



Titill / Title	<i>Sjófryst flök sem kælivara/Seafrozen fillets as a "chilled" product</i>		
Höfundar / Authors	<i>Emilía Martindóttir, Hannes Magnússon og Kári Pétur Ólafsson</i>		
Skýrsla Rf / IFL report	16	Útgáfudagur / Date:	June 30, 1998
Verknr. / project no.	1165		
Styrktaraðilar / Fundings	<i>Rannsóknarráð Íslands/Icelandic Research Council</i>		
Ágríp á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins var að sýna fram á hæfni sjófrystra flaka á kælimarkaði (chilled). Farnar voru tvær sjóferðir með frystitogara þar sem fiskur var flakaður og frystur fyrir og eftir dauðastirðnun og síðan þíddur eftir allt að 17 mánuði. Gæði og geymsluþol sjófrystra flaka í frysti og eftir þíðingu voru rannsökuð með skynmati, örverurannsóknun, (líf)efnamælingum og áferðarmælingum. Niðurstöður örverumælinga á flökum beint úr frysti sýndu að fjöldi örvera var meiri í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Örverum fækkaði lítið sem ekkert við frystigeymslu. Þorsklök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun voru metin eftir tveggja mánaða frystigeymslu ferskari beint úr frysti en flök fryst eftir dauðastirðnun. Flök fengu sífellt verri dóma fyrir ferskleika eftir því sem frystigeymslan var lengri. Eftir sex mánaða frystigeymslu voru áferðarbreytingar ekki komnar fram en eftir tólf mánaða geymslu dæmdust flökin mun þurrari og seigari. Áferðarmælingar með skynmati gáfu til kynna að geymsluþol sjófrystra flaka til notkunar sem kælivöru sé a. m. k. 6 mánuðir í frysti. Í geymsluþolstilraunum með þídd flök sýndu niðurstöður skynmats, örverutalninga og mælinga á trímetylamíni (TMA) að fiskur flakaður fyrir dauðastirðnun geymdist lengur en fiskur flakaður eftir dauðastirðnun. Myndun á TMA var mun hægari því lengur sem flökin voru geymd í frysti. Eftir 17 mánaða geymslu í frysti mældist ekkert TMA í flökunum þó svo fjöldi örvera væri svipaður og í fyrri geymsluþolstilraunum. Þídd flök fryst fyrir dauðastirðnun fengu að jafnaði hærri einkunn fyrir ferskleika en flök fryst eftir dauðastirðnun. Þessi munur minnkaði við lengri frystigeymslu. Samkvæmt skynmati var geymsluþol flaka eftir 2 og 6 mánaða geymslu í frysti 12 til 14 dagar í ís, 10 dagar eftir 12 mánuði og um 7 dagar eftir 17 mánuði. Mælingar á adenosíntrífosfati (ATP) sýndu að ATP fellur á 30 til 50 dögum í frysti en er samt allan tímann aðeins herra í flökum frystum fyrir dauðastirðnun. Niðurstöður benda eindregið til þess að æskilegra sé að frysta flök fyrir dauðastirðnun til að varðveita gæði sem lengst eftir þíðingu.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Sjófryst þorsklök, þíðing, örverur, skynmat, TMA, ATP</i>		
Summary in English:	<p>The objective of the project was to evaluate the suitability of sea-frozen, thawed fillets for the "chilled" seafood market. Two trips on a freezer trawler were made where cod was filleted, and frozen before and after <i>rigor mortis</i> and then thawed periodically for up to 17 months. Microbiological research on fillets straight from freezer showed that the number was higher in fillets frozen after rigor than before rigor. No significant decrease in microbial numbers was observed during freezer storage. Fillets frozen before rigor were judged fresher after 2 months storage compared to those after rigor. The longer the freezer storage the lower scores the fillets obtained. After 6 months storage, texture changes had not appeared but after 12 months the fillets were drier and tougher. Texture measurements with sensory evaluation indicated that sea-frozen fillets for use as a chilled product can be kept for at least 6 months in a frozen state. The longer the freezer storage the formation of TMA was lower. After 17 months storage TMA was not detected at all. Thawed fillets frozen prior to rigor got higher scores for freshness than fillets frozen after rigor. This difference decreased with prolonged freezer storage. According to sensory evaluation the keeping quality of fillets after 2 and 6 months freezer storage was 12 to 14 days in ice, 10 days after 12 months and 7 days after 17 months. Measurement of ATP showed that ATP decreased during 30 to 50 days of storage but higher measurements were obtained in fillets frozen before rigor throughout the whole storage period in freezer. The results strongly indicate that it is much more desirable to freeze fillets prior to rigor in order to maximise their quality after thawing.</p>		
English keywords:	<i>Seafrozen cod fillets, thawing, microorganisms, sensory evaluation, TMA, ATP</i>		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. FRAMKVÆMD	6
2.1. FORTILRAUNIR.....	6
2.2. SJÓFERÐ 1.....	6
2.3. SJÓFERÐ 2.....	7
2.4. TILHÖGUN TILRAUNA Á RF.....	7
2.5. SKYNMAT.....	8
2.6. ÖRVERUTALNINGAR.....	8
2.7. EFNAMÆLINGAR.....	9
2.8. ÁFERÐARMÆLINGAR.....	9
2.9. LÍFEFNAMÆLINGAR.....	10
2.10. ÚRVINNSLA NIÐURSTAÐNA.....	14
3. NIÐURSTÖÐUR	15
3.1. FORTILRAUNIR.....	15
3.2. SKYNMAT.....	17
3.3. ÖRVERUTALNINGAR.....	29
3.4. EFNAMÆLINGAR.....	37
3.5. SAMANBURÐUR Á SKYNMATI, ÖRVERUTALNINGUM OG TMA-MÆLINGUM VIÐ GEYMSLU Í ÍS... 46	
3.6. ÁFERÐARMÆLINGAR.....	50
3.7. LÍFEFNAMÆLINGAR.....	53
4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	58
5. ÞAKKARORÐ	63
6. HEIMILDIR	63
7. VIÐAUKAR	66

1. INNGANGUR

Á undanförunum árum hefur farið vaxandi að fryst flök eru notuð í stað ferskra flaka þegar skortur er á framboði slíkra flaka í veitingahúsum og verslunum. Sjófryst flök eru að jafnaði fryst mjög skömmu eftir veiði þannig í raun er ekkert gengið á geymsluþol þeirra þegar þau eru fryst. Algengt er orðið héraendis við vinnslu á sjófrystum fiski að frysta flök áður en fiskurinn hefur gengið í gegnum dauðastirðnun (*rigor mortis*). Um stirðnun og áhrif hennar á útlit og áferð hefur nokkuð verið skrifað fyrir á árum, en engar markvissar athuganir hafa farið fram á Íslandi á áhrifum nútíma vinnulags um borð á þennan þátt. Viss gæðavandamál eiga sér stað í sjófrystum afurðum. Stundum koma fram þökkunargallar sem lýsa sér í afmynduðum flökum. Undir vissum kringumstæðum geta flök náð að "hlaupa í dauðastirðnun" fyrir frystingu með fyrrgreindum afleiðingum. Þetta er útlitsgalli í augum kaupenda og neytenda. Einnig hafa sumir kaupendur kvartað yfir mikilli seigju og þurrleika sjófrystra flaka. Ekki er vitað hvort þessir gallar eiga sér lífeðlisfræðilega skýringu, þ.e. eru vegna áhrifa dauðastirðnunar í fiski.

Ástæður dauðastirðnunar eru þær að þegar blóðrás hættir og súrefni í vöðvum er uppuríð verður orkuþurrð sem veldur því að vöðvinnu stirðnar. Gengið er á fljótfengna orku (kreatínfosfat) og síðan á orkusameindina adenosíntrífosfat (ATP). Samhliða hefjast loftfirrð efnaskipti þar sem myndefni glýkólýsu verður mjólkursýra í stað pyruvats og gengið er á glýkogenforðann og fæst þannig lítið eitt af orku á formi ATP. Vegna myndunar mjólkursýru lækkar sýrustig vöðvans. Sú litla orka á formi ATP sem fæst við loftfirrðu efnaskiptin klárast fljótt. Þegar orkuþurrð verður læsast vöðvaþræðirnir (aktín og mýosín) í kröftugum samdrætti og fiskurinn stirðnar. Með því að fylgjast með magni ATP, glykogens, mjólkursýru og sýrustigsbreytingum má fá yfirsýn yfir framgang dauðastirðnunar.

Þættir eins og næringarástand fisksins, veiðiaðferð, streita og hitastig hafa áhrif á lífefnabreytingarnar sem fylgja dauðastirðnun. Í erlendum heimildum hefur verið bent á að dauðastirðnun hafi mjög mikil áhrif á fiskflök, ef fiskurinn hefur verið flakaður áður en hann fer í dauðastirðnun (Stroud, 1969). Sé flakað fyrir dauðastirðnun er mælt með að frysta flök áður en dauðastirðnun hefst til þess að koma í veg fyrir að flökin styttest og aflagist. Talið er að fiskur sem hefur verið frystur fyrir dauðastirðnun

gangi hægt í gegnum lífefnabreytingarnar í frysti (Bramnaes, 1962). Við þíðingu fisks halda lífefnabreytingarnar síðan áfram ef þeim er ekki þegar lokið og geta haft mjög mikil áhrif á áferð og útlit flaka. Flök geta aflagast og styst vegna áhrifa dauðastirðnunar, þar sem beinagrindina vantar til að halda á móti.

Lítið er til af íslenskum upplýsingum um áhrif þess að frysta fisk fyrir og eftir dauðastirðnun á gæði og geymsluþol flaka eftir þíðingu. Ekki er heldur vitað um íslenskar heimildir varðandi gæðasamanburð á sjófrystum, þíddum flökum sem hafa verið geymd mislengi í frysti.

Í RITI Rf nr. 26 (1990) er fjallað um áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þíðingu. Í þessum tilraunum var þorskurinn (bæði heill og flök) ekki frystur fyrr en eftir 4 daga frá veiði í landi, þ.e. eftir dauðastirðnun. Niðurstöður sýndu m.a. að þorskur sem geymdur hafði verið nokkrar vikur í frysti hafði svipað geymsluþol og sambærilegur ófrystur þorskur. Þíddi þorskurinn fékk þó lakari dóma í upphafi geymslutíma í ís. Heill þorskur geymdist í allt að 16 daga en flök í 10 til 12 daga. Niðurstöður sýndu enn fremur að frysting og allt að fimm vikna frystigeymsla hafði mjög lítil áhrif á örverufjölda. Í RITI Rf nr. 38 (1993) er fjallað um geymsluþol á ófrystum og sjófrystum karfa (bæði heill og sem flök) í ís. Meginniðurstöður voru þær að þídd flök, sem geymd höfðu verið 30 vikur í frysti, höfðu heldur skemmra geymsluþol á ís en ófryst flök samkvæmt skynmati. Að meðaltali var heildarörverufjöldi u.þ.b. tífalt lægri í þídda karfanum en í þeim ófrysta.

Áferðarmælingar með tækjum á þíddum flökum hafa ekki áður verið gerðar á Rf en á síðustu árum hefur náðst góður árangur erlendis með Instron-mælingum á fiskflökum. Slíkar mælingar á fiskflökum sýna að unnt er að tengja niðurstöður við skynmat á þann hátt að þær gefi til kynna hvernig neytandi skynjar áferðina. Mjög áhugavert er að skapa slíka þekkingu hér á sambandi áferðarmælinga með tækjum og skynmats. Skynmatspróf sem notuð eru til að lýsa eiginleikum matvæla eru kölluð myndræn (profile) próf, (Hootmann, 1992). Í upphafi tilrauna eða við hönnun skynmatsprófs eru það dómaraar ásamt hópstjóra sem ákvarða matsþætti til að lýsa eiginleikum matvæla í myndrænu prófi. Þessa matsþætti þarf að skilgreina vel í hverju skynmatsprófi. Bæði þarf að tryggja sama skilning á hugtakinu hjá dómurum og eins þarf að skilgreina vel stærð eða styrkleika matsþáttar til að lýsa mynd viðkomandi sýnis. Áferð matvæla getur samanstáð af fleiri en einum matsþætti. Eiginleikar sem notaðir eru við skynmat á áferð matvæla eu metnir í munnholi með tönnum, tungu og góm. Mjög mikilvægt er við samanburð á áferðarmati með

skynmati og áferðarmati með tækjum að bornir séu saman þættir sem lýsa sama eiginleikanum.

Þídd kæld flök eru gjarnan nefnd "chilled" flök í Bretlandi en þar hafa slíkar vörur náð töluverðri útbreiðslu. Á ferskfiskmörkuðum bæði í Evrópu og U.S.A. tíðkast að þíða fisk og selja sem "defrosted". Almenn fjölgar þeim stórverslunum sem bjóða ferskan fisk í sérstökum kæliborðum. Framboð er sveiflukennt og verð óstöðugt en hvorugt samræmist þeirri kröfu að verðlag fiskafurða fylgi svipuðum stöðugleika og verð annarra matvæla. Ef unnt væri að skapa sjófrystum þíddum flökum stöðu á ferskfiskmörkuðum sem vöru af sambærilegum gæðum og með sama notagildi ætti að vera hægt að ná fram töluverðum verðhækkunum á sjófrystum flökum. Einnig myndu skapast auknir möguleikar á markaðssetningu þeirra í Evrópu og Bandaríkjunum og að sjófryst flök skapi sér sérstöðu vegna ferskleikans. Notkun frystra fiskafurða fer vaxandi en kannanir hafa sýnt að flestir notendur þíða fisk og geyma fyrir sölu eða matreiðslu. Flökunum er síðan ætlað að geymast nokkra daga í kæli, eins og tíðkast um fersk flök.

Skilyrði vöru sem seld er fersk á markaði eru stöðugt framboð og langt geymsluþol. Bæði þessi skilyrði uppfylla sjófryst flök mun betur en þau flök sem almennt kallast fersk, þ.e. ófryst flök. Orðið "fresh" er víða bannað til notkunar fyrir þídda vöru en oftast er varan látin lýsa sjálfri sér og aðeins undir tegundaheiti í ferskflakapakningum.

Markmið verkefnisins var að sýna fram á hæfni sjófrystra flaka á kælimarkaði. Til þess að ná þessu markmiði voru eftirfarandi þættir rannsakaðir:

- gæði og geymsluþol sjófrystra flaka í frysti og eftir þíðingu með skynmati, örverurannsóknun, (líf)efnamælingum og áferðarmælingum
- áhrif vinnslu fyrir og eftir dauðastirðnun (rigor mortis) á gæði þorskflaka eftir þíðingu
- lífefnabreytingar sem eiga sér stað eftir dauða fisksins og hafa áhrif á dauðastirðnun, gæði og geymsluþol
- mismunandi þíðingaraðferðir á sjófrystum flökum til þess að varðveita neyslugæði þeirra sem lengst

2. FRAMKVÆMD

2.1. Fortilraunir

Í fortilraunum voru þorskflök þídd við mismunandi hitastig og staðlaðar voru heppilegar aðferðir við dripmælingar. Í fortilraunir voru notuð roðlaus þorskflök sem voru millilögð í 15 punda öskjur. Flökin voru geymd í frysti Rf við -25°C og síðan tekin út og höfð í herbergishita þar til þau losnuðu hvert frá öðru (innan við 1 klst). Flökin voru vigtuð hvert fyrir sig og lögð hlið við hlið á plastgrindur í mismunandi hita. Plast var lagt yfir. Hitastig við þíðingu í lofti voru 0°C , 5°C , 8°C og 22°C (herbergishiti). Flökin voru misstór en reynt var að mæla hita í meðalstóru flaki. Vigtað var við -2°C og aftur við 0°C . Þá voru sporðendar búnir að ná 0° en hnakkastykki í stærstu flökum ekki alveg búnir að ná 0°C . Flök sem geymd voru við 8°C voru einnig geymd og vigtuð þegar þau höfðu náð því hitastigi.

Flökin voru ísuð í kassa og geymd við 0 til 1°C í 9 daga eftir þíðingu. Skynmat var gert strax eftir þíðingu og síðan eftir 9 daga á ís. Notað var ferskleika- og áferðarmat og voru metnir áferðarþættirnir seigur/meyr og mjúkur/safaríkur. Í sumum öskjunum voru nokkur áberandi bogin flök. Skynmatið var endurtekið á flökum strax eftir þíðingu og í annað sýnið voru valin mjög bogin flök en í hitt sýnið voru valin eðlilega löguð flök.

Örverutalningar voru gerðar á frosnu hráefni og síðan við 0 og -2°C í hverjum tilraunahópi og einnig við 8°C í hópnum sem geymdur var við 8°C . Örverur voru einnig taldar eftir 2 og 9 daga geymslu í ís. Fimm sýni voru tekin úr hverjum hópi til örverutalninga. Aðferðum við skynmat og örverutalningar eru að öðru leyti lýst í kafla 2.5 og 2.6.

2.2. Sjóferð 1.

Fyrri sjóferð er lýst í viðauka 1. Teknir voru 600 fiskar úr sama hali. Helmingur fiskanna var flakaður og roðflettur samstundis eða fyrir dauðastirðnun. Alls voru 520 flök sett í frystitæki og frystingu (með hitanema) eins fljótt og unnt var eftir

roðflettingu. Niðurstöður hitamælinga eru sýndar í viðauka 2. Samtímis voru 6 flök snöggfryst í fljótandi köfnunarefni til örveru- og pH mælinga. Notuð voru sprittþvegin og eldborin áhöld við töku örverusýna. Einnig voru frystir bitar fyrir lífefnamælingar. Áttatíu flök voru sett í tvo merkta flakabakka með plastfilmu yfir og í kæli. Gengið var frá hinum 300 fiskunum í kör á millidekki, sjókrapa hent á og þeir geymdir þar til dauðastirðnun var gengin yfir (alls um 28 klst). Sýrustig (pH) var mælt á tveggja tíma fresti í fimm fiskum á meðan dauðastirðnun gekk yfir (viðauki 1). Eftir dauðastirðnun voru þessir 300 fiskar flakaðir og roðflettir og 520 flök sett strax í frystitæki og þaðan í frystigeymslu. Samtímis voru 6 flök snöggfryst í fljótandi köfnunarefni til örveru- og pH mælinga. Einnig voru frystir bitar fyrir efnamælingar. Áttatíu flök af fiski, flökuðum eftir að dauðastirðnunin var gengin yfir, voru sett í tvo merkta flakabakka með plastfilmu yfir og í kæli.

2.3. Sjóferð 2

Seinni sjóferð er lýst í viðauka 1 en sýnataka fór fram á sama hátt og í sjóferð 1 nema að flakaðir voru 150 fiskar fyrir dauðastirðnun og 200 eftir dauðastirðnun.

2.4. Tilhögun tilrauna á Rf

Sjóferð 1. Flökin voru þídd eftir tveggja, sex, tólf og sautján mánaða geymslu í frysti við -25°C . Eftir tveggja, sex og tólf mánaða geymslu voru flökin geymd við tvö hitastig; 0 og 4°C . Flök sem höfðu verið sautján mánuði í frysti voru einungis geymd við 0°C eftir þíðingu. Tekin voru sýni til skynmats, örverutalninga og efnamælinga eftir 0, 5, 8-9, 12 og 14-15 daga í ís við 0°C geymslu. Sýni af flökum sem geymd voru við 4°C voru tekin á sama hátt eftir 0, 3, 6 og 9 daga. Tekið skal fram að flök til örverurannsókna í upphafi hveggjar geymsluþolstilraunar voru unnin fljótlega eftir að þau voru tekin úr frysti. Þannig voru flökin látin slakna við herbergishita í um aðeins 1 klst. fyrir hökkun. Ástæða þessa er sú að við fullþíðingu á flökum getur átt sér stað örveruvöxtur.

Á sýnatökudögum voru flökin tekin út úr frysti um kl. 14.00, þeim dreift á plastgrindur, plast lagt yfir og þau geymd við 0°C í sólarhring. Síðan voru flökin geymd við herbergishita í fáeinar klukkustundir þar til þau voru svo til fullþíðin. Þá voru flökin annars vegar ísuð og sett í 0°C kæliklefa og hins vegar í 4°C kæliklefa.

Sjóferð 2. Flökin voru þídd og ísuð eftir einn og þrjú mánuði í frysti við -25°C en sýnataka fór fram á sama hátt nema að flökin voru aðeins geymd við 0°C .

Tekin voru sýni til skynmats, örverutalninga og efnamælinga eftir 0, 5, 8-9, 12 og 14 daga í ís við 0°C geymslu.

2.5. Skynmat

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, 1953) þar sem ferskum fiski er gefin einkunn 10 og niður í 3. Mörkin 5.5 hafa verið notuð á Rf sem mörk geymslupols en þá finnur meirihluti skynmatshópsins vott af skemmdareinkennum. Einnig var notað afbrigði af myndrænu prófi (Hootman, 1992) þar sem sýnin voru einnig metin með tilliti til tveggja áferðarpáttá. Þeir voru metnir þegar sýni var tuggið:

a) *Safi (succulence)*: Þurr (dry) / safaríkur (succulent). Áhrif vatns í munni. Þurr sýni dregur vatn úr munni þegar tuggið. Safaríkt sýni losar vatn í munn þegar tuggið.

b) *Seigla (toughness)*: Seigur (tough) / meyr (tender). Hversu auðvelt er að tyggja sýni og hversu lengi þarf að tyggja sýnin. Tyggja þarf seigara sýni lengur en meyr sýni. Þessir eiginleikar voru metnir eftir ókvörðuðum línunum sem lýsa styrkleika eða stærð sýnis. Við tölfræðilega úrvinnslu gagna eru línurnar kvarðaðar frá 0 til 100. Hver dómari mat hvert sýni þrisvar sinnum.

2.6. Örverutalningar

Sérhvert sýni samanstóð af tveimur flökum sem voru hökkuð fyrir þynningu. Af hakki voru 25 g sett í 225 ml af Butterfield's buffer þynningarvatni. Blöndun var gerð í maga í 1 mínútu. Ræktað var á járnagar (Iron Agar) við 22°C í 3 daga. Áhellingaraðferð með yfirlagi var notuð við sáningu. Eftir ræktun voru allar kóloníur taldar til að fá heildarörverufjölda. Einnig voru svartar kóloníur taldar sérstaklega. Örverur sem mynda svartar kóloníur á ætinu framleiða H_2S úr thiosúlfati og/eða cysteini sem hvarfast við járn með þeirri afleiðingu að FeS fellur út (Gram o.fl., 1987). Þrjú sýni sérhvers sýnaflokks voru rannsökuð á hverjum sýnatökudegi.

Geometrískt meðaltal var notað við samantekt á öllum niðurstöðum örverutalninga. Allar örverutalningar eru birtar sem Log fjöldi í 1 g hakks.

2.7. Efnamælingar

Til TMA- og pH mælinga var notað hakk sem til féll við hökkun örverusýna.

TMA mæling. Við fyrstu sýnatöku (sjóferð 1 og 2 mánuðir í frysti) var notuð ljósgleypnimæling eða svokölluð pikriksýruaðferð aðferð við TMA mælingu (Tozawa, 1971).

Við seinni sýnatöku var notuð aðferð Malle og Tao frá 1987 þar sem TMA er mælt í TCA extrakti með því að bæta við 20 ml af 35% formaldhýði auk lúts en það bindur ein og tvígildu amínin og TMA verður eina rokgjarna og mælanlega amínið.

pH mæling. Fimm grömmum af hakki var blandað vel saman við 5 ml af afjónuðu vatni. Mæling var síðan gerð í Radiometer PHM 80.

2.8. Áferðarmælingar

Flökin voru áferðarmæld með Instrontæki Rf (Instron 1140, Instron Ltd, High Wycombe, England) strax eftir þíðingu eftir 2, 3, 6, 12 og 16 mánaða frystigeymslu. Flökin voru einnig mæld aftur eftir 9 til 13 daga í kæligeymslu. Flök sem voru ísuð um borð og ekki fryst bárust á Rf á 4. degi frá veiði og voru þau einnig áferðarmæld. Í áferðarmælingum voru mældir eftirfarandi þættir; vatnsheldni (expressible moisture-EM), harka og samloðun. Harka er sá kraftur sem þarf fyrir ákveðna afmyndun sýnisins. Samloðun er mælikvarði á innri tengi sýnisins. Aðferðirnar byggja á nokkrum heimildum (Bourne, 1978, Chung, 1991, Hsieh and Regenstone, 1989, Lee, 1989, Ragnarsson, 1987, Regenstone, 1984). Brúni vöðvinn var skorinn frá fyrir hökkun sýna. Tíu fiskflök voru hökkuð einu sinni í Ballerup mixer (4 mm göt) á mesta hraða. Notaðir voru plasthringir með loki fyrir botn til að forma sýnið. Formin eru 25 mm á hæð og 35 mm í þvermál. Tekinn var viðeigandi fjöldi forma og raðað á álbakka sem liggur á ís. Vigtuð voru 25 g í hvert form og þjappað þannig að það var sléttfullt og sem minnst af loftbólum. Gerð voru fimm sýni fyrir hverja mælingu. Lok voru sett ofan á sýnin. Sýnin voru geymd í 24 klst við 0°C á sýnabakkanum sem settur var í plastpoka. Áður en sýnin voru mæld í Instron var settur síupappír nr.4, 9 cm í þvermál (undir sýnið voru notuð 12 stk en 8 yfir). Síupappírinn var vigtaður.

Sýni var losað varlega úr plasthólknum með losunarstauti og látið á miðju síupappírskunkans. Það var síðan vigtað ásamt báðum bunkunum. Efri bunkinn var settur yfir sýnið og "samlokan" sett í Instron-tækið. Sýnið var þjappað saman 65% með hraða 50 mm/mín (16.25 mm af 25 mm). Hvert sýni var þjappað tvisvar (TPA). Notuð var græn sella (Type 2512-209) og flatur ferkantaður haus (50cm²) og stillt á 100 N. Samþjappaða sýnið var losað varlega frá pappírnum og pappírinn vigtaður.

Vatnsheldni er reiknað sem hlutfall af þyngd sýnis % EM = (vatnstap (g)/þyngd sýnis(g)) x 100. Í sömu mælingunni var áferð mæld. Það sem mælt var út frá Instron ferlinum er harka (hardness) sem er hæsti punkur í fyrsta útslagi (H) og samloðun (cohesiveness) sem er hlutfall flatarmáls undir ferli fyrir annað og fyrsta útslag (A2/A1).

Dripmælingar voru einnig gerðar á báðum hópum eftir tveggja mánaða frystigeymslu og fóru þær fram á sama hátt og lýst er hér að framan í kafla 2.1. Notuð voru 20 flök úr hvorum hópi í dripmælingar.

2.9. Lífefnamælingar

Efnamælingar voru framkvæmdar á þorskflökum sem höfðu verið plötufryst um borð í frystitogara fyrir og eftir dauðastirðnun. Jafnframt voru notuð þorskflök sem upphafssýni. Þau voru fryst í fljótandi köfnunarefni. Fjöldi sýna í hverri sýnatöku var 6 flök og var tekinn frosinn fiskbiti úr hnakkastykki, sett í postulínsmortél með fljótandi köfnunarefni. Fiskbitinn var mulinn á frosnu formi í köfnunarefninu, þar til hann var orðinn að fínu dufti. Fiskduftinu var haldið í fljótandi köfnunarefni þar til það var komið í lausn, þar sem þau efni sem mæla átti voru "stöðug". Yfirleitt voru teknir tveir útdrættir úr hverju flaki og svo tvísýni af hverjum útdrætti í mælingu. Á bak við hvern punkt í hvorum hópi fyrir sig (fyrir og eftir dauðastirðnun) eru því meðaltal þessara 6 flaka. Undantekning var í upphafspunkti seinni sjóferðar. Þá voru aðeins tekin 3 sýni af hvorum hópi (um 30g hvert).

Útdráttur var gerður í perklórsýru (0,6M) og sýnið gert einsleitt. Skilvinduglas var vigtað fyrir og eftir að 100 ml af perklórsýru var bætt í. Um 20g af frosnu muldu fiskholdinu var bætt í og glasið vigtað. Hlutfalli af fiski og perklórsýru var þannig haldið u.þ.b. 1:5 (þyngd/rúmmál).

Perklórsýra hefur verið notuð af mörgum rannsóknaraðilum s.s. Newbold and Scopes (1967), Dalrymple and Hamm (1973), Lamprecht and Trautschold (1974) og Stefánsson (1986) til þess að draga út myndefni úr vöðvavef.

Blandan með fiskdufti og perklórsýrunni var geymd í ís við 0-4°C þar til blandan var gerð einsleit í blandara (Ultra Turrax T25, Janke & Kunkel, IKA[®] Labortechnik) við 20.000 rpm í 90 sek.

Fyrir glykogen mælingu var strax pípettað 7 ml. af einsleitum lausnum í skilvinduglös, tekið var tvísýni úr hverju grunnsýni til þess að mæla annars vegar glúkósa og hins vegar glykogen í sýnunum. Sýnin voru geymd í ís þar til haldið var áfram með mælinguna. Í hvert glas voru settir 3,5 ml NaHCO₃ (1M) til þess að gera sýrustig lausnarinnar um það bil 5,4. Í annað glasið úr hverju sýni var strax sett 0,6 ml af perklórsýru (1,2M) til þess að koma í veg fyrir virkni amylóglúkósidasasa (AGS). Þannig var unnt að ákvarða magn glúkósa í sýnunum. Amylóglúkósidasasa (1,75 ml) var svo bætt í öll glösin. Skilvinduglösin voru hrist og sett í hitabað (40±1°C) í 4 klst. Glösin voru hrist á 15-20 mínútu fresti á meðan þau voru í hitabaðinu. Að fjórum klukkustundum loknum var efnahvarfið stoppað með því að bæta 0,6 ml af HClO₄ (1,2M) í þau glös sem eftir var að stoppa efnahvarfið og glösin hrist til þess að blanda lausnunum. Mæling á þessum sýnum gefur heildarglúkósamagn (glúkósi + glúkósi frá glykogeni) og því unnt að ákvarða glykogenmagn sem mismun milli þessara tveggja sýna. Glösin voru geymd í ís þar til þau voru sett í skilvindun, sem var framkvæmd við 5.000 rpm (u.þ.b. 2.000 g) við 0°C í 10 mínútur. Þessi lausn var geymd í ís þar til magn glykogens var mælt í lausninni.

Afgangurinn af einsleitri blöndunni var geymdur í ís við 0°C þar til skilvindun var framkvæmd við 11.500 rpm (u.þ.b. 13.500 g) við 0°C í 30 mín.

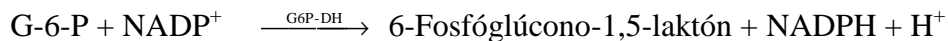
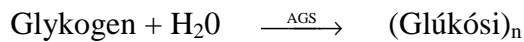
Eftir skilvindun var sýnislausn (5ml) pípettuð í tilraunaglas og methyl orange (0,1 ml) vísbendi bætt í og blandan títruð með K₂CO₃ (5M) eða þar til litskiptin urðu yfir í gult (við títrunina myndast botnfall, KClO₄ og CO₂ gas). Þessi lausn var geymd í ís þar til magn adenosíns trifosfats (ATP), kreatín fosfats (Kf) og mjólkursýru (L-laktat) var mælt í lausninni.

2.9.1. Mæling á glykogeni.

Aðferðin byggir á því að gera sýni einsleit, losa um glykogen og draga út í perklórsýru (Stefánsson G., 1986). Glykogenið í holdinu er brotið niður með ensíminu AGS. Glúkósinn sem myndast er mældur með því að bæta í hexokínasa

(HK) og glúkósa-6-fosfat dehydógenasa (G6P-DH). Glúkósamagnið er í réttu hlutfalli við aukna gleypni vegna myndunar NADPH. Tekið var tvísýni af hverjum fiskbita og efnahvarfið stöðvað strax í öðru sýninu með því að bæta við það perklórsýru (1,2M). Með þessu móti má fá magn glykogens í fiskholdinu.

Efnahvarf:

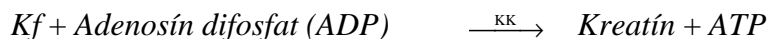


Mælingar voru gerðar í ljósgleypnimæli við 340 nm og 20°C (DMS 80 UV-Visible Spectrophotometer, Varian Techtron, Australia). Mælingarnar voru gerðar í einnota plastkúvettum og tekið var tvísýni úr hverju glasi. Mælt var gegn lofti til viðmiðunar og mælt var tómasýni (blank) með 0,7 ml HClO₄ til þess að leiðrétta fyrir gleypnibreytingum vegna hvarfefna. Í hverja kúvettu var pípettað (með mekanískum pípettum) 0,7 ml af sýni, NADP (0,1 ml; 15,4mM) og 2,4 ml trietanólamín buffer (innihélt G6-PDH). Filma var sett yfir og lausnunum blandað saman með því að hvolfu kúvettunum 5 sinnum. Mæling var gerð með gleypnimæli þar til stöðugur aflestur fékkst (A₁). Hexókinasanum (0,01 ml) var bætt í og mælt þar til stöðugur aflestur fékkst (A₂)¹.

2.9.2. Mæling á adenosín-5'-trifosfati (ATP) og kreatín fosfati (Kf)

Þessar mælingar voru einnig gerðar með ensímatískum aðferðum og voru ensímin kreatín kínasi (KK), HK og G6P-DH notuð (Stefánsson G., 1986).

Efnahvarf:

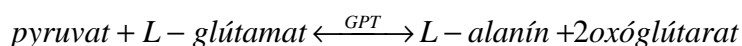
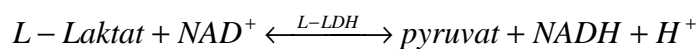


¹ Sjá viðauka 3

Mælt var með ljósgleypnimæli við 340 nm og 20°C. Mælingarnar voru gerðar í einnota plastkúvettum og tekið tvísýni úr hverju glasi. Mælt var gegn lofti til viðmiðunar og mælt var tóma sýni (0,2 ml. H₂O í stað sýnis) til þess að leiðrétta fyrir gleypnibreytingum vegna hvarfefna. Fyrir hverja mælingu (A₁ - A₃) var lausnunum blandað saman með því að setja filmu yfir kúvettunna og hvolfva þeim 5 sinnum. Í hverja kúvettu var pípettað (með mekanískum pípettum) 0,2 ml af sýni, 2,5 ml. af trietanólamín buffer (innihélt ADP og NADP), G6-PDH-laun (0,01 ml) og glúkósalaun (0,2 ml)¹. Mælt var þar til stöðugur aflestur fékkst (A₁). Hexókínasalaun (0,02 ml) var bætt í og mælt þar til stöðugur aflestur fékkst (A₂). Kreatín kínasalaun (0,02 ml) var bætt í og mælt þar til stöðugur aflestur fékkst (A₃).

2.9.3. Mæling á mjólkursýru.

Mjólkursýra var mæld með ensímatískri mælingu byggðri á aðferð frá Boehringer Mannheim GmbH (Anon, 1984) en sett var 1,9 ml af afjónuðu vatni í stað 0,9 ml út í kúvettunna. Ensímin L-laktat dehydrogenasi (L-LDH) og glútamát-pyruvat transamínasi (GPT) voru notuð.



Í hverja kúvettu var pípettað með mekanískum pípettum: glycyglycín búfferlaun (1 ml), NAD-laun (0,2 ml - lyophilisat), glútamát-pyruvat transamínasalaun (0,02 ml), 0,1 ml sýni og 1,9 ml afjónað vatn. Mælt var (A1) við 340nm og L-LDH (0,02 ml) bætt í, blandað og látið standa í um 20 mínútur áður en mælt var aftur (A2).

2.9.4. Vatnsmæling.

Til að auka nákvæmni lífefnamælinga var vatnsinnihald hvers sýnis mælt sérstaklega. Vatnsmælingar á sýnum voru framkvæmdar skv. aðferð í gæðahandbók efnastofu Rf. (Ghb-e-AM-906). Postulínsskál var vegin nákvæmlega (± 1 mg.) með u.þ.b. matskeið af sandi og glerstaut. Frosið fiskduft (2-5 g) var vigtað nákvæmlega, bætt í skálina og hún vigtuð. Sandi og fiski var blandað varlega saman með glerstautnum og skálin

¹ Sjá viðauka 3

þurrkuð í 4 klst. við 102-105°C. Skálin var svo kæld niður í þurrkaski (desiccator) og vigtuð.

2.10. Úrvinnsla niðurstaðna

Við úrvinnslu gagna úr skynmati var notað forritið HyperSense. Þar var notuð ferveikagreining (Analysis of Variance) og Tukeys samanburðarpróf þar sem við átti. Við aðra tölfraðilega úrvinnslu var notaður tölfraðipakki úr forritinu Microsoft Excel 97 (t-test og ferveikagreining). Marktækni var miðuð við 95% vissumörk ($p < 0,05$) nema að annað væri tekið fram.

Tekið skal fram að á öllum línuritum sem birt eru í skýrslunni er notað orðið "rigor" í stað dauðastirðnunar til hagræðingar.

3. NIÐURSTÖÐUR

3.1. Fortilraunir

Niðurstöður fortilrauna, þ.e. skynmats, dripmælinga og örverutalninga eru sýndar í töflum 1 til 3

Tafla 1. Drip %

Hitastig	Tími klst	Drip%
Úr 0° í 0°	17 1/2	1,59
Úr 0° í 0°		1,75
Úr 0° í -2°	9 1/2	
Úr 5° í 0°	9	0,63
Úr 5° í -2°	3 1/2	
Úr 8 í 0°	8	1,09
Úr 8 í -2°	4	
Úr 8° í +8°	13 1/2	3,18*
Úr 22° í 0°	4	1,80
Úr 22° í -2°	3	

Marktækur munur mældist á dripi í hópnum þegar flökin voru látin ná 8°C og hinum hópunum*.

Niðurstöður ferskleikamats á tveimur sýnum (a og b) strax eftir þíðingu voru að bæði sýnin fengu að meðaltali 9,1. Í sumum öskjunum voru nokkur áberandi bogin flök. Í annað sýnið (a) voru valin mjög bogin flök. Niðurstöður mats á áferðarþáttunum seigur/meyr var að sýni (a) fékk 50 en hitt sýnið 65 og var það marktækt. Á 9. degi var tekið sýni úr öllum hópum og fengust eftirfarandi niðurstöður í skynmati sem sýndar eru í töflu 2.

Tafla 2. Skynmat eftir 9 daga ís

	Ferskleiki	Þurr/safaríkur	Seigur/meyr
Úr 0° í -2°	5,6		35
Úr 0° í 0°	5,6		34
Úr 5° í -2°	5,9	32	37
Úr 5° í 0°	6,2	38	51*
Úr 8° í -2°	5,8	29	31
Úr 8° í 0°	6,2	44	45
Úr 8° í +8°	5,8	40	42
Úr 22° í -2°	6,1		65*
Úr 22° í 0°	5,8		35

Ekki var marktækur munur á milli hópa (5,5 eru talin mörk neysluhæfni) nema þar sem er merkt * ($p < 0,05$). Niðurstöður örverutalninga eru sýndar í töflu 3. Örverufjöldi í frystum flökum var 3.14 /g (log).

Tafla 3. Heildarörverufjöldi /g, log

	0 dagar	2 dagar	9 dagar
Úr 0° í -2°	3,73	4,75	7,76
Úr 0° í 0°	3,58	4,32	6,95
Úr 5° í -2°	3,81	4,55	7,96
Úr 5° í 0°	4,38	5,04	7,89
Úr 8° í -2°	3,66	4,49	8,04
Úr 8° í 0°	4,27	5,00	7,88
Úr 8° í +8°	4,20	5,10	8,39
Úr 22° í -2°	3,59	4,30	7,14
Úr 22° í 0°	3,71	4,44	7,30

Lægstur örverufjöldi fékkst þegar flökin voru þídd við 0° og 22°C. Örverufjöldi úr þessum tveimur hópum var enn fremur lægstur í þíddum flökum sem geymd voru ísuð í 9 daga. Þó verður að teljast óæskilegt að þíða flökin við herbergishita (22°C) þar sem nokkur hættu gæti stafað af vexti sjúkdómsvaldandi örvera á yfirborði þeirra. Þíðing við 0°C er því heppilegasta aðferðin frá örverufræðilegu sjónarmiði.

3.2. Skynmat

Sjóferð 1

Á mynd 1 eru sýnd upphafssýni úr hverri tilraun og má sjá hvernig ferskleikinn breytist með geymslutíma í frysti. Þorsklök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun voru eftir tveggja mánaða geymslu metin ferskari en þau sem fryst voru eftir dauðastirðnun ($p < 0,10$). Þessi munur varð ekki marktækur eftir lengri geymslu í frysti. Á myndum 2 - 5 má sjá niðurstöður skynmats á þíddum þorsklökum eftir tveggja, sex, tólf og sautján mánaða frystigeymslu. Fiskur sem frystur var fyrir dauðastirðnun fékk að jafnaði hærri einkunn fyrir ferskleika en fiskur frystur eftir dauðastirðnun. Flök sem geymd voru við 4°C skemmdust mun hraðar en þau sem geymd voru við 0°C. Geymsluþol þíðra flaka sem geymd voru mismunandi í frysti er sýnt í töflu 4 og er miðað við meðaltalseinkunn 5,5 á ferskleikaskalanum sem lok geymsluþols.

Tafla. 4. Geymsluþol (dagar) þíðra flaka geymd við mismunandi hitastig

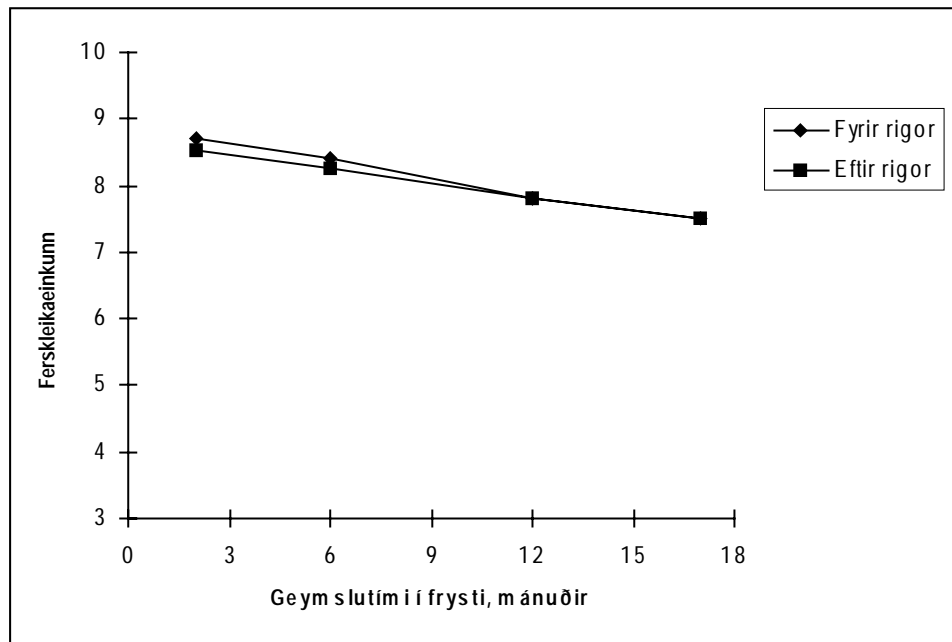
Mánuðir í	Geymsluþol, dagar	
	við 0°C	við 4°C
frysti		
2	12 til 14	7
6	12 til 14	5
12	10	
17	7	

Á myndum 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 og 13 eru sýndar niðurstöður áferðarmats með skynmati. Fiskur sem frystur var fyrir dauðastirðnun var yfirleitt aðeins meyrari og safaríkari en fiskur sem frystur var eftir dauðastirðnun. Þessi munur hélst í þá sautján mánuði sem mælt var. Áferðarmunur milli kælihitastiga var ekki merkjanlegur. Á myndum 14 og 15 eru niðurstöður upphafssýna úr hverri geymsluþolstilraun sýnd. Þar kemur í ljós að eiginleikinn þurr/safaríkur dæmdist á bilinu 60 til 70 eftir tveggja mánaða geymslu en eftir tólf mánaða geymslu dæmdust sýnin mun þurrari og fengu að jafnaði um 40 fyrir eiginleikann. Þessi sýni dæmdust einnig mun seigari eftir tólf mánaða geymslu og fengu þá um 40 miðað við 60 til 70 eftir tveggja mánaða geymslu. Þessi munur er marktækur ($p < 0,05$). Þess má geta að þessir dómar um áferðareiginleika í ófrystum fiski hafa verið um 80 til 90 (óbirtar niðurstöður). Fylgni

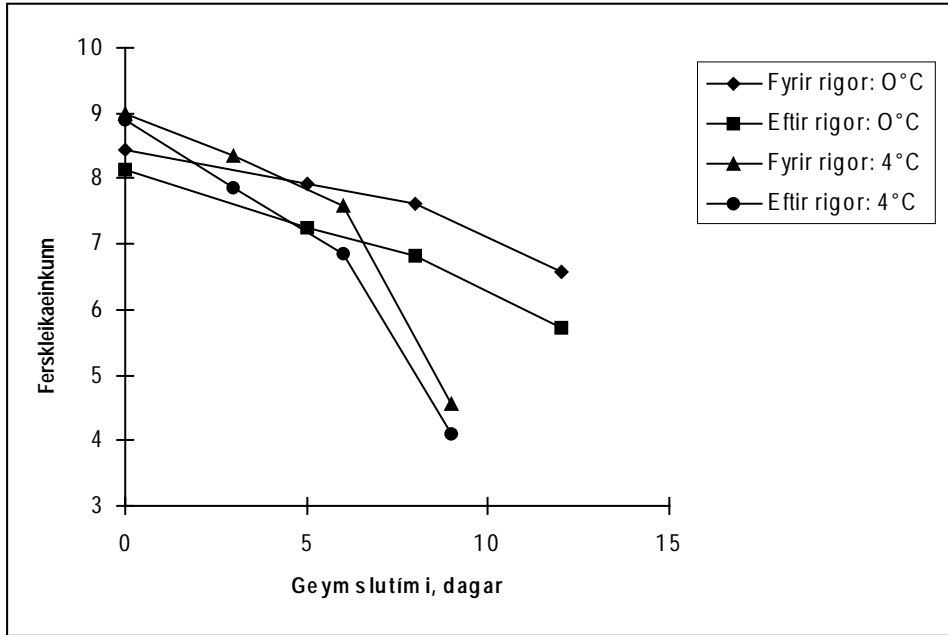
milli þessara tveggja skynmatsþátta hvor við annan og geymslutíma í frysti er sýndur í töflu 5 og 6. Þar er fylgni þeirra bæði mjög há innbyrðis og við geymslutíma í frysti.

Sjóferð 2.

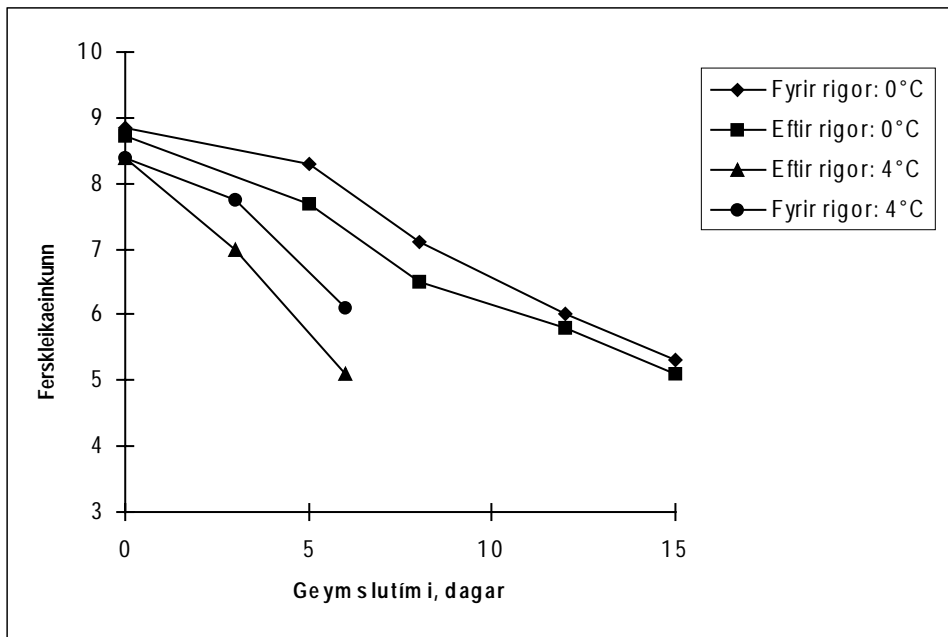
Flökin voru þídd eftir einn og þrjú mánuði í frysti og eru niðurstöður ferskleikamats sýndar í myndum 16 og 17 og áferðarmats í myndum 18, 19, 20 og 21. Hér kom ekki fram marktækur munur á skynmati á flökum frystum fyrir og eftir dauðastirðnun en geymsluþol flakanna reyndist sambærilegt og í fyrri tilraun. Áferðarmat kom einnig svipað út.



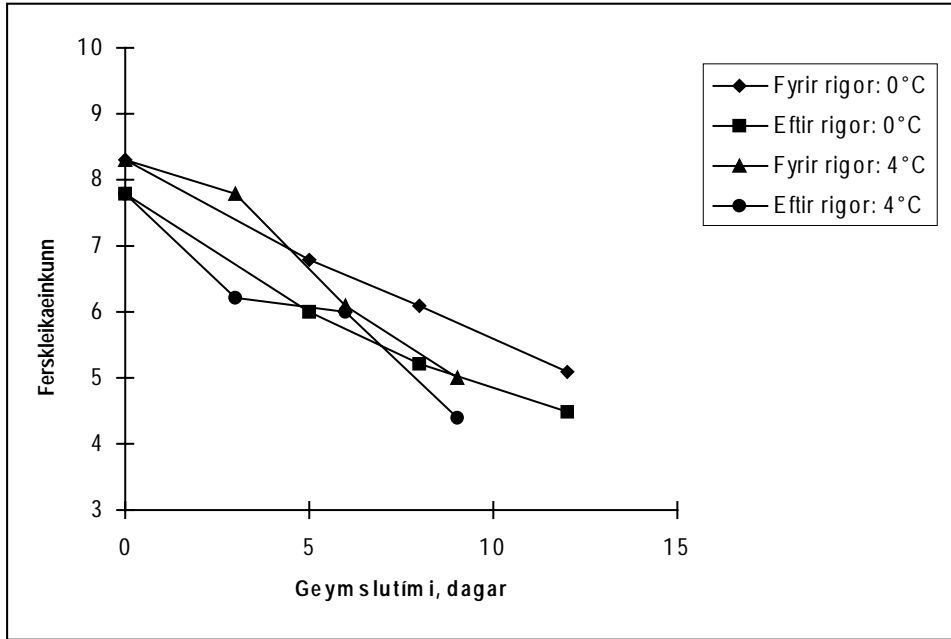
Mynd 1. Ferskleikamat á flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



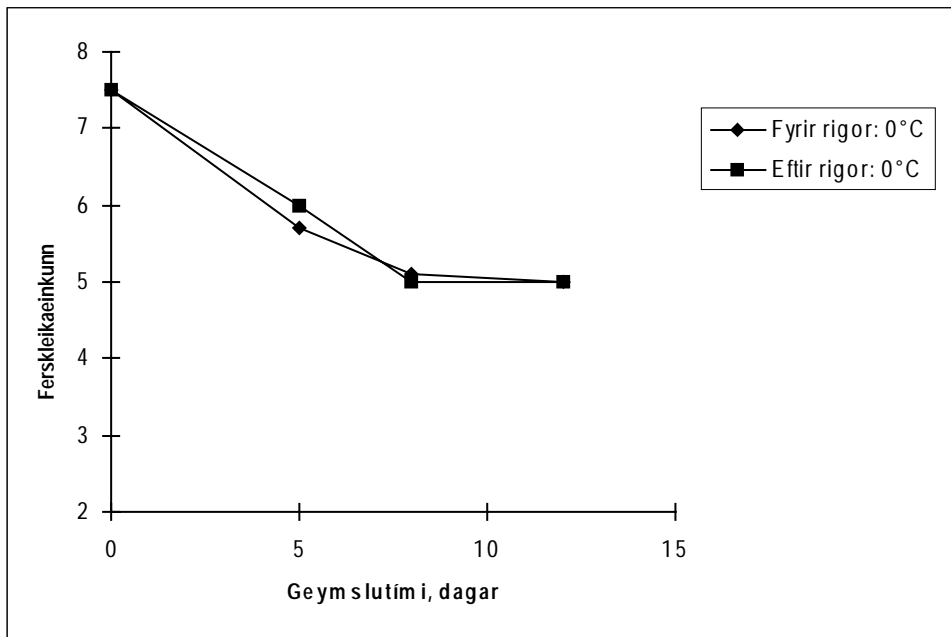
Mynd 2. Ferskleikamat á flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



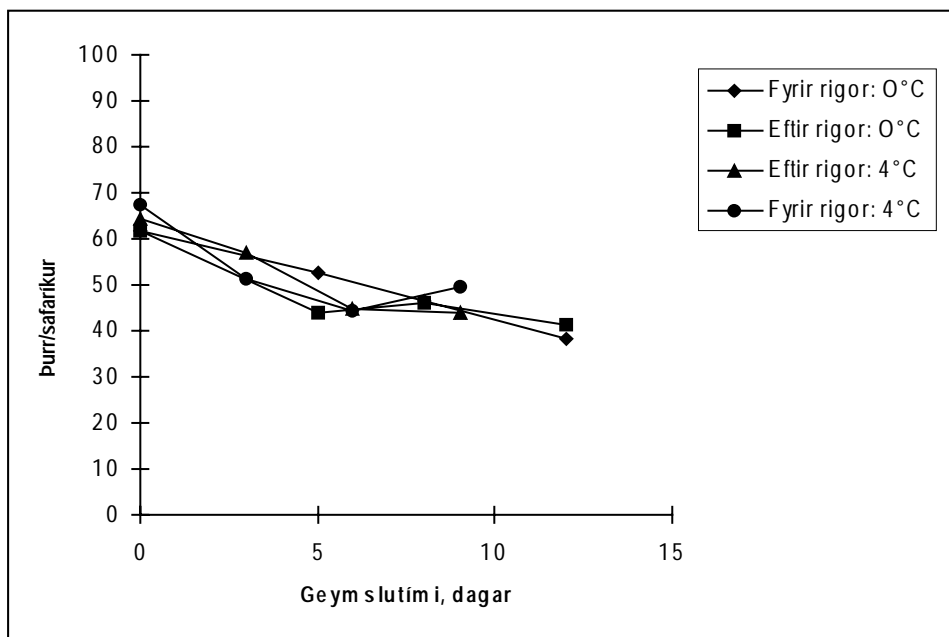
Mynd 3. Ferskleikamat á flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



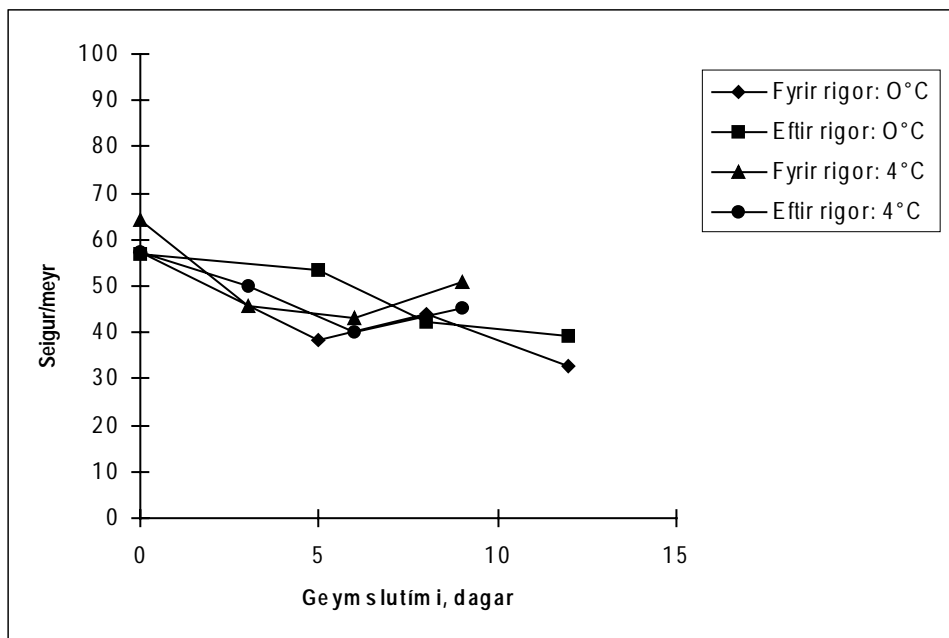
Mynd 4. Ferskleikamat á flökum eftir 12 mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



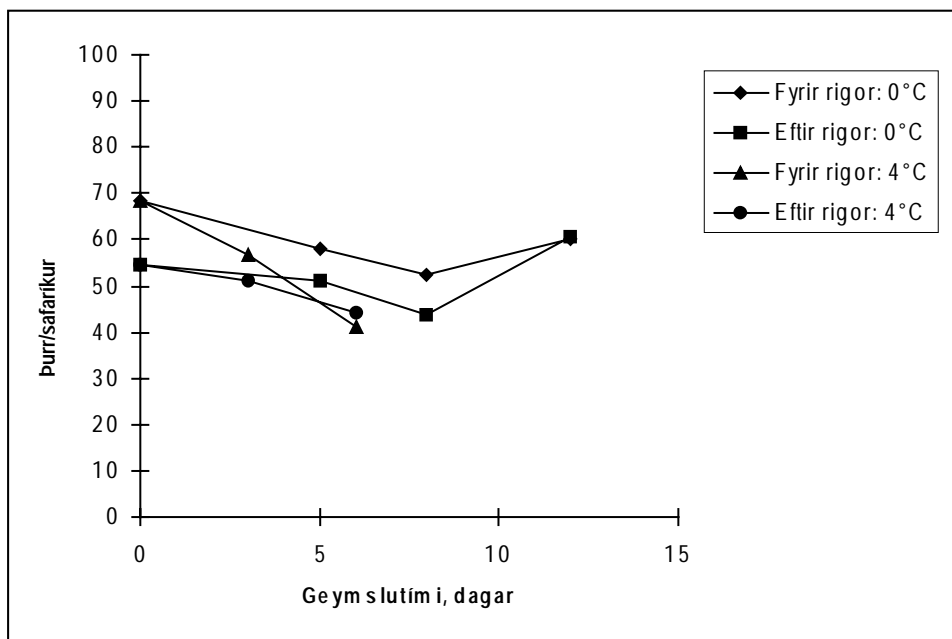
Mynd 5. Ferskleikamat á flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



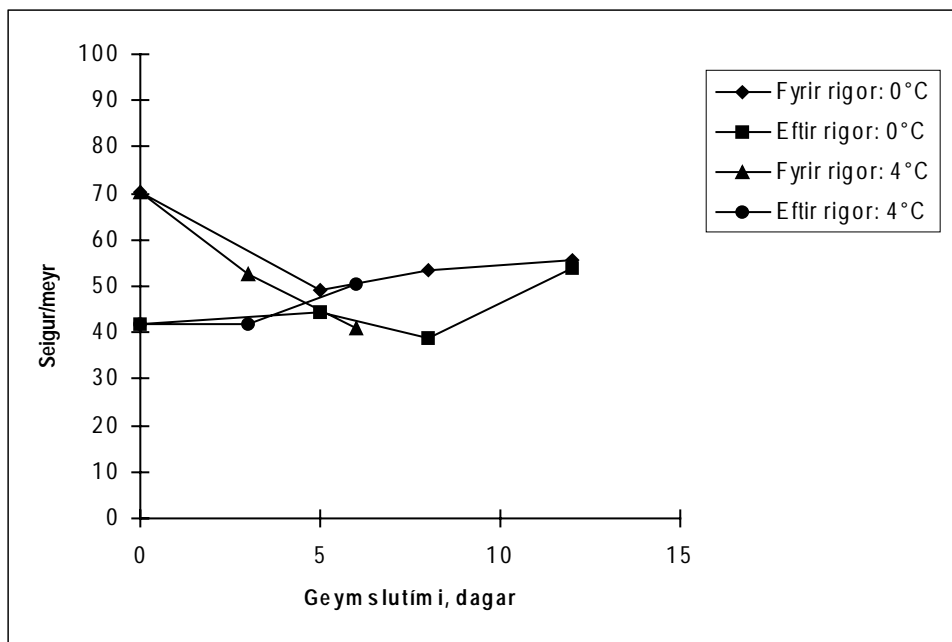
Mynd 6. Áferðarmat (purr/safaríkur) á flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



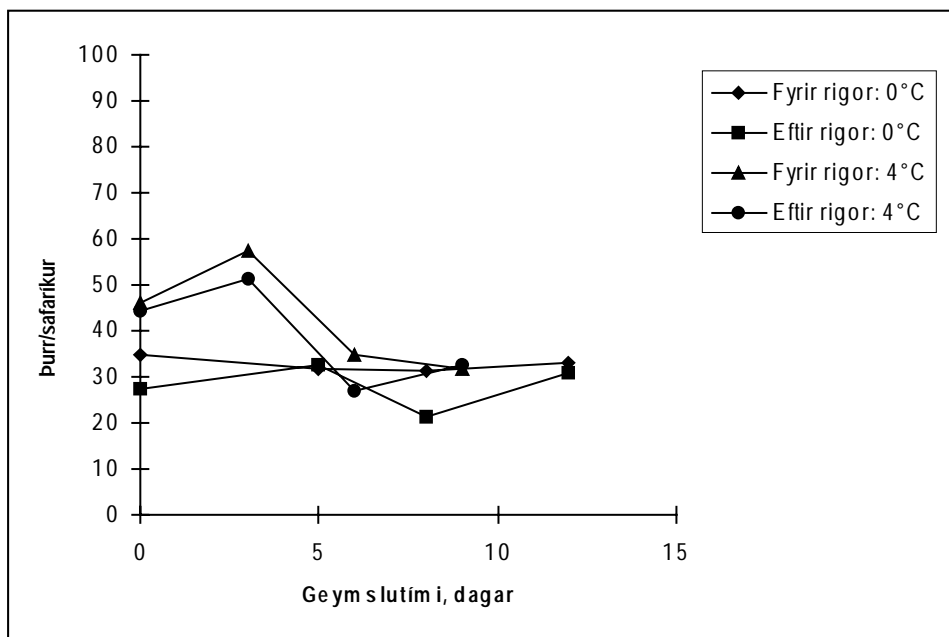
Mynd 7. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



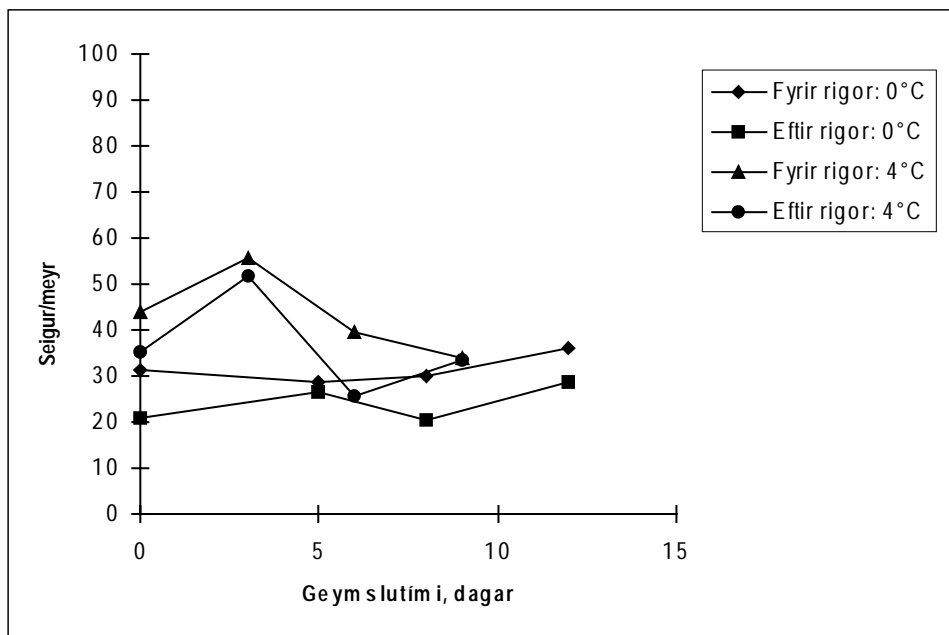
Mynd 8. Áferðarmat (purr/safaríkur) á flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



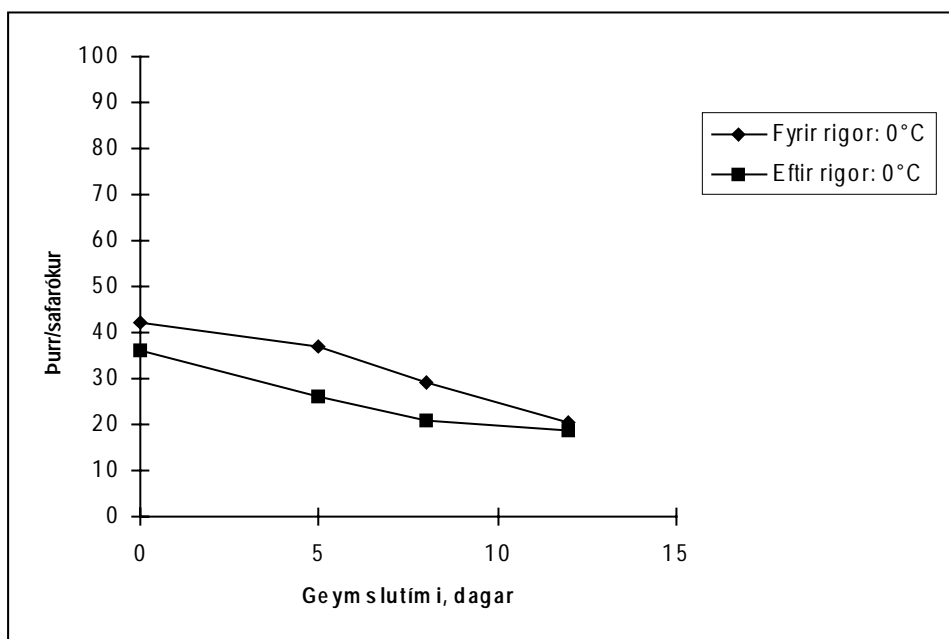
Mynd 9. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



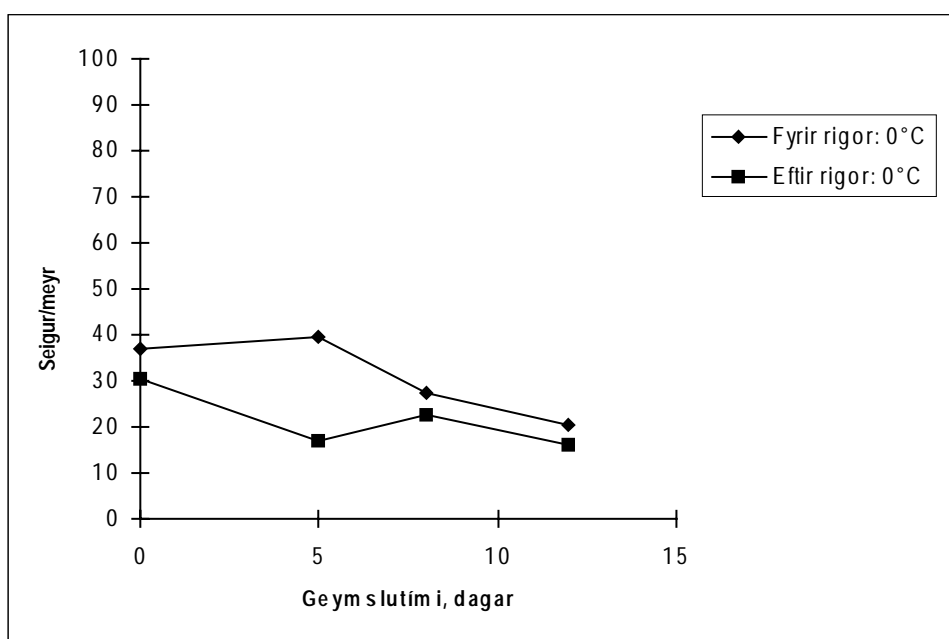
Mynd 10. Áferðarmat (purri/safaríkur) á flökum eftir tólf mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



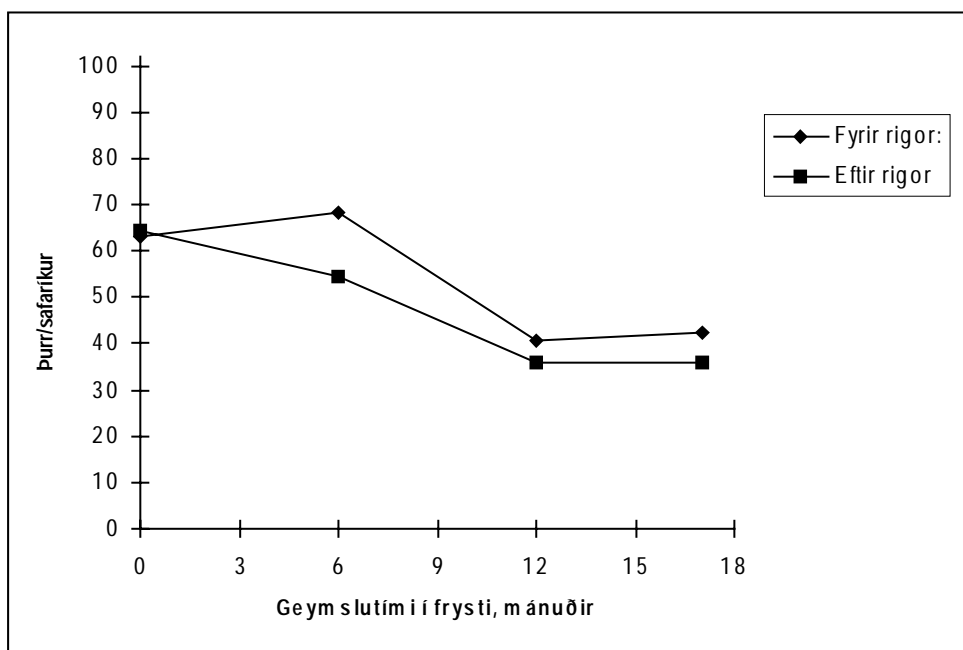
Mynd 11. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir tólf mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



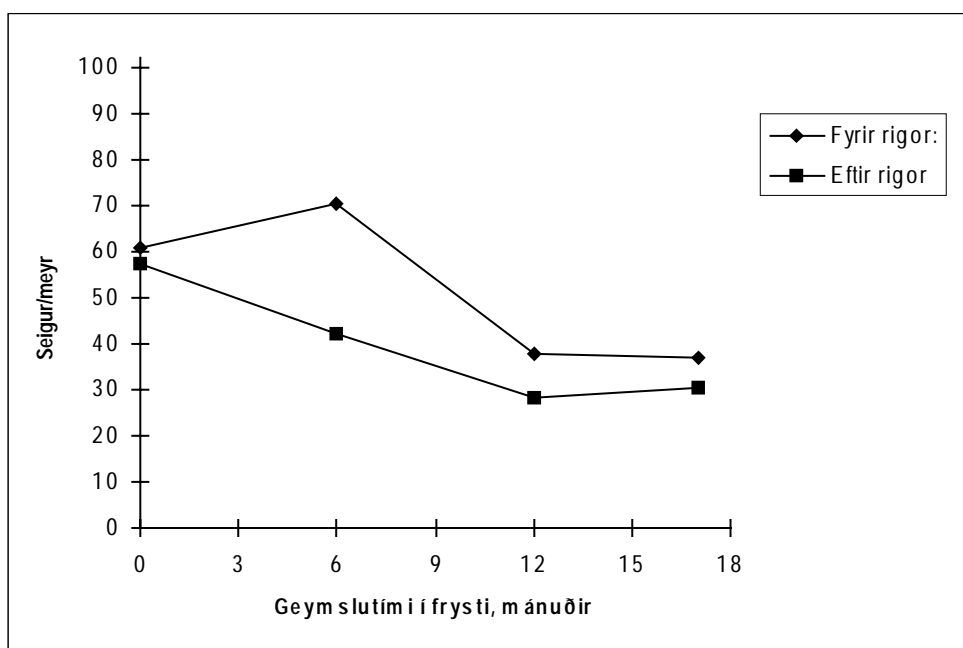
Mynd 12. Áferðarmat (þurr/safaríkur) á flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



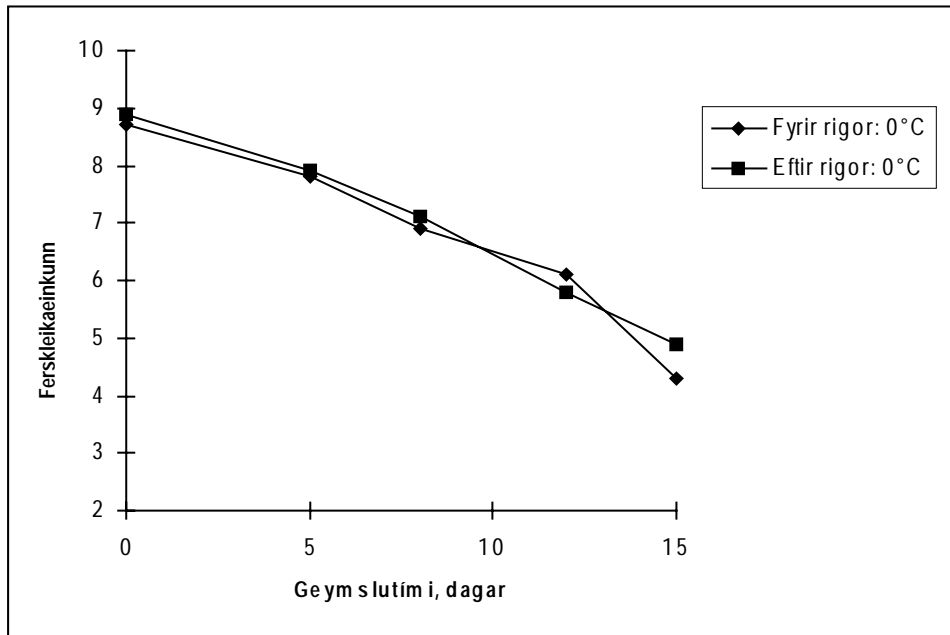
Mynd 13. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



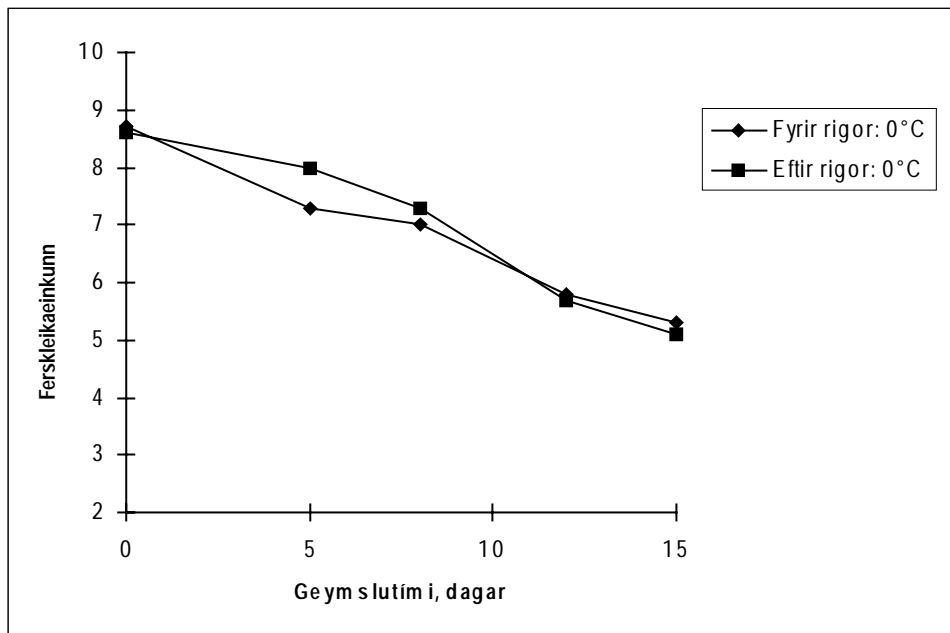
Mynd 14. Áferðarmat (þurr/safaríkur) á flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



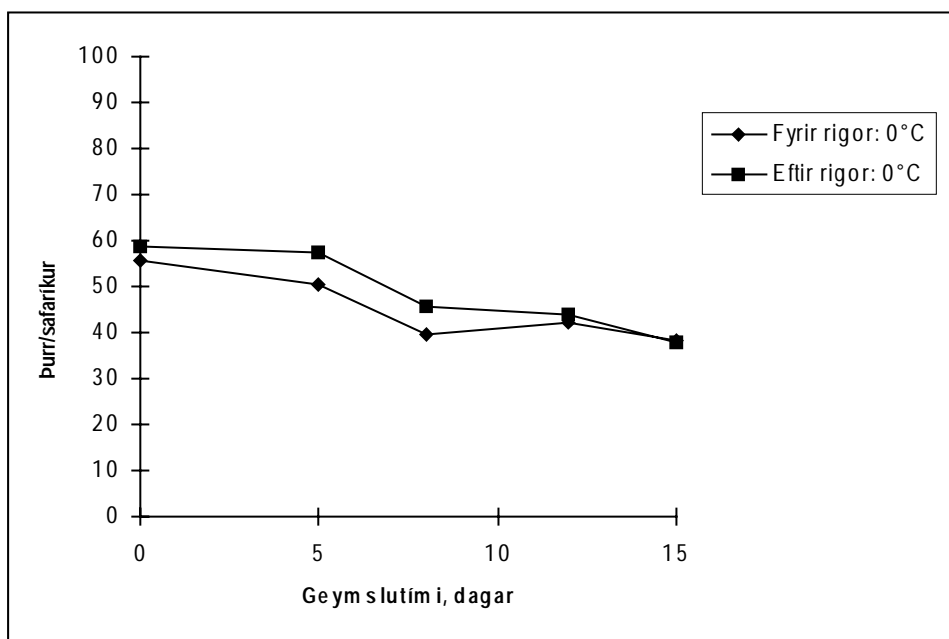
Mynd 15. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



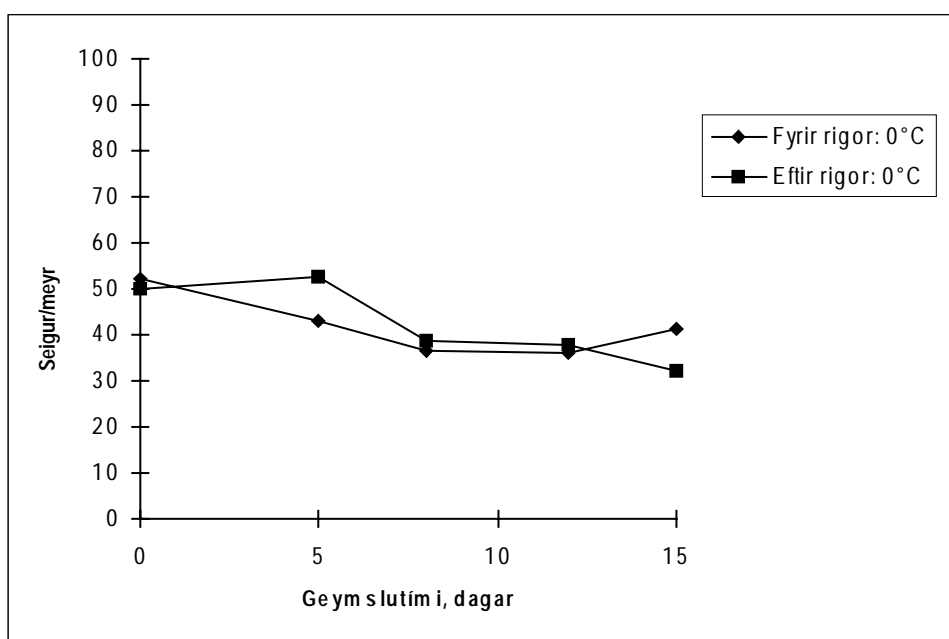
Mynd 16. Ferskleikamat á flökum eftir eins mánaða frystigeyslu (sjóferð 2)



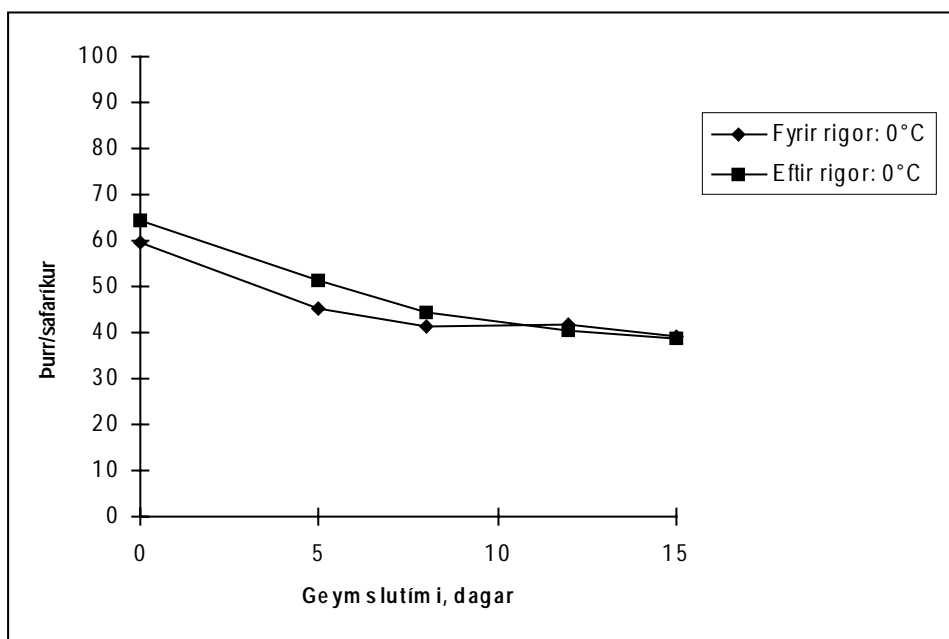
Mynd 17. Ferskleikamat á flökum eftir þriggja mánaða frystigeyslu (sjóferð 2)



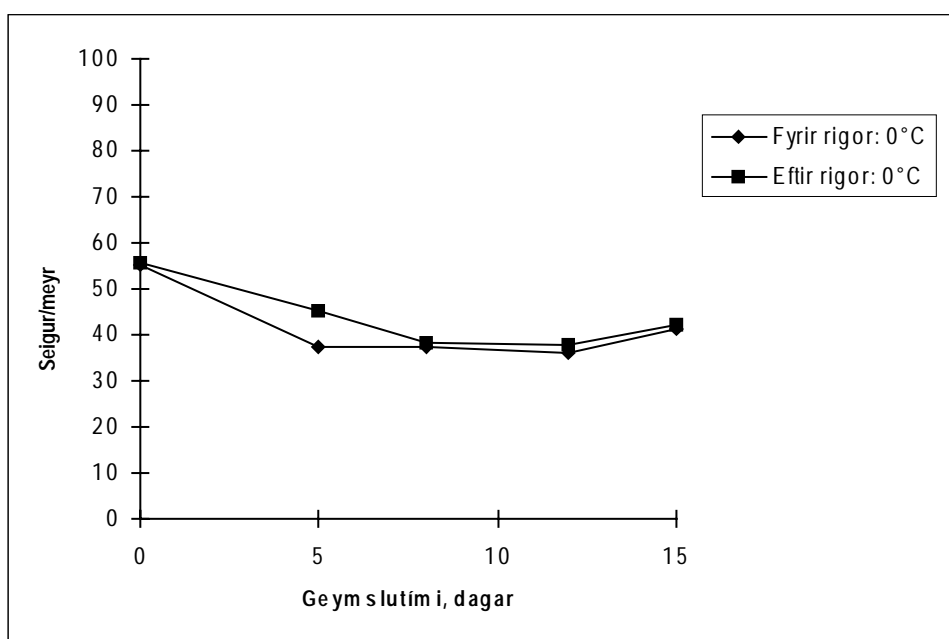
Mynd 18. Áferðarmat (purri/safaríkur) á flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 19. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 20. Áferðarmat (purri/safaríkur) á flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 21. Áferðarmat (seigur/meyr) á flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

3.3. Örverutalningar

Sjóferð 1.

Flökin voru þídd eftir tveggja, sex, tólf og sautján mánaða geymslu í frysti. Í hvert skipti var upphafsörverufjöldi athugaður. Upphafsfjöldinn var einnig skoðaður strax að lokinni sjóferð (N₂-flök). Niðurstöður örverutalninga á járnagar (heildarfjöldi og fjöldi H₂S-myndandi örvera) eru sýndar á myndum 22 og 23. Niðurstöðurnar sýndu að í öllum tilfellum var upphafs fjöldi örvera minni í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þannig var meðalheildarfjöldinn í flökum fyrir dauðastirðnun á bilinu 500-2.200/g og eftir dauðastirðnun 3.500-7.900/g. Meðalfjöldi H₂S-myndandi örvera fyrir dauðastirðnun var á bilinu 4-10/g og eftir dauðastirðnun 18-35/g. Þá kom enn fremur í ljós að mjög litlar breytingar urðu á örverufjöldanum yfir 17 mánaða geymslutíma í frysti. Þetta á bæði við um heildarfjölda og fjölda H₂S-myndandi örvera.

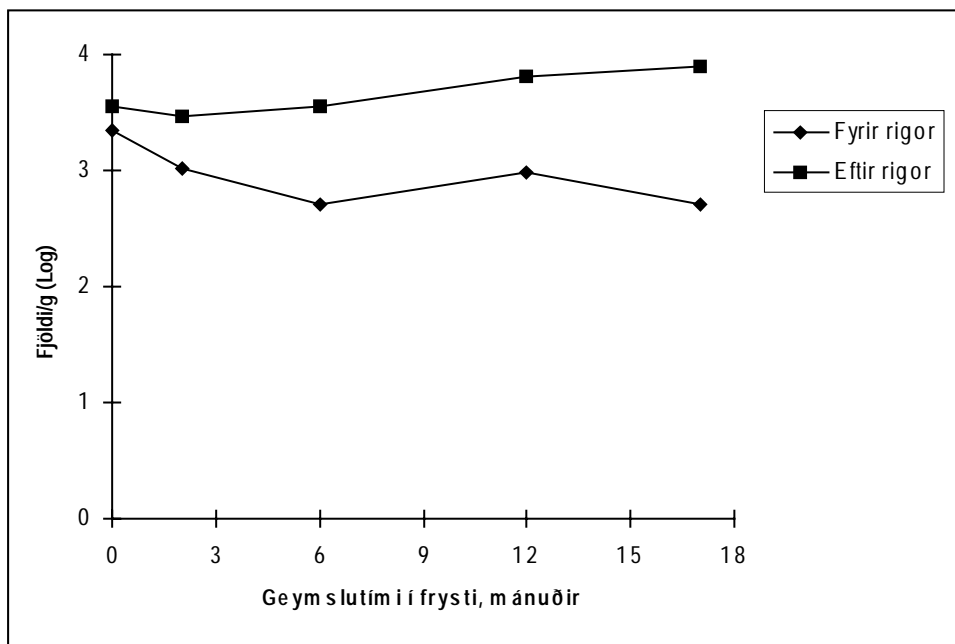
Niðurstöður örverutalninga úr geymslupólstilraunum við 0° (í ís) og 4°C eru sýndar á myndum 24-27 (heildarfjöldi) og myndum 28-31 (fjöldi H₂S-myndandi örvera). Niðurstöðurnar sýndu að í langflestum tilfellum var örverufjöldinn minni í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Eins og við mátti búast var örveruvöxturinn mun hraðari við 4° en við 0°C. Í þeim fjórum geymslupólstilraunum sem gerðar voru (eftir tvo, sex, tólf og sautján mánuði í frysti), reyndust vaxtarkúrfur örvera vera svipaðar. Þetta á bæði við um heildarörverufjölda og fjölda H₂S-myndandi örvera. Þá var fjöldi þeirra síðarnefndu mun minni en heildarfjöldinn (sjá myndir 24-31).

Sjóferð 2.

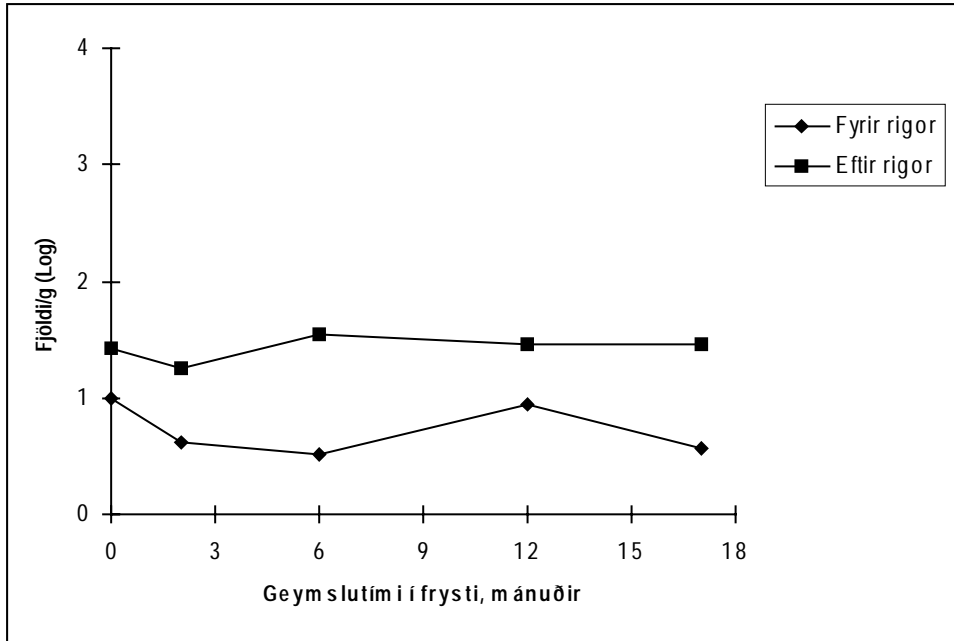
Flökin voru þídd eftir eins og þriggja mánaða geymslu í frysti. Upphafsfjöldi örvera var skoðaður að lokinni sjóferð (N₂-flök). Niðurstöðurnar sýndu að heildarfjöldi örvera var mjög svipaður hvort sem flökin voru fryst fyrir (3.000/g) eða eftir (3.300/g) dauðastirðnun. Hins vegar var nokkur munur á upphafs fjölda H₂S-myndandi örvera eða um 2/g í flökum fyrir dauðastirðnun en um 25/g í flökum eftir dauðastirðnun.

Niðurstöður örverutalninga úr geymslupólstilraunum við 0° (í ís) eru sýndar á myndum 32 og 33 (heildarfjöldi) og myndum 34 og 35 (fjöldi H₂S-myndandi örvera). Niðurstöðurnar sýndu að vaxtarkúrfur fyrir heildarfjölda örvera voru mjög svipaðar í báðum hópum (fyrir og eftir dauðastirðnun). Þetta á bæði við um flök sem þídd voru

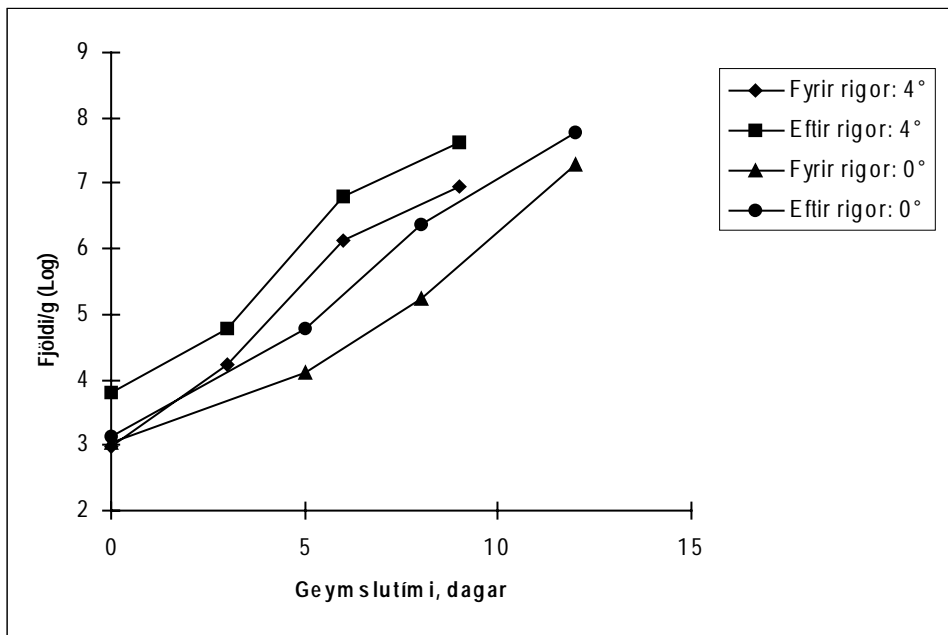
eftir eins og þriggja mánaða geymslu í frysti. Fjöldi H_2S -myndandi örvera var hins vegar nokkru minni í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Fjöldi þessara örvera reyndist vera mun meiri í flökum sem voru þídd eftir einn mánuð á seinni hluta geymslutíma í ís en í flökum sem voru þídd eftir 3 mánuði.



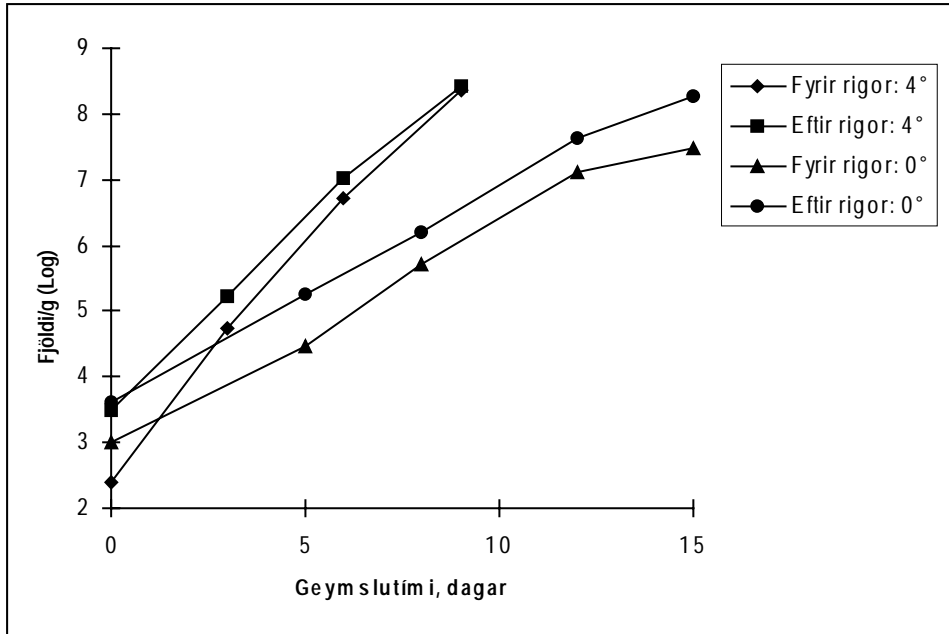
Mynd 22. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



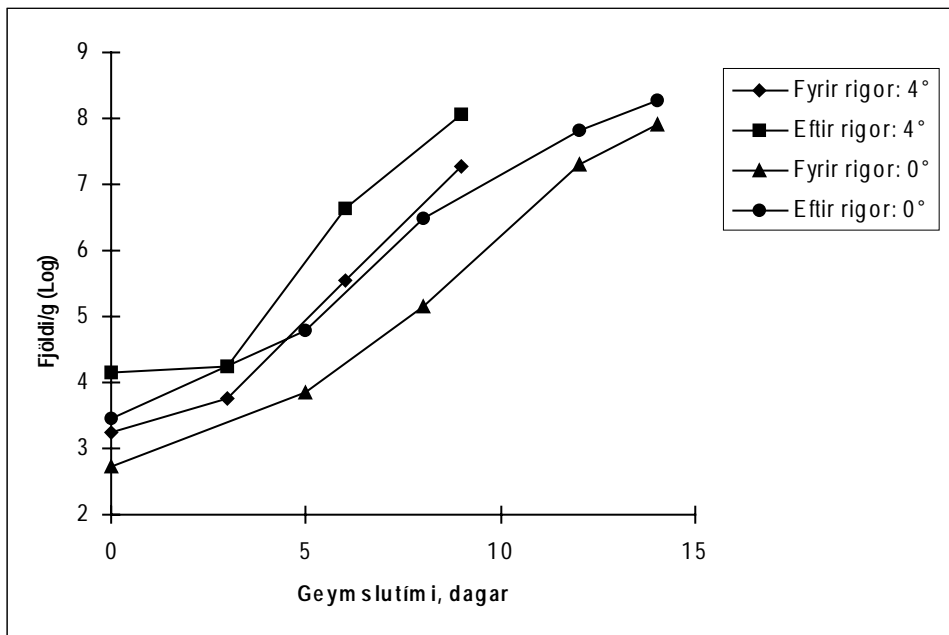
Mynd 23. Fjöldi H_2S -myndandi örvera á járnagar í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



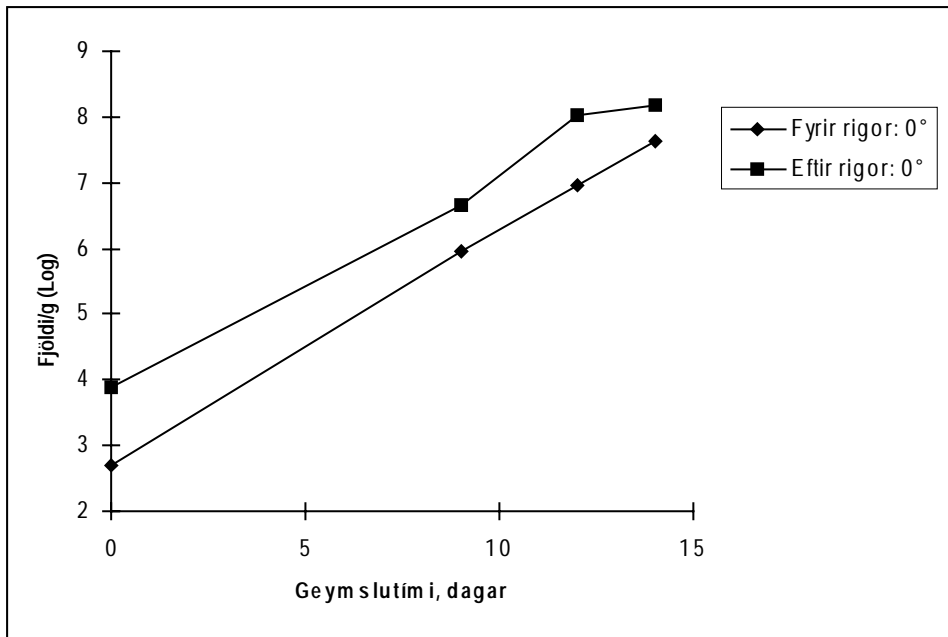
Mynd 24. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



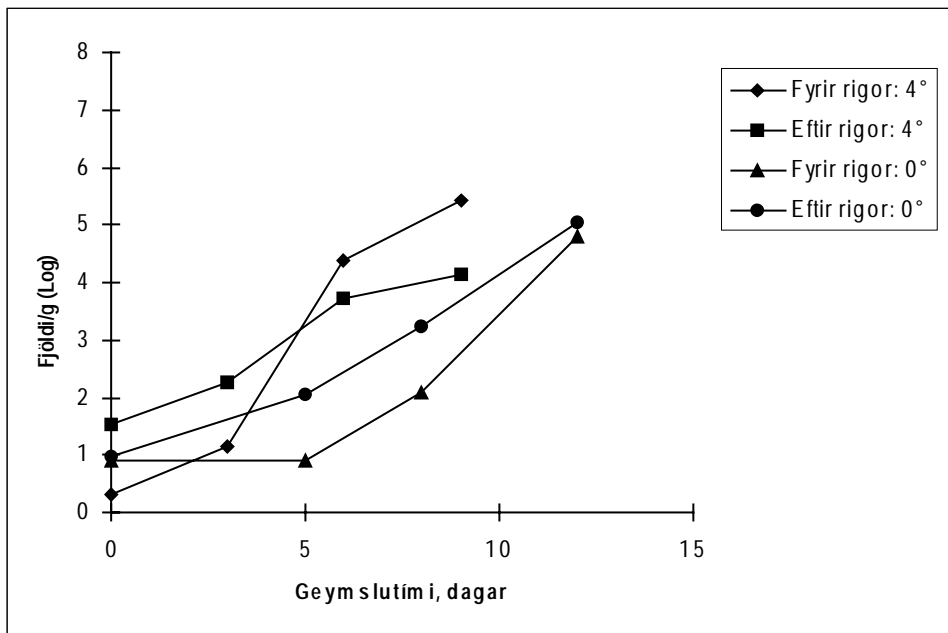
Mynd 25. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir sex mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



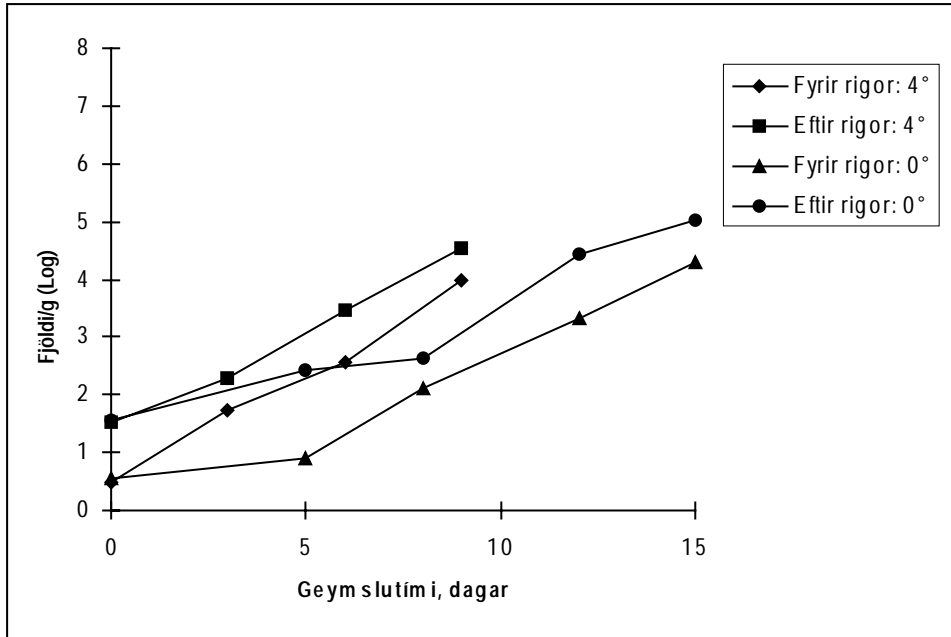
Mynd 26. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir tólf mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



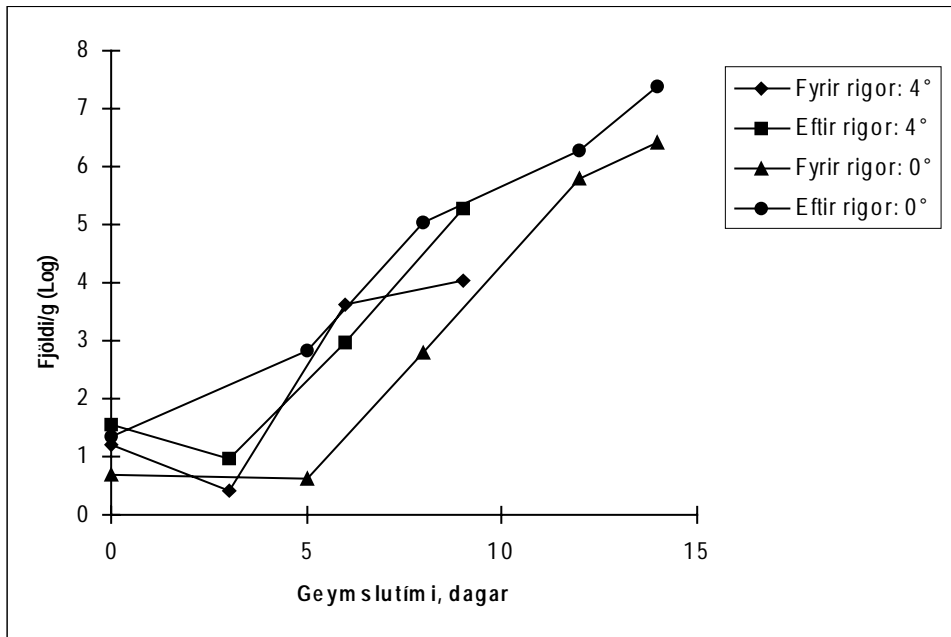
Mynd 27. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir sautján mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



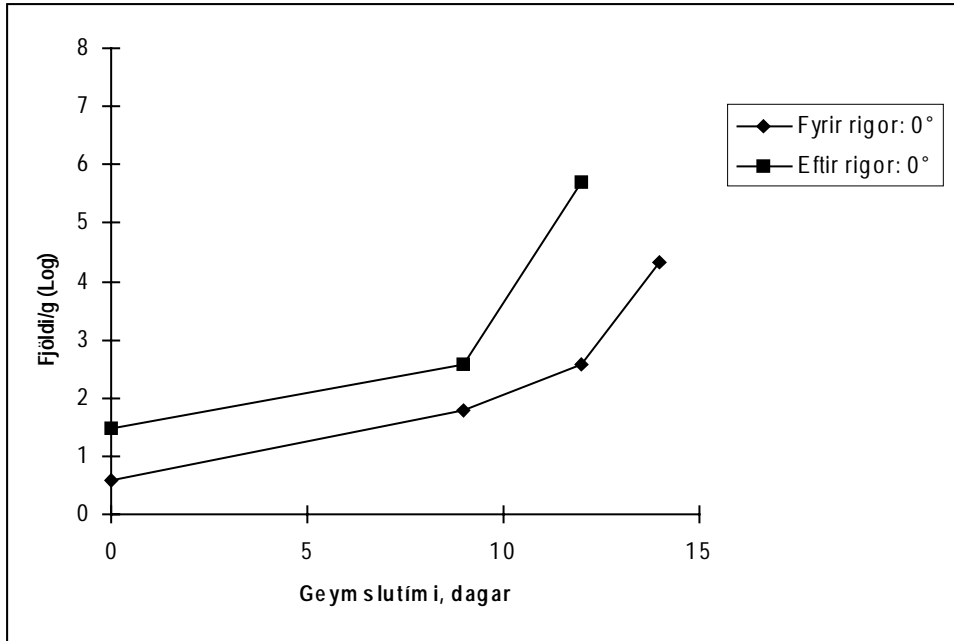
Mynd 28. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir tveggja mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



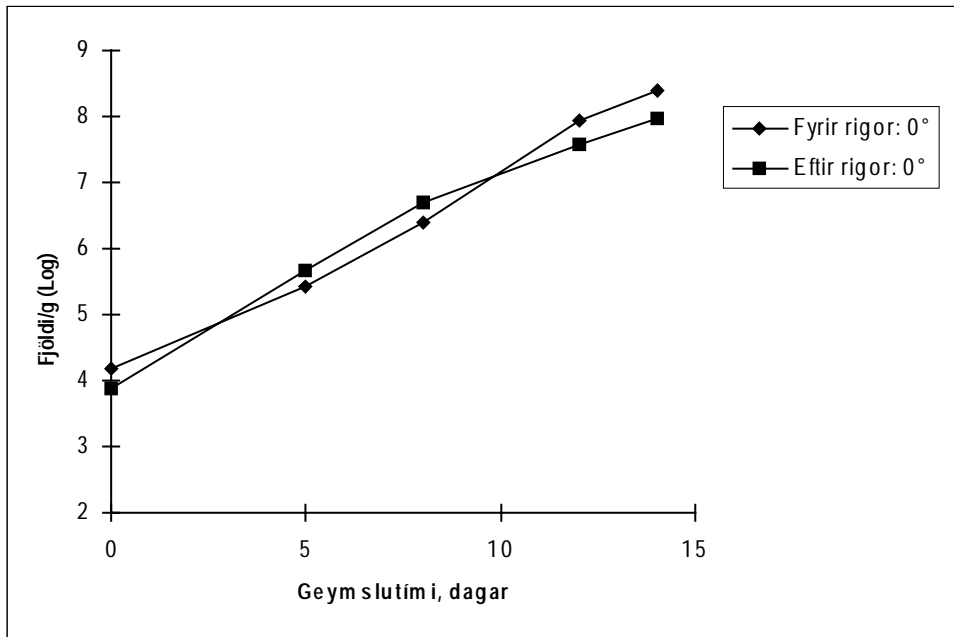
Mynd 29. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



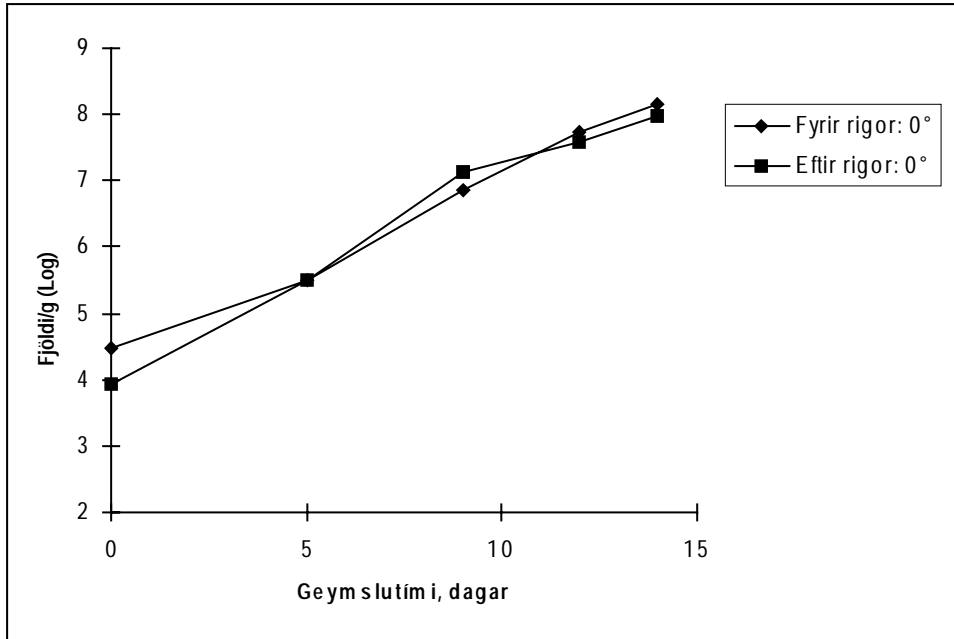
Mynd 30. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir tólf mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



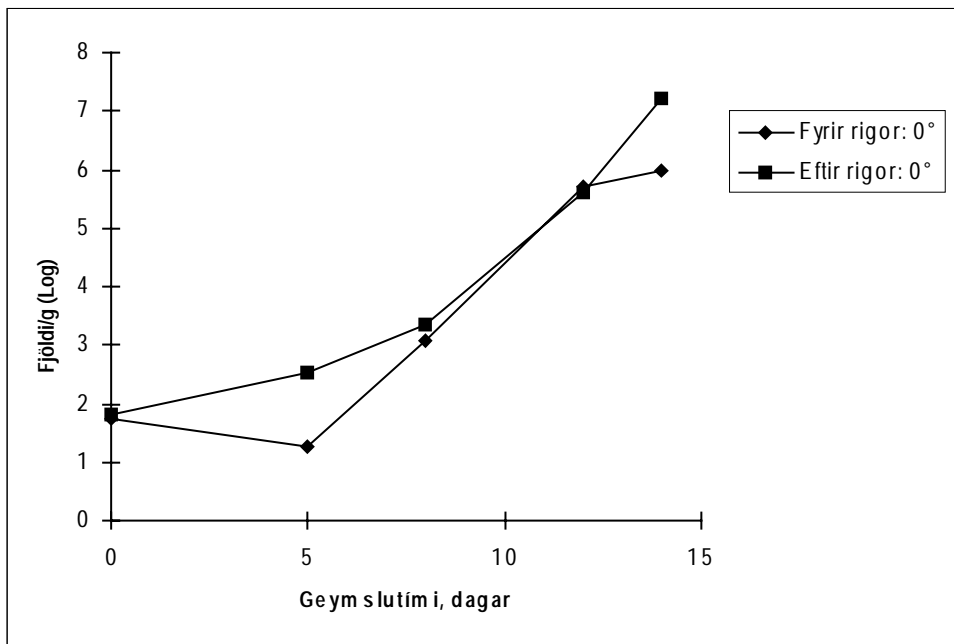
Mynd 31. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



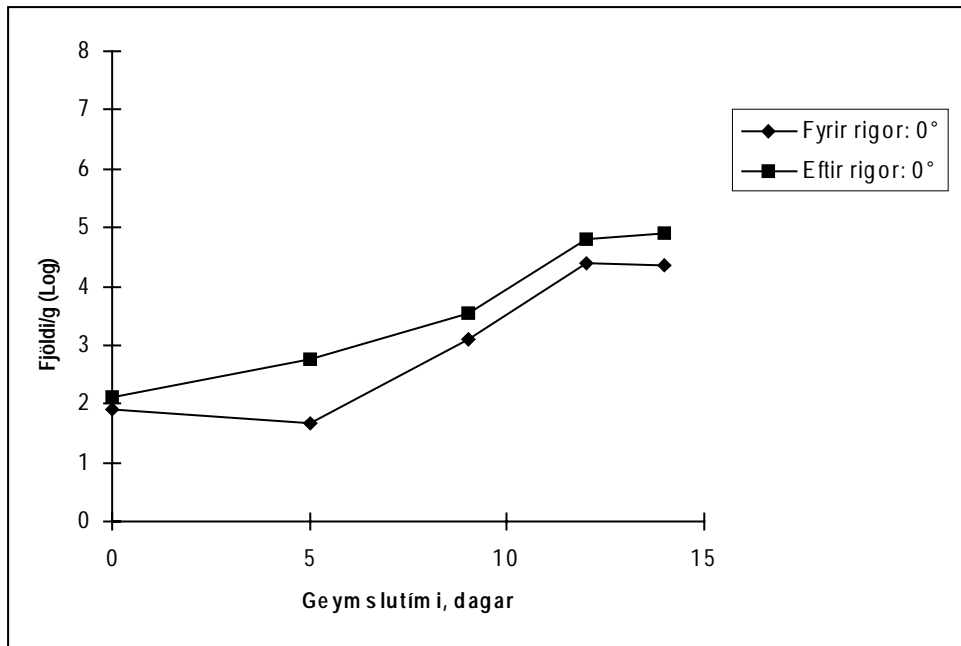
Mynd 32. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 33. Heildarörverufjöldi á járnagar í þíddum flökum eftir þriggja mánaða frystigeyslu (sjóferð 2)



Mynd 34. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir eins mánaða frystigeyslu (sjóferð 2)



Mynd 35. Fjöldi H₂S-myndandi örvera í þíddum flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

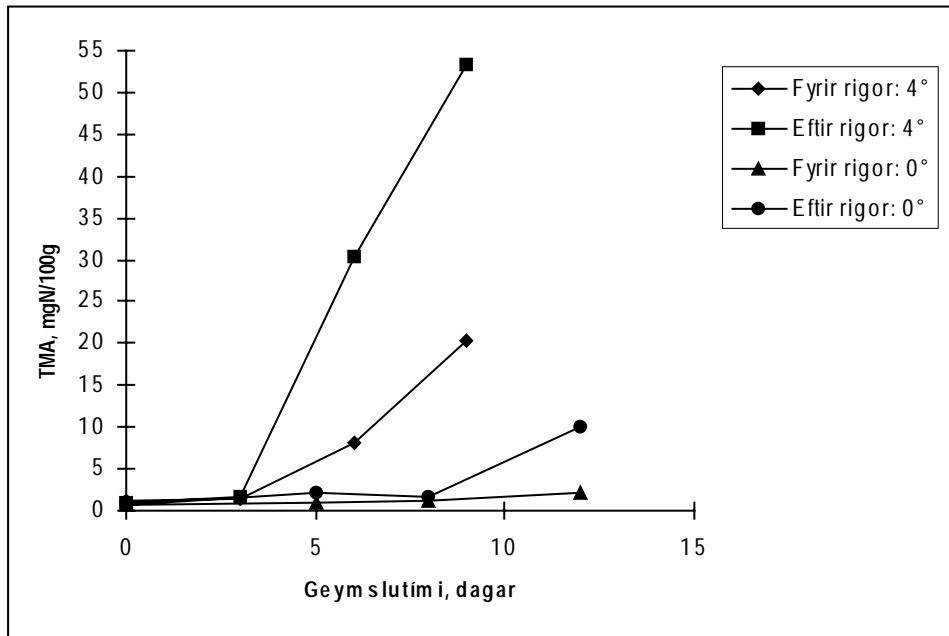
3.4. Efnamælingar

3.4.1. TMA mælingar.

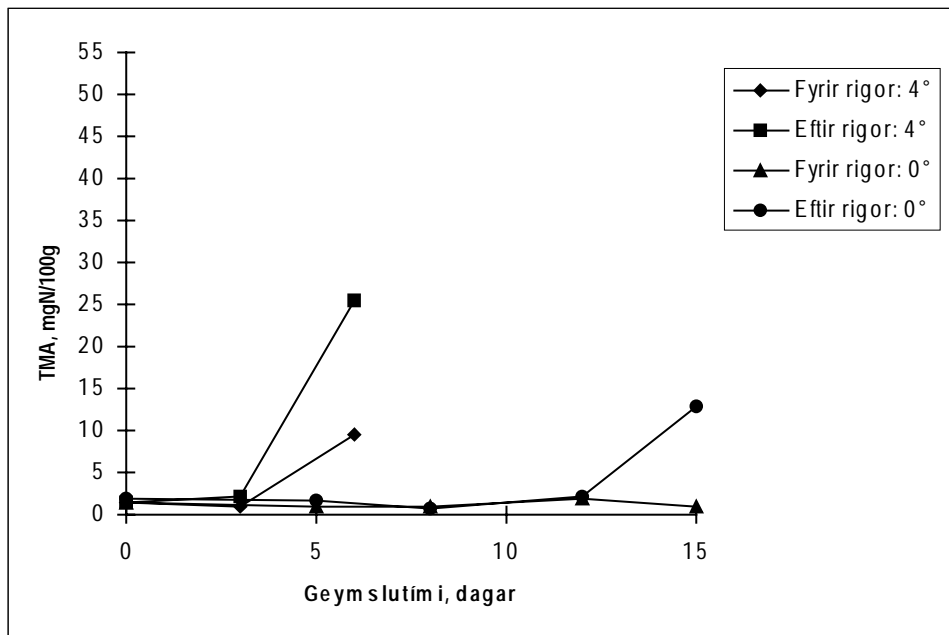
Sjóferð 1. Niðurstöður TMA mælinga úr geymsluþolstilraunum við 0° (í ís) og 4°C eru sýndar á myndum 36 til 39. Niðurstöðurnar sýndu að myndun TMA var hægari í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þessi munur var nær alltaf marktækur ($p < 0,05$) eftir 3 daga við 4°C og 5 daga við 0°C. Eins og við mátti búast var TMA myndun mun hraðari við 4° en við 0°C. Í þeim fjórum geymsluþolstilraunum sem gerðar voru (eftir 2, 6, 12 og 17 mánuði í frysti) kom í ljós að TMA myndun varð mun hægari eftir því sem flökin höfðu verið geymd lengur í frysti. Þannig mældist ekkert TMA í flökum eftir 17 mánaða geymslu í frysti.

Sjóferð 2. Niðurstöður TMA mælinga úr geymsluþolstilraunum við 0° (í ís) eru sýndar á myndum 40 og 41. Niðurstöðurnar sýndu að myndun TMA var marktækt hægari í flökum ($p < 0,05$) sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst

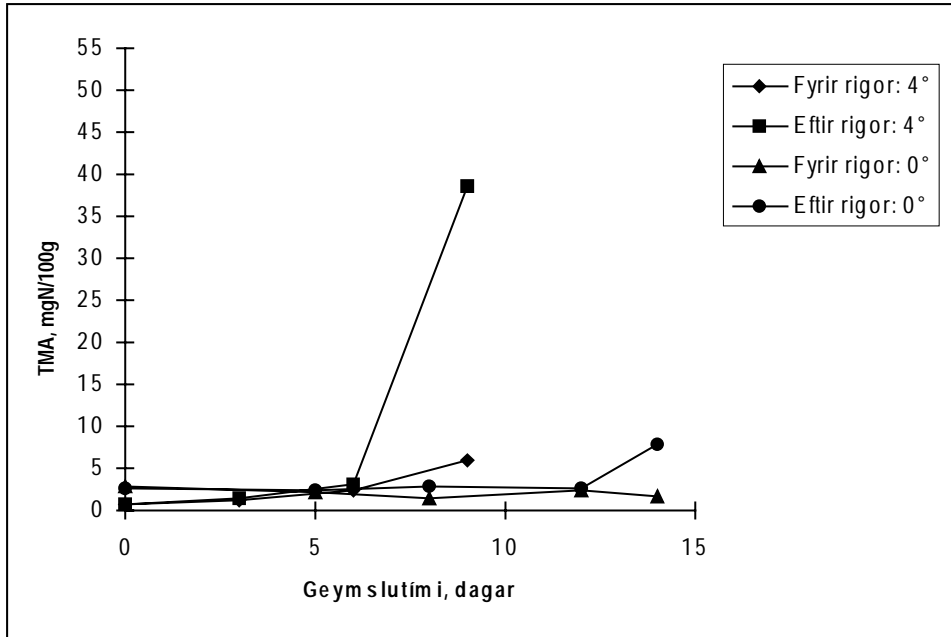
voru eftir dauðastirðnun. Í lok geymsluþolstilraunarinnar var TMA lægra í flökum sem höfðu verið geymd 3 mánuði í frysti miðað við eins mánaðar frystigeymslu. Þetta virtist þó eingöngu eiga við um flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun.



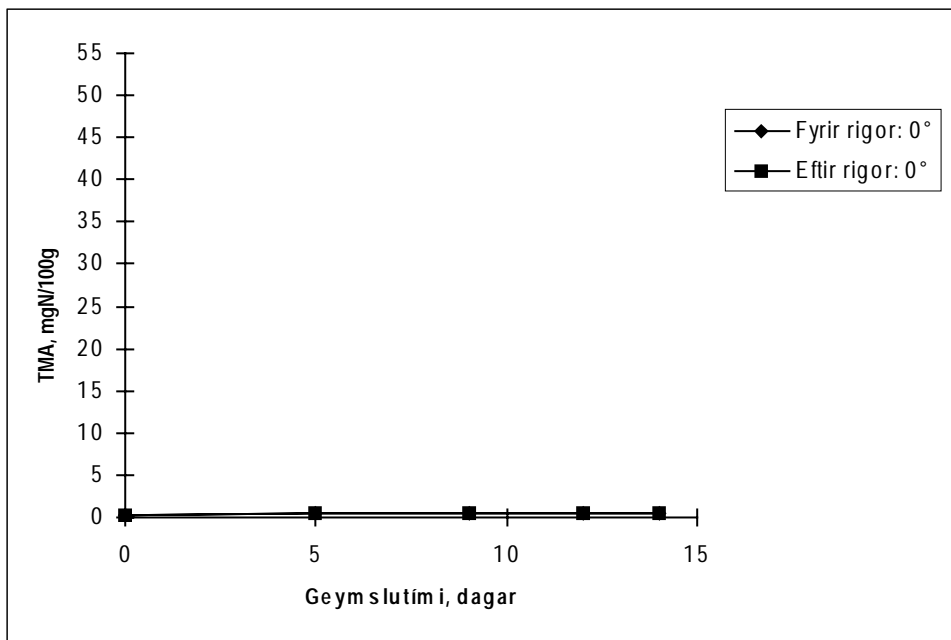
Mynd 36. Magn TMA í þíddum flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



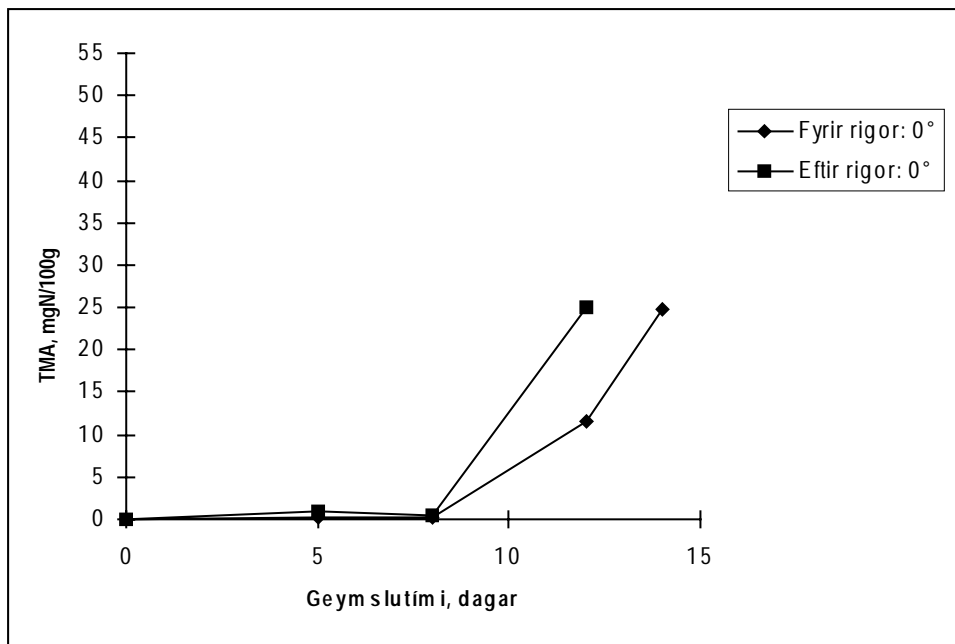
Mynd 37. Magn TMA í þíddum flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



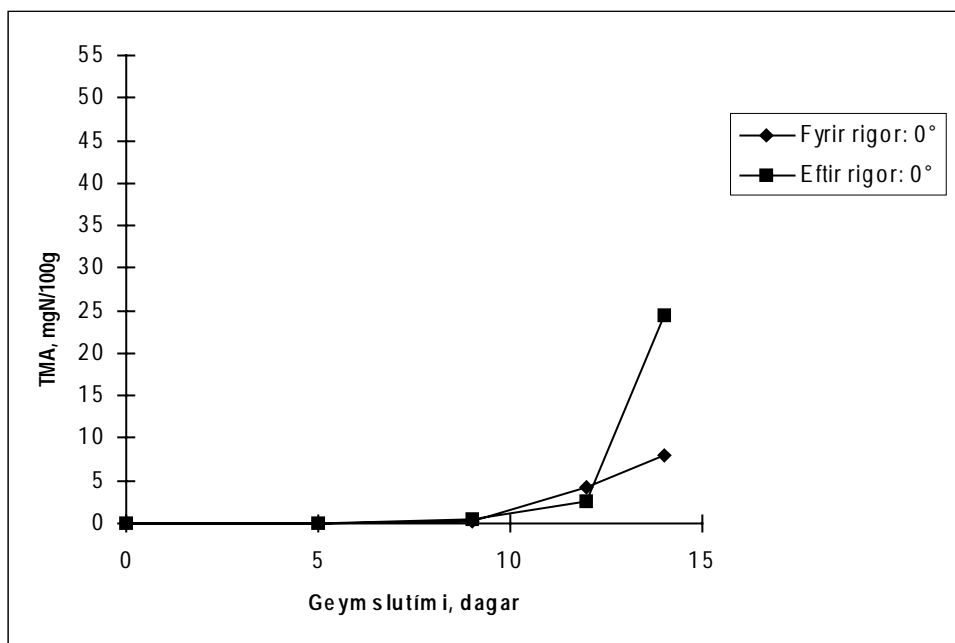
Mynd 38. Magn TMA í þíddum flökum eftir tólf mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 39. Magn TMA í þíddum flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 40. Magn TMA í þíddum flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

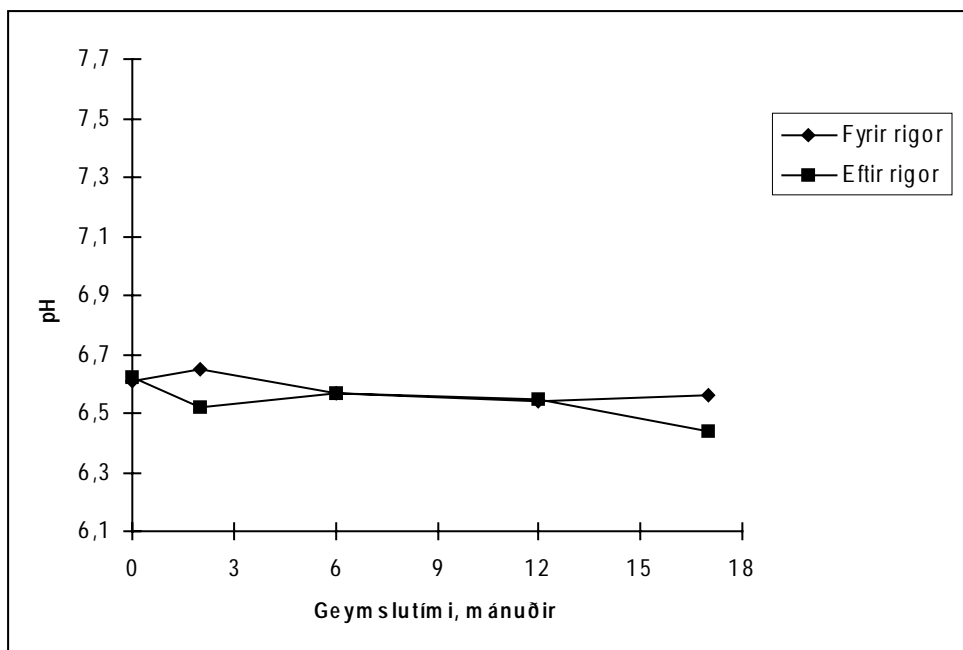


Mynd 41. Magn TMA í þíddum flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

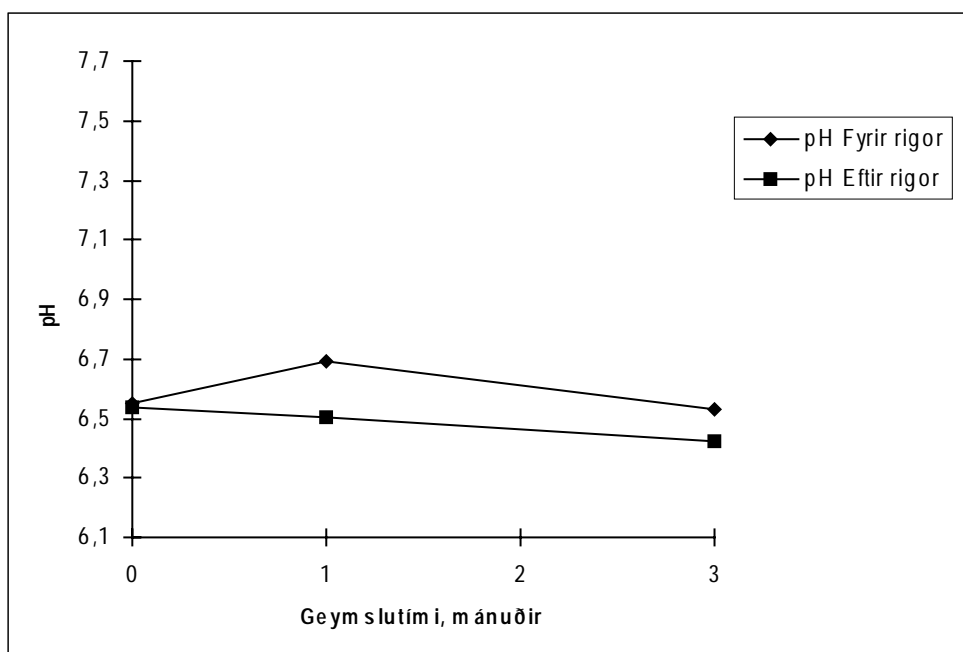
3.4.2. pH mælingar.

Sjóferð 1. Niðurstöður pH mælinga í upphafi tilraunar og í byrjun hvernar geymsluþolstilraunar eru sýndar á mynd 42. Niðurstöður sýndu að lítil munur var á pH í flökum frystum fyrir og eftir dauðastirðnun og mjög litlar breytingar urðu á pH við geymslu í frysti í 17 mánuði og voru pH gildin almennt frá 6,5 til 6,7. Niðurstöður pH mælinga úr geymsluþolstilraunum við 0 og 4°C eru sýndar í myndum 44 til 47. Niðurstöðurnar sýndu að yfirleitt var ekki marktækur munur á pH í flökum úr báðum hópum (fyrir og eftir dauðastirðnun). Sýrustigið jókst hraðar í flökum sem geymd voru við 4° en í flökum við 0°C. Var þetta sérstaklega áberandi í flökum sem geymd höfðu verið í 2 og 6 mánuði í frysti og mældist pH hæst 7,7. Í flökum sem geymd voru við 0°C varð lítil aukning á pH yfir geymslutíma í ís.

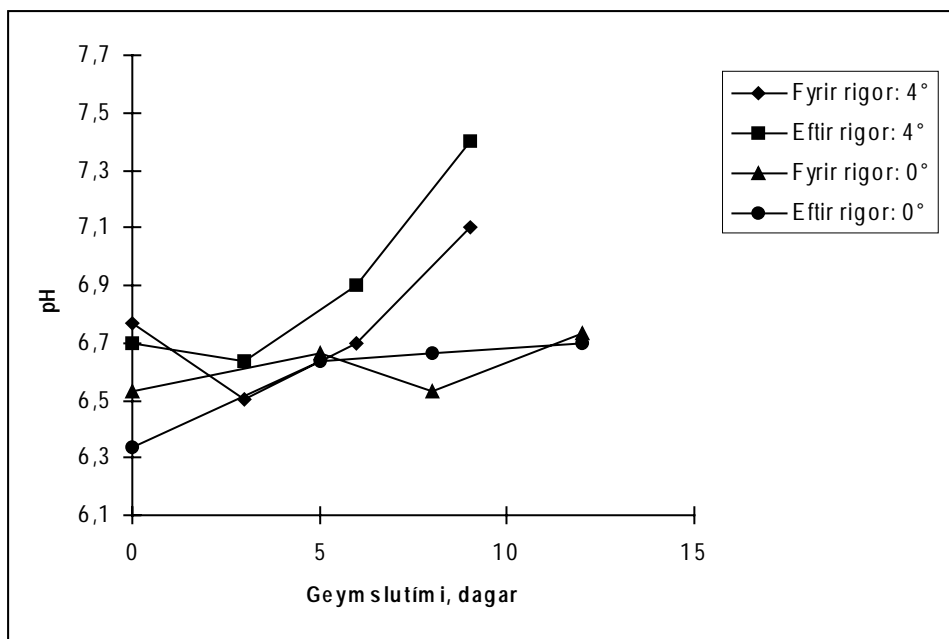
Sjóferð 2. Niðurstöður pH mælinga í upphafi tilraunar og í byrjun hvernar geymsluþolstilraunar eru sýndar á mynd 43. Niðurstöður sýndu að marktækur munur ($p < 0,05$) var á pH í flökum frystum fyrir og eftir dauðastirðnun eftir eins mánaðar geymslu í frysti. Í upphafi tilraunar og eftir þrjá mánuði var munurinn hins vegar ekki marktækur. Mjög litlar breytingar urðu á pH við geymslu í frysti í 3 mánuði og voru pH gildin almennt frá 6,5 til 6,7. Niðurstöður pH mælinga úr geymsluþolstilraunum við 0 °C eru sýndar í myndum 48 og 49. Niðurstöðurnar sýndu að ekki var mikill munur á pH í flökum úr báðum hópum (fyrir og eftir dauðastirðnun). Eftir einn mánuð í frysti varð marktæk aukning á pH í báðum hópum yfir geymslutíma í ís en eftir þriggja mánaða geymslu einungis í flökum sem voru fryst eftir dauðastirðnun.



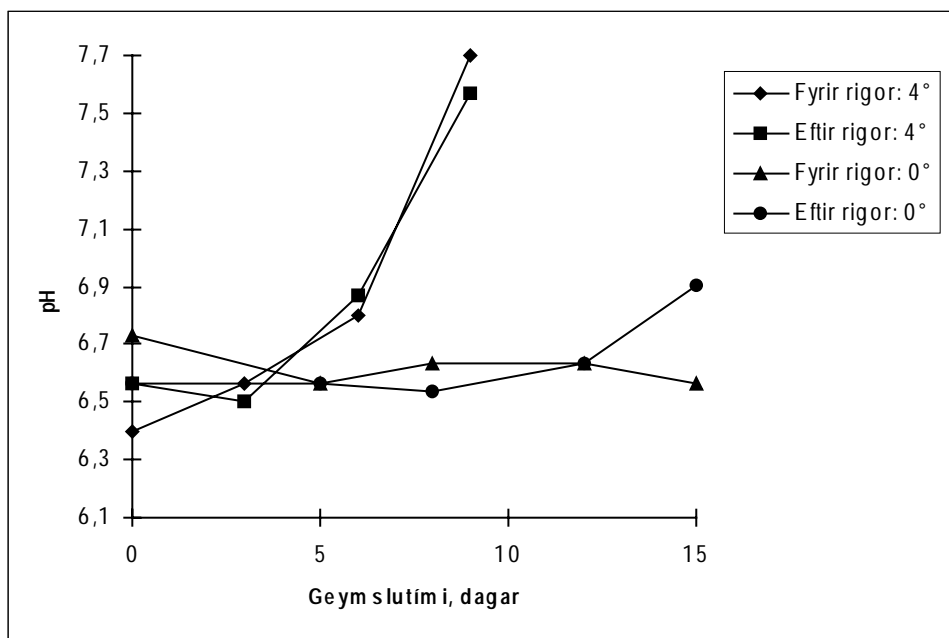
Mynd 42. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



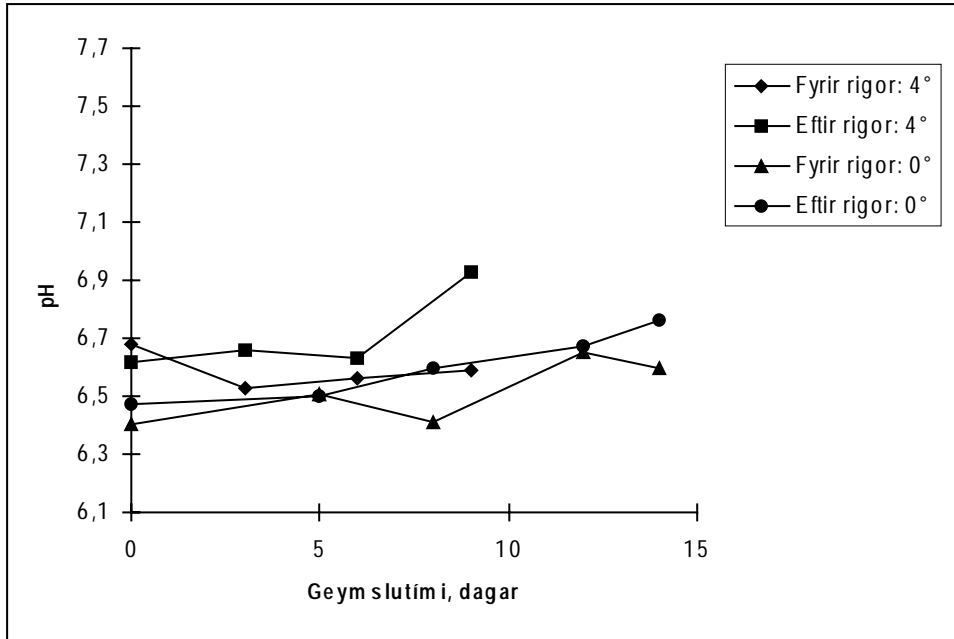
Mynd 43. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 2)



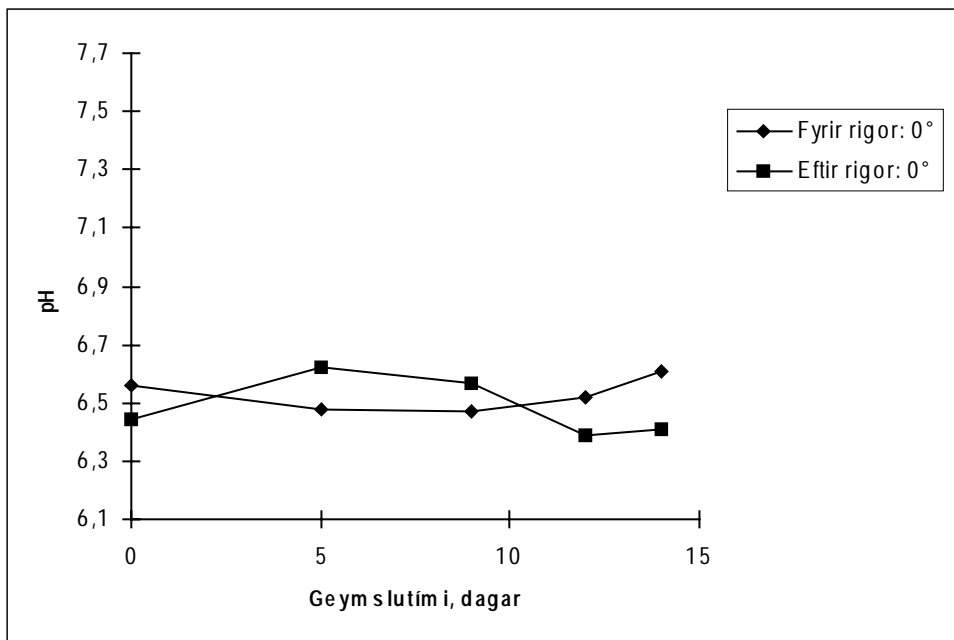
Mynd 44. Sýrustig (pH) í þíðum flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



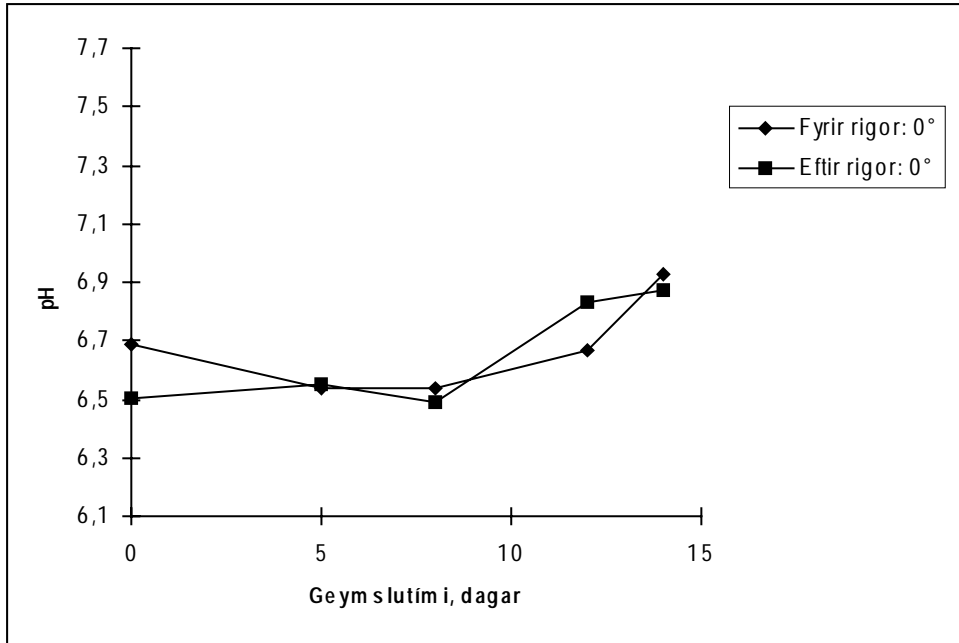
Mynd 45. Sýrustig (pH) í þíðum flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



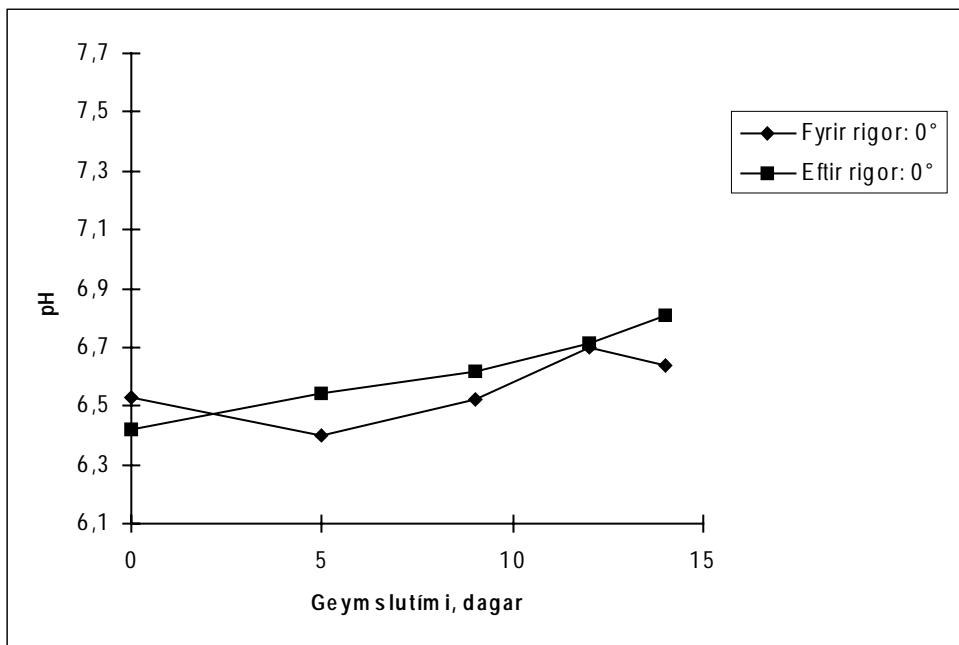
Mynd 46. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir tólf mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



Mynd 47. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir sautján mánaða frystigeyslu (sjóferð 1)



Mynd 48. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 49. Sýrustig (pH) í þíddum flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

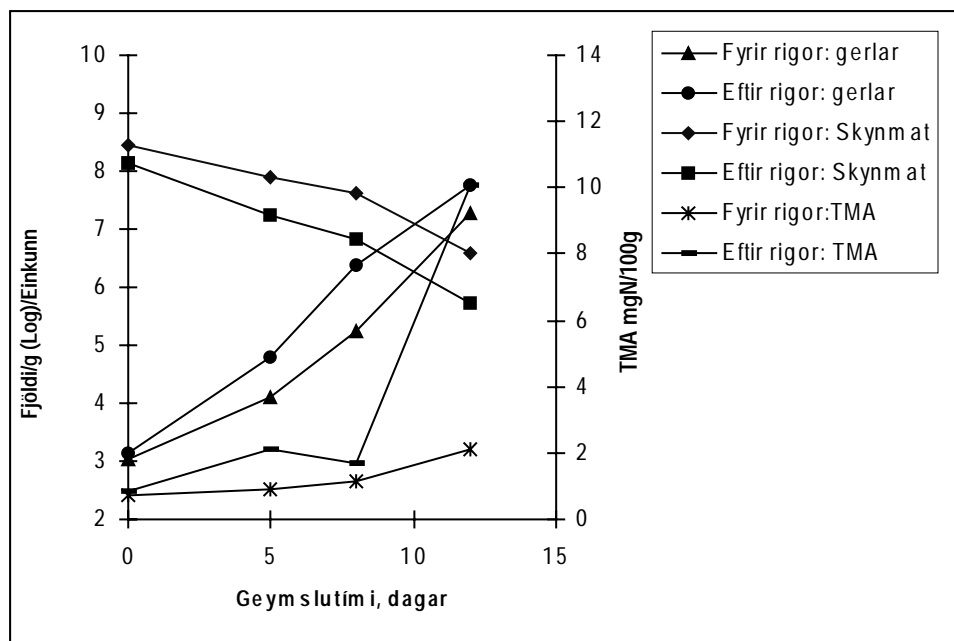
3.5. Samanburður á skynmati, örverutalningum og TMA-mælingum við geymslu í ís (0°C)

Sjóferð 1.

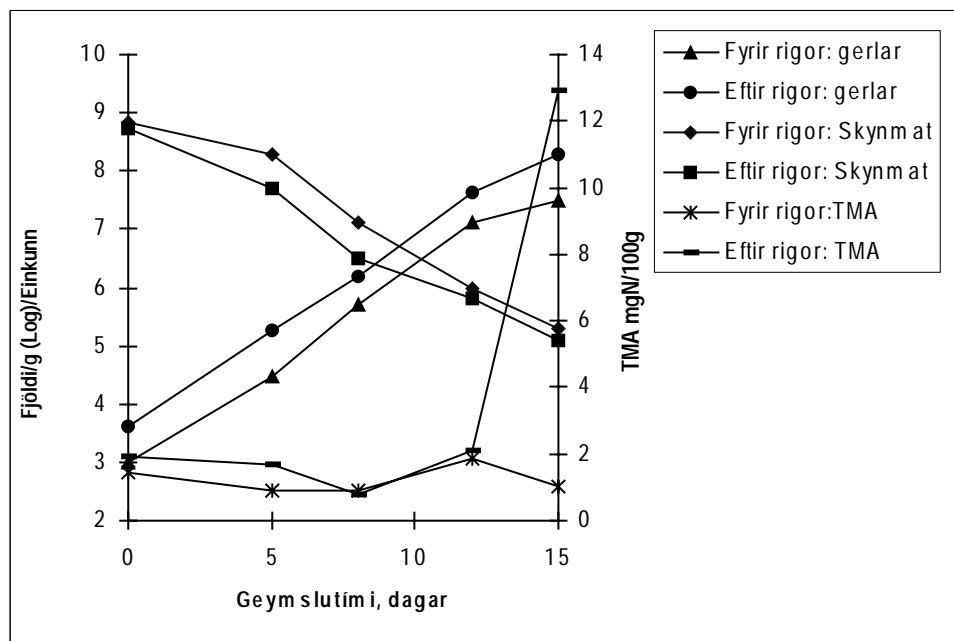
Á myndum 50 til 53 er sýndur samanburður á ferskleikamati, heildarörverufjölda og TMA. Niðurstöðurnar sýndu að í langflestum tilfellum var örverufjöldinn minni og ferskleikaeinkunn hærri í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Mjög mikið samræmi var í niðurstöðum skynmats og heildarörverufjölda eftir 2, 6 og 12 mánaða geymslu. Eftir 17 mánaða geymslu var hins vegar ekki munur á skynmatseinkunnum á milli hópanna tveggja þó svo að fjöldi örvera væri meiri í flökum frystum eftir dauðastirðnun. Á þeim tíma sem flökin voru dæmd óneysluhæf af skynmatshópnum var heildarfjöldi örvera yfir 10^7 /g. Einnig var ákveðið samræmi í niðurstöðum TMA-mælinga þannig að TMA mældist hærra í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun eftir 2, 6 og 12 mánaða geymslu. Eftir 2 mánaða geymslu þegar geymsluþolið var 12 til 14 dagar samkvæmt skynmati var TMA í flökum 2 til 10 mgN/100 g. Eftir 6 og 12 mánaða geymslu í frysti var komið að lokum geymsluþols eftir 12 daga í ís. Þá mældist TMA aðeins um 2 mgN/100g í báðum hópum. Eftir 17 mánaða geymslu myndaðist ekkert TMA í báðum hópum. Þannig er á engan hátt unnt að nota TMA-mælingu sem mælikvarða á gæði þídgra flaka sem er í samræmi við fyrri niðurstöður höfunda (Magnússon and Martinsdóttir, 1995).

Sjóferð 2.

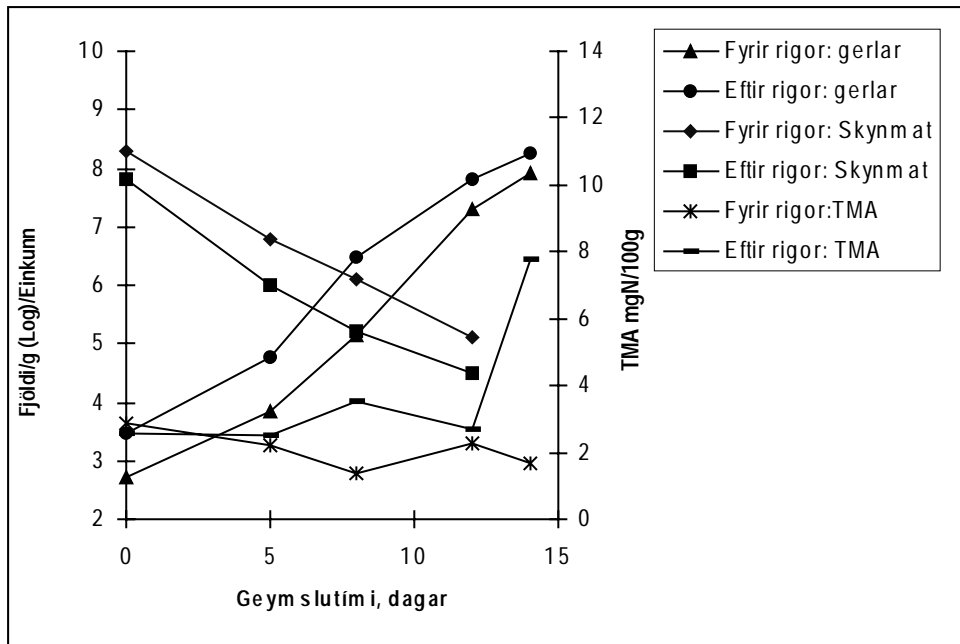
Á myndum 54 til 55 er sýndur samanburður á ferskleikamati, heildarörverufjölda og TMA. Samræmi var á milli skynmats og heildarfjölda örvera og var ekki marktækur munur á flökum frystum fyrir eða eftir dauðastirðnun. Þetta á bæði við um flök sem geymd höfðu verið einn og þrjú mánuði í frysti. TMA myndaðist hins vegar hraðar í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun. Bent skal á að þó að heildarörverufjöldi væri svipaður í báðum hópum var fjöldi H_2S myndandi örvera meiri í flökum frystum eftir dauðastirðnun en fyrir (sjá myndir 34 og 35). Margir þessara gerla eru mjög virkir í að mynda TMA.



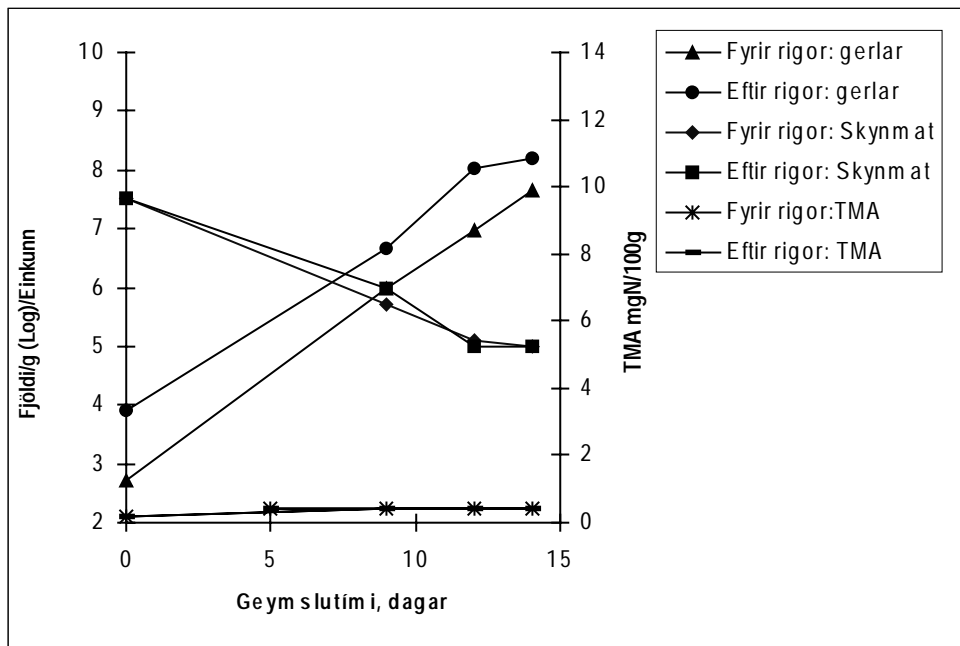
Mynd 50. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir tveggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



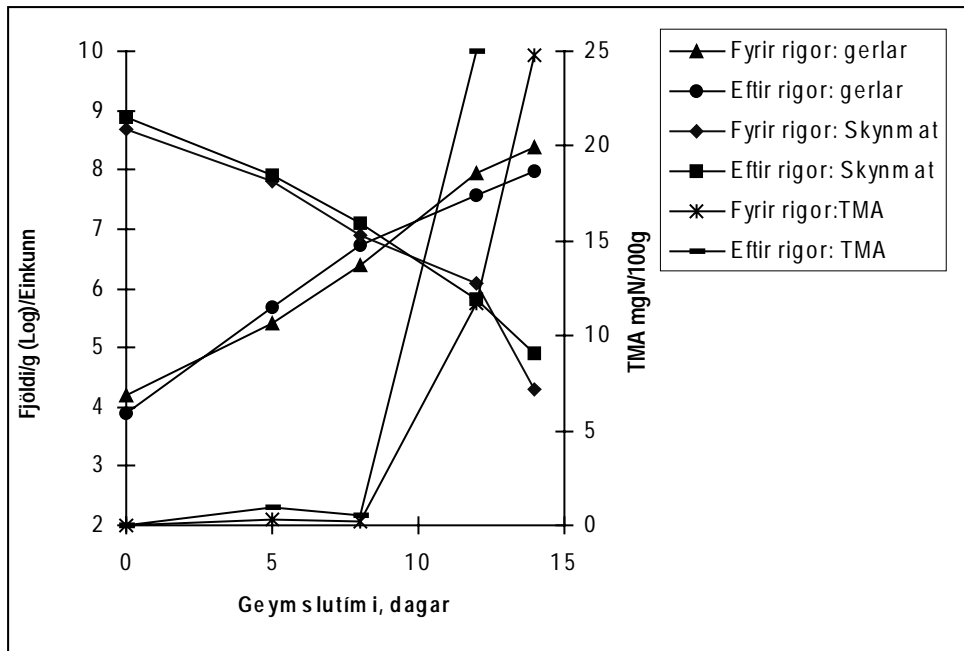
Mynd 51. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir sex mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



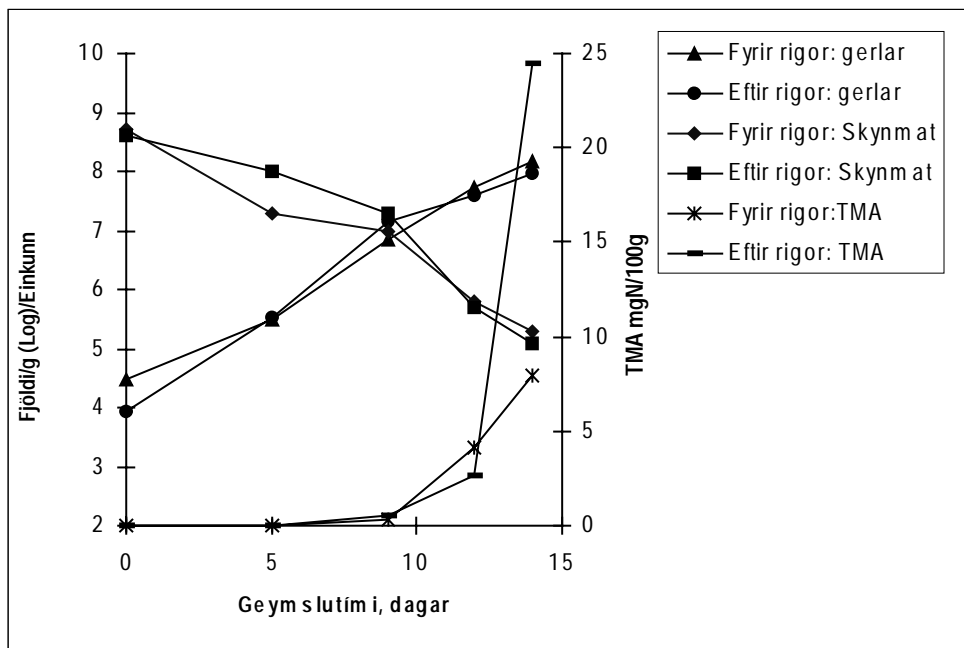
Mynd 52. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir tólf mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 53. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir sautján mánaða frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 54. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir eins mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)



Mynd 55. Samanburður á heildarörverufjölda, ferskleikamati og TMA í þíddum flökum eftir þriggja mánaða frystigeymslu (sjóferð 2)

3.6. Áferðarmælingar

Flökin voru áferðarmæld strax eftir þíðingu eftir 2, 3, 6, 12 og 16 mánaða frystigeymslu. Á myndum 56 til 58 eru sýndar helstu niðurstöður áferðamælinga með Instron. Flökin voru mæld aftur eftir 9 til 13 daga í kæligeymslu og eru þær niðurstöður sýndar í viðauka 3. Flök sem voru ísuð um borð og ekki fryst bárust Rf á 4. degi frá veiði og voru þau einnig mæld með Instron. Harka er sá kraftur sem þarf fyrir ákveðna afmyndun sýnisins (65%). Samloðun er mælikvarði á innri tengi sýnisins. Harka, samloðun og vatnsheldni mældist miklu meiri í ófrystum flökum þar sem fiskurinn var flakaður fyrir dauðastirðnun (sjá mynd 56-58). Þessi áferðarmunur sem var verulegur á sýnahópunum ófrosnum jafnast út í frystigeymslu. Harka, samloðun og vatnsheldni mældust mun hærri eftir frystigeymslu en í ófrystum flökum. Vatnsheldni og samloðun eru heldur hærri í flökum sem unnin voru fyrir dauðastirðnun en harka er mjög svipuð í báðum hópum þar til á síðasta sýnatökumánuði. Drip var mælt eftir 2 mánuði í frysti og var það 1,0% í flökum frystum fyrir dauðastirðnun og 1,2 % í flökum frystum eftir dauðastirðnun og var þessi munur ekki marktækur. Í skynmati reyndist fiskur sem frystur var fyrir dauðastirðnun yfirleitt aðeins meyrari og safaríkari en fiskur sem frystur var eftir dauðastirðnun. Þessi munur hélst í þá sautján mánuði sem mælt var. Í töflu 5 og 6 eru sýndir fylgnistuðlar milli áferðarmælinga á flökum frystum fyrir og eftir dauðastirðnun.

Tafla. 5. Fylgnistuðlar milli áferðarmælinga í flökum fyrir dauðastirðnun

	Geymslutími	Samloðun	Vatns- heldni	Harka	Seigur/ meyr	Þurr/safa- ríkur
Geymslut.	1					
Samloðun	0,826	1				
Vatns- heldni	0,127	0,534	1			
Harka	0,544	0,474	0,566	1		
Seigur/ meyr	-0,846	-0,448	0,492	-0,315	1	
Þurr/safa- ríkur	-0,864	-0,438	0,477	0,338	0,995	1

Tafla 6. Fylgnistuðlar milli áferðarmælinga í flökum eftir dauðastirðnun

	Geymslutími	Samloðun	Vatns- heldni	Harka	Seigur/ meyr	Þurr/safa- ríkur
Geymslut.	1					
Samloðun	0,559	1				
Vatnsheldni	-0,477	0,167	1			
Harka	0,412	0,500	0,812	1		
Seigur/ meyr	-0,923	-0,167	0,896	-0,836	1	
Þurr/safa- ríkur	-0,964	-0,363	0,827	-0,713	0,979	1

Fylgni skynmatsþáttanna seigur/meyr og þurr/safaríkur var mjög há við geymslutíma í frysti og einnig samloðunar á flökum frystum fyrir dauðstirðnun. Einnig kom fram töluvert há fylgni milli bæði vatnsheldni og hörku og áferðarþáttanna tveggja en eingöngu í flökum sem unnin voru eftir dauðastirðnun. Þannig er harkan meiri og vatnsheldni minni því seigari og þurrari sem flökin dæmast í skynmati.

Sjóferð 2.

Í töflu 7 eru helstu niðurstöður áferðarmælinga úr sjóferð 2.

Tafla 7. Niðurstöður áferðarmælinga úr sjóferð 2.

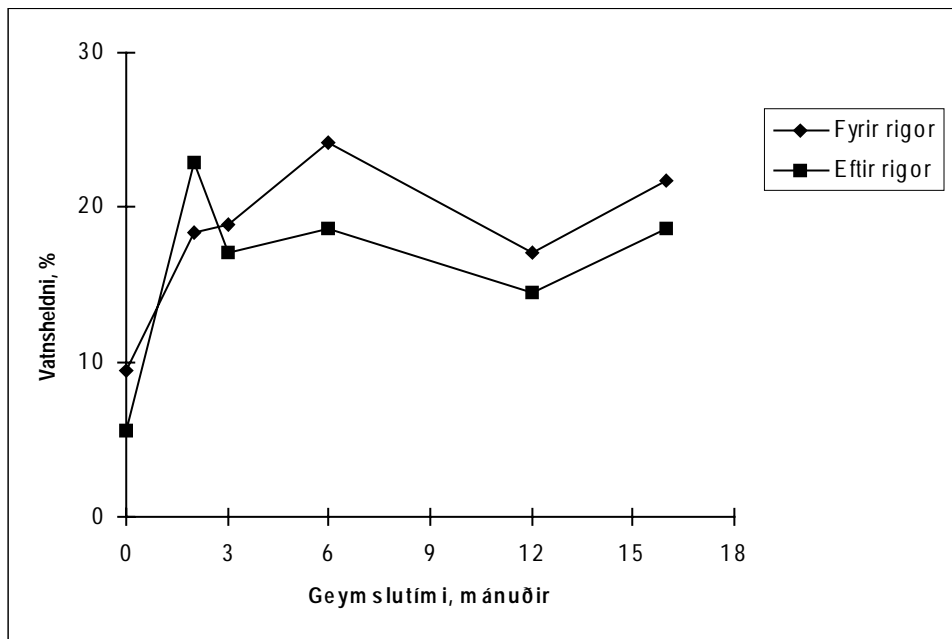
Geymslu- tími, mán	Harka		Samloðun		Vatnsheldni	
	Fyrir rigor	Eftir rigor	Fyrir rigor	Eftir rigor	Fyrir rigor	Eftir rigor
1	91,64	80,74	0,073	0,0398	13,27	16,24
1+13 dagar í ís	114,47	139,18	0,235	0,278	21,11	16,97
3	91,26	84,41	0,239	0,2487	20,6	19,2

Harka, samloðun og vatnsheldni mældist hér meiri í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun eftir eins mánaða frystigeymslu en eftir þrjá mánuði var einungis

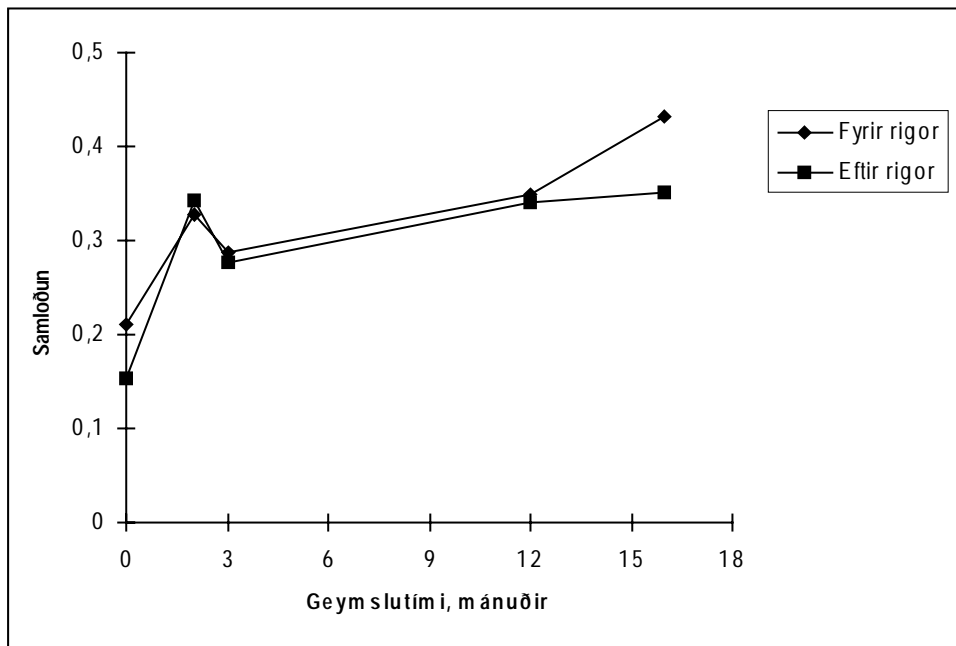
marktækur munur á hörku. Ekki kom fram munur í áferðarmati samkvæmt skynmati á þessum hópum. Við kæligeymslu jókst í flestum tilvikum harka, samloðun og vatnsheldni flakanna eins og sjá má í töflu 7.



Mynd 56. Harka í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 57. Vatnsheldni í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 58. Samloðun í þíddum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)

3.7. Lífefnamælingar

3.7.1. Mæling á glykogeni

Flök úr fyrri sjóferð voru mæld eftir 77 daga frystigeymslu. Eins og segir í framkvæmdarlýsingu þá var þess freistað að mæla glykogen sem mismun á glúkósa fyrir og eftir að glykogen var rofið með ensíminu amýlóglúkósidas (AGS). Þetta gekk ekki því mjög lítil munur mældist milli glúkósa og heildarglúkósa (glúkósi + glykogen). Ef til vill hefur magn perklórsýrunnar sem notuð var til að hindra ensímið (AGS) verið of lítið og þar af leiðandi mögulegt að niðurbrot glykogens hafi átt sér stað í báðum sýnunum. Því var gert ráð fyrir að allur glúkósi í flökunum hafi komið úr glykogeni.

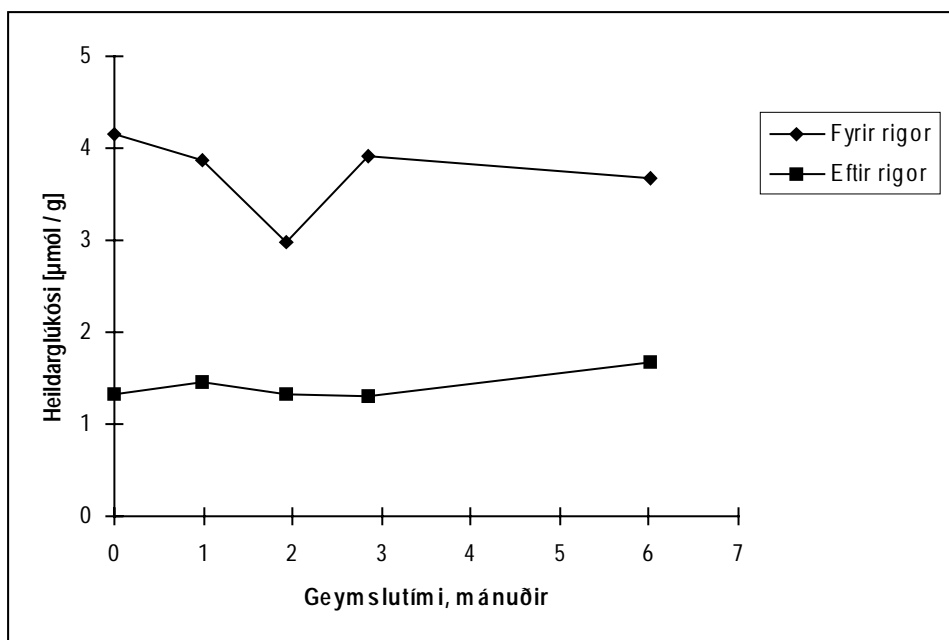
Eftir 77 daga í frysti var heildarglúkósamagn í flökum frystum fyrir dauðastirðnun mun herra en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun ($7,48 \mu\text{mól/g}$ fiskholds og $2,87 \mu\text{mól/g}$ fiskholds). Eftir 181 dag í frysti var heildarglúkósamagnið $1,90 \mu\text{mól/g}$

fiskholds í flökum frystum fyrir dauðastirðnun en 2,31 $\mu\text{mól/g}$ fiskholds í flökum frystum eftir dauðastirðnun.

Niðurstöður seinni sjóferðar má sjá á mynd 59. Greinilegur munur var á milli hópa og var alltaf töluvert meira af heildarglúkósa í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun heldur en hinum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þetta bendir til þess að ekki hafi verið gengið eins mikið á glykógenforðann í fyrnefnda hópnum. Líklegt er að glýkólýsu hafi verið lokið í flökunum sem fryst voru eftir dauðastirðnun og því ekki að vænta mikilla breytinga á magni heildarglúkósa í þeim flökum. Heildarglúkósinn virtist hins vegar lækka ofurlítið við langvarandi geymslu á flökum frystum fyrir dauðastirðnun.

Í fyrri sjóferðinni fékkst mun hærra gildi í flökum frystum fyrir dauðastirðnun og kom fram mikil minnkun á heildarglúkósaíhaldi við frystigeymslu. Þessar niðurstöður geta bent til þess að glýkólýsan hafi ekki stöðvast við frystingu og frystigeymslu.

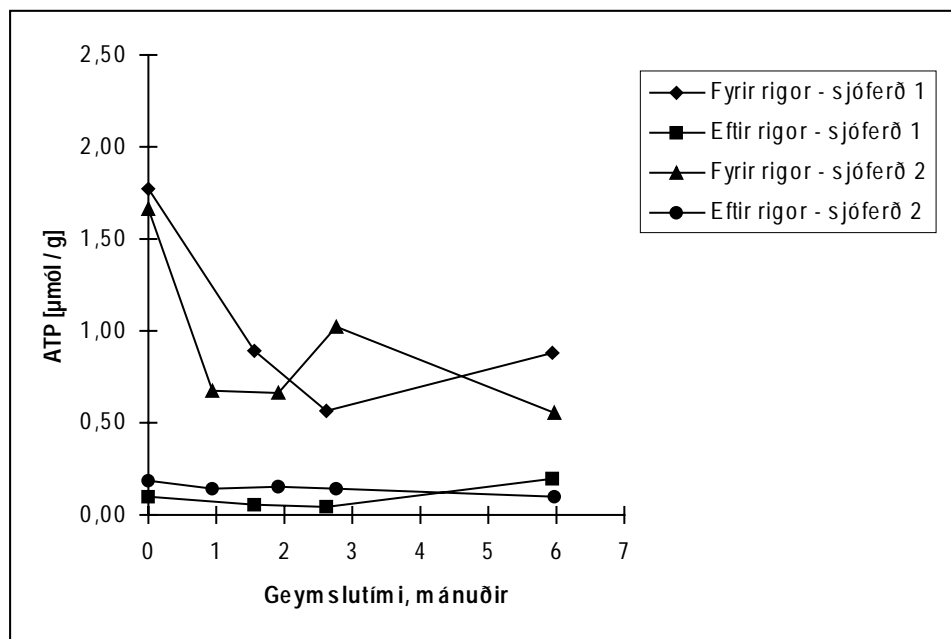
Ástæðu hærra upphafsgildis fyrri sjóferðar má ef til vill skýra með mun á milli einstaklinga, streitu við veiði, togtíma o.s.frv.



Mynd 59. Heildarglúkósi (glykogen) í frystum þorsflökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 2)

3.7.2. Mæling á adenosine-5'-trifosfati (ATP) og kreatín fosfati (Kf)

Á mynd 60 má sjá niðurstöður ATP mælinga úr báðum sjóferðunum. Ekki var mikill munur á niðurstöðum sjóferðanna tveggja. Í upphafi var magn ATP í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun nálægt 2 $\mu\text{mól/g}$. Eftir um 1 mánuð er það komið niður fyrir 1 $\mu\text{mól/g}$ og það virðist haldast á bilinu 0,5 til 1,0 $\mu\text{mól/g}$ í a.m.k. 6 mánuði. Flök sem fryst voru eftir dauðastirðnun innihéldu í upphafi um 0,2 $\mu\text{mól/g}$ af ATP. Á geymslutímanum hélst það magn nokkuð stöðugt á milli 0,1 og 0,2 $\mu\text{mól/g}$. Hægfara lífnaþreyingar geta verið ástæða þess að ATP magnið minnkar í frystigeymslu.



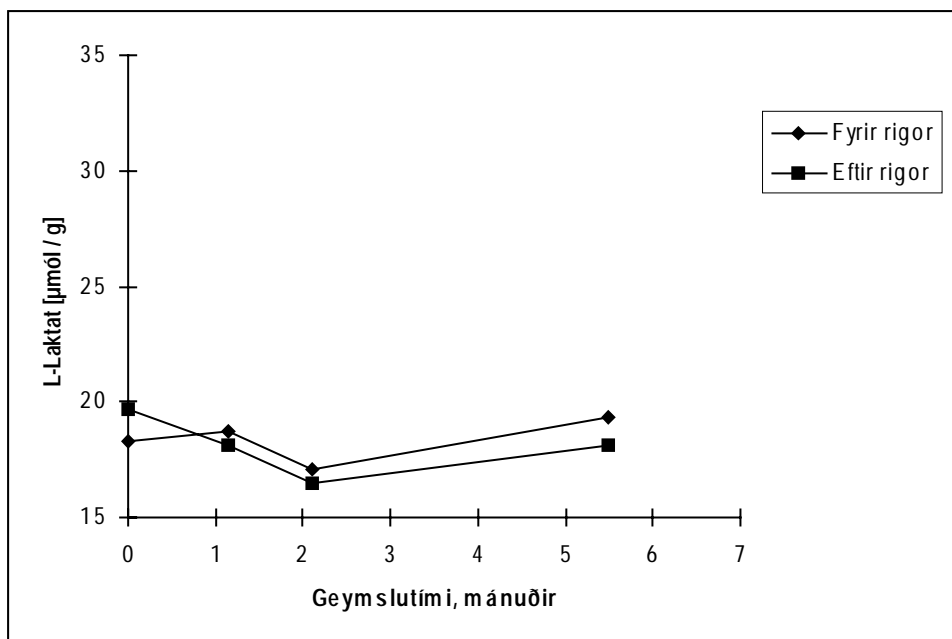
Mynd 60. Magn af ATP í frystum flökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1 og 2)

Kreatín fosfat mældist í litlu magni í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun í upphafi geymslutímans (0,29 $\mu\text{mól/g}$ sýnis í fyrri sjóferð en 0,09 $\mu\text{mól/g}$ sýnis í seinni sjóferð). Magn þess hélst nokkuð stöðugt út geymslutímann í flökum seinni sjóferðar. Það bendir til þess að það hafi brotnað niður að fullu fyrir eða við frystingu flakanna. Í flökum fyrri sjóferðar minnkaði magnið hratt fyrstu dagana (0,047 $\mu\text{mól/g}$ sýnis eftir 47 daga í frysti) og mældist ekki eftir 6 mánuði. Kreatín fosfat mældist í litlu magni í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Upphafsgildi var 0,036 $\mu\text{mól/g}$ sýnis í fyrri sjóferð en í þeirri seinni mældist ekki kreatín fosfat. Magn kreatín fosfats í flökum fyrri sjóferðar var 0,017 $\mu\text{mól/g}$ sýnis eftir 80 daga í frysti og mældist ekki

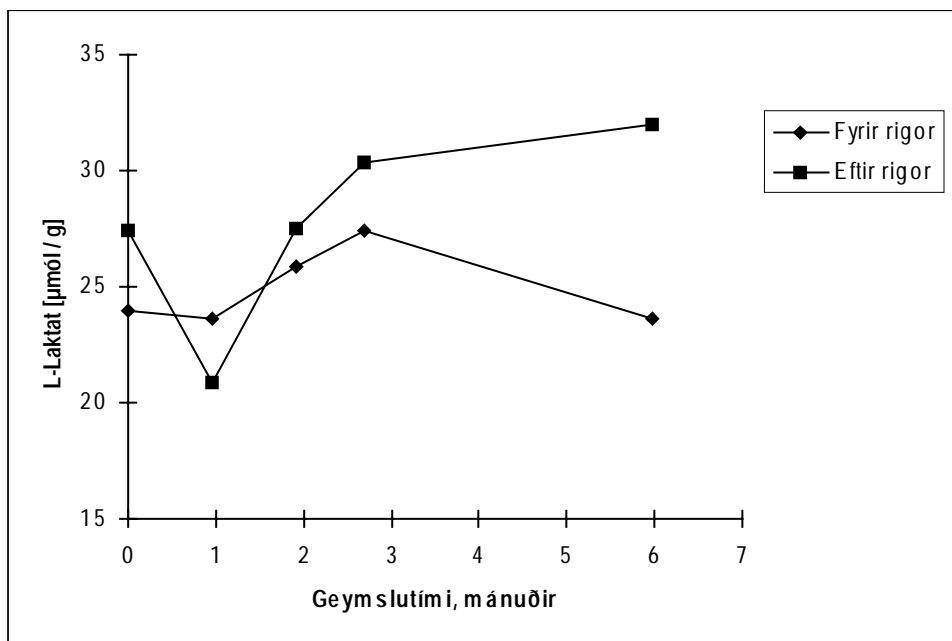
eftir 6 mánuði. Mæling á kreatín fosfati reyndist því ekki gagnleg í þessari tilraun. Hafa ber í huga að kreatín fosfat er óstöðugt í súrri lausn (Stefánsson, 1986).. Hugsanlega er hægt að bæta útdráttinn með tilliti til þess.

3.7.3. Mæling á mjólkursýru (L-Lactic Acid)

Mælt mjólkursýrumagn úr flökum fyrri sjóferðar má sjá á mynd 61. Munur milli hópanna var harla lítill og mjólkursýrumagnið reyndist frekar stöðugt í báðum hópum yfir geymslutímann (um $18\mu\text{mól} / \text{g}$ sýnis í 6 mánuði). Í seinni sjóferðinni var mælt mjólkursýruinnihald flakanna töluvert meira heldur en í þeirri fyrri (mynd 62). Innihaldið var óstöðugra í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun og jafnan aðeins hærra en í flökum frystum fyrir dauðastirðnun. Flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun voru hins vegar nokkuð stöðug með $23,6 - 27,4 \mu\text{mól L-laktat} / \text{g}$ sýnis.



Mynd 61. Magn af mjólkursýru í frystum þorskflökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 1)



Mynd 62. Magn af mjólkursýru í frystum þorskflökum eftir mislanga frystigeymslu (sjóferð 2)

3.7.4. Samantekt lífefnamælinga

Mælingar á ATP í flökum sem fryst voru eftir að dauðastirðnun var gengin yfir höfðu lítið og frekar stöðugt ATP innihald. Flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun höfðu mun hærra ATP innihald í upphafi en magnið lækkaði hratt fyrstu dagana og varð svo nokkuð stöðugt eftir 30-50 daga. Þetta kom fram í báðum sjóferðunum. Magn ATP var alltaf hærra í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun heldur en í flökum sem fryst voru eftir að dauðastirðnun var gengin yfir.

Niðurstöður mats á glykógeni með mælingu á heildarglúkósa benda til þess að þorskar sem hafa verið frystir fyrir dauðastirðnun hafi ekki náð að ganga jafn mikið á glykógenforða sinn og þeir sem frystir voru eftir að dauðastirðnun var gengin yfir. Þetta var áberandi í seinni sjóferðinni. Þar breyttist glykógeninnihaldið lítið sem ekkert á geymslutímanum og hélst mismunur á milli hópanna nær óbreyttur frá upphafi til enda (6 mánuðir).

Eldri rannsóknir hafa sýnt að glýkólýsa í þorskvöðva stöðvast ekki við frystingu og frystigeyslu jafnvel við -29°C (Burt 1971). Okkar rannsókn staðfestir fyrri rannsóknir þar sem magn heildarglúkósa minnkaði í þorskflökum frystum fyrir dauðastirðnun í geymslu við -24°C . Þess ber að geta að lítil munur reyndist á magni mjólkursýru í okkar tilraun í upphafssýnum flaka sem fryst voru fyrir og eftir dauðastirðnun. Þetta getur bent til þess að glýkólýsa hafi verið komin langt á leið í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun. Við langvarandi geymslu voru þó nokkrar sveiflur á magni mjólkursýru.

4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Varðandi rannsóknir á þíðingu flaka voru eingöngu könnuð áhrif hitastigs. við þíðingu flaka. Í heild sýndu þessar niðurstöður að heppilegasta hitastig til þíðingar flaka er $0 - 1^{\circ}\text{C}$. Til að halda flökum við þetta hitastig er æskilegast að flökin liggja í ís. Það kemur líka í veg fyrir þornun á yfirborði flaka. Þessi þíðingaraðferð tekur að vísu langan tíma (u.þ.b. sólarhring). Þíðing við herbergishita (22°C) kom einnig vel út og tók mun skemmri tíma (4 klst) en sá hængur er þó á að þar gæti nokkur hætta stafað

af vexti sjúkdómsvaldandi örvera á yfirborði flakanna. Langflestir þekktra sýkla vaxa við 22°C en ekki við 0°C. Við mælingar á dripi kom ekki fram munur milli mismunandi þíðingarhitastiga ef lokahitastig í flökum var um 0°C. Hins vegar fór drip að aukast verulega ef flök voru látin hitna upp í allt að 8°C. Af þessu má draga þá ályktun að mjög mikilvægt er að ísa eða kæla flökin um leið og þau hafa náð 0°C. Ekki kom fram munur á dripi eftir tveggja mánaða frystigeymslu eftir því hvort fiskurinn var flakaður fyrir eða eftir dauðastirðnun.

Í upphafi tilrauna fyrri sjóferðar um borð í frystiskipi var fiskurinn flakaður og settur í frystitæki innan við tvær klukkustundir frá því að trollið var híft um borð. Allur þessi fiskur var að sjálfsögðu frystur fyrir dauðastirðnun. Sá fiskur sem flakaður var eftir dauðastirðnun var látinn liggja í 28 klukkustundir í sjókrapa fyrir frystingu meðan dauðastirðnun gekk yfir. Sýni af flökum fyrir og eftir dauðastirðnun voru snöggfryst í fljótandi köfnunarefni (suðumark -196°C) en sú aðferð er talin varðveita lifandi frumur mjög vel, m.a. örverufrumur. Örverutalningar á slíkum sýnum gefa því mjög raunhæfa mynd um örverufræðilegt ástand flaka fyrir snöggfrystingu. Þessar talningar sýndu ótvírætt að upphafs fjöldi þeirra var meiri í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þetta átti bæði við um heildarörverufjölda og ekki síður um fjölda H₂S-myndandi örvera. Enginn munur var sýrustigi í þessum sýnum. Þessar niðurstöður benda til þess að örveruvöxtur hafi átt sér stað á roði fisksins í krapageymslunni sem síðan hefur aftur leitt til meiri örverufjölda við flökun og roðflettingu. Verið getur að fiskur sem gengið hefur í gegnum dauðastirðnun gefi af sér flök sem séu linari og gljúpari og hafi þar með meira yfirborð og sé þannig móttækilegri fyrir örverum. Þessa kenningu styðja áferðarmælingar með tækjum sem gerðar voru á ófrystum flökum af fiski sem flakaður var fyrir og eftir dauðastirðnun úr þessari tilraun. Þar kom fram miklu meiri harka í fiski fyrir dauðastirðnun og flökin voru mjög þétt í sér við skoðun.

Flök úr fyrri sjóferð voru þídd eftir mislanga frystigeymslu í allt að sautján mánuði. Niðurstöður örverumælinga á flökum beint úr frysti sýndu að fjöldi þeirra var í öllum tilvikum meiri í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þannig hélst sá munur sem fram kom í upphafi um borð í veiðiskipi. Örverum fækkaði lítið sem ekkert við langvarandi frystigeymslu sem er ekki í samræmi við fyrri niðurstöður Rf (Magnússon and Martinsdóttir, 1995). Þetta átti við um heildarörverufjölda og fjölda

H₂S-myndandi örvera. Mjög litlar breytingar urðu á sýrustigi við frystigeymslu í sautján mánuði. Þorsflök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun voru eftir 2 mánaða frystigeymslu metin ferskari en þau sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þessi munur í jafnaðist síðan út. Hins vegar fengu flök sífellt verri dóma fyrir ferskleika eftir því sem frystigeymslan var lengri. Þetta er í samræmi við fyrri niðurstöður (Magnússon and Martinsdóttir, 1995). Ástæða fyrir þessu er hægfara myndun ýmissa efna við frystigeymslu sem valda vissu óbragði. Breytt áferð sýnanna við langvarandi frystigeymslu getur átt vissan þátt í þessum niðurstöðum. Áferðin var metin sérstaklega. Eftir sex mánaða frystigeymslu voru áferðarbreytingar ekki komnar fram en öðru máli gegndi þegar flökin voru metin eftir tólf mánaða geymslu. Þá dæmdust flökin mun þurrari og seigari en í upphafi. Áferðarmælingarnar gefa til kynna að geymsluþol sjófrystra flaka til notkunar sem kælivöru er a. m. k. sex mánuðir í frysti.

Geymsluþolstilraunir voru gerðar á þíddum flökum sem geymd voru í allt að 15 daga. Niðurstöður skynmats, örverutalninga og TMA mælinga voru allar á einn veg í tilraunum úr fyrri sjóferð og sýndu að fiskur flakaður fyrir dauðastirðnun geymdist lengur en fiskur flakaður eftir dauðastirðnun. Sá tími sem fiskurinn beið í sjókrapa um borð og gekk í gegnum dauðastirðnun hafði áhrif á örveruvöxt sem skilaði skemmra geymsluþoli eftir þíðingu. Sá munur sem kom fram á örverufjölda strax í upphafi tilrauna hélst í öllum þeim geymsluþolstilraunum sem gerðar voru á þíddum flökum, Vöxtur örvera var hins vegar mjög svipaður, óháð þeim tíma sem flökin höfðu verið geymd í frysti. Þetta átti einnig við um H₂S-myndandi örverur.

Niðurstöður TMA-mælinga í geymsluþolstilraunum á þíddum flökum úr fyrri sjóferð sýndu að myndun TMA var alltaf hægari í flökum sem fryst voru fyrir dauðastirðnun en í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Í öllum tilraununum kom í ljós að TMA myndun varð mun hægari eftir því sem flökin höfðu verið geymd lengur í frysti. Eftir sautján mánaða geymslu í frysti mældist ekkert TMA í flökunum þó svo fjöldi örvera væri svipaður og í fyrri geymsluþolstilraununum. Sérstaklega skal bent á að fjöldi H₂S-myndandi örvera var farinn að nálgast 10⁶/g eftir 12 daga geymslu í ís í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun en almennt hefur verið talið að flestar slíkar örverur afoxi trímetylamínnoxíð (TMAO). Niðurstöðurnar benda því til þess að verulegar breytingar hafi orðið á samsetningu örveruflórunnar við langvarandi frystigeymslu.

Í geymsluþolstilraunum á þíddum flökum fengu flök sem fryst höfðu verið fyrir dauðastirðnun að jafnaði hærri einkunn fyrir ferskleika en þau sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Þessi munur minnkaði við lengri frystigeyslu. Fiskur sem frystur var fyrir dauðastirðnun var yfirleitt aðeins meyrari og safaríkari en fiskur sem frystur var eftir dauðastirðnun. Þessi munur hélst í þá sautján mánuði sem mælt var. Samkvæmt skynmati var geymsluþol flaka eftir 2 og 6 mánaða geymslu í frysti 12 til 14 dagar í ís, 10 dagar eftir 12 mánaða geymslu og aðeins um 7 dagar eftir 17 mánuði.

Á þeim tíma sem flökin voru dæmd óneysluhæf af skynmatshópnum var heildarfjöldi örvera yfir $10^7/g$. Eftir tveggja mánaða frystigeyslu var TMA við lok geymsluþols á þíddum flökum 2 til 10 mgN/100 g, eftir sex og 12 mánaða geymslu var það um 2 mgN/100g og eftir 17 mánaða geymslu myndaðist ekkert TMA. Mæling á TMA er ónothæf sem mælikvarði á gæði þíddra flaka sem er í samræmi við fyrri niðurstöður höfunda (Magnússon and Martinsdóttir, 1995). Framangreindar niðurstöður benda eindregið til þess að æskilegra sé að frysta flök fyrir dauðastirðnun til að varðveita gæði sem lengst eftir þíðingu.

Geymsluhitastig á þíddum flökum skipti sköpum varðandi geymsluþol flakanna eins og við mátti búast. Örveruvöxtur og TMA myndun var miklu hraðari við 4° en við 0°C og skynmatshópurinn dæmdi flökin óneysluhæf eftir 5 til 7 daga eftir 2 og 6 mánaða frystigeyslu. Auk meiri örverufjölda við 4°C má líklega rekja mikla TMA-myndun í þíddum flökum við þetta hitastig til breyttrar örveruflóru við 4°C sem ekki nær yfirhöndinni við ísgeyslu.

Harka, samloðun og vatnsheldni mældist miklu meiri í ófrystum flökum þar sem fiskurinn var flakaður fyrir dauðastirðnun. Þessi áferðarmunur sem var verulegur á sýnahópnum ófrosnum jafnaðist út í frystigeyslu. Harka, samloðun og vatnsheldni mældist mun hærri eftir frystigeyslu en í ófrystum flökum. Vatnsheldni og samloðun voru heldur hærri í flökum sem unnin voru fyrir dauðastirðnun en harka er mjög svipuð í báðum hópum þar til á síðasta sýnatökumánuði. Við kæligeyslu jókst í flestum tilvikum harka, samloðun og vatnsheldni flakanna.

Seinni sjóferð var farin á sama árstíma og var megintilgangurinn að rannsaka frekar lífefnabreytingar á fyrstu vikum frystigeymslu. Fiskurinn var veiddur við mjög erfiðar aðstæður en að öðru leyti var reynt að líkja eftir fyrri sjóferðinni. Samræmi var á milli skynmats og heildarfjölda örvera og var ekki marktækur munur á flökum frystum fyrir eða eftir dauðastirðnun. Þetta á bæði við um flök sem geymd höfðu verið einn og þrjá mánuði í frysti. Ekki liggur ljóst fyrir hvað veldur þessum mun á niðurstöðum úr sjóferðunum tveimur. Myndun TMA var hraðari í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun. Fjöldi H_2S -myndandi örvera var nokkru meiri í flökum sem fryst voru eftir dauðastirðnun og gæti þetta verið skýringin á herra TMA magni í þeim. Geymsluþol flakanna reyndist sambærilegt og í fyrri tilraun. Áferðarmat með skynmati kom einnig svipað út.

Lífefnamælingarnar sýndu mun á magni ATP og heildarglúkósa í flökum frystum fyrir og eftir dauðastirðnun. ATP mældist í mjög litlu magni í flökum frystum eftir dauðastirðnun. ATP í flökum frystum fyrir dauðastirðnun minnkaði hratt á fyrstu 30 til 50 dögum í frysti. Þetta er í samræmi við niðurstöður Bramsnaes (1969) og Stroud (1969) sem töldu að það nægði að geyma fisk í 8 vikur (-18 til -25°C) til að lífefnabreytingar gengju yfir. Hins vegar vekur athygli að ATP mældist allan geymslutímamann eða 6 mánuði í flökum frystum fyrir dauðastirðnun frá 0,5 - 0, 8 $\mu\text{mól/g}$ fiskholds. Huss (1971) telur að dauðastirðnunin í ferskum fiski hefjist þegar ATP fer niður fyrir 1 $\mu\text{mól/g}$ fiskholds. Þó að hægfara breytingar haldi áfram í frysti má telja að helstu breytingum sé lokið á 30 til 50 dögum við -25°C.

Til að útskýra ýmsa þætti sem fram hafa komið í þessum tilraunum væri áhugavert að að gera rannsóknir á samsetningu örveruflórunnar í ófrystum og þíddum sjófrystum flökum og hvernig hún breytist við frystigeymslu. Í nýlegri Evrópurannsókn, sem Rf tók þátt í, kom fram munur á ýmsum eiginleikum sömu gerlategunda eftir mismunandi löndum. Nýjar danskar rannsóknir (Dalgaard - óbirtar niðurstöður) hafa sýnt að gerillinn *Photobacterium phosphoreum* þolir illa frystingu. Gerillinn er mun virkari TMAO-afoxari í loftskiptu/loftfirrðu umhverfi en t.d. *Shewanella putrefaciens*. Þannig er *Photobacterium phosphoreum* talinn vera mjög virkur skemmdargerill í fiski sem pakkað hefur verið í loftskiptar umbúðir (Dalgaard, 1995). Ekki var sérstaklega leitað að þessum gerli í okkar rannsóknnum. Áhugavert væri að kanna

hvort notkun á frystum þíddum flökum við þökkun í loftskiptar umbúðir gæfi lengra geymsluþol en ef notuð væru ófryst flök.

5. ÞAKKARORÐ

Við þökkum Rannsóknarráði Íslands veittan stuðning við verkefnið, starfsfólki Sölumiðstöðvar hraðfrystihúsanna þeim Öldu B. Möller, Páli G. Pálssyni, Hans Á Einarssyni og síðan Skarphéðni Jósefssyni og Árna Þór Snorrasynti sem framkvæmdu tilraunir á sjó og að lokum mikinn stuðning frá skipstjóra og áhöfn Þerneyjar RE 101. Við þökkum einnig fjölda starfsmanna Rf sem tók þátt í verkefninu, þeim Guðmundi Stefánssyni, Helga Halldórssyni, Ásu Þorkelsdóttur, Áslaugu Högnadóttur og skynmatshópi Rf og öðru starfsfólki sem annaðist örveru-, efna-, áferðar og lífefnamælingar.

6. HEIMILDIR

Anonymous, 1984. Methods of Enzymatic Food Analysis using Test-Combinations. Boehringer Mannheim GmbH.

Aiken A et al., 1982. Fish Handling and Processing, Torry Research Station

Bourne, M. C. 1978. Texture Profile Analysis. Food Technology ,32,7, 62-66.

Bramsnaes, F., 1969 , Quality and Stability of Frozen Seafood in Quality and Stability of Frozen Seafood, eds. Arsdel W.B. V. , Copley, M.J., Olson, R. L. Wiley-Interscience.

Chung, K. H. and C. M. Lee, 1991. Water Binding and Ingredient Dispersion Pattern Effects on Surimi Gel Texture. Jour. of Fd. Sci., 56, 5, 1263-1266.

Dalgaard, P., 1995. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. *Int. J. Fd. Microb.*, 26, 319-333.

Dalrymple, R.H. and Hamm, R., 1973. *Journal of Food Technology* 8, 439-444.

Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon, Geymsluþol á ófrystum og þíddum karfa í ís, RIT Rf. nr.38, 1993.

Gram, L., Trolle, G. og Huss, H.H., 1987. Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. *Int. J.Fd. Microbiol.*, 4, 65.

Hannes Magnússon o.fl. 1990, Áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þíðingu, RIT Rf.nr.26

Hsieh, Y. L. and. Regenstein J. M ,1989. Texture Changes of Frozen Stored Cod and Ocean Perch Minces. *Jour. of Fd. Sci.*, 54, 4, 824-826.

Hootman, R. C., ed. 1992. Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation, ASTM Manual Series. Philadelphia: ASTM.

Huss H.H. 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO Fisheries Techn. Paper no. 348, Rome, Italy.

Johnson E.A. et al., 1981. Mechanical methods of measuring textural characteristics of fish flesh, I.I.F.-I.I.R.-Commissions C2, D1, D2, D3, Boston (USA).

Lamprecht, W. and Trautschold, I., 1974. In "Methods of Enzymatic Analysis", Vol.4, 2101-2110. Ed. Bergmeyer, H.U., 2nd edition. Verlag Chemie Weinheim.

Lee, C. M. and K. H. Chung, 1989. Analysis of surimi gel properties by compression and penetration tests." *Jour. of Text. Studies* 20, 363-377.

Love R.M., 1980. *The Chemical Biology of Fishes*, Academic Press, New York.

Love R.M., 1988, *The Food Fishes*, Crr Press, London

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

Newbold, R.P. and Scopes, R.K. (1967). *Journal of Food Science* 36, 209-214.

Ragnarsson, K. 1987. The effect of various salts on the chemical and textural changes in frozen gadoid and non-gadoid fish minces. Cornell, Cornell University.

Regenstein, J. M. 1984. Protein-Water Interactions in Muscle Foods. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 37, 44-51.

Shewan, J.M., Mackintosh, R.G., Tucker, C.G. and Ehrenberg, A.S.C.,1953,. The Development of a Numerical Scoring System for the Sensory Assessment of the Spoilage of Wet White Fish Stored in Ice. *J.Sci. Agric.*, 6, 183-189.26.

Stefánsson G. 1986. Effects of Gases on Post-mortem Glycolysis in Meats. University of Leeds. Thesis.

Stroud G.D, Rigor in Fish: The Effect on Quality, Torry Advisory Note No. 36, 1969.

Tozawa, H., Enokihara, K. and Amano, K. 1971. Proposed Modification of Dyer's Methods for Trimethylamine determination. In *Cod Fish*. In: "Fish Inspection and Quality Control." R. Kreuzer (Editor). Fishing News (Books) Ltd., London. pp. 187-190.

Walkace B.Van Arsdel, M.J. Copley, R.L. Olson, Quality and stability of frozen foods.

7. VIÐAUKAR

Viðauki 1. Sjóferð 1. 1995 og Sjóferð 2. 1997

Viðauki 2. Hitastigskúrfur úr frystittækjum Þerneyjar

Viðauki 3. Hvarfefni fyrir lífefnamælingar

Viðauki 1. Dagbók starfsmanna SH úr sjóferðum

Sjóferð 1. 1995 Sýnataka fyrir Rf.

Sýni voru tekin um borð í frystitogaranum Þerney RE 101 í sjóferð dagana 03.12 - 12.12 1995, skv. verklýsingu frá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

Skipið kom inn á Patreksfjörð og sótti undirritaðan aðfararnótt mánudagsins 3. desember. Þegar var haldið aftur til veiða á Vestfjarðamiðum og var skipið í blönduðum afla, þorski, ýsu og ufsa. Þar sem löndun var ekki áætluð fyrir en 12. desember ákvað ég að byrja ekki sýnatöku strax, þar sem geyma átti hluta sýna í kæli fram að löndun. Eftir nokkra skoðun var ákveðið í samráði við skipsstjóra að taka sýni fimmtudaginn 7. desember. Þann dag barst nokkuð góður afli að þannig að ekki var unnt að hefjast handa við sýnatökuna fyrir en seint um kvöldið. Samkvæmt verklýsingu átti að taka um 600 fiska, flaka helminginn strax og ganga frá skv. nánari lýsingu, en geyma hinn helminginn þar til dauðastirnun væri gengin yfir og vinna þá á sama hátt.

Verklýsingu var fylgt eins og framast var unnt og gekk sýnatakan nokkuð vel, og er þar einkum að þakka hreint frábærri lipurð og samvinnu skipsmanna allra og eiga þeir heiður skilinn fyrir sinn þátt.

Hér á eftir fer síðan nánari lýsing á aðferðum og tímasetningar einstakra þátta í sýnatökunni.

Veiði

Botntrolli var kastað í Víkurál á punkti $65^{\circ}54''N$, $26^{\circ}27''V$ og hófst köstun um kl. 18⁵⁰ þann 07.12 og var trollið komið í botn rétt um kl. 19⁰⁰. Híft var kl. 23¹⁰ eftir 4. tíma og tíu mínútna tog í punkti $65^{\circ}48''N$, $26^{\circ}47''V$. Aflinn var losaður niður í móttöku kl 23²²

Sýnataka

Allur fiskur sem tekinn var í sýni var hauseður beint í BAADER 424 hausara (karfahausara) en ekki blóðgaður. Sýninu var skipt í tvennt, hóp sem unninn var strax fyrir dauðastirnun og er auðkenndur með stöfunum **BR** (Before Rigor) og svo hóp sem ekki var unninn fyrir en dauðastirnun var gengin yfir og auðkenndur er með stöfunum **AR** (After Rigor).

Sýnin eru auðkennd á þennan hátt þannig að á kassamiðum stendur RF / BR eða RF / AR eftir því sem við á.

Einnig var tekin ein askja af fullsnyrtum fiski úr venjulegri vinnslu úr öðru holi sem merkt er RF / AR - snyrting.

Ekki gafst færi á að taka snyrt sýni af fiski fyrir rigor eins og talað er um í verklýsingu þar sem í holinu voru akkúrat nógu margir fiskar í sýnatökuna eins og hún var lögð upp í verklýsingunni.

Fiskafjöldi sem tekinn var í sýni og ráðstöfun þeirra koma fram í töflu 1 hér á eftir.

Magn sýna

Magn frystra sýna: BR = 31,5 öskjur, AR = 28 öskjur, AR efri snyrtingu = 1 askja.

Magn ófrosinna sýna: BR = 80 flök, u.þ.b. 30kg, AR = 80 flök, u.þ.b. 30kg.

Tafla 1: Fjöldi fiska í sýni

Notkun fisks	Fjöldi fiska BR	Fjöldi fiska AR
Fersk flök í kæli	40	40
Fryst flök	260	260
Sýni til örverumælinga	3	3
Sýni til efnamælinga	6	6
Fiskar til pH-mælinga	0	6
Mælingar á Rigor	0	7
Samtals fiskar	309	322
<i>Heildarsamtala fiska í sýni</i>	<i>631</i>	

Vinnsla sýna

Fiskurinn sem unninn var fyrir dauðastirnun var hausaður beint í blóðgunarkar og sjór látinn seytle í karið á meðan. Fiskurinn sem látinn var bíða dauðastirnunar var einnig hausaður í kar, en í hann var jafnóðum blandað sjókrapa.

Hausun hófst kl. 23³⁶ 07.12., aðrar tímasetningar eru hér á eftir í töflu 2.

Tafla 2: Vinnsla sýna - tímasetningar

	B	R	A	R
	Tímasetning	Dagsetning	Tímasetning	Dagsetning
Aðgerð				
Hausun lokið	23 ⁵⁴	7/12	00 ⁰³	8/12
Byrjað að flaka	00 ²⁰	8/12	16 ³⁷	9/12
Flökun lokið	01 ⁰⁰	8/12	17 ²⁹	9/12
Pökkun lokið	01 ¹⁵	8/12	17 ³⁷	9/12
Frosti hleypt á tæki	01 ¹⁵	8/12	17 ³⁸	9/12
Slegið úr tæki	04 ⁴⁰	8/12		9/12
Kassar komnir í lest	05	8/12		9/12
Flök inn í kæli	01 ¹⁰	8/12	17 ⁵⁰	9/12

Mælt var pH gildi og hitastig í fiskinum sem beið dauðastirnunar á u.þ.b. 3-4. tíma fresti meðan dauðastirnun gekk yfir, einnig var lofthiti á millidekki mældur samhliða með venjulegum stungumæli sem til var um borð (ekki kvarðaður og ég tel nákvæmni ekki meiri en u.þ.b. +/- 0,5 °C). Ekki var á formlegan hátt gengið úr skugga um að dauðastirnun væri gengin yfir heldur var aðeins um að ræða mat undirritaðs. Miðaði ég við að flestir fiskanna voru orðnir “linir” aftur, en ég varð var við fyrstu merki þess að hann væri að linast kl. 04⁴⁰ 9/12.

Fiskurinn var flakaður í BAADER 185 flökunarvél og roðflett í BAADER 51 roðrífu. Flökin voru ekki snyrt heldur látin detta beint í bakka þegar þau komu úr roðrífu, vigtinni jafnað í u.þ.b. 9.3 kg í bökkunum og haldið á þeim að pökkunarborði þar sem þeim var pakkað í öskjur, millilagt á hefðbundinn hátt.

Þau flök sem fóru í kæli voru sett í stærri bakka með plasti yfir og undir. Hiti var það hár í AR flökum að ég setti þau í krpa í smástund tíndi þau síðan upp úr krapanum og strauk krapann af flökunum áður en þau fóru inn í kælinn.

Fyrir flökun var skolað af flökunarvél og pökkunarborði með háþrýstidælum en ekki sápað.

Flök til örverumælinga úr BR hópnum fóru í hólf 1,2 og 3 í köfnunarefniskútnum, en flök úr AR hópnum fóru í hólf 4,5 og 6.

Hitamælir nr. 5 var tekinn upp úr karinu þar sem fiskurinn beið dauðastirnar kl. 16³⁰ 9/12.

Bætt var krpa í karið þar sem fiskurinn beið dauðastirnar kl. 06⁰⁵ og 22³⁵ 8/12 og kl. 04⁵⁰ 9/12.

Gildi úr mælingum á fiski sem beið dauðastirnar eru í töflu 3 hér á eftir.

Tafla 3: Mælingar á hitastigi og pH-gildi í fiski sem beið dauðastirnar.

Tími	Dag setn.	Loft hiti	Fiskur 1 1245g		Fiskur 2 1510g		Fiskur 3 1615g		Fiskur 4 690g		Fiskur 5 2685g		Fiskur 6 1305g	
			pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C
02 ⁰⁰	8/12		6,8	7,3	6,4	6,2	6,2	5,6	6,8	4,7	6,9	5,4	6,9	4,9
04 ⁵⁰	8/12	9,5	6,9	8,3	6,4	5,6	6,9	6,3	6,7	6,9	6,7	5,6	6,8	5,5
08 ⁰⁰	8/12		6,9	7,0	6,6	6,7	6,7	6,0	7,1	4,2	6,6	4,8	6,8	8,3
11 ⁴⁴	8/12	11,8	6,99	7,5	6,64	6,4	6,60	6,6	7,02	5,5	6,38	5,9	6,95	7,1
16 ⁰⁰	8/12	8,8	6,82	6,3	6,83	5,4	6,77	7,0	7,09	5,1	6,44	6,4	7,05	7,4
19 ¹⁵	8/12	11,1	6,96	8,2	6,53	8,0	6,79	8,2	6,98	7,4	6,37	7,2	6,99	8,6
22 ¹²	8/12	10,3	6,98	8,8	6,80	7,8	6,56	8,0	6,99	7,6	6,55	8,6	6,87	8,8
01 ²⁰	9/12	8,3	6,97	6,7	6,76	6,0	6,75	6,6	7,07	5,3	6,56	5,9	7,06	5,6
04 ⁴⁰	9/12	8,8	7,00	7,5	6,66	6,3	6,85	6,6	7,00	6,2	6,46	5,6	6,88	6,2
07 ⁴⁰	9/12	9,6	6,81	6,5	6,58	5,6	6,38	5,3	6,96	4,4	6,48	5,2	6,98	5,5
11 ⁰³	9/12	9,1	6,96	7,4	6,59	6,5	6,69	6,5	6,99	6,4	6,44	6,6	6,92	7,5
15 ⁵⁰	9/12	9,6	6,80	8,6	6,62	8,1	6,60	7,6	6,94	7,4	6,28	8,3	6,93	9,0

pH mælirinn setti ég í pH 7 buffer í tíu mínútur og kvarðaði samkvæmt leiðbeiningum sem fylgdu með honum þann 6/12, og síðan aftur eftir fyrstu tvær mælingarnar.

Sjóferð 2. 1997

Dagana 06.12 og 07.12 1997 fór fram sýnataka um borð í frystitogaranum Þerney RE101 fyrir Rf. Skipið var á veiðum á Vestfjarðamiðum þegar undirritaður fór um borð eftir hádegi 03.12 1997. Þar sem veiði var mjög góð þá daga sem við vorum í þorski var ákveðið í samráði við skipstjóra að taka fisk til sýnatöku úr síðasta holi í þorski og síðan yrði farið að leita að öðrum tegundum (karfa og ýsu, ufsa). Það var ekki fyrr búið að losa aflann úr pokanum þegar skall á vonsku veður og vart mjög vont að eiga við sýnatöku vegna þess. Samkvæmt verklýsingu átti að taka 400 fiska og skipta í tvennt, fyrr og eftir dauðastirðnun, en vegna slæmra aðstæðna og dauðan fisk í holinu náðist ekki þeir 400 fiskar sem átti að taka í sýnið. Ég ákvað því að taka strax 150 fiska fyrir dauðastirðnun og 200 fiska eftir dauðastirðnun samkvæmt verklýsingu.

Verklýsingu var fylgt eins og unnt var, einn af þeim liðum var að hafa hitanema í karinu sem beið dauðastirðunar og var honum komið fyrir í miðju kari, þegar kom að því að taka nemann upp úr kom í ljós að hann var brotinn.

Veði

Botntrolli var kastað í kantinum austan við Víkurál í 66°26'N, 25°24'V tog hóftst um kl. 7.20 þann 06.12 og var híft aftur um kl. 12.50. Afli var losaður niður í móttöku kl. 12.50.

Allur fiskur fékk sömu meðhöndlun í þessari sýnatöku sem lýst er úr fyrri sjóferð frá 07.12. 1995.

Alls voru magn frystra sýna : BR= 15 öskjur, AR= 22 öskjur.

Hitanema var komið fyrir í kari þar sem fiskurinn beið dauðastirðunar kl. 14.10. Fyrst um sinn var sjór í karinu til kælingar. Bætt var krpa í karið fyrst kl. 19.40, síðan kl. 23.55, 08.30 og 14.00. Hitanemi var tekinn upp úr karinu rétt fyrir flökun, kl. 16.50. Í töflu koma fram meðaltals hitamælingar á löggiltum mæli SH í fyrsta reit.

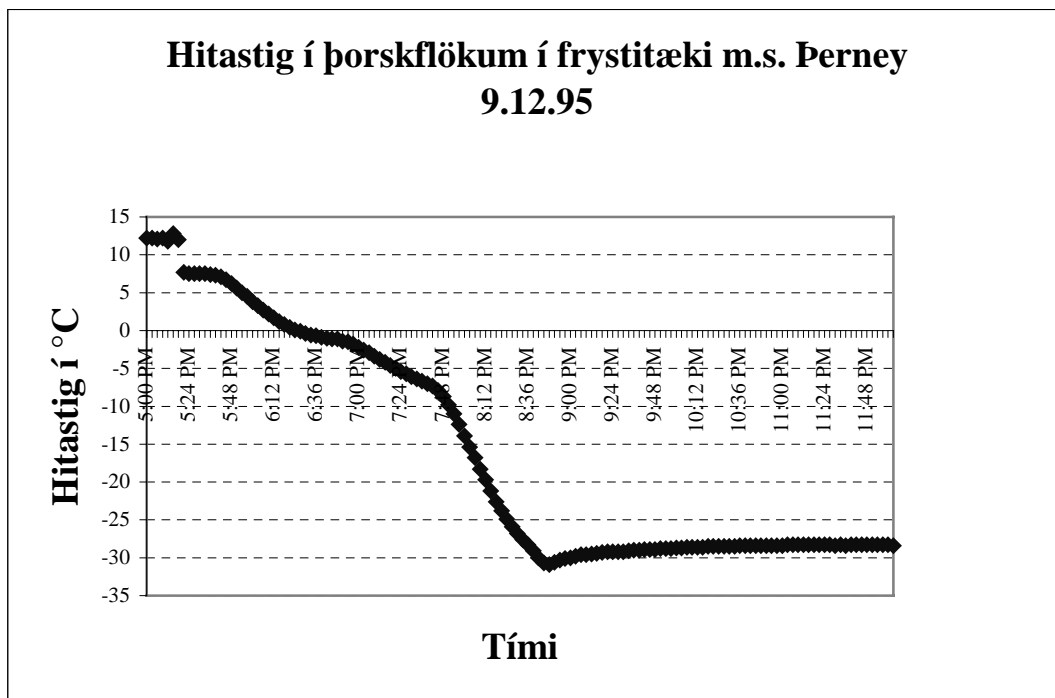
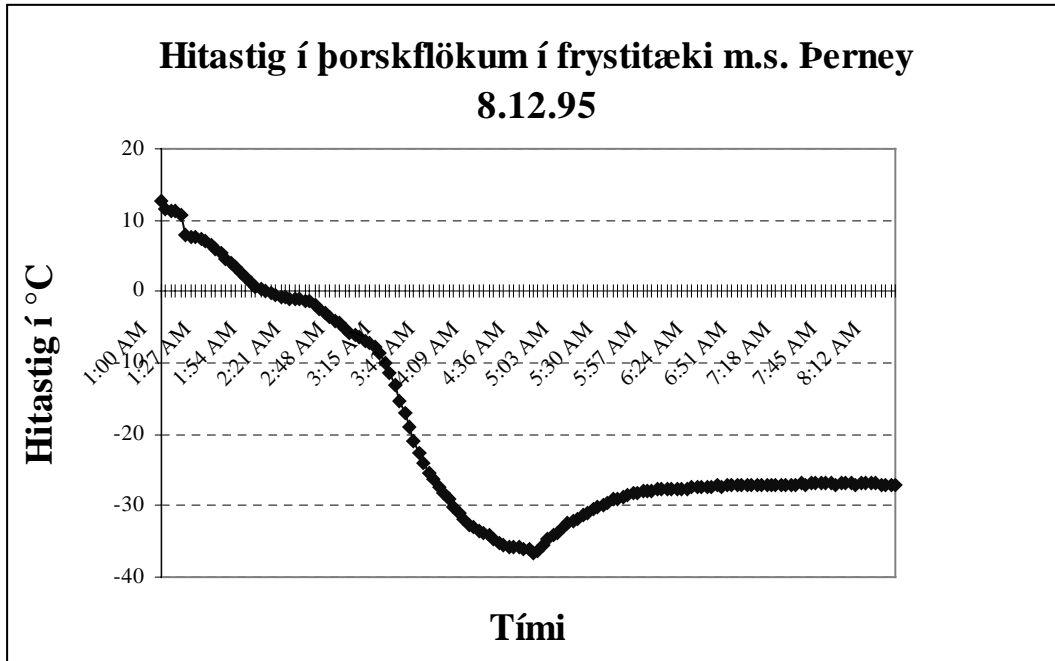
Tafla 1. Mælingar á hitastigi og pH-gildi í fiski sem beið dauðastirðunar

Tími	Dagsetn.	Lofthiti SH	Fiskur 1 1440g		Fiskur 2 1095g		Fiskur 3 1945g		Fiskur 4 2365		Fiskur 5 970g	
			pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C
14:20	6/12		5.9	9.0	6.3	9.1	6.7	7.8	7.0	7.6	6.9	7.3
16:40	6/12		7.2	6.8	6.8	7.0	6.8	7.6	7.0	6.4	7.0	6.3
19:40	6/12		6.5	5.6	7.3	6.5	7.0	6.8	6.7	5.8	7.2	6.0
21:50	6/12		6.9	5.3	8.5	5.3	8.1	4.3	7.2	4.4	8.0	5.6
23:55	6/12	1.02	6.9	6.6	7.3	6.3	7.0	4.5	7.2	4.3	7.0	4.5
02:40	7/12	2.98	7.1	5.8	7.1	7.2	7.0	5.3	6.9	6.8	7.0	7.2
06:30	7/12	2.14	6.3	0.4	6.8	5.8	6.8	5.3	6.9	3.9	6.6	5.4
08:30	7/12	3.44	6.9	6.4	6.7	6.6	6.6	6.8	6.8	5.1	6.7	5.1
10:30	7/12	1.84	6.7	8.4	6.9	2.2	7.0	1.2	6.7	1.0	6.7	2.3
13:30	7/12		6.8	6.1	6.9	7.1	7.2	7.6	7.0	6.6	6.8	6.6
16:50	7/12		6.8	4.2	7.0	7.4	7.0	5.2	6.9	4.4	6.8	5.6

Tafla 2: Vinnsla sýna-tímasetning

Sýni	BR	AR
Aðgerð	Tími Dags	Tími Dags
Hausun lokið	14:04 6.12	14:04 6.12
Byrjað að flaka	14:10 6.12	17:00 7.12
Flökun lokið	14:25 6.12	17:20 7.12
pökkun lokið	14:45 6.12	17:35 7.12
Frosti hleypt á tæki	14:45 6.12	17:35 7.12
Slegið úr tæki	19:45 6.12	22:30 7.12
Kassar komnir í lest	19:50 6.12	22:38 7.12

Viðauki 2. Hitastigskúrfur úr frystitækjum Þerneyjar í sjóferð 1.



Viðauki 3. Hvarfefni fyrir lífefnamælingar

Hvarfefni fyrir Glycogen mælingu:

- A. Peklórsýra (HClO₄), (0,6M).**
169,7915 g. (101,67 ml.) perklórsýra þynnt út að 2000 ml. marki með eimuðu H₂O.
- B. Natrium Hydrogen carbonat (NaHCO₃) (1M).**
21,0025 g. þynnt út að 250 ml. marki með eimuðu H₂O.
- C. Perklórsýra (HClO₄), (1,2M).**
33,8 g. perklórsýra þynnt út að 200 ml. marki með eimuðu H₂O.
- D. Sítrat buffer (50mM; pH 4,8).**
lausn X: 2,1014 g. citric acid (210,14 Mw) leyst upp og gert að 100 ml. með eimuðu H₂O.
lausn Y: 2,9410 g. Na-citrate (294,10 Mw) leyst upp og gert að 100 ml. með eimuðu H₂O.
20 ml. (lausn X) og 30 ml. (lausn Y) fyllt að marki með eimuðu H₂O.
- E. Amýlóglúkósídasasa ensím lausn (AGS) (35U/ml). AGS lausn (Ensím A;) er þynnt með sítrat buffernum (lausn D).**
Í 50 ml. mæliflösku eru sett (125mg) þ.e. 12,5 ml AGS lausn og fyllt upp að marki með sítrat buffer.
- F. Trietanólamín (0,3M), MgSO₄ (4,05mM) buffer lausn (pH 7,5). pH stillt með NaOH (5M, 1M og 0,1M).**
13,9275 g. TRA
0,2496 g. MgSO₄
Sett í 250 ml. mæliflösku og bætt í ca 245 ml. af eimuðu H₂O, pH er stillt með NaOH (5M, 1M og 0,1M), fyllt upp að marki með eimuðu H₂O.
- G. Adenosín trifosfat (1,1mM), glúkósa 6-fosfat dehydrógenasi (2,2µg/ml), MgSO₄ (4,05mM), trietanólamín (TRA; 0,3M) lausn.**
0,1331g ATP-Na₂·3H₂O salt (98%) var leyst upp í TRA buffer (lausnF).
0,088 ml af G6-PDH (Ensím D; 5 mg/ml) lausn var bætt í og fyllt upp að 200 ml. marki með TRA buffernum.
- H. NADP lausn (15,4mM).**
0,0970 g af NADP disodium salt (98%) leyst upp í 8 ml. eimuðu H₂O.
- I. Ammóníum sulfat lausn (3,2 M).**
42,2848 g. leyst upp og gert að 100 ml. með eimuðu H₂O.
- J. Hexokínasa (HK), (330U/ml) lausn.**
0,22 ml. af HK-lausn (Ensím F; 10 mg/ml, 15000 U/5ml.) var þynnt með 1,78 ml af ammóníum sulfat lausninni (lausn I).

Hvarfefni fyrir ATP og Kf mælingar

- A. Trietanólamín (TRA) buffer (50mM; pH 7,5-7,6).
pH stillt með NaOH (5M, 1M og 0,1M).**
2,3213 g. TRA sett í 250 ml. mæliflösku og bætt í ca 245 ml. af eimuðu H₂O, pH er stillt með NaOH (5M, 1M og 0,1M), fyllt upp að marki með eimuðu H₂O.
- B. Magnésíum klóríð (MgCl₂) (0,1M).**
2,033 g. vigtuð í 100 ml. mæliflösku, fyllt að marki með eimuðu H₂O.
- C. NADP (7mM) lausn.**
0,0441 g. NADP disodium salt var leyst upp í 8 ml. af eimuðu H₂O.
- D. Glúkósi (5,6 mM) lausn.**
0,1009 g. vigtuð í 100 ml. mæliflösku, fyllt að marki með eimuðu H₂O.
- E. Adenosín difosfat (ADP) (22mM) lausn.**
0,0207 g. ADP disodium salt var leyst upp í 2 ml. eimuðu H₂O.
- F. Trietanólamín (50 mM), ADP (0,2 mM), NADP (0,3 mM), MgCl₂ (8mM) buffer lausn (pH 7,5).**
2 ml. af ADP lausn (lausn E) pípettað í 200 ml. mæliflösku.
8 ml. af NADP lausn (lausn C) pípettað í 200 ml. mæliflösku.
16 ml. af MgCl₂ lausn (lausn B) pípettað í 200 ml. mæliflösku.
Mæliflaskan fyllt upp að 200 ml. marki með TRA buffernum (lausn A).
- G. Ammóníum súlfat lausn ((NH₄)₂SH₄) (3,2 M).**
42,2848 g. leyst upp og gert að 100 ml. með eimuðu H₂O.
- H. Glúkósa-6-fofpat dehydrogenasa (G-6-PDH), (1 mg/ml) lausn.**
0,2ml. G-6-PDH þynnt út með 0,8 ml. af lausn G.
- I. Hexokínasa (HK), (320U/ml) lausn.**
0,22 ml. af HK-lausn (Ensím F; 15000 U/5ml.) var þynnt að 2ml með ammoníum súlfat lausninni (lausn G).
- J. Kreatín kínasa (CK), (8-10 mg/ml) lausn.**
U.þ.b. 12-15 mg af CK (ensím C; 25U/mg) var leyst upp í 1,5 ml. af TRA buffernum (lausn A).
- K. K₂CO₃ (5M)**
34,553g gert að 50ml með eimuðu vatni

Hvarfefni fyrir mjólkursýrumælingu

Notuð voru efni úr kitti frá Boehringer Mannheim (Cat. No. 139 084) og þau ýmist notuð beint eða þynnt eins og gefið var upp í leiðarvísi.