra þorskflaka 0,4 %.

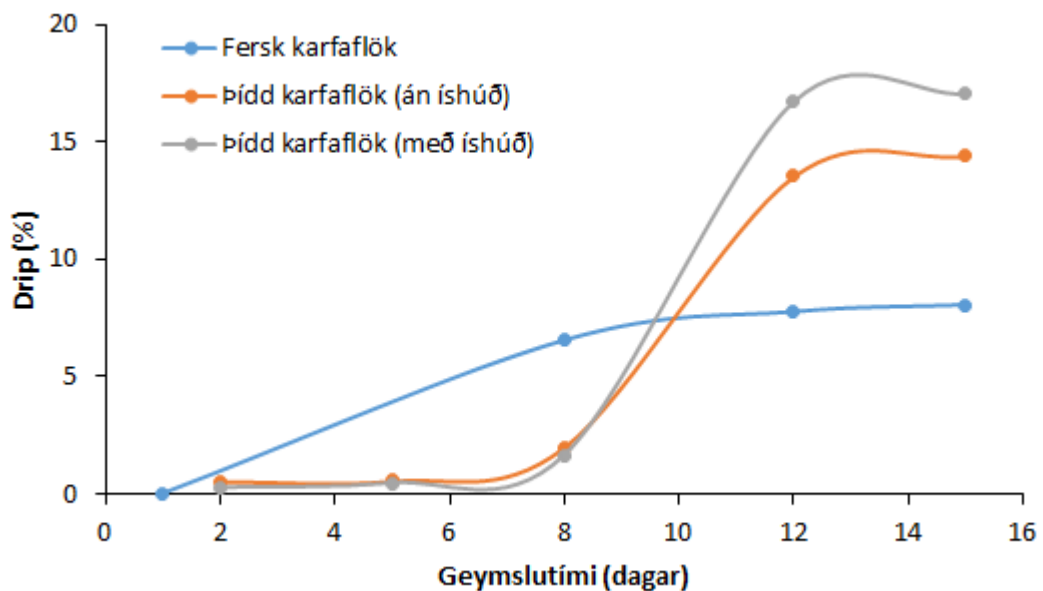
Vatnstap (drip)

Drip í ferskum þorski var mælt á degi 8 og í þíddum þorski á degi 0 (Mynd 36). Fyrstu 5 daganna var nánast ekkert drip í þídda þorskinum, þar sem enn var frost í holdi fisksins. Drip í vöðva jókst síðan í rúmlega 3% á degi 8 og í lok sýnatöku á degi 15 var drip komið í 7,3%. Á degi 8 var drip í ferska þorskinum álíka mikið og í þídda þorskinum eða á milli 3-4%. Á degi 8 og 12 var enginn marktækur munur á dripi fersks og þídds þorsks ($p < 0,05$). Hins vegar var marktækur munur á dripi milli hópanna á degi 15 þar sem drip í ferska þorskinum var að meðaltali 5% og rúmlega 7% í þídda þorskinum.



Mynd 36. Drip í ferskum og þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

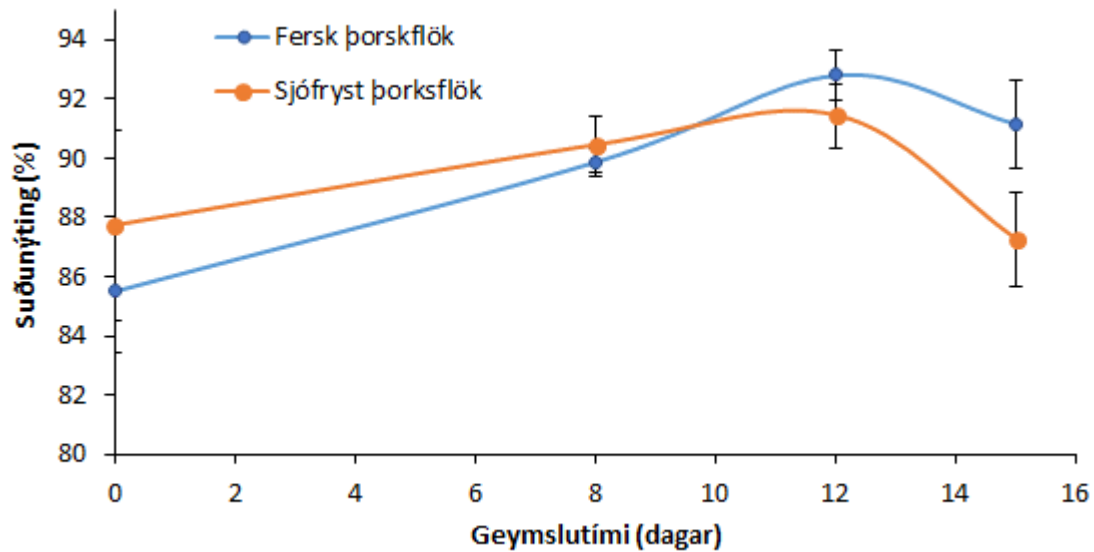
Fyrstu 5 daganna var nánast ekkert drip í flökum í karfa með og án íshúðunar en var 2 % á degi 8. (Mynd 37). Á degi 12 var vatnstapið um 14 % í karfa án íshúðunar og tæplega 17 % hjá karfa með íshúðunar, en var minna á 15 degi. Vatnstap í ferskum karfa var tiltölulega jafnt frá degi 8 til dags 15 eða frá rúmlega 6 % til 8 %.



Mynd 37. Drip í ferskum karfa og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

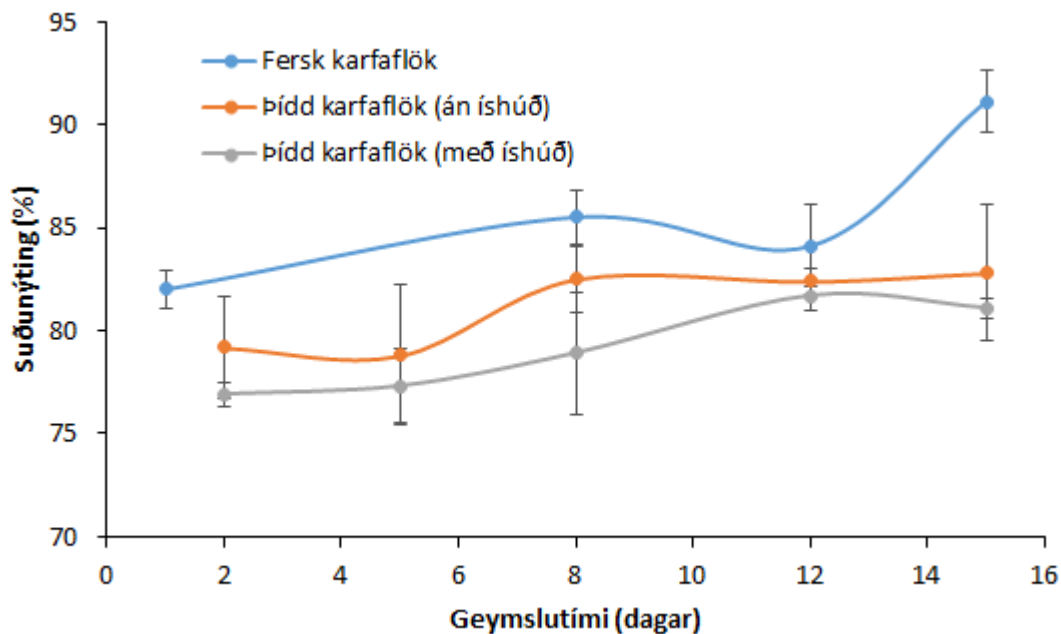
Suðunýting

Suðunýting í flökum af ferskum þorski jókst úr tæplega 86 % og upp í 91 % á sýnatökutímabilinu (Mynd 38). Suðunýting í þíddum þorski jókst einnig á tímabilinu, og á degi 15 var marktækur munur ($p=0,05$) á milli hópanna, þar sem ferskur þorskur var með hærri suðunýtingu miðað við þíddan þorsk, eða 86 % á móti 88 %.



Mynd 38. Suðunýting á ferskum og þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

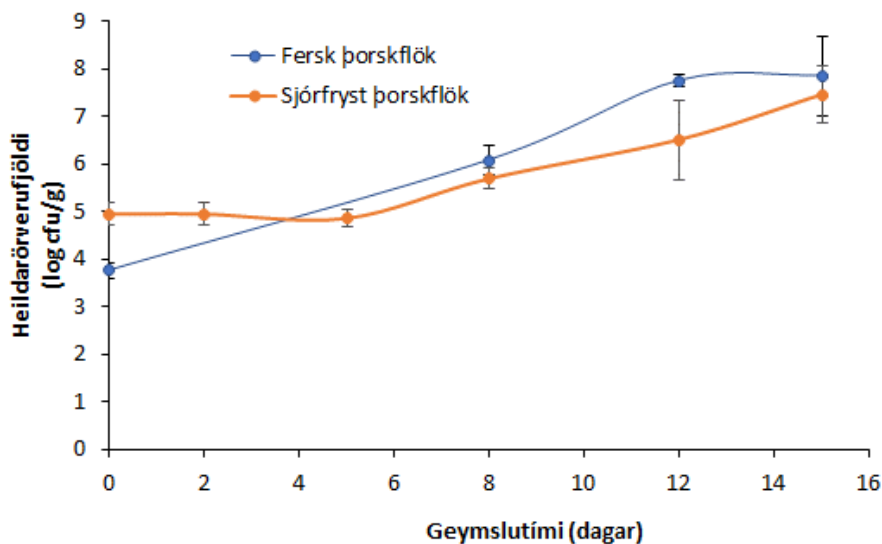
Suðunýting allra hópa jókst frá degi 1 til dags 15. Suðunýting var hærri í flökum ferska karfans samanborið við þídda karfann (Mynd 39). Ekki var marktækur munur ($p>0,05$) milli hópa á suðunýtingu 12 fyrstu daganna. Hins vegar var marktækur munur ($p<0,05$) á milli ferska og þídda karfans á degi 15.



Mynd 39. Suðunýting á ferskum karfa og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Heildarfjöldi örvera (TVC)

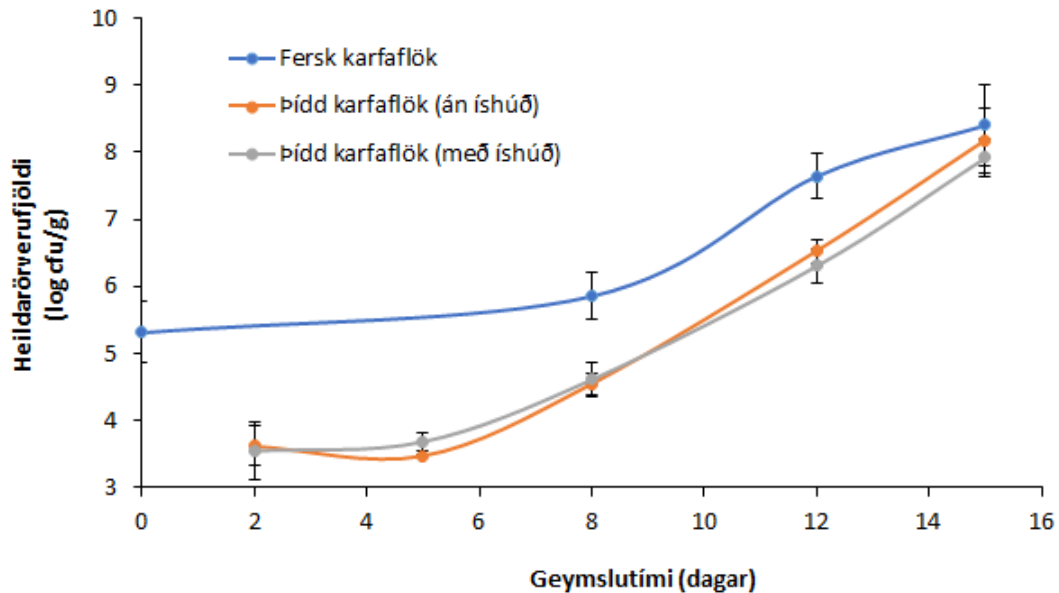
Heildarfjöldi örvera í ferskum þorsflökum jókst úr tæplega 4 log cfu/g í 7,5 log cfu/g á 15 dögum. Í sjófrystum þorsflökum jókst fjöldi örvera úr 5 log cfu/g í rúmlega 7 log cfu/g á tímabilinu (Mynd 40).



Mynd 40. Heildarfjöldi örvera í ferskum og sjófrystum þorsflökum við geymslu eftir þíðingu (Sigurðsson, 2016).

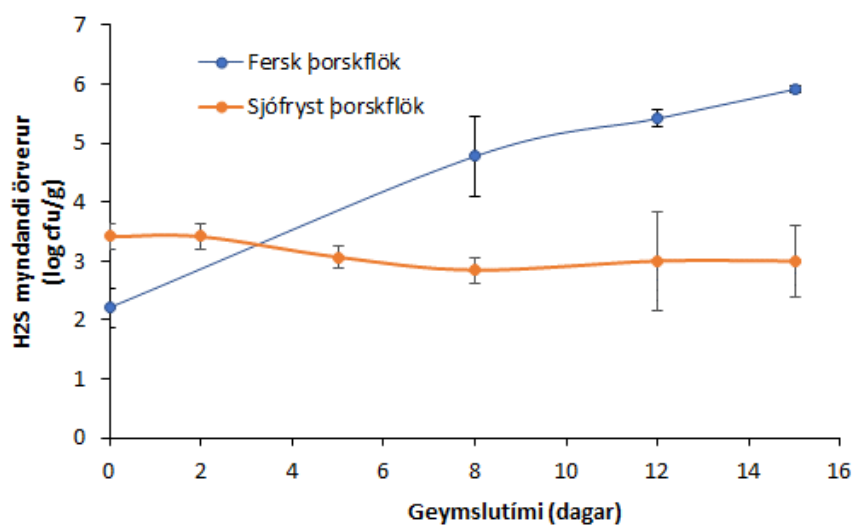
Heildarfjöldi örvera í ferskum karfaflökum var í byrjun rúmlega 5 log cfu/g og jókst í 8 log cfu/g á degi 15 (Mynd 41). Marktækur munur ($p < 0,05$) var á milli ferskra karfaflaka og

lausfrystra karfaflaka, þar sem þau síðarnefndu innihéldu færri örverur. Á degi 15 var ekki marktækur munur ($p>0,05$) á milli hópanna.



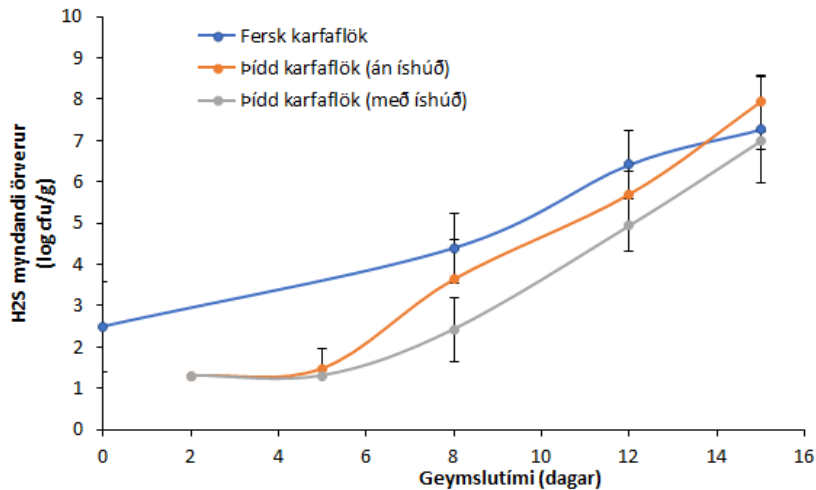
Mynd 41. Heildarfjöldi örvera í ferskum og þíddum karfaflökum með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Fjöldi brennisteinsmyndandi örvera í sjófrystum þorsflökum var stöðugur á geymslutímanum eða 3-4 log cfu/g (mynd 42). Í ferskum þorsflökum jókst fjöldinn hins vegar og var marktækur munur ($p<0,05$) á milli hópanna.



Mynd 42. Fjöldi brennisteinsmyndandi örvera í ferskum þorsflökum og sjófrystum þíddum þorsflökum (Sigurðsson, 2016).

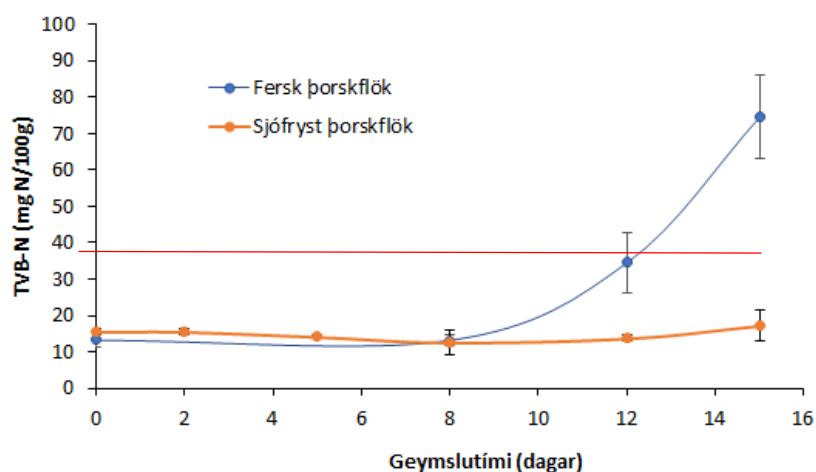
Fjöldi brennisteinsmyndandi örvera í ferskum karfaflökum jókst úr 2,5 log cfu/g á degi 0 í 7 log cfu/g í lok geymslutímans (Mynd 43). Í lausfrystum þíddum karfaflökum með og án íshúðunar jókst fjöldinn úr 1 log cfu/g í 6-7,5 log cfu/ á geymslutímanum og var ekki marktækur munur ($p>0,5$) á milli þessara tveggja hópa.



Mynd 43. Fjöldi brennisteinsmyndandi örvera í ferskum karfaflökum og lausfrystum þíddum karfaflökum með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

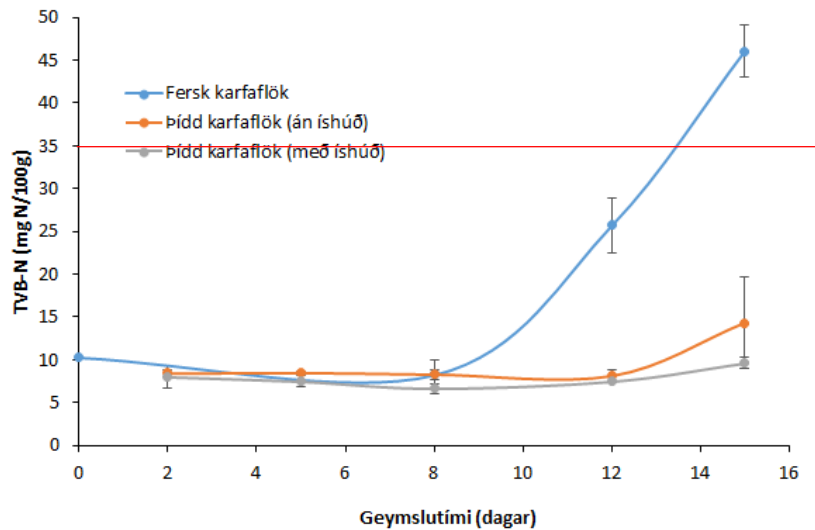
TVN (Total volatile nitrogen)

Heildarmagn rokgjarns köfnunarefnis (TVN) í ferskum og sjófrystum þíddum þorsklökum var stöðugt fram að degi 8, eða 10-15 mg N/100g og ekki marktækur munur ($p<0,05$) á milli hópa (Mynd 44).



Mynd 44. Heildarmagn rokgjarna basa í ferskum þorsklökum og sjófrystum þíddum þorsklökum við geymslu (Sigurðsson, 2016).

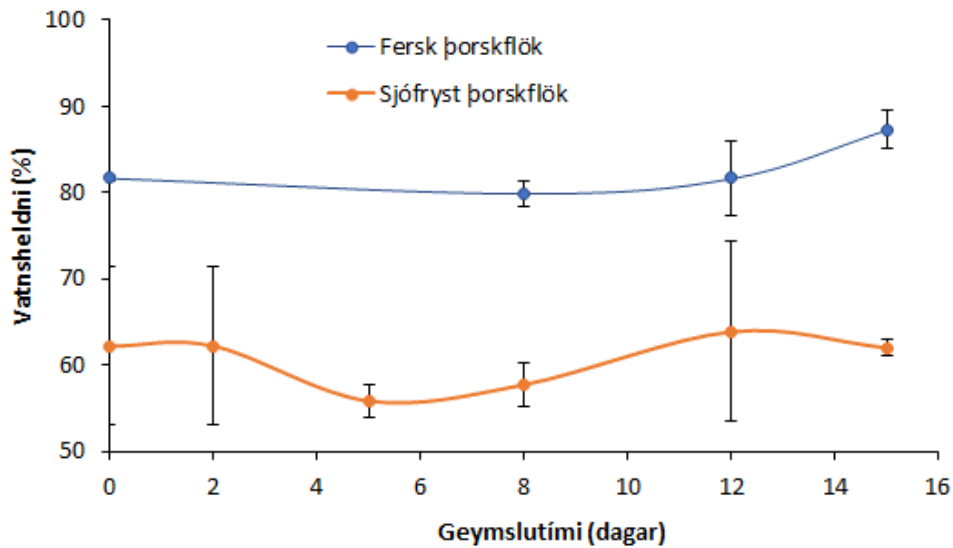
Heildarmagn rokgjarna basa (TVB-N) í ferskum karfaflökum og lausfrystum þíddum karfaflökum með og án íshúðunar var stöðugt fram að degi 8, eða 5-10 mg N/100g. Eftir það jókst magn rokgjarna basa í ferskum karfaflökum í 45 mg N/100g í lok geymslunnar á 15 degi (Mynd 45). Martækur munur ($p < 0,05$) var á milli fersku karfaflaka og lausfrystra karfaflaka með og án íshúðar.



Mynd 45. Heildarmagn rokgjarna basa í ferskum karfaflökum og lausfrystum þíddum karfaflökum með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

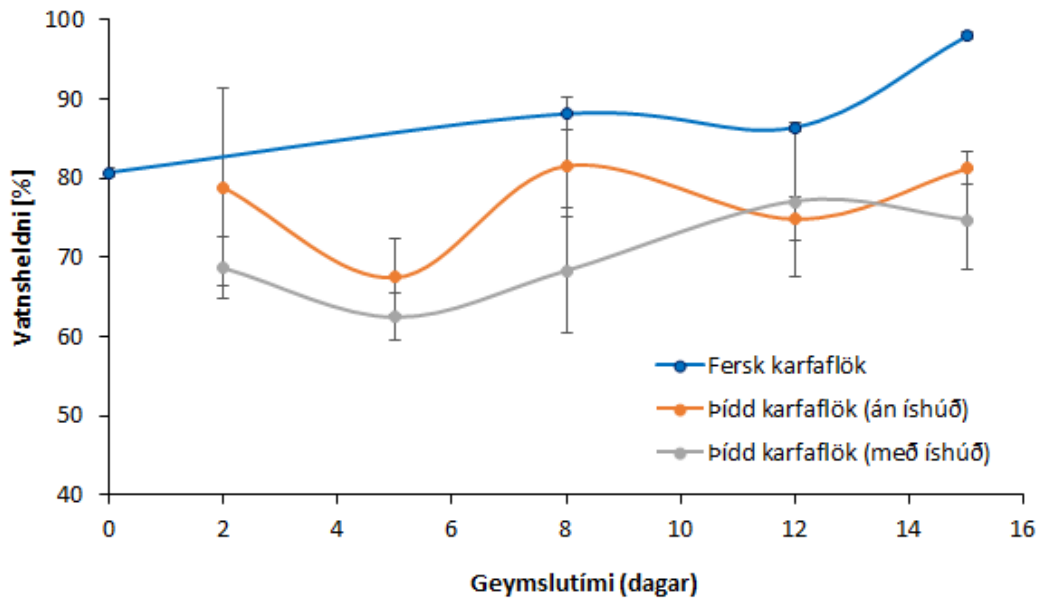
Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldni í ferskum þorsflökum var um 80% á degi 0 en jókst lítillega (88%) á degi 15 (Mynd 46). Að fiskurinn bæti við sig í vatnsheldni þegar líður á geymslutímann ræðst að því, að vöðvinn er búin að missa vatn vegna vökvataps eða drips og er því minna vatn til staðar í vöðvanum til að halda í. Vatnsheldni í sjófrystum þíddum þorsflökum var hins vegar í kringum 60% allan geymslutímann og var marktækur munur ($p < 0,05$) þar á. Ástæðan fyrir því að vatnsheldni sjófrystu flakanna er lægri en ferskra er eðlissvipting próteinanna fiskvöðva við frystingu og frostgeymslu.



Mynd 46. Vatnsheldni í ferskum þorsklökum og sjófrystum þíddum þorsklökum við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Vatnsheldni í ferskum karfaflökum var um 80% á degi 0 en jókst í rúmlega 90% á degi 15 (Mynd 47). Skýringuna er að finna í þiðnunardripi, líkt og hjá þorskinum. Vatnsheldni í þíddum karfaflökum án íshúðunar var um 80% á degi 2 á meðan vatnsheldni í þíddum karfaflökum með íshúð var tæplega 70%. Meðan á geymslu stóð voru töluverðar sveiflur í vatnsheldni í þídda karfanum með og án íshúðunar. Íshúðunin gerir það að verkum að lægri vatnsheldni mælist í þeim hópi, þar sem aukið vatn er á yfirborði vöðva miðað við þyngd flaksins og við íshúðun hækkar hitastig flakanna (úr -20 í -8°C) og hluti frosna vatnsins þiðnar og þegar flökunum er komið fyrir í frostgeymslu þá frýs vatnið hægt í geymslunni og myndar stóra kristalla sem dregur úr vatnsheldni.

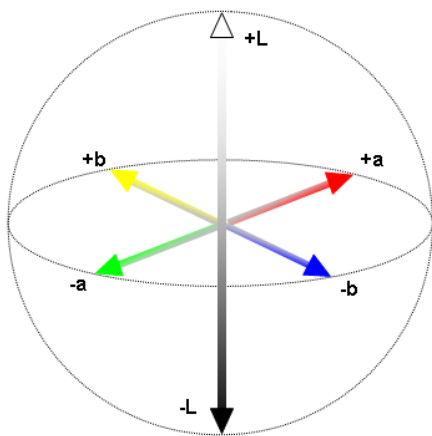


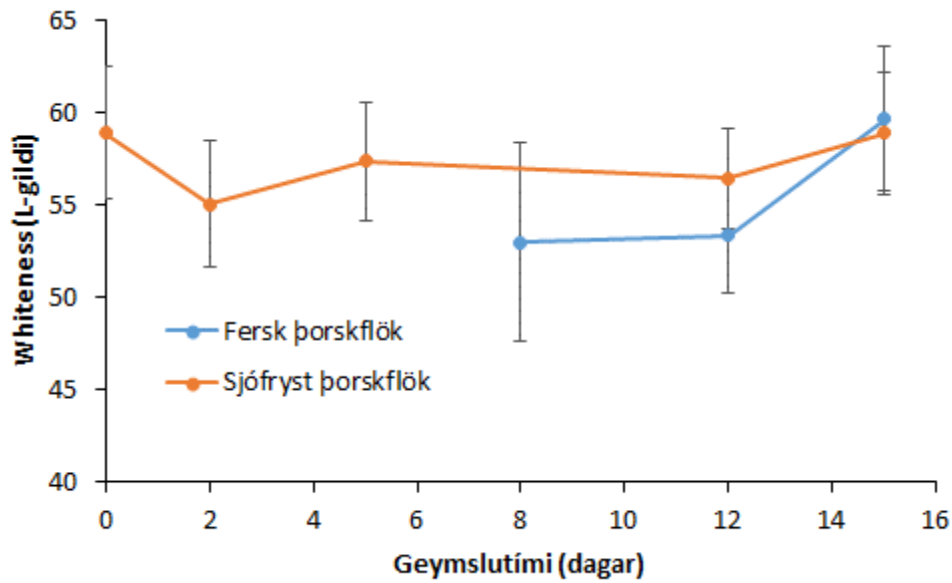
Mynd 47. Vatnsheldni í ferskum og lausfrystum þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Litur

Litur á ferskum þorsklökum var mældur á 8 degi, en sjófrýstra þídda þorsklaka á degi 0 (Mynd 48). Ekki var marktækur munur á hvítleika hópanna á geymslutímanum, en sjófrystu þíddu flökin héldu stöðugum lit á meðan fersku flökin urðu aðeins hvítari er leið á geymslutímann. Í

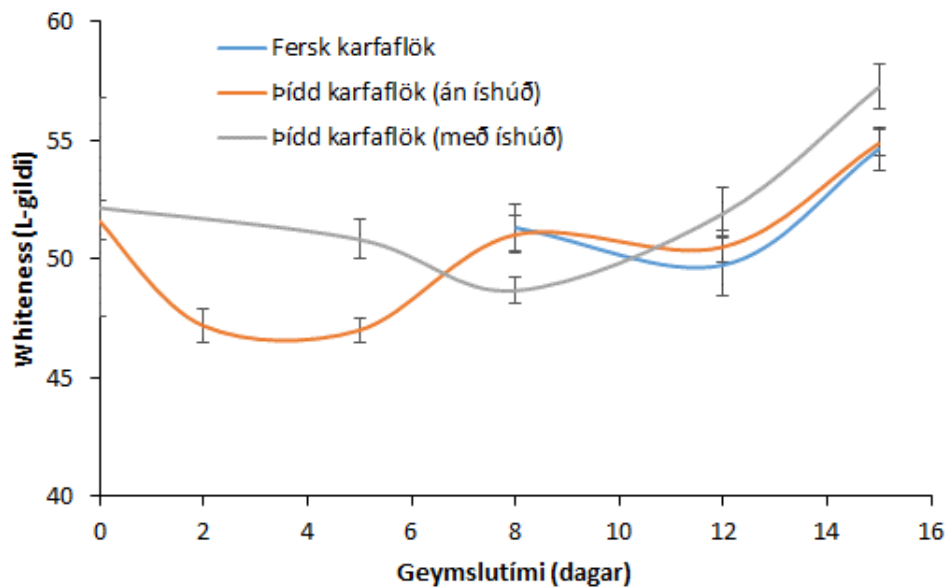
lok geymslutímans á degi 15 voru báðir hóparnir með sömu gildi.





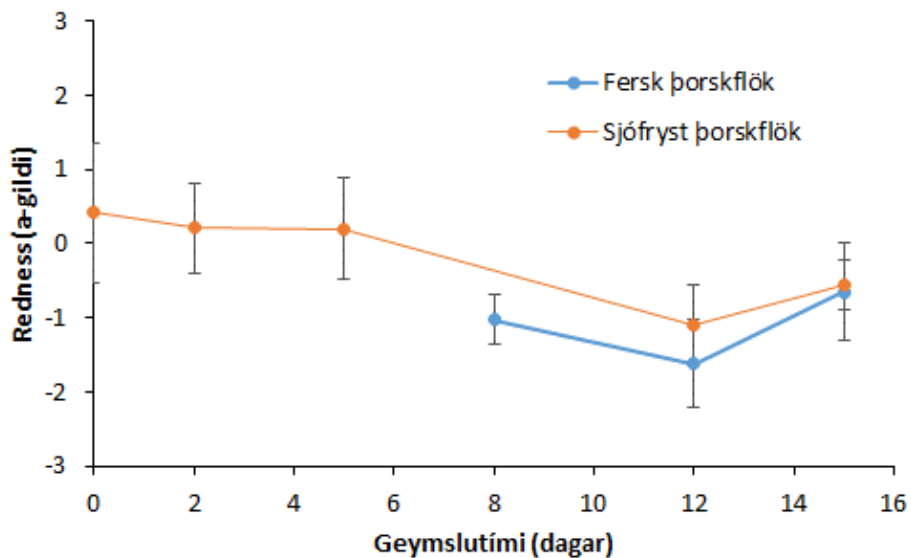
Mynd 48. L-gildi í ferskum og sjófrystum þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

L-gildi í ferskum karfa og lausfrystum þíddum karfa, hækkaði með geymslu, þ.e. flökin urðu ljósari við geymslu en munurinn var ekki marktækur á milli hópa ($p > 0,05$) (Mynd 49).



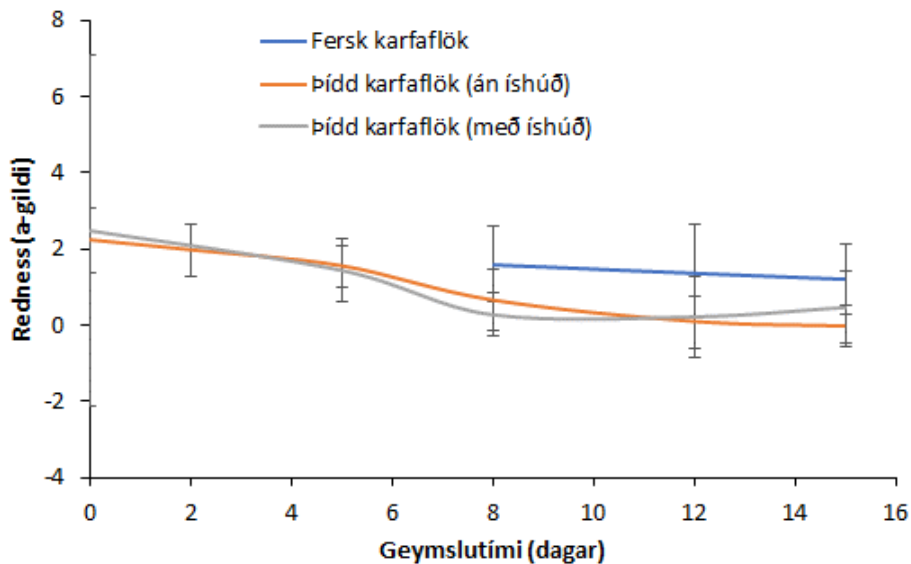
Mynd 49. L-gildi í ferskum og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Rauður litur minnkar í ferskum þorsklökum, á geymslutímabilinu á meðan sjófrystu og þíddu flökin eru stöðugri hvað litabreytingu varðar (Mynd 50).



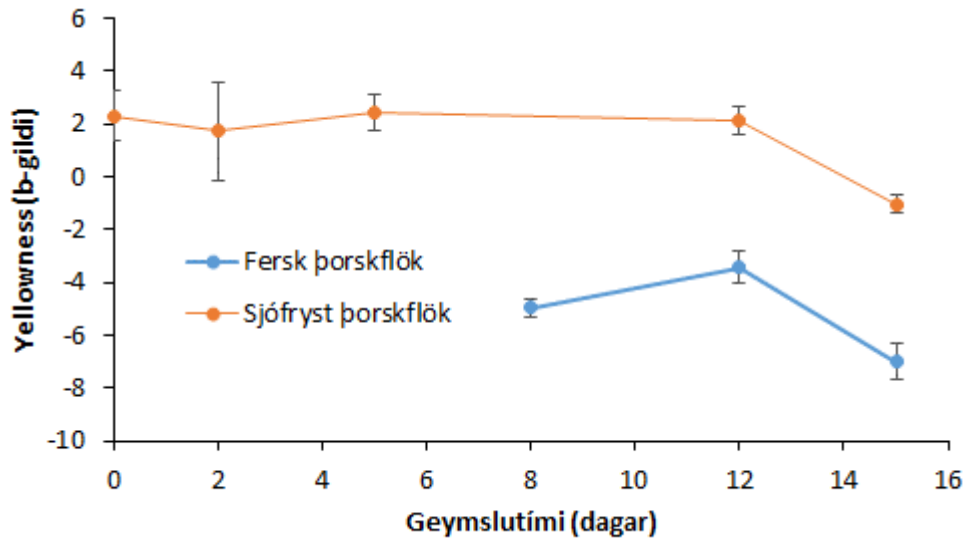
Mynd 50. a-gildi í ferskum og þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Fersk karfaflök eru ívið rauðari (a-gildi) miðað við þíddu karfaflökin, en ekki er marktækur munur ($p > 0,05$) á þeim (Mynd 51). Karfaflök dofna eða missa rauða litinn við geymslu.



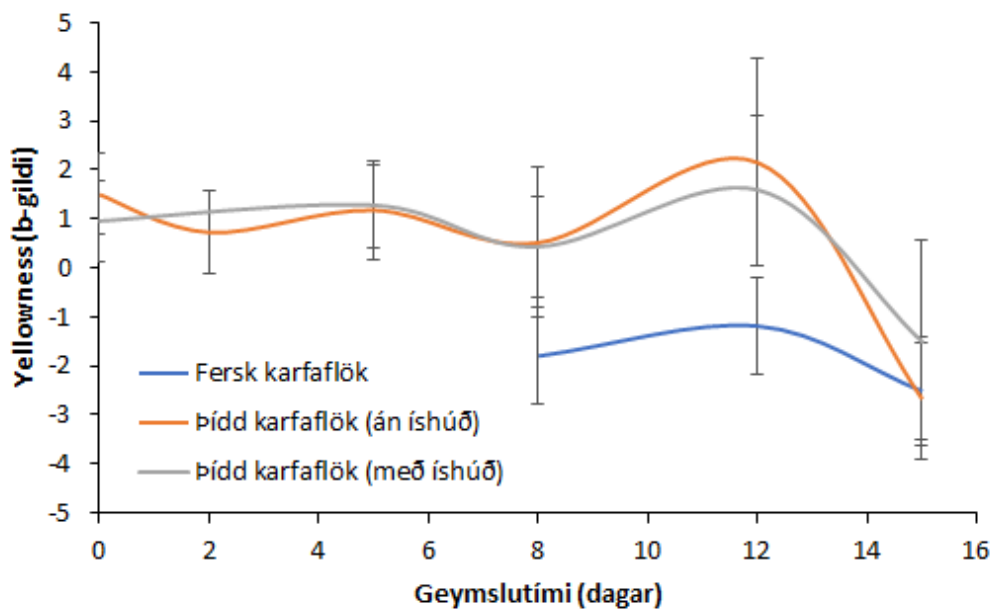
Mynd 51. a-gildi í ferskum og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Sjófryst og þídd þorsklök eru gulari en fersku þorsklökin og er sá munur ($p < 0,05$) marktækur (Mynd 52).



Mynd 52. b-gildi í ferskum og þíddum þorski við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Svipaðar niðurstöður fást á ferskum karfaflökum og þíddum karfaflökum. Þíddu flökin eru gulari en þau fersku (Mynd 53).



Mynd 53. b-gildi í ferskum og þíddum karfa með og án íshúðunar við geymslu (Sigurðsson, 2016).

Umræða og ályktanir

Út frá niðurstöðum má draga þá ályktun að betra sé að þíða fiskblokkir í vatni með lofthreyfingu en í kyrru lofti. Rökstuðningurinn er sá að varmaburður fyrir þíðingu í vatni er mun meiri fyrir loft þíðingu og þiðnunin er því hraðari sem veldur því það myndast minna þiðnunardrip og gæði hráefnis varðveitast betur.

Almennt er mjög mikilvægt við þíðingu á fiski að gera sér grein fyrir því hvaða aðferð gefur bestu nýtingu. Ekki er endilega víst að sama aðferðin henti í öllum tilfellum, t.d hentar örbylgjuþýðing vel fyrir veitingastaði sem ætla strax að matreiða fisk o.s.frv. Til þess að geta alltaf valið bestu aðferð er þörf á því að bera saman og rannsaka fleiri þíðingaraðferðir.

Við örbylgjuhitun, eins og við búnað sem var notaður við þessa tilraun, má búast við að ójafnt hitamynstur verði í sýni eða blokkum. Með örbylgjuhitun á iðnaðarskala má búast við nákvæmari þiðnun enda eru notaðar nákvæmari stillingar og einsleitara hráefni en stuðst var við í þessari tilraun. Það sem kom í ljós varðandi örbylgjuhitun var að sýni sem voru réttthyrningslaga hitnuðu meira á köntunum miðað við sýni sem voru ávöl. En þessi tilraun með örbylgjum sýndi að þessi aðferð er ekki vænlegasti kostur til þíðingar, nema þá kannski fyrir veitingahús, eins og áður sagði.

Varðandi temprun/hálfþiðnun með blástursþíðingu á frosnum flökum í -5°C, ásamt pökkun í frauðplastkassa til að herma flutningsferlið til útflutnings, leiddi til þess að hráefnið var hálfrosið í umbúðum eftir 7 daga frá temprun. Þessi aðferð gefur góða raun, en stilla þarf temprunina betur ef herma á flutningaferlið. Með þessu móti er hægt að lengja geymsluþol sjófrýstra þídda þorskflaka um einhverja daga.

Niðurstöður varðandi drip í ferskum og þíddum þorsk- og karfaflökum sýndu að mun minna drip var í þorskflökum en í karfaflökum. Í ferskum þorskflökum var drip að jafnaði um 3% á geymslutímanum en í sjófrystum þíddum flökum frá 3-7%. Í síðarnefndu flökunum fór ekki að bera á dripi fyrr en á 5-6 degi, en skýringin er meðal annars sú að þessa daga voru flökin meira eða minna hálfrosin. En augljóst er að meira drip var í þíddum flökum en ferskum, vegna eðlissvipting próteinanna fiskvöðva við frýstingu og frostgeymslu. Þessi eðlissvipting próteinanna veldur vatnstapi eða dripi og einnig til lægri vatnsheldni (Shenouda 1980; Mackie 1993).

Suðunýting í ferskum þorskflökum var hærri en í ferskum karfaflökum, og hækkaði að jafnaði með geymslutíma fram að degi 12. Þá hækkaði suðunýtingin í ferskum þorskflökum en lækkaði í ferskum karfaflökum og hækkaði svo um 5% á degi 15. Skýringa gæti verið að finna í ójöfnum suðutíma flaka milli daga. Í þíddum karfaflökum var suðunýting lægri en í ferskum karfaflökum, sem bendir til sömu breytinga á frumuvegg vöðvans og í dripi. Almennt má segja að suðunýting sé hærri í þorskflökum, hvort sem þau eru fersk eða þídd samanborið við fersk og þídd karfaflök.

Vatnsheldni í ferskum þorsk- og karfaflökum var svipuð eða á milli 80-85%, nema á degi 15, þá jókst vatnsheldni karfaflaka í 98%. Skýringin liggur í því að hlutfallslega minna vatn hafði losnað á degi 15, þar sem vöðvinn hafi þegar verið búinn að missa mikið af lausu vatni. Vatnsheldni í sjófrystum þíddum þorskflökum var töluvert lægri en í þíddum karfaflökum, að meðaltali 60% vs. 75%.

Heildarfjöldi örvera í lok geymslutímans var lægri í þorskflökum eða að meðaltali log 7, samanborið við karfaflökin, þar sem heildarfjöldi örvera var að meðaltali log 8. Almenn sjást skemmdir í ferskum fiski, geymdur í kæli, ef heildarörverufjöldi er hærri en 8 log/g (Gram og Huss 1996). Brennisteinsmyndandi örverur (H_2S) voru líka undir mörkum, bæði í þorsk- og karfaflökum.

Heildarmagn rokgjarns köfnunarefnis (TVN) segir til um skemmdareinkenni í fiskafurðum. Í ferskum þorsk- og karfaflökum var magn þeirra yfir þeim mörkum sem notuð eru sem viðmið í reglugerð Evrópusambandsins, þ.e. yfir 35 mg N/100g í lok geymslutímabilsins (95/149/EC, 1995; Ólafsdóttir *et al.* 2006). Geymsluþol ferskra þorskflaka er um 11 daga en 14 daga fyrir karfaflök. Örverur sem mynda TMA verða óvirkar við frystingu og þess vegna er TVN ekki nothæfur sem mælikvarði á skemmdarferla fyrir þídd flök. Í sjófrystum, lausfrystum og þíddum þorsk- og karfaflökum, var magn TVN í enda geymslutímabilsins um 10-20 mg N/100g í þíddum þorskflökum og 8-15 mg N/100g í þíddum karfaflökum.

Helstu litabreytingar í ferskum og þíddum þorsk- og karfaflökum á geymslutímanum voru þær að sjófryst þídd þorskflök voru hvítari en fersk þorskflök, þangað til á 15 degi var ekki marktækur munur á milli þeirra. Hins vegar var karfinn hvítari en í upphafi þegar leið á geymslutímann, og í lokin voru þídd karfaflök með íshúð, marktækt hvítari en hin flökin. Karfaflökin voru rauðari en þorskflökin allan geymsluferilinn, og ekki var að sjá mun innan

hverrar tegundar varðandi ferskt og þídds hráefnis. Sjófryst þídd karfaflök voru gulari á litinn en fersk karfaflök, með marktækan mun, en lítill munur var á karfaflökum, ferskum og þíddum. En greinilegt var að meiri munur var á milli ferskra og þíddra þorskflaka en ferskra og þíddra karfaflaka.

Niðurstaða þessarar rannsóknar er sú að þær þíðingaraðferðir sem prófaðar voru, kom aðferð með loftblæstri í vatni best út varðandi nýtingu og gæði.

Raunhæft er að nota temprun (hálfþiðnun) við vinnslu á frosnum þorskflökum til útflutnings. Mikilvægt er að stilla hitastig við temprun og þiðnunartímann eftirá. Ef tími þíðingar er of langur er hættan á myndun stórra kristalla í vöðvanum sem orsakar sundrun á frumuvegg og þar með afmyndun próteina.

Þakkir

Við þökkum AVS sjóðnum fyrir að styrkja þetta verkefni og Þorbirninum og starfsmönnum á skipinu Hrafni GK 255 fyrir dygga aðstoð við að útvega hráefni og aðstoð við undirbúnings þess.

Heimildir

95/149/EC, C. D. (1995) Commission Decision of 8 March, 1995 fixing the total volatile basic nitrogen (TVB-N) limit values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. 1995, L 097:0084-0087. 29/04/1995. E Union Brussels, Belgium, *Official Journal of the European Communities*.

Archer, M., Edmonds, M., og George, M, (2008). Seafood thawing, Research & Development Department of Seafish.

Arason, S. (1995). Tvífrysting – vinnsla á frystu hráefni. Skýrsla Rannsóknarstofnunar fiskiðnaðarins.

Backi, C.J., Bendtsen, J.D., Leth, J. and Gravdahl, J.T. (2015). A heat equation for freezing processes with phase change: stability analysis and applications. *International Journal of Control*: 1-17.

Bing, Li., Da-Wen. Sun (2002). Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-a review. *Journal of Food Engineering*, **54**, 175-182.

Eide, O., T. Borresen and T. Strom (1982). Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. *Journal of Food Science* **47**: 347-349.

Gram, L. and Huss, H.H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology* **33**(1): 121-137.

Gram, L., G. Trolle and Huss, H.H (1987). Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. *International Journal of Food Microbiology* **4**(1): 65-72.

Holden, K. (2004). Radio frequency tempering of frozen fish. Application note KHA 0302. www.keamholden.com.

Jónsdóttir, E.H, Ólafsdóttir, H. og Vilhjálmisdóttir, S. (2013). Örbylgjuþíðing. Verkefni Háskóla Íslands í Fiskiðnaðartækni II.

Mackie, I. (1993). The effects of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International* **9**(4): 575-610.

Malle, P. And S.H. Tao (1987). Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation. *J. Food Protect* **50**(9): 756-760.

Ólafsdóttir, G., Lauzon, H.L., Martinsdóttir, E, Oehlenschläuger and Kristbergsson, K. (2006). Evaluation of Shelf Life of Superchilled Cod (*Gadus morhua*) Fillets and the Influence of Temperature Fluctuations during Storage on Microbial and Chemical Quality Indicators. *Journal of Food Science* **71**(2). S97-S109.

Pétursson, H.Ö., og Karlsson, J.K. (2014). Samanburður á aðferðum við þíðingu fiskflaka. Verkefni Háskóla Íslands í Fiskiðnaðartækni II.

Roiha, I, Jónsson, Á. Backi, C.J., Lunestad, B.T. og Karlsdóttir, M. (2016). Quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted (H/G) fish. Óbirt efni, sem bíður samþykkis.

Shenouda, S.Y. (1980). Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh, pp. 275-308. *Advances in food research*. Gloucester, Massachusetts, Academic Press. Inc. **26**:e315.

Shokr, M. and Sinha, N. (2015). Sea Ice Properties. *Sea Ice: Physics and Remote Sensing*. Shokr, M. and Sinha, N. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons: 99-137.

Sigurðsson, E. (2016). Áhrif hringorma við þorskvinnslu. Meistaraverkefni í iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunardeild Háskóla Íslands.

Viðauki A

Árið 2014 fékk Matís ohf. sem samstarfsaðili með SINTEF í Noregi, ásamt iðnaðarfyrirtækjum á borð við Norway Seafoods, Nergård, FHL, Stette og Norwegian Seafood Council, styrk frá Nordic Innovation Center í verkefnið „QualiFish“. Hlutverk Matís í verkefninu var meðal annars að besta búnað og aðferðir við þíðingu á sjófrystum heilum fiski, í því skyni að bæta gæði og nýtingu á þíddum fiski.

Tilraun var gerð á Matís á þíðingu á sjófrystum heilum þorski og notaðar voru eftirfarandi aðferðir:

- Þíðing í fersku vatni
- Þíðing í fersku vatni með loftblæstri
- Þíðing í umbreyttum plötufrysti (hitamiðill var 10 C° vatn)

Niðurstöður leiddu í ljós að þíðing í fersku vatni með loftblæstri, varðveittu gæðin á hráefninu best samanborið við hinar aðferðirnar.