

Verkefnaskýrsla  
10 - 05



Rannsóknastofnun  
fiskiðnaðarins

Júní 2005

**ÁHRIF ROÐKÆLINGAR Á GÆÐI  
Á FISKFLAKA**

**MAP–Pökkuð og þídd**

Emilía Martinsdóttir  
Hélène L. Lauzon  
Soffía V. Tryggvadóttir



<b>Titill / Title</b>		<b>Áhrif roðkælingar á gæði fiskflaka, MAP-pökkuð og þídd</b>	
<b>Höfundar / Authors</b>		<i>Emilía Martinsdóttir, Hélène L. Lauzon og Soffía V. Tryggvadóttir</i>	
<b>Skýrsla Rf/IFL report</b>	10-05	<b>Útgáfudagur / Date:</b>	30. júní 2005
<b>Verknr. / project no.</b>	1576		
<b>Styrktaraðila / fundsing:</b> <i>Rannsóknasjóður, AVS</i>			
<b>Ágrip á íslensku:</b>	<p>Skaginn hf hefur einkaleyfi á nýrri vinnslutækni við vinnslu ferskra og frystra flaka sem byggist á svonefndri roðkælingu fyrir roðflettingu. Rannsóknaverkefni þetta hefur það að markmiði að auka þekkingu á áhrifum vægrar frystingar (undirkælingar) á eðlis- og efnafræðilega þætti fiskholdsins. Markmið þessa hluta rannsóknaverkefnisins sem hér er lýst var að rannsaka skemmdarferli og geymsluþol roðkældra þíddra flaka og kanna áhrif loftskiptra pakkninga á gæði og geymsluþol slíkra flaka með örverutalningum, skynmati, efnamælingum, áferðarmælingum, drip- og vatnsheldnimælingum.</p> <p>Tilraunir sem hér er lýst voru framkvæmdar hjá Tanga hf. og HB-Grandi, Akranesi. Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að hitastig og meðhöndlun í upphafi hefur afgerandi áhrif á lengd geymsluþolsins og niðurstöðum skynmats, efna- og örverumælinga bar vel saman. Með roðkælingu helst hitastig flaka undir 0°C allan vinnslutímamann. Fryst flök sem unnin voru á Tanga í des. 2003 voru þídd eftir 3 ½ mánuð í frysti og niðurstöður bornar saman við fersku flokin (Verkefnaskýrsla Rf 03-04). Þídd flök geymdust 13 daga eftir pökkun, flökuð 1 degi frá veiði við 1°C og 16 daga við -1,6 °C. Þau flök fengu samt mun lægri einkunn í upphafi geymslutímans en sambærileg ófryst flök. Geymsluþol flaka sem pökkuð voru 3 dögum frá veiði og geymd undirkæld við stöðugt hitastig -1,0°C var 16 dagar í frauðplastkössum en 19 dagar í loftskiptum pakkningum. Loftskiptin ein lengdu geymsluþolið um 45 daga. Sameiginleg notkun roðkælingar, gaspökkunar og undirkældra geymsluaðstæða hægðu verulega á skemmdarferli ferskra fiskflaka.</p>		
<b>Lykilorð á íslensku:</b>	<i>Roðkæling, fiskflök, geymsluþol, hönnun m.t.t. hreinlætis</i>		
<b>Summary in English:</b>	<p>A new technique, Combined Blast and Cooling (CBC) (Skaginn, Iceland), is based on superchilling by lowering quickly the temperature of the fillets to -1°C thus allowing initial phase transition to occur. The liquid phase becomes viscous and cooling of the fillets is then based on the cooling capacity stored in the skin side surface layer thus minimizing ice crystal formation. The aim of the research was to increase knowledge on the effect of skin freezing on the physical properties of the fish muscle. In this report results from storage studies on thawed fillets are compared to fresh fillets and the effect of MA-packaging and storage temperature on the shelf-life of CBC-processed fillets studied. Sensory evaluation, microbiological, chemical, instrumental textural measurements, water-holding capacity and drip-loss were used to evaluate the spoilage pattern and quality changes occurring. The experiments were done on frozen/thawed samples from HB-Grandi, Vopnafjörður and the experiments using MAP were performed at HB-Grandi, Akranes. Using CBC-cooling the temperature of the fillets remained below 0°C during production. Filleting and packing of fillets one day from catch, kept in frozen storage for 3 ½ month and then thawed and kept at 1°C resulted in a storage life of 13 days, while lowering the storage temperature to -1,6°C gave a storage life of 16 days. However the sensory scores for the thawed fillets did not receive as high scores at the beginning of the storage as unfrozen fillets. The storage life of fillets packed 3 days from catch and kept at -1,0°C was 16 days in EPS-packages but 19 days in MA-packages. The effect of MA-packaging prolonged the storage life by 5 days. The combined use of CBC-chilling, MAP and superchilling storage considerably influenced the spoilage process of fresh fillets.</p>		
<b>English keywords:</b>	<i>CBC-cooling, fish fillets, storage life, hygienic design</i>		

## EFNISYFIRLIT

<b>YFIRLIT YFIR TÖFLUR .....</b>	<b>2</b>
<b>YFIRLIT YFIR MYNDIR .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INNGANGUR .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INNGANGUR .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Efni og aðferðir .....</b>	<b>8</b>
2.1. Tilhögun tilrauna: Tangi desember 2003-mars 2004.....	8
2.2. Tilhögun tilrauna: HB-Grandi október til desember 2004.....	8
2.3. Hitastigsmælingar .....	9
2.4. Skynmat .....	9
2.5. Örverumælingar .....	10
2.5.1. Hefðbundnar örverutalningar.....	10
2.5.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni).....	10
2.6. Efnamælingar .....	11
2.6.1. TVB-mælingar .....	11
2.6.2. Sýrustig (pH).....	11
2.7. Drip- og vatnsheldnimælingar .....	11
2.8. Gasmælingar .....	12
2.9. Áferðarmælingar .....	12
<b>3. Niðurstöður geymslupólstilrauna .....</b>	<b>13</b>
3.1. Niðurstöður geymslupólssrannsókna í Tanga .....	13
3.1.1. Hitastigsmælingar .....	13
3.1.2. Skynmat .....	14
3.1.3. Örverumælingar .....	16
3.1.4. Efnamælingar .....	18
3.1.5. Drip- og vatnsheldnimælingar .....	20
3.2. Niðurstöður geymslupólssrannsókna hjá HB-Granda-Tilraun 1 .....	21
3.2.1. Hitastigsmælingar .....	21
3.2.2. Skynmat .....	23
3.2.3. Örverumælingar .....	26
3.2.4. Efnamælingar .....	28
3.2.5. Gas-, drip- og vatnsheldnimælingar.....	29
3.2.6. Áferðarmælingar .....	31
3.3. Niðurstöður geymslupólssrannsókna hjá HB-Granda- Tilraun 2.....	34
3.3.1. Hitastigsmælingar .....	34
3.3.2. Skynmat .....	35
3.3.3. Örverumælingar .....	36
3.3.4. Efnamælingar .....	38
3.3.5. Gas- og dripmælingar .....	39
<b>4. Samantekt og umræður .....</b>	<b>41</b>
<b>5. ÁLYKTANIR .....</b>	<b>45</b>
<b>6. ÞAKKARORÐ .....</b>	<b>46</b>
<b>7. HEIMILDIR.....</b>	<b>46</b>

## YFIRLIT YFIR TÖFLUR

Tafla 1. Hitastig í pakkningum. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.....	22
Tafla 2. Geymsluþol miðað við meðaltal skynmats eftir Torry-einkunnaskala =5,5 á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi aðstæður. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C; EPS-: Frauðplastkassi við -1,5°C; EPS+: Frauðplastkassi við 0,5°C .....	24
Tafla 3. Gildi örverutalninga, TVB-N og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í ófrystum (A og B) og þíddum(D og E) roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tangi-desember 2003/mars 2004).....	41

## YFIRLIT YFIR MYNDIR

Mynd 1. Hitastig í roðkældum flökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,4±1,1°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,2±1,3°C; hópur C: ófryst, geymd við -0,2±1,3°C; hópur D: þídd, geymd við 1,0±0,2°C; hópur E: þídd, geymd við -1,9±0,8°C.	13
Mynd 2. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur C: ófryst, geymd við -1,5°C til 7. geymsludags og þá flutt í 0,5°C; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C.	14
Mynd 3. Skynmat á áferðarþættinum stinnur/mjúkur á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C.	15
Mynd 4. Skynmat á áferðarþættinum þurr/safaríkur á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C	15
Mynd 5. Skynmat á áferðarþættinum seigur/meyr á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C	16
Mynd 6. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) eftir pökkun og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir pökkun.	17
Mynd 7. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> tegunda og H <sub>2</sub> S-myndandi örvera í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) eftir pökkun og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir pökkun.	17
Mynd 8. Sýrustig (pH) í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir pökkun.	19
Mynd 9. TVB-N í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir pökkun.	19

- Mynd 10. Vatnsheldni í roðkældum þorsklökum, ófrystum og þíddum geymdum við mismunandi hitastig. Hópar A og D: geymdir við 0,5°C; hópar B og E: geymdir við -1,5°C. 20
- Mynd 11. Drip í roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur D: geymdur við 0,5°C; hópur E: geymdur við -1,5°C. 21
- Mynd 12. Hitastig frá pökkun og í geymslu/flutningi til Rf. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C. 22
- Mynd 13. Hitastigsmælingar í roðkældum þorsklökum yfir geymslutímanum. Hópur A: MAP geymd við -1,5 °C; B: MAP við 0,5 °C; C: loft við -1,5°C; D: loft við 1,5°C. 22
- Mynd 14. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti í VGÍ kössum við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C 23
- Mynd 15. Skynmat á stinnleika/mýkt eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C. 24
- Mynd 16. Skynmat á safu (þurr/safaríkur) eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C. 25
- Mynd 17. Skynmat á seigju/meyrni eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C. 25
- Mynd 18. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi. 26
- Mynd 19. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi. 27
- Mynd 20. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi. 27
- Mynd 21. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi. 28
- Mynd 22. Sýrustig (pH) í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5; EPS-: frauðplastkassi við -1,5°C; EPS+: frauðplastkassi við 0,5°C. 28
- Mynd 23. TVB-N í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5; EPS-: frauðplastkassi við -1,5°C; EPS+: frauðplastkassi við 0,5°C. 29
- Mynd 24. Gasmælingar á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 30
- Mynd 25. Dripmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 31

- Mynd 26. Vatnsheldnimælingar á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 31
- Mynd 27. Áferðarmæling með tæki á hörku þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 32
- Mynd 28. Áferðarmæling með tæki á samloðun þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 33
- Mynd 29. Áferðarmæling með tæki á fjöðrun þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5. 33
- Mynd 30. Hitastigsmælingar í þorsklökum við geymslu í frauðplastkössum (EPS) og VGÍ kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti. Hitinn einnig mældur í flökunum efst í kössunum við hverja sýnatöku (EPS efst, MAP efst, loft efst). 34
- Mynd 31. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 35
- Mynd 32. Skynmat á áferðarpáttum eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 36
- Mynd 33. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 37
- Mynd 34. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 37
- Mynd 35. pH-mælingar í roðkældum þorsklökum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 38
- Mynd 36. TVB-N mælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 39
- Mynd 37. Gasmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 40
- Mynd 38. Drip-mælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ). 40

# 1. INNGANGUR

## Roðkæling

Verkefnið byggir á nýrri vinnslutækni sem Skaginn hf hefur þróað og fengið einkaleyfi á. Tæknin byggir á því að eftir flökun er flakið útlínusnyrt og síðan “roðfryst eða roðkælt”. Roðhlið flaksins liggur á teflonhúðuðu álbandi (-35 til -40°C) sem snöggfrystir roðið og þunna skel af holdinu. Hröð frysting í skamman tíma tryggir að einungis örsmáir ískristallar myndast í holdinu sem valda ekki skemmdum á fiskinum. Eftir roðkælinguna fer flakið í roðdrátt. Þar sem flakið er stíft fer það gegnum roðdrátt án þess að skemmast. Viðkvæm flök fara jafnt í gegnum roðdrátt og loslaus flök. Í roðkælingu kælist fiskurinn niður í byrjun vinnslunnar í stað þess að hitna í vinnslurásinni eins og gerist í hefðbundinni vinnslu. Hitastig undir 0°C á því að geta haldist alla vinnsluna og í þökkun. Eftir flökun liggur flakið á roðhliðinni allt þar til það er roðflett. Örverur eru á roðhlið flaksins. Hold fisksins snertir því aldrei færibandareimina en krosssmit milli flaka á sér stað á henni. Fækkun örvera getur lengt þann tíma sem hægt er að selja flökin sem ferska afurð og einnig fryst flök eftir þíðingu. Veruleg verðmætaaukning er ef tekst að lengja þann tíma sem unnt er að selja fiskinn sem ferskan.

Yfirborðsfrysting eða skelfrysting hefur tíðkast í íslenskum fiskiðnaði í einhverjum mæli undanfarna áratugi t.d. við útflutning á ferskum fiskflökum. Þau hafa verið sett í frystigeyslu í einhverjar klukkustundir fyrir flutning og í sumum tilvikum hefur yfirborð flakanna náð að frjósa. Slík frysting hefur sýnt sig að viðhalda kælingu í þakningunum (Magnussen and others 1998). Hæg frysting getur hins vegar haft áhrif á ískrystallamyndun sem valdið geta vöðvaskemmdum. Einnig mun það hafa tíðkast í einhverjum mæli að setja flök í gegnum lausfrysti áður en þeim er pakkað í frauðplastkassa.

## Gæði og geymsluþol á ferskum og frystum fiski

Geymsluþol á ferskum fiski og geymsluþol á frystum sem uppbíddum fiski hafa verið rannsóknarefni í mörgum rannsóknum á Rf. Í flestum rannsóknum er stuðst við skynmat, örverutalningar og mælingar á trímetylamíni (TMA) og heildarmagni reikulla basa (TVB). Þessum rannsóknum hefur verið lýst í Ritum Rf nr. 26, 30 og 38. (26: Hannes Magnússon o.fl. 1990, 30: Emilía Martinsdóttir o.fl. 1991, 38: Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon, 1993). Niðurstöður þessa rannsókna hafa sýnt að notagildi TMA og TVB-mælinga til gæðamats á ófrystum og þíddum flökum geymdum í ís er ekkert. Örverutalningar og skynmat hafa hins vegar gefið góðar upplýsingar um skemmdarferlið. Þessar rannsóknir sýndu að geymsluþol ferskra þorskflaka var 10 til 12 dagar í ís. Niðurstöður skynmats sýndu að bæði ófryst og þídd flök náðu mörkum neysluhæfni á svipuðum tíma eftir mjög skamma frystigeyslu. Í rannsóknum á frystum flökum (Emilía Martinsdóttir o.fl., Skýrsla Rf 16, 1998) var geymsluþol á þíddum sjófrystum þorskflökum 12 til 14 dagar eftir 2 til 6 mánuði í frysti og 10 til 11 dagar eftir 12 mánuði í frysti. Flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun geymdust lengur en þídd (eftir 2 mánuð í frysti) flök sem fryst voru eftir dauðastirðnun og höfðu beðið um sólarhring meðan dauðastirðnun gekk yfir. Tími og hitastig hafa úrslitaáhrif varðandi vöxt örvera og þar með lengd geymsluþols á ófrystum fiski. Þessar rannsóknir gáfu einnig til kynna að tími og hitastig fyrir vinnslu skipti verulegu máli varðandi geymsluþol eftir þíðingu.

Til að ákvarða hámarks geymsluþol og fylgjast með breytingum, svo sem skemmdareinkennum með geymslutíma, er notað skynmat á soðnum sýnum. Á Rf sem

og víða annars staðar hefur verið stuðst við Torry einkunnastiga sem þróaður var á Torry-stofnuninni í Aberdeen í Skotlandi. Einnig hefur verið notuð heildargreining á matvælum eftir svonefndri QDA (Quantitative Descriptive Analysis) aðferð (Stone og Sidel, 1985) í skynmatsrannsóknnum, m.a. í geymsluþolsrannsóknnum. Þetta er mjög hentug aðferð og með notkun hennar má fá gagnlegar og nákvæmar upplýsingar um alla þætti afurðar. Þegar QDA aðferðin er notuð, er öllum einkennum afurðar lýst, svo sem útliti, lykt, bragði og áferð.

### **Áhrif frystingar og þíðingar á áferð**

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

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

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

Til þess að túlka áferðarmælingar með tæki þurfa að liggja fyrir upplýsingar um fylgni á milli áferðamælingar með tækinu og áferðamats skynmatshóps, því það er mat skynmatshópsins sem notað er til að túlka neyslugæði og þar með viðbrögð neytanda. Algengast er að mæla áferð í tæki með því að skera í sýni, þrýsta kúlu niður í sýnið eða pressa. Á Rf hefur samþjöppun með álplötu verið nokkuð notuð. Sveinsdóttir o.fl. 2002 mældu hrá laxaflök með samþjöppunaraðferð í áferðamæli (TA.XT2) með TPA mælingu og fylgni fékkst við skynmat á heilum laxi þar sem fjöðrun var metin með því að þrýsta fingri á hryggvöðva. Tryggvadóttir og Ólafsdóttir (2000) mældu áferð ýsufbaka með sömu aðferð og niðurstöður sýndu að áferðamæling getur gefið vísbendingar um gæðabreytingar við geymslu í ís. Reid og Durance (1992) fengu fylgni milli áferðamælinga með því að pressa niðursoðin laxasýni í TPA mælingu og áferðamats með skynmati.

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

### **Loftskiptar umbúðir-MAP**

Notkun loftskiptra umbúða (modified atmosphere packaging, MAP) getur lengt geymsluþol fisks verulega eins og margar rannsóknir hafa sýnt (Tiffney & Mills, 1982; Lampila, 1991; Reddy o.fl., 1992; Davis, 1993). Við gasþökkun er yfirleitt notuð gasblanda sem inniheldur 30-60% CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> sem fyllingargas og oft einnig O<sub>2</sub>. Við fiskþökkun er nokkurt magn súrefnis notað til að hindra vöxt sýkilsins *Clostridium botulinum*, sem vex best í súrefnissnaudu umhverfi. Aftur á móti er óæskilegt að nota O<sub>2</sub> þegar um feitan fisk er að ræða vegna þránunarhættu. Í ljós hefur komið að kjöt

geymist þrisvar til sjö sinnum lengur í loftskiptum umbúðum en í lofti en magur fiskur geymist um það bil helmingi lengur (Gram og Huss, 1996). Vísbendingar eru um að skýring á þessu sé sú að ákveðnar örverur séu til staðar í fiski sem ekki eru í kjöti.

Rannsóknir sem gerðar voru á Rf hafa sýnt að áhrif kolsýrupökkunar minnka verulega ef vikið er frá bestu vinnslu- og geymsluáðstæðum (Guðmundur Stefánsson og Grímur Valdimarsson, 1982). Þannig er mikilvægt að nota ávallt mjög ferskt hráefni unnið við sem hreinlegastar aðstæður. Einnig er mikilvægt að geyma fiskinn eftir pökkun við sem næst 0°C vegna þess að virkni CO<sub>2</sub> er fólgin í því að það leysist í vatnsfasa fiskholdsins og veldur lækkun á sýrustigi og vatnsbindihæfni próteina sem leiðir til vatnstaps ("drip"). Þetta breytta umhverfi hefur síðan áhrif á vöxt örvera, sem leiðir til öðruvísi samsetningar á skemmdarflórinni og breyttra skemmdareinkenna. Sumar örverur þola vel CO<sub>2</sub> og ná að vaxa við slík skilyrði. *Photobacterium phosphoreum* þolir hátt CO<sub>2</sub> magn og framleiðir mikið magn af efninu trímetylamín (TMA) úr trímetylamín oxíði (TMAO) sem finnst í sjávarfiskum (Dalgaard, 1995a, b).

Rf hefur á síðustu árum gert tilraunir með loftskiptar umbúðir til að lengja geymsluþol fiskflaka. Mest var unnið með sjófryst þídd flök. Rannsóknir þessar sýndu að lengingu geymsluþols á ferskum flökum var um 5 dagar með loftskiptum pakkningum. Þriggja vikna geymsluþol á sjófrystum þíddum afurðum sem náðist með loftskiptum pakkningum gæti aukið svigrúm til breyttra flutningaleiða flaka á kælimarkað erlendis. Niðurstöður þessara rannsókna sýndu ótvírætt að til að ná sem lengstu geymsluþoli fiskflaka í kæli skiptir meginmáli að upphafsgerlafjöldi sé lágur og hitastigi sé haldið stöðugu og sem næst 0°C allan geymslutímenn. Mjög áhugavert er að reyna slíkar pakkningar á roðkæld flök til að komast að því hvaða árangur næst. Í grein Sivertsvik o.fl. (2003) fékkst 2,5 sinnum lengra geymsluþol ef laxaflökum sem pakkað var í loftskiptar pakkningar voru geymd við -2°C í stað 4°C og 3,5 sinnum lengra ef miðað var við hefðbundna pökkun í lofti.

**Markmið þessa hluta rannsóknaverkefnisins** sem hér er lýst er að rannsaka skemmdarferli og geymsluþol roðkældra þíddra flaka og kanna áhrif loftskiptra pakkninga og undirkælingar á geymsluþol slíkra flaka.

Markmiðinu var náð með því

- að bera saman gæði roðkældra þíddra flaka við fersk "roðkæld" flök með tilliti til geymsluþols við mismunandi hitastig með örverutalningum, skynmati, efna-, drip- og vatnsheldnimælingum
- að rannsaka áhrif loftskiptra pakkninga á gæði og geymsluþol við mismunandi hitastig eftir pökkun með örverutalningum, skynmati, áferðar-, efna-, gas-, drip- og vatnsheldnimælingum

## 2. EFNI OG AÐFERÐIR

### 2.1. Tilhögun tilrauna: Tangi desember 2003-mars 2004

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

*Undirbúningur tilraunahópa:* Hráefni, um 190 fiskar, var valið úr vel ísuðu kari úr holi 9,10 og 11 og unnið strax eftir löndun (hópur A, B og C). Hausun, flökun, roðfletting og snyrting voru eins fyrir alla tilraunahópana. Eftir flökun fóru flökin í ísvatn (0,85% salt) í 20 mínútur fyrir roðkælingu. Flökin voru ekki snyrt og var þeim pakkað (11 flök í kassa) strax eftir roðflettingu í plastpoka með rakadrægri mottu í frauðplastkassa (EPS; Borgarplast, 160 x 400 x 263 mm) og ísmotta (230 x 160 mm; 146 g) sett efst. Í sumum kassanna voru hitanemar til að mæla hitastig neðst, í miðju og yfir flökunum. Einnig var settur hitanemi ofan á kassa til að fylgjast með umhverfishita. Á sama tíma voru fryst alls 143 flök.

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

*Geymsla:* Hópur A var síðan geymdur við 0,5°C. Hópar B og C voru geymdir við -1,5°C en C færður í 0,5°C á 7. degi. Frystu flökin voru geymd í alls 14 vikur í frysti við -25°C. Flökin voru þídd fyrst við 10°C í 12 klst., geymd svo við 0°C í 12 klst. fyrir pökkun í frauðplastkassa og geymd við 0,5°C (hópur D) og við -1,5°C (E).

*Sýnatökudagar:* Ófrystu sýnin voru mæld á 1., 4., 7., 9., 11., 14. (og 16. fyrir hóp C) degi eftir pökkun. Þíddu sýnin voru mæld á 0, 4., 8., 11., 14. og 16. degi.

### 2.2. Tilhögun tilrauna: HB-Grandi október til desember 2004

**Tilraun 1.** Fiskurinn var unninn þann 25. október eða þremur sólarhringum frá veiði. Truflanir voru á vinnslu um tíma og varð það til þess að pökkun tók fremur langan tíma og varð einhver hitastigshækkun í sumum flakanna. Pökkun í loftskiptar umbúðir tók um 1 klst. (7:30-8:30) þar til pökkun var lokið og pakkarnir fluttir í kæli (bakkar úr HDPE með yfirfilmu úr PET/LDPE; stærð bakkana: 36x26x10 cm.; pappaspjald í botni (21 x 32 cm), pressað solidboard PE húðað beggja vegna, framleitt af Prentmet í Reykjavík). Hluti af fiskinum var pakkað í sams konar pakkningar og loftskiptu umbúðirnar (MAP) en án loftskipta (loft). Við pökkunina var notuð vél frá Valdimar Gíslasyni (900 VG XL semi automatic, Polimoon, Kristiansand í Noregi) sem flutt var á staðinn til HB-Granda deginum áður. Einnig var pakkað í nokkra EPS-kassa (plastpoki í hverjum frauðplastkassa, rakadræg motta í botni og kælimotta yfir pokanum) til samanburðar. Alls voru 8 flök í hverjum pakkningum.

*Sýnahópar*

Hópar A og B voru með gasblöndu 50% CO<sub>2</sub>/50% N<sub>2</sub> (MAP): A geymt við -1,5°C og B við 0,5°C.

Hópar C og D innihéldu loft við pökkun (lokaður kassi með minnkandi O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> myndun): C geymt við -1,5°C og D við 0,5°C.

EPS eru frauðplastkassar: EPS+ við 0,5°C og EPS- við -1,5°C.

**Tilraun 2.** Þann 29. nóvember var tekinn frá fiskur eftir roðkælingu (flökin við  $-1^{\circ}\text{C}$ ) á sama hátt og í október eða þremur sólarhringum frá veiði. Fiskurinn var settur beint í frauðplastkassa og reynt að koma í veg fyrir alla töf. Fiskurinn var sendur til Reykjavíkur á Rf.. Við komu á Rf var hluta af fiskinum endurpakkað í umbúðir frá VGÍ Hluti af fiskinum var pakkað í sams konar pakkningar og loftskiptu umbúðirnar (VGÍ-pakkar) en án loftskipta. Sex kassar voru pakkaðir með gasblöndu (%)  $\text{CO}_2/\text{O}_2/\text{N}_2$ : 56/7/37. Fyrsti kassinn var notaður til að fylgjast með gasblöndunni gegnum tilraunina því hugsanlegt var að gasið læki gegnum septum sem er límt á filmu og notað til að framkvæma gasmælinguna. Flökin voru geymd eftir pökkun við  $-1^{\circ}\text{C}$ . Alls var pakkað um 120 flökum.

Tekin voru sýni úr hinum 5 kassanna og metin á degi 8, 11, 15, 18 og 21, m.t.t. ferskleika, bragð- og áferðareiginleika, örveru- og efnamælinga. Fimm EPS kassar voru einnig metnir á degi 0, 8, 11, 15 og 18.

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

Skynmat með Torry einkunnaskala og áferðarpáttum skv. QDA-aðferð, hefðbundnar örverumælingar (heildarörverutalningar, TVC) og mælingar á sértækum skemmdarörverum (SSÖ eins og *Pseudomonas* tegundir,  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örverur og *Photobacterium phosphoreum*), efnamælingar á reikulum bösum (TVB-N), mælingar á sýrustigi í flökunum og gassamsetningu. Mæling á dripi, vatnsheldni ásamt mælingum á áferð með áferðamæli var framkvæmd á völdum sýnatökudögum. Einnig voru gerðar hitamælingar með síritum sem voru staðsettir í völdum umbúðum sem í geymslurýminu.

### 2.3. Hitastigsmælingar

Hitastigmælingar voru gerðar með hitasíritum sem komið var fyrir við pökkun efst, neðst og utan á frauðplastkössunum. Einnig voru settir hitasíritar í hráefniskörin við löndun í nóvember 2003 (Tangi) og hitinn skráður að flökun. Notaðir voru mismunandi síritar (Optic StowAway, Onset Computer Corporation, USA; og síritar frá Stjörnuodda.) og skráning var á 5 mínútna fresti. Aflestur var gerður í lok hverrar tilraunar.

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

### 2.4. Skynmat

Skynmatið var framkvæmt af þjálfuðum skynmatshóp Rf. Þjálfaður átta til tíu manna skynmatshópur Rf tók þátt í skynmati á sýnunum. Flökin voru skorin í bita (2 x 3 cm) og soðin í Convostar gufuofni við  $95^{\circ}\text{C}$  í 5 mínútur. Með skynmati var metinn ferskleiki sýnanna eftir svonefndum Torryskala (Shewan o.fl., 1953) þar sem ferskum fiski er gefin einkunn 10 og niður í 3. Einnig var notuð QDA aðferð (Stone & Sidel, 1985) til að meta hversu seigur/meir, þurr/safaríkur fiskurinn var. Mörkin 5,5 á Torry-

skalanum hafa verið notuð á Rf sem mörk geymsluþols en þá finnur meirihluti skynmatshópsins vott af skemmdareinkennum.

## 2.5. Örverumælingar

### 2.5.1. Hefðbundnar örverutalningar

#### *Long and Hammer's (LH) agar*

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

#### *Járnagar (IA)*

Talningar á heildarfjölda örvera og fjölda H<sub>2</sub>S-myndandi örvera voru gerðar á járnagar eins og lýst er skv. Gram o.fl. (1987) með þeirri undantekningu að í stað 0,5% salts (NaCl) var notað 1% salt. Notuð var yfirborðssáning í stað áhellingar til þess að drepa síður kuldakærar örverur og ræktun gerð við 15°C í 4-5 daga. Allar kólonúr voru taldar til að finna heildarörverufjölda. Svartar kólonúr voru taldar sérstaklega til að finna fjölda H<sub>2</sub>S-myndandi örvera. Þær mynda H<sub>2</sub>S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. *Shewanella putrefaciens*, sem er talinn vera einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, myndar svartar kólonúr á þessu æti.

#### *CFC æti*

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

Í öllum örverumælingum var Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid) notaður við blöndun og þynningar. Upphafsböndun var gerð þannig að 25 g hakkaðs flaks voru sett í 225 g af kældu MRD þynningarvatni. Tífoldar þynningar voru síðan gerðar eins og þurfa þótti.

### 2.5.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni)

Mælingar á fjölda *Photobacterium phosphoreum* (Pp) voru gerðar með Malthus tækni eins og lýst er af Dalgaard o.fl. (1996) og Lauzon (2003). PPDM æti (pH 10) var búið til, gerileytt, skammtað (4,5 ml) í gerileyddar Malthus sellur sem voru geymdar yfir nótt við 0-2°C í loftfirrðri krukku (Oxoid HP011AP) sem var fyllt með 100% CO<sub>2</sub>. Hálfur (0,5) ml af fisksýnunum (tífold þynning) var skammtaður í 3 sellur, og elektróðurnar settar á um leið til að forðast of mikið tap á CO<sub>2</sub>. Sellurnar voru geymdar við 15°C í u.þ.b. 2 klst á meðan jafnvægi á CO<sub>2</sub> náðist í sellunum áður en þær voru látnar í Malthus baðið (15°C). Fjöldi *Photobacterium phosphoreum* var áætlaður út frá eftirfarandi staðalkúrfu:

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

$$R^2 = 0,9749$$

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

## 2.6. Efnamælingar

### 2.6.1. TVB-mælingar

TVB-N mæling á TCA extrakti var gerð með gufueimingu (byggð á aðferð Billon o.fl. (1979). Mixuð voru 100 g fiskhacks og 200 ml af 7,5% TCA í Waring blendor í 1 mín. Blandan var látin standa í 10 mín og síuð í gegnum Whatman no. 3 síupappír. Af tærum síuvökvanum voru 25 ml settir í suðufloösku ásamt 10 ml af 10% NaOH og ammóníakið rekið yfir í Erlenmeyerfloösku með 10 ml af 4% bórsýru sem inniheldur Methyl red og Bromocresol green Indicator. Til þessa var notaður Struers TVN gufueimari og lauk eimingunni þegar um 70 ml höfðu safnast yfir. Lausnin var þá títruð með 0,030 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> úr grænu í ljósfjólubláan jafnvægispunkt.

### 2.6.2. Sýrustig (pH)

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

## 2.7. Drip- og vatnsheldnimælingar

Flökin í EPS kössunum voru vigtuð í pokanum og tómur poki með blautri rakadrægri mottu vigtaður til að meta vatnstapið (vignt poka með blautri rakadrægri mottu - vignt ónotaðs poka með þurri rakadrægri mottu sem var 42 g). Dripið var umreiknað í % samkvæmt eftirfarandi formúlu:

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

Til að meta dripið í flökunum í VGÍ kössunum var sömuleiðis allt vigtað og vignt tómrar umbúðarinnar dregin frá.

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

Vatn (g/100g) var reiknað sem þyngdartap við þurrkun við 105°C í 4 klst (ISO 1983). Fyrir vatnsheldnimælingu voru sýnin hökkuð í Braun blandara (type 4262; Braun, Kronberg, Germany) í u.þ.b. 20 s á hraða 4. U.þ.b. 2 g af hökkuðum fiskvöðva voru vegin og sett samstundis í skilvindu við 210 g í 5 mín. og hitastigi haldið við 2 til 5°C. Vatnsheldni (%) er skilgreind sem hlutfall þyngdar af vatni sem eftir er eftir skilvindu af vatni í flaki í upphafi. Vatn sem eftir var eftir skilvindu var ákveðið sem þyngd vatns(g) í flaki – þyngdartap (g) við skilvindun.

## 2.8. Gasmælingar

Sérstakir þéttitappar voru límdir á VGÍ pakkningar til að geta mælt gasblönduna eftir þökkun og á sýnatökudögum. Gasmælir frá PBI Dansensor (CheckMate 9900) var notaður. Nál tengd við slöngu var stungið í gegnum þéttitappann og gassýni tekið tvisvar sinnum. Seinni mælingin var skráð niður.

## 2.9. Áferðarmælingar

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

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

Nemi og stillingar við TPA prófið voru eftirfarandi:

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

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

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

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

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

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

Áferðarmælingar voru einungis gerðar á ófrystu sýnunum í nóvember 2004 (tilraun 1) á 7. og 14. degi geymslutímans.

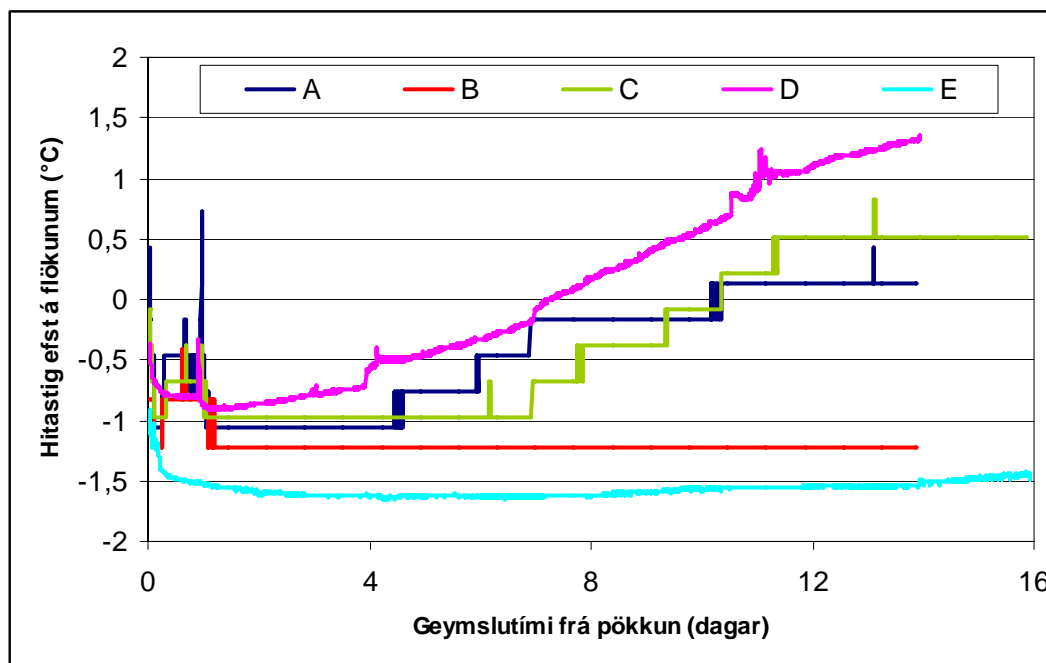
### 3. NIÐURSTÖÐUR GEYMSLUPÓLSTILRAUNA

Hér á eftir er gerð grein fyrir niðurstöðum geymslutilrauna á þíddum þorski frá Tanga í mars 2004 og niðurstöðum frá tveimur geymslutilraunum á þorski frá HB-Granda í október-desember 2004. Þíddi fiskurinn var frystur í tilraun frá Tanga í desember 2003 og er gerð grein fyrir henni í verkefnaskýrslu Rf 03-04.

#### 3.1. Niðurstöður geymslupólsrannsókna í Tanga

##### 3.1.1. Hitastigsmælingar

Í tilraun á ófrystum flökum hélst hitastig í flökum ( $-1,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ) geymdum við  $-1,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$  (hópur B) mjög stöðugt allan geymslutímann, en í hópi A sem geymdur var við  $0,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$  fór hitinn að hækka eftir um 4 daga frá pökkun og fór yfir  $0^\circ\text{C}$  eftir 10 daga frá pökkun. Meðalhiti flakanna (A) yfir geymslutímanum var  $-0,4 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Hópur C var færður úr  $-1,5^\circ\text{C}$  geymslurými yfir í  $0,5^\circ\text{C}$  á 7. degi. Eins og sést á mynd 1 fór hitinn að hækka strax eftir það, en meðalumhverfishiti C hópsins var  $-0,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$  og  $-0,3 \pm 0,6^\circ\text{C}$  yfir flökunum. Eftir þíðingu í tilraun í mars 2004 voru flökin um  $-0,5$  til  $-1^\circ\text{C}$  við pökkun (D og E). Vegna hærri umhverfishita ( $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ) hækkaði hitinn hratt hjá D hópnunum eins og sést á myndinni. Aftur á móti var hópur E geymdur við undirkælingu ( $-1,9 \pm 0,8^\circ\text{C}$ ) og þar að leiðandi var hitinn í flökunum lágur ( $-1,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ).

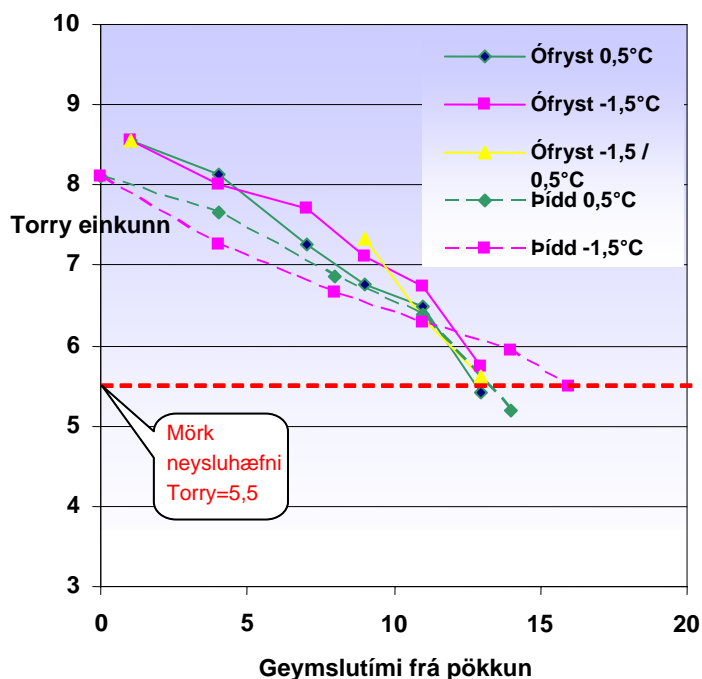


Mynd 1. Hitastig í roðkældum flökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við  $0,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$ ; hópur B: ófryst, geymd við  $-1,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$ ; hópur C: ófryst, geymd við  $-0,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$ ; hópur D: þídd, geymd við  $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ; hópur E: þídd, geymd við  $-1,9 \pm 0,8^\circ\text{C}$ .

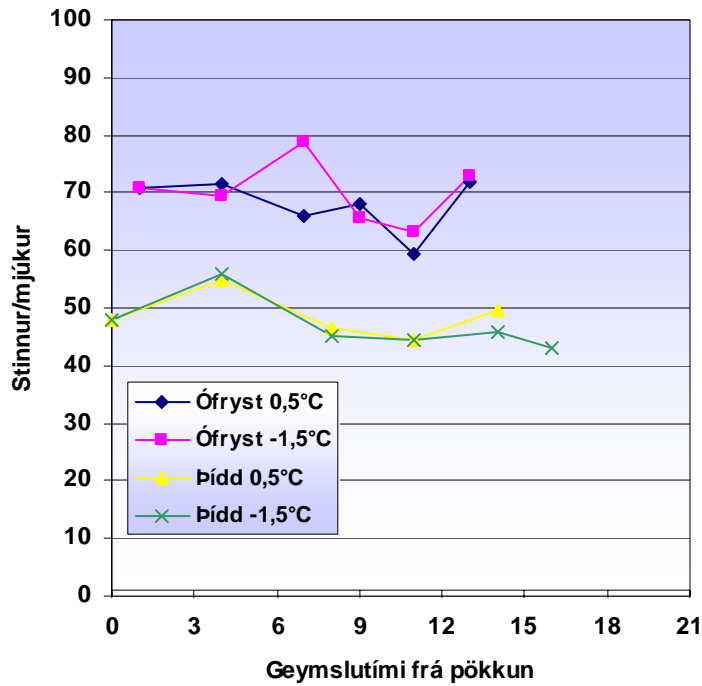
### 3.1.2.Skynmat

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

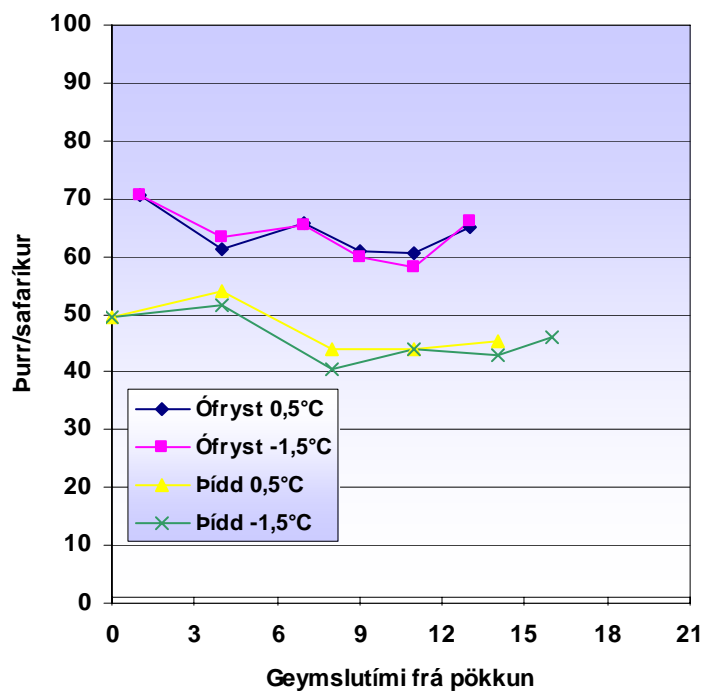
Áhugavert er að bera saman geymslutíma hópanna þegar þeir fá t.d. einkunn 7, en þá er ferska sæta bragðið horfið og fiskurinn orðinn hlutlaus. Hópur A náði þessari einkunn eftir 8 daga geymslu, en það tók 10 daga fyrir hópa B og C. Þetta sýnir að geymsla roðkældra flaka við undirkælingu ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) lengir sölutíma neysluhæfra flaka um allavega 2 daga. Þíddu flökin fengu marktækt lægri einkunn í upphafi geymslutímans sem er í samræmi við fyrri rannsóknir (Magnússon, H. And Martinsdóttir, E. 1995). Það er ekki fyrr en undir lok geymslutímans sem áhrif hitastigsins komu í ljós þegar þíddu flökin sem geymd voru við  $0,5^{\circ}\text{C}$  voru eða fóru fyrir neðan mörk neysluhæfni á 13. degi. Þíddu flökin geymd við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  náðu þessum mörkum eftir 16 daga geymslu ATH:::lægri hiti í E en í B; og B hópurinn var ekki fullmetinn í des.03...Þíddu flökin geymdust lengur en sambærileg ófryst við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  og munar þar um 2 dögum.



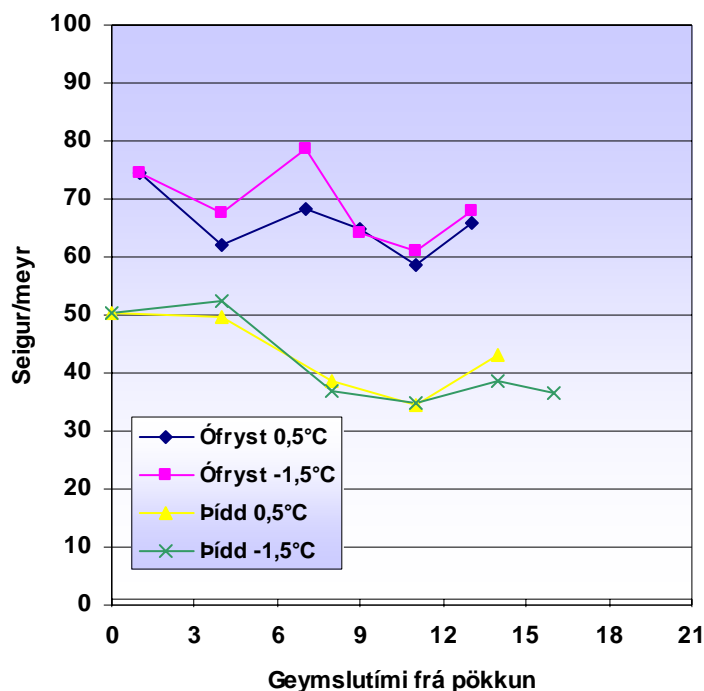
Mynd 2. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorskflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; hópur B: ófryst, geymd við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; hópur C: ófryst, geymd við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  til 7. geymsludags og þá flutt í  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; hópur D: þídd, geymd við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; hópur E: þídd, geymd við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ .



Mynd 3. Skynmat á áferðarþættinum stinnur/mjúkur á roðkældum þorsflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C.



Mynd 4. Skynmat á áferðarþættinum þurr/safaríkur á roðkældum þorsflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C

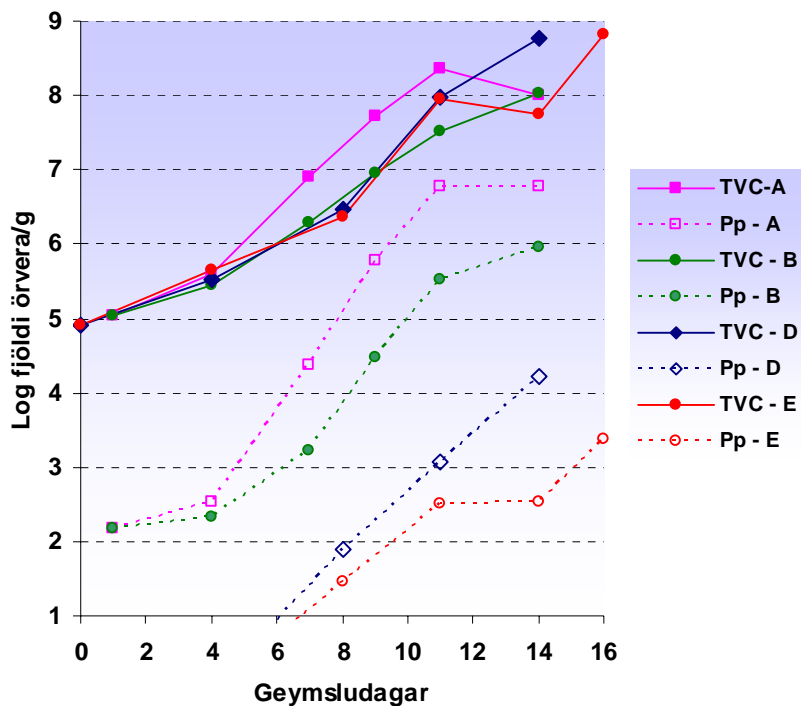


Mynd 5. Skynmat á áferðarþættinum seigur/meyr á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C

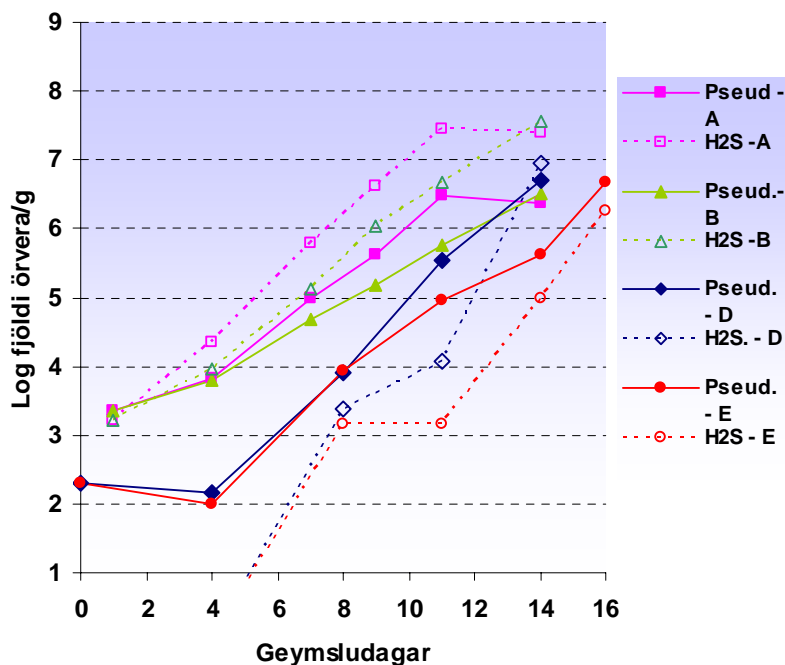
Á myndum 3 til 5 kemur í ljós mikill munur á áferð þíðra og ófrystra roðkældra flaka. Þíðdu flökin eru mun þurrari, harðari og seigari en þau ófrystu Þessar áferðarþættir fengu um 60 til 80 í ófrystum flökum en fá milli 50 og 60 í þíddum flökum. Þessar niðurstöður eru í samræmi við fyrri niðurstöður Rf ((Martinsdóttir and Magnússon, 2001) þar sem samkvæmt skynmati dæmdist þíddur fiskur seigari og þurrari eftir 2 mánaða geymslu og mun seigari og þurrari eftir 12 mánaða geymslu borið saman við fisk sem var ófrystur. Enginn munur varð á þíddum flökum hvort sem þau voru geymd við herra eða lægra hitastig.

### 3.1.3. Örverumælingar

Myndir 6 og 7 sýna niðurstöður örverumælinganna. Örverufræðileg gæði roðkælda hráefnisins voru ásættanleg (107.000/g eða um log 5/g), þó var heildarörverufjöldinn hærri en í tilrauninni í október 2003 (sjá verkefnaskýrsla Rf 03-04). Þetta gerist þrátt fyrir að hráefnið var ekki nema dagsgamalt í seinni tilrauninni, á meðan það var unnið þremur dögum eftir veiði í októbertilrauninni. Nauðsynlegt er að benda á að fyrir vinnslu og pökkun hráefnisins í þessari tilraun (desember) hafði vinnslan hjá Tanga verið að vinna eldra hráefni fyrr um morguninn. Vinnslulínan hafði verið “smurð” skemmdaröverum eldra hráefnisins og þetta sennilega skýrir þennan háa örverufjölda í seinni tilrauninni þrátt fyrir yngra hráefni. Þar af leiðandi var fjöldi H<sub>2</sub>S-myndandi örvera (log 3,0-3,2/g) og *Pseudomonas* tegunda (log 3,5/g) mjög svipaður milli tilrauna Aftur á móti var fjöldi *P. phosphoreum* lægri í desember tilrauninni (log 2,2/g vs. log 3,1/g í október). Þess vegna ber að hafa í huga að þessi vinnubrögð hafa líklega í för með sér að takmarkað geymsluþol fékkst í desember tilrauninni miðað við hvað hefði fengist við betri vinnsluáðstæður.



Mynd 6. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum ófrystum þorsflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) eftir þökkun og roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.



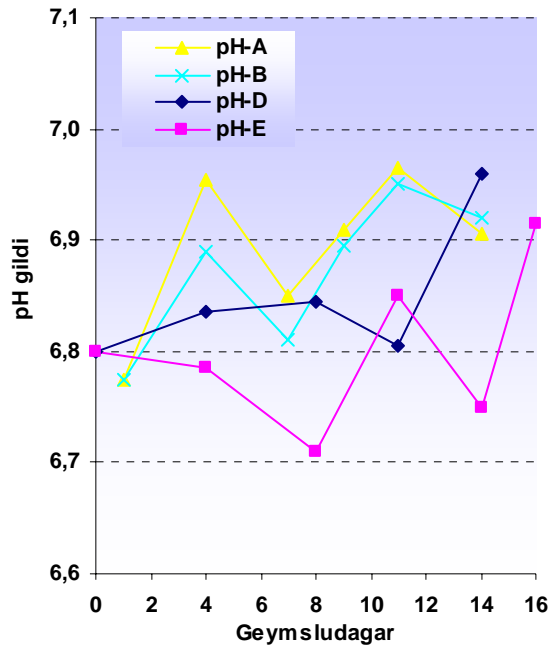
Mynd 7. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í roðkældum ófrystum þorsflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) eftir þökkun og roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.

Eins og mátti búast var örveruvöxtur hægur fyrstu dagana við 0,5°C (hópur A) en þegar hitastigið fór að hækka í flökunum (á 4.-7. degi, sjá mynd 1) varð örveruvöxturinn hraðari við 0,5°C en -1,5°C. Vöxtur *P. phosphoreum* var einnig hægari við -1,5°C (B hópur) og náði um log 6/g á 14. degi. Svipaður *Pp* fjöldi náðist eftir 9 daga geymslu við 0,5°C en hámarksfjöldi (tæplega log 7/g) mældist eftir 11 daga geymslu (mynd 6). Í þíddu flökunum þróaðist heildarörveruflóran á svipaðan átt hvort sem geymsluhitinn varð undir eða yfir 0°C, og náði hámarksfjölda (rúmlega log 8/g) í lok geymslutímans. Aftur á móti var þróun *Pp* mun hægari í þíddu flökunum og sérstaklega við undirkælingu þar sem fjöldinn var milli log 3-4/g eftir 16 daga geymslu. Þetta samræmist öðrum rannsóknum sem hafa sýnt að *Pp* er næm baktería fyrir frystingu og frystigeymslu (Guldager ofl., 1998, Emilía Martinsdóttir ofl., 2003).

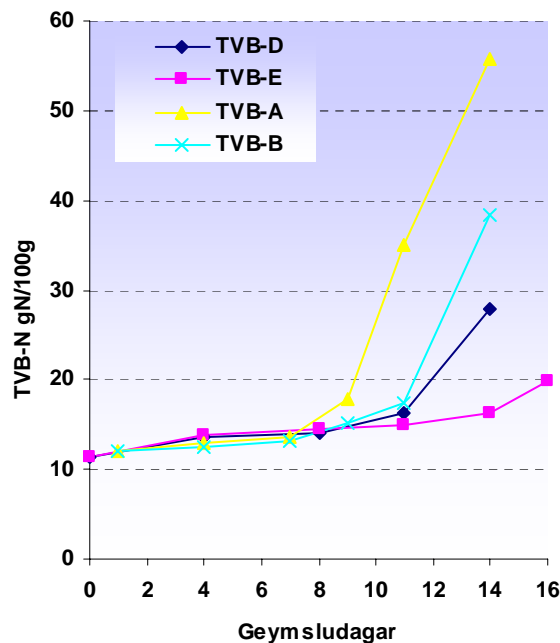
Það er athyglisvert að vaxtarhraði H<sub>2</sub>S-myndandi örvera (mynd 7) í hóp A var mjög stöðugur allan tímann og enginn lagfasi var til staðar í upphafi geymslutímans, sem var öfugt við hjá hinum örveruhópunum vegna áhrifa undirkælingar. Þetta gefur til kynna að “lífeðlisfræðileg” staða H<sub>2</sub>S-myndandi örvera var betri (virkari) og skýrir væntalega milkilvægi þess örveruhóps í þessari tilraun þar sem óvenjulega hár fjöldi (log 7,4-7,5/g) mældist við lok geymsluþols. Ekki er hægt að fullyrða að þetta sé vegna upphaflegrar mengunar á vinnslulínunni fyrir pökkun, en sá möguleiki er vel fyrir hendi. Við sama geymsluhitastig varð þróun *Pseudomonas* tegunda aðeins hægari en fjöldinn var um log 6,4/g við lok geymslu. Við undirkælingu var vöxtur þessara bakteríuhópa hægari, en sami fjöldi náðist í lok geymslutímans. Í þíddu flökunum var fjöldi *Pseudomonas* tegunda meira áberandi yfir geymslutímanum, en H<sub>2</sub>S-myndandi örverur náðu sér á strik við lok geymslutímans þar sem svipaður fjöldi mældist hjá báðum örveruhópunum (um log 6,5/g). Heildarörverufjöldi við lok geymsluþols var hærri í þíddu en ófrystu flökunum. Lágur fjöldi H<sub>2</sub>S-myndandi örvera við upphaf tilraunar á þíddum flökum gæti orsakast af ónákvæmni aðferðarinnar. Það getur sem sagt verið ómögulegt að meta fjölda þeirra þegar heildarörverufjöldinn mælist í miklu herra mæli (>1000-falt). Vöxturinn á skálum verður svo þéttur að ekki verður hægt að greina svartar kólóníur sem eru einkennandi fyrir H<sub>2</sub>S-myndandi örverur. Samt sem áður gefur þessi lági fjöldi til kynna að frystingin og/eða frystigeymslan gæti haft áhrif á lifun og vöxt H<sub>2</sub>S-myndandi örvera.

#### 3.1.4. Efnamælingar

Sýrustig var mjög svipað í öllum hópum allan geymslutímann (mynd 8) en var þó lægst í hópi E. Miklar sveiflur í sýrustigi voru sjáanlegar, sérstaklega fyrir fersku flökunum og þau þíddum sem voru geymd við undirkælingu. En þrátt fyrir þessu var greinileg hækkun yfir geymslutímanum þar sem pH var komið yfir 6,9 í lok geymslutímans.



Mynd 8. Sýrustig (pH) í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.



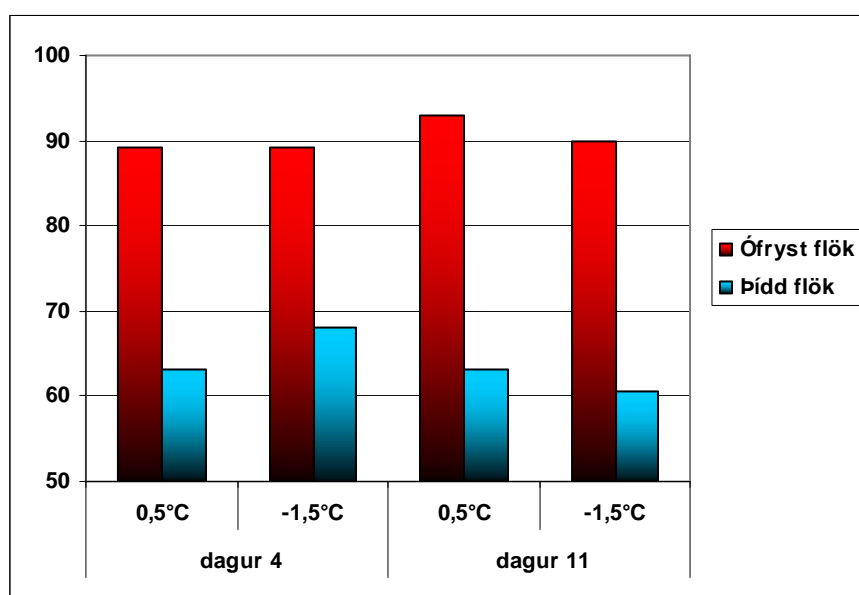
Mynd 9. TVB-N í roðkældum ófrystum þorsklökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsklökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.

TVB-N gildi hækkaði mun hraðar í ófrystum sýnum geymdum við 0,5°C en við -1,5°C og var komið um 35 mg N/100g á 11. degi en tveimur dögum seinna við -1,5°C (mynd 9). TVB-N jókst mun hægar í þíddu flökunum en þeim ófrystu ef miðað er við sambærilegt hitastig og náði ekki 35 mg N/100g á geymslutímanum, en þetta gildi hefur verið notað sem viðmiðun á skemmd í ferskum fiski í reglugerðum Evrópusambandsins (Anon, 1996). Í þíddum flökunum sem geymd voru við -1,5°C

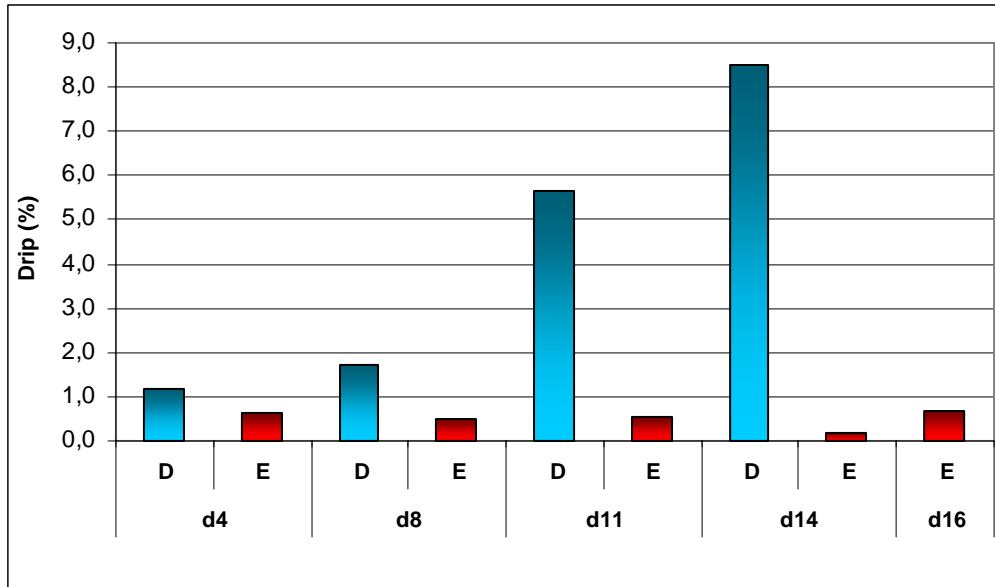
mældist TVB-N um 20 mg N/100g þegar flökin dæmdust óhæf skv. skynmati. Heildarmagn reikulla basa samanstandur að miklu leyti af TMA og í fyrri rannsóknum Rf hefur verið sýnt fram á að mæling á TMA sé ekki nothæfur mælikvarði á gæði þíðra þorskflaka sem geymd eru í ís (E. Martinsdóttir og H. Magnússon, 2001). Þetta lága magn TVB-N stafar hugsanlega af því að *P. phosphoreum* sem er mjög virkur TMA-framleiðandi þoli illa frystingu og frystigeymslu (Emilía Martinsdóttir ofl., 2003) og er ekki eins mikilvæg í skemmdarflórunni þegar fiskurinn er þíddur, eins og kom í ljós í þessari tilraun (sjá örverukaflann). Aftur á móti er líklegt að H<sub>2</sub>S-myndandi örverur, sem fundust í herra magni (log 6-7/g) við lok geymsluþols og eru einnig kenndar við TMA-myndun, hafi átt einhvern þátt í skemmdarferli þíðra flaka. Mikilvægi *Pseudomonas* tegunda var einnig áberandi en þessi bakteríuhópur er kenndur við önnur skemmdareinkenni (sæt, ávextakennd skemmdarlykt á fyrra stigi en brennissteinseinkennandi lykt á seinna stigi).

### 3.1.5. Drip- og vatnsheldnimælingar

Á mynd 10 má gera samanburð á vatnsheldni í ófrystum og þíddum flökum. Í tilraun með ófrystu roðkældu flökin mældist vatnsheldni 89% á 4. degi og 93% á 11. degi í flökum geymdum við 0,5°C. Aftur á móti jókst hún hægar fyrir flök sem voru geymd við lægri geymsluhita (-1,5°C). Eins og lýst var í fyrri skýrslu (Verkefnaskýrsla Rf 03-04) er þetta öfugt við það sem gerðist hjá ferskum flökum þar sem vatnsheldni minnkaði við lengri kæligeymslu (ca. 3%). Í þíddu flökunum mældist vatnsheldnin mun lægri eða 61-68%. Hún var stöðugri við geymslu við 0,5°C en -1,5°C, þar sem hún minnkaði um rúmlega 7% á 7 dögum. Vatnsheldni roðkældu þíddu flakanna var heldur lægri en fékkst í þorskrannsóknum Rf frá 2003 (Kristín A. Þórarinsdóttir o.fl.) en þar mældist vatnsheldni hráefnis (uppreiknað fyrir flök) 87,9± 2,0% og leiddi frysting til lækkunar um 10-15% í vatnsheldni. Sá fiskur var veiddur í maí.



Mynd 10. Vatnsheldni í roðkældum þorskflökum, ófrystum og þíddum geymdum við mismunandi hitastig. Hópar A og D: geymdir við 0,5°C; hópar B og E: geymdir við -1,5°C.



Mynd 11. Drip í roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur D: geymdur við 0,5°C; hópur E: geymdur við -1,5°C.

Vatnstapið (drip) var um 5% á 11. degi í ófrystu roðkældu flökunum (mynd 11) sem var svipað og í flökum sem unnin voru á hefðbundinn hátt (sjá Verkefnaskýrslu Rf 03-05). Drip mældist innan við 1% í þíddum flökum sem voru geymd við -1,5°C allan geymslutímann eins og búast mátti við vegna þess að undirkælingin veldur því að vatnið er enn bundið í flakinu. Hins vegar jókst drip í þíddum flökum sem geymd voru við 0,5°C frá rúmlega 1% á 4. degi í rúmlega 8% á 14. degi. Þetta meira drip sem mældist í þíddum flökum en ófrystum stafar af minni vatnsheldni í þeim þíddu.

### 3.2. Niðurstöður geymslupólsrannsókna hjá HB-Granda-Tilraun 1

#### 3.2.1. Hitastigsmælingar

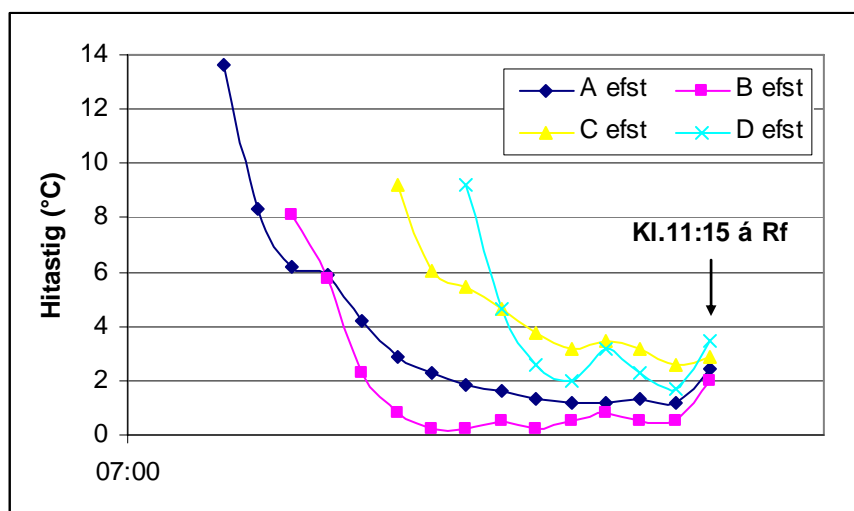
Fiskurinn var unninn þremur sólarhringum frá veiði. Truflanir voru á vinnslu um tíma og varð það til þess að pökkun tók fremur langan tíma og varð einhver hitastigshækkun í sumum flakanna. Pökkun í loftskiptar umbúðir tók um 1 klst. (7:30-8:30) þar til henni var lokið og pakkarnir fluttir í kæli. Magn fisks í VGÍ kössunum var á bilinu 2,2 til 3,2 kg. Hitastigið í pökkunarherberginu var um 18-19°C og flökin misköld við pökkun (-0,5 til -1°C). Til að undirstrika mikilvægi hitastigsstjórnunar á gæðum áfurðanna kemur í ljós að þessi bið við pökkun, sérstaklega fyrir A-hópinn, leiddi til töluverðrar aukningar á hitastigi eins og sýnt af siritunum sem voru staðsett efst/neðst í einum af fyrstu kössunum (A hópur). Í töflu 1 og mynd 12 er sýnt hvernig hitasveiflurnar voru eftir pökkun fyrir hvern hóp.

Á 2. degi geymslu varð bilun um nótt í kælikerfi klefanna sem kassarnir voru geymdir í og hækkaði hitinn þar í um +10°C frá kl 01 til 10 (mynd 13). Kassarnir voru fluttir eftir um 9 klst í kæli (2°C). Hitasveifla þessi var skráð í síríta í kössunum en taka verður tillit til þessa þegar niðurstöður tilraunanna eru skoðaðar. Við raunverulegar aðstæður við flutning og geymslu fisk má samt búast við einhverjum sveiflum. Meðalumhverfishiti við geymslu fyrir hvern hóp var eftirfarandi:  $-1,2 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$  (A); 0,9

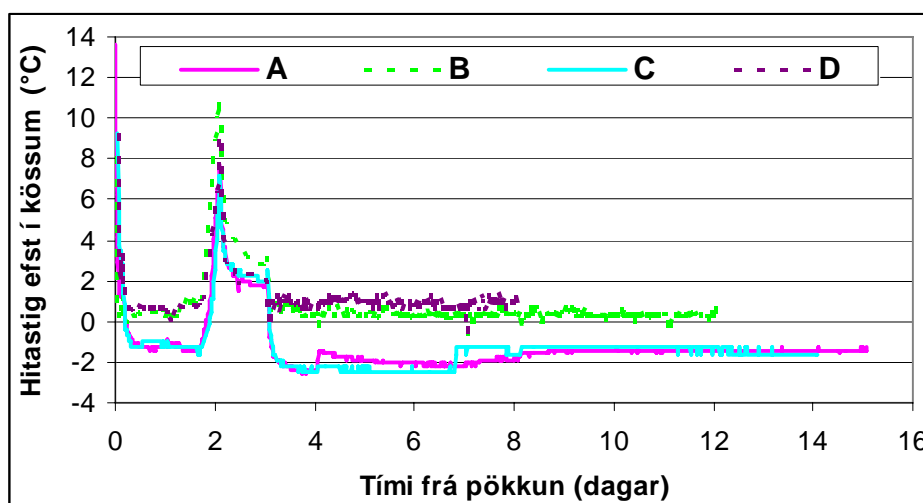
$\pm 1,6^{\circ}\text{C}$  (B);  $-1,2 \pm 1,9^{\circ}\text{C}$  (C);  $1,1 \pm 1,9^{\circ}\text{C}$  (D). Meðalhiti í flökunum (efst í kössunum) var eftirfarandi:  $-1,2 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$  (A);  $0,9 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  (B);  $-1,2 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$  (C);  $1,3 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  (D).

**Tafla 1. Hitastig í pakningum. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5^{\circ}\text{C}$ .**

	A-hópur	B-hópur	C-hópur	D-hópur
Pökkunartími (kl.)	7:30-8:10	8:10-8:30	8:45-9:00	9:00-9:15
Hitastig eftir pökkun ( $^{\circ}\text{C}$ , efst)	13,6	8,1	9,2	9,2
Meðalhiti frá pökkun - Rf ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Efst í kassanum	$3,7 \pm 3,4$	$1,7 \pm 2,3$	$4,4 \pm 1,9$	$3,6 \pm 2,3$
Neðst í kassanum	$1,7 \pm 1,9$	$2,3 \pm 2,8$	$5,0 \pm 2,6$	$3,5 \pm 2,0$
Max/min hiti ( $^{\circ}\text{C}$ ):				
Efst	13,6 / 1,2	8,1 / 0,2	9,2 / 2,6	9,2 / 1,7
Neðst	10,7 / 0,5	10,4 / 0,5	11,0 / 2,3	8,4 / 1,4



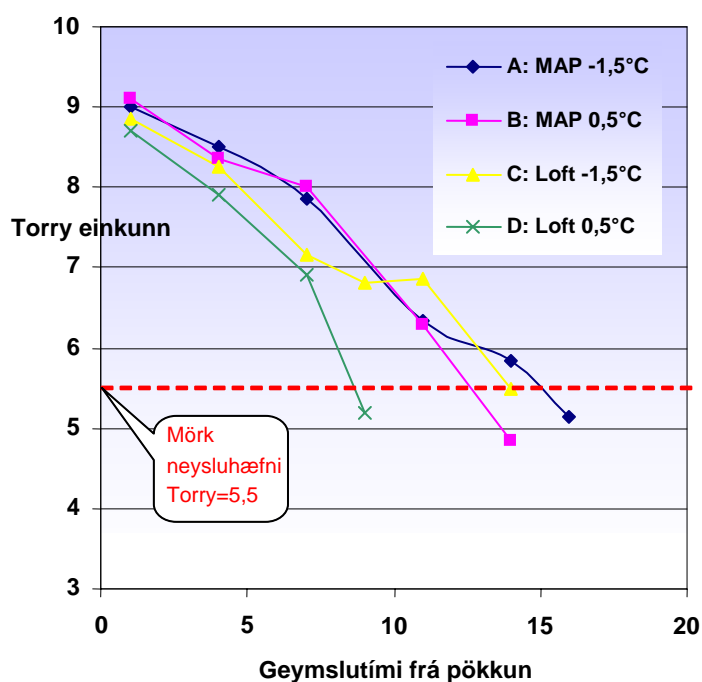
**Mynd 12. Hitastig frá pökkun og í geymslu/flutningi til Rf. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5^{\circ}\text{C}$ .**



**Mynd 13. Hitastigsmælingar í roðkældum þorsflökum yfir geymslutímanum. Hópur A: MAP geymd við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: loft við  $1,5^{\circ}\text{C}$ .**

### 3.2.2. Skynmat

Upphafleg gæði hráefnisins eftir pökkun og 1 dags geymslu voru svipuð milli hópa, þó aðeins betri fyrir gaspökkuðu flökin (mynd 14). Ferskleikaeinkenni viðhældust lengur í gaspökkuðum flökum óháð geymsluhitnum, þar sem einkunn 7 var náð á ca 9. degi eftir pökkun fyrir hópa A og B. Á sama hátt tók 7 daga fyrir hópa C og D að ná einkunn 7. Þetta gerist vegna hitasveiflnanna sem áttu sér stað á 2. degi geymslutímans, annars hefði mátt vænta að ferskleikinn hefði haldist lengur í flökunum geymdum við undirkælingu ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ). Neysluhæfni fisks miðast við einkunn 5,5 og hún náðist eftir 8-12-14 og 15 daga fyrir hóp D-B-C og A. Þrátt fyrir hitasveiflurnar hefur gaspökkunin leitt til 4 daga aukins geymsluþols við  $0,5^{\circ}\text{C}$  en einungis um 1 dag við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ .



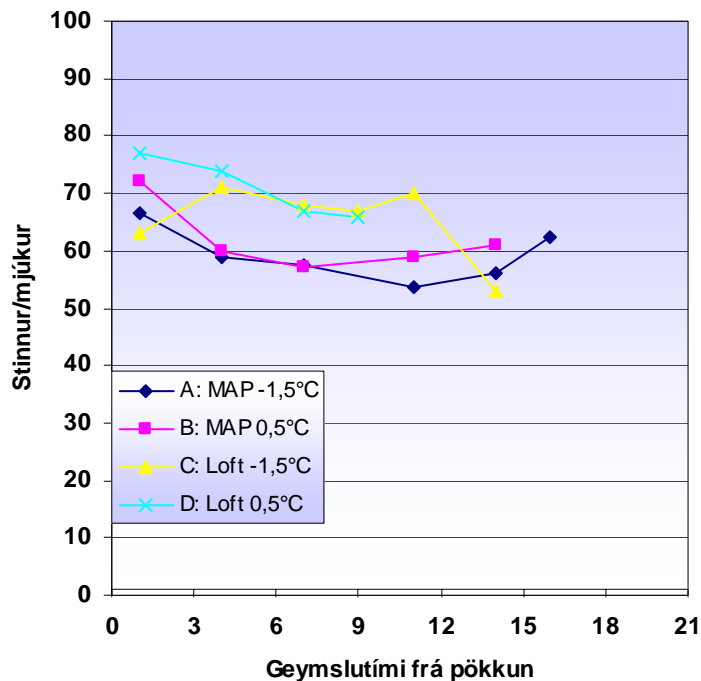
Mynd 14. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti í VGÍ kössum við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5^{\circ}\text{C}$

Skynmat var einnig gert á 9., 15. og 16. degi (geymsla við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) og 9. og 15. degi ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) á sýnum geymdum í frauðplastkössum til samanburðar. Á 9. degi fékkst einkunn 6,9 fyrir undirkældu flökin (EPS-) en lægri gildi (6,6) fékkst fyrir flökin geymd við  $0,5^{\circ}\text{C}$  (EPS+). Hér er áhugavert að bera saman MAP-flökin og þau sem voru geymd í frauðplastkössum við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  (EPS-), því gæðin virðast hafa minnkað á svipaðan hátt ef miðað er við skynmatseinkunn 7. Líklegt er að lengri tími hefði fengist fyrir undirkældu MAP-flökin ef betri stjórn á hitastigi hafði náðst frá upphafi tilraunarinnar. Þetta undirstrikar hversu óvarin MAP-flökin eru fyrir hitasveiflum á meðan flökin geymd í EPS kössum eru ekki eins háð utanaðkomandi aðstæðum. Þetta er mikilvægt þegar um flutning viðkvæmra afurða er að ræða. Við notkun loftskiptra umbúða þarf að geta stjórnað hitastigi sérstaklega vel og hafa mjög ferskt hráefni ef árangur á að náðst. Í töflu 2 er sýnt áætlað geymsluþol í öllum hópum miðað við að lok geymsluþols teljist þegar meðaltal Torry-einkunnar er 5,5.

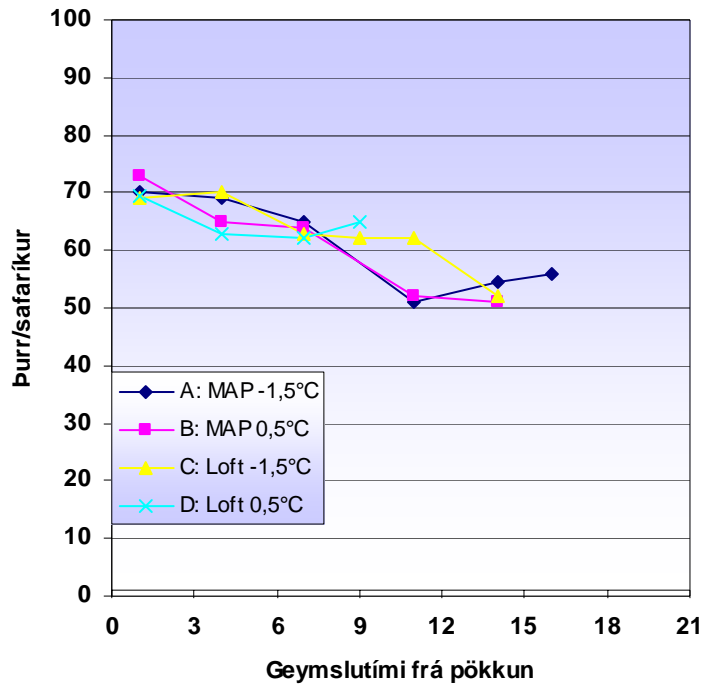
Tafla 2. Geymsluþol miðað við meðaltal skynmats eftir Torry-einkunnaskala =5,5 á roðkældum þorskflökum geymdum við mismunandi aðstæður. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C; EPS-: Fraudplastkassi við -1,5°C; EPS+: Fraudplastkassi við 0,5°C

	A	B	C	D	EPS-	EPS+
	MAP -1,5°C	MAP +0,5°C	Loft -1,5°C	Loft +0,5°C	Fraudplast -1,5°C	Fraudplast +0,5°C
Geymsluþol	15	12	14	8	16+	ca 11-12

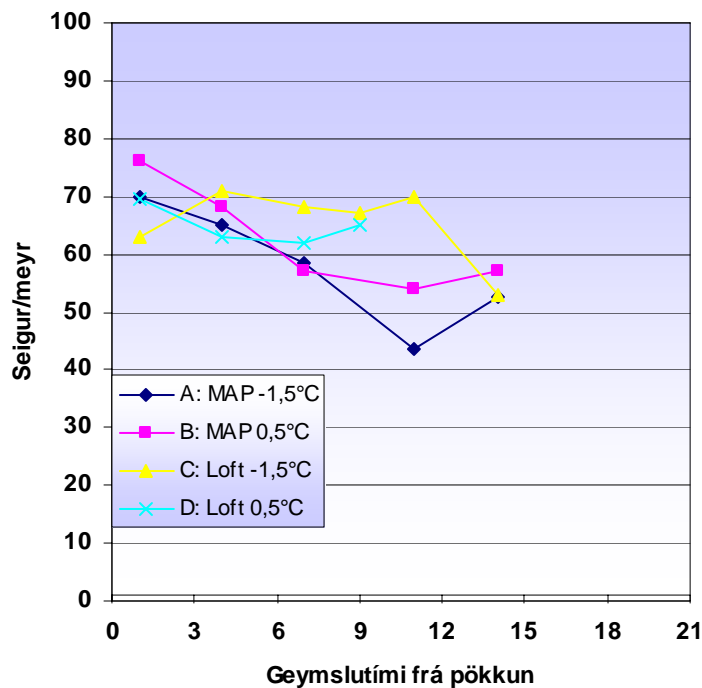
Niðurstöður skynmats á mismunandi áferðarþáttum þ.e. stinnleika/mýkt, safu, seigju/meyrni eru sýndar á myndum 15 til 17. Flökin sem voru geymd í lofti voru mýkri en flök sem geymd voru í loftskiptum umbúðum mestallan geymslutímann og marktækt safaríkari og meyrari á 8. til 11. degi.



Mynd 15. Skynmat á stinnleika/mýkt eftir QDA-aðferð á roðkældum þorskflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.



Mynd 16. Skynmat á safa (purr/safaríkur) eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.

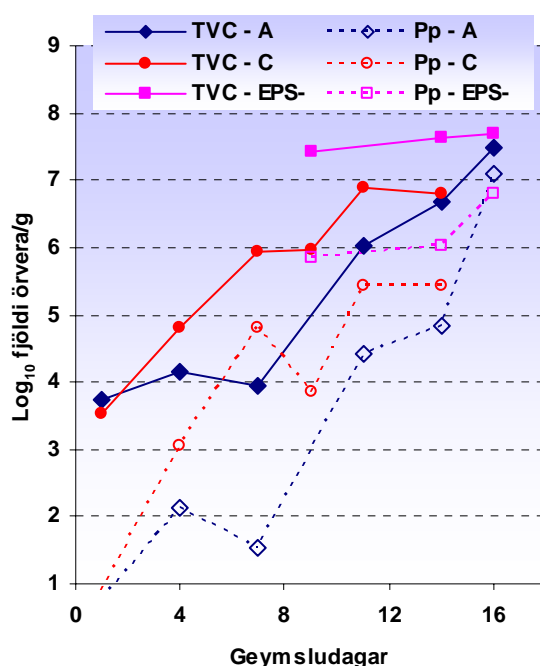


Mynd 17. Skynmat á seigju/meyrni eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.

### 3.2.3. Örverumælingar

Niðurstöður örverumælinga eru sýndar á myndum 18 til 21. Heildarörveruflóran í flökunum geymdum í lofti (hópur C og D) óx hægar við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  (mynd 18) en við  $0,5^{\circ}\text{C}$  (mynd 19) eins og mátti búast við. Þrátt fyrir hitasveiflu náði MAP-hópurinn A ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) að hægja á vöxt heildarflórunnar fyrstu 7 daga, en eftir það óx Pp jafn hratt og við loft aðstæður fyrstu daga geymslunnar (mynd 18) og olli því að skemmdareinkenni komu fyrr fram en áætlað var (d15 vs. d20+). Vegna þessarar hitasveiflu er ómögulegt að fullyrða um virkni MAP við undirkælingu. Það hafði vissulega einhver hindrun á vöxt Pp, en geymsluþolsaukningin var lítil miðað við loftið. En í samanburði við hópana sem geymdir voru við  $0,5^{\circ}\text{C}$  (mynd 19), er hugsanlegt að undirkæling og MAP hafi samverkandi hindrandi áhrif á Pp.

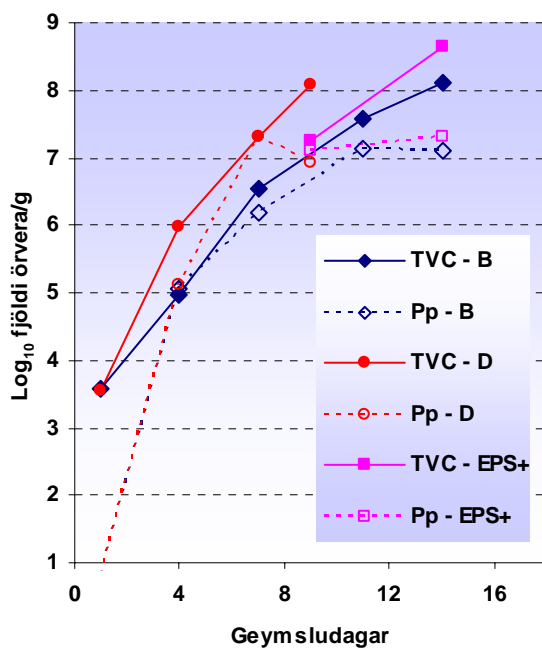
Samkvæmt mynd 19 var vöxtur Pp svipaður við  $0,5^{\circ}\text{C}$  hvort sem var um gaspökkun eða ekki að ræða. Mynd 19 sýnir að vegna hitasveiflu á öðrum degi geymslunnar og geymslu við  $2^{\circ}\text{C}$  milli 2. og 3. geymsludags, hafði Pp náð sama fjölda á 4. degi í báðum hópum (loft vs. MAP) á meðan heildarörverufjöldinn var hærri fyrir loftsynin. Þetta bendir til að annar hópur baktería en Pp hafi náð að dafna enn frekar í loftpakkingnum og var um 1 log hærra en Pp. Þessi hraði vöxtur í loftsynunum seinna á geymslutímanum olli skemmdum miklu fyrr (á 8. degi) en í MAP-sýnunum (á 12. degi), þ.e. um leið og TVC hafði náð um log 7,8/g og Pp um log 7/g.



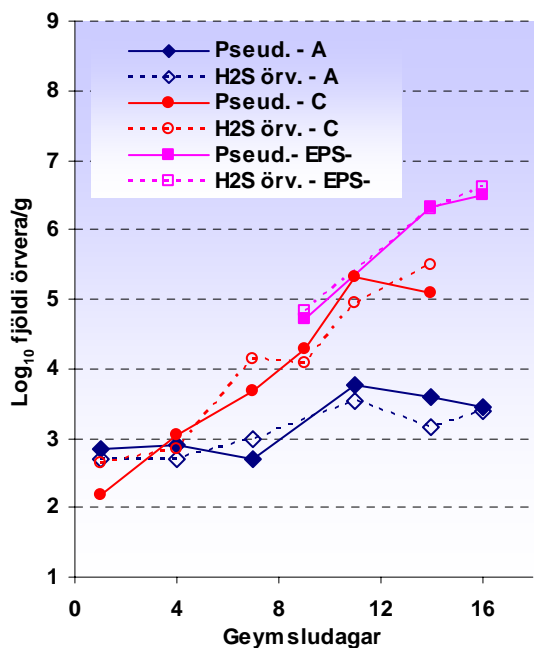
Mynd 18. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum og með lofti við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Hópur A: MAP; C: Loft; EPS: frauðplastkassi.

Myndir 20 og 21 endurspeglar áhrif gaspökkunar (MAP) og undirkælingar á vöxt *Pseudomonas* tegunda og  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örvera. Þessir bakteríuhópar eru þekktir fyrir að þola illa  $\text{CO}_2$ , en undirkælingin (hópur A) greinilega jók áhrif gaspökkunar og hindraði vöxt þessara bakteríuhópa eins og sést á mynd 20 í samanburði við mynd 21. Við loft-aðstæður (í EPS og VGÍ kössum) uxu þessir bakteríuhópar jafn og þétt, þó

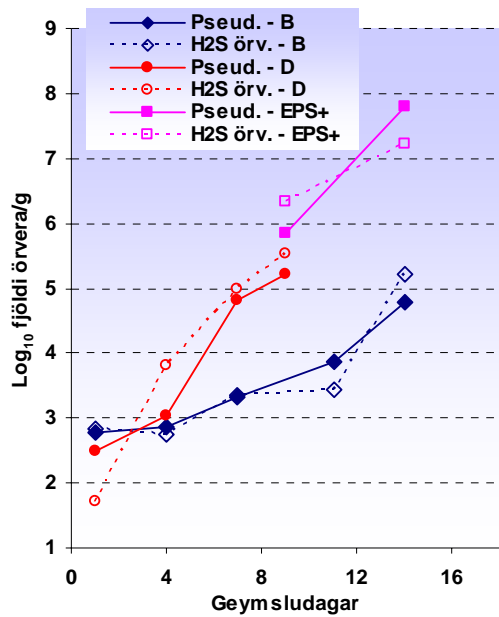
hægar við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Fjöldi við mörk neysluhæfni var hærri í EPS kössunum (milli log 6-7/g) en í VGÍ kössunum (milli log 5-6/g) þar sem loftskilyrðin breyttust við fjölgun baktería (notkun súrefnis og myndun  $\text{CO}_2$ ). Að lokum má segja að fjöldi Pp var ríkjandi (log 7/g) í skemmdum flökum geymdum við  $0,5^{\circ}\text{C}$  óháð loftskilyrðum á meðan undirkæling og gasþökkun drógu mikið úr vexti þeirra og hinna bakteríuhópanna.



Mynd 19. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: fraudplastkassi.



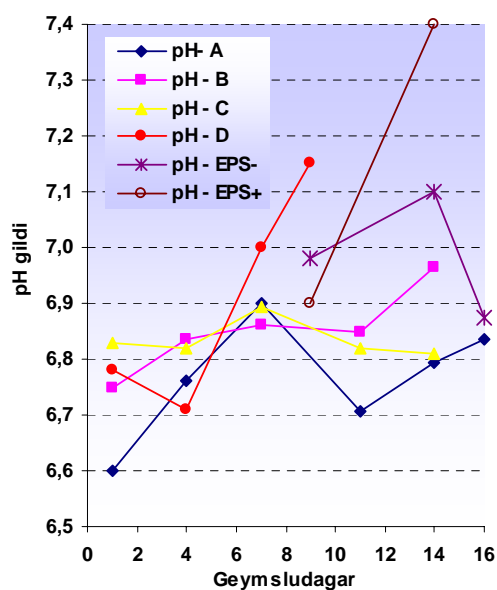
Mynd 20. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örvera í þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: fraudplastkassi.



Mynd 21. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi.

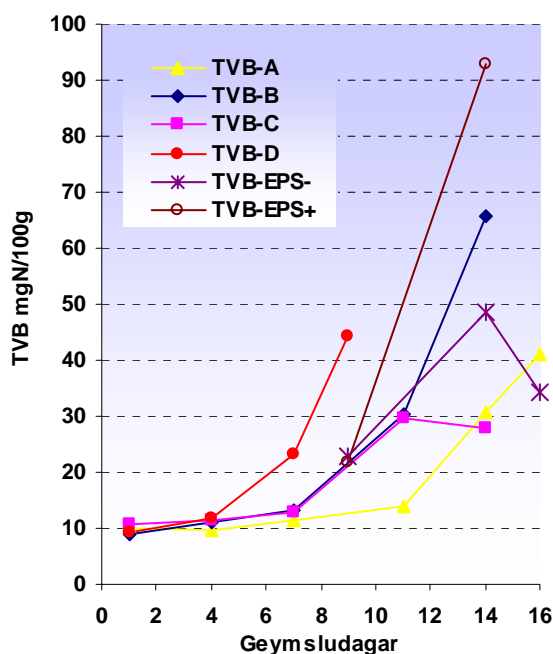
### 3.2.4. Efnamælingar

Við upphaf geymslutímans var sýrustig lægra í hópi A en í hinum hópunum (sjá mynd 22) og var einnig mun lægra á síðari hluta geymslutímans. Sýrustigið hækkaði hraðast í lofthópnum við hærra hitastigið (D við 0,5°C) og síðan í MAP-hópnum (B) við sama hitastig. Undirkældu flökin (A og C) fóru aldrei yfir pH 6,9 á meðan geymsla stóð, en sýrustigið við mörk neysluhæfni var um 6,9 í kældu MAP-flökunum (B) og rúmlega 7 í þeim geymdum við loftskilyrði (D).



Mynd 22. Sýrustig (pH) í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5; EPS-: frauðplastkassi við -1,5°C; EPS+: frauðplastkassi við 0,5°C.

TVB-N hækkaði mjög hratt í lofthópnum við 0,5°C (mynd 23, hópur D) og var komið yfir 35 mg N/100g á 8. degi Einnig myndaðist TVB-N nokkuð hratt í EPS kössunum geymdum við sama hitastig (EPS+), þó hægar en í D-hópnum sem fékk meiri hitasveiflur snemma á geymslutímanum. TVB-N óx á svipaðan hátt í hinum hópnum þremur (B, C og EPS-) þar til eftir 11. dag en þá jókst TVB-N mjög hratt í MAP-hópnum við 0,5°C (B) og var um 40 mg N/100g við skemmd (d12). Það er þekkt fyrirbæri að TMA myndun gerist hraðar við súrefnissnauðum skilyrðum (Huss, 1972). Há TVB-N gildi við skemmd í hópnum EPS+, A, B og D tengjast háum fjölda Pp (log 7-7,3/g) á þessum tilteknum dögum. En í C-hópnum var fjöldi Pp um log 5,4/g á 14. degi geymslunnar og TVM-N mældust um 30 mg N/100 g TVB-N myndaðist hægar við undirkældum aðstæðum (C og A), en magn þess við skemmd var í samræmi við Pp fjöldann sem mældist.

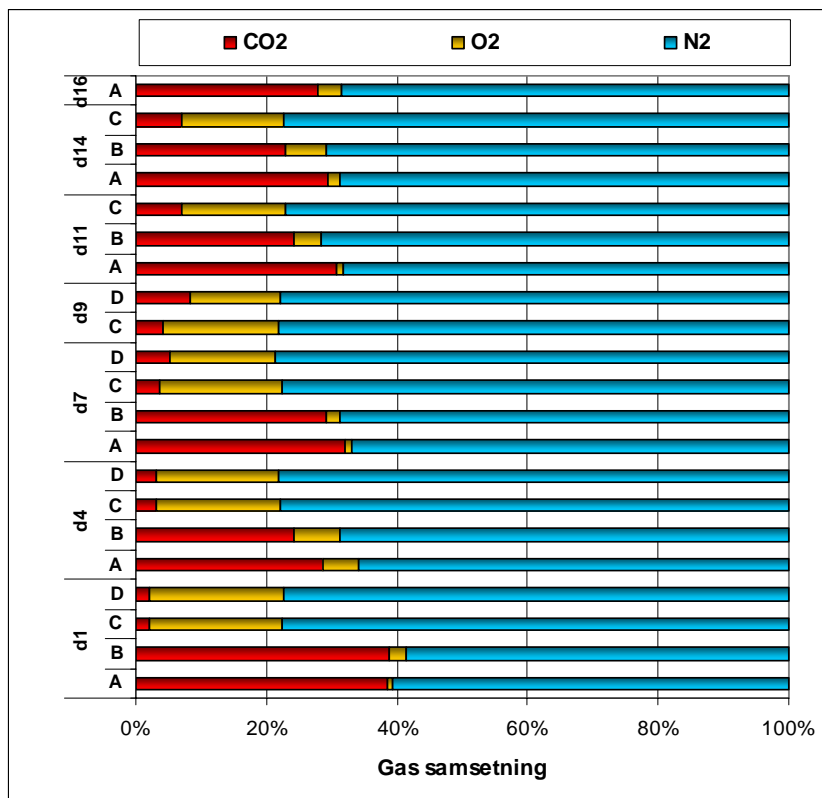


Mynd 23. TVB-N í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5; EPS-: frauðplastkassi við -1,5°C; EPS+: frauðplastkassi við 0,5°C.

### 3.2.5. Gas-, drip- og vatnsheldnimælingar

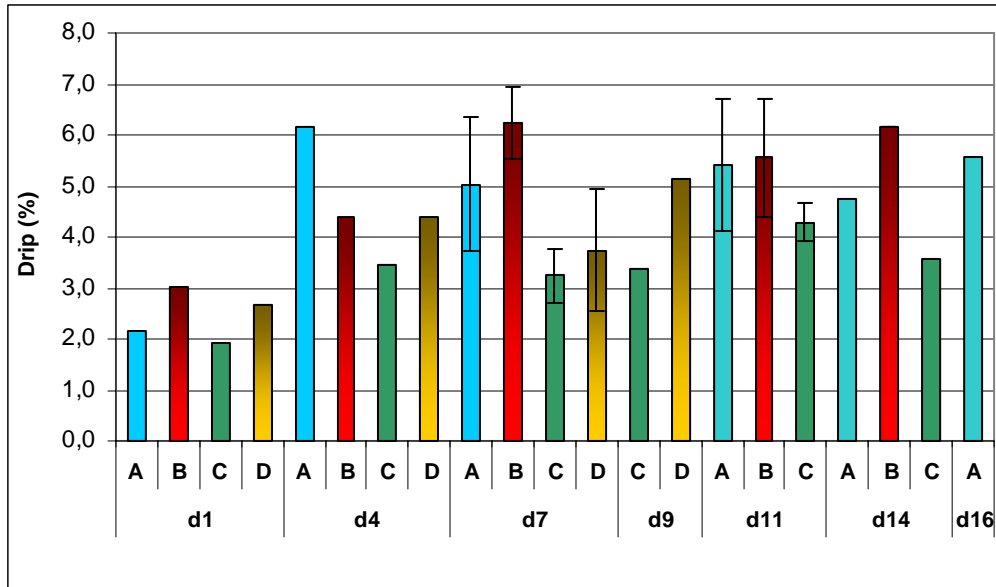
Á myndum 24 til 26 eru niðurstöður gas-, drip- og vatnsheldnimælinga. Við pökkun var meðalgildi gasblöndunnar 54,1% CO<sub>2</sub>/ 1,4% O<sub>2</sub>/ 44,5% N<sub>2</sub> fyrir A-hópinn en 52,0% CO<sub>2</sub>/ 1,1% O<sub>2</sub>/ 46,9% N<sub>2</sub> fyrir B-hópinn. Eftir dagsgeymslu var gassamsetningin í loftskiptum umbúðum um 38-39% CO<sub>2</sub>/ 0,9-2,8% O<sub>2</sub>/ 58-61% N<sub>2</sub>, en þá hafði hluti af CO<sub>2</sub> leyst í vökvafrasa fiskvöðvans og súrefnismagnið jókst lítillega í kjölfar þess. Á 4. degi hafði janfvægi í gasblöndunni verið náð því súrefnið var um 6-7% en CO<sub>2</sub> magnið tæplega 30%. Eftir 7 daga geymslu minnkaði O<sub>2</sub> og myndun viðbótar CO<sub>2</sub> kom fram. Þegar fiskurinn var dæmdur óhæfur til neyslu var súrefnið ennþá mælanlegt (2 til 6%). Við notkun loftskiptra umbúða er nauðsynlegt að hafa lágmarksmagn súrefnis til að hindra vöxt *Clostridium botulinum* sýkilsins, sérstaklega þegar stjórnun á hitastigi er ekki fullkomlega tryggð. Í VGÍ kössunum (C og D) sem innihéldu loft við pökkun

mældist um 2,1% CO<sub>2</sub>/ 20,45 O<sub>2</sub>/ 77,45% N<sub>2</sub> eftir dagsgeymslu. Eftir vikugeymslu varð myndun CO<sub>2</sub> mælanleg (3,7-5,1%) og mældist hámark 8,4% á 9. degi fyrir hóp D en 7,1% á 14. degi fyrir hóp C. Þá var súrefnismagnið um 13,8 - 15,5%.

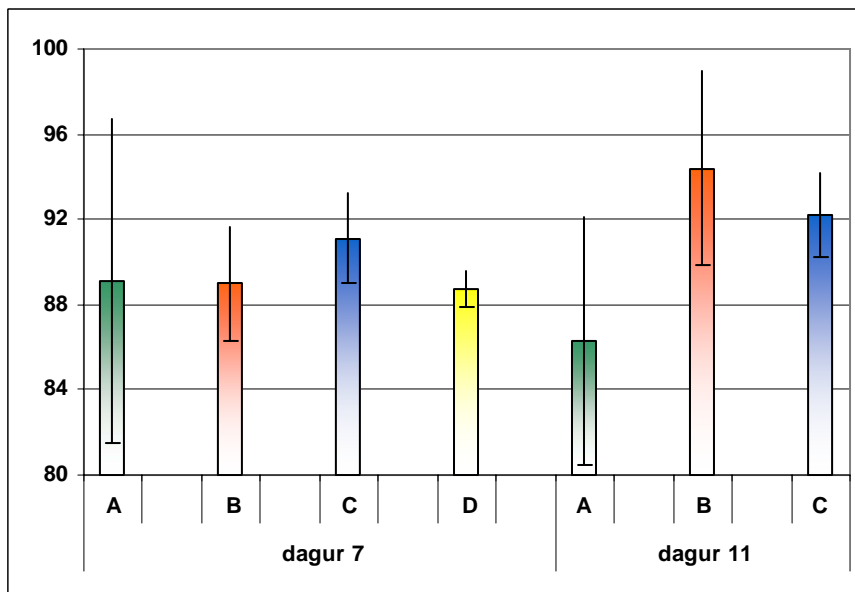


Mynd 24. Gasmælingar á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5.

Mynd 25 sýnir vatnstapið sem mældist á hverjum sýnatökudegi fyrir hvern hóp. Frávik eru sýnd þegar 2 kassar voru notaðir til mælinga (d7 og 11). Þegar leið á geymslutímann mældist dripið um 3-4% fyrir lofthópana (C og D) en 5-6% fyrir gaspökkuðu flökin (A og B). Vatnsheldnin (mynd 26) jókst lítillega með geymslutíma í B- og C-hópum en minnkaði í A-hópnum. Mikil frávik voru á milli tvísýna í A- og B hópum.



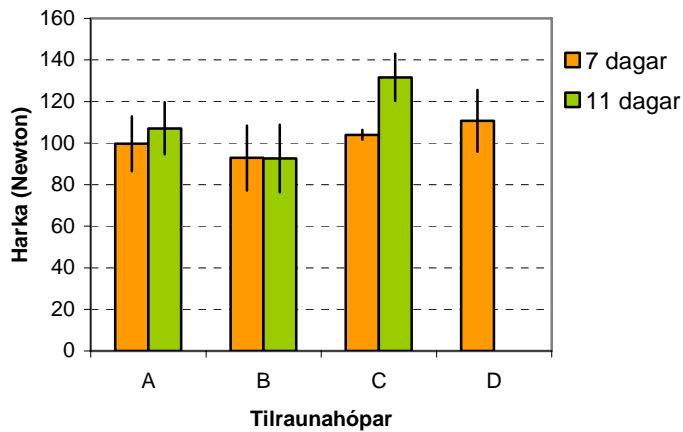
Mynd 25. Dripmælingar í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5$ .



Mynd 26. Vatnsheldnimælingar á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5$ .

### 3.2.6. Áferðarmælingar

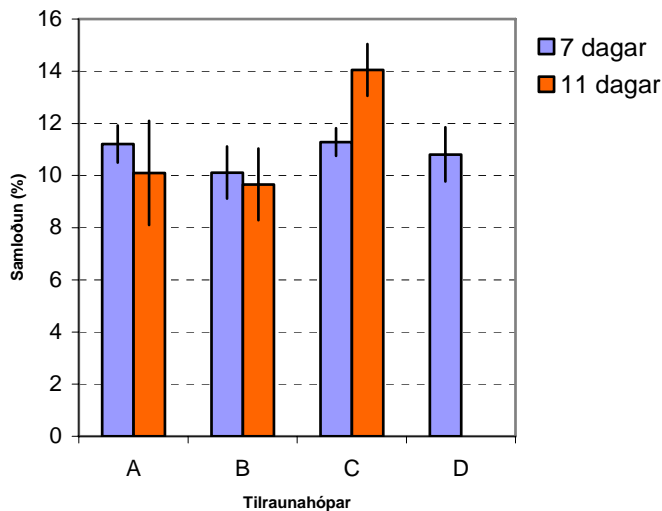
Á myndum 27 til 29 eru sýndar áferðarmælingar með tæki á hörku, samloðun og fjöðrun á 7. og 11. sýnatökudegi.



**Mynd 27.** Áferðarmæling með tæki á hörku þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5.

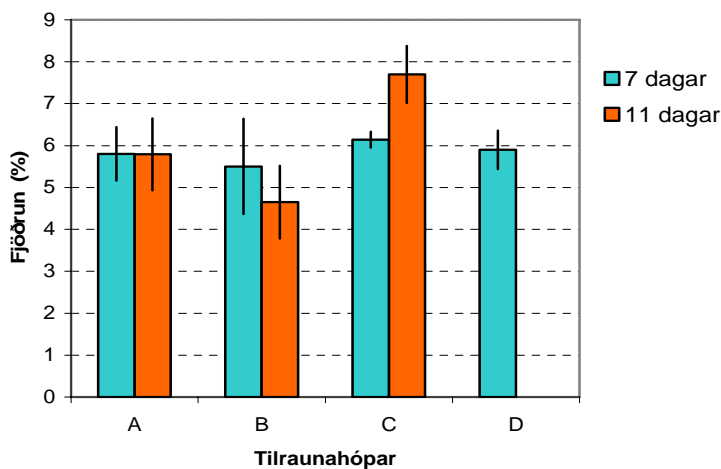
Ef bornar eru saman mælingar á hörku (mynd 27) frá degi 7 og 11 innan hvers hóps þá var marktækur ( $p < 0,05$ ) munur á milli sýnatökudaga í hópi C (loft – 1,5°C), þar sem 11 daga sýnin voru hærri í hörku en 7 daga sýnin. Þegar litið er á 7 daga geymslutímamann eingöngu þá reyndist hópur B marktækt lægri í hörku en hópur D að öðru leyti kom ekki fram marktækur munur. Í skynmati á soðnum sýnum reyndust hópar A og B stífari en hópar C og D en öfugt var farið varðandi áferðarmælinguna á hráum vöðva, þ.e. að hópur C og D voru ívíð stífari en hópar A og B þó ekki væri um marktækan mun að ræða. Á geymsludegi 11 mældist marktækt mest harka í hópi C og var reyndar marktækt hærri í hörku en allir hinir hóparnir. Í skynmatinu kom þessi sami hópur fram sem mýkstur. Þess ber að geta að í þessari tilraun voru áferðarmælingar gerðar á hráum þorski en skynmatsdómarar mátu hann soðinn. Þessum niðurstöðum á hörku í tilrauninni ber vel saman við tilraun frá 2001 (Soffía Tryggvadóttir og fl.) þar sem bornar voru saman áferðarmælingar með tæki og skynmati á eldisþorski sem fóðraður var á mismiklu fóðri. Þar kom í ljós að því stífari sem fiskurinn mældist hrár því mýkri var hann dæmdur soðinn.

Samloðun er mælikvarði á innri styrk sýnisins þ.e. á því hversu mikinn þrýsting það þolir áður en það brotnar niður. Það má líkja samloðun að hluta til við seigjumat. Mynd 28 sýnir niðurstöður úr áferðarmælingu hvað varðar samloðun. Samloðunin hjá hópi C (loft – 1,5°C) eftir 11 daga geymslu var marktækt meiri en hjá öllum hinum hópunum. Þetta kemur heima og saman við skynmatið (mynd 17) á sama hátt og hvað hörkuna varðar. Í skynmati dæmdist hópur C eftir 11 daga geymslu sem langmeyrasti hópurinn en sem langseigasta sýnið samkvæmt áferðarmælingu sem hrátt sýni.



**Mynd 28.** Áferðarmæling með tæki á samloðun þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5$ .

Niðurstöður frá mælingu á fjöðrun eru sýndar á mynd 29. Fjöðrun er mælikvarði á því hversu mikið sýnið lyftir sér aftur eftir að hafa orðið fyrir ákveðnum þrýstingi. Fjöðrun er gefin upp sem hlutfall af upphaflegri hæð sýnisins. Líkja má fjöðrun við mat á gúmmíeiginleikum sýnisins. Hópur C (loft  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) á 11. degi hafði marktækt meiri fjöðrun en öllum hin sýnin auk þess að marktækur munur var á milli geymsludaga fyrir hóp C. Það er möguleiki á að 11 daga geymsla við  $-1,5^{\circ}\text{C}$  þurrki sýnið og geri það gúmmíkenndara. MAP geymsla í 11 daga við  $0,5^{\circ}\text{C}$  (hópur B) gaf marktækt minnstu fjöðrunina af 11 daga geymsluhópunum. Þessi lága fjöðrun gæti gefið í skyn að skemmdarniðurbrot væri hafið, þ.e. að kollagen í vöðva væri farið að missa styrk.

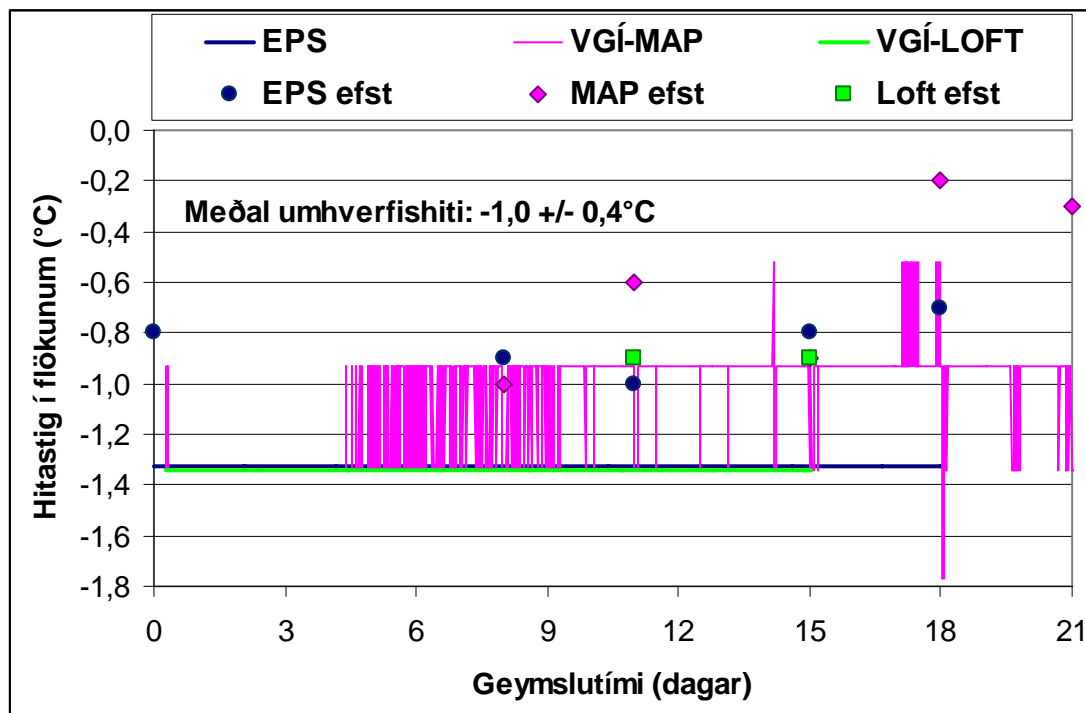


**Mynd 29.** Áferðarmæling með tæki á fjöðrun þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; B: MAP við  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; C: Loft við  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; D: Loft við  $0,5$ .

### 3.3. Niðurstöður geymslupolsrannsókna hjá HB-Granda- Tilraun 2

#### 3.3.1. Hitastigsmælingar

Fiskurinn var fluttur í frauðplastkössum frá HB-Granda til Rf snemma um morguninn. Framleiðslan hafði gengið vel og fiskurinn verið pakkaður um leið, þannig að það mátti búast nokkuð stöðugum hita í flökunum. Hitinn í þeim var mældur við komu á Rf og var um  $-0,8$ -  $-0,9^{\circ}\text{C}$ . Meðalþyngd flakanna var um  $3,3 \pm 0,6$  kg í EPS kössunum en um  $3,0 \pm 0,2$  kg í VGÍ kössunum. Meðal umhverfishitinn í geymslurýminu var  $-1,0 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  yfir 21 daga geymslutímanum. Síritarnir sem voru staðsettir neðst í kössunum sýndu lágt hitastig miðað við hitastigsmælingar sem voru gerðar við hverja sýnatöku í hnakkanum á efri flökunum (mynd 30). Hitinn var nokkuð stöðugur í EPS kössunum (um  $-0,8^{\circ}\text{C}$  í efri flökunum) á meðan hækkun mældist (upp í  $-0,2$ - $0,3^{\circ}\text{C}$ ) í MAP-kössunum undir lok geymslutímans (d18-21). Meðalhitinn í flökunum neðst í kössunum var samkvæmt síritunum:  $-1,3 \pm 0,0^{\circ}\text{C}$  (EPS),  $-1,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (MAP),  $-1,3 \pm 0,0^{\circ}\text{C}$  (loft), en þessar mælingar samræmast ekki þeim sem gerðar voru við hverja sýnatöku. Þetta gerðist þrátt fyrir að síritarnir voru kvarðaðir í ísbað við  $-0,1^{\circ}\text{C}$  og hitinn/aflesturinn leiðréttur eftir því. Meðal umhverfishitinn og hitaskráningin gefa til kynna að sveiflur voru í geymslurýminu, eins og sést vel á síritanum sem var staðsettur í MAP-kassanum sem er ekki einangraður. Þar sem engar sveiflur voru mælanlegar í hinum VGÍ kassanum (loft) er það hugsanlegt að eitthvað hafi verið af þessum sírita og hinum í EPS kassanum, því engin sveifla er óvenjulegt fyrirbæri við lengri geymslu.

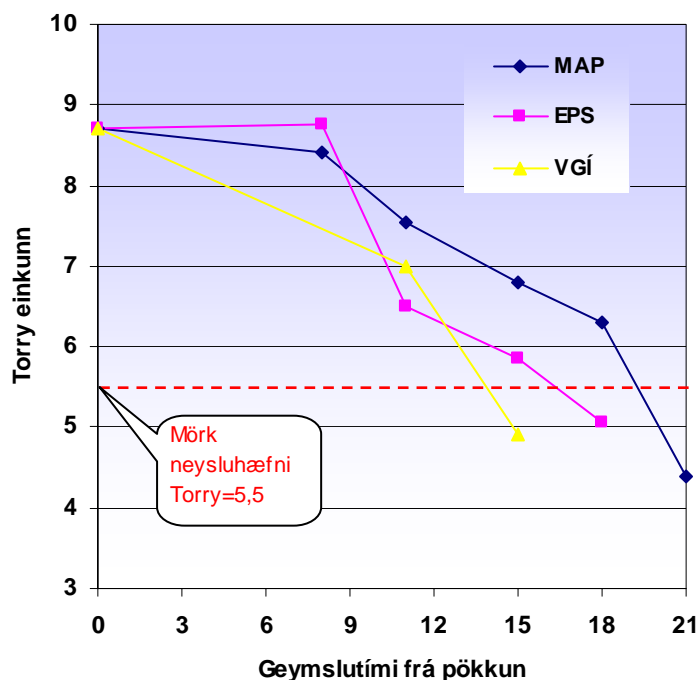


Mynd 30. Hitastigsmælingar í þorsflökum við geymslu í frauðplastkössum (EPS) og VGÍ kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti. Hitinn einnig mældur í flökunum efst í kössunum við hverja sýnatöku (EPS efst, MAP efst, loft efst).

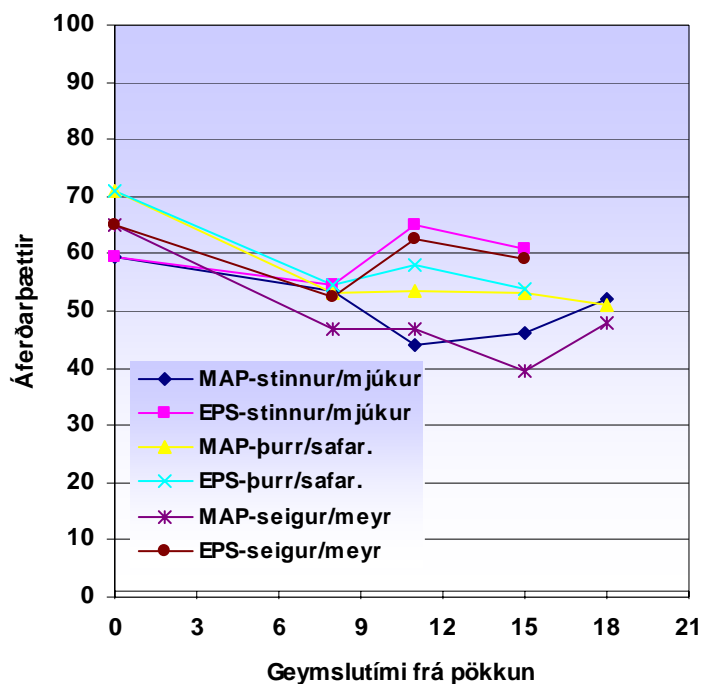
### 3.3.2. Skynmat

Geymsluþol flaka í loftskiptum umbúðum við  $-1^{\circ}\text{C}$  var um 19 dagar samkvæmt skynmati, 16 dagar í frauðplastkössum og 14 dagar í VGÍ umbúðum án loftskipta (mynd 31). MAP-flökin voru stinnari og seigari á 11. og 15. degi geymslutímans en flökin í frauðplastkössunum (mynd 32). Ef miðað er við söluhæfni flakanna (einkunn  $>7$ ), var mikill munur milli hópanna með og án gass: 10 dagar (EPS), 11 dagar (VGÍ-loft) og 15 dagar (MAP) (mynd 31). Loftskiptin ein virðast því viðhalda ferskleikaeinkennum lengur og þannig ná að lengja geymsluþolið verulega. Þessi geymsluþolsaukning gæti þýtt um 5 aukadaga við sölu á “ferskum flökum”. Þetta gerist þrátt fyrir að hitastigið í flökunum (efst í kössunum) varð lágt allan tíma í EPS kössunum (frá  $-0,9^{\circ}\text{C}$  á d0 niður í  $-0,7^{\circ}\text{C}$  á d18) á meðan hitinn hækkaði úr  $-1^{\circ}\text{C}$  á d8 upp í  $-0,2^{\circ}\text{C}$  á d18 í MAP-flökunum.

Augljóslega eru VGÍ-umbúðirnar viðkvæmari fyrir hitasveiflur en EPS-kassarnir og þess vegna nauðsynlegt að tryggja að kælikeðjan haldist allan tíma. Það skiptir miklu máli að flökin voru undir  $0^{\circ}\text{C}$  við þökkun eftir roðkælinguna og halda flökin í EPS kössunum því lágum hita mun lengur. Við hefðbundna flökun er hitastig flaka oft um 4 til  $6^{\circ}\text{C}$  eftir snyrtingu þegar pakkað er Lengd geymsluþols í öllum pakkingunum í þessari tilraun er mun lengri en í tilraunum þar sem hefðbundin vinnslulína var notuð (Verkefnaskýrsla Rf 03-05), en þá var geymsluhitinn eftir þökkun um  $0,8^{\circ}\text{C}$  að meðaltali. Til að mynda var geymsluþol flaka 9 dagar eftir þökkun í frauðplastkössum í geymsluþolstilraun hjá Tanga hf þegar hefðbundin lína var notuð (pakkað 3 daga frá veiði eins og hér).



Mynd 31. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum geymdum við  $-1^{\circ}\text{C}$  í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).



Mynd 32. Skynmat á áferðarþáttum eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsflökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

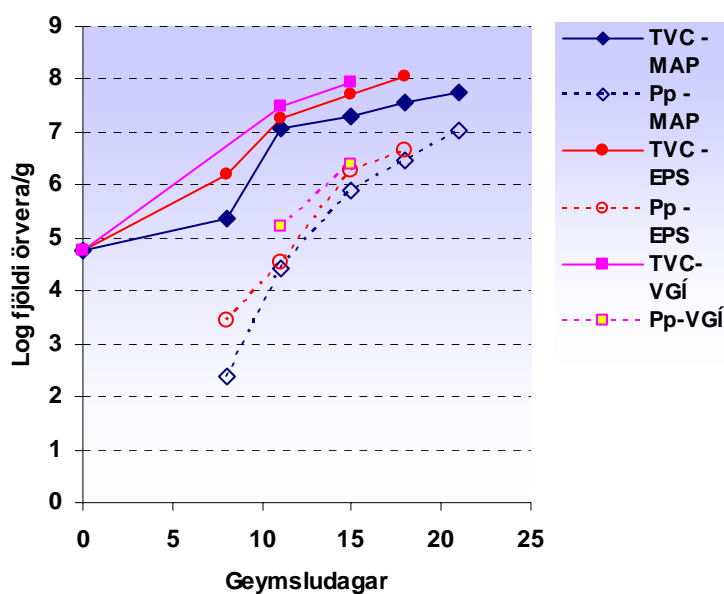
### 3.3.3. Örverumælingar

Vegna hitasveiflna sem urðu við fyrri tilraun (okt-nóv.) var þá ómögulegt að fullyrða um virkni MAP við undirkælingu. Það hafði vissulega einhverja hindrun á vöxt *Photobacterium phosphoreum* (Pp), en geymsluþolsaukningin var lítil miðað við í lofti. Samanburður við hópana sem voru geymdir við 0,5°C gáfu til kynna að hugsanlega hefðu undirkæling og MAP samverkandi hindrandi áhrif á Pp.

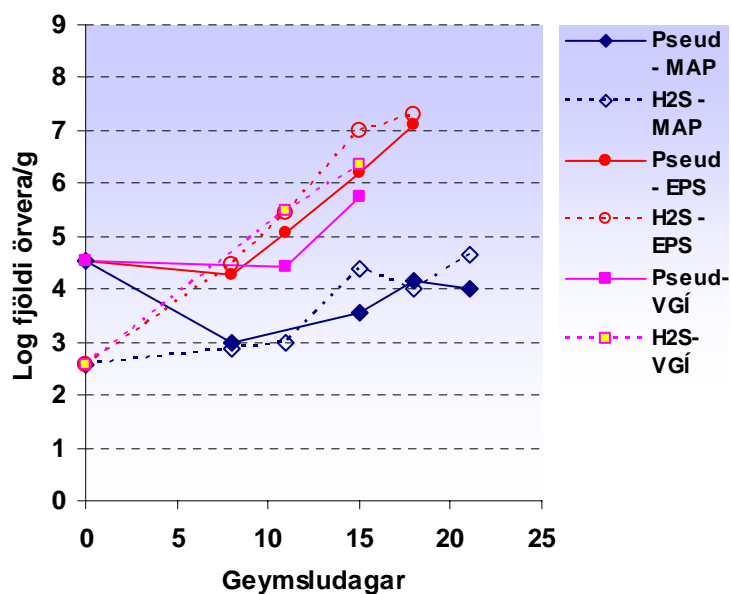
Í þessari tilraun skýrast viðbótar áhrif MAP við undirkælingaraðstæður. Það hægir greinilega á vexti heildarörveruflórunnar (TVC, mynd 33), *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera (mynd 34) eins og er þekkt við 0-1°C. Mestu áhrifin á Pp sjást á 8. degi, en þar er fjöldi Pp um það bil 1 log lægri í loftskiptu umhverfi (MAP) en í EPS kössunum (loft og aðeins kaldara) (mynd 33). Eftir þann tíma virðist Pp aðlagast loftskipta umhverfinu þar sem svipaður vöxtur sést í báðum hópunum (MAP og EPS). Reyndar sýnir samanburðurinn við loft-kassann á 11. degi (þar sem hitastigið í flökunum var sambærilegt) að fjöldi Pp er um það bil 1 log lægri í MAP-flökunum. Þetta bendir til að MAP leiðir til hægari vaxtar Pp við undirkælingu, en þegar hitinn fer að hækka í flökunum (eftir 15. degi) minnkar þessi munur. Þess vegna hlýtur hér að vera um samverkandi hindrandi áhrif undirkælingar og MAP á Pp að ræða.

Upprunaleg gæði hráefnisins voru ásættanleg (59.000/g) og í samræmi við aðrar tilraunir framkvæmdar á árunum 2003-2004, þó aðeins slakari. Einnig var upprunalegur fjöldi væntalegra *Pseudomonas* tegunda óvenjulega hár eða um 24.400/g. Samt sem áður virtist undirkælingin hafa stöðvað vöxt þessara bakteríutegunda fyrstu dagana geymslutímans, því vaxtaraukning var sýnileg eingöngu frá 8.-11. degi í loft-pakkningunum. Hér er athyglisvert að skoða fjölgun H<sub>2</sub>S-myndandi örvera við þessar undirkælingaraðstæður. Stöðugur vöxtur er sjáanlegur yfir alla geymslutímann, nema við loftskiptar aðstæður (MAP). Þess vegna virðist þessi bakteríuhópur þola betur

undirkælinguna. Þegar samsetning örveruflórunnar er skoðuð við mörk neysluhæfni kemur í ljós að í flökunum geymdum í EPS kössunum urðu H<sub>2</sub>S-myndandi örverur í ríkjandi mæli (log 7,1/g) á meðan Pp og *Pseudomonas* tegundir náðu um log 6,5/g. Í VGÍ-loft kössunum þar sem hæg CO<sub>2</sub> myndun átti sér stað drógu *Pseudomonas* tegundir úr vexti (log 5,7/g) en fjöldi Pp og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera náði um log 6,3-6,4/g. Í loftskiptum umbúðum varð Pp ríkjandi (log 6,7/g eða um 10% af heildarörveruflórunni) en hinir hóparnir voru um 1000-falt í minna magni en TVC.



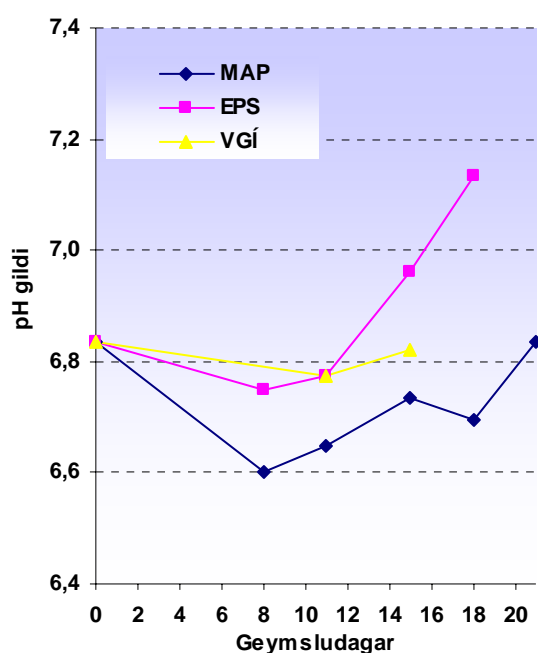
Mynd 33. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í roðkældum þorsflökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).



Mynd 34. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H<sub>2</sub>S-myndandi örvera í roðkældum þorsflökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

### 3.3.4. Efnamælingar

Sýrustigsmælingar í flökunum við sýnatöku (ekki sýndar hér) sýndu fram á lækkun pH (6,4-6,5 á d8) í holdi flaka sem voru geymd í loftskiptum umbúðum á meðan pH flaka í EPS-kassanum var um 6,7-6,8. Við undirbúning sýna til örveru-og efnamælinga eru flökin hökkuð og þar að leiðandi verður pH sem mælt er í 5 g af hakki hærra en það sem fékkst á yfirborði MAP-flakanna. Mynd 35 sýnir sýrustigið í hakkinu eftir þessa meðhöndlun.

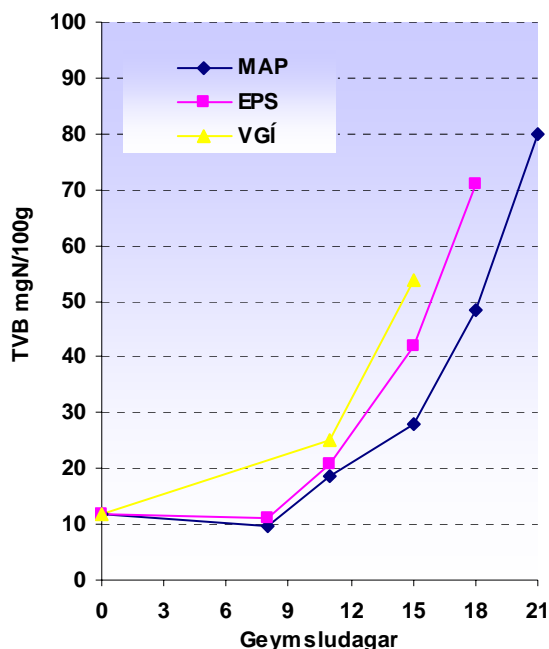


Mynd 35. pH-mælingar í roðkældum þorsklökum við  $-1^{\circ}\text{C}$  í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

Upphaflegt pH gildi hráefnisins var um 6,8. Hækkunin á pH fyrir flökin í EPS-kössunum er í samræmi við TVB-N (mynd 35) sem mældist yfir geymslutímann. Á 15. degi var rúmlega 40 mg N/ 100 g holds í þeim flökum, en þá hafði pH hækkað upp í 6,96. Þá varð TVC um log 7,7/g; Pp fjöldinn um log 6,3/g; og  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örverur um log 7/g. Frekari myndun TVB-N efna (um 70 mg) leiddi til pH hækkunar (um 7,1) á 18. degi. Myndun TVB-N efna gerðist örliðið hraðar í loft-kössunum, en lægra sýrustig mældist þegar leið á tímanum, hugsanlega vegna myndunar á  $\text{CO}_2$  sem hafði áhrif á heildarsýrustig flakanna. Í lofti náðu sýnin þeim TVB-N viðmiðunarmörkum á 13. til 14. degi rétt áður en sýnin voru dæmd óneysluhæf samkvæmt skynmati.

Þróun pH í MAP-flökunum var í samræmi við myndun TVB-N efna yfir geymslutímabilinu en  $\text{CO}_2$  í umhverfinu og í holdi flakanna leiddi til lægra heildarsýrustigs. Á 11. degi varð hækkun TVB-N efna mælanleg og tengist hún þróun örveruflórunnar: heildarörverufjöldi hafði náð log 7/g en fjölgun Pp gerðist hratt milli daganna 8 og 11, og náði um log 4,4/g. TVB-N hækkaði mun hægar í loftskiptu umbúðunum og fór yfir 35 mg N/100g á 16.-17.degi en samkvæmt skynmati voru sýnin enn neysluhæf. Þegar TVB-N var um 48 mg/100 g hafði fjölgun heildarörveruflórunnar náð upp í log 7,5/g; Pp fjöldinn var um log 6,5/g og  $\text{H}_2\text{S}$ -myndandi örverur um log 4/g.

Þetta er í samræmi við mælingar í EPS-kössunum, nema hvað fjöldi  $H_2S$ -myndandi örvera er miklu lægri í MAP afurðum. Þetta ítrekar mikilvægi Pp við myndun TVB-N efna í skemmdarferli fersks fisks.

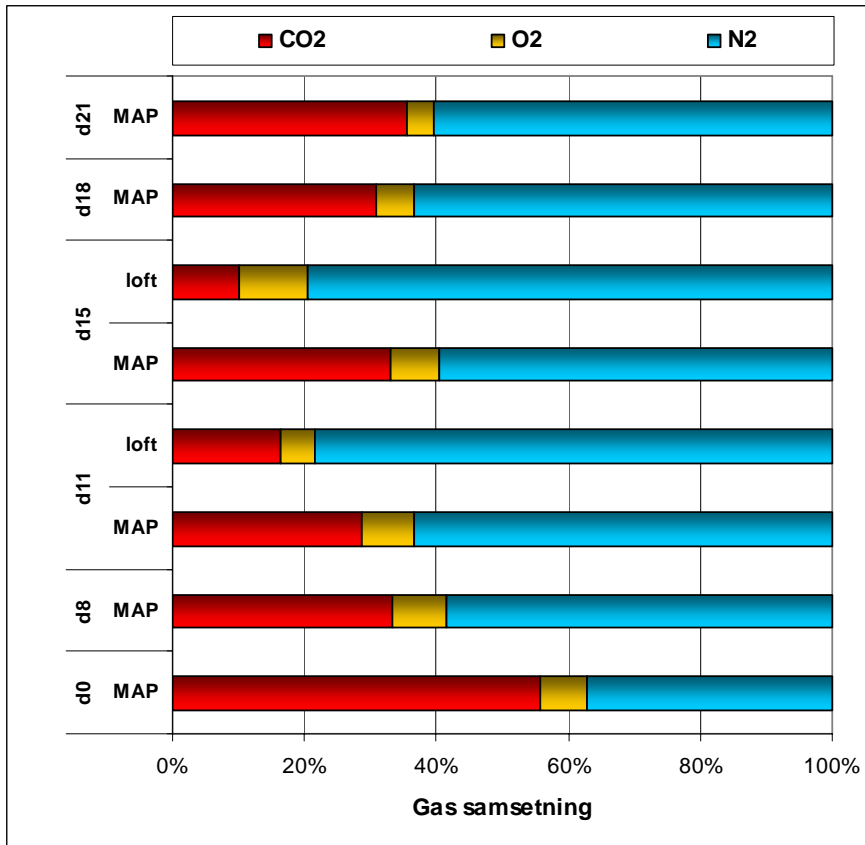


Mynd 36. TVB-N mælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við  $-1^{\circ}C$  í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

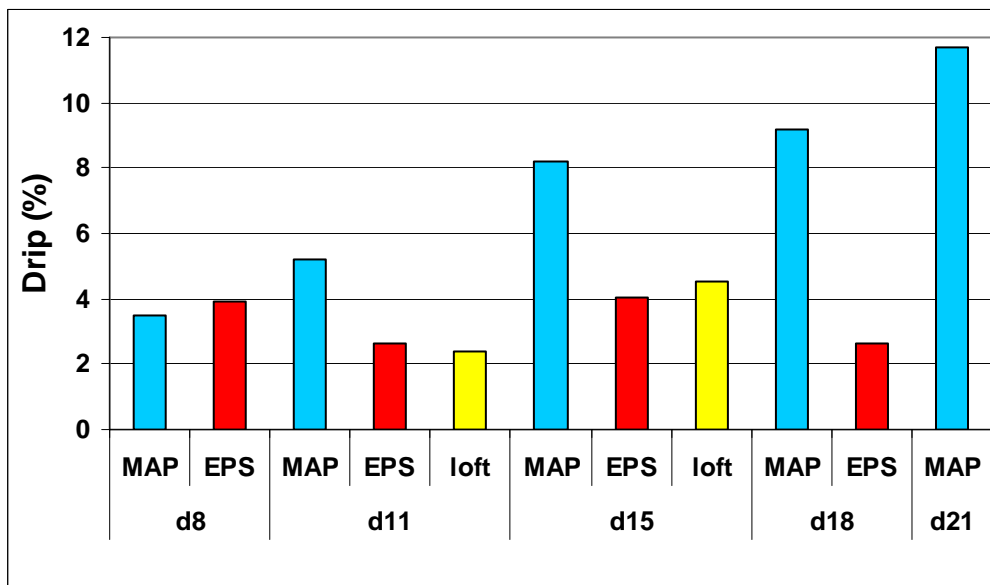
### 3.3.5. Gas- og dripmælingar

Þróun gasmælinganna í MAP-kössunum var eðlileg, þ.e. lækkun á  $CO_2$  snemma á geymslutímanum þar sem það leysist í vökvafasa fiskvöðvans (sjá mynd 36). Á móti hækkaði súrefnið ( $O_2$ ) í tómu rými pakkningarinnar (“headspace”) vegna losunar úr vöðvanum og sömuleiðist breytist  $N_2$  lítillaga. Eins og sést á myndinni áttu þessar breytingar sér stað fyrstu 11 daga geymslutímans, en á 15. degi hækkaði hlutfall  $CO_2$  á móti súrefninu, væntalega vegna örveruvaxtar ( $O_2$  notað af örverum sem leiðir til myndunar á  $CO_2$ ). Súrefnið lækkaði úr 8,35% á d8 niður í 4,1% á degi 21.

Einnig var fylgst með breytingum gastegunda í loft-kössunum (VGÍ). Vegna örveruvaxtar mátti búast við lækkun á súrefninu samhliða myndun á  $CO_2$ . Á 11. degi var  $CO_2$  hlutfallið í loft-kassanum komið upp í 16,5%, sem er í samræmi við lækkun  $O_2$  úr 21% (í venjulegu lofti) niður í 5%. Aftur á móti sýndi mælingin á 15. degi lækkun á  $CO_2$  magni og herra hlutfall  $O_2$ . Þessi lækkun gæti verið vegna lítills leka á kassanum, þ.e. súrefnið flæddi hægt inn á meðan  $CO_2$  lak út. Þetta myndi skýra mjög mikla lækkun ferskleikaeinkunnar á 15. degi, en hærri einkunn fékkst á 11. degi í samanburði við flökin í EPS-kössunum (sjá skynmats-niðurstöður). Þess vegna er hugsanlegt að það gæti náðst aðeins lengra geymsluþol í slíkum VGÍ kössum en tilraunin sýnir nú.



Mynd 37. Gasmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).



Mynd 38. Dripmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

Eins og við mátti búast varð vatnstapið (dripið) í flökunum hærra hjá flökunum sem var pakkað í loftskiptar umbúðir (MAP) (mynd 38). Dripið jókst um 8,2% milli daga 8 (3,5%) og 21 (11,7%) í MAP-flökunum, á meðan dripið var um 3-4% fyrir EPS-flökin.

Hins vegar var hitastigið miklu lægra í EPS-flökunum og gæti það skýrt hluta af þessum mismun. Til samanburðar er sennilega réttara að skoða MAP-flökin og loft-flökin á 11. og 15. degi. Þá var dripið um 5,2-8,2% fyrir MAP-flökin en 2,4-4,6% fyrir flökin geymd í lofti, mismunur um 2,8 til 3,6%. Við geymslu á flökum missa þau eðlilega vökva vegna breytinga sem eiga sér stað í holdi. Samanburður á flökum með svipaðar skynmatseinkunnir (MAP d15 og loft d11) leiðir í ljós að mismunurinn var um 5,8%, þ.e. meira drip hjá MAP-flökunum.

#### 4. SAMANTEKT OG UMRÆÐUR

##### Tangi desember 2003/mars - des 2004

Þorskur var veiddur með botnvörpu austur af Íslandi og geymdur heill og slægður í ís í 1 dag fyrir vinnslu. Í töflu 3 er samantekt niðurstaðna skynmats, efna- og örverumælinga fyrir tilraunahópa sem allir voru unnir úr mjög fersku hráefni með nýju vinnslulínunni (roðkælingu), en geymdir við mismunandi aðstæður, t.a.m. kælingu, undirkælingu og frystigeymslu. Hópur A var geymdur við 0,5°C og hafði 13 daga geymsluþol, eins og hópur D sem hafði verið þíddur fyrir endurpökkun. Hópur B sem var geymdur við -1,5°C var enn hæfur til neyslu eftir 15 daga. Hópur E var geymdur við -1,5°C eftir þíðingu og hafði 16 daga geymsluþol.

**Tafla 3. Gildi örverutalninga, TVB-N og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í ófrystum (Aog B) og þíddum(D og E) roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tangi-desember 2003/mars 2004)**

Mælipættir	Kæligeymsla við 0,5°C (A)	Undirkæling við -1,5°C (B)	Kæligeymsla við 0,5°C (D)	Undirkæling við -1,5°C (E)
Geymsluþol (dagar) <sup>1</sup>	(13+1) 14	(14+1) 15+	(13+1) 14	(16+1) 17
TVC (log <sub>10</sub> CFU/ g)	8,0	8,0	8,5	8,8
Fjöldi H <sub>2</sub> S-myndandi örvera	7,4	7,6	6,5	6,3
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	6,4	6,5	6,5	6,7
Fjöldi <i>P. Phosphoreum</i>	6,8	6,0	4	3,4
TVB-N (mg N / 100 g)	55,8	38,4	25	20
pH	6,9	6,9	6,9	6,9

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

Tafla 3 sýnir að við lok geymsluþols voru H<sub>2</sub>S-myndandi örverur ríkjandi í ófrystu flökunum, sérstaklega við undirkælingaraðstæður. Eftir frystigeymslu roðkældra flaka fengu jákvæðir skynmatsþættir aldrei háar einkunnir jafnvel í upphafi geymslutímans og dæmdust þídd flök mun þurrari og seigari en ófryst roðkæld flök. Þó að heildargeymsluþol þíðra flaka væri jafnlangt og jafnvel lengra en ófrystra voru ýmsir skynmatsþættir fremur neikvæðir og getur það haft áhrif á álit neytenda á vörunni. Frysting og/eða frystigeymslu í 3½ mánuð hafði einhver áhrif á lifun/vöxt H<sub>2</sub>S-myndandi örvera og *P. phosphoreum*, sérstaklega, því þær mældust í minna magni en í ferskum flökum við lok geymslutímans. *Pseudomonas* tegundir uxu og náðu sama fjölda óháð geymslumeðferð. *P. phosphoreum* var næmastur fyrir hamlandi áhrif undirkælingar. Þegar hitastigið hækkaði í ófrystu flökunum jókst hlutfall Pp vegna hraðari vaxtar auk þess að aukin myndun TVB-N átti sér stað samhliða. Þetta bendir til mikilvægi þeirrar tegundar í skemmdarferli fiskflaka. Aftur á móti voru TVB-N gildin í þíddu flökunum mun lægri en í þeim ófrystu við lok geymsluþols, sem er í samræmi

við lægri Pp fjöldann. Þrátt fyrir lægri fjölda sumra sérhæfðra skemmdarörvera í þíddu en í ófrystu flökunum kemur í ljós að heildarörverufjöldinn varð meiri í lok geymsluþols.

Hér kemur á óvart hvað hlutfall H<sub>2</sub>S-myndandi örvera er hátt í öllum hópunum miðað við niðurstöður fyrri tilrauna (Verkefnaskýrsla Rf 03-04). Skýringin er eflaust sú að smit hefur borist frá vinnslulínunni þar sem verið var að framleiða eldra hráefni fyrir um morguninn án þess að þrifa á milli á viðunandi hátt. Þetta kemur einnig fram í því að heildartalning í hráefni í upphafi er sambærilegt við októbertilraunina þó svo að um sé að ræða nýrra hráefni (1 dagur frá veiði miðað við 3 daga frá veiði í október) og lagfasi fyrir H<sub>2</sub>S- myndandi örverur er nánast enginn. Við lok geymsluþols er heildartalning (TVC) þá svipuð í öllum hópum fyrir báðar tilraunirnar, en hlutfall skemmdarörvera hins vegar ólíkt eins og áður sagði. Til dæmis má nefna að við lok geymsluþols var fjöldi H<sub>2</sub>S-myndandi örvera um 2 log hærri í desember en í október, á meðan *Pseudomonas* fjöldi var um 1 log hærri í desember, en fjöldi Pp svipaður í báðum tilraunum.

### HB-Grandi október 2004

Í þessari tilraun var verið að kanna notkun sérstakrar umbúðar (Polimoon) með möguleika til loftskipta við pökkun á roðkældum flökum og geymslu við kælingu og undirkælingu. Hráefnið var 3. daga frá veiði. Töf urðu við gaspökkun auk bilunar í geymslurýmnum á Rf á meðan geymslutilraunin stóð yfir. Þrátt fyrir þessar hitasveiflur geymdust undirkældu sýnin í loftskiptum umbúðum í 15 daga eftir flökun, svipað og fyrir flökin í frauðplastkössum sem voru notuð til samanburðar. Notkun sömu Polimoon umbúða með lofti stytta aðeins geymsluþolið (14 dagar). Við kæligeymslu varð geymsluþolið styttra, 8 dagar í lofti en 12 dagar í loftskiptum umbúðum.

**Tafla 4. Gildi örverutalninga, TVB-N, og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við mismunandi hitastig (HB-Grandi –október 2004). Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C ;C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.**

Mælipættir	MAP við -1,5°C	MAP við 0,5°C	Loft við -1,5°C	Loft við 0,5
Geymsluþol (dagar) <sup>1</sup>	(15+3) 18	(12+3) 15	(14+3) 17	(8+3) 11
TVC (log <sub>10</sub> CFU/ g)	7	7,8	6,8	7,8
Fjöldi H <sub>2</sub> S-myndandi örvera	3,3	4,5	5,5	5,2
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	3,5	4,5	5,1	5
Fjöldi <i>P. Phosphoreum</i>	6,5	7	5,4	7
TVB-N (mg N / 100 g)	35	40	30	35
pH	6,8	6,9	6,9	7,1

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

Ávinningur gaspökkunar ásamt undirkælingu var ekki eins sjáanlegur vegna hitasveiflna og umbúðanna með engu einangrunargildi. Hins vegar ef litið er eingöngu á áhrif MAP miðað við sambærileg loftpökkun í eins umbúðir er greinilegt að loftskiptin hafa örveruhemjandi áhrif á suma bakteríuhópa. Tafla 4 sýnir nánar þróun heildarörveruflórunnar og sérhæfðra skemmdarörvera við þessar mismunandi aðstæður og áhrif hitasveiflnanna. Við kæligeymslu hafði loftskipta umhverfið (MAP) áhrif á vaxtarhraða heildarörveruflórunnar og Pp snemma á geymslutímanum en ekki á fjölda þeirra við lok geymsluþols. Aftur á móti olli MAP lengri lagfasa fyrir H<sub>2</sub>S-myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir sem leiddi til lægri fjölda. Við undirkælingu urðu

áhrif MAP meiri fyrir H<sub>2</sub>S-myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir en fyrir Pp. En samkvæmt fyrri tilraunum er vitað að hitasveiflur ýta gjarnan undir vöxt Pp. TVB-N myndun varð aðeins meiri við hærra hitastigið í loftskiptum umbúðum.

### HB-Grandi-nóvember 2004

Í þessari tilraun var verið að endurtaka að hluta til gaspökkunar tilraunina. Þrjár pökkunarleiðir voru valdar (MAP, EPS, loft) en afurðirnar geymdar við -1°C án hitasveiflna. Geymsluþol flaka sem pakkað var í frauðplastkössum þremur dögum frá veiði og geymd undirkæld við stöðugt hitastig var 16 dagar, 19 dagar þegar pakkað í loftskiptum pakkningum en 14 dagar í loft-pakkningun. MAP-flökin voru þó stinnari og seigari á 11. og 15. degi geymslutímans. Þannig að pökkun í loftskiptar umbúðir lengdi geymsluþol roðkældra flaka samanborið við flök sem pakkað var í lofti um allt að 5 daga. Með því að halda fiski undirkældum eins og gert er með roðkælingu og geyma hann síðan við stöðugt lágt hitastig (undir 0°C) er geymsluþol flaka nægilega langt til að grundvöllur geti skapast til breyttra flutninga- og markaðsferla.

Sameiginleg notkun roðkælingar, gaspökkunar og undirkælingar við geymslu hægðu verulega á skemmdarferli ferskra fiskflaka. Tafla 5 sýnir að svipuðum heildarörverufjölda var náð við lok geymsluþols milli hópanna, þó hann var aðeins lægri í loftskiptum umbúðum. H<sub>2</sub>S-myndandi örverur fundust í ríkjandi mæli við lok geymsluþols í flökum pökkuðum í frauðplastkassa, en einnig döfnuðu *Pseudomonas* tegundir og Pp vel. Eins og í fyrri tilraun hægði notkun gaspökkunar verulega á vöxt H<sub>2</sub>S-myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda, og Pp óx hægar en í hinum hópunum og náði að vera ríkjandi af þeim sérhæfðu skemmdaröverum sem voru mældar. Sambærilegur fjöldi Pp mældist milli hópanna með sama magn TVB-N (um 50 mg N/100g) í lok geymsluþols. Þó að geymsluþol flakanna sem voru pakkuð í Polimoon kössunum með lofti var lægst, er það hugsanlegt að betri árangur gæti náðst ef tilraunin væri endurtekin. Hærri skynmatseinkunn á 11. degi geymslutímans vour í þessum flökum en fyrir EPS-flökin og hugsanlegt gasleki í kassanum við sýnatöku á 15. degi styðja þessi rök.

**Tafla 5. Gildi örverutalninga, TVB-N, og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í roðkældum þorskflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,0°C (HB-Grandi –desember 2004)**

Mælipættir	MAP við -1,0°C	EPS við -1,0°C	VGÍ við -1,0°C
Geymsluþol (dagar) <sup>1</sup>	(19+3) 22	(16+3) 19	(14+3) 17
TVC (log <sub>10</sub> CFU/ g)	7,6	7,8	7,9
Fjöldi H <sub>2</sub> S-myndandi örvera	4,6	7,1	6,3
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	4,1	6,5	5,7
Fjöldi <i>P. Phosphoreum</i>	6,7	6,5	6,4
TVB-N (mg N / 100 g)	50+	50	50
pH	6,7+	7	6,8

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

### Samantekt allra geymsluþolstilrauna.

Í töflu 4 eru dregnar fram helstu niðurstöður úr öllum geymsluþolstilraunum verkefnisins um bæði heildargeymsluþol við mismunandi aðstæður og það sem nefn er sölutími flaka. Sölutími flaka er hér skilgreindur þegar flökin ná 7 í Torry einkunn sem

þýðir að þau verða mjög hlutlaus á bragðið og hafa misst einennandi ferkst, sætt bragð og lykt.

Einkunnir fyrir ferskleikamat samkvæmt skynmati sýndu að geymsla í loftskiptum pakkningum lengdi þann tíma sem fiskurinn hafði enn sætt einkennandi bragð um 4 til 5 daga miðað við geymslu í lofti eða frauðplasti. Það er ljóst að flestar þær aðferðir sem notaðar eru til að lengja þann tíma sem fiskur er enn hæfur til manneldis beinast að því að lengja þann tíma sem fiskurinn er mjög hlutlaus eða bragðlaus. Hins vegar var mjög greinilegt að með því að halda hitastigi lágu eða undir 0°C við vinnslu, pökkun og við áframhaldandi geymslu má lengja verulega þann tíma sem fiskurinn er enn með sitt einkennandi ferska bragð. Það langa geymsluþol sem náðist með kælingu við vinnslu, undirkælingu við geymslu og loftskiptum pakkningum gæti aukið svigrúm til breyttra flutningaleiða flaka á kælimarkað erlendis. Niðurstöður þessara rannsókna sýna ótvírætt að til að ná sem lengstu geymsluþoli fiskflaka í kæli skiptir meginmáli að upphafsörverufjöldi sé lágur og hitastigi sé haldið stöðugu og undir 0°C allan geymslutímann.

Skv. niðurstöðum sem sýndar eru í töflunni lengist sölutími ferskra flaka um tvo daga við roðkælingu miðað við hefðbundna pakkningu eingöngu og hitastig yfir 0°C. Ef flökin eru hins vegar geymd undirkæld nást 2 dagar í viðbót og má telja sölutíma roðkældra flaka sem geymd eru við um -1°C 10 til 11 dagar eftir pökkun (sem var 3 dagar frá veiði). Áhrif loftskiptanna eingöngu verða til lengingar geymsluþols um 5 daga.

**Tafla 6. Meðalhiti, áætlaður sölutími og geymsluþol skv. Torry einkunum í öllum tilraunum verkefnisins (verkefnaskýrsla Rf 03-04 og Rf 10-05)**

Tilraun	Meðalhiti (umh.)	Einkunn 7	Einkunn 5,5
Tangi okt.03-hefðbundin vinnsla	0,8 ± 1,9°C	6	9
Tangi okt. 03-roðkæld flök	0,7 ± 1,6°C	8	9.5
Tros nóv. 03 –hefðb. vinnsla	0,3±0,1	7	12.5
Tangi des. 03-roðkæld 0°C	0,4 ± 1,1°C	8	13
Tangi des. 03-roðkæld -1,5°C	-1,2 ± 1,3°C	10	14+
Tangi des. 03-roðkæld flök (-1,5°C í 7d/flutt í 0,5°C )	-0,2 ± 1,3°C	10	14
Tangi des. 03-þídd 0,5C	-1,0 ± 0,2°C	7,5	13
Tangi des. 03-þídd -1,5°C	-1,6 ± 0,1°C	6	16
HB-Grandi MAP 0,5 og -1,5°C	-1,2±1,8 / 0,9±1,6°C	9	12 / 15
HB-Grandi loft 0,5 og -1,5°C	-1,2±1,9 / 1,1±1,9°C	7	8 / 14
HB-Grandi EPS 0,5 og -1,5°C	-1,2±1,8 / 0,9±1,6°C	<7 / 9	11-12 / 16+
HB-Grandi MAP -1°C	-1,0 ± 0,4°C	<b>15</b>	19
HB-Grandi EPS -1°C	-1,0 ± 0,4°C	10	16
HB-Grandi loft -1°C	-1,0 ± 0,4°C	11	14

Þegar hugað er að hagkvæmni við nýja framleiðslu- og flutningaferla verður að taka tillit til þátta eins og vatnstaps við geymslu og þíðingu. Drip mældist hærra í þíddum flökum en ófrystum. Í ófrystu roðkældu flökunum mældist vatnsheldni um 90% en í

Þíddu flökunum var hún mun lægri eða milli 61-68%, þ.e. fór lækkandi með geymslutímanum. Heldur hærra drip eða allt að 8% mældist í undirkældum MAP-flökum borið saman við flök í frauðplastkössum (3%), en hærra drip fæst yfirleitt með hærra magn CO<sub>2</sub> í gasblöndunni. Hér var notað um 56% í seinni tilrauninni.

Þekking á breytingum örveruflóru getur hjálpað mjög við að þróa nýjar geymsluaðferðir á viðkvæmum matvælum eins og fiski. Ljóst er að neytendur munu í framtíðinni krefjast öruggra matvæla þar sem notið er mild framleiðslutækni (minimal processing). Einnig kom í ljós veruleg lenging á ferskleika fasanum og geymsluþoli á ferskum fiski með sameiginlegri notkun loftskiptra umbúða og undirkælingar. Einnig getur tíðni skipaferða til og frá landinu á markaði erlendis skipt máli þegar hagkvæmni er skoðuð. Neytendur krefjast í auknum mæli að matvæli séu í hentugum neytendaumbúðum tilbúin til eldunar. Þannig er ört vaxandi markaðar fyrir kældar afurðir, sérstaklega í Evrópu í stað frystra. Vaxandi áhugi neytenda er á loftskiptum pökkuðum fiski í Evrópu nema í Bretlandi. Hins vegar er þar aukinn áhugi kaupenda á að nota umbúðir eins og Polimoon pakkningar og pakka sumir bresku kaupendur íslenskum fiski flökum úr frauðplastkössum í slíkar umbúðir vegna umbúðakostnaðar. Í Englandi er borgað fyrir að skila slíkum Polimoon umbúðum en borga þarf fyrir að losna við frauðplastið.

Einnig er áhugavert að benda á að fiskur með betri skynmatseiginleikum og ásættanlegu geymsluþoli gæti náðst með lægra magn CO<sub>2</sub> í gasblöndunni og stöðugu lágu hitastigi við geymslu (-1,5°C). Í raun þarf að kanna betur við hvaða aðstæður verður hægt að hámarka gæðin, þ.e. minnka vatnstapið, halda góðu áferðar- og ferskleikaeiginleikum fersks fisks, hægja á vöxt sérhæfðra sekmmdarörvera og framlengja geymsluþol roðkældra fiskflaka við undirkælingaraðstæður.

## 5. ÁLYKTANIR

Á hverju stigi skemmdarferils fisks er einkennandi örveruflóra til staðar. Örveruflóran er háð tegund hráefnis og uppruna þess, meðhöndlun hráefnis við vinnslu og geymsluaðstæðum. Í geymsluþolstilraunum komu fram mikilvægar upplýsingar um samsetningu örveruflóru og hvaða örverur eru virkastar við niðurbrot við mismunandi aðstæður. Við hefðbundnar aðstæður var mikilvægi *Photobacterium phosphoreum* áberandi í skemmdarferli ferskra fiskflaka, en varð þessi baktería, sem er öflugur TMA framleiðandi, ríkjandi þegar hitasveiflur komu fram sérstaklega við ófullnægjandi geymslu fyrir vinnslu hráefnisins. En *P. phosphoreum* (Pp) hefur verið aðallega kennd við skemmdir á gaspökkuðum fiski. H<sub>2</sub>S-myndandi örverur hafa hins vegar verið kenndar við skemmdarferli ísaðs fisks, en þær hafa ekki verið eins áberandi í íslensku hráefni og við lok geymsluþols fisks. Fjöldi þeirra er oftast ekki talinn verið nægilegur til að mynda það magn TMA sem mælist þá. En við geymsluþolsrannsóknir tengdar þessu verkefni hefur fjöldi Pp verið í samræmi við heildarmagn reikulla basa (TVB-N). Undirkæling fiskflaka hægði á vexti flestra baktería við geymslu undir slíkum skilyrðum, sérstaklega Pp. Frysting og/eða stutt frystigeymsla hafði einhver áhrif á lifun og vöxt H<sub>2</sub>S-myndandi örvera og Pp, en ekki *Pseudomonas* tegunda. Gaspökkun hægði á vexti örveruflórunnar en hafði ekki áhrif á fjölda Pp við lok geymsluþols. Aftur á móti uxu H<sub>2</sub>S-myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir mun hæggar við þessar aðstæður sem leiddi til lægra fjölda. Sameiginleg notkun roðkælingar, gaspökkunar og undirkælingar við geymslu afurðanna hægðu verulega á skemmdarferli ferskra

fiskflaka, höfðu mjög hamlandi áhrif á vöxt  $H_2S$ -myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda og leiddu til hægari vaxtar Pp. En nauðsynlegt var að viðhalda þessum lága hita til að ná fram þessa geymslupolsaukningu.

Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að hitastig og meðhöndlun í upphafi hefur afgerandi áhrif á lengd geymslupolsins og niðurstöðum skynmats, efna -, örveru- og rafnefsmælinga bar vel saman. Lágt hitastig í ferlinum er undirstaða þess að lengja geymslupól fisks og með roðkælingu helst hitastig flaka undir  $0^{\circ}C$  allan vinnslutímamann. Með roðkælingu hægir verulega á skemmdarferli ef borið er saman við hefðbundna vinnslu. Með því að vinna hráefnið þremur dögum frá veiði fékkst um 14 daga geymslupól fyrir þorsflök sem geymd voru í frauðplastkössum við  $0,5^{\circ}C$ . Einnig tókst að lengja geymslupól roðkældra flaka um allavega tvo daga til viðbótar ef geymsluhitastigið var lækkað úr  $0,5^{\circ}C$  niður í  $-1,5^{\circ}C$ . Með pökkun í loftskiptar umbúðir náðist um 19 daga geymslupól eftir pökkun (+3 dagar geymdur heill eftir veiði). Þetta geymslupól gefur til kynna að flutningur ferskra flaka með skipum geti orðið raunhæfur kostur fyrir sum fyrirtæki. Þídd flök sem geymd höfðu verið  $3 \frac{1}{2}$  mánuð í frysti geymdust heldur lengur en ófyst flok við  $-1,5^{\circ}C$ . Þau flök fengu samt mun lægri einkunn í upphafi geymslutímans en sambærileg ófryst flök. Geymslupól flaka sem pökkuð voru 3 dögum frá veiði og geymd undirkæld við stöðugt hitastig  $-1,0^{\circ}C$  var 16 dagar í frauðplastkössum en 19 dagar í loftskiptum pakkningum. Undirkæling er mjög mikilvæg til að tryggja kælikeðjuna. Lágt geymsluhitastig er mikilvægt til að ná fram kostum roðkælingar við vinnslu flakanna og ná fram löngu geymslupóli. Frekari rannsókna er þörf á umbúðum og magni gastegunda til að unnt sé að kanna betur hagkvæmni flutninga með skipum.

## 6. ÞAKKARORÐ

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

## 7. HEIMILDIR

Anonymous 1996. Decision of the European Commission to fix TVB-N limits for certain categories of fishery products (95/149/EEC) of March 28, 1995.

Belitz, H.D. og Grosch W. (1999). Food Chemistry, second edition. Translation from the fourth German edition by M. Burghagen et. al.. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

Billon J, Ollieuz JN, Tao SH. 1979. Rev. Tech. Vét. de l'Alimentation 1149: 13-17.

Brown W.D.. (1986). Fish Muscle as Food. In: Muscle as Food. Ed. Bechtel, Peter, J. Food Science and Technology. A series of monographs. Academic Press, Inc. (London). pp 406-453.

Connell, JJ og Howgate PF. (1968). Senslory and objective measurements of the quality of frozen stored cod of different initial freshness J. SCI. Food Agric. 19, 342-354.

Dalgaard P. 1995a. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. Int. J. Food Microbiol. 26: 319-333.

Dalgaard P. 1995b. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish. Int. J. Food Microbiol. 26: 305-317.

- Dalgaard P, Mejlholm O, Huss HH. 1996. Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products. *J. Appl. Bacteriol.*, 81: 57-64.
- Davis HK. 1993. Í: Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods (RT Parry, ed), 189-228. Blackie Academic & Professional, Glasgow, Scotland.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Kári P. Ólafsson (1998). Sjófryst flök sem kælivara. Skýrsla Rf 16.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Páll Steinþórsson (1991). Geymsluþol á ófrystum og þíddum flökum í ís, RIT Rf. nr. 30.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon, Hélène L. Lauzon og Kolbrún Sveinsdóttir (2003). Þídd sjófryst MAP-flök með skipum á erlendan markað Verkefnaskýrsla Rf 22-03.
- Gram L, Huss HH. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbiol.* 33: 121-137.
- Gram L, Trolle G, Huss HH. 1987. Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. *Int. J. Food Microbiol.* 4: 65-72.
- Guðmundur Stefánsson, Grímur Valdimarsson. 1982. Geymsla á ferskum fiski-Pökkun fiskflaka í koldíoxíð. RIT Rf nr. 3.
- Guldager HS, Boknaes N, Osterberg C, Nielsen J, Dalgaard P. 1998 . Thawed cod fillets spoil less rapidly than unfrozen fillets when stored under modified atmosphere at 2 degrees C. *J. Food Prot.* 61 (9): 1129-1136.
- Hannes Magnússon, Emilía Martinsdóttir og Páll Steinþórsson (1991). Áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þíðingu, RIT Rf. nr. 26.
- Huss, H. H. (1972). Storage life of prepacked wet fish at 0°C. 1. Plaice and haddock. *J. Food Technol.*, 7, 13-19.
- Lampila LE. 1991. Modified atmosphere packaging. In: *Microbiology of Marine Food Products* (DR Ward, CR Hackney, eds), 373-393, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Lauzon H.L. 2003. Notkun Malthus leiðnitækni til hraðvirkra örverumælinga. Rf skýrsla 30-03, 30 bls.
- Kristín A. Þórarinsdóttir, Sigurjón Arason og Guðjón Þorkelsson (2003). Léttisöltun, stöðugleiki og nýting frosinna afurða. Tilraun II. Verkefnaskýrsla 07-03.
- Koteng, D. F. (1992). Markedsundersøkelse, norsk laks. Fiskerinaeringsens Landsforening (FNL).
- Magnussen OM, Nordtvedt TS, Torstveit AK. (1998). Use of partial freezing in the cold chain. In: IIR Proceeding Series "Refrigeration Science and Technology" 1998/6. Paris, France. *Int Inst Refrigeration*, 363-70.
- Magnússon, H. og Martinsdóttir, E. (1995). Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Food Sci.*, 60, 2, 273-278.
- Martinsdóttir E. og H. Magnússon, (2001). Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice, *J. Food. Sci.*, Vol.66, No.9., 1402-1408
- Reddy NR, Armstrong DJ, Rhodehamel EJ, Kautter DA. 1992. Shelf-life extension and safety concerns about fresh fishery products packaged under modified atmospheres: a review. *J. Food Safety* 12: 87-118.
- Reid, R.A. og T.D. Durance (1992). Textural Changes of Canned Chum Salmon Related to Sexual Maturity. *J Food Sci* 57 (6). 1340-1342.
- Sigurjónsdóttir, S., O. Torrissen, Ø. Lie, M. Thomassen og H. Hafsteinsson (1997). Salmon Quality: Methods to Determine the Quality Parameters. *Reviews in Fisheries Science* 5(3). 223-252.
- Sivertsvik M, Rosnes JT, Kleiberg GH. 2003. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *J Food Sci* (4): 1467-72.
- Soffía Vala Tryggvadóttir og Björn Björnsson. (2001). Ástand þorskhólds eftir mismikla fóðrun. *Ægir* 94(3):20-23

Stanbridge, L.H. and Board, R.G. 1994. A modification of the Pseudomonas selective medium, CFC, that allows differentiation between meat pseudomonas and Enterobacteriaceae. Letters in Appl. Microbiol. 18 (6): 327-328.

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

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

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

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

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

Tiffney P, Mills A. 1982. Technical Report no. 191. Sea Fish Industry Authority, England.