

Verkefnaskýrsla Rf
03 - 04



Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

Mai 2004

ÁHRIF ROÐKÆLINGAR Á GÆÐI FISKFLAKA

Emilía Martinsdóttir
Birna Guðbjörnsdóttir
Hélène L. Lauzon
Guðrún Ólafsdóttir
Þorvaldur Þóroddsson
Soffía V. Tryggvadóttir
Guðmundur Örn Arnarsson



Titill / Title	Áhrif roðkælingar á gæði fiskflaka		
Höfundar / Authors	Emilía Martinsdóttir, Birna Guðbjörnsdótti, Hélène L. Lauzon, Guðrún Ólafsdóttir, Þorvaldur Þóroddsson, Soffía V. Tryggvadóttir Guðmundur Örn Arnarson		
Skýrsla Rf /IFL report		Útgáfudagur / Date:	20.maí
Verknr. / project no.	1576		
Styrktaraðila / fundsing:	Tækniþjóður Rannís, AVS		
Ágrip á íslensku:	Skaginn hf. hefur einkaleyfi á nýrri vinnslutækni við vinnslu ferskra og frystra flaka sem byggist á svonefndri roðkælingu fyrir roðflettingu. Þetta rannsóknarverkefni hefur það að markmiði að auka þekkingu á áhrifum vægrar frystingar á eðlis- og efnafræðilega þætti fiskholdsins. Í verkefninu eru borin saman annars vegar fersk flök, roðkæld flök með tilliti til nýtingar, gæða og geymslupols. Fylgt er eftir hönnun nýs vinnslubúnaðar með tilliti til þrifa og hugsanlegs örveruvaxtar með skoðun á efnisvali við uppsetningu vinnslulínu. Tilraunir sem hér er lýst voru framkvæmdar hjá Tanga hf. á Vopnafirði og Tros í Sandgerði. Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að hitastig og meðhöndlun í upphafi hefur afgerandi áhrif á lengd geymslupolsins og niðurstöðum skynmats, efna -, örveru- og rafnefsmælinga bar vel saman. Með roðkælingu helst hitastig flaka undir 0°C allan vinnslutímann og hægir verulega á skemmdarferli, ef borið er saman við hefðbundna vinnslu. Með því að vinna hráefnið einum degi frá veiði fékkst um 13 daga geymslupól fyrir þorskflök sem geymd voru við 0,5°C. Jafnframt er mögulegt að lengja geymslupól roðkældra flaka um allavega tvo daga til viðbótar ef geymsluhitastigið er lækkað úr 0,5°C niður í mínus 1,5°C. Ekki var hægt að sjá ummerki ískristallamyndunar í roðkældum flökum með smásærri greiningu.		
Lykilorð á íslensku:	Roðkæling, fiskflök, geymslupól, hönnun m.t.t. hreinlætis		
Summary in English:	The research project will be run parallel to a development project carried out by the participating companies Skaginn, Tros and HB. The aim of the research project is to increase knowledge on the effect of skin freezing on the physical properties of the fish muscle. The objective is to compare quality and storage life. Also, of fish products produced by traditional fish filleting, deskinning and freezing and by using skin freezing before deskinning Fresh fish fillets will be compared to skin-frozen fillets in the project. Sensory evaluation, textural measurements and microstructure analysis were used to compare skin-frozen fish fillets to unfrozen fillets. A part of the project is to monitor a hygienic design of the production line regarding bacterial growth and cleaning and study the use of material in the production line. The main experiments were done on fresh fish at Tanga and Tros. Using CBS-cooling the temperature of the fillets remains below 0°C. during production. During storage the spoilage was delayed compared to traditionally produced fillets. Filleting and packing of fillets one day from catch of the fish resulted in a storage life of 13 days at 0°C. Lowering the storage temperature to - 1,5°C extended the storage life of 2 days. No difference in microstructure was found between CBC-fillets and traditionally produced fillets.		
English keywords:	CBC-cooling, fish fillets , storage life, hygienic design		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. FORTILRAUNIR	9
2.1. Lýsing á vinnslu Tanga	9
2.2. Samantekt nýtingarmælinga og framlegðarútreikninga	12
2.2.1. Ýsa	12
2.2.2. Þorskur	13
2.2.3. Samanburður á vinnslulínunum	17
2. Hönnun með tilliti til hreinlætis	21
2.1. Inngangur	21
2.2. Framkvæmd	22
2.3. Aðferðir	22
2.3.1. Örverumælingar	22
2.3.2. Gátlisti - þrifarýni	23
2.4. Niðurstöður	23
2.4.1. Niðurstöður hreinlætisúttekta hjá Tanga í september 2003	23
2.4.2. Niðurstöður hreinlætisúttektar hjá Tanga í desember 2003	24
2.4.3. Úttekt á hönnun með gátlista	28
3. Myndgreining	29
3.1. Sýnataka	29
3.2. Efni og aðferðir	30
3.3. Niðurstöður	30
4. GEYMSLUÞOLSTILRAUNIR	32
4.1. Inngangur	32
4.2. Efni og aðferðir	33
4.2.1. Tilhögun tilrauna: Tilraun 1. Tangi október 2003	33
4.2.2. Tilhögun tilrauna: Tilraun 3. Tangi desember 2003	35
4.2.3. Tilhögun tilrauna: Tilraun 2. Tros nóvember 2003	35
4.3. Hitastigsmælingar	36
4.4. Skynmat	36
4.5. Örverumælingar	36
4.5.1. Hefðbundnar örverutalningar	36
4.5.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni)	37
4.6. Efnamælingar	37
4.6.1. TVB-mælingar	37
4.6.2. Sýrustig (pH)	38
4.7. Rafnefsmælingar	38
4.8. Drip- og vatnsheldnimælingar	38
4.9. Áferðarmælingar	39
5. Niðurstöður geymsluþolstilrauna	40
5.1. Niðurstöður geymsluþolsrannsókna í Tanga í október 2003	40
5.1.1. Hitastigsmælingar	40
5.1.2. Skynmat	42
5.1.3. Örverumælingar	43
5.1.4. Efnamælingar	46
5.1.5. Rafnefsmælingar	46
5.1.7. Drip- og vatnsheldnimælingar	48
5.1.6. Áferðarmælingar	48
5.2. Niðurstöður geymsluþolsrannsókna í Tanga í desember 2003	49

5.2.1 Hitastigsmælingar	50
5.2.2. Skynmat	50
5.2.3. Örverumælingar	51
5.2.4. Efnamælingar	53
5.2.5. Rafnefsmælingar	53
5.2.6. Drip- og vatnsheldnimælingar	54
5.2.7. Áferðarmælingar	54
5.3. Niðurstöður geymslupólsrannsóknna í Tros í nóvember	56
5.3.1. Hitastigsmælingar	56
5.3.2. Skynmat	57
5.3.3. Örverumælingar	58
5.3.4. Efnamælingar	60
5.3.5. Rafnefsmælingar	61
6. Samantekt og umræður	62
7. ÁLYKTANIR	66
8. ÞAKKARORÐ	66
9. HEIMILDIR	67
9. VIÐAUKI -LISTI YFIR MYNDIR	70

1. INNGANGUR

Roðkæling - skelfrysting-yfirborðsfrysting

Yfirborðsfrysting eða skelfrysting hefur tíðkast í íslenskum fiskiðnaði í einhverjum mæli undanfarna áratugi t.d. við útflutning á ferskum fiskflökum. Þau hafa verið sett í frystigeymslu í einhverjar klukkustundir fyrir flutning og í sumum tilvikum hefur yfirborð flakanna náð að frjósa. Einnig mun það hafa tíðkast í einhverjum mæli að setja flök í gegnum lausfrysti áður en þeim er pakkað í frauðplastkassa.

Í Tæknitíðindum Rf nr. 4 frá 1972 (Jóhann Guðmundsson) er lýst roðflettivél frá Trio A/S sem byggir að einhverju leyti á svipaðri hugmynd. Í þeirri vél voru flök lögð á gúmmibelti, sem þrýst var upp að sívalning sem kældur var með frystivélum. Trio Industrieer A/S hefur einkaleyfi á aðferð til að skera fiskflök með roði í sneiðar. Þessi aðferð byggir á að flakið er fryst áður en það er skorið. (United States-Patent; US 5 507 690, NO 921899 (19920514), Trio Industries, N-4033 Forus, Norway). Þeir hafa einnig sótt um einkaleyfi á vél sem fjarlægir smábein úr fiskflaki eftir frystingu (NO 96-3264 (19960805) Trio Industries, N-4033 Forus, Norway). Nýjasta vél þeirra byggir á roðfrystingu, fjarlægir beingarð og sker í sneiðar (<http://www.oslo.sintef.no/smb/1999-02/3.html>, skoðað 29. október, 2002). Við heimildaleit fundust ekki vísindagreinar sem fjalla um roð- eða yfirborðsfrystingu á fiskflökum.

Ný vinnslulína Skagans og fortíraunir Rf

Verkefnið byggir á nýrri vinnslutækni sem Skaginn hf hefur þróað og sótt um einkaleyfi á. Tæknin byggir á því að eftir flökun er flakið útlínusnyrt og síðan “roðfryst”. Rannsóknarefni þessa verkefnis er svonefnd roðfrysting en þá er roð flaks fryst frá roðhlið og þunn skel af holdinu fyrir roðflettingu. Roðhlið flaksins liggur á teflonhúðuðu álbandi (- 35 til – 40°C) sem snöggfrystir þunnt lag af flakinu. Hröð frysting í skamman tíma tryggir að einungis örsmáir ískristallar myndast í holdinu sem valda ekki skemmdum á fiskinum. Eftir frystinguna fer flakið í roðdrátt. Þar sem flakið er stíft fer það gegnum roðdrátt án þess að skemmast. Viðkvæm flök fara jafnt í gegnum roðdrátt og loslaus flök. Í roðfrystingu kælist fiskurinn niður þannig að lágt hitastig gæti haldist alla vinnsluna. Betri nýting gæti komið úr roðflettingu vegna minna loss, sérstaklega ef los er í fiskinum fyrir. Eftir roðdrátt er beingarður fjarlægður frá roðhlið flaksins með nýrri aðferð. Skaginn hf hefur unnið að útfærslu á hugmynd um að fjarlægja beingarð frá roðhlið fisksins eftir roðflettingu meðan flakið er í roðfrystu ástandi. Við roðfrystinguna er notaður roðfrystir sem er í þróun hjá Skaganum hf. Við að taka beingarðinn frá roðhliðinni er ekki skorið í gegnum hold fisksins og flakið nýtist betur í verðmestu afurðirnar. Eftir að beingarður hefur verið fjarlægður er flakið snyrt. Helstu kostir aðferðarinnar í vinnslu eru:

- Hægt er á örveruvexti. Eftir flökun liggur flakið á roðhliðinni allt þar til það er roðflett. Örverur eru á roðhlið flaksins. Hold fisksins snertir því aldrei færíbandareimina en krosssmit milli flaka á sér stað á henni. Fækkun örvera getur lengt þann tíma sem hægt er að selja flökin sem ferska afurð og einnig fryst flök eftir þíðingu. Veruleg verðmætaaukning er ef tekst að lengja þann tíma sem unnt er að selja fiskinn sem ferskan. Afurðin er kæld í byrjun vinnslunnar og helst köld í allri rásinni. Í stað þess að fiskurinn hitni í vinnslurásinni eins og gerist í hefðbundinni vinnslu lækkar hitastig hans við roðfrystinguna.

- Snyrting og beintaka á sér stað á sjálfu bandinu. Flökin koma aðskilin eitt og eitt, hægri flök á annarri hlið bandsins og vinstri flök á hinni. Þetta lágmarkar meðhöndlun og bætir vinnuaðstöðu við snyrtingu.
- Varan er stíf og heldur forminu. Flakið heldur forminu alla leið inn á lausfrysti eða í pökkun ef afurðin er seld fersk. Flökin eru aldrei sveigð né hnoðast saman í vinnsluferlinu, en það eykur los í holdi og rýrir gæði. Stífleikinn auðveldar alla meðhöndlun og varðveitir gæði fisksins. Roðdráttur er betri þannig að minna af holdi fylgir roði. Við að taka beingarðinn frá roðhlið kemur minna hold með beinunum jafnframt því sem flakið helst heilt. Minna vökvatap er í vinnslunni þar sem yfirborðið er frosið og vökvinn lekur ekki úr holdinu. Flök með losi koma mun betur út úr roðflettingu eftir að þau hafa verið roðfryst.
- Aukin nýting í betri afurðir (bitahlutfall hækkar) þar sem beingarðurinn klýfur ekki flakið. Þunnildi eru skorin á annan hátt sem eykur hlutfall þess sem fer í A-afurð. Þunnildi er óskemmt og auðsnyrt eftir roðdrátt og beinhreinsun. Þunnildið fer í auknum mæli í blokk eða jafnvel sem lausfrystur biti.

Matvælalöggjöf í Evrópu.

Markmiðið er að geta selt roðfryst flök sem ófryst. Upplýsinga var leitað hjá Food Ra í Leatherhead um löggjöf varðandi fersk og fryst matvæli.

Í breskum reglugerðum UK Food Safety (Fishery Products and Live Shellfish) Regulations 1998, SI 1998 settum í samræmi við tilskipun Evrópusambandsins EC Directive 91/492/EEC um heilnæmi fiskafurða er eftirfarandi tilgreint:

- *Ferskar fiskafurðir eru fiskafurðir sem hafa ekki sem heill fiskur, unninn, pakkaður í lofttæmi eða loftskiptar pakkingar verið rotvarðar á neinn hátt nema með kælingu*
- *Frystar afurðir eru afurðir sem hafa verið frystar*

Auk þessa hefur Food Standards Agency í Bretlandi sett upp skilyrði hvenær orðið "fresh" (fersk) matvara er notað í matvælamerkingum. "Fresh" er fiskur sem hefur verið geymdur kældur á ís en ekki djúpfrosinn. Fiskur seldur þíddur efir frystingu ætti ekki að vera merktur "fresh". Bretar nota síðan orðið "chilled" um slík matvæli.

Af matvælalöggjöfum virðist ekki vera hægt að sjá neitt sem stendur í veginum fyrir því að roðfryst flök séu seld sem fersk. Hins vegar er það nauðsynlegt fyrir framleiðendur að vita hvaða áhrif þessi meðferð hefur á fiskholdið til að geta upplýst sína kaupendur þegar þar að kemur.

Gæði og geymsluþol á ferskum og frystum fiski

Geymsluþol á ferskum fiski og geymsluþol í frystingu og á uppþíddum fiski hafa verið rannsóknarefni í mörgum rannsóknum Rf. Í flestum rannsóknum er stuðst við skynmat, örverutalningar og mælingar á trímetylamíni (TMA) og heildarmagni reikulla basa (TVB).

Á Rf hafa verið gerðar viðamiklar rannsóknir á skemmdarferli og geymsluþoli ófrysts og þídds fisks. Þessum rannsóknum hefur verið lýst í Ritum Rf nr. 26, 30 og 38. (26: Hannes Magnússon o.fl. 1990, 30: Emilía Martinsdóttir o.fl. 1991, 38: Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon, 1993). Niðurstöður þessa rannsókna hafa sýnt að notagildi TMA og TVB-mælinga til gæðamats á ófrystum og þíddum flökum geymdum í ís er ekkert. Örverutalningar og skynmat hafa hins vegar gefið góðar upplýsingar um skemmdarferlið. Niðurstöður skynmats sýndu að bæði ófryst og þídd flök náðu mörkum neysluhæfni á svipuðum tíma eftir skamma frystigeymslu. Í rannsóknum á sjófrystum flökum (Magnússon and Martinsdóttir, 1995; Martinsdóttir and Magnússon, 2001; Emilía Martinsdóttir o.fl., Skýrsla Rf 16, 1998) var

geymsluþol á ófrystum og þíddum þorskflökum 12 til 14 dagar eftir 2 til 6 mánuði í frysti og 10 til 11 dagar eftir 12 mánuði í frysti. Flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun geymdust lengur en þídd (eftir 2 mánuð í frysti) flök sem fryst voru eftir dauðastirðnun og höfðu beðið um sólarhring meðan dauðastirðnun gekk yfir. Tími og hitastig hafa úrslitaáhrif varðandi vöxt örvera og þar með lengd geymsluþols á ófrystum fiski. Þessar rannsóknir gáfu einnig til kynna að tími og hitastig fyrir vinnslu skipti verulegu máli varðandi geymsluþol eftir þíðingu.

Til að ákvarða hámarks geymsluþol og fylgjast með breytingum, svo sem skemmdareinkennum með geymslutíma, er notað skynmat á soðnum sýnum. Á Rf sem og víða annars staðar hefur verið stuðst við Torry einkunnastiga sem þróaður var á Torry-stofnuninni í Aberdeen í Skotlandi. Einnig hefur verið notuð heildargreining á matvælum eftir svonefndri QDA (Quantitative Descriptive Analysis) aðferð (Stone og Sidel, 1985) í skynmatsrannsóknum, m.a. í geymsluþolsrannsóknum. Þetta er mjög hentug aðferð og með notkun hennar má fá gagnlegar og nákvæmar upplýsingar um alla þætti afurðar. Þegar QDA aðferðin er notuð, er öllum einkennum afurðar lýst, svo sem útliti, lykt, bragði og áferð.

Áhrif frystingar og þíðingar á áferð

Áferð er einn af mikilvægari gæðapáttum fisks. Í markaðskönnun (Koteng, 1992) hefur komið fram að um 75% kaupenda á laxi (reykhús, matvöruverslanir ofl.) meta áferð sem einn mikilvægasta gæðapáttinn. Frysting og frystigeymsla hafa áhrif á áferð. Í rannsóknum sem gerðar voru á Rf (Martinsdóttir and Magnússon, 2001) kom í ljós að í skynmati dæmdist þíddur fiskur seigari og þurrari eftir 2 mánaða geymslu og mun seigari og þurrari eftir 12 mánaða geymslu borið saman við fisk sem var ófrystur. Connell og Howgate (1968) sýndu fram á að frystingin sjálf og þíðing strax á eftir hafði veruleg áhrif á áferð sem dæmd var að þjálfuðum skynmatshópi.

Áferð matvæla er skilgreind sem skynrænn eiginleiki sem fólk getur metið eða mælt með snerti- og hreyfiskyni. Áferð samanstendur hins vegar af mörgum þáttum, svo sem hörku, fjöðrun, samloðun, meyrni og safa. Það getur verið ákjósanlegt að nota tæki til að mæla áferð, þar sem það er yfirleitt ódýrara en að nota skynmatshóp, auk þess að með mælitækjum má fá hlutlæga mælingu, þar sem auðveldara er að stýra aðstæðum og mælingar með tækjum er auðveldara að endurtaka á sama hátt af öðrum. Í báðum tilvikum þurfa þó skilgreiningar á áferðapáttum að vera skýrar.

Bæði eðliseiginleikar og utanaðkomandi þættir geta haft áhrif á áferð matvæla (Sigurgísladóttir o.fl. 1997) og það er því mikilvægt að nota vel skilgreindar og stýrðar aðferðir við að mæla eða meta áferð.

Áferðamælitæki njóta vaxandi vinsælda, m.a. TA.XT2 áferðamælir frá Stable Micro Systems, sem talinn er vera auðveldur í notkun og gagnlegur í daglegu gæðaeftirliti með ýmsum matvælum. Þessi áferðamælir býður uppá ýmsar aðferðir til að mæla áferð, og með því að nota TPA aðferð (Texture Profile Analysis) má reikna út nokkra áferðaeiginleika út frá mælingu, svo sem fjöðrun, hörku, brotnun, samloðun og límni (springiness, hardness, fracturability, cohesiveness and adhesiveness). TPA mæling með tæki gæti komið í stað áferðamælinga með skynmatshóp. Til þess að túlka þær þurfa að liggja fyrir upplýsingar um fylgni á milli áferðamælingar með tækinu og áferðamats skynmatshóps, því það er mat skynmatshópsins sem notað er til að túlka neyslugæði og þar með viðbrögð neytanda.

Algengast er að mæla áferð í tæki með því að skera í sýni, þrýsta kúlu niður í sýnið eða pressa. Á Rf hefur samþjöppun með álplötu verið nokkuð notuð. Sveinsdóttir o.fl. 2002 mældu hrá laxaflök með samþjöppunaraðferð í áferðamæli (TA.XT2) með TPA mælingu og fylgni fékkst við skynmat á heilum laxi þar sem fjöðrun var metin með því að þrýsta fingri á hryggvöðva. Tryggvadóttir og Ólafsdóttir (2000) mældu áferð

ýsuflaka með sömu aðferð og niðurstöður sýndu að áferðamæling geta gefið vísbendingar um gæðabreytingar við geymslu í ís. Reid og Durance (1992) fengu fylgni milli áferðamælinga með því að pressa niðursoðin laxasýni í TPA mælingu og áferðamats með skynmati.

Áferðamælingar með tækjum og með skynmati munu sýna fram á hugsanlegar breytingar á áferð vegna roðkælingar.

Áhrif frystingar og þíðingar á smásæja byggingu (microstructure) fiskvöðva

Frysting er algeng aðferð við geymslu matvæla, en hún getur haft áhrif á gæðin. Fiskvöðvi sem hefur verið frystur hefur minni gæði en ferskur (Mackie, 1993). Lýsir það sér í aukinni stífni vöðvans og minni safa. Bygging fersks vöðva breytist við frystingu og geymslu í frysti á þann hátt að vöðvafrumur dragast saman og vökvi lekur við það úr frumunni í millifrumurýmið (Bello o.fl., 1981; Hurling og McArthur, 1996). Sýnt hefur verið fram á að við frystingu fiskvöðva myndast ískristallar innan í vöðvafrumum og á milli þeirra. Frystihraði skiptir miklu varðandi kristallamyndun. Staðsetning og stærð ískristallanna fer þá að miklu leyti eftir aðstæðum við frystingu (Howgate, 1979). Við hæga frystingu geta ískristallarnir orðið það stórir að þeir valda skemmdum á frumunum (Bello o.fl. 1981; Chen og Pan, 1997; Hurling og McArthur, 1996; Jarneback og Liljemark, 1975a, 1975b; Nilson, 1994). Við hraða frystingu nær frumuvökvinn ekki að streyma út úr frumunum heldur frýs þar. Þetta leiðir af sér myndun margra smárra ískristalla utan jafnt sem innan frumna, lágmarksbreytingar verða á áferð (Sigurjón Arason og Guðmundur Stefánsson 1999; Belitz og Grosch, 1999). Auk þess afmyndast prótein við frystingu, sérstaklega myosín, og eykur það stífni vöðvans og minnkar vatnsheldnina (Gill o.fl., 1979; Howgate, 1979; Jarneback og Liljemark, 1975a, 1975b; Mackie, 1993). Tvær megin ástæður fyrir tapi á vatnsbindieiginleikum hafa verið taldar til: i) endurískristallamyndun og ii) afmyndun próteina á meðan á frystingu og geymslu stendur. Samkvæmt Howgate (1979) og Mackie (1993) veldur frystingin sjálf litlum skemmdum á þorski ef hann er þíddur strax eftir frystingu eða geymdur við bestu aðstæður. Þá draga þræðirnir aftur í sig mest af því vatni sem fór í ískristallana og vöðvaþræðirnir endurheimta nær alveg sitt upprunalega form. Ískristallar skilja þó ávallt eftir sig nokkur ummerki, þ.e.a.s. aukið bil á milli vöðvafruma. Bilið er síðan mismikið eftir hraða frystingar og þíðingar, og geymsluskilyrðum og tíma í frystigeymslu (Bello o.fl., 1982; Chen og Pan, 1995, 1997; Grujic o.fl., 1993). Frystihraði skiptir miklu varðandi kristallamyndun. Við hæga frystingu (frystihraði minni en 0,3 cm/klst) myndast stórir ískristallar í utanfrumuvökva, vökvi dregst út úr frumunum sjálfum og blandast vökva sem staðsettur er á milli frumna og frýs. Myndun stórra ískristalla þrýstir vöðvafrumunum í sundur en við það afmyndast prótein og áferðabreytinga og bragðbreytinga verður vart eftir þíðnun auk þess sem drip eykst verulega. Með vatnsbindieiginleikum vöðva (vatnsheldni, WHC) er átt við eiginleika vöðvapróteina til að halda í náttúrulegt vatn og viðhalda þannig áferðar-, efnis- og eðliseiginleikum vöðvans á meðan á vinnslu stendur. Einnig hefur hugtakið verið notað yfir þann eiginleika vöðva að taka upp og halda í viðbætt vatn (Brown, 1986). Í rannsóknum Rf hefur vatnsheldni verið metin út frá aðferð Akse o. fl. (1993) og Ofstad o.fl. (1996) með lítilsháttar breytingum. Drip hefur verið notað sem nokkurs konar mælieining á því vökvamagni sem lekur úr vöðvanum við breyttar aðstæður svo sem geymslu eða vinnslu. Frysting og frystigeymsla getur haft veruleg áhrif á vatnsbindieiginleika vöðvapróteina. Sýnt hefur verið fram á að lengd frystigeymslu hefur í mörgum tilfellum áhrif til aukningar á dripi(þíðuvökva) við þíðnun.

Myndgreining hefur verið notuð til að meta áhrif frystingar og þíðingar á smásæja byggingu (örbyggingu, microstructure) fiskvöðva. Hjá Matra hefur myndgreining

verið notuð til að rannsaka heilfrystan og ferskan Atlantshafslax sem hráefni til reykingar (Sigurgísladóttir o.fl., 2000). Þar kom í ljós að frysting hafði áhrif á smásæja byggingu reyktra laxaflaka á þann hátt að vöðvafrumur minnkuðu og bil milli frumna jókst. Skýrði það minni vatnsheldni reyktra flaka sem framleidd voru úr frystum fiski.

Ekki er vitað hvaða áhrif roðkæling hefur á byggingu og vatnsheldni fiskvöðvans en um 2 mm af fiskholdinu frjósa undir roði á flakinu þar sem hitastigið fer niður í ca - 1°C.

Hönnun matvælavinnslubúnaðar og áhrif á heilnæmi matvæla

Á síðustu árum hafa kröfur til tækjaframleiðenda um hreinsanleika og þrif stóraukist vegna lagalegrar ábyrgðar hvers aðila í matvælakeðjunni að skila frá sér "hreinni heilnæmri vöru". Fyrir tækjaframleiðendur þýðir þetta að hanna og smíða vinnslubúnað sem hægt er að þrifa og að fyrirbyggja að örverur nái að festa sig á þeim (hygienic design) og að vélunum fylgi leiðbeiningar og jafnvel kennsla/ráðgjöf um þrif sem hægt er að sýna fram á að skili tilætluðum árangri.

Hönnun á búnaði til matvælavinnslu er frábrugðin hönnun á búnaði til annars iðnaðar að því leyti að taka þarf í ríkari mæli tillit til hreinlætis til jafns við atriði sem varða hráefnisstreymi, varmaflutning, vél-, raf- og öryggistækni til að niðurstaðan verði góð og lausnin heilsteyp. Oft rekast úrlausnir þessara þátta á og verður þá að finna málamiðlun. Með hönnun búnaðar með tilliti til hreinlætis er átt við að auðvelt sé að þrifa hann og að hætta á örverumengun afurða í vinnslu sé í lágmarki. Talið er að ef vinnslubúnaður sé hannaður með hreinlæti í huga mun baráttan við festingu örvera á yfirborð vera mun auðveldari (Holah og Timberly, 1999; Ganesh Kumar og Anand, 1998). Það mun síðan leiða til framleiðslu á heilnæmari matvælum.

Það er almennt talið að mengun matvæla af völdum örvera eigi sér 3 meginupptök: frá snertiflötum og vinnsluumhverfi, frá mönnum og dýrum og með lofti.

Vinnsluumhverfið er líklega mikilvægasta mengunarleiðin, bæði beint frá snertiflötum og óbeint frá t.d. niðurföllum, gólfi eða hlutum vinnslubúnaðar sem koma ekki í beina snertingu við matvælin. Árangur þrifa og þar með hönnun á tækjabúnaði getur haft mikil og alvarleg áhrif fyrir fyrirtæki í matvælavinnslu. Ef tæki er illa hannað getur tekið óhemjulangan tíma að þrifa það að notkun lokinni. Það getur einnig þýtt að stoppa verði vinnslu með reglulegu millibili til að þrifa tækið og þannig haft áhrif á framleiðnina og afkomu fyrirtækisins.

Ef þrif eru ekki árangursrík þá leiðir það til þess að leifar af framleiðslu sitja eftir á tækjum og örverur geta fest við yfirborð og myndað s.k. biofilmur.

Mörg vandamál sem lúta að vinnslubúnaði er hægt að fyrirbyggja ef farið er eftir grunnkröfum varðandi hönnun og rétt efni valið (Birgir Guðlaugsson og Birna Guðbjörnsdóttir, 1997; Wirtanen o.fl., 2000).

Nákvæm spálíkön fyrir geymslupól fiskflaka

Tilraunirnar sem hér er lýst voru gerðar í samvinnu við Rannís verkefnið "Nákvæm geymsluspálíkön", en markmið þess verkefnis er að skoða áhrif hitasveiflna á vöxt skemmdarörvera og myndun niðurbrotsefna sem valda skemmd í kældum flökum. Niðurstöðurnar verða notaðar við gerð geymslupólsspálíkana, en sérstök áhersla er lögð á að athuga notkunarmöguleika slíkra líkana fyrir fisk sem hefur orðið fyrir hitasveiflum í framleiðsluferlinu. Upplýsingar um niðurbrotsefni eða skemmdarvísa, nýtast til að þróa frekar rafnefið FreshSense, sem hefur verið notað undanfarin ár í rannsóknum á Rf með góðum árangri sem fljótvirkt mælitæki til að meta skemmd í fiski (Guðrún Ólafsdóttir o.fl., 1997, 2000d, 2002). Í Rannís verkefninu um spálíkön

hafa verið gerðar örveruvaxtartilraunir til að afla þekkingar um samspil sérhæfðra skemmdarörvera (SSÖ) við mismunandi hitastig og mæld þau niðurbrotsefni sem myndast við viðkomandi aðstæður. Hefðbundnar aðferðir sem notaðar eru til að mæla örveruvöxt eru seinvirkar og áhugi er á því að geta mælt fjölda SSÖ og niðurbrotsefni á fljótvirkan hátt. Í spálíkanaverkefninu hafa verið gerðar geymslutilraunir með fyrirtækinu Tros á ýsuflökum þökkuðum í 5 kg frauðplastkassa sem geymdir voru við mismunandi stöðugt hitastig (0, 7 og 15°C). Ætlunin er að nota þessi gögn til að gera nákvæm spálíkön fyrir geymsluþol fiskflaka þar sem tekið er tillit til hitasveifla sem geta orðið í vinnslu og flutningsferli. Gögn sem fást úr þeim tilraunum sem hér er lýst nýtast til að skoða frekar áhrif hitasveiflna í vinnsluferlinu og við geymslu. Sérstaklega er áhugavert að samtengja þessi verkefni þar sem gögnum er einnig safnað um áhrif undirkælingar (roðkælingar), en spálíkönin voru upphaflega einungis með gögn um hækkað hitastig á vinnsluferlinum. Jafnframt er hægt að nýta þessi gögn til að sannreyna módelið.

Í Rannís spálíkanaverkefninu var kortlagður dæmigerður hitastigsferill hráefnis frá veiðum og í framleiðsluferli fyrir ferskan fisk. Hitasveiflur sem urðu á ferlinum voru helst við flökun, roðflettingu og snyrtingu, þar sem hitinn fór upp í allt að 8°C, en einungis í stuttan tíma. Einnig var hækking á hitastigi í flutningum við lestun og aflestun, en hráefnið var að jafnaði snöggkælt aftur og var mestallan tímann 0 - 4°C (Guðrún Ólafsdóttir, Jóhann Örlygsson, Hélène L. Lauzon, 2000b). Fyrir framleiðendur eru upplýsingar um hitaferil í vinnslu og við flutninga undirstaða þess að geta nýtt sér niðurstöður geymsluþolsrannsókna til að meta ástand vörunnar.

Markmið rannsóknaverkefnisins er að auka þekkingu á áhrifum vægrar frystingar á eðlis- og efnafræðilega þætti fiskholdsins. Markmiðið er einnig að bera saman afurðir unnar með hinni nýju vinnslutækni við hefðbundnar afurðir bæði með tilliti til nýtingar og gæða og fylgja eftir hönnun vinnslulínu með tilliti til hreinlætis. Markmiðinu verður náð með því að

- rannsaka með skynmati, áferðarmælingum og myndgreiningu hvort "roðkæld" fersk flök eru ólík flökum sem aldrei hafa frosið
- bera saman gæði og nýtingu hefðbundinna ferskra flaka við fersk "roðkæld" flök með tilliti til geymsluþols með örverutalningum, skynmati og áferðarmælingum
- bera saman gæði og nýtingu hefðbundinna frystra flaka við "roðkæld flök " með tilliti til geymsluþols eftir þíðingu með örverutalningum, skynmati, áferðar- og vatnsheldnimælingum
- rannsaka áhrif hráefnismeðferðar, geymslutíma fyrir vinnslu og árstíma. Við val á árstíma verður stuðst við þekkingu á ætis-og hrygningarástandi viðkomandi tegundar
- fylgja eftir hönnun nýs vinnslubúnaðar með tilliti til þrifa og hugsanlegs örveruvaxtar með skoðun á efnisvali við uppsetningu vinnslulínu

2. FORTILRAUNIR

2.1. Lýsing á vinnslu Tanga

Hráefnisöflun

Tangi hf á einn togara, Bretting NS 50, sem kemur með um 30 tonn af þorski einu sinni í viku. Hann má hefja veiðar á föstudögum og kemur inn á mánudagsmorgnum. Þannig getur hráefnið á mánudögum verið 1-3 daga gamalt. Þessi 30 tonn duga í fjóra daga eða fram á fimmtudag. Einar Víglundsson, sem er framleiðslustjóri í frystihúsinu, segist vonast til þess að afköstin eigi eftir að aukast með þessari nýju vinnslulínu þannig að hráefni togarans verði búið á miðvikudegi. Tangi hf hefur einungis verið að vinna úr þorski hingað til en þeir eru eitthvað að þreifa fyrir sér með ýsu. Það hráefni sem uppá vantar hefur verið keypt á fiskmörkuðum.

Frágangur og gæði hráfnisins hafa verið mjög góð af Brettingi að sögn Einars. Brettingur ísar aflann í 400 lítra kör. Það er í athugun hvort einhverra breytinga sé þörf um borð t.d. forkæling áður en fiskur fer niður í lest og reyna að draga úr falli.

Vinnsluferlið

Landað úr Brettingi beint inn í móttöku frystihúsins og þar er fiskurinn geymdur fyrir notkun. Vanalega er byrjað að vinna elsta fiskinn fyrst. Kerin eru sett í karalyftu sem skammtar inn á hausarann. Eftir flökun fara flökin inn á forsnyrtiband og þar eru utanáliggjandi bein, himnur og ormar fjarlægðir. Sjálft færibandid er snyrtiborð og ljós er undir hverju stæði (mynd 1).



Mynd 1. Forsnyrtiband, himnur, bein og utanáliggjandi bein fjarlægð.

Flökin fara af forsnyrtifæribandinu á vog (mynd 2) sem vigtar í ker með ískrapa með hlutfallinu 1:1 (fiskur:krapa), saltstyrkur er 1,2%.



Mynd 2. Endinn á forsnyrtibandi, vogin er þar sem flakið er. Voginn vigtar 5-6 flök í hverjum skammti og hellir flökunum í keríð.

Eftir um 1 klst geymslu eru flökunum raðað í roðfrystinn. Það tekur um 20 mín að raða 200 kg af flökum í frystinn, 600 kg af flökum á klst. Frystitíminn er breytilegur eftir stærð flakanna en yfirleitt í kringum 7 mín $\pm$ 30 sek. Hitastigið í flökunum er breytilegt eftir því hvar í flakið er stungið og stærð þeirra. Sporðurinn er mun kaldari og er oft frost uppá -5°C en í hnakka $-1,5^{\circ}\text{C}$ og er mjög breytilegt. Flökunum er raðað í roðflettivélina og þau fara síðan beint inn á snyrtilínuna. Á snyrtilínunni eru flökin beinhreinsuð og hnakkinn skorinn frá á áskjósanlegum flökum fyrir flugfiskinn. Þau flök sem fara ekki fersk eru sett í 5 lbs pakkningar eða blokk.

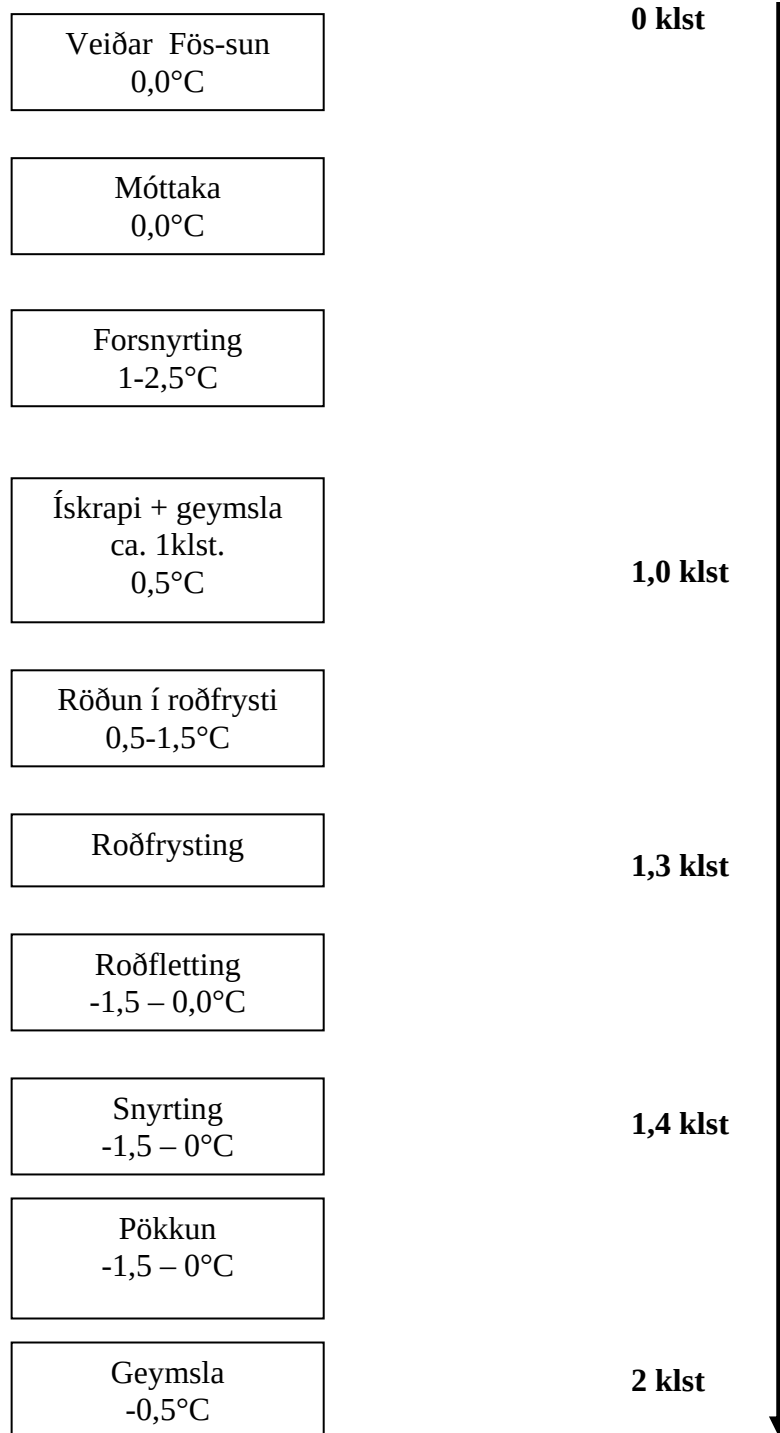


Hér pakkar starfsmaður ferskum hnökkum.

Hér er starfsmaður að pakka 5 lbs. Hann sker bitana í æskilega stærð, vigtar og pakkar.

Mynd 3. Pökkunarlína fyrir ferska hnakka og 5 lbs.

Tímaás fyrir vinnsluflæðið



2.2. Samantekt nýtingarmælinga og framlegðarútreikninga

2.2.1. Ýsa

Gerður var samanburður á Baader roðflettivél og „roðkæli“. Þegar talað er um roðkæli þá er átt við lausfrystinn og roðflettivélina frá Skaganum. Upphafspýngdin voru flök sem komu úr ískrapa. Tekin voru 30 flök af handahófi og var meðal-upphafspýngd þeirra sem fóru í Baader-vélina 0,298 kg en 0,332 kg í roðkælinn. Aðrar mælingar má sjá í töflu 1.

Tafla 1. Niðurstöður tilraunar með ýsu.

	Baader roðdráttur		Í gegnum roðkæli	
	Þyngd (kg)	Hitastig °C	Þyngd (kg)	Hitastig °C
Úr ískrapa	8,95	0,5	9,95	0,5
Eftir roðkælingu	-	-	9,84	-1,0
Eftir roðdrátt	8,26	2,5	8,97	-1,0
Eftir snyrtingu	7,98	5 til 6	0	-1,0

Flökin sem fóru í roðkælinn rýrnuðu um 1,11% við kælinguna samanborið við 1,33% í þorskinum (tafla 2). Roðið reyndist vera heldur meira í roðkælinum, líklega vegna þess að roðflettivélina frá Skaganum tekur örlítið af holdinu við sporðinn. En það kemur ekki að sök í heildarnýtingunni þar sem hlutfall afurðar/upphafspýngdar er tæpu 1% meiri í roðkælinum.

Tafla 2. Samanburður á nýtingu ýsu í Baader roðflettivél og „roðkæli“

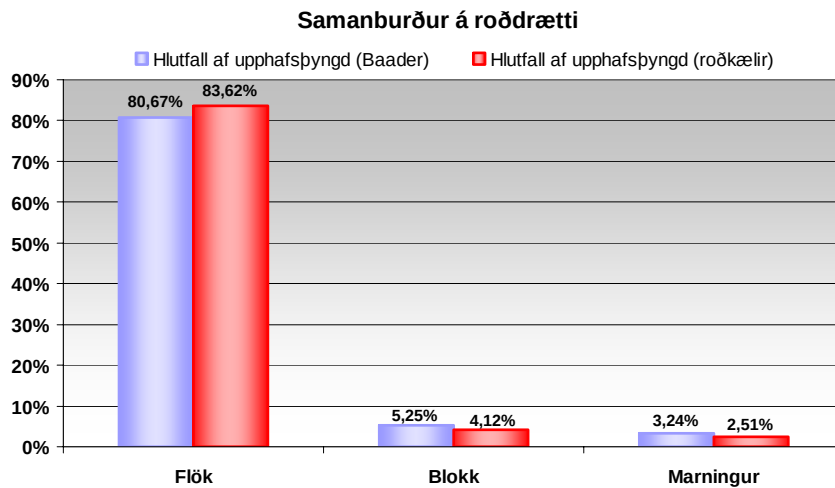
Ýsa	Baader	Roðkælir	Mismunur
Rýrnun við kælingu	-	-1,1%	-
Roð	7,7%	9,7%	2,04%
Drip við snyrtingu	3,4%	0,0%	-3,39%
Hlutfall afurðar/upphafsp.	89,2%	90,3%	1,09%

Ýsan er ekki skorin í bita heldur fara flökin roð- og beinlaus í frauðplastkassa. Í töflu 3 má sjá hvernig hlutföllin skiptast milli afurðaflokka miðað við snyrt flök. Ekki er gerður greinarmunur á bita- og þunnildablokk.

Tafla 3. Ýsa, hlutföll af snyrtum flökum.

Ýsa	Hlutfall af upphafspýngd (Baader)	Hlutfall af upphafspýngd (roðkælir)
Flök	80,67%	83,62%
Blokk	5,25%	4,12%
Marningur	3,24%	2,51%

Á mynd 4 sést að nýting ýsuflaka sem fara í gegnum roðkæli nýtast um 3% betur en í hefðbundnu ferli (Baader). Enda sést að það fer meira hlutfall í blokk og marning þegar Baadervélin er notuð.



Mynd 4. Samanburður á roðrætti á ýsu.

Það hefði verið mjög athyglisvert að skoða hvernig þessi samanburður hefði komið út ef um bita og 5 lbs hefði verið að ræða. Ef það hefði verið skoðað er líklegt að það hefði farið heldur meira í blokkarafurðir í Baadervélinni.

2.2.2. Þorskur

Gerðar voru tvenns konar mælingar á þorski þ.e. nýtingartilraun þar sem bornar voru saman vinnslulínur og samanburður á roðdráttarvél frá Skaganum hf. og Baader-roðflettivél.

Samanburður á roðrætti

- Vigta flök upp úr ískrapa og hafa það sem upphafsvigt.
- Vigta eftir roðfrysti (roðkæli) og mæla hitastig.
- Vigta eftir roðdrátt og mæla hitastig.
- Vigta eftir snyrtingu og mæla hitastig.
 - o Vigta bita, 5 lbs og blokk sér, til þess að fá hlutfallið.

Gerð var samskonar mæling fyrir hefðbundinn roðdrátt en þar er ekki farið í gegnum roðkæli heldur beint í roðdrátt í Baadervél.

Nýtingartilraun

- Slægt hráefni vigtað
- Búkur vigtaður
- Flök úr roðflettivél vigtuð
- Flök eftir forsnyrtingu vigtuð
- Vigtað eftir ískrapa

- Vigtað eftir roðkælingu
- Vigtað eftir roðdrátt
- Vigtað eftir snyrtingu, bitar, 5 lbs, blokk og marningur vegin sérstaklega.

Niðurstöður úr samanburði á roðdrætti

Tafla 4. Niðurstöður samanburðartilraunar með þorsk.

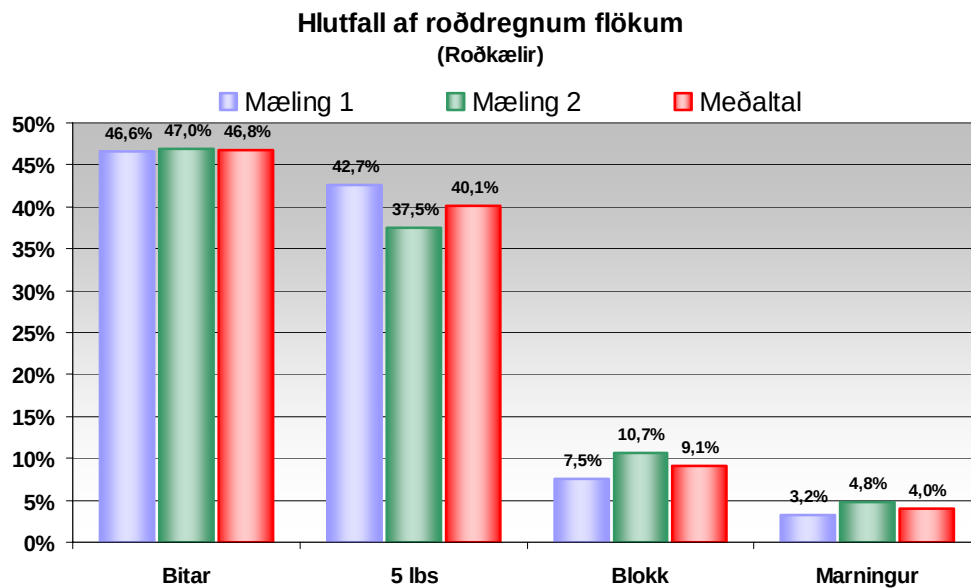
	Baader roðdráttur		Í gegnum roðkæli	
	Þyngd (kg)	Hitastig °C	Þyngd (kg)	Hitastig °C
Úr ískrapa	19,84	1	16,6	0,5
Eftir roðkælingu			16,38	-1,0
Eftir roðdrátt	18,29	2,5	15,04	-1,0
Eftir snyrtingu	18,07	5 til 6	14,78	-1,0

Í töflu 5 er bita-, 5 lbs-, blokkar- og marningshlutfall sýnt og er miðað við flök eftir ískrapa. Þar sést að hlutfall bita er það sama en rúmum 2% meira í bita. Starfsmaðurinn sem snyrti sagði að það hefðu verið 4 flök sem ekki komust í bita vegna smæðar í roðkælingunni, því er heldur meira af 5 lbs þar. Var því prófað að taka 2 prufur í viðbót í gegnum roðkæli (mynd 5). Við samanburð á roðflettiaðferðum kemur í ljós að það fer heldur meira í marning og blokkarafurðir í Baader-roðflettivélinni. Baader-roðflettivélin skilar hærra hlutfalli í afurðir en roðflettivélin frá Skaganum og skýrist það að hluta til af þeirri rýrnun sem flökin verða fyrir við kælinguna (rýrnuðu um 1,33%). Jafnframt er óeðlilega lágt hlutfall marnings þessari mælingu samanborið við aðrar mælingar. Aðrar mælingar eru svipaðar og sjást í flökunum sem fóru í Baadervélina.

Tafla 5. Þorskur, hlutföll af upphafsþyngd þ.e. flök eftir ískrapa.

	Baader Hlutfall af upphafsþyngd	Roðkælir Hlutfall af upphafsþyngd	Baader Hlutfall af snyrtum flökum	Roðkælir Hlutfall af snyrtum flökum
Bitar	41,63%	41,63%	45,71%	46,75%
5 lbs	37,35%	39,58%	41,01%	44,45%
Blokk	8,92%	6,57%	9,80%	7,37%
Marningur	3,18%	1,27%	3,49%	1,42%
Samtals	91,08%	89,04%	100,00%	100,00%

Hér á mynd 5 eru viðbótarmælingar sem gerðar voru á flökum sem fóru í gegnum roðkælinn og eru þær í samræmi við fyrri mælingar fyrir utan hlutfall marnings eins og áður sagði.



Mynd 5. Hlutfall afurða af roðdregnum flökum í gegnum roðkæli.

Niðurstöður úr nýtingartilrauninni

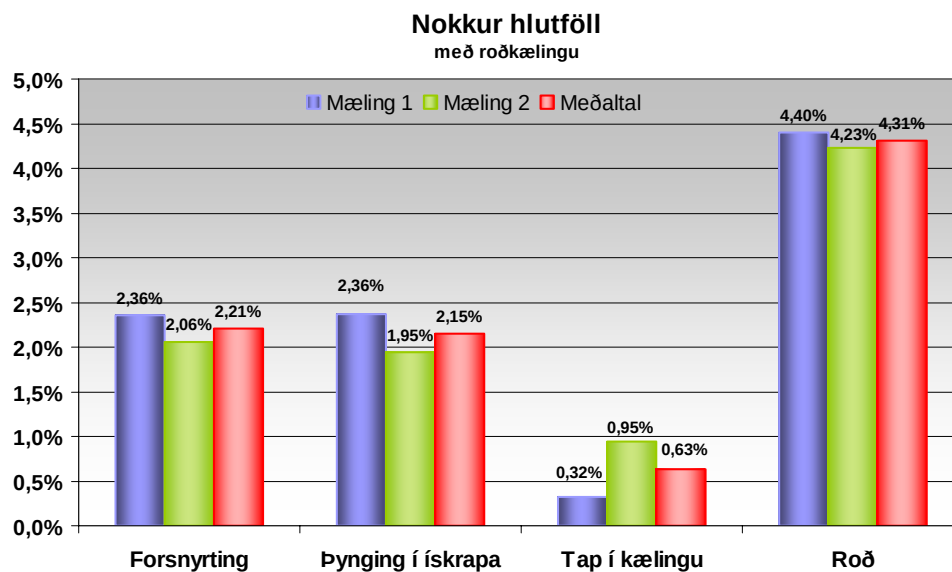
Tafla 6. Niðurstöður mælingar 1 í nýtingartilraun

Nýting á þorski með roðkælingu						
		Þyngd (kg)	Hlutfall			
20 flök	Hráefni slægt	18,65		Hitastig	0,8	°C
	Haus	6,24	33,46%			
	Búkur	12,41	66,54%	Hitastig	1,5	°C
	Flök	9,75	52,28%	Hitastig	3,5-2,5	°C
	Forsnyrt flök	9,31	49,92%	Hitastig	3,5-2,5	°C
	Flök e. ískrapa	9,53	51,10%	Hitastig	0,5	°C
	Flök e. kælingu	9,47	50,78%			
	Flök e. roðdrátt	8,65	46,38%	Hitastig	-1,0	°C
	Flök f. snyrtingu	8,65	46,38%	Hitastig	-1,0	°C
	Flök - marningur	8,22	44,08%			
Bitar		4,18	22,41%			
5lbs		3,06	16,41%			
Blokk		0,98	5,25%			
Marningur		0,43	2,31%			

Tafla 7. Niðurstöður mælingar 2 í nýtingartilraun

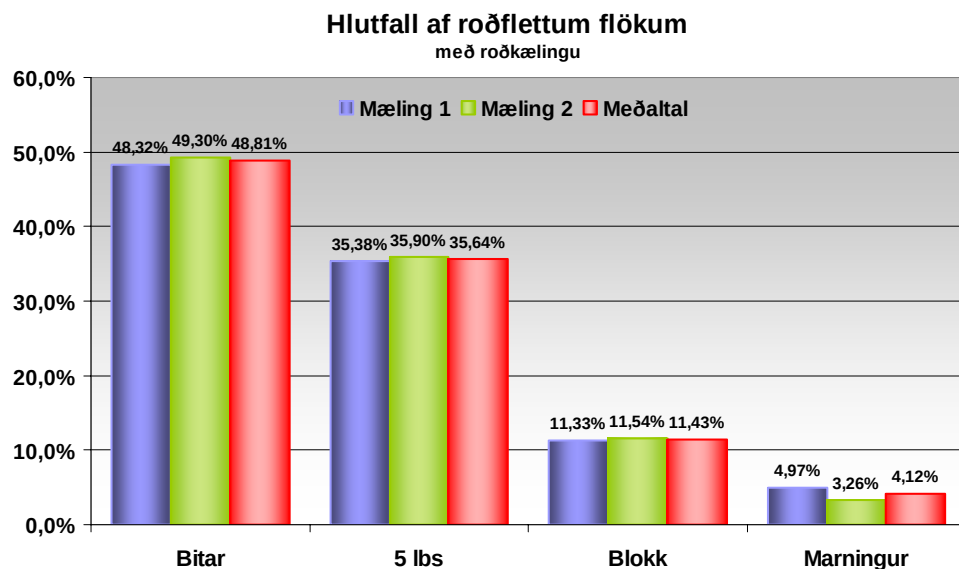
Nýting á þorski með roðkælingu					
		Þyngd (kg)	Hlutfall		
20 flök	Hráefni slægt	17,98		Hitastig	0,8 °C
	Haus	5,87	32,65%		
	Búkur	12,11	67,35%	Hitastig	1,5 °C
	Flök	9,53	53,00%	Hitastig	3,5-2,5 °C
	Forsnyrt flök	9,16	50,95%	Hitastig	3,5-2,5 °C
	Flök e. ískrapa	9,51	52,89%	Hitastig	0,5 °C
	Flök e. kælingu	9,34	51,95%		
	Flök e. roðdrátt	8,58	47,72%	Hitastig	-1,0 °C
	Flök f. snyrtingu	8,58	47,72%	Hitastig	-1,0 °C
	Flök - marningur	8,3	46,16%		
	Bitar	4,23	23,53%		
	5lbs	3,08	17,13%		
	Blokk	0,99	5,51%		
	Marningur	0,28	1,56%		

Í forsnyrtingunni eru ormar og utanálíggjandi bein hreinsuð í burtu sem og gerð smávægileg útlitssnyrting. Við fyrri snyrtingu (forsnyrtingu) falla frá 2,2% að meðaltali. Eftir forsnyrtingu fara flökin í ískrapa í u.þ.b. 45 mín og þyngjast um 2,15%. Ískrapinn er lítilllega saltur (1,2%) og er hitastigið í kringum -1,5°C. Reynt er að hafa flökin -0,5°C þegar þau koma upp úr ískrapanum. Í roðkælinum léttast flökin og er aðalástæðan að þau þorna við blásturinn eða 0,63%. Hlutfall roðs er 4,3% í roðflettivélinni frá Skaganum.



Mynd 6. Þorskur, þynging í ískrapa, tap við kælingu og hlutfall roðs.

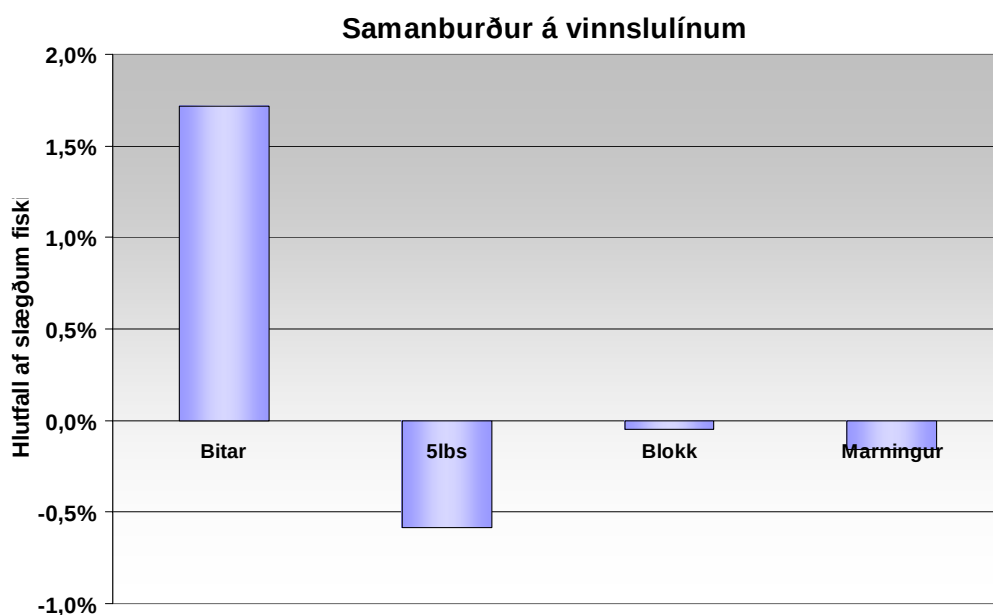
Hlutfallslega afurðaskiptingu má sjá á mynd 7. og er hlutfall bita herra samanborið við aðrar mælingar. Hluti 5lbs er miklu minni í þessari mælingu en hlutfall blokkar og marnings er herra en í sambærilegum mælingum.



Mynd 7. Hlutföll afurðaflokka af roðflettum flökum með roðkælingu.

2.2.3. Samanburður á vinnslulínum

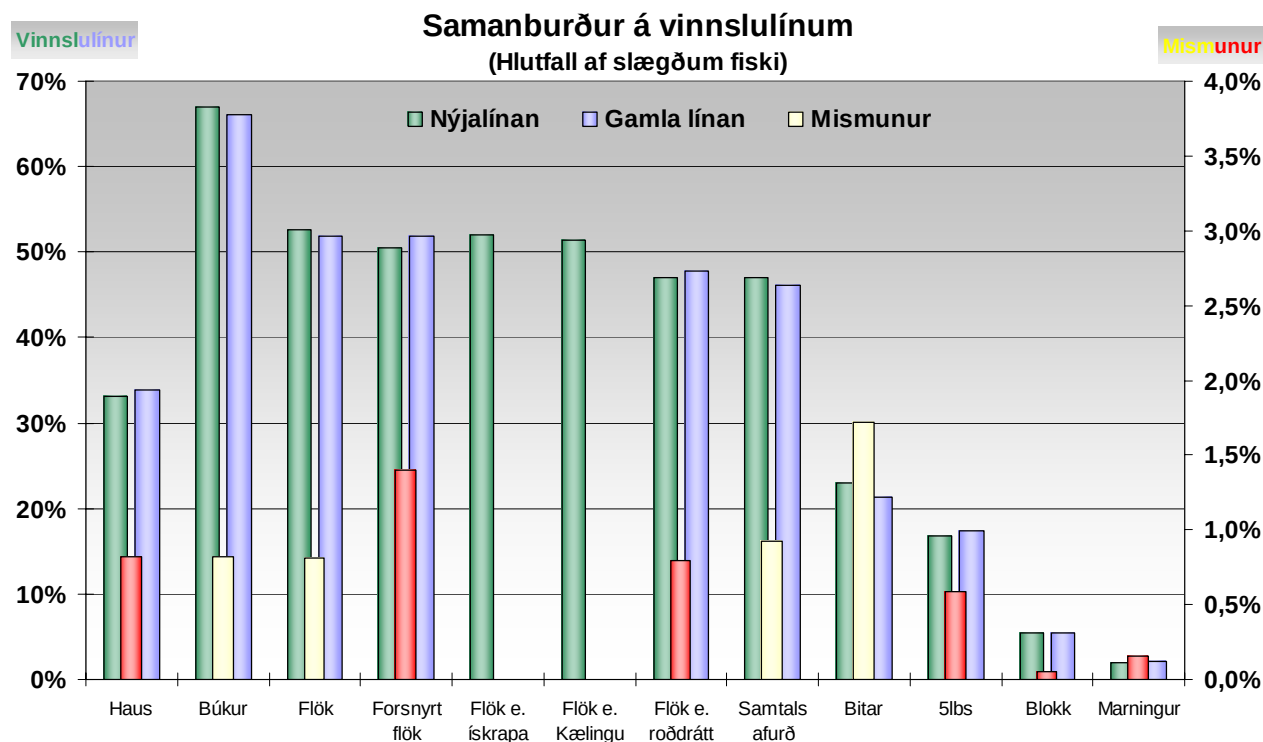
Gerður var beinn samanburður á nýtingu hefðbundinnar vinnslulínu (gamla línan) og nýju línunni frá Skaganum. Hér eftir verður talað um nýju og gömlu línuna. Þess má geta að samanburðurinn var ekki gerður sama dag en hráefnið var af sama skipi og jafngamalt eða 3 daga þorskur sem veiddur var í botnvörpu á sama veiðisvæði (Berufjarðarál). Fyrri mælingin var gerð þann 8. október 2003 og sú seinni 20. október sama ár.



Mynd 8. Samanburður á vinnslulínum, mismunur á hlutföllum afurðaflokka.

Hér er verið að bera saman afurðaflokka sem hlutföll af slægðu hráefni og ekki er gerður greinarmunur á „þunnilda-“ og „bitablokk“. Það fer um 1,72% meira af slægðum þorski í bita úr nýju línunni samanborið við gömlu línuna (mynd 8). Á móti

minnkar hlutfall ódýrari afurða, 5 lbs, blokkar og marnings um sama hlutfall. Blokkarafurðir eru mjög svipaðar í báðum vinnslulínunum og er marningur aðeins minni í nýju línunni og bendir það til þess að starfsmönnum gangi að minnsta kosti jafnvel að skera beinagarðinn úr í kældu flökunum. Samkvæmt samtali við starfsmenn á snyrtilínunum voru þeir en að venjast þessari nýju vinnsluaðferð.



Mynd 9. Samanburður á nýtingu millia vinnslulína.

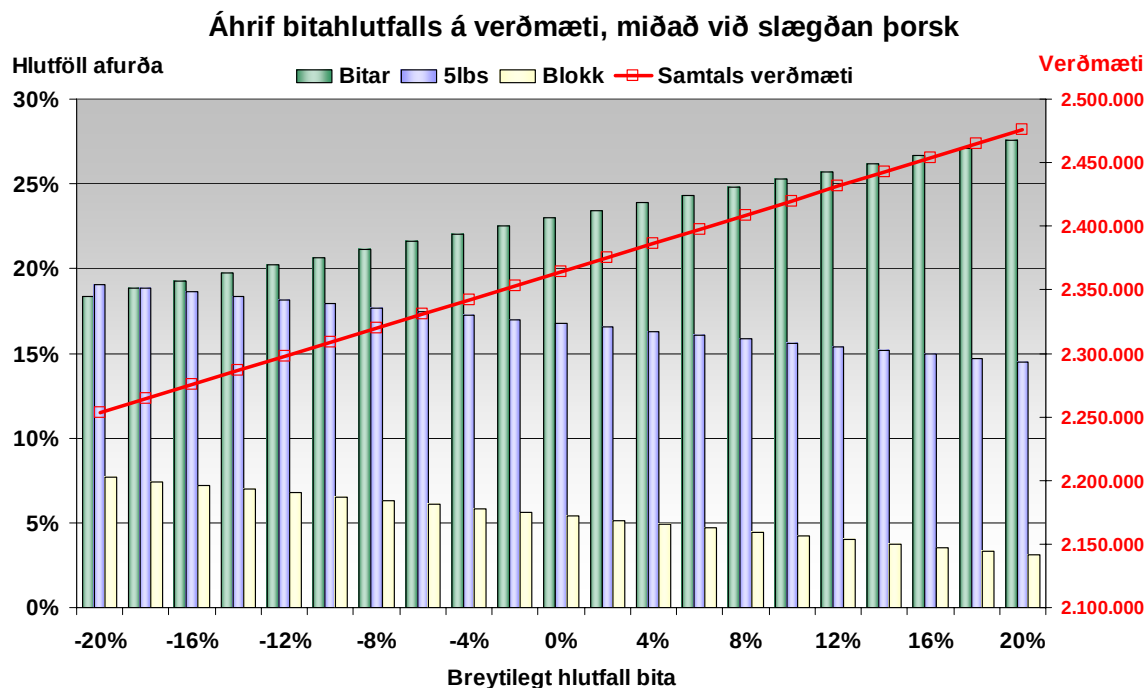
Rauðar súlur merkja það að hærra hlutfall fáiast í gömlu línunni en gular í roðkælinunni (nýju línunni). Á mynd 9. sést að hlutfall hausa hefur verið hærra í þorskinum sem tekinn var í þrófuna fyrir gömlu línuna og þar af leiðandi búkurinn stærri í nýju línunni. Í gömlu línunni voru flökin ekki forsnyrt og því er hlutfall flakanna í gömlu-línu meira. Forsnyrting flakanna í nýju-línunni nam 2,2% og í því fellst munurinn. Flök nýju línunnar bæta við sig vatni í ískrapanum (1,6%) en tapa vatni í roðkælinum (0,6%). Það er athyglivert að hlutfall roðflettra flaka er hærra í gömlu línunni en hlutfall afurða er hærra í nýju línunni. Þessa rýrnun má rekja til drips þ.e. flökin hafa losað sig við vatn á meðan snyrtingu stóð. Hugsanleg skýring á dripinu er að það hafi verið meira af vatni utan á roðflettu flökunum sem fóru í gegnum Baader roðflettivélina. Eins og áður segir fer hærra hlutfall í bita í nýju línunni og minna í aðra afurðaflokka.

Hér verður gerð forkönnun á áhrifum breytilegs hlutfalls afurðaflokka á heildarverðmæti afurða. Útreikningar miðast við 10 tonn af þorski. Stuðst er við viðmiðunarverð sem eru í töflu 8. Þar er ekki gerður greinarmunur á bita- og þunnildablokk eins og áður.

Tafla 8. Viðmiðunarverð afurða.

	Verð kr/kg
Bitar	650
5lbs	485
Blokk	250
Marningur	80

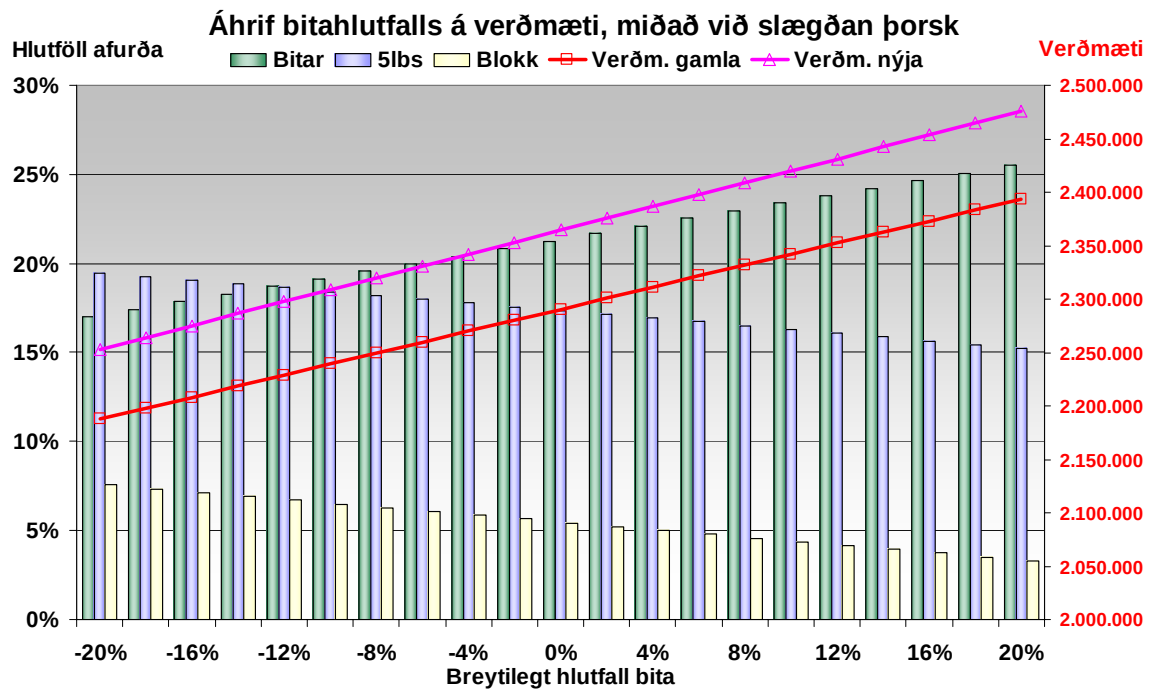
Gert er ráð fyrir því að heildarnýting afurða sé föst og ef bitar minnka/aukast um 1% þá skiptist það jafnt á milli 5lbs og blokkar. Hlutfall marnings (1,93%) er alltaf það sama því að beingarðurinn er alltaf jafn stór. Í núllpunktinum (0%) á mynd 10 er hlutfall afurða það sama og fékkst í vinnslulínunni frá Skaganum í samanburði á vinnslulínunum þ.e. bitar 22,97%, 5lbs 16,77%, blokk 5,38% og marningur 1,93%.



Mynd 10. Næmnigreining á bitahlutfalli á verðmæti afurða fyrir línuna frá Skaganum (nýja línan).

Ef hlutfall bita minnkar um 20% verður hlutfallið 18,38% af slægðum þorski og ef það eykst um sama hluta þá verður það 27,56% sem verður að teljast frekar ólíklegt miðað við núverandi vinnslulínu. Tekið skal fram að ný aðferð við beintöku er ekki komin í gagnid og er enn skorið á hefðbundinn hátt í gegnum flakið við beintöku og snyrtingu. Á mynd 10 má sjá hvernig verðmæti afurðanna eykst með auknu hlutfalli bita, mismunurinn á hæsta og lægsta gildi er um 220 þús. kr.

Miðað við sömu viðmiðunarverð má sjá hvernig næmnigreiningin kemur út fyrir gömlu línuna. Mynd 11. sýnir einnig verðmæti nýju vinnslulínunnar og þar sést að meiri verðmæti fást með nýju línunni eða rúm 70 þús.kr. Gera má ráð fyrir því að vinnslan afkasti þessum 10 tonnum á einum degi og því sé þessi munur daglega. Ekki verður tekin saman kostnaður vegna vinnslu línanna á þessu stigi þar sem ekki eru til nægilegar heimildir fyrir slíku mati.



Mynd 11. Næmnigreining á bitahlutfalli á verðmæti afurða fyrir gömlu vinnslulínuna.

2. HÖNNUN MEÐ TILLITI TIL HREINLÆTIS

2.1. Inngangur

Við hönnun á vinnslubúnaði fyrir matvælavinnslu er mikilvægt að hafa í huga hvernig og hvort sé hægt að þrifa hann á einfaldan og árangursríkan hátt. Hönnun á búnaði til matvælavinnslu er frábrugðin hönnun á búnaði til annars iðnaðar að því leyti að taka þarf í ríkari mæli tillit til hreinlætis til jafns við atriði sem varða hræfnisstreymi, varmaflutning, vél-, raf- og öryggistækni til að niðurstaðan verði góð og lausnin heilsteyp. Oft rekast úrlausnir þessara þátta á og verður þá að finna málamiðlun. Ef hún finnst ekki þá verður hreinlætið að ráða til að tryggja sem best heilnæmi og öryggi matvæla. Ófullkomin hönnun m.t.t. þrifa veldur lengri þrífátíma, meiri notkun á hreinsiefnum, nota þarf sterkari efni og jafnvel endurtekin þríf. Afleiðingin er aukinn kostnaður, lakari ending búnaðar, meiri vatnsnotkun og meira frárennsli. Tækin þurfa að vera þannig gerð að auðvelt sé að hafa eftirlit með mikilvægum stöðum þar sem örverur geta sest að og skapað hættu. Slíka staði eða skúmaskot þarf að hafa sem fæsta.

Þrífavæn hönnun hefur áhrif á 3 meginþætti sem skipta miklu máli fyrir matvælaframleiðendur:

1. **Gæði:** Góð þrífavæn hönnun heldur afurðum í góðu og beinu flæði í gegnum vinnslulínuna. Það kemur í veg fyrir að afurðin safnist saman á einum eða fleiri stöðum (t.d. safnkassar og flakakælar) þar sem afurðin gæti hitnað og örverurnar fjölgað sér. Þetta gæti síðan leitt til lélegra gæða þeirra afurða sem verið er að framleiða.
2. **Öryggi:** Góð þrífavæn hönnun kemur í veg fyrir mengun matvæla með efnum sem gætu skaðað heilsu neytenda. Slík mengun gæti verið af líffræðilegum (t.d. bakteríur, veirur), efnafræðilegum (t.d. hreinsiefni og smurolíur) og eðlisfræðilegum toga (t.d. gler- og málmflísar)
3. **Skilvirkni:** Góð þrífavæn hönnun minnkar þann tíma sem þarf til að þrifa vinnslubúnað. Þessi stytting á þrífátíma er mjög mikilvæg þegar horft er á líftíma búnaðarins. Það má segja að tæki sem eru hönnuð með hreinlæti í huga gætu hugsanlega verið dýrari í framleiðslu en ættu að leiða til minni þrifa- og viðhaldskostnaðar.

Markmiðið með þessum verkþætti var að meta hvort vinnslulína með roðkælingu sé þrífavæn þ.e. hvort hún sé hönnuð m.t.t. til hreinlætis þannig að auðvelt sé að þrifa hana.

- Örverufræðilegar úttektir voru framkvæmdar hjá Tanga hf á Vopnafirði 30. september og 1. desember 2003.
- Úttekt á hönnun á vinnslubúnaði með þar til gerðum gátlista gefnum út í Rf-skýrslu 19-03

2.2. Framkvæmd

Við matið voru annars vegar tekin örverusýni en einnig var gerð úttekt á þrifavænni hönnun á roðkælinum og með því að skoða almennt verklag/vinnubrögð sem viðhöfð eru hjá Skaganum við hönnun á tækjum. Örverusýni voru tekin eftir þrif og eftir að vinnslan hafði verið í gangi í 2-3 klst. Einnig voru tekin sýni af afurð á mismunandi stöðum í gegnum vinnslulínuna. Líftala var metin eftir 5 daga ræktun við 15°C og í sýnum teknum eftir þrif. Afurðir og umhverfissýni tekin eftir þrif voru einnig rannsökuð m.t.t kólígerla og saurkólígerla.

2.3. Aðferðir

2.3.1. Örverumælingar

Umhverfissýni/penslun

Hefðbundin Rf penslun var notuð við sýnatökuna og líftala ákvörðuð við 15°C. Þá var 50cm² ramma dýft í spritt og brenndur síðan til að dauðhreinsa (alltaf gert á milli sýna). Ramminn var lagður á þann flöt sem pensla átti. Dauðhreinsuðum pensli var dýft í D/E neutralizing broth (Difco) til að bleyta í honum. D/E neutralizing broth er notað til að eyða áhrifum sótthreinsiefna ef einhverjar leyfar eru eftir á yfirborðinu sem á að mæla. Penslinum var síðan rúllað eftir fletinum innan rammans 6-7 sinnum þversum og langsum. Penslinum var stungið ofan í dauðhreinsað glas og brotinn þannig að bómullarhnoðrinn færi ofan í glasið. 5 ml af þynningarvatni var bætt í. Síðan var sýninu pípetterað á skálar með Járnagar (Gram et al., 1987) og skálarnar ræktaðar við 15°C í 5 daga og þá lesið af.

Afurðasýni

Afurðasýni voru hökkuð eða tætt í blandara. 25g af sýninu voru vigtuð í "stomacherpoka" og 225 ml af MRD þynningarvatni blandað saman við. Þannig fékkst 1/10 þynning. Af roðinu voru teknir tveir 7,5 cm² flipar og blandaðir við 50 ml af þynningarvatni. Sýnin voru blönduð í maga í 1 mínútu og síðan dreift á skálar í ákveðnu rúmmáli. Notuð var yfirborðssáning með Járnagar. Sýnin voru síðan ræktað við 15°C í 5 daga.

Örverumælingar

Heildargerlafjöldi

Talningar á heildarfjölda örvera á LH-agar (Van Sprechen, 1974). Þær voru einnig gerðar á járnagar sem og fjöldi H₂S-myndandi örvera eins og lýst er skv. Gram o.fl. (1987) með þeirri undantekningu að í stað 0,5% salts var notað 1% salt. Notuð var yfirborðssáning í stað áhellningar til þess að drepa síður kuldakærar örverur og ræktun gerð við 15°C í 4-5 daga. Allar kólóníur voru taldar til að finna heildarörverufjölda. Svartar kólóníur voru taldar sérstaklega til að finna fjölda H₂S-myndandi örvera. Þær mynda H₂S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. Einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, *Shewanella putrefaciens*, myndar svartar kólóníur á þessu æti.

Iðragerlar

Kólí- og iðragerlarnir, sem eru miðlungshitakærir, lifa í þörmum manna og dýra með heitt blóð en þeir finnast einnig í sóðalegu vinnsluumhverfi matvæla. Þannig gefur fjöldi kólí- og iðragerla vísbendingu um viðhaft hreinlæti við framleiðslu. Finnist kólígerlar af sauruppruna (t.d. *E. coli*) í matvælum má heita sannað að þau hafi komist í beina eða óbeina snertingu við saur manna eða blóðheitra dýra. Miklar líkur eru á að matvæli, sem innihalda saurgerla hafi einnig að geyma hættulega sýkla. Þannig geta saurmenguð matvæli verið hættuleg heilsu manna.

Í stuttu máli er forræktun í Lauryl Sulfate Tryptose (LST) í seyði í 24-48 klst við 35°C en staðfestingarpróf eru gerð í Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) seyði fyrir heildarfjölda kólígerla (total coliforms) í 24-48 klst við 35°C en EC seyði fyrir saurkólígerla (faecal coliforms) í 24 klst við 44,5°C.

2.3.2. Gátlisti - þrifarýni

Sérstakur gátlisti (Rf-skýrsla 19-03) var notaður til að athuga hönnun á forsnyrtílinu og roðkæli með kröfur til hreinlætis í huga. Í þessum lista er tekið á helstu grunnkröfum varðandi hreinlæti og hönnun sem koma fram hjá evrópsku tækninefndinni CEN/TC 153 og sem tekið er á í m.a. íslenska staðlinum ÍST EN 1672:2:1997, ISO staðlinum 14159:2002 og greinum birtum í Trends in Food Science and Technology. Einnig var gátlistinn notaður til að skoða almennt hönnunarkröfur sem starfsmenn Skagans nota við hönnun og framleiðslu á sínum vinnslubúnaði.

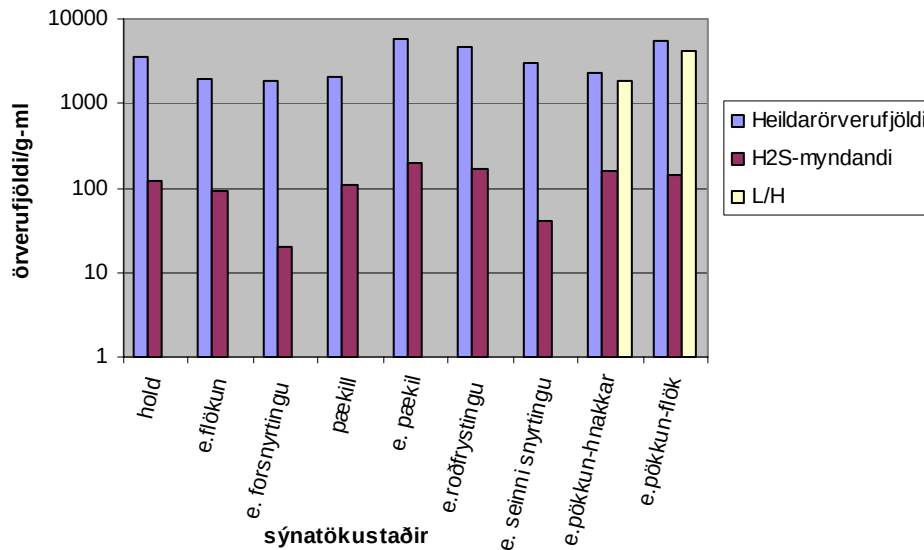
Helstu þættir sem eru skoðaðir:

Efnisval
Yfirborðsaferð
Samskeyti
Aðrar festingar
Afrennsli – framræsing
Vinklar og horn að innanverðu
Óvirkt rými

2.4. Niðurstöður

2.4.1. Niðurstöður hreinlætisúttekta hjá Tanga í september 2003

Fyrri úttektin miðaðist við að fá almennar upplýsingar um örverufjölda í afurðum og voru sýnatökustaðir miðaðir við áður framkvæmdar úttektir sem starfsmenn Rf hafa framkvæmt. Sýni voru tekin af afurðum á mismunandi stöðum í gegnum vinnslulínuna. Niðurstöður eru sýndar á mynd 12.



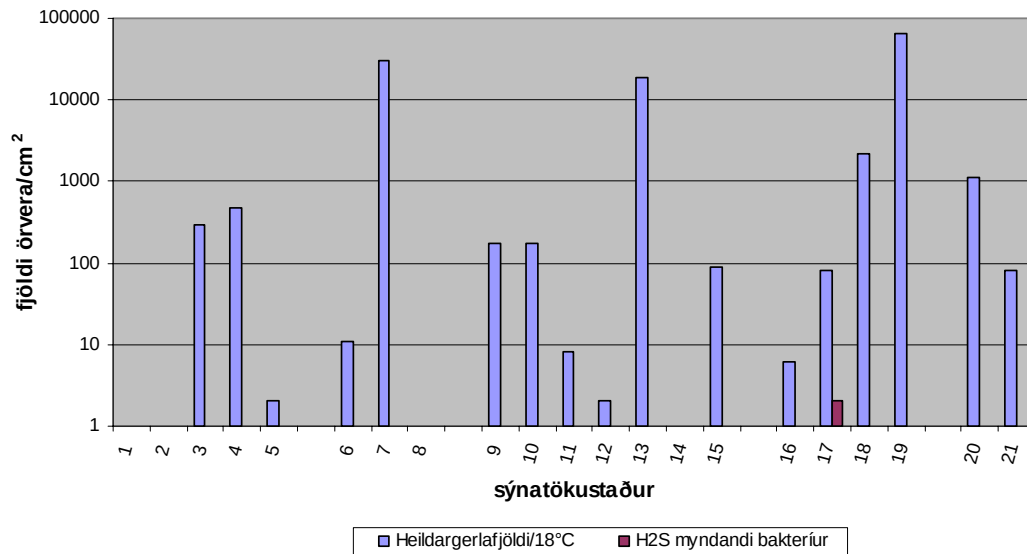
Mynd 12. Dreifing örvera gegnum vinnsluferil

Fjöldi örvera í holdi á hráefni er óeðlilega hár sem bendir til þess að meðhöndlun þess um borð eða á leið að vinnslu hafi verið ófullnægjandi. Lítil aukning á örverufjölda átti sér stað í gegnum vinnsluferilinn sjálfan en fjöldinn fór úr 2000-3000 örverur/g í 5600 örverur/g í flökunum og í 2400 bakteríur/g í hnakka stykkjum.

Helsta aukningin átti sér stað eftir pækilinn og er því mikilvægt að hafa eftirlit með því skrefi. Þar sem lítil aukning á sér stað í gegnum ferlið er mjög mikilvægt að hráefnið sé rétt meðhöndlað þannig að upphafs fjöldi í holdi sé sem lægstur og þá ætti lokafurðin einnig að hafa lágan fjölda gerla og afurðin því að vera af miklum gæðum. Ekkert bendir til þess að uppsöfnun örvera eigi sér stað vegna hönnunarþátta búnaðarins.

2.4.2. Niðurstöður hreinlætisúttektar hjá Tanga í desember 2003

Síðari úttektin var framkvæmd hjá Tanga hf á Vopnafirði 1. desember 2003. Markmiðið var að meta hvort vinnslulína með roðkælingu sé þrífavæn þ.e hvort hún sé hönnuð m.t.t. til hreinlætis þannig að auðvelt sé að þrifa hana. Mynd 13 sýnir niðurstöður þegar árangur þrifa var metin með örverufræðilegum aðferðum. Tólf sýni af tuttugu og einu eru langt yfir viðmiðunarmörkum fyrir snertifleti matvæla en þau eru 5-10 CFU/cm². Árangur þrifa var því ekki ásættanlegur. Tekin voru 7 sýni í og kringum roðkælinn og þar af voru 4 sýni langt yfir mörkum. Einnig voru hnífar í hausara og flökunarvél illa þrífniir en verstir voru staðir þar sem skrúfur voru beint í afurðarflæðinu og undir færriböndum. Mjög lítið greindist af svokölluðum sérhæfðum skemmdargerlum.



Mynd 13. Örverufjöldi í umhverfissýnum í fiskvinnslu. Sýni tekin eftir þrif.

Sýnatökustaðir við mynd 13.

Móttaka

- 1 færiband frá karalosara
- 2 undir færibandi frá karalosara - stálrenna undir belti
- 3 hausari hnífur
- 4 Baader 184 hnífur - flökunarvél
- 5 Band á flökunarvél að forsnyrti - riflað plast. Mjög lokað færiband

Forsnyrting

- 6 Færiband að forsnyrtilínu - plastundirlag
- 7 Færiband að forsnyrtilínu - tjakkur á færibandi –stál
- 8 Forsnyrtiband (PE) frekar slitið - gróft yfirborð

Roðkælir

- 9 Færiband að karalosara við roðkæli - hlekkjaband
- 10 Band að roðkæli - polyurethan (strigaáferð)
- 11 Inni í roðkæli - færiband - smurt olíu
- 12 Stálþak yfir bandi inni í roðkæli
- 13 Dropaband - úr plasti neðan á bandi
- 14 Stálhlíf sem setja á undir færiband - blaut
- 15 Hlið á plastfæribandi með skúfu - inni í enda á roðkæli

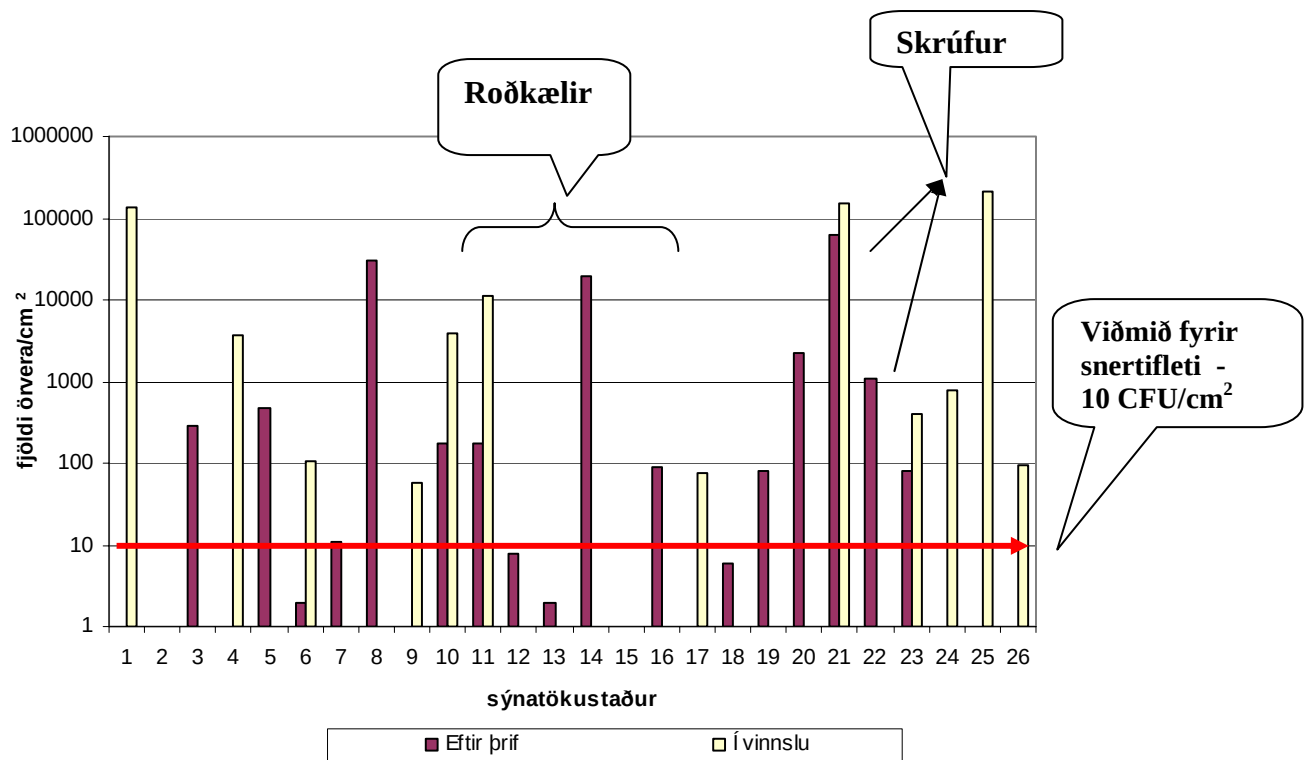
Roðfletting og seinni snyrting

- 16 Riflað járn á roðrífu (hnífur)
- 17 Plast undir fræibandi frá roðrífu
- 18 Stállesti undir bandi að seinni snyrtingu
- 19 Skrífa á sama stað og sýni nr 18

Pökkun

- 20 Skrífa á pökkunarborði
- 21 Afurðarband

Mynd 14 sýnir samanburð á örverufjölda eftir þrif og þegar vinnslan hefur verið í gangi a.m.k. 2 klst.

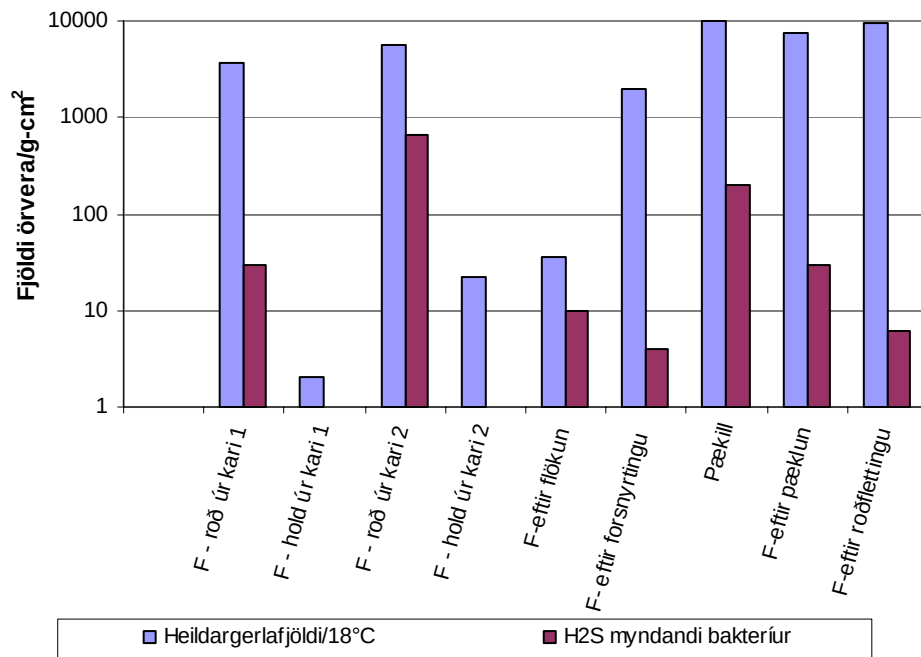


Mynd 14. Örverufjöldi í umhverfissýnum í fiskvinnslu. Sýni tekin eftir þrif og í vinnslu.

Sýnatökustaðir í fiskvinnslumhverfi.

- 1 Færiband frá karalosara
- 2 Undir færibandi frá karalosara - stálrenna undir belti
- 3 Hausari hnífur
- 4 Færiband eftir hausara
- 5 Baader 184 hnífur - flökunarvél
- 6 Band á flökunarvél að forsnyrti - riflað plast. Mjög lokað færiband
- 7 Færiband að forsnyrtilínu - plastundirlag
- 8 Færiband að forsnyrtilínu - tjakkur á færibandi -stál
- 9 Forsnyrtiband (PE) frekar slitið - gróft yfirborð
- 10 Færiband eftir karalosara við roðkæli - hlekkjaband
- 11 Band að roðkæli - polyurethan (strigaáferð)
- 12 Inni í roðkæli - færiband - smurt olíu
- 13 Stálþak yfir bandi inni í roðkæli
- 14 Dropaband - úr plasti neðan á bandi
- 15 Stálhlíf sem setja á undir færiband - blaut
- 16 Hlið á plastfæribandi með skrúfu - inni í enda á roðkæli
- 17 Stálrenna frá roðkæli
- 18 Riflað járn á roðrífu (hnífur)
- 19 Plast undir færibandi frá roðrífu
- 20 Stállisti undir bandi að seinni snyrtingu
- 21 Skrúfa á bandi frá roðrífu
- 22 Skrúfa á pökkunarborði
- 23 Hlekkjaband í byrjun afurðarbands - seinni snyrting
- 24 Ljósaborð
- 25 Þækilkar tómt en ekki hreint
- 26 Tómur flakabakki

Mynd 14 sýnir samanburð á dreifingu örvera í vinnslumhverfinu eftir þrif og eftir að vinnslan hefur verið í gangi í a.m.k. 2 klst. Sá munur sem kemur fram á örverufjölda er eðlilegur þar sem ásætlanlegt er að örverufjöldi aukist um 10-100 CFU/cm² og er þá miðað við fyrri úttektir framkvæmdar af Rf.



Mynd 15. Örverufjöldi í þorsksýnum í gegnum vinnslulínu með roðkælingu

Mynd 15 sýnir örverufjölda í afurðum í gegnum vinnsluna og þar sést greinilega að sérhæfðir skemmdargerlar (H₂S-myndandi) eru að berast inn með hráefninu (roði). Þeir berast strax í holdið við flökunina og viðhaldast svo í gegnum vinnsluna. Aukning á örverufjölda á sér stað strax í forsnyrtingu en mest er hún eftir pækil. Heildarörverufjöldi í flaki eftir roðkæli er síðan 10.000 örverur/g sem er frekar hátt miðað við að stuttan og hraðan vinnsluferil. Aukning á fjölda H₂S-myndandi baktería þegar vinnslan er í gangi kemur greinilega fram á mynd 14.

Mesta aukningin í örverufjölda átti sér stað eftir forsnyrtingu og eftir pæklun og er því mikilvægt að hafa eftirlit með þessum skrefum. Ef borin er saman þessi úttekt við þá sem gerð var í september er greinilega munur á gæðum hráefnis þar sem þau voru mun betri í desember. Það sést á fjölda örvera í holdi sem er 2-20 örverur/g í desember en 2000 örverur/g í hráefni frá því í september. En það sem er mikilvægt að benda á er að þrátt fyrir betra hráefni í desember er fjöldi örvera í lokaafurð hærri eða 9500 örverur/g samanborið við 5500 örverur/g í september. Það sem líklega hefur áhrif á þessa aukningu er meðhöndlunin og flutningur að forsnyrtingu og pæklunin. Vinnslubúnaður eða færiband á milli flökunar og forsnyrtingu er mjög flókið og lokað og því mjög erfitt að þrifa og getur það haft áhrif á aukningu á örverufjölda. Örverufjöldi í pækli er líka hár og þar sem flökin eru lögð í pækilinn þá mengast þau beint af honum. Aukningin á örverufjöldanum í vinnslu og þá sérstaklega aukning á sérhæfðum skemmdargerlum á líklega einnig aðra skýringu heldur en getið er hér að framan þar sem að fyrst um morguninn var verið að vinna flök sem höfðu verið geymd yfir helgi sem að öllum líkum hafa mengað umhverfið áður en fiskurinn fyrir þetta verkefni var unninn. Ekki voru tekin sýni af þessum flökum.

2.4.3. Úttekt á hönnun með gátlista

Mat á hönnunarreglum

Teikningar voru skoðaðar af starfsmönnum Skagans hf og gátlisti fylltur út. Gátlisti sem birtur er í Rf skýrslu 19-03 var notaður til að meta hönnun almennt á tækjum framleiddum af Skaganum og síðan sérstaklega til að skoða hönnunina á roðkæli m.t.t. hreinlætis. Greindir voru áhættustaðir m.t.t. uppsöfnunar óhreininda. Nú er gerð sú krafa til framleiðenda búnaðar að hanna búnaðinn þannig að það sé auðvelt að þrifa og að halda honum hreinum.

Almenn úttekt samkvæmt gátlista leiddi í ljós eftirfarandi:

Almennt má segja að framleiðandi er að vinna út frá ákveðnum kröfum þar sem hreinlæti er tekið til greina en það er þó enn ýmislegt sem má betur fara. Almennt er flæði afurðar í gegnum vinnslulínu óhindrað og engin óþarfa stopp. Eitt stopp hefur þó áhrif á dreifingu örvera en það er þæklunin (ca. 1 klst við 0,5°C) á undan roðkælingu.

Ekki er neinn sjálfvirkur búnaður til þrifa en þó er skol til staðar yfir færriböndum sem kemur að einhverju leyti í staðinn. Í sumum tilfellum er lyftibúnaður á færriböndum til að auðvelda þrif. Mikilvægt að láta leiðbeiningar um þrif fylgja með vinnslubúnaði og benda á þá staði sem erfitt er að ná til og þrifa. Öll efni (plast, stál, sem notuð eru í vinnslubúnaðinn eru samþykkt af þriðja aðila (FDA). Allt stál er glerblásið. Enginn máluð svæði eru í vinnslubúnaðinum. Eina sem athugavert er við snertifleti afurða eru óvarðar skrúfufestingar/skrúfugangur þar sem óhreinindi eiga auðvelt með að festa sig í. Soðin samskeyti eru samfelld og slétt en það þarf þó að skoða suðureglur betur. Greinilegt er að reynt er að hafa búnaðinn með þeim halla (a.m.k 3°) sem þarf til að vatn nái að renna af en það má þó skoða það betur. Passað er upp á að loftkældir mótórar blási ekki yfir afurðasvæðið.

Mat á þrifavænni hönnun roðkælis

Flæði afurðar er óhindrað í gegnum roðkælinn Hönnun á roðkælinum kom sæmilega út ef tekið er tillit til hreinlætis. Engar leiðbeiningar varðandi þrif fylgja búnaðinum. Ekki var skol eða spíssar sem hjálpa til við að halda búnaðinum hreinum. Kælirinn er mjög breiður og því ekki aðgengilegur fyrir þrif. Erfitt er að losa og koma fyrir lausum hlífum í kæli. Band í enda roðkælis er ekki þrifavænt. Band þar sem afurðum er raðað á áður en þær fara í roðkælinn er mjög slitið og trosnar greinilega fljótt. Til að vatn nái að renna af er allur kælirinn með ákveðinn halla (10mm/m) sem leyfir tæmingu og er það mjög góð lausn.

Úrbætur

Nú þegar er verið að vinna að endurbótum á roðkælinum sem á að auðvelda þrif í lok notkunar. Þá hefur verið komið fyrir spíssum/úðurum sem eiga að skola mestu óhreinindin af. Búið er að skipta út bandi í upphafi roðkælis og nýja bandið er þrifavænt. Búið er að fjarlægja band í enda kælis sem var ekki þrifavænt. Þessar úttektir hafa einnig leitt til þess að almennar hönnunarforsendur hafa verið endurskoðaðar hjá fyrirtækinu.

3. MYNDGREINING

Markmiðið með smásærri greiningu (myndgreiningu) í þessu verkefni var að kanna hvort nokkur merki um frystingu sæust í holdi þorsks sem meðhöndlaður var með roðkælingu. Áhrif frystingar á fiskhold eru þekkt en kælimeðhöndlun eins og sú sem reynd var hér hefur ekki verið könnuð með myndgreiningu fyrr en nú, svo vitað sé.

3.1. Sýnataka

Tafla 8. Skilgreining á sýnum

Nr.	Meðferð	Nánari lýsing
1	Hefðb.	Gott hráefni (hópur A), hefðbundin vinnsla, geymsla við 0-1°C í 4 daga eftir pökkun (2 flök)
2	Roðkælt	Gott hráefni (hópur C), roðkælt, geymsla við 0-1°C í 4 daga eftir pökkun (2 flök)
3	Frost 4 daga	1 flak (hópur B, eftir 3 daga kæligeymslu) vakúmpakkað, sett í frysti við -16,5°C (hæg frysting) og geymt í frosti í 4 daga. Þítt í kæli við 2-3°C yfir nótt.
4	Frost 2,5 mán	1 flak (hópur B, eftir 3 daga kæligeymslu) vakúmpakkað, sett í frysti við -16,5°C (hæg frysting) og geymt í frosti í 2,5 mánuði . Þítt í kæli við 2-3°C yfir nótt.
5	Roðkælt	roðkæld þorskflök (2, hópur A) geymd í frauðplastkassa við 0,5°C í 4 daga
6	Roðkælt	roðkæld þorskflök (2, hópur B) geymd í frauðplastkassa við -1,5°C í 4 daga
7	Roðkælt	roðkæld þorskflök (2, hópur A) geymd í frauðplastkassa við 0,5°C í 11 daga
8	Roðkælt	roðkæld þorskflök (2, hópur B) geymd í frauðplastkassa við -1,5°C í 11 daga

Tveir fiskar voru í hverjum hópi nema nr. 3 og 4 þar sem einn fiskur var í hvorum hópi.

Flök af annars vegar roðkældum þorski og hins vegar þorski úr hefðbundinni vinnslu var sendur á ís til Matvælarannsóknna Keldnaholti þar sem sýnataka fór fram samdægurs. Þrjú sýni af hverju flaki voru tekin með korkbor af svæðinu fyrir neðan bakugga (sjá mynd 13).



Mynd 13 Sýnatökustaðir fyrir myndgreiningu

Sýnin sem fengust á þennan hátt voru sílinderslaga þannig að annar endi sílindersins var roðhlið flaksins, og hinn endinn sneri að hryggnum. Þess var gætt að sýnin sneru alltaf eins í sýnatökuglösunum þannig að greinilegt væri hvoru megin roðið hafði verið.

3.2. Efni og aðferðir

Sýnin voru sett ásamt frystilími (Tissue-Tek® OCT, Sakura, USA) í sívalningslaga plastglös (15 mm í þvermál og 30 mm á lengd) og fryst í fljótandi köfnunarefni (Ísaga, Reykjavík) í 50 sek. Eftir frystingu voru sýnin geymd í frysti við -83°C þar til þau voru skorin í frystiskera (“cryosectioned”).

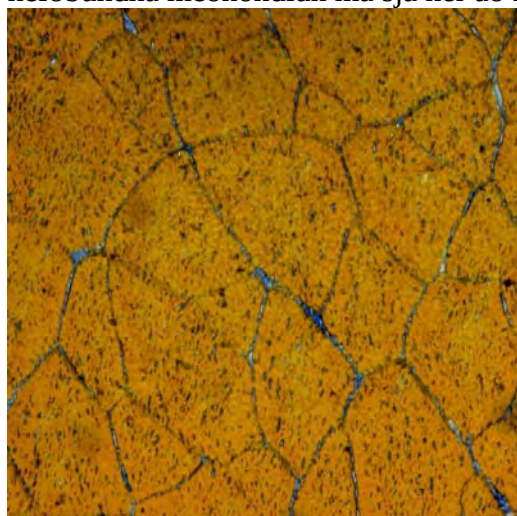
Sýnin voru skorin í 10 μm þykkar sneiðar í frystiskera (Leica CM 1800) við -27°C eftir að hafa verið látin jafna sig í frystiskeranum í 20 mín. Skorin sýni voru geymd á sýnaglerjunum (SuperFrost/Plus, 25 x 75 x 1,0 mm frá Menzel-Gläser, Þýskalandi) við -83°C þar til þau voru lituð.

Sýnaglerin voru lituð með Orange G (0,5g CI 16230 (Polysciences Inc., USA), 99,0 mL vatn, 1,0 mL ediksýra) og Methyl Blue (0,07g CI 42780 (Sigma, USA), 99,0 mL vatn, 1,0 mL ediksýra). Eftir að sýnin höfðu þornað við stofuhita var þekjugler fest á sýnagerið með MOUNTEX (Histolab, Svíþjóð).

Sýnin voru skoðuð í Leica DMRA2 smásjá í 100x, 200x og 400x stækkun, og myndir teknar í gegnum smásjána með Leica DC300F stafrænni myndavél.

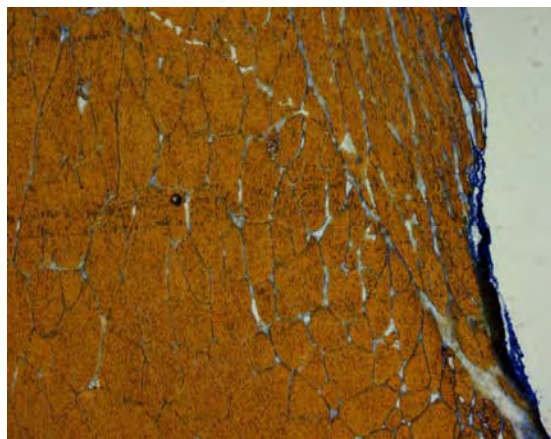
3.3. Niðurstöður

Ekki fannst neinn munur á smásærri byggingu roðkældra sýna og þeirra sem fengu hefðbunda meðhöndlun, jafnvel alveg upp við þá brún sýnanna sem sneri að roðinu. Dæmi um myndir af vöðvafrumum úr þorskum sem voru roðkældir og fengu hefðbundna meðhöndlun má sjá hér að neðan



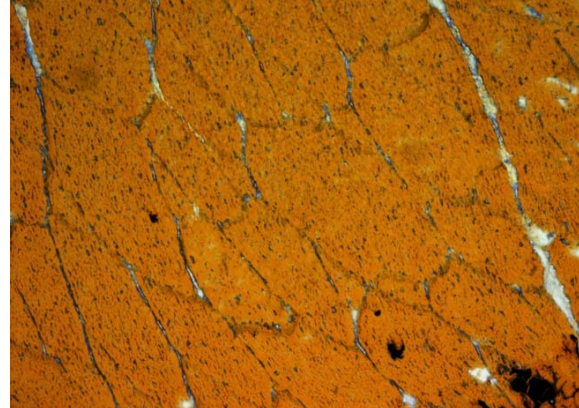
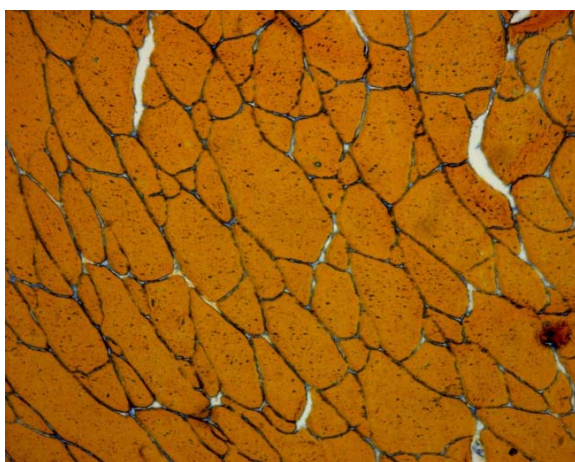


Mynd 14 Myndgreining af þorsklökum.
Hefðbundin vinnsla, efri mynd: 3mm frá roðhlið, neðri mynd alveg við roðhlið

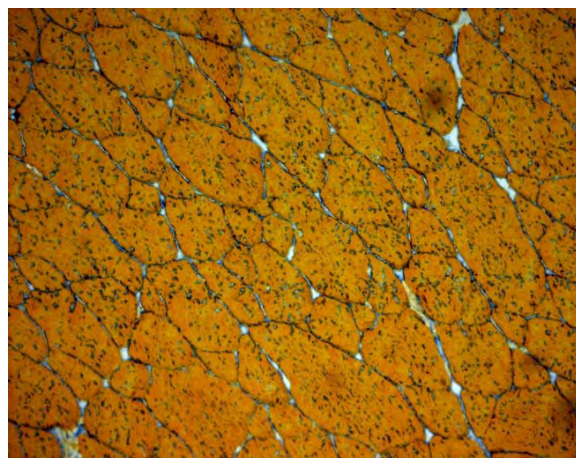
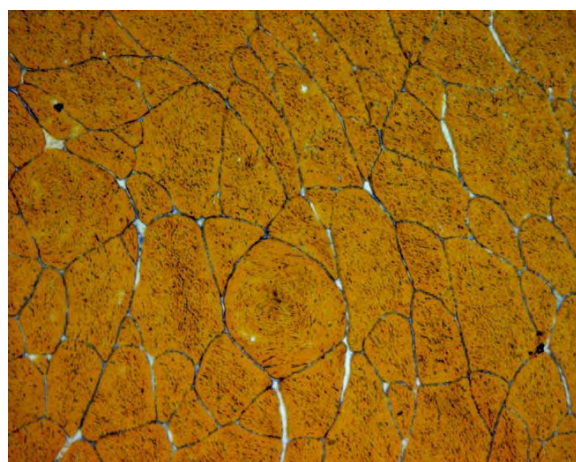


Mynd 15. Myndgreining af þorsklökum.
Roðkælt, efri mynd: 3mm frá roðhlið, neðri mynd alveg við roðhlið

Roðkæld sýni voru geymd í ýmist 4 eða 11 daga við ýmist 0,5 eða -1,5°C og send Matra til myndgreiningar. Ekki var sjáanlegur munur á smásærri byggingu þorsksins eftir þessa geymslu að öðru leyti en því að örsníð ummerki sem hugsanlega eru eftir ískristalla sáust í fisknum sem geymdur var í 11 daga við -1,5°C.



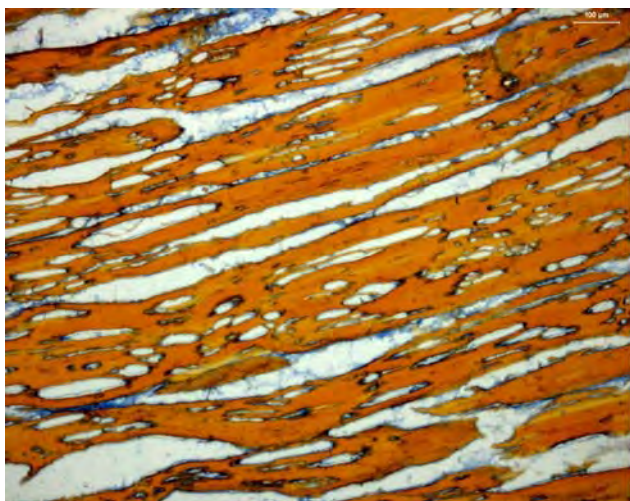
Mynd 16 Myndgreining af þorsklökum.
Roðkælt, efri mynd: geymt 4 daga við 0,5°C, neðri mynd geymt 11 daga við 0,5°C



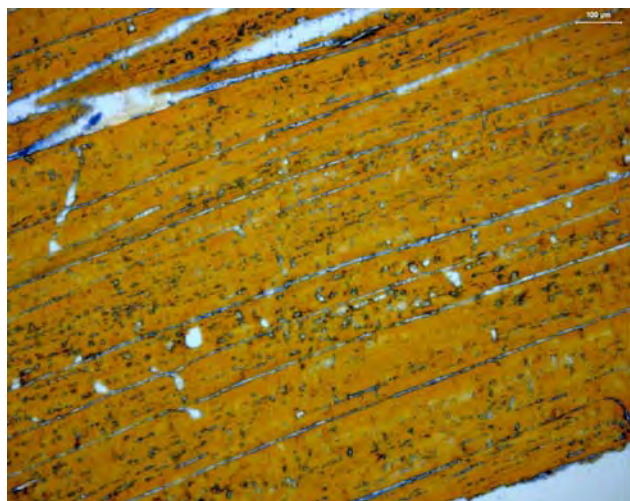
Mynd 17. Myndgreining af þorsklökum.
Roðkælt, efri mynd: geymt 4 daga við -1,5°C, neðri mynd geymt 11 daga við -1,5°C

Áhrif frystingar og geymslu í frosti á smásæa byggingu vöðva eru yfirleitt mikil. Þau fara þó að mestu leyti eftir því hversu hröð frystingin er, hve langan tíma varan var í frosti sem og hitastiginu í frystigeymslunni.

Sýnið sem var geymt frosið í 4 daga var eftir þennan stutta tíma í frostinu farið að sýna greinileg merki frystingar. Göt eftir ískristalla sáust mjög víða, og bil á milli fruma var farið að aukast lítillega. Hitt sýnið sem var geymt lengur, eða í 2,5 mánuði, var mjög illa farið, stór bil á milli fruma og mjög áberandi göt í frumunum sjálfum. Engin slík merki voru sjáanleg í roðkældu sýnunum.



Mynd 18 Myndgreining af þorsklökumFryst við -16,5°C og geymt frosið í 2,5 mánuði



Mynd 19. Myndgreining af þorsklökumFryst við -16,5°C og geymt frosið í 4 daga

4. GEYMSLUPÓLSTILRAUNIR

4.1. Inngangur

Í kafla 4 er lýst framkvæmd þriggja mismunandi geymslupólstilrauna sem framkvæmdar voru í samvinnu við Tanga hf á Vopnafirði og Tros h.f í Sandgerði. Markmið tilraunanna var að bera geymslupól flaka úr hefðbundinni vinnslu saman við geymslupól flaka sem unnin voru með nýju vinnslulínunni (roðkælingu) og einnig að kanna áhrif hitasveiflna á geymslupól kældra þorsk og ýsu flaka.

Í fyrstu tilrauninni hjá Tanga í október 2003 var gerður samanburður á geymslupóli fiskflaka við 0-1°C sem unnin voru annars vegar samkvæmt gömlu línunni (Baader roðflettivél) og hins vegar með nýju línunni (roðkæling) þar sem hitastigið við vinnsluna er lægra. Jafnframt voru skoðuð áhrif þess að geyma hráefnið óísað við hátt hitastig í upphafi vinnsluferilsins og einnig voru skoðuð áhrif hækkaðs hitastigs við geymslu á flökum eins og hugsanlega gæti átt sér stað við flutning og dreifingu á fullunninni vöru. Notaðir voru hitasírtar í tilrauninni þannig að hitaferillinn var kortlagður. Í seinni tilraun sem fór fram á Tanga í desember 2003 var markmiðið að rannsaka áhrif hitastigs og hitasveiflna í geymslu eftir pökkun á þorsklök unnin í

roðkæililínu. Lögð var áhersla á að kanna áhrif þess að halda geymsluhita undir 0°C. Í 3. tilrauninni sem hér er lýst var markmiðið að rannsaka gæði og geymsluþol þorsk- og ýsuflaka unnum með hefðbundinni handflökunarlínu hjá Tros hf. Tros mun setja upp roðkæililínu á árinu 2004 og eru þessar mælingar grunnur að samanburði við rannsóknir sem munu fara fram eftir að hún hefur verið sett upp.



Mynd 20. Einar Víglundsson frá Tanga ásamt Hélène L. Lauzon og Þorvaldi Þóroddssyni frá Rf

4.2. Efni og aðferðir

4.2.1. Tilhögun tilrauna: Tilraun 1. Tangi október 2003

Fiskurinn var veiddur með botnvörpu á föstudegi (17. október, 2003) eftir hádegi af togaranum Brettingi í Berufjarðaráli (hol 9). Fiskurinn var slægður og ísaður í 400 l kör um borð. Löndun á aflanum í fiskvinnslu Tanga fór fram á mánudagsmorgni (20. október) 2 1/2 dögum frá veiði.



Mynd 21. Löndun úr lest í Brettingi

Undirbúningur tilraunahópa: Hráefni, um 114 fiskar, var valið úr vel ísuðu kari úr holi 9 og unnið strax eftir löndun (hópar A, B og C). Einn hópur (hópur D) var unninn daginn eftir til að líkja eftir aðstæðum þar sem hráefni er illa meðhöndlað. Þannig voru 34 fiskar geymdir óísaðir fyrsta sólarhringinn í kari í kæligeymslu í móttöku í u.þ.b. 8 klst og síðan var karið fært inn í vinnslusalinn og geymt þar yfir nótt ($T=15-18^{\circ}\text{C}$). Hausun og flökun var eins fyrir alla tilraunahópana en roðfletting og geymsluaðstæður voru mismunandi. Roðflett var á hefðbundinn hátt með Baader vél fyrir hópa A, B og D, en hópur C (80 fiskar) var roðdreginn með roðkælingunni í nýju vinnslulínunni. Eftir flökun fóru flökin í hópi C í ísvatn (0,85% salt) í 45 mínútur fyrir roðkælingu. Flökin voru ekki snyrt og var þeim pakkað (8-12 flök í kassa) strax eftir roðflettingu í plastpoka með bleiu í frauðplastkassa (Borgarplast, 160 x 400 x 263 mm) og ísmotta (230 x 160 mm; 146 g) sett efst. Í sumum kassanna voru hitanemar til að mæla hitastig neðst, í miðju og yfir flökunum. Einnig var settur hitanemi ofan á kassa til að fylgjast með umhverfishita frá pökkun.

Hópur A: Hefðbundin vinnsla

Hópur B: Hefðbundin vinnsla og hitasveifla á 3. geymsludegi (16°C í 8 klst)

Hópur C: Ný vinnslulína (roðkæling)

Hópur D: Óísað hráefni, hefðbundin vinnsla og hitasveifla á 3. geymsludegi (16°C í 8 klst)

Flutningar: Sýnin voru flutt með flutningabíl ($4-5^{\circ}\text{C}$) og komu til Reykjavíkur á þriðjudagsmorgni (21. október) (Hópar A, B and C) en hópur D kom á miðvikudagsmorgni (22. október).

Geymsla: Allir hóparnir voru síðan geymdir við 0°C , en hópar B og D voru færðir úr kæli á 3. degi og stóðu kassarnir við 16°C í 8 klukkustundir og voru síðan settir aftur í kæli við 0°C .

Sýnatökudagar: Sýnin voru mæld eftir 4, 7, 10, 12, 14, 17 daga frá veiði fyrir hóp A og C eða á 1, 4, 7, 9, 11 og 14 (rafnef eingöngu) degi geymslutíma. Sýni úr hópum B og D voru mæld á 6, 7, (8), 10 and 11 degi eftir veiði eða á 3, 4, (5), 7 og 9 degi geymslu.

4.2.2. Tilhögun tilrauna: Tilraun 3. Tangi desember 2003

Fiskurinn var veiddur með botnvörpu á sunnudegi (30. nóvember 2003) eftir hádegi af togaranum Brettingi í Berufjarðaráli. Fiskurinn var slægður og settur í krpa í 400 l kör um borð. Löndun á aflanum í fiskvinnslu Tanga fór fram á mánudagsmorgni (1. desember) einum degi frá veiði.

Undirbúningur tilraunahópa: Hráefni, um 190 fiskar, var valið úr vel ísuðu kari úr holi 9,10 og 11 og unnið strax eftir löndun (hópur A, B og C). Hausun, flökun, roðfletting og snyrting voru eins fyrir alla tilraunahópana. Eftir flökun fóru flökin í ísvatn (0,85% salt) í 20 mínútur fyrir roðkælingu. Flökin voru ekki snyrt og var þeim pakkað (9-11 flök í kassa) strax eftir roðflettingu í plastpoka með bleiu í frauðplastkassa (Borgarplast, 160 x 400 x 263 mm) og ísmotta (230 x 160 mm; 146 g) sett efst. Í sumum kassanna voru hitanemar til að mæla hitastig neðst, í miðju og yfir flökunum. Einnig var settur hitanemi ofan á kassa til að fylgjast með umhverfishita.

Flutningar: Sýnin voru flutt með flutningabíl (4-5°C) og komu til Reykjavíkur á þriðjudagsmorgni (2. desember)

Geymsla: Hópur A var síðan geymdur við 0,5°C. Hópar B og C voru geymdir við -1,5°C en C færður í 0,5°C á 7. degi.

Sýnatökudagar: Sýnin voru mæld á 1., 4., 7., 9., 11., 14., (og 16. fyrir hóp C) degi eftir pökkun.

4.2.3. Tilhögun tilrauna: Tilraun 2. Tros nóvember 2003

Fiskurinn var veiddur á línu rétt við Sandgerði (10. nóvember) og unninn á hefðbundinn hátt í vinnslu Tros einum sólarhring síðar. Þorskurinn var slægður um borð og geymdur í ís í hráfnisgeymslu Tros um nóttina fram að vinnslu en ýsan var geymd óslægð í ískrapa yfir nótt. Fiskurinn var handflakaður og kældur í ís/vatni áður en hann var roðflettur (Baader) og pakkaður í plastpoka í frauðplastkassa (þorskur: 135 x 400 x 263 mm; ýsa: 110 x 400 x 263 mm). Pökkuð þorskflök voru komin í kæli kl. rúmlega 8 en ýsuflökin um kl. 11. Í hverjum kassa voru 11 flök og voru kassarnir fluttir samdægurs á Rf. Sendingin fór að stað um hádegið og var komin til Rf um kl. 17. Fjórir sýnahópar voru útbúnir (ýsa, hópur A og C; þorskur B og D). Hitanemum (Optic StowAway®, Onset Computer Corporation, US) var komið fyrir undir, á milli og yfir flökunum og ofan á kassann til að mæla hitasveiflur í umhverfishita. Allir hópar voru geymdir við 0-1 °C, en á 3. degi geymslu voru hópar B og D fluttir yfir nótt (16 klst.) í herbergishita (18-20°C) en fluttir aftur til baka í kælinn.

Fyrstu sýnin voru tekin daginn eftir flökun (dagur 1, þ.e. 2 dagar frá veiði). Sýni voru tekin þar til þau höfðu verið dæmd óhæf í skynmati: ýsa hópur A á 1., 3., 6., 8. og 10. degi eftir flökun, þorskur hópur B á 1., 3., 6., 8., 10. og 13. degi; hópur C (ýsa við hitasveiflu) á 1., 3., 4., 6. og 8. degi og hópur D (þorskur við hitasveiflu) á 1., 3., 4., 6., 8. og 10. degi.

Eftirfarandi mælingar voru gerðar í öllum tilraunum til að fylgjast með breytingum á gæðum og til að ákvarða geymsluþol:

Skynmat með Torry einkunnaskala, hefðbundnar örverumælingar og mælingar á sértækum skemmdarörverum (TVC, SSÖ), efnamælingar á reikulum bösum (TVB-N), mælingar á sýrustigi, rokgjörnum efnum með gasgreini (GC-MS og GCO) og rafnefi (FreshSense) með rafefnanemum. Mæling á dripi, vatnsheldni ásamt mælingum á áferð með áferðamæli og myndgreiningu var framkvæmd á völdum sýnatökudögum til að skoða hvort roðkælingin hefði áhrif á eðliseiginleika holdsins. Einnig voru gerðar hitamælingar með síritum.

4.3. Hitastigsmælingar

Hitastigmælingar voru gerðar með hitasíritum sem komið var fyrir við þökkun efst, í miðju, neðst og utan á frauðplastkössunum. Einnig voru settir hitasíritar í hráefniskörin við löndun og hitinn skráður að flökun. Notaðir voru mismunandi síritar (Optic StowAway, Onset Computer Corporation, USA; síritar frá Leiðum og Stjörnuodda.) og skráning var á 5-10 mínútna fresti. Aflestur var gerður í lok hverrar tilraunar.

Hitastig var einnig mælt með pH-mæli (a Portamess 913 pH meter from Knick, Berlin, Germany) við hverja sýnatöku, efst í kössunum í einu flaki (sporðmegin og í hnakkastykki) og við miðju kassans neðarlega. Einnig var hitastigið mælt í vinnsluferlinu.

4.4. Skynmat

Skynmatið var framkvæmt af þjálfuðum skynmatshóp Rf. Þjálfaður átta til tíu manna skynmatshópur Rf tók þátt í skynmati á sýnunum. Flökin voru skorin í bita (2 x 3 cm) og soðin í Convostar gufuofni við 95 C° í 5 mínútur. Með skynmati var metinn ferskleiki sýnanna eftir svonefndum Torryskala (Shewan o.fl., 1953) þar sem ferskum fiski er gefin einkunn 10 og niður í 3. Einnig var notuð QDA aðferð (Stone & Sidel, 1985). Mörkin 5,5 á Torry-skalanum hafa verið notuð á Rf sem mörk geymsluþols en þá finnur meirihluti skynmatshópsins vott af skemmdareinkennum.

4.5. Örverumælingar

4.5.1. Hefðbundnar örverutalningar

Járnagar (IA)

Talningar á heildarfjölda örvera og fjölda H₂S-myndandi örvera voru gerðar á járnagar eins og lýst er skv. Gram o.fl. (1987) með þeirri undantekningu að í stað 0,5% salts (NaCl) var notað 1% salt. Notuð var yfirborðssáning í stað áhellningar til þess að drepa síður kuldakærar örverur og ræktun gerð við 15°C í 4-5 daga. Allar kólóníur voru taldar til að finna heildarörverufjölda. Svartar kólóníur voru taldar sérstaklega til að finna

fjölda H₂S-myndandi örvera. Þær mynda H₂S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. *Shewanella putrefaciens*, sem er talinn vera einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, myndar svartar kólóníur á þessu æti.

Long and Hammer's (LH) agar

Ætið LH agar er talið henta vel til talninga á heildarfjölda örvera í fiski. Uppskrift ætisins var samkvæmt lýsingu van Spreckens (1974) með þeirri undantekningu að í stað 0,5% salts var notað 1% salt. Notuð var yfirborðssáning og ræktun gerð við 15°C í 4-5 daga. Talið er að gerlategundirnar *Shewanella putrefaciens* og *Photobacterium phosphoreum* vaxi vel á þessu æti.

CFC æti

Pseudomonas-CFC æti (Oxoid CM559 og supplement SR 103) var notað til að meta fjölda "presumptive" *Pseudomonas* tegunda. CFC ætið var búið til samkvæmt leiðbeiningar framleiðanda með viðbættum efnum, arginine (1% w/v) og phenol red (0,0002%) eins og lýst er í Stanbridge og Board (1994). Þetta er gert til þess að greina á milli *Pseudomonas* tegunda og meðlima Enterobacteriaceae ættarinnar. Notuð var yfirborðssáning og ræktun gerð við 22°C í 2-3 daga.

4.5.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni)

Mælingar á fjölda *Photobacterium phosphoreum* (Pp) voru gerðar með Malthus tækni eins og lýst er af Dalgaard o.fl. (1996). PPDM æti (pH 10) var búið til, gerileytt, skammtað (4,5 ml) í gerileyddar Malthus sellur sem voru geymdar yfir nótt við 0-2°C í loftfirrðri krukku (Oxoid HP011AP) sem var fyllt með 100% CO₂. Hálfur (0,5) ml af fisksýnunum (tífold þynning) var skammtaður í 3 sellur, og elektróðurnar settar á um leið til að forðast of mikið tap á CO₂. Sellurnar voru geymdar við 15°C í u.þ.b. 2 klst á meðan jafnvægi á CO₂ náðist í sellunum áður en þær voru látnar í Malthus baðið (15°C). Fjöldi *Photobacterium phosphoreum* var áætlaður út frá eftirfarandi staðalkúrfu:

$$\text{Log}_{10} \text{ fjöldi } P. \text{ phosphoreum } / \text{g} = (-0,1256 \cdot \text{DT}) + 8,2771 + \log(\text{þynningarfaktor})$$
$$R^2 = 0,9749$$

Mælanlegur lágmarksfjöldi er 2 frumur per ml af vökvasýni eða 20 frumur/g fyrir tífalt þynnt sýni. Með þessari staðalkúrfu er hægt að áætla fjölda *P. phosphoreum* upp í 125.000.000/g (DT = 9,4 klst). Til að túlka þessa jöfnu getum við sagt að við svörunartíma um 26 klst verður fjöldi *P. phosphoreum* um 1.000.000/g.

4.6. Efnamælingar

4.6.1. TVB-mælingar

TVB-N mæling á TCA extrakti var gerð með gufueimingu (byggð á aðferð Billon o.fl. (1979). Mixuð voru 100 g fiskhakks og 200 ml af 7,5% TCA í Waring blendor í 1 mín. Blandan var látin standa í 10 mín og síuð í gegnum Whatman no. 3 síupappír. Af tærum síuvökvanum voru 25 ml settir í suðuflösku ásamt 10 ml af 10% NaOH og ammóníakið

rekið yfir í Erlenmeyerflösku með 10 ml af 4% bórsýru sem inniheldur Methyl red og Bromocresol green Indicator. Til þessa var notaður Struers TVN gufueimari og lauk eimingunni þegar um 70 ml höfðu safnast yfir. Lausnin var þá titruð með 0,030 N H₂SO₄ úr grænu í ljósfjólubláan jafnvægispunkt.

4.6.2. Sýrustig (pH)

Við hverja sýnatöku var pH mælt með því að ýta elektróðu á tveimur stöðum á fiskflak (a combination electrode (SE 104 – Mettler Toledo, Knick, Berlin, Germany tengd Portamess 913 pH mæli (Knick, Berlin, Germany). Einnig var pH mælt í fiskhakki ætlað til örveru- og efnamælinga. Þá var 5 g blandað saman við 5 ml af afjónuðu vatni og sýrustigið mælt í Radiometer PHM 80 innan 15 mín. eftir að sýnin voru hökkuð.

4.7. Rafnefsmælingar

Í verkefninu er notað fljótvirkt mælitæki svokallað rafnef, sem mælir rokgjörn efni (skemmdarvísa) sem myndast við geymslu á fiski. Rafnefið sem gefið hefur verið nafnið FreshSense hefur verið notað undanfarin ár í rannsóknum á Rf með góðum árangri sem fljótvirkt mælitæki til að meta skemmd í fiski (Guðrún Ólafsdóttir o.fl, 1998, 2000). Fyrirtækið Boðvaki - Maritech (áður Element skynjaratækni á Sauðárkróki) hefur þróað tækið í samvinnu við Rf. Rafnefið byggist á rafefnanemum (electrochemical sensors), lokuðu sýnatökurými og mæli- og úrvinnsluforriti (Labview) (Ólafsdóttir ofl. 2000). FreshSense rafnefið inniheldur fjóra skynjara (Dräger: CO, H₂S og SO₂, og einn NH₃ skynjara frá City Technology). Tækið er útbúið með sérstöku mælirými þannig að loftsýni er dregið með dælu úr sýnatökuskálinni (2,3 l) inn í lítið mælirými þar sem skynjararnir eru staðsettir.

Við mælingar í rafnefinu er ekki þörf á neinum sýnaundirbúningi. Þorsklökin voru vegin (u.þ.b. 500 g) og hitastig mælt rétt undir yfirborði. Flökin voru látin standa í um 15 mínútur við stofuhita áður en mæling var gerð með rafnefinu. Hitinn í flökunum var um 8°C ± 1°C þegar mæling fór fram. Flökin voru sett á plastdisk í glerskál sem fylgir rafnefinu og mælt var í 5 mínútur.

4.8. Drip- og vatnsheldnimælingar

Drip var mælt við flestar sýnatökur (T1 = á 1., 4., 9. og 11. degi; T2 = á 1., 3., 6. og 10 degi; T3 = á 1., 4., 7., 9., 11 og 14. degi). Flökin voru vigtuð í pokanum og tómur poki með blautri bleyju vigtaður til að meta vatnstapið (vigtið poka með blautri bleyju - vigtið ónotaðs poka með þurri bleyju sem var 42 g). Drip umreiknað í % samkvæmt eftirfarandi formúlu:

$$\% \text{ drip} = (\text{umreiknað vatnstap} \times 100) / (\text{vigtið poka með flökum} - 42 \text{ g})$$

Í vatn- og vatnsheldnimælingar voru notuð; 2 strimlar (2-2,5 sm breiddir) voru skornir (einn hnakkamegin, hinn sporðsmegin) úr hverju flaki = alls 4 strimlar per sýni.

Vatn (g/100g) var reiknað sem þyngdartap við þurrkun við 105°C í 4 klst (ISO 1983). Fyrir vatnsheldnimælingu voru sýnin hökkuð í Braun blandara (type 4262; Braun, Kronberg, Germany) í u.þ.b. 20 s á hraða 4. U.þ.b. 2 g af hökkuðum fiskvöðva voru

vegin og sett samstundis í skilvindu við 210 g í 5 mín. og hitastigi haldið við 2 til 5°C. Vatnsheldni (%) er skilgreind sem hlutfall þyngdar af vatni sem eftir er eftir skilvindu af vatni í flaki í upphafi. Vatn sem eftir var eftir skilvindu var ákveðið sem þyngd vatns(g) í flaki – þyngdartap (g) við skilvindun.

4.9. Áferðarmælingar

Áferð á hráum sýnum var mæld með Stable Micro Systems TA.XT2i áferðarmæli (Stable Micro Systems Ltd, Godalming, England). TPA (Texture Profile Analysis) próf var gert en þá er sýnið pressað tvisvar sinnum í röð til að freista þess að líkja eftir hreyfingu kjálkans þegar matur er tuggin. Kraftur (Newton) á móti tíma (sek.) línurit sem mælingin framleiddi er reiknuð út til að gefa eftirfarandi þrjá áferðarþætti:

- Harka: Mesti kraftur (N) sem myndast við stillta aflögun (þrýsting).
- Samloðun: Aflögun (%) sem sýnið þolir áður en það brotnar (styrkleiki á innri tengjum).
- Fjöðrun: Geta (%) sýnis til að jafna sig aftur (ná fyrri hæð) eftir ákveðna þvingun

Nemi og stillingar við TPA prófið voru eftirfarandi:

Ál-plata fyrir samþjöppun (100 cm) (P/100)

Hraði pressunar áður en hittir sýnið 2,0 mm/s, við mælingu 0,8 mm/s

Pressun sýnis 80% (þ.e. niður í 20% af upphaflegri hæð).

Sýni til mælinga voru skorin úr hnakkastykkjum flaka. Efsti hluti (2-3 sm) af hnakkastykkinu var skorinn frá og síðan voru skornar 2,5 sm sneiðar og hver sneið skorin svo aftur í 2,5 sm búta (sýnastærð 2,5 * 2,5 sm).

Öll fisksýni voru geymd á plastfilmu á ís þar til þau voru mæld.

Uppgefinn TPA kraftur fyrir hvert flak (sýni) er meðalgildi af 3-4 mælingum.

5. NIÐURSTÖÐUR GEYMSLUÞOLSTILRAUNA

Hér á eftir er gerð grein fyrir niðurstöðum geymslutilrauna á þorski frá Tanga í október og desember, 2003 og niðurstöðum frá geymslutilraunum á þorski og ýsu frá Trosi í nóvember 2003.

5.1. Niðurstöður geymsluþolsrannsókna í Tanga í október 2003

Geymslutilraunir í Tanga í október 2003 voru gerðar á flökum sem framleidd voru á hefðbundinn hátt (hópur A: hefðbundin vinnslulína) og með roðkælingu (hópur C: ný vinnslulína). Einnig voru gerðar tilraunir til að meta áhrif slæmrar hitameðferðar fyrir eða/og eftir vinnslu á geymsluþol flaka. Hópur B var unninn á hefðbundinn hátt og geymdur í kæli strax eftir þökkun, en á 3. degi stóðu kassarnir við 16°C í 8 klukkustundir. Hópur D fékk einnig sömu hitameðferð eftir þökkun, en að auki var hráefnið geymt óísað í kæligeymslu Tanga frá degi 0 í 6-8 klst, þar til það var fært eftir vinnudaginn í vinnslusalinn og geymt þar yfir nótt við ca 15°C. Hópur D var síðan unninn daginn eftir (dagur 1).

5.1.1. Hitastigsmælingar

Niðurstöður hitastigsmælinga sem gerðar voru í vinnslunni með stungumæli eru sýndar í töflu 10, en tafla 11 sýnir hitamælingar sem gerðar voru við sýnatöku á geymslutímanum. Í upphafi geymslu (eftir snyrtingu) var mjög mikill munur á hitastigi flaka eftir því hvort þau voru roðkæld eða unnin á hefðbundinn hátt. Hráefni sem roðflett var á hefðbundinn hátt fór ekki í ískrapa eftir flökun og var hitinn kominn í 5,7°C eftir roðflettingu á meðan flök úr nýju vinnslulínunni voru -0,9°C eftir roðflettingu. Þessi munur á hitastigi er verulegur og í töflu 2 sést að á fyrsta sýnatökudegi er hitastig hefðbundnu flakanna ennþá 2,3°C þó að kassarnir séu geymdir við 0°C, en hitastig flaka í hópi C var -1,1°C.

Tafla 10. Hitaskráningar á hráefni og flökum í vinnsluferlinu fyrir tilraunahópa A og B (hefðbundin vinnsla) og hópC (ný vinnslulína).

	A og B	C
Hiti í tálknum fyrir flökun	-0,3- 0,4°C	-0,3- 0,4°C
Hiti flaka eftir flökun	4,0-5,8°C	4,0-5,8°C
Ískrapi (eftir notkun)		0,7 - 0,9°C
Hiti flaka eftir krapakælingu		0,9°C
Hiti flaka eftir roðflettingu	5,7°C	- 0,9°C
Sýrustig flaka	pH 6,86-6,88	

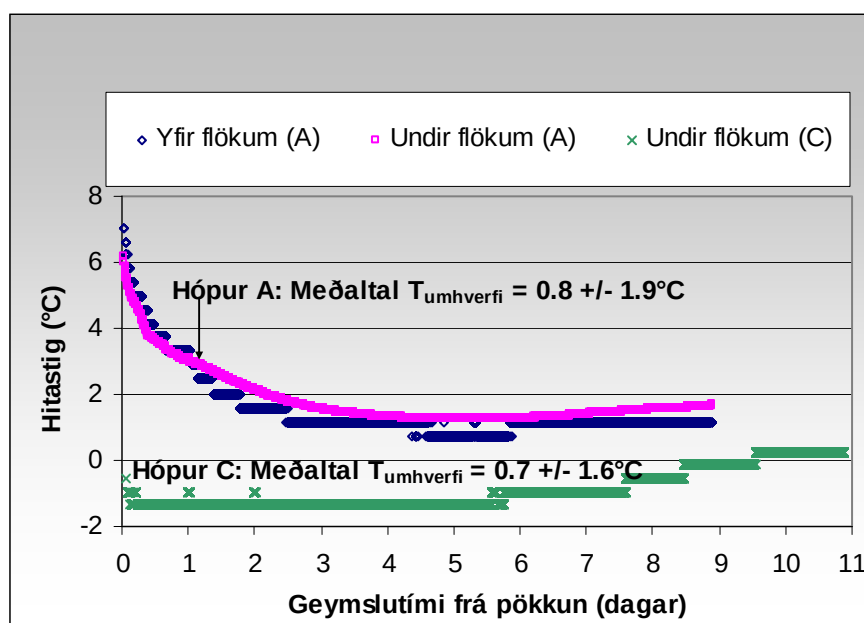
Myndir 22 og 23 sýna niðurstöður hitastigsmælinga sem gerðar voru með síritum á geymslutímanum eftir þökkun. Hitastig flaka sem unnin voru á hefðbundinn hátt (hópar A og B) var um 4 til 7°C í upphafi geymslutímans. Flökin voru geymd við 0°C eftir komu til Rf og allan geymslutímann. Á fyrsta sýnatökudegi voru flökin komin í um 2,3°C í frauðplastkassanum og það tók um 4-5 daga að ná hitastigi niður í 1°C. Eftir að flök úr hópi B höfðu verið í 16°C (umhverfishiti) í 8 klst á 3. degi geymslu var

hitastigið í flökunum um 3,8°C við sýnatöku á 4. geymsludegi . Það tók síðan 2,5 daga að ná lága hitastiginu aftur. Hitinn í roðkældum flökum var hins vegar -1,1°C á 1. sýnatökudegi og hækkaði í 0,4°C á 7 dögum.

Tafla 11. Hitaskráningar (°C, meðalhiti) á flökum efst í kössum við sýnatöku fyrir tilraunahópa

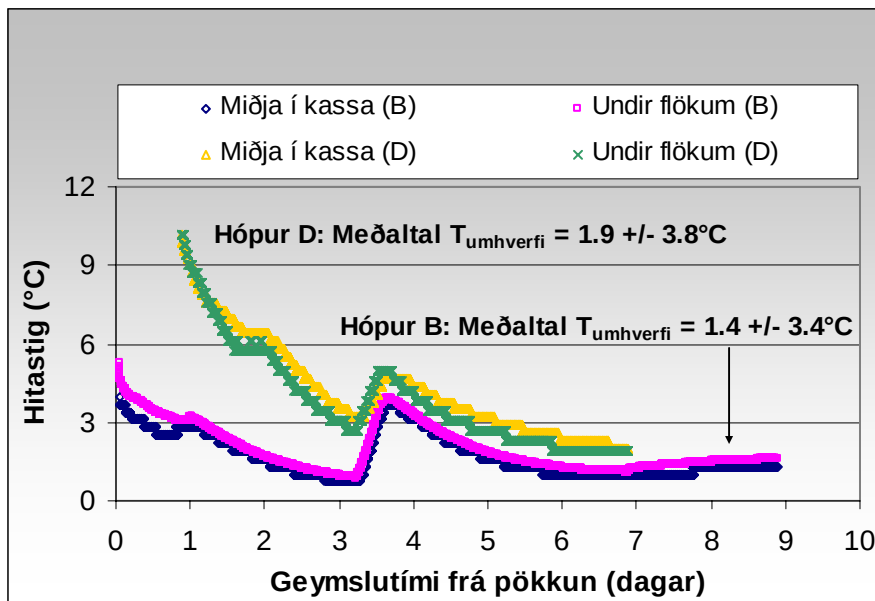
Dagar	A	B	C	D
1	2,3		-1,1	
3		1,1		3,9
4	1,2	3,7*	-0,6	4,8*
5		2,1		2,6
7	1,1	2,1	0,4	2,6
9	1,7	1,7	0,3	
11			0,9	

*Hitasveifla: kassar færðir úr kæli í 16°C í 8 tíma í lok 3. geymsludags



Mynd 22. Hitastig við geymslu . Hópur A (hefðbundin vinnsla) og hópur C (ný vinnslulína)

Mynd 23 sýnir hitastig í tilraunahópum B og D sem verða fyrir hitasveiflum á 3. geymsludegi og í upphafi (hópur D).

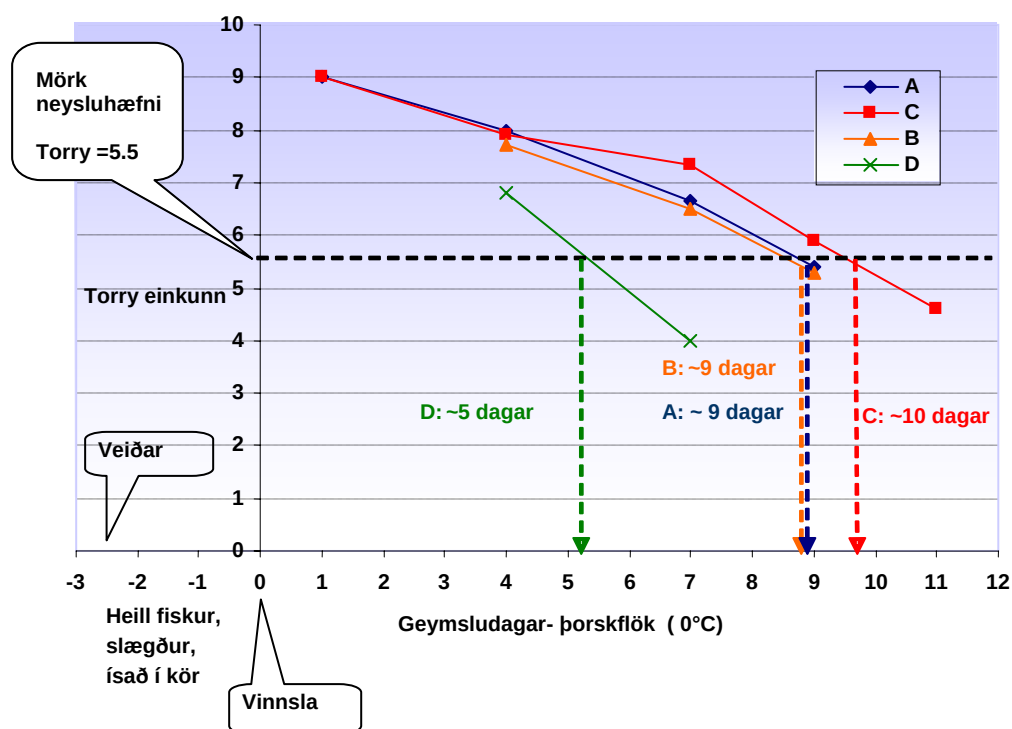


Mynd 23. Hitastig við geymslu. Hópur B (hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3ja degi) og D (óísað hráefni + hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3ja degi)

5.1.2. Skynmat

Samanburður á hópum A (hefðbundin vinnslulína) og C (ný vinnslulína) sýndi að geymsluþol metið með Torry var lengra fyrir nýju vinnslulínuna og marktækur munur var á Torry einkunn milli hóps C (nýja línan) og hóps A á 7. og 9. degi (mynd 24). Hópur A var kominn niður fyrir 5,5 í Torry einkunn sem eru mörk neysluhæfni á 9. degi geymslutíma og þannig teljast flök samkvæmt hefðbundnu vinnslunni hafa um 12 daga geymsluþol frá veiði, en með roðkælingu 13 daga frá veiði. Þar af var fiskurinn geymdur um 3 daga ísaður heill. Lengra geymsluþol flaka unnum í roðkælilínu verður vegna þess lága hitastigs ($-0,9$ til $-1,4^{\circ}\text{C}$) sem helst í flökunum allan vinnslutímann og áfram við geymslu.

Hópar A og B eru með tæplega 9 daga geymsluþol skv. skynmati. Aðrar mælingar á skemmdarferli eins og örverumælingar (myndir 25-28), TVN (mynd 30) og rafnefsmælingar (myndir 31 og 32) sýndu örlítið hægara skemmdarferli í hóp A en hóp B eins og við mátti búast. Hópur D (óísað hráefni í upphafi) skemmdist mjög hratt. Áhrif hitastigssveiflu sem flök úr hóp D urðu fyrir, bæði sem óísaður heill fiskur í upphafi og flök á 3. geymsludegi (16°C í 8 klst) urðu til þess að þau flök geymdust einungis í um 5 daga.



Mynd 24. Niðurstöður skynmats skv. Torrey einkunnaskala á þorsklökum geymd við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A), hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B), nýja línan roðkæling (hópur C) og óisað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D)

Skynmat á áferð sýndu að flök unnin með nýju línunni var mýkra, safaríkara, meyrara en hin sýnin á degi 7 eftir flökun.

5.1.3. Örverumælingar

Örverufræðileg gæði hráfnisins sem var unnið á hefðbundinn hátt voru ásættanleg (7.400 kuldaþolnar bakteríur/g eða log 3,9/g) eftir 1 dags kæligeymslu, en heildarörverufjöldi hráfnisins sem fór í pækil og var roðkælt var úfalt hærri (tæplega log 5/g). Þar sem hráefnið var úr sama holi og geymt á sama hátt bendir þessi munur til þess annars vegar að örverufræðileg gæði pækilsins voru ekki nægilega góð eða hins vegar að skolun flakanna sem átti sér stað við roðflettingu í Baader vélinni hefur leitt til lækkunar á heildarörverufjöldanum. Mikilvægt er að tryggja að pækillinn eigi ekki þátt í að menga flökin enn frekar.

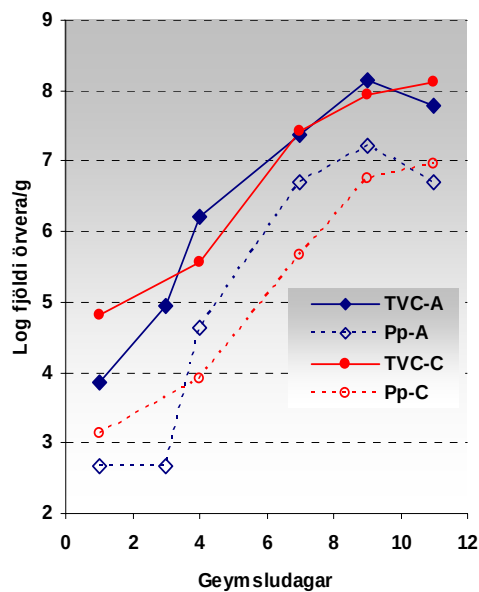
Þegar A og C hóparnir eru bornir saman kemur í ljós að hægari vöxtur örveruflórunnar (TVC) á sér stað í C hópnum (roðkæling), þ.e. fjölgun um 1 log/g á 3 dögum á meðan hópur A (hefðbundinn vinnsla) fjölgaði um rúmlega 2 log/g (mynd 25). Þessu mátti búast við þar sem hitastigsmunur var á hráefninu eftir roðflettingu rétt fyrir pökkun: um 6°C fyrir A, en -0,9°C fyrir C (sjá meðaltöl hitaskráninga í töflu 11). Á 7. degi var minni munur (um 0,5°C lægra hjá C) á hitastigi milli A og C hópanna og heildarörverufjöldi beggja hópanna náði log 7,4/g. Þegar fjöldi sérhæfðra skemmdarörvera er skoðaður fyrir þessa hópa kemur í ljós að um svipaðan fjölda var að ræða á 1. degi geymslutímans, þó aðeins hærri fyrir C (log 3-3,5/g). *Pseudomonas*

fjöldi var aðeins hærri en fjöldi H₂S-myndandi örvera (mynd 26) og *Photobacterium phosphoreum* (mynd 25). Þó að heildarörverufjöldinn væri svipaður var vöxtur sérhæfðra skemmdarörvera hægari í C hópnum, en *P. phosphoreum* varð ríkjandi (um 1 log/g hærri fjöldi) meðal skemmdarörvera hjá báðum hópnum. Það er áhugavert að benda á að hlutfall *P. phosphoreum* af heildarörverufjölda var hærri í A-hópnum (21% vs. 2% fyrir C) á 7. degi, en þessi munur varð minni við frekari geymslu. Hugsanlegt er að þessi munur stafi af viðkvæmni þessarar bakteríutegundar við snögga kælingu í roðkælingu, sem getur leitt til "cold shock"/frumuskemmda, hægari vaxtar fruma eða dauðsfalls. Annars var þróun *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera svipuð í hópum A, B og C á meðan á geymslu stóð.

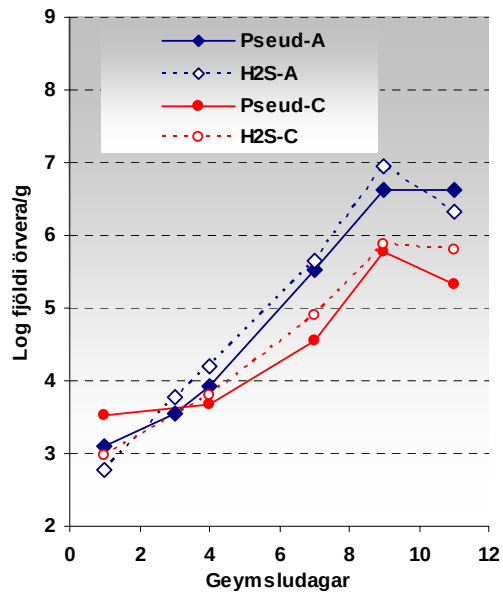
Tilgangur með hópum B og D var að meta áhrif slæmrar hitameðferðar fyrir eða/og eftir vinnslu á vöxt sérhæfðra skemmdarörvera (Myndir 27 og 28). Hópur B var unninn á hefðbundinn hátt og var geymdur í kæli strax eftir pökkun, en á 3. degi stóðu kassarnir við 16°C í 8 klukkustundir. Hópur D fékk einnig sömu hitameðferð eftir pökkun, nema að hráefnið var geymt óísað í kæligeymslu Tanga frá degi 0 um tíma þar til það var fært eftir vinnudaginn í vinnslusalinn og geymt þar yfirnótt við ca 15°C. Þar af leiðandi var heildarörverufjöldi í flökunum á 3. degi um 2 log/g hærri í D-hópnum, og hitastig í flökunum efst í kassanum um 4°C í stað fyrir 1°C hjá B-hópnum. Heildarörverufjöldi varð um log 8/g í báðum hópnum við höfnun skynmathópsins. *P. phosphoreum* tilheyrði stórum hluta örveruflóru D-hópsins á 3. deginum (1. sýnatökudagur fyrir D) í samanburði við hóp B. Um svipaðan fjölda *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera var að ræða í B og D hópnum á 3. geymsludegi. Þessar niðurstöður benda til þess að slæm meðhöndlun hráefnisins, m.t.t ónægilegrar ísunar og kælingar, virðist sérstaklega ýta undir vöxt *P. phosphoreum* í hráefninu.

Mynstur vaxtarþróunar H₂S-myndandi örvera var þó öðruvísi í D-hópnum, þar sem snögg fjölgun átti sér stað eftir 4. dag, hugsanlega vegna hitameðferðarinnar. En frekari skoðun vaxtarlínu *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera úr D-hópnum og samanburður við þróun sömu baktería í B-hópnum gefur til kynna að einhver hindrandi áhrif voru til staðar. Til að mynda náðu *Pseudomonas* tegundir ekki að fjölga sér eins hratt í D-hópnum þrátt fyrir hitasveiflurnar fyrir og eftir vinnslu. Hér gæti verið um örverusamkeppni (bacterial interactions) að ræða vegna næringarefna og/eða myndunar hindrandi efna. Vegna mikils fjölda *P. phosphoreum* (log 6/g) í D-hópnum á 3. degi í samanburði við B-hópinn (log 2,7/g) er hugsanlegt að þessi bakteríutegund hafi veitt hinum tegundum harða samkeppni, og þannig haldið þeim í lágmarki.

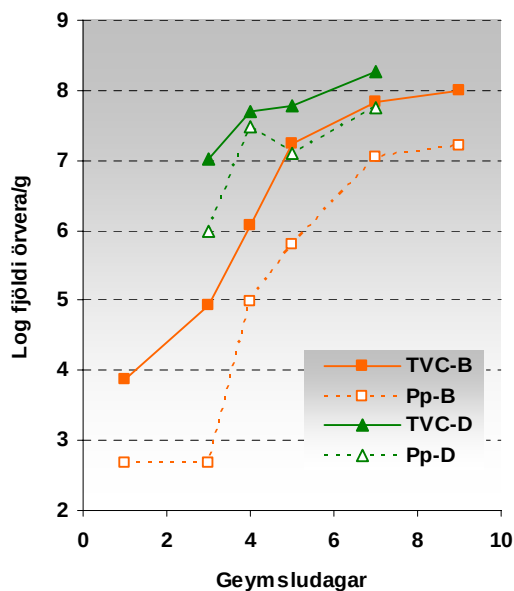
P. phosphoreum óx aðeins hraðar í B-hópnum en í A-hópnum, eins og fjöldinn sýnir á 4. degi eftir hitameðhöndlun B-hópsins. Eins og í A-hópnum var þróun *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera svipuð á fyrstu 7 dögum geymslutímans, en gerðist þó aðeins hraðar í B-hópnum vegna hitameðhöndlunar.



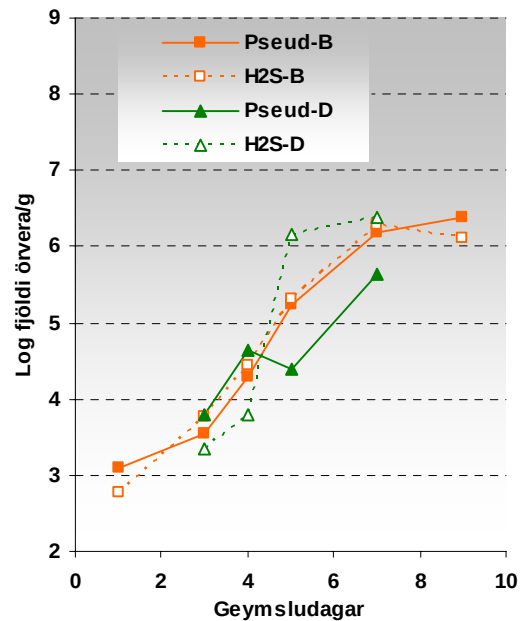
Mynd 25. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í þorsklökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) borið saman við nýju línuna (roðkæling, hópur C)



Mynd 26. Fjöldi *Pseudomonas* og H₂S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) borið saman við nýju línuna (roðkæling, hópur C)



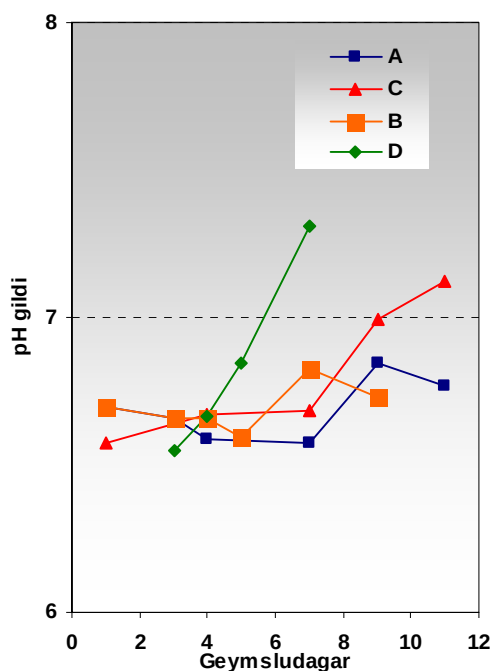
Mynd 27. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í þorsklökum geymdum við 0°C; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi)



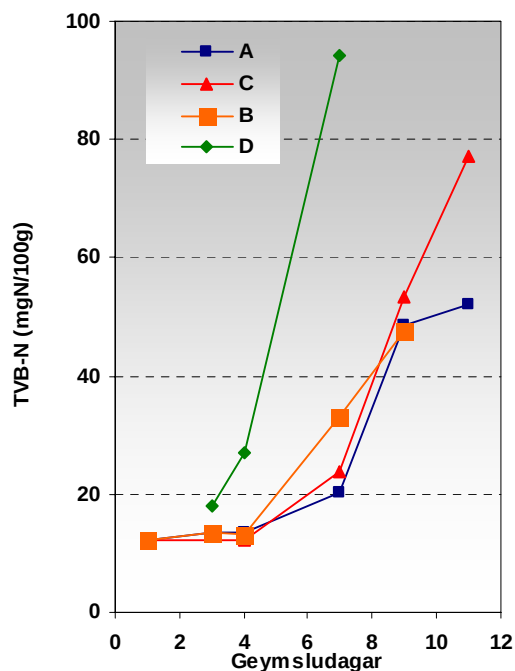
Mynd 28. Fjöldi *Pseudomonas* og H₂S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum við 0°C; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi)

5.1.4. Efnamælingar

TVB-N myndun og hækkun pH var mest í hópi D, sem er með 5 daga geymslupól frá pökkun. Hópar A og B eru með tæplega 9 daga geymslupól (frá pökkun) skv. skynmati, en hér má sjá að á 7. degi er bæði TVB (mynd 30) og pH hærra í hópi B (mynd 29).



Mynd 29. Sýrustig (pH) þorsklaka geymd við 0°C. Hópur A: hefðbundin vinnsla, hópur B: hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3. degi, hópur C: roðkæling og hópur D: óísað hráefni + hitasveifla á 3 degi



Mynd 30. TVB-N gildi þorsklaka geymd við 0°C. Hópur A: hefðbundin vinnsla, hópur B: hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3. degi, hópur C: roðkæling og hópur D: óísað hráefni + hitasveifla á 3 degi

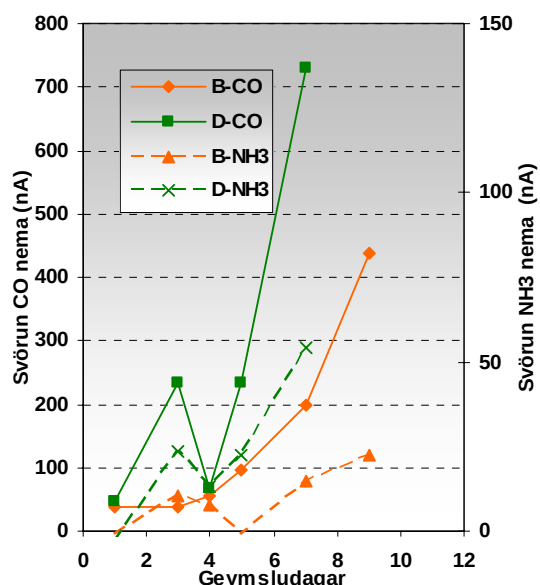
Athyglisvert er að sjá hversu hratt TVB og pH hækkar í hópi C eftir 7. dag en þá var hitastigið í flökunum komið yfir 0°C. Hærra gildi fyrir TVB og hærra sýrustig við lok geymslupóls í hópi C samanborið við A og B hópana er erfitt að rökstyðja út frá örverusamsetningu þessara hópa, sem virðist ekki vera svo frábrugðin á þessum tímapunkti (sjá töflu 14). Hins vegar eru niðurstöður mælinga rafnefsins í samræmi við TVB og pH niðurstöðurnar þar sem NH_3 nemi rafnefsins sýnir að svörun er hærri fyrir hóp C en A (sjá 5.1.5.).

5.1.5. Rafnefsmælingar

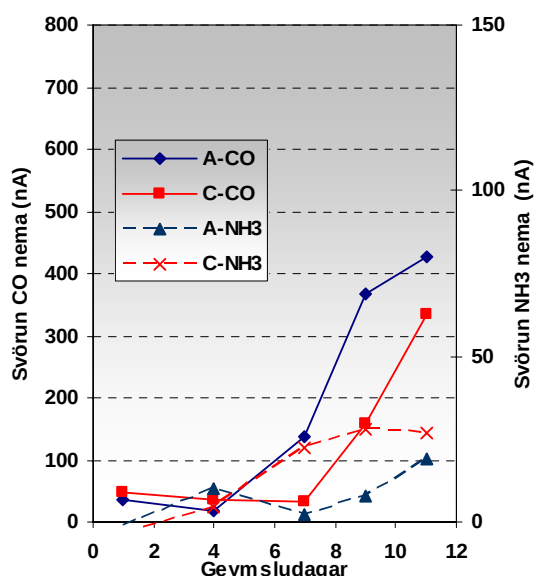
Rafnefið greinir rokgjörn niðurbrotsefni sem myndast vegna örveruvaxtar. CO neminn greinir einkum alkóhól, aldehyð og estera sem eru myndefni vegna örveruvaxtar og svörun nemanna er þannig góð vísbending um vöxt skemmdarörvera, einkum

Pseudomonas tegunda. NH_3 neminn greinir eingöngu ammoníak og amín efni og svörun þessa nema er því vísbending um að TMA myndandi örverur séu til staðar.

Hærri svörun bæði CO og NH_3 nemanna fyrir hóp B (mynd 31) miðað við hóp A (mynd 32) bendir til að hitasveifla í ferlinum hjá hópi B auki skemmdarhraðann. Þessi munur er ekki marktækur með skynmati, en rafnefið sýnir að munur er á milli hópa A og B.



Mynd 31. Svörun CO og NH_3 skynjara rafnefsins við þorsklökum unnin á hefðbundinn hátt og geymd við 0°C ; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi)



Mynd 32. Svörun CO og NH_3 skynjara rafnefsins við þorsklökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt, hópur A, borið saman við nýju línuna (roðkæling), hópur C

Niðurstöður rafnefsmælinga sýna einnig að skemmdarferlið er hægst með roðkælingu (hópur C) (myndir 32). Ljóst er að lægra hitastig í flökum í hóp C hefur afgerandi áhrif til að hægja á skemmdarferlinu. Svörun CO nema rafnefsins er hærri fyrir hefðbundnu vinnsluna (hópur A) en fyrir roðkælinguna, sem bendir til þess að skemmdin sé hraðari í hefðbundnu vinnslunni (mynd 32). Örveruniðstöður eru í góðu samræmi við þessar niðurstöður og fjöldi skemmdarörvera þ.e. *Pseudomonas*, *P. phosphoreum* og H_2S -myndandi örvera er hærri í A en C (sjá myndir 25 og 26).

Athyglisvert er að NH_3 neminn sem greinir eingöngu ammoníak og amín efni, sýnir hins vegar hærri svörun fyrir roðkælinguna, sem bendir til þess að þær örverur sem vaxa þar séu virkir framleiðendur á TMA eða NH_3 . Niðurstöður TVN mælinga sýna einnig að magn TVN í hóp C er herra en í hóp A (mynd 29).

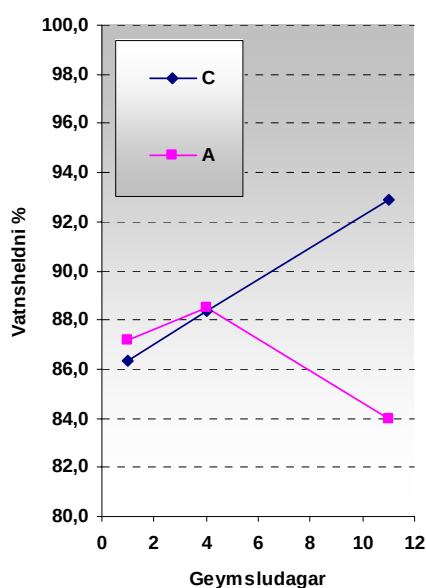
Rafnefsmælingarnar sýna að hópur D (óísað hráefni í upphafi) skemmist hraðast eins og búast má við og geymslupól þess hóps er einungis um 5 dagar samkvæmt skynmati. Lægri svörun nemanna á degi 4 (mynd 31) má skýra með því að vegna hitasveiflunnar í lok dags 3 verði breyting á örveruflórunni. H_2S -myndandi örverur ná sér á strik á kostnað

Pseudomomas tegunda (sbr. mynd 28) og myndun niðurbrotsefna þeirra örvera kemur fram sem aukin svörun skynjara á 5. degi og síðan veruleg aukning á 7. degi.

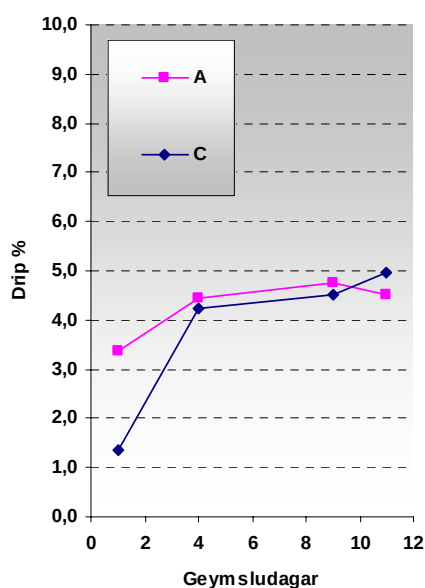
5.1.7. Drip- og vatnsheldnimælingar

Búið var við að roðkælingin gæti leitt til frekara vatnstaps/drips við kæligeymslu, en annað kom í ljós. Vatnsheldni í hópi C jókst með geymslutíma (mynd 33), sem er ólíkt hefðbundnum flökum, en lítill munur var á dripi í hópi A og C nema í upphafi geymslutíma en þá voru flök úr hópi C enn undir 0°C (mynd 34). Aukning vatnsheldni hjá hópi C gæti verið vegna áhrifa þækilsins sem hugsanlega hvetur vatnsupptöku í fiskvöðvanum við geymslu, en fyrir roðkælingu var flökunum dýft í þækil. Líklegt er að hluti þækilsins sé tekinn upp í vöðvann eftir að hitastig flakanna hækkar yfir 0°C.

Erfitt er að meta með vissu raunverulegt vatnstap eftir kæligeymslu, en nákvæmari mælingar við vinnslu (þyngdaraukning flaka eftir þæklun) og eftirfylgni flaka með dripmælingum við kæligeymslu myndu leiða í ljós hvað er raunverulega að gerast.



Mynd 33. Vatnsheldni í þorskflökum eftir mismunandi geymslutíma. Hópur A: unnið á hefðbundinn hátt. Hópur C: roðkæld



Mynd 34. Drip í þorskflökum eftir mismunandi geymslutíma. Hópur A: unnið á hefðbundinn hátt. Hópur C: roðkæld

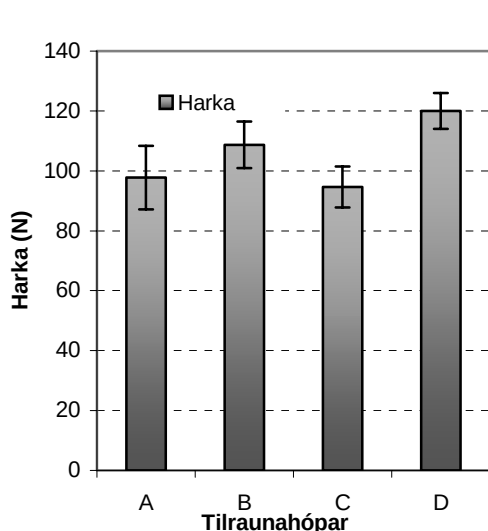
5.1.6. Áferðarmælingar

Mælingar með áferðamæli voru gerðar á 4. degi geymslu flaka og sýna að áferðarþættir þ.e. harka, samloðun og fjöðrun voru mjög svipaðir (tafla 12 og myndir 35 og 36) fyrir flök (A og C) sem unnin voru með gömlu og nýju vinnslulínunni. Hins vegar kom fram munur á hinum hópunum sem orðið höfðu fyrir hitasveiflum og sýndu hópar B og D

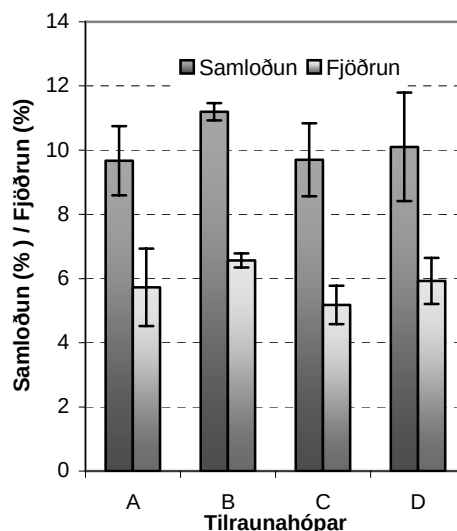
meiri hörku og hópur B meiri samloðun og fjöðrun. Niðurstöður hópa A og C voru í samræmi við mælingar Rf á nýjum ferskum fiski.

Tafla 12. Áferðamælingar með tækjum á þorskflökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A), hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B), nýja línán roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D).

Áferðareiginleiki	A	B	C	D
Harka (N)	97,8	108,7	94,6	120,0
Samloðun (%)	9,7	11,2	9,7	10,1
Fjöðrun (%)	5,7	6,6	5,2	5,9



Mynd 35. Niðurstöður áferðarmælinga með tækjum á hörku þorskflaka geymdum við 0 °C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B) , nýja línán roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D)



Mynd 36. Niðurstöður áferðamælinga með tækjum á samloðun og fjöðrun þorskflaka geymdum við 0 °C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) , hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B), nýja línán roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D)

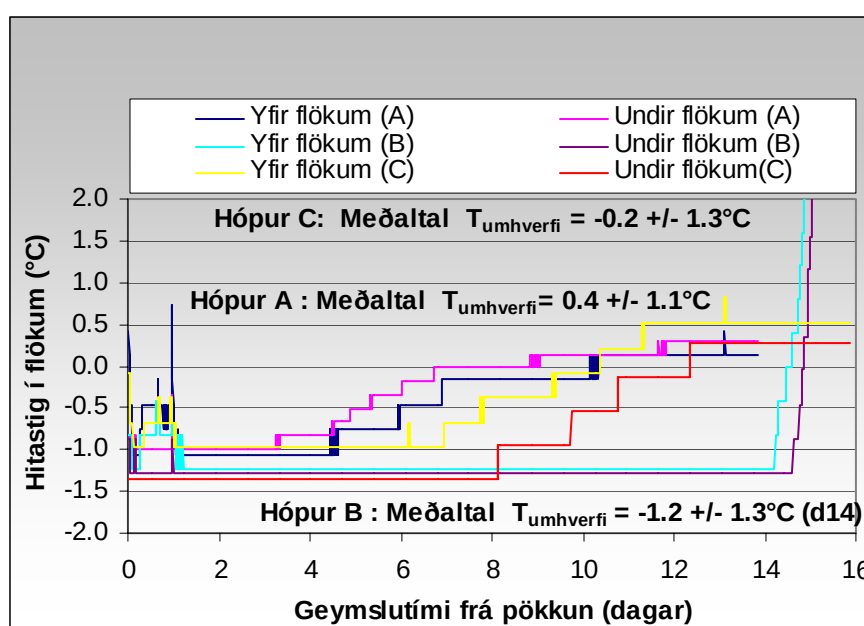
5.2. Niðurstöður geymslupólsrannsókna í Tanga í desember 2003

Í seinni tilraun sem fór fram hjá Tanga í desember 2003 var markmiðið að rannsaka áhrif hitastigs og hitasveiflna í geymslu eftir pökkun á þorskflökum sem unnin voru í roðkælinu. Lögð var áhersla á að kanna áhrif þess að halda geymsluhita undir 0°C.

5.2.1 Hitastigsmælingar

Hitastig í flökum geymdum við $-1,5^{\circ}\text{C}$ (hópur B) hélst mjög stöðugt allan geymslutímann, en í hópi A sem geymdur var við $0,5^{\circ}\text{C}$ fór hitinn að hækka eftir um 4 daga frá pökkun og fór yfir 0°C eftir 9-10 daga frá pökkun. Hópur C var færður úr $-1,5^{\circ}\text{C}$ geymslurými yfir í $0,5^{\circ}\text{C}$ á 7. degi. Eins og sést á mynd 37 fór hitinn yfir flökunum (gula línan) að hækka strax eftir það, á meðan undirkælingin hélst lengur í flökunum neðst (rauða línan) í kassanum.

Lok geymslutímans voru á 14. degi en ekki var unnt að ákvarða lok geymslupols fyrir hóp B, sem ekki hafði verið dæmdur ónýtur á degi 14. Vegna mistaka var kælihermirinn skilinn eftir opinn á 14. degi, og þess vegna náðist ekki að meta fiskinn og ákvarða nákvæmleg geymslupól fyrir hóp B eftir það.



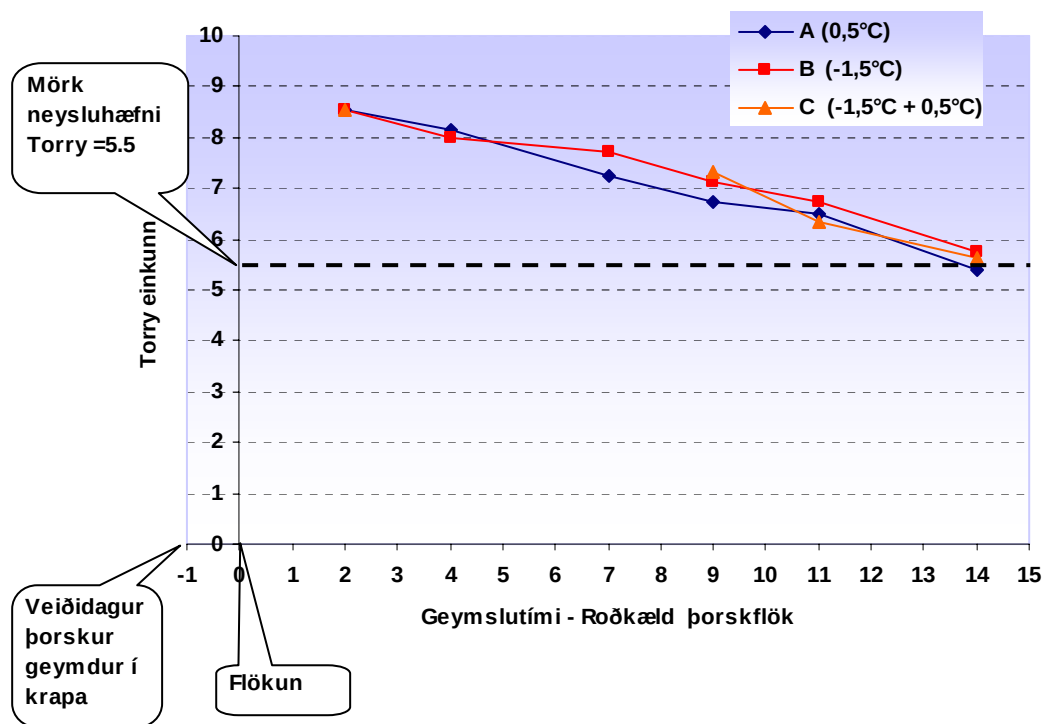
Mynd 37. Hitastig í roðkældum flökum geymdum við mismunandi hitastig Hópur A: 0.5°C , hópur B: -1.5°C og hópur C: -1.5°C en færður í 0.5°C á 7 geymsludegi

5.2.2. Skynmat

Flök geymd við $-1,5^{\circ}\text{C}$ fengu marktækt hærri einkunn fyrir ferskleika á 7. og 9. degi en flök geymd við $0,5^{\circ}\text{C}$. Flökin geymdust um 13 daga í kæli (A) eftir pökkun en flök geymd við $-1,5^{\circ}\text{C}$ allan geymslutímann voru enn yfir mörkum neysluhæfni á 14. degi. Flök sem voru flutt úr $-1,5^{\circ}\text{C}$ geymslu á 7. degi geymslutímans yfir í $0,5^{\circ}\text{C}$ voru dæmd óhæf til neyslu á 14. degi (mynd 38).

Áhugavert er að bera saman raunverulegan geymslutíma hópanna þegar þeir fá t.d. einkunn 7, en þá er ferska sæta bragðið horfið og fiskurinn orðinn hlutlaus. Hópur A náði þessari einkunn eftir 8 daga geymslu, en það tók 10 daga fyrir hópa B og C. Þetta sýnir að geymsla roðkældra flaka við undirkælingu ($-1,5^{\circ}\text{C}$) lengir sölutíma neysluhæfra flaka um allavega 2 daga.

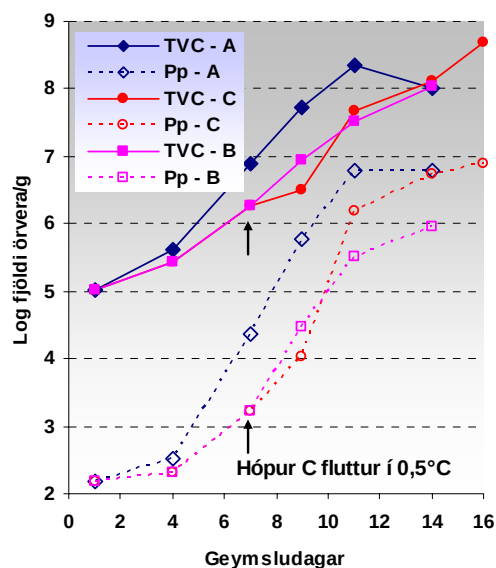
Lítill munur var á áferðarmati milli hópa sem geymd voru við mismunandi hitastig nema á 7. degi en þá voru flök geymd við -1,5°C marktækt mýkri og meyrari en flök geymd við 0,5°C.



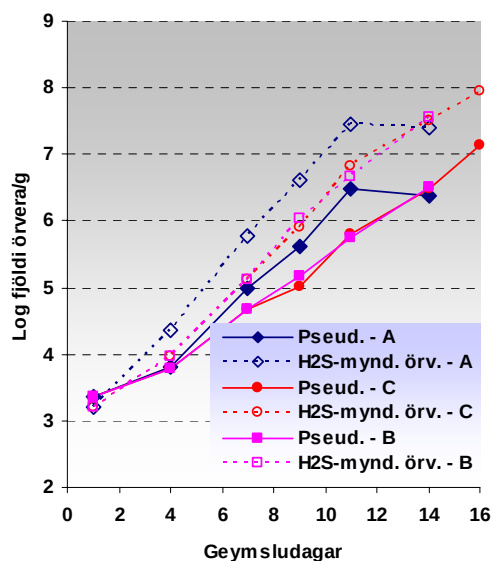
Mynd 38. Skynmat á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C. Hópur B: geymd við -1,5°C. Hópur C: geymd við -1,5°C til 7. geymsludags og þá flutt í 0,5°C

5.2.3. Örverumælingar

Myndir 39 og 40 sýna niðurstöður örverumælinganna. Örverufræðileg gæði roðkælda hráfnisins voru ásættanleg (107.000/g eða um log 5/g), sem sagt aðeins hærri heildarörverufjöldi en það sem fékkst í tilraun fyrr í október (64.600/g eða um log 4,8/g, sjá mynd 25). Þetta gerist þrátt fyrir að hráefnið var ekki nema dagsgamalt í seinni tilrauninni, á meðan það var unnið 2,5 daga eftir veiði í fyrri tilraunina. Nauðsynlegt er að benda á að fyrir vinnslu og pökkun hráfnisins í þessari tilraun (desember) hafði vinnslan hjá Tanga verið að vinna eldra hráefni fyrr um morguninn. Vinnslulínan hafði verið “smurð” skemmdaröverum eldra hráfnisins og þetta sennilega skýrir þennan háa örverufjölda í seinni tilrauninni þrátt fyrir yngra hráefni. Þar af leiðandi var fjöldi H_2S -myndandi örvera (log 3,0-3,2/g) og *Pseudomonas* tegunda (log 3,5/g) sambærilegur milli tilrauna (myndir 26 og 40). Aftur á móti var fjöldi *P. phosphoreum* lægri í desember tilrauninni (log 2,2/g vs. log 3,1/g í október; sjá myndir 25 og 39). Þess vegna ber að hafa í huga að þessi vinnubrögð hafa líklega í för með sér að takmarkað geymsluþol fékkst í desember tilrauninni miðað við hvað hefði fengist við betri vinnsluáðstæður.



Mynd 39. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B og C) eftir pökkun (Hópur C fluttur í 0,5°C á 7. degi geymslutímans)



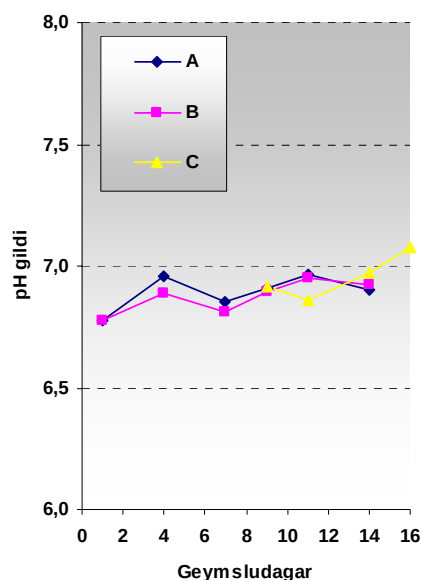
Mynd 40. Fjöldi *Pseudomonas* og H₂S-myndandi örvera í roðkældum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B og C) eftir pökkun (Hópur C fluttur í 0,5°C á 7. degi geymslutímans)

Eins og kom í ljós í fyrri tilrauninni átti roðkæling góðan þátt í að hægja á vexti skemmdarörvera vegna þess lága hitastigs (um -1°C) sem hélst í kössunum í nokkra daga (4-6 daga). Þess vegna var áhugavert að kanna skemmdarferli slíkra flaka við -1,5°C í samanburði við hefðbundnar kæliaðstæður (0,5°C). Eins og mátti búast var örveruvöxtur hægur fyrstu dagana við 0,5°C (hópur A) en þegar hitastigið fór að hækka í flökunum (á 4.-7. degi, sjá mynd 37) varð örveruvöxturinn hraðari við 0,5°C en -1,5°C. Hópur C var fluttur úr -1,5°C yfir í 0,5°C á 7. degi til að líkja eftir aðstæðum við skipaflutning. Áhrif þessarar hitastigshækkunar voru ekki greinanleg fyrir en eftir 9. dag (sennilega eftir 10. dag þegar hitastigið í flökunum fór yfir 0°C). Mynd 39 sýnir að hraðari vöxtur heildarörvera og *P. phosphoreum* (Pp) var þá greinilegur. Í raun virtist vöxtur *P. phosphoreum* hraðari á þessum tímapunkti en við 0,5°C (sjá halla vaxtarlínanna A og C) því það tók 14 daga fyrir C hópinn að ná Pp fjölda um log 6,7/g á meðan það tók hóp A um 11 daga. Vöxtur *P. phosphoreum* var miklu hægari við -1,5°C (B hópur) eftir 11. dag og var fjöldinn um log 6/g á 14. degi. Þrátt fyrir þetta hafði hátt magn af TVB (um 39 mg/100 g) myndast (mynd 42).

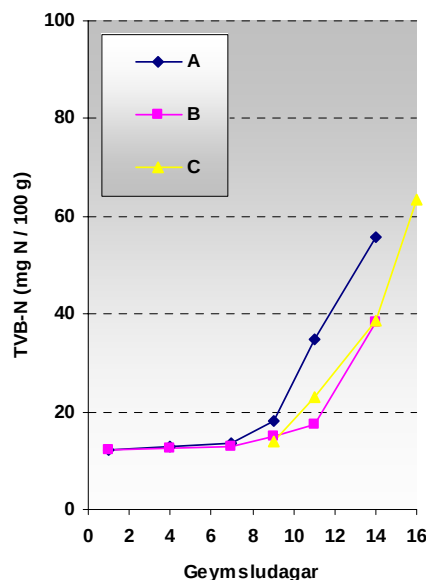
Það er athyglisvert að vaxtarhraði H₂S-myndandi örvera í hóp A var mjög stöðugur allan tímann og enginn lagfasi var til staðar í upphafi geymslutímans, sem var öfugt við hjá hinum örveruhópunum vegna áhrifa undirkælingar (myndir 39 og 40). Þetta gefur til kynna að "lífeðlisfræðileg" staða H₂S-myndandi örvera var betri (virkari) og skýrir væntalega milkilvægi þess örveruhóps í þessari tilraun þar sem óvenjulega hár fjöldi (log 7,4-7,5/g) náðist við lok geymsluþols. Ekki er hægt að fullyrða að þetta sé vegna upphaflegrar mengunar á vinnslulínunni fyrir pökkun, en möguleiki er vel fyrir hendi. Einnig má benda á að vaxtarhraði H₂S-myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda í

hópunum B og C var svipaður allan geymslutímann þrátt fyrir hækkun á umhverfishitastigi fyrir hóp C eftir 7. dag (Mynd 40). Þetta hugsanlega sýnir að undirkæling lengri en 4-7 daga getur haft veruleg áhrif á “lífeðlisfræðilegt” ástand þessara örvera og þannig haldið niðri vexti þeirra þrátt fyrir hækkandi hitastigi í flökunum (hópur C).

5.2.4. Efnamælingar



Mynd 41. Sýrurstig (pH) roðkældra þorsklaka geymd við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi

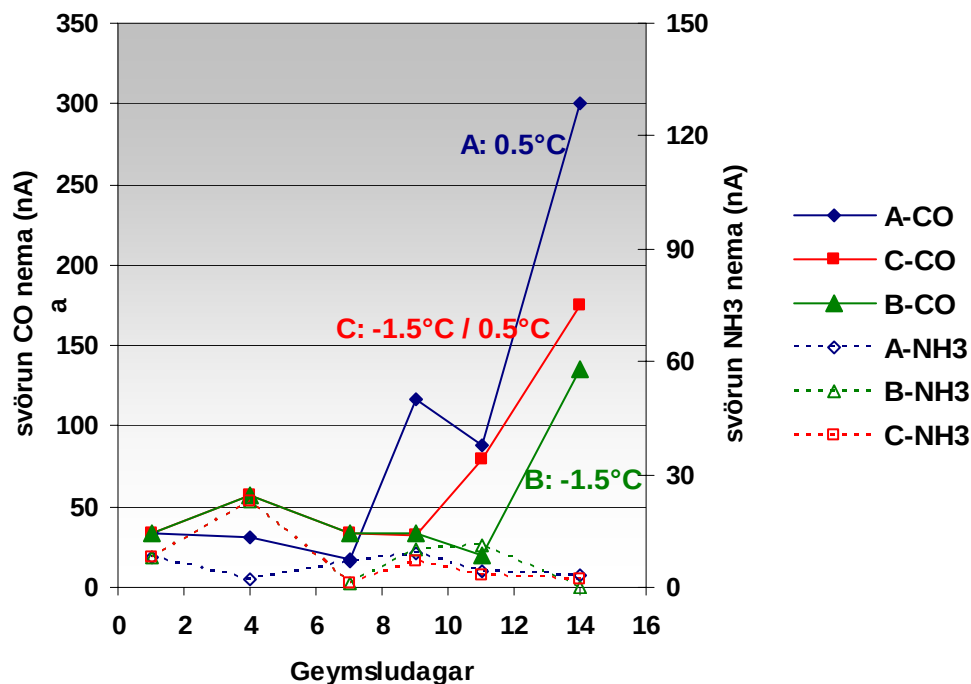


Mynd 42. TVB-N gildi roðkældra þorsklaka geymd við mismunandi hitastig Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi

TVB-N gildi hækkar mun hraðar í sýnum geymdum við 0,5°C en við -1,5°C og er komið um 35 mg N/100g á 11. degi en tveimur dögum seinna við -1,5°C (mynd 42). Í hóp C, sem hafði verið geymdur við -1,5°C fyrri helming geymslutímans og 0,5°C við seinni helminginn, sást aukning í TVB myndun eftir 9. dag. Sýrustig var mjög svipað í öllum hópum allan geymslutímann (mynd 41).

5.2.5. Rafnefsmælingar

Svörun CO skynjarans bendir til að munur sé á myndun niðurbrotsefna við mismunandi geymsluhitastig, en ekki er um marktækan mun að ræða þar sem staðalfrávik endurtekinna mælinga hvers hóps er hátt. Svörunin er minnst við flökum sem geymd eru við -1,5°C, en hæst fyrir flök sem geymd eru við 0,5°C (mynd 43). Þetta er í samræmi við niðurstöður skynmats og TVB-N mælinga. Aukning í svörun annarra skynjara rafnefsins var óveruleg sem sýnir að myndun rokgjarna brennisteinsefna og amína í þessum sýnum er ekki greinanleg með rafnefinu.



Mynd 43. Svörun CO og NH₃ skynjara rafnefs við þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi

5.2.6. Drip- og vatnsheldnimælingar

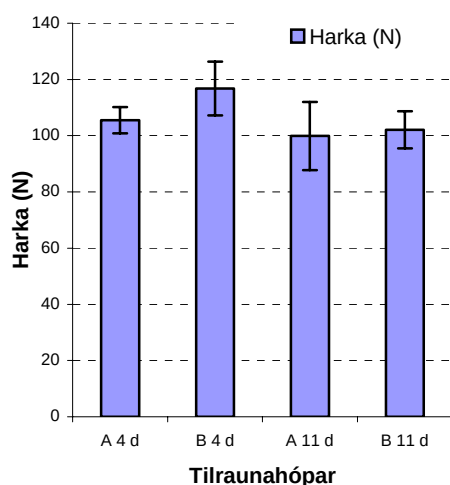
Vatnsheldnimælingar á 4. og 11. degi geymslutímans voru í samræmi við gildin sem fengust fyrir roðkældu flökun við fyrri tilraun (mynd 33) þ.e.a.s. að um 89% og 93% vatnsheldni mældist á þessum dögum fyrir flök geymd við 0,5°C. Aftur á moti jókst það hægar fyrir flök sem voru geymd við lægri geymsluhita (-1,5°C), en einungis mældist um 90% á 11. degi. Eins og lýst er í kafla 5.1.7. er þetta öfugt við það sem gerist hjá ferskum flökum þar sem vatnsheldni minnkar við lengri kæligeymslu. Vatnstapið (drip) var einnig svipað og það sem fékkst í október tilrauninni og mældist um 5-5,3%

5.2.7. Áferðarmælingar

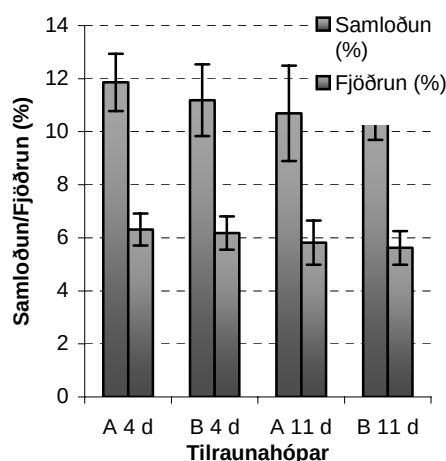
Mæld var áferð á flökum, sem dyfið hafði verið í pækil, roðkæld og pökkuð í 5 kg einingar og geymd við 0,5°C (A) og -1,5 °C (B) í 4 og 11 daga.

Tafla 13 . Áferðareiginleikar mældir með tæki á tveimur tilraunahópum A (geymdur við 0,5 °C) og B (geymdur við - 1,5°C) eftir 4 og 11 daga geymslu

Áferðareiginleiki	A (4 d)	B (4 d)	A (11d)	B (11 d)
Harka (N)	105,5	116,8	99,9	102,1
Samloðun (%)	11,9	11,2	10,7	10,6
Fjöðrun (%)	6,3	6,2	5,8	5,6



Mynd 44. Niðurstöður áferðarmælinga með tækjum á hörku þorsklaka sem geymd voru við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. degi



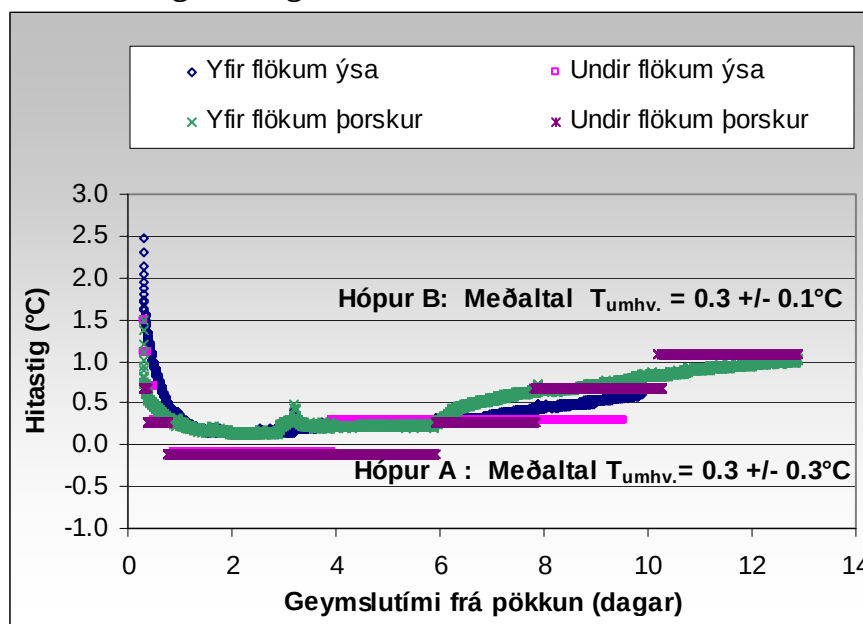
Mynd 45. Niðurstöður áferðamælinga með tækjum á samloðun og fjöðrun þorsklaka sem geymd voru við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. degi

Þegar litið er á niðurstöður mælinga á hörku í töflu 13 og mynd 44 sést að B 4d sker sig úr og sýnir hæsta gildið. Ekki kemur fram munur á hörku eftir geymsluaðferð fyrir hópana eftir 11 daga geymslu. við 0,5 °C (A) virðist hafa áhrif á í þá veru að Harkan er meiri eftir 4 daga geymslu við -1,5 °C (B) miðað við geymslu við 0,5°C en enginn munur kemur fram á milli geymsluaðferða eftir 11 daga geymslu. Varðandi mælingar á samloðun og fjöðrun (mynd 45) þá kemur ekki fram neinn afgerandi munur milli geymsluaðferða en gildin eru ívið lægri fyrir 11 daga fiskinn sem er eðlilegt þar sem skemmdarniðurbrot er hafið og innri styrkur vöðvans hefur veikst.

5.3. Niðurstöður geymslupolsrannsókna í Tros í nóvember

Í 3. tilrauninni sem hér er lýst frá Tros í nóvember 2003 var markmiðið að rannsaka gæði og geymslupól þorsk- og ýsuflaka unnum með hefðbundinni handflökunarlínu hjá Tros hf.

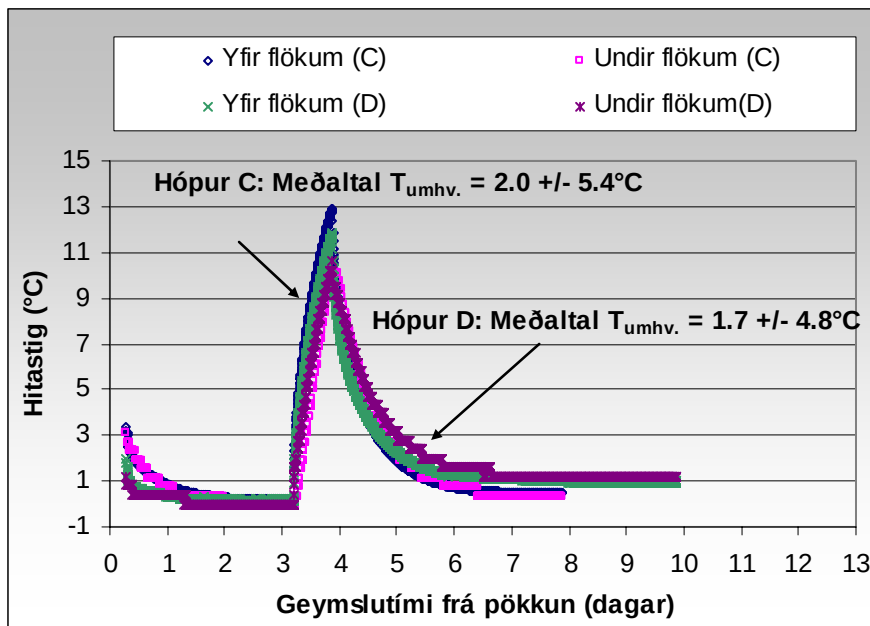
5.3.1. Hitastigsmælingar



Mynd 46. Hitastig í ýsu- (A) og þorskflökum (B)

Hiti flaka var um $1,5^{\circ}\text{C}$ - $2,5^{\circ}\text{C}$ þegar hráefnið kom á Rf og var hærri fyrir ýsuflökin. Þess má geta að þorskflökin voru unnin fyrr á deginum og geymd lengur í kæli fyrir flutning á Rf. Mynd 46 sýnir að við geymslu við $0,5^{\circ}\text{C}$ lækkaði hitinn í flökunum á 1. degi geymslutímans. Við fyrstu sýnatöku var hitastigið á bilinu $0,2$ - $0,8^{\circ}\text{C}$ í þorskflökunum, en um $0,8$ - $2,2^{\circ}\text{C}$ í ýsuflökunum. Við frekari geymslu var hitinn í þorskflökum yfirleitt lægri við hverja sýnatöku. Samt sem áður sýnir mynd 46 raunverulega hækkun á hitastigi í flökunum frá 6. degi geymslutímans þrátt fyrir stöðugt umhverfishitastig.

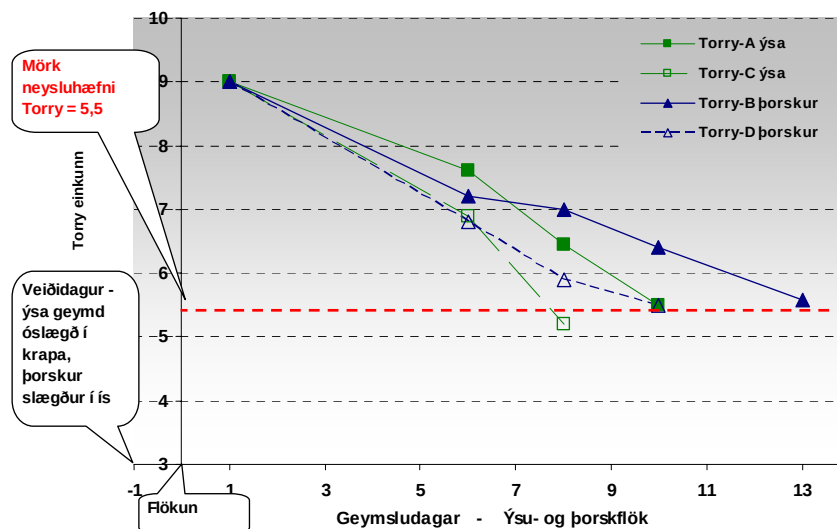
Mynd 47 sýnir hitastigið í flökunum hjá hópunum (C og D) sem voru fluttir tímabundið (16 klst.) í herbergishita á 3. degi. Hitinn náði mest 11 - 13°C í flökunum og var hærri efst í kössunum. Þar sem þorskkassarnir innihéldu meira magn ($3,1$ - $3,8$ kg vs. $2,4$ - $2,8$ kg fyrir ýsuflökin) vegna stærri stærðar flaka breyttist hitastigið aðeins hægar í þeim kössunum á meðan og eftir hitasveifluna, eins og sést á myndinni. Eftir hitasveifluna náðist ekki að kæla flökin niður fyrir 1°C þrátt fyrir að umhverfishitinn var jafn lágur og í upphafi geymslunnar.



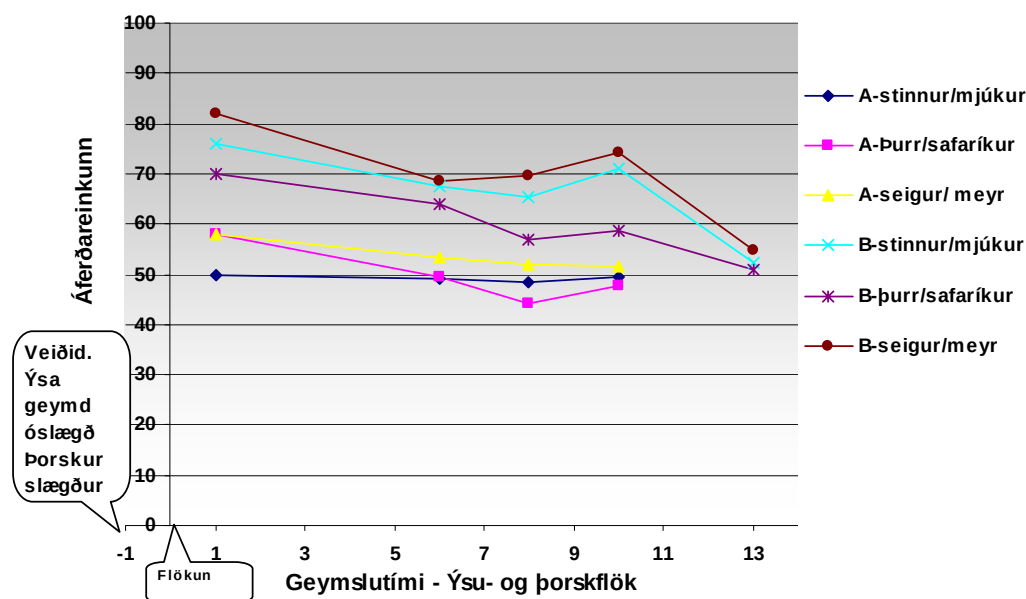
Mynd 47. Hitastig í ýsu- (C) og þorskflökum (D) með hitasveiflu í umhverfishitanum

5.3.2. Skynmat

Mynd 48 sýnir að hitasveiflur hafa áhrif á skemmdarhraða og stytta geymsluþol bæði þorsk- og ýsuflaka. Þorskflökin hafa 14 daga geymsluþol frá veiði og vegna hitasveiflunnar á 3. geymsludegi minnkar geymsluþolið í um 11 daga frá veiði. Ýsuflökin hafa mun styttra geymsluþol eða um 11 daga frá veiði og flökin sem verða fyrir hitasveiflu hafa um 9 daga geymsluþol.



Mynd 48. Skynmat á þorsk- og ýsuflökum eftir Torry-einkunnaskala. Hópur A: Ýsa geymd við 0°C; hópur B: Þorskur geymdur við 0°C; hópur C: Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi yfir 16 klst. tímabil; hópur D: Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi. (B og D grænt = þorskur; A og C blátt = ýsa; brotin lína fyrir hitasveiflu)



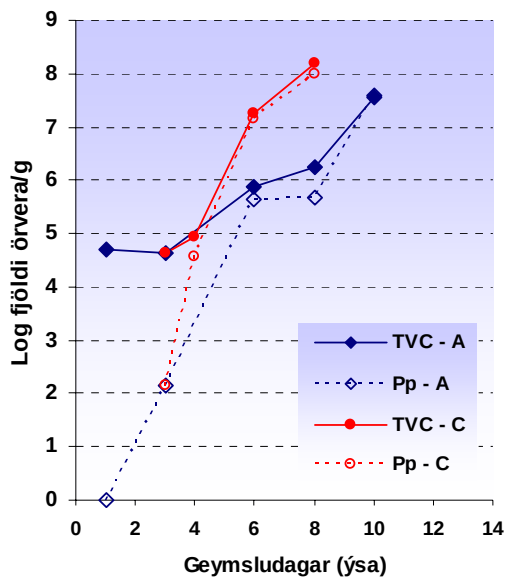
Mynd 49. Áferðarmat á þorsk- og ýsuflökum samkvæmt QDA-aðferð. Hópur A: Ýsa geymd við 0°C; hópur B: Þorskur geymdur við 0°C

Á mynd 48 má sjá hvernig einkunnir fyrir mismunandi áferðarþætti breytast með geymslutíma. Í upphafi geymslutímans eru ýsu- og þorsklökin stinnust og fá einkunnir 75 til 85 en í lok geymslutímans eru einkunnir fyrir þennan þátt á bilinu 50 til 55. Lítil breyting er á þáttunum þurr/safaríkur og seigur/meyr yfir geymslutímann í ýsuflökum. Þorskurinn er mun safaríkari en ýsan í upphafi geymslutímans og fær um 70 að meðaltali og fer niður í um 50 í lok geymslutímans.

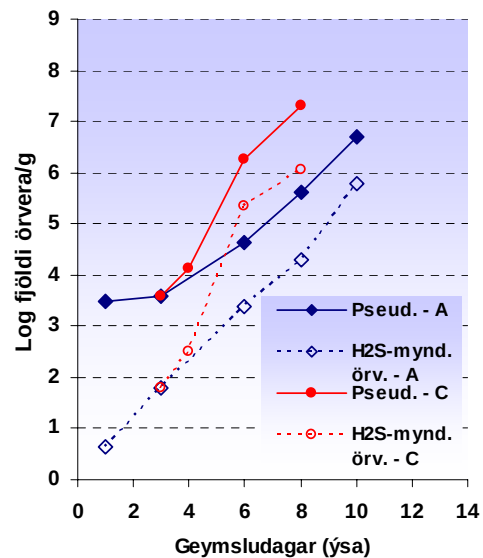
5.3.3. Örverumælingar

Við upphafsmælingu á örverufræðilegum gæðum hráefnisins kom í ljós að þorsklökin höfðu mun minna heildarmagn örvera (TVC), að meðaltali 17.000 kuldaþolnar örverur/g eða log 4,2/g, en ýsuflökin innihéldu aðeins meira magn heildarörvera með 52.500 kuldaþolnar örverur/g eða log 4,7/g eftir eins dags geymslu í frauðplastkössum (myndir 50 og 52). H₂S-myndandi örverur voru í litlu magni (log 0,7/g) í ýsu borið saman við *Pseudomonas* tegundir (log 3,5/g) (mynd 51). *P. phosphoreum* greindist ekki í ýsu á 1. geymsludegi.

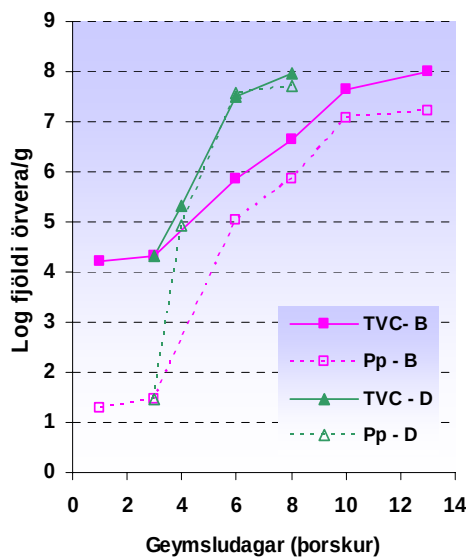
Borið saman við þorskin frá Tanga í október 2003 má sjá að þrátt fyrir aðeins hærra heildarmagn örvera (TVC) í Tros hráefninu var upphafsfjöldi sérhæfðra skemmdarörvera (SSO) aðeins lægri, en hlutfallslegur fjöldi var svipaður í hverjum örveruhópi. Í Tanga hráefninu voru *Pseudomonas* tegundir í meira magni (log 2,8/g), þá komu H₂S-myndandi örverur (log 2,3/g) og síðan *P. phosphoreum* (log 1,3/g).



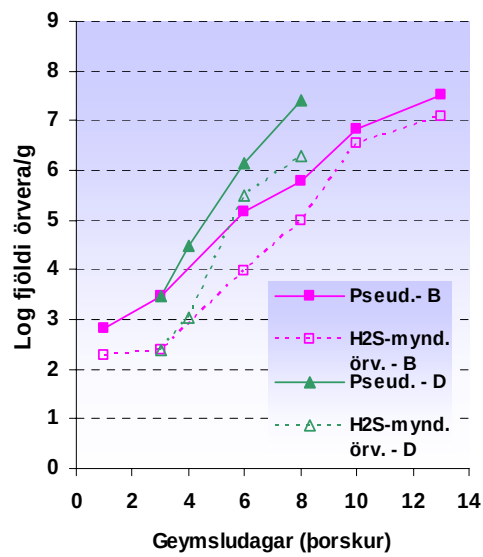
Mynd 50. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í ýsuflokum geymdum við 0 °C (A) og við 0 °C og hitasveflu á 3. geymsludegi (C) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)



Mynd 51. Fjöldi *Pseudomonas* og H2S-myndandi örvera í ýsuflokum geymdum við 0 °C (A) og við 0 °C og hitasveflu á 3. geymsludegi (C) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)



Mynd 52. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í þorsklökum geymdum við 0 °C (B) og við 0 °C og hitasveflu á 3. geymsludegi (D) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)

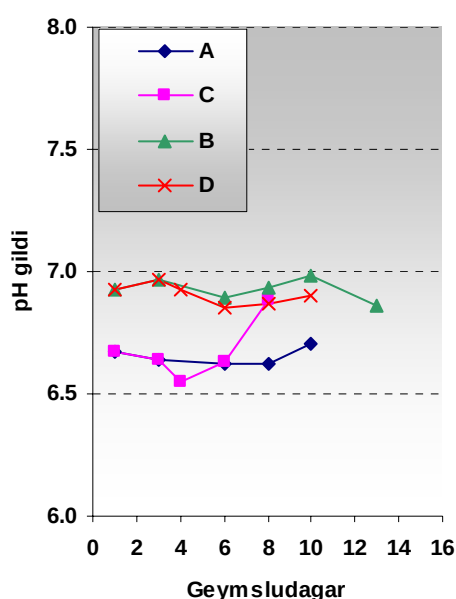


Mynd 53. Fjöldi *Pseudomonas* og H2S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum við 0 °C (B) og við 0 °C og hitasveflu á 3. geymsludegi (D) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)

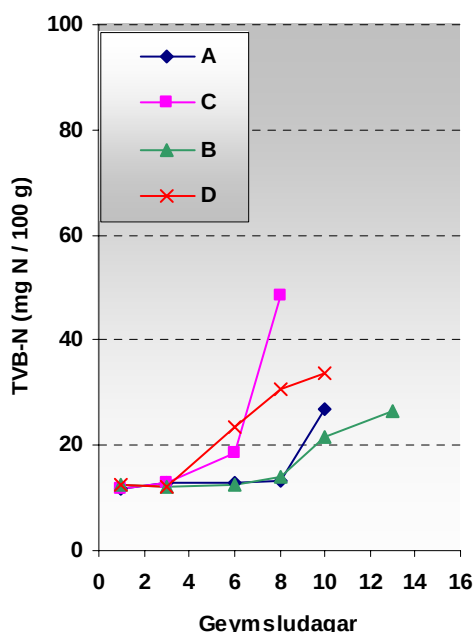
Hitasveiflur á 3. degi koma vel fram í örveruvexti (sjá myndir 50-53). Í þorsklökum sem voru geymd í kæli allan tímann (hópur B) jókst örverufjöldi jafnt og þétt og þegar geymslupól þraut samkvæmt skynmati höfðu allar örverutegundir náð miklum fjölda (log 7,1-7,5/g). Í flökum sem urðu fyrir hitasveiflum (hópur D), jókst fjöldi *P.*

phosphoreum mjög hratt. Það hafði náð svipuðum fjölda og heildarmagn örvera (TVC) á 6. degi og var þannig ríkjandi í örveruflórunni, en *Pseudomonas* tegundir náðu svipuðum fjölda seinna, á 10. degi. Ýsuflökin skemmdust hraðar en þorsflökin og orsök þess var hærra hitastig í flökunum eftir þökkun og mjög hraður vöxtur *P. phosphoreum* bæði í kældum (A) og þeim sem urðu fyrir hitasveiflu (C). Fjöldi *P. phosphoreum* hafði náð svipuðum fjölda og heildarmagn örvera (TVC) á 6. degi í báðum hópunum, og varð því ríkjandi meðal skemmdarörvera. Við lok geymslupóls tilheyrðu *Pseudomonas* tegundir 15% af skemmdarflórunni en H₂S-myndandi örverur voru í mun minna magni (1-2%).

5.3.4. Efnamælingar



Mynd 54. Sýrustig (pH) þorsk- og ýsuflaka. Hópur A : Ýsa geymd við 0°C, hópur B : þorskur geymdur við 0°C, hópur C : Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi, hópur D : Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi



Mynd 55. TVB-gildi þorsk og ýsuflaka. Hópur A: Ýsa geymd við 0°C, hópur B: þorskur geymdur við 0°C, hópur C: Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi, hópur D: Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi

Myndir 54 og 55 sýna að það voru litlar breytingar á sýrustigi og TVB myndun við geymslu á ýsuflökum (A). Eftir 8. dag var þó hækkun á TVB í samræmi við hækkun á sýrustigi. Þetta samsvarar hraðari aukningu á fjölda skemmdarörvera (Pp, H₂S-myndandi og *Pseudomonas* tegunda (myndir 50 og 51)) frá 8. degi. Einnig jókst TVB myndun frá 8. degi í þorsflökum þ.e. þegar skemmdarörverur (Pp og *Pseudomonas* tegundir) voru komnar yfir log 6/g. Ekki urðu miklar breytingar í sýrustigi þó að sveiflur væri greinanlegar. Hitastigshækkun á 3. degi olli því greinilega að TVB jókst mun hraðar bæði í ýsu- og þorsflökum (hópar C og D). Líkt og við kældar aðstæður voru sýrustigsbreytingar í ýsuflökunum (C) í

samræmi við myndun TVB. Vatnstapið á geymslutímanum var minna í ýsuflökum, um 1,3% á 10. degi, á meðan 1,5-2,0% mældist í þorskflökunum.

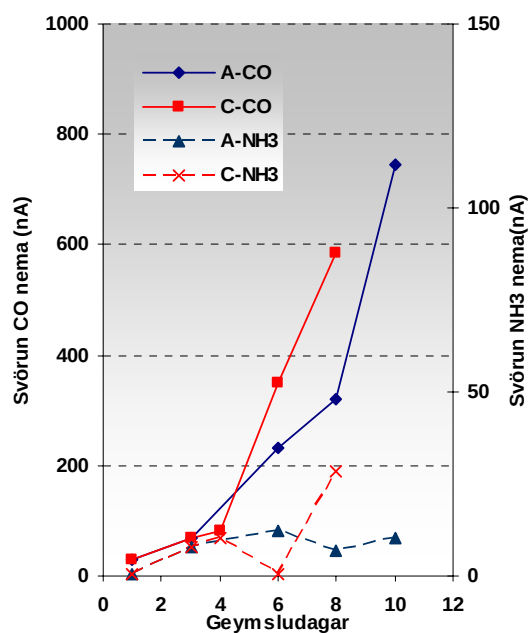
5.3.5. Rafnefsmælingar

Myndir 56 og 57 sýna að svörun rafnefsins er hærri í bæði þorsk og ýsuflökum sem verða fyrir hitasveiflu á 3. geymsludegi, miðað við þá hópa sem geymdir eru allan geymslutímann við sama lága hitastigið. Veruleg aukning er mæld í svörun bæði CO og NH₃ nemans á 6. geymsludegi. Örveruflóran virðist þurfa nokkra daga eftir hitasveifluna til að ná upp virkni í myndun niðurbrotsefna eins og sést á því að á 4. degi minnkar svörunin í þorskflökunum, en á 6. degi er greinilega mikil aukning í myndun niðurbrotsefna. Þetta er í samræmi við fyrri niðurstöður úr geymslutilraunum á þorski frá Tanga (október 2003).

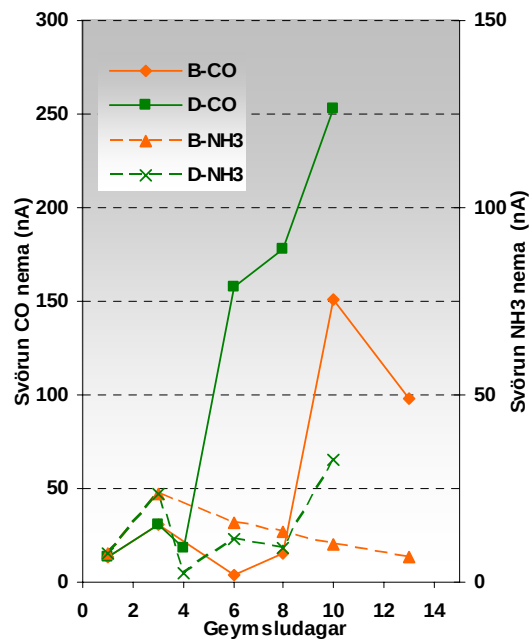
Svörun rafnefsins við ýsuflökum er mun hærri en fyrir þorskflökin allan geymslutímann sem endurspeglar hraðari skemmd (meira magn niðurbrotsefna) og styttra geymsluþol eins og kemur fram í skynmati. Hærri örverufjöldi (*Photobacterium phosphoreum* og *Pseudomonas* tegundir.) er einnig í samræmi við hraðari skemmd ýsuflakanna og hærri svörun rafnefsins.

Áhugavert er að bera saman svörun CO nema rafnefsins fyrir þorskflökin við niðurstöður örverumælinga í lok geymslutímans. Samsvörun er milli þess að svörun CO nemans lækkar og fjöldi *Photobacterium phosphoreum* og *Pseudomonas* tegundir minnkar á degi 13.

Aukning í svörun H₂S og SO₂ skynjara rafnefsins var óveruleg (niðurstöður ekki sýndar hér), sem bendir til að myndun rokgjarna brennisteinsefna var ekki mikilvæg í skemmdarferli flakanna. Niðurstöður örverutalninga sýndi að H₂S-myndandi örverur voru í öllum tilfellum aðeins 1-2% af heildarörverufjölda.



Mynd 56. Svörun CO og NH₃ skynjara rafnefsins við ýsuflökum geymd við mismunandi hitastig. Hópur A: ýsa geymd við 0°C, hópur C: ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi



Mynd 57 Svörun CO og NH₃ skynjara rafnefsins við þorsklökum geymd við mismunandi hitastig. Hópur B: þorskur geymdur við 0°C, hópur D: þorskur geymdur við 0°C, en fluttur í herbergishita á 3. geymsludegi

6. SAMANTEKT OG UMRÆÐUR

Tangi Október 2003

Þorskur sem veiddur var með botnvörpu austur af Íslandi var geymdur heill og slægður í ís í 3 daga fyrir vinnslu. Í töflu 14 er samantekt niðurstaðna skynmats, efna- og örverumælinga fyrir tilraunahópa sem unnir voru með hefðbundinni vinnslu (A), hitasveiflum í ferlinum (B og D) og nýrri vinnslulínu (C). Sérstaklega er áhugavert að skoða hlutfall af skemmdarvaldandi örverum þar sem *P. phosphoreum* er hæst í flökum sem verða fyrir hitasveiflum. Jafnframt er hlutfall *P. phosphoreum* alltaf yfirgnæfandi í öllum tilraunahópunum sem bendir til þess að þessi örvera sé aðalskemmdarvaldurinn í kældum flökum.

Á 9. geymsludegi var hópur A kominn niður fyrir 5,5 í Torry einkunn sem eru mörk neysluhæfni og þannig teljast flök samkvæmt hefðbundnu vinnslunni hafa um 12 daga geymsluþol frá veiði, en með roðkælingu (hópur C) 13 daga frá veiði.

Hópur B sem varð fyrir hitasveiflu á 3. degi hafði einnig um 12 daga geymsluþol skv. skynmati, en aðrar mælingar bentu þó til þess að skemmdarhraðinn væri hraðari í þeim hópi.

Hópur D sem geymdur var óísaður í upphafi og varð fyrir hitasveiflu á 3. degi skemmdist hraðast eins og búast mátti við og geymsluþol þess hóps var einungis um 5

dagur samkvæmt skynmati (8 dagar frá veiði). Niðurstöður rafnefs og TVB-N mælinga við lok geymslutíma sýna að nauðsynlegt er að þekkja vel hver þróunin er í örveruflórunni. Niðurstöður TVB mælinga sýna að við lok geymslupols voru allir hópár með TVB-N gildi vel yfir 35 mg N/100g sem eru mörk neysluhafni. Áhugavert er að í hóp C (roðkæling) virðast TMA myndandi örverur vera virkari og TVB-N gildið er hæst fyrir þann hóp við lok geymslutímans í samræmi við svörun NH₃ nema rafnefsins, sem hefur einnig hæsta gildið fyrir þann hóp.

Lægri svörun CO nemans fyrir hóp D við lok geymslutíma má skýra með því að vegna hitasveiflunnar í lok dags 3 verði breyting á örveruflórunni. H₂S-myndandi örverur ná sér á strík á kostnað *Pseudomonas* tegunda og veruleg uppsöfnun á niðurbrotsefnum þeirra örvera kemur ekki fram sem aukin svörun CO nemans fyrr en á 7. degi.

Tafla 14. Gildi örverutalninga, TVB-N, sýrustigs og rafnefsmælinga við lok geymslupols skv. skynmati í þorsklökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tangi- Október 2003)

Mælipættir	Hefðbundin vinnsla (A)	Hefðb. vinnsla/ hitasveifla eftir pökkun (B)	Roðkælinna (C)	Hefðb. vinnsla/ hitasveifla fyrir og eftir pökkun (D)
Geymslupól (dagar) ¹	(9+3) 12	(9+3) 12	(10+3) 13	(5+3) 8
TVC (log ₁₀ CFU/ g)	8,1	8,0	ca 8	7,8
Fjöldi H ₂ S-myndandi örvera	7,0	6,1	5,8	6,2
% H ₂ S-myndandi / TVC	7,0%	1,4%	0,5%	2,6%
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	6,6	6,4	5,5	4,4
% <i>Pseudomonas</i> / TVC	4,9%	3,0%	0,2%	0,04%
Fjöldi <i>P. phosphoreum</i>	7,2	7,2	6,9	7,1
% <i>Pp</i> / TVC	12,6%	16,2%	6,7%	12,7%
TVB-N (mg N / 100 g)	48,5	47,5	~60	~ 50
pH	6,9	6,7	~ 7,1	6,9
CO nemi	366	439	~ 450	~250+
NH ₃ nemi	8	23	~50	35

1: Heildargeymslupól (geymslutími flaka + dagar frá veiði fyrir flökun) miðað við meðaltalseinkunn skynmats skv. Torry = 5,5

Tangi desember 2003

Þorskur var veiddur með botnvörpu austur af Íslandi og geymdur heill og slægður í ís í 1 dag fyrir vinnslu. Í töflu 15 er samantekt niðurstaðna skynmats, efna- og örverumælinga fyrir tilraunahópa sem allir voru unnir með nýju vinnslulínunni (roðkælingu), en geymdir við mismunandi aðstæður. Hópur A var geymdur við 0,5°C og hafði 14 daga geymslupól. Hópur B sem var geymdur við -1,5°C var enn hafur til neyslu eftir 15 daga. Hópur C var einnig geymdur við -1,5°C en fluttur í 0,5°C á 7. degi og var dæmdur óhafur til neyslu á 15. degi.

Tafla 15 sýnir að við lok geymslupols var hlutfall H₂S-myndandi örvera (24-36%) og *Pseudomonas* tegunda (2,4-2,9%) svipað milli tilraunahópanna, á meðan hlutfall *P. phosphoreum* var lægst í B hópnum (0,9%) en hæst í A hópnum (6,3%). Þannig virðist undirkæling hafa mest hamlandi áhrif á *P. phosphoreum*.

Hér kemur á óvart hvað hlutfall H₂S-myndandi örvera er hátt í öllum hópnum miðað við niðurstöður október tilraunarinnar. Skýringin er eflaust sú að smit hefur borist frá vinnslulínunni þar sem verið var að framleiða eldra hráefni fyrr um morguninn án þess

að þrifa á milli á viðunandi hátt. Þetta kemur einnig fram í því að heildartalning í hráefni í upphafi er sambærilegt við októbertilraunina þó svo að um sé að ræða nýrra hráefni (1 dagur frá veiði miðað við 3 daga frá veiði í október) og lagfasi fyrir H₂S-myndandi örverur er nánast enginn. Við lok geymslupols er heildartalning (TVC) svipuð í öllum hópum fyrir báðar tilraunirnar, en hlutfall skemmdarörvera hins vegar ólíkt eins og áður sagði. Til dæmis má nefna að við lok geymslupols var fjöldi H₂S-myndandi örvera um 2 log hærri í desember en í október, á meðan *Pseudomonas* fjöldi var um 1 log hærri í desember, en fjöldi Pp svipaður í báðum tilraunum.

Tafla 15. Gildi örverutalninga, TVB-N, sýrustigs og rafnefsmælinga við lok geymslupols skv. skynmati í roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tangi- Desember 2003)

Mælipættir	Kæligeymsla við 0,5°C (A)	Undirkæling við -1,5°C (B)	Stytttri undirkæling og kæligeymsla (C)
Geymslupól (dagar) ¹	(13+1) 14	(14?+1) 15+	(14+1) 15
TVC (log ₁₀ CFU/ g)	8,0	8,0	8,1
Fjöldi H ₂ S-myndandi örvera	7,4	7,6	7,5
% H ₂ S-myndandi / TVC	25,1%	36,3%	24,0%
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	6,4	6,5	6,5
% <i>Pseudomonas</i> . / TVC	2,5%	2,9%	2,4%
Fjöldi <i>P. phosphoreum</i>	6,8	6,0	6,7
% Pp / TVC	6,3%	0,9%	3,8%
TVB-N (mg N / 100 g)	55,8	38,4	38,7
pH	6,9	6,9	7,0
CO nemi	300	135	175
NH ₃ nemi	<10	<10	<10

1: Heildargeymslupól (geymslutími flaka + dagar frá veiði fyrir flökun) miðað við meðaltalseinkunn skynmats skv. Torry = 5,5

Niðurstöður TVN mælinga og rafnefs er í samræmi við niðurstöður skynmatsins og örverumælinga og sýna að skemmdarhraðinn er mestur í hópi A geymdum við 0,5°C en hægari við lægri geymsluhita (-1,5°C). Hins vegar er svörun nemanna mun lægri við lok geymslupols í þessari tilraun heldur en í október tilrauninni. Einnig eru TVN gildin mun lægri. Þrátt fyrir aukinn fjölda H₂S- myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda er minni myndun niðurbrotsefna. Það bendir til þess að örverurnar séu ekki eins virkar í að mynda niðurbrotsefni við svona lágt geymsluhitastig þó svo að heildarfjöldi þeirra sé svipaður. Samanburður á hlutföllum skemmdarörvera sýnir að undirkælingin hefur mest áhrif á Pp. Þegar hitastigið hækkar eykst hlutfall Pp vegna hraðari vaxtar, sem bendir til mikilvægi þeirrar tegundar í skemmdarferli flaka. Þetta er í samræmi við niðurstöður tilraunarinnar í október þar sem minna hlutfall var af Pp í roðkældum flökum.

Skemmd í kældum flökum er flókið ferli þar sem ekki einungis er um að ræða niðurbrot vegna örvera heldur er líka um að ræða efnabreytingar m.a. vegna oxunar og ensímhvataðra hvarfa. Autolytic efnahvörf vegna proteasavirkni (catepsin og calpains) í fiskholdi eiga þátt í að brjóta niður vöðvabyggingu og sarcoplasmic prótein og stuðla þannig að gæðabreytingum sem áhrif hafa á geymslupól fisks. Einnig hefur oxun himnubundinna fosfólípíða áhrif á gæðabreytingar við geymslu á flökum.

Tros nóvember 2003

Bæði þorskur og ýsa voru veidd á línu nálægt Sandgerði og unnin daginn eftir með hefðbundinni handflökunarlínu hjá Tros hf. Þorskurinn var slægður um borð og geymdur í ís, en ýsan var geymd heil óslægð í ískrapa yfir nótt.

Í töflu 16 er samantekt niðurstaðna skynmats, efna- og örverumælinga með áherslu á mikilvægi *P. phosphoreum* í flökum sem verða fyrir hitasveiflum. Ýsuflökin skemmdust mun hraðar en þorsklökin. Geymsluþol þorsksins var um 13,5 dagar, en ýsunnar um 11 dagar og geymsluþol beggja hópanna styttist um tvo til þrjá daga vegna áhrifa hitasveiflunnar.

Tafla 16. Gildi örverutalninga, TVB-N, sýrustigs og rafnefsmælinga við lok geymsluþols við lok geymsluþols skv. skynmati í fiskflökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tros nóvember 2003)

Mælipættir	Ýsa (A)	Ýsa+hitasveifla (C)	Þorskur (B)	Þorskur+hitasveifla (D)
Geymsluþol (dagar) ¹	(10+1) 11	(8+1) 9	(12,5+1) 13, 5	(9,5+1) 10,5
TVC (log ₁₀ CFU/ g)	7,5	8,2	8,0	8,0
Fjöldi H ₂ S-myndandi örvera	5,8	6,1	7,1	6,6
% H ₂ S-myndandi örv./ TVC	2,4%	0,8%	12,9%	3,7%
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	6,7	7,3	7,5	7,4
% <i>Pseudomonas</i> / TVC	15,1%	15,2%	37,5%	25,4%
Fjöldi <i>P. phosphoreum</i>	7,5	8,0	7,2	7,4
% <i>Pp</i> / TVC	100%	61,2%	17,2%	24,0%
TVB-N (mg N / 100 g)	26,8	40-45	26,6	33,6
Ph	6,7	6,9	6,9	6,9
CO (nA)	750	580	98	250
NH ₃ (nA)	10	28	7	32

1: Heildargeymsluþol (geymslutími flaka + dagar frá veiði fyrir flökun) miðað við meðaltalseinkunn skynmats skv. Torry = 5,5

Svörun rafnefsins við ýsuflökum er mun hærri en fyrir þorsklökin allan geymslutímann sem endurspeglar hraðari skemmd (meira magn niðurbrotsefna) og styttra geymsluþol eins og kemur fram í skynmati. Hærri örverufjöldi (*Photobacterium phosphoreum* og *Pseudomonas* tegundir) er einnig í samræmi við hraðari skemmd ýsuflakanna og hærri svörun rafnefsins.

Ástæða þess að ýsuflökin skemmast hraðar en þorsklökin gæti verið vegna mismunandi meðhöndlunar hráefnisins í upphafi. Ýsan var geymd óslægð í krapáis en þorskurinn vær slægður og geymdur í ís. Einnig gæti orsök þess verið herra hitastig í ýsuflökunum (1,5-3,4°C) heldur en í þorsklökunum (0,7-2,0°C) í upphafi geymslutímans og mjög hraður vöxtur *P. phosphoreum* bæði í kældum flökum(A) og þeim sem urðu fyrir hitasveiflu (C). Fjöldi *P. phosphoreum* hafði náð svipuðum fjölda og heildarmagn örvera (TVC) á 6. degi í báðum hópunum, og varð því ríkjandi meðal skemmdarörvera. Við lok geymsluþols tilheyrðu *Pseudomonas* tegundir 15% af skemmdarflórunni en H₂S-myndandi örverur voru í mun minna magni (1-2%).

Fyrri tilraun á skemmdarferli ýsuflaka í nóvember árið 2001 sýndi mun lægri svörun skynjaranna í samræmi við lengra geymsluþol (13 daga), þó svo að heildarfjöldi örveranna væri hærri í þeirri tilraun og hlutfall *Pp* var hæst.

7. ÁLYKTANIR

Hreinlætisúttektir og skoðun á vinnslubúnaði hjá Tanga leiddu til þess að almennar hönnunarforsendur hafa verið endurskoðaðar hjá Skaganum hf. Reynsla hefur fengist á notkun gátlista (RF-skýrsla 19-03) sem mun leiða til endurkoðunar hans. Í fortíðraunum komu fram ýmsir þættir varðandi hreinlæti og örverufjölda í vinnslutækjum og afurðum sem unnt er að lagfæra og geta haft veruleg áhrif á gæði og geymsluþol þeirra.

Ekki fannst neinn munur á smásærri byggingu roðkældra sýna og þeirra sem fengu hefðbunda meðhöndlun, jafnvel alveg upp við þá brún sýnanna sem sneri að roðinu. Þannig var ekki hægt að sjá ummerki ískristallamyndunar í roðkældum flökum sem er mjög mikilvægt ef selja á flökin sem fersk kæld flök.

Mælingar með áferðarmæli eftir 4 daga geymslu í kæli sýndu að áferðarþættir eins og harka fjöðrun og samoðun voru mjög svipaðir hvort sem um roðkæld flök eða flök unnin á hefðbundinn hátt var að ræða.

Á hverju stigi skemmdarferils fisks er einkennandi örveruflóra til staðar. Örveruflóran er háð tegund hráefnis og uppruna þess, meðhöndlun hráefnis við vinnslu og geymsluaðstæðum.

Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að hitastig og meðhöndlun í upphafi hefur afgerandi áhrif á lengd geymsluþolsins og niðurstöðum skynmats, efna -, örveru- og rafnefsmælinga bar vel saman. Lágt hitastig í ferlinum er undirstaða þess að lengja geymsluþol fisks og með roðkælingu helst hitastig flaka undir 0°C allan vinnslutímann. Með roðkælingu hægir verulega á skemmdarferli ef borið er saman við hefðbundna vinnslu. Með því að vinna hráefnið um einum degi frá veiði fékkst um 13 daga geymsluþol fyrir þorskflök sem geymd voru við 0,5°C. Jafnframt er mögulegt að lengja geymsluþol roðkældra flaka um allavega tvo daga til viðbótar ef geymsluhitastigið er lækkað úr 0,5°C niður í -1,5°C. Þetta geymsluþol gefur til kynna að flutningur ferskra flaka með skipum geti orðið raunhæfur kostur fyrir sum fyrirtæki.

Undirkæling er mjög mikilvæg til að tryggja kælikeðjuna. Lágt geymsluhitastig er mikilvægt til að ná fram kostum roðkælingar við vinnslu flakanna og ná fram löngu geymsluþoli. Mjög áhugavert væri að rannsaka áhrif loftskiptar þökkunar (MAP) á gæði og geymsluþol roðkældra flaka. Niðurstöður fyrri rannsókna Rf hafa ótvírætt sýnt að til að ná sem lengstu geymsluþoli fiskflaka í loftskiptum umbúðum í kæligeymslu skiptir meginmáli að upphafsgerlafjöldi sé lágur og hitastigi sé haldið stöðugu og sem næst 0°C allan geymslutímann.

8. ÞAKKARORÐ

Höfundar skýrslunnar þakka öllu samstarfsfólki í verkefninu frá fyrirtækjunum Skaganum, Tanga, Tros og HB gott samstarf. Einnig öðru samstarfsfólki á Rf sem annaðist ýmsar mælingar. Ásu Þorkelsdóttur og skynmatshópi Rf er þakkað framlag þeirra til verkefnisins. Tæknisjóði Rannís og AVS rannsóknasjóði Sjávarútvegsráðuneytisins eru þakkaðir styrkir til verkefnisins.

9. HEIMILDIR

- Akse, L, Gundersen B, Lauritzen K, Ofstad R og Solberg T. (1993). Saltfisk: saltmodning, utproving av analysemetoder, misfarget saltfisk, Tromsø: Fiskeriforskning. p 1-61.
- Belitz, H.D. og Grosch W. (1999). Food Chemistry, second edition. Translation from the fourth German edition by M. Burghagen et. al.. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- Bello, R. A., Luft, J. H. og Pigott, G. M. (1981). Improved histological procedures for microscopic demonstration of related changes in fish muscle tissue structure during holding and freezing. J. Food Sci., 46, 733-740.
- Bello, R. A., Luft, J. H. og Pigott, G. M. (1982). Ultrastructural study of skeletal fish muscle after freezing at different rates. J. Food. Sci, 47, 1389-1394.
- Billon J, Ollieuz JN, Tao SH. 1979. Rev. Tech. Vét. de l'Alimentation 1149: 13-17.
- Birgir Guðlaugsson og Birna Guðbjörnsdóttir (1997). Hönnun og hreinlæti. Vélabrögð, 18. árg, 20-29.
- Brown W.D.. (1986). Fish Muscle as Food. In: Muscle as Food. Ed. Bechtel, Peter, J. Food Science and Technology. A series of monographs. Academic Press, Inc. (London). pp 406-453.
- Chen, Y.-L. og Pan, B. S. (1995). Freezing tilapia by airblast and liquid nitrogen – freezing point and freezing rate. Int J. Food Science and Techn., 30, 167-173.
- Chen, Y.-L. og Pan, B. S. (1997) Morphological changes in tilapia muscle following freezing by airblast and liquid nitrogen methods. Int J. Food Science, 32, 348-351.
- Connell, JJ og Howgate PF. (1968). Senslory and objective measurements of the quality of frozen stored cod of different initial freshness J. SCI. Food Agric. 19, 342-354
- Corrado Di Natale, Gudrun Olafsdóttir, Sigurdur Einarsson, Alessandro Mantini, Eugenio Martinelli, Roberto Paolesse, Christian Falconi, Arnaldo D'Amico, 2001. Comparison and integration of different electronic noses for the evaluation of freshness of cod fish fillets. Sensors and Actuators B77,572-578.
- Dalgaard P, Mejlholm O, Huss HH. 1996. Conductance method for quantitative determination of Photobacterium phosphoreum in fish products. J. Appl. Bacteriol., 81: 57-64.
- Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon (1993). Geymsluþol á ófrystum og þíddum karfa í ís, RIT Rf nr. 38.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Kári P. Ólafsson (1998). Sjófryst flök sem kælivara. Skýrsla Rf 16.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Páll Steinþórsson (1990). Geymsluþol á ófrystum og þíddum flökum í ís, RIT Rf. nr. 30.
- Ganesh Kumar, C and Anand, S.K. (1998). Significance of microbial biofilms in food industry: a review. International of Food Microbiology 42, 9-27.
- Gill, T., Keith, R. og Smith-Lall, B. (1979). Textural deterioration of red hake and haddock muscle in frozen storage as related to chemical parameters and changes in myofibrillar proteins. J. Food. Sci., 44, 246-252.
- Gram L, Trolle G, Huss HH. 1987. Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. Int. J. Food Microbiol. 4: 65-72.
- Grujic, R., Petrovic, L., Pikula, B. og Amidzic, L. (1993). Definition of the optimum freezing rate – 1. Investigation of structure and ultrastructure of beef m. longissimus dorsi frozen at different freezing rates. Meat Science, 33, 301-318.

Guðrún Ólafsdóttir, Emilía Martinsdóttir og Einar H. Jónsson, 1997. Rapid gas sensor measurements to predict the freshness of capelin (*mallotus villosus*). J.Agric. Food Chem. 45,7, 2654-2659.

Guðrún Ólafsdóttir og Áslaug Högnadóttir, 2000a. FreshSense rafnef - nákvæmni mælinga og svörunareiginleikar. Rf skýrsla, október, 2000.

Guðrún Ólafsdóttir, Jóhann Örlygsson, Hélène L. Lauzon. 2000b. Nákvæm geymsluþolsspálíkön fyrir fisk. Fiskvinnslan, desember, 2000.

Guðrún Ólafsdóttir, Jóhann Örlygsson, Sigrún Jónsdóttir, Ágúst Vilhjálmsson, Hélène L. Lauzon og Rósa Jónsdóttir. 2000c. Nákvæm geymsluþolsspálíkön - Hitaferlar, örveruvaxtatilraunir, rafnefsmælingar, geymsluþolsrannsóknir. Rf Verkefnaskýrsla 05-00.

Guðrún Ólafsdóttir, Áslaug Högnadóttir, Emilía Martinsdóttir og Helga Jónsdóttir, 2000d. Application of an Electronic Nose to Predict Total Volatile Bases in Capelin (*Mallotus villosus*) for Fishmeal Production, J. Agric. Food Chem. 48 ,6, 2353-2359.

Guðrún Ólafsdóttir, Xiuchen Li, Hélène L. Lauzon and Rósa Jónsdóttir. 2002. Precision and application of electronic nose measurements for freshness monitoring of redfish (*Sebastes marinus*) stored in ice and modified atmosphere bulk storage. JAFP 11, 3/4 , 229-249

Hannes Magnússon, Emilía Martinsdóttir og Páll Steinþórsson (1991). Áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þjóðingu, RIT Rf. nr. 26.

Holah, J og Timberley, A (1999). Hygienic design of food processing facilities and equipment. In 30th R3-Nordic Contamination Control Symposium, VTT Symposium 193, G. Wirtanen, S. Salo and A. Mikkola, eds. Espoo: Libella Painopalvelu.

Howgate, P. (1979). Fish. Í Food Microscopy; Vaughan, J. G. (ritstj.); Academic Press: London; pp. 343-389.

Hurling, R. og McArthur, H. (1996). Thawing, refreezing and frozen storage effects on muscle functionality and sensory attributes of frozen cod (*Gadus morhua*). J. Food Sci, 61(6), 1289-1296.

Jarneback, L. og Liljemark, A. (1975a). Ultrastructural changes during frozen storage of cod (*Gadus morhua* L.). Structure of myofibrils as revealed by freeze etching preparation. J. Food Technology, 10, 229-239.

Jarneback, L. og Liljemark, A. , (1975b). Ultrastructural changes during frozen storage of cod (*Gadus morhua* L.). II. Structure of extracted myofibrillar proteins and myofibrillar residues. J. Food Technology, 10, 309-322.

Jóhann Guðmundsson (1972), Tækni tíðindi nr. 4 Vélar og tæki. Roðflettivél.

Koteng, D. F. (1992). Markedsundersøkelse, norsk laks. Fiskerinaeringsens Landsforening (FNL).

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

Magnússon, H. og Martinsdóttir, E. (1995). Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. J. Food Sci., 60, 2, 273-278.

Martinsdóttir E. og H. Magnússon, (2001). Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice, J. Food. Sci., Vol.66, No.9., 1402-1408

Nilson, K. (1994). Quality of frozen rainbow trout. PhD thesis; Department of Food Sci., Chalmers Univ. of Technol. and SIK; Sweden.

Ofstad R, Egelanddal B, Kidman S, Myklecust R, Olsen RL og Hermansson AM. (1996). Liquid loss as affected by post mortem ultrastructural changes in fish muscle: Cod (*Gadus morhua* L) and salmon (*salmo salar*). J Sci Food Agric 71(3): 301-312.

Reid, R.A. og T.D. Durance (1992). Textural Changes of Canned Chum Salmon Related to Sexual Maturity. *J Food Sci* 57 (6). 1340-1342.

Sigurgísladóttir, S., O. Torrissen, Ø. Lie, M. Thomassen og H. Hafsteinsson (1997). Salmon Quality: Methods to Determine the Quality Parameters. *Reviews in Fisheries Science* 5(3). 223-252.

Sigurgísladóttir, S., Ingvarsdóttir, H., Torrissen, O. J., Cardinal, M. og Hafsteinsson, H. (2000). Effects of freezing/thawing on the microstructure and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Research International*, 33, 857-865.

Sigurjón Arason og Guðmundur Stefánsson. (1999). Frysting og geymsla frystra sjávarafurða. Rf pistill nr. 13. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Reykjavík.

Stone H. and J.L. Sidel (1985). Sensory evaluation practices. Academic Press, Inc. Orlando, Florida

Sveinsdóttir, K., E. Martinsdóttir, G. Hyldig, B. Jørgensen og K. Kristbergsson (2002). Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *J Food Sci* 67(4). 1570-1579.

Carche, M., Tryggvadóttir, S.V., Herrereo, A., Lägell, B., Petermann, U., Schubring, R., Nesvadba, P. (2003). Instrumental methods for measuring texture of fish. In: Luten J B, Oehlenschläger J and Olafsdóttir G (Eds) *Quality of Fish from Catch to Consumer: Labeling, Monitoring and Traceability*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 189-199.

Tryggvadóttir, S. V. og Ólafsdóttir, G (2000). Development of Multi-Sensor Techniques for Monitoring the Quality of Fish. Individual progress report for the period from 01-12-98 to 30-11-99. FAIR CT -98-4076. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

Van Spreekens KJA. 1974. The suitability of Long and Hammer's medium for the enumeration of more fastidious bacteria from fresh fishery products. *Ant. Leeuw*. 25: 213-219.

Wirtanen, G., Saarela, Maria and Mattila-Sandholm, T.(2000). Biofilm – Impact on Hygiene in Food Industries. *Biofilms II. Process Analysis and Applications*, Edited by James D. Bryers.

9. VIÐAUKI -LISTI YFIR MYNDIR

Mynd 1. Forsnyrtiband, himnur, bein og utanálíggjandi bein fjarlægð.	9
Mynd 2. Endinn á forsnyrtibandi, vogin er þar sem flakið er. Voginn vigtar 5-6 flök í hverjum skammti og hellir flökunum í kerid.	10
Mynd 3. Pökkunarlína fyrir ferska hnakka og 5 lbs.	10
Mynd 4. Samanburður á roðdrætti á ýsu.	13
Mynd 5. Hlutfall afurða af roðdregnum flökum í gegnum roðkæli.	15
Mynd 6. Þorskur, þynging í ískrapa, tap við kælingu og hlutfall roðs.	16
Mynd 7. Hlutföll afurðaflokka af roðflettum flökum með roðkælingu.	17
Mynd 8. Samanburður á vinnslulínunum, mismunur á hlutföllum afurðaflokka.	17
Mynd 9. Samanburður á nýtingu millia vinnslulína.	18
Mynd 10. Næmnigreining á bitahlutfalli á verðmæti afurða fyrir línuna frá Skaganum (nýja línun).	19
Mynd 11. Næmnigreining á bitahlutfalli á verðmæti afurða fyrir gömlu vinnslulínuna.	20
Mynd 12. Dreifing örvera gegnum vinnsluferil.	24
Mynd 13 Sýnatökustaðir fyrir myndgreiningu	29
Mynd 14 Myndgreining af þorskflökum. Hefðbundin vinnsla, efri mynd: 3mm frá roðhlið, neðri mynd alveg við roðhlið	31
Mynd 15. Myndgreining af þorskflökum. Roðkælt, efri mynd: 3mm frá roðhlið, neðri mynd alveg við roðhlið	31
Mynd 16 Myndgreining af þorskflökum. Roðkælt, efri mynd: geymt 4 daga við 0,5°C, neðri mynd geymt 11 daga við 0,5°C	31
Mynd 17. Myndgreining af þorskflökum. Roðkælt, efri mynd: geymt 4 daga við -1,5°C, neðri mynd geymt 11 daga við -1,5°C	31
Mynd 18 Myndgreining af þorskflökumFryst við -16,5°C og geymt frosið í 2,5 mánuði	32
Mynd 19. Myndgreining af þorskflökum Fryst við -16,5°C og geymt frosið í 4 daga..	32
Mynd 20. Einar Víglundsson frá Tanga ásamt Hélène L. Lauzon og Þorvaldi Þóroddssyni frá Rf	33
Mynd 21. Löndun úr lest í Brettingi	34
Mynd 22. Hitastig við geymslu . Hópur A (hefðbundin vinnsla) og hópur C (ný vinnslulína)	41
Mynd 23. Hitastig við geymslu. Hópur B (hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3ja degi) og D (óísað hráefni + hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3ja degi).....	42
Mynd 24. Niðurstöður skynmats skv. Torry einkunnaskala á þorskflökum geymd við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A), hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B), nýja línun roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D).....	43
Mynd 25. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í þorskflökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) borið saman við nýju línuna (roðkæling, hópur C).....	45
Mynd 26. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> og H ₂ S-myndandi örvera í þorskflökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) borið saman við nýju línuna (roðkæling, hópur C).....	45
Mynd 27. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í þorskflökum geymdum við 0°C; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi).....	45

Mynd 28. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> og H ₂ S-myndandi örvera í þorskflökum geymdum við 0°C; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi)	45
Mynd 29. Sýrustig (pH) þorskflaka geymd við 0°C. Hópur A: hefðbundin vinnsla, hópur B: hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3. degi, hópur C: roðkæling og hópur D: óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi	46
Mynd 30. TVB-N gildi þorskflaka geymd við 0°C. Hópur A: hefðbundin vinnsla, hópur B: hefðbundin vinnsla + hitasveifla á 3. degi, hópur C: roðkæling og hópur D: óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi	46
Mynd 31. Svörun CO og NH ₃ skynjara rafnefsins við þorskflökum unnin á hefðbundinn hátt og geymd við 0°C; hópur B (hitasveifla á 3. degi), hópur D (óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi)	47
Mynd 32. Svörun CO og NH ₃ skynjara rafnefsins við þorskflökum geymdum við 0°C og unnin á hefðbundinn hátt, hópur A, borið saman við nýju línuna (roðkæling), hópur C	47
Mynd 33. Vatnsheldni í þorskflökum eftir mismunandi geymslutíma. Hópur A: unnið á hefðbundinn hátt. Hópur C: roðkæld	48
Mynd 34. Drip í þorskflökum eftir mismunandi geymslutíma. Hópur A: unnið á hefðbundinn hátt. Hópur C: roðkæld	48
Mynd 35. Niðurstöður áferðarmælinga með tækjum á hörku þorskflaka geymdum við 0 °C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B) , nýja línun roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D)	49
Mynd 36. Niðurstöður áferðarmælinga með tækjum á samloðun og fjöðrun þorskflaka geymdum við 0 °C og unnin á hefðbundinn hátt (hópur A) , hefðbundið + hitasveifla á 3. degi (hópur B), nýja línun roðkæling (hópur C) og óísað hráefni + hitasveifla á 3. degi (hópur D)	49
Mynd 37. Hitastig í roðkældum flökum geymdum við mismunandi hitastig Hópur A: 0.5°C, hópur B:-1.5°C og hópur C -1.5°C en færður í 0,5°C á 7 geymsludegi...	50
Mynd 38. Skynmat á roðkældum þorskflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C. Hópur B: geymd við -1,5°C. Hópur C: geymd við -1,5°C til 7. geymsludags og þá flutt í 0,5°C	51
Mynd 39. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í roðkældum þorskflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B og C) eftir pökkun (Hópur C fluttur í 0,5°C á 7. degi geymslutímans)	52
Mynd 40. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> og H ₂ S-myndandi örvera í roðkældum þorskflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B og C) eftir pökkun (Hópur C fluttur í 0,5°C á 7. degi geymslutímans)	52
Mynd 41. Sýrustig (pH) roðkældra þorskflaka geymd við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi	53
Mynd 42. TVB-N gildi roðkældra þorskflaka geymd við mismunandi hitastig Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi	53
Mynd 43. Svörun CO og NH ₃ skynjara rafnefsins við þorskflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. geymsludegi	54
Mynd 44. Niðurstöður áferðarmælinga með tækjum á hörku þorskflaka sem geymd voru við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. degi	55

Mynd 45. Niðurstöður áferðamælinga með tækjum á samloðun og fjöðrun þorskflaka sem geymd voru við mismunandi hitastig. Hópur A: geymd við 0,5°C; hópur B: geymd við -1,5°C; hópur C: geymd við -1,5°C og flutt í 0,5°C á 7. degi	55
Mynd 46. Hitastig í ýsu- (A) og þorskflökum (B)	56
Mynd 47. Hitastig í ýsu- (C) og þorskflökum (D) með hitasveiflu í umhverfishitanum	57
Mynd 48. Skynmat á þorsk- og ýsuflökum eftir Torry-einkunnaskala . Hópur A: Ýsa geymd við 0°C; hópur B: Þorskur geymdur við 0°C; hópur C: Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi yfir 16 klst. tímabil; hópur D: Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi. (B og D grænt =þorskur; A og C blátt = ýsa ; brotin lína fyrir hitasveiflu)	57
Mynd 49. Áferðarmat á þorsk- og ýsuflökum samkvæmt QDA-aðferð. Hópur A: Ýsa geymd við 0°C; hópur B: Þorskur geymdur við 0°C	58
Mynd 50. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi P. phosphoreum (Pp) í ýsuflökum geymdum við 0 °C (A) og við 0 °C og hitasveiflu á 3. geymsludegi (C) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)	59
Mynd 51. Fjöldi Pseudomonas og H2S-myndandi örvera í ýsuflökum geymdum við 0 °C (A) og við 0 °C og hitasveiflu á 3. geymsludegi (C) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)	59
Mynd 52. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi P. phosphoreum (Pp) í þorskflökum geymdum við 0 °C (B) og við 0 °C og hitasveiflu á 3. geymsludegi (D) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)	59
Mynd 53. Fjöldi Pseudomonas og H2S-myndandi örvera í þorskflökum geymdum við 0 °C (B) og við 0 °C og hitasveiflu á 3. geymsludegi (D) eftir pökkun (kassarnir fluttir í herbergishita í 16 klst)	59
Mynd 54. Sýrustig (pH) þorsk- og ýsuflaka. Hópur A : Ýsa geymd við 0°C, hópur B : þorskur geymdur við 0°C, hópur C : Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi, hópur D : Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi.....	60
Mynd 55. TVB-gildi þorsk og ýsuflaka. Hópur A: Ýsa geymd við 0°C, hópur B: þorskur geymdur við 0°C, hópur C: Ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi, hópur D: Þorskur geymdur við 0°C en fluttur í herbergishita á 3. degi.....	60
Mynd 56. Svörun CO og NH ₃ skynjara rafnefsins við ýsuflökum geymd við mismunandi hitastig. Hópur A: ýsa geymd við 0°C, hópur C: ýsa geymd við 0°C, en flutt í herbergishita á 3. geymsludegi	62
Mynd 57 Svörun CO og NH ₃ skynjara rafnefsins við þorskflökum geymd við mismunandi hitastig. Hópur B: þorskur geymdur við 0°C, hópur D: þorskur geymdur við 0°C, en fluttur í herbergishita á 3. geymsludegi	62