

Verkefnaskýrsla
10 - 05



Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

JÚLÍ 2005

ÁHRIF ROÐKÆLINGAR
Á GÆÐI FISKFLAKA

Emilía Martinsdóttir
Hélène L. Lauzon
Soffía V. Tryggvadóttir



Titill / Title		Áhrif roðkælingar á gæði fiskflaka, MAP-pökkuð og þídd	
Höfundar / Authors		Emilía Martinsdóttir, Hélène L. Lauzon og Soffía V. Tryggvadóttir	
Skýrsla Rf /IFL report	10-05	Útgáfudagur / Date:	30. júlí 2005
Verknr. / project no.	1576		
Styrktaraðila / fundsing: Rannsóknasjóður, AVS			
Ágrip á íslensku:	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, efna- og áferðarmælingum, drip- og vatns-heldnimælingum. 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 vinnslutímenn. Fryst flök sem unnin voru á Tanga í des. 2003 voru þídd eftir 3½ mánuð í frysti og niðurstöður bornar saman við fersku flökin (Verkefnaskýrsla Rf 03-04). Þídd flök geymdust 13 daga eftir pökkun, flökuð einum 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 pakkað var þrem 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.		
Lykilorð á íslensku:	Roðkæling, fiskflök, geymsluþol, hönnun m.t.t. hreinlætis		
Summary in English:	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 3½ 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.		
English keywords:	CBC-cooling, fish fillets, storage life, hygienic design		

ÁHRIF ROÐKÆLINGAR Á GÆÐI FISKFLAKA

MAP–Pökkuð og þídd

Emilía Martinsdóttir
Hélène L. Lauzon
Soffía V. Tryggvadóttir

Júlí 2005

EFNISYFIRLIT

YFIRLIT YFIR TÖFLUR	3
YFIRLIT YFIR MYNDIR	3
1. INNGANGUR	5
2. Efni og aðferðir	7
2.1. Tilhögun tilrauna: Tangi desember 2003-mars 2004.....	7
2.2. Tilhögun tilrauna: HB-Grandi október til desember 2004	8
2.3. Hitastigsmælingar	8
2.4. Skynmat	8
2.5. Örverumælingar	8
2.5.1. Hefðbundnar örverutalningar.....	8
2.5.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni)	9
2.6. Efnamælingar.....	9
2.6.1. TVB-mælingar	9
2.6.2. Sýrustig (pH)	9
2.7. Drip- og vatnsheldnimælingar	9
2.8. Gasmælingar	9
2.9. Áferðarmælingar	10
3. Niðurstöður geymslupólstilrauna.....	10
3.1. Niðurstöður geymslupólsrannsóknna í Tanga	10
3.1.1. Hitastigsmælingar	10
3.1.2. Skynmat	10
3.1.3. Örverumælingar	12
3.1.4. Efnamælingar.....	13
3.1.5. Drip- og vatnsheldnimælingar	14
3.2. Niðurstöður geymslupólsrannsóknna hjá HB-Granda-Tilraun 1.....	14
3.2.1. Hitastigsmælingar	14
3.2.2. Skynmat	15
3.2.3. Örverumælingar	16
3.2.4. Efnamælingar.....	17
3.2.5. Gas-, drip- og vatnsheldnimælingar	18
3.2.6. Áferðarmælingar.....	19
3.3. Niðurstöður geymslupólsrannsóknna hjá HB-Granda- Tilraun 2.....	20
3.3.1. Hitastigsmælingar	20
3.3.2. Skynmat	20
3.3.3. Örverumælingar	21
3.3.4. Efnamælingar.....	22
3.3.5. Gas- og dripmælingar	23
4. Samantekt og umræður.....	24
5. ÁLYKTANIR.....	27
6. ÞAKKARORÐ	28
7. HEIMILDIR.....	28

YFIRLIT YFIR TÖFLUR

Tafla 1. Hitastig í pakkingum. 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.....	15
Tafla 2. Geymsluþol miðað við meðaltal skynmats eftir Torry-einkunnaskala =5,5 á roðkældum þorsflökum 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.....	16
Tafla 3. Gildi örverutalninga, TVB-N og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í ófrystum (Aog B) og þíddum(D og E) roðkældum þorsflökum geymdum við mismunandi aðstæður (Tangi-desember 2003/mars 2004).....	24
Tafla 4. Gildi örverutalninga, TVB-N, og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum 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.....	25
Tafla 5. Gildi örverutalninga, TVB-N, og sýrustigs við lok geymsluþols skv. skynmati í roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum og með lofti við -1,0°C (HB-Grandi –desember 2004). ..	26
Tafla 6. Meðalhiti, áætlaður sölutími og geymsluþol skv. Torry einkunum í öllum tilraunum verkefnisins (verkefnaskýrsla Rf 03-04 og Rf 10-05).	26

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.	10
Mynd 2. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum 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.	11
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.....	11
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	11
Mynd 5. Skynmat á áferðarþættinum seigur/meyr 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	12
Mynd 6. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (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.	12
Mynd 7. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> tegunda og H ₂ 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.	13
Mynd 8. Sýrustig (pH) í roðkældum ófrystum þorsflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.	13
Mynd 9. TVB-N í roðkældum ófrystum þorsflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir þökkun.	14
Mynd 10. Vatnsheldni í roðkældum þorsflökum, ófrystum og þíddum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A og D: geymdir við 0,5°C; hópur B og E: geymdir við -1,5°C.....	14
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.	14
Mynd 12. Hitastig frá þökkun 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.	16
Mynd 13. Hitastigsmælingar í roðkældum þorsflökum 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.	15
Mynd 14. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkingum 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	15

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.	16
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.	16
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.	16
Mynd 18. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi.	17
Mynd 19. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi.	17
Mynd 20. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> tegunda og H ₂ S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi.	17
Mynd 21. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> tegunda og H ₂ S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi.	17
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.	18
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.	18
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.	18
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.	19
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.	19
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.	19
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.	19
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.	20
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).	20
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).	21
Mynd 32. Skynmat á áferðarþáttum eftir QDA-aðferð á roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	21
Mynd 33. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi <i>P. phosphoreum</i> (Pp) í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	22
Mynd 34. Fjöldi <i>Pseudomonas</i> tegunda og H ₂ S-myndandi örvera í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	22
Mynd 35. pH-mælingar í roðkældum þorsklökum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	22
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).	23
Mynd 37. Gasmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	23
Mynd 38. Dripmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).	24

1. INNGANGUR

Roðkæling

Verkefnið byggist á nýrri vinnslutækni sem Skaginn hf hefur þróað og fengið einkaleyfi á. Tæknin byggist 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 krosssmít 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 felst í því 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 frystigeymslu í nokkrar klukkustundir fyrir flutning og í sumum tilvikum hefur yfirborð flakanna náð að frjósa. Slík frysting hefur sýnt sig að viðhalda kælingu í pakkingunum (Magnussen et al. 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, (Hannes Magnússon o.fl. 1990), 30 (Emilía

Martinsdóttir o.fl. 1991) og 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 frystigeymslu. Í rannsóknum á frystum flökum (Emilía Martinsdóttir o.fl., 1998) var geymsluþol á þíddum sjófrystum þorskflökum 12 til 14 dagar eftir tvo til sex mánuði í frysti og 10 til 11 dagar eftir 12 mánuði í frysti. Flök sem fryst voru fyrir dauðastirðnun geymdust lengur en þídd flök (eftir tvo mánuði í frysti) sem fryst voru eftir dauðastirðnun og höfðu beðið um sólarhring meðan dauðastirðnun gekk yfir. Tími og hitastig hafa úrslitaáhrif á 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 skemmdar-einkennum með geymslutíma, er notað skynmat á soðnum sýnum. Á Rf sem og víða annars staðar hefur verið stuðst við Torry einkunnastiga sem þróaður var á Torry-stofnuninni í Aberdeen í Skotlandi. Einnig hefur verið notuð heildargreining á matvælum eftir svonefndri QDA (Quantitative Descriptive Analysis) aðferð (Stone og Sidel, 1985) í skynmatsrannsóknum, m.a. í geymsluþolsrannsóknum. Þetta er mjög hentug aðferð og með notkun hennar má fá gagnlegar og nákvæmar upplýsingar um útlit, lykt, bragð og áferð afurðar.

Áhrif frystingar og þíðingar á áferð

Áferð er einn af mikilvægari gæðapáttum fisks. Í markaðskönnun (Koteng, 1992) hefur komið fram að um 75% kaupenda á laxi (reykhús, matvöruverslanir ofl.) meta áferð sem einn mikilvægasta gæðapáttinn. Frysting og frystigeymsla hafa áhrif á áferð. Í rannsóknum sem gerðar voru á Rf (Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon, 2001) kom í ljós að í skynmati dæmdist þíddur fiskur seigari og þurrari eftir tveggja 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 af 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 auðveldara er að endurtaka mælingar með tækjum á sama hátt af öðrum. Í báðum tilvikum þurfa þó skilgreiningar á áferðarþáttum að vera skýrar.

Bæði eðliseiginleikar og utanaðkomandi þættir geta haft áhrif á áferð matvæla (Sjöfn 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 áferðarmælingar með tækinu og áferðarmats 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. Kolbrún 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. Soffía V. Tryggvadóttir og Guðrún Ólafsdóttir (2000) mældu áferð ýsuflaka með sömu aðferð og niðurstöður sýndu að áferðarmæling getur gefið vísbendingar um gæðabreytingar við geymslu í ís. Reid og Durance (1992) fengu fylgni milli áferðarmælinga með því að pressa niðursoðin laxasýni í TPA mælingu og áferðarmats með skynmati.

Áferðarmælingar 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% CO₂, N₂ sem fyllingargas og oft einnig O₂. Við fiskþökkun er nokkurt magn súrefnis notað til að hindra vöxt sýkilsins *Clostridium botulinum*, sem vex best í súrefnissnauðu umhverfi. Aftur á móti er óæskilegt að nota O₂ þegar um feitan fisk er að ræða vegna þrúnunarhættu. 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 geymsluaðstæðum (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 þökkun við sem næst 0°C vegna þess að virkni CO₂ er fólgin í því að það leysist í vatnsfasa fiskholdsins og veldur lækun á sýrustigi og vatnsbindihæfni próteina sem leiðir til vatns-taps („drip“). Þetta breytta umhverfi hefur síðan áhrif á vöxt örvera, sem leiðir til öðruvísi samsetningar á skemmdarflórunni og breyttra skemmdareinkenna. Sumar örverur þola vel CO₂ og ná að vaxa við slík skilyrði. *Photobacterium phosphoreum* þolir hátt CO₂ magn og framleiðir mikið magn af efninu trímetylamín (TMA) úr trímetylamín oxíði (TMAO) sem finnst í sjávarfiskum (Dalgaard, 1995a, b).

Á síðustu árum hefur Rf gert tilraunir með loftskiptar umbúðir til að lengja geymsluþol fiskflaka. Mest var unnið með sjófryst þídd flök. Rannsóknir þessar sýndu að lenging geymsluþols á ferskum flökum var um fimm dagar með loftskiptum pakkningum. Þriggja vikna geymsluþol á sjófrystum þíddum afurðum sem náðist með loftskiptum pakkningum gæti aukið svigrúm til breyttra flutningaleiða flaka á kæli-markað 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 geymslutímann. 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 laxaflök 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 þökkun í lofti.

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

Markmiðinu var náð með því

- að bera saman gæði roðkældra þíðra 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 krpa í 400 l kör um borð. Löndun á aflanum í fiskvinnslu Tanga fór fram á mánudagsmorgni (1. desember) einum degi frá veiði.

Undirbúningur tilraunahópa: Hráefni, um 190 fiskar, var valið úr vel ísuðu kari úr holi 9, 10 og 11 og unnið strax eftir löndun (hópur A, B og C). Hausun, flökun, roðfletting og snyrting voru eins fyrir alla tilraunahópana. Eftir flökun fóru flökin í ísvatn (0,85% salt) í 20 mínútur fyrir roðkælingu. Flökin voru ekki snyrt og var þeim pakkað (11 flök í kassa) strax eftir roðflettingu í plastpoka með rakadrægri mottu í frauðplastkassa (EPS; Borgarplast, 160x400x263 mm) og ísmotta (230 x 160 mm; 146 g) sett efst. Í sumum kössum 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 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 þíð 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. Þíðdu 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 hitastigshækkun í sumum flakanna. Pökkun í loftskiptar umbúðir tók um eina 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 solid-board PE húðað beggja vegna, framleitt af Prentmet í Reykjavík). Hluta 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 til HB-Grandi 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 hverri pakkningu.

Sýnahópar

Hópar A og B voru með gasblöndu 50% CO₂/50% N₂ (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 O₂ en CO₂ 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°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 Hluta af fiskinum var pakkað í sams konar pakkningar og loftskiptu umbúðirnar (VGÍ-pakkar) en án loftskipta. Sex kassar voru pakkaðir með gasblöndu (%) CO₂/O₂/N₂:

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 þökkun við -1°C. Alls var pakkað um 120 flökum.

Tekin voru sýni úr hinum 5 kössunum 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 áferðarþáttum skv. QDA-aðferð, hefðbundnar örverumælingar (heildarörverutalningar, TVC) og mælingar á sértækum skemmdarörverum (SSÖ eins og *Pseudomonas* tegundir, H₂S-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

Hitastigsmælingar voru gerðar með hitasíritum sem komið var fyrir við þökkun 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 Stow Away, 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 (2x3 cm) og soðin í Convostar gufuofni við 95°C í 5 mínútur. Með skynmati var metinn ferskleiki sýnanna eftir

svonefndum Torryskala (Shewan o.fl., 1953) þar sem ferskum fiski er gefin einkunn 10 og niður í 3. Einnig var notuð QDA aðferð (Stone & Sidel, 1985) til að meta hversu seigur/meir, stinnur/mjúkur, 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 H₂S-myndandi örvera voru gerðar á járnagar eins og lýst er skv. Gram o.fl. (1987) með þeirri undantekningu að í stað 0,5% salts (NaCl) var notað 1% salt. Notuð var yfirborðssáning í stað áhellningar til þess að drepa síður kuldakærar örverur og ræktun gerð við 15°C í 4-5 daga. Allar kólóníur voru taldar til að finna heildarörverufjölda. Svartar kólóníur voru taldar sérstaklega til að finna fjölda H₂S-myndandi örvera. Þær mynda H₂S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. *Shewanella putrefaciens*, sem er talinn vera einn aðal-skemmdargerill í ísuðum fiski, myndar svartar kólóníur 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 tegunda af ættinni Enterobacteriaceae. 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. Upphafsbloðun var gerð þannig að 25 g af hökkuðu flaki voru sett í 225 g af kældu MRD þynningarvatni. Tíðaldar 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% CO₂. Hálfur (0,5) ml af fisksýnunum (tífold þynning) var skammtaður í þrjár sellur, og elektróðurnar settar á um leið til að forðast of mikið tap á CO₂. Sellurnar voru geymdar við 15°C í u.þ.b. tvær klst. á meðan jafnvægi á CO₂ náðist í sellunum áður en þær voru látnar í Malthus baðið (15°C). Fjöldi *Photobacterium phosphoreum* var áætlaður út frá eftirfarandi staðalkúrfu:

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

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

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). Blönduð voru 100 g fiskhakks og 200 ml af 7,5% TCA í Waring blendor í eina mín. Blandan var látin standa í 10 mín og síuð í gegnum Whatman no. 3 síupappír. Af tærum síuvökvanum voru 25 ml settir í suðuflošku ásamt 10 ml af 10% NaOH og ammóníakið rekið yfir í Erlenmeyerflošku með 10 ml af 4% bórsýru sem inniheldur Methyl red og Bromocresol green Indicator. Til þessa var notaður Struers TVN gufueimari og lauk eimingunni þegar um 70 ml höfðu safnast yfir. Lausnin var þá titruð með 0,030 N H₂SO₄ úr grænu í ljós-fjólubláan 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 fiskhakki ætlað til örveru- og efnamælinga. Þá var 5 g blandað saman við 5 ml af afjónuðu vatni og sýrustigið mælt í Radiometer PHM 80 innan 15 mín. eftir að sýnin voru hökkuð.

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 (vigt poka með blautri rakadrægri mottu–vigt ónotaðs poka með þurri rakadrægri mottu sem var 42 g). Dripið var umreiknað í % samkvæmt eftirfarandi formúlu:

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

Til að meta dripið í flökunum í VGÍ kössunum var sömuleiðis allt vigtað og vigt tómra umbúða dregin frá.

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

Vatn (g/100g) var reiknað sem þyngdartap við þurrkun við 105°C í fjórar klst. (ISO 1983). Fyrir vatnsheldnimælingu voru sýnin hökkuð í Braun blandara (type 4262; Braun, Kronberg, Germany) í u.þ.b. 20 sek. á hraða 4. Um það bil tvö g af hökkuðum fiskvöðva voru vegin og sett samstundis í skilvindu við 210 g í 5 mín. og hitastigi haldið við 2-5°C. Vatnsheldni er reiknuð út frá upphaflegu vatnsinnihaldi og er skilgreind sem hlutfall vatns sem verður eftir í sýni eftir skilvindun.

2.8. Gasmælingar

Sérstakir þéttitappar voru límdir á VGÍ pakkningar til að geta mælt gasblönduna eftir pökkun 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.

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 eru 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 hún 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 hnakka-stykkjum flaka. Efsti hluti (2-3 sm) af hnakka-stykkinu 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.

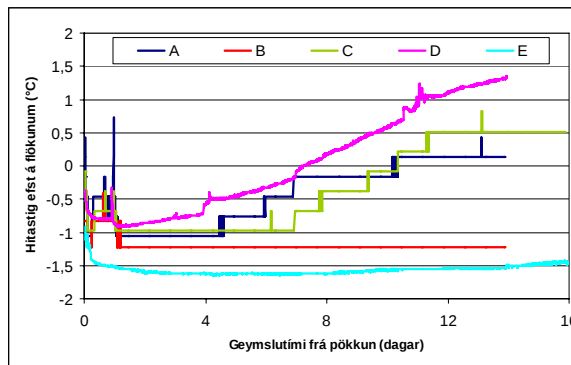
3. NIÐURSTÖÐUR GEYMSLUPOLS-TILRAUNA

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 geymslupolsrannsókna 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 $-1,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$



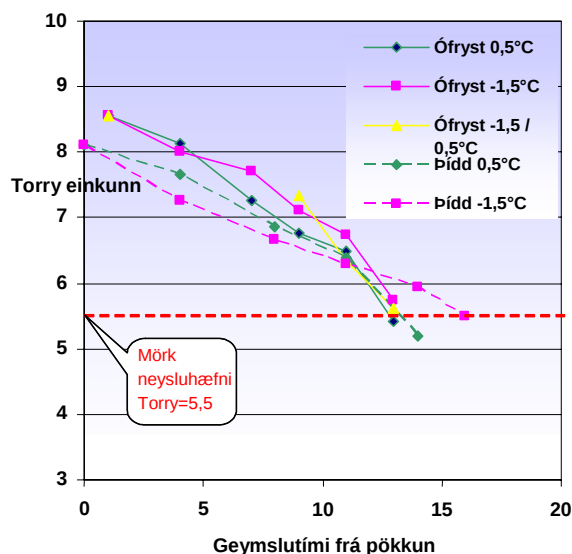
Mynd 1. Hitastig í roðkældum flökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við $0,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$; hópur B: ófryst, geymd við $-1,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$; hópur C: ófryst, geymd við $-0,2 \pm 1,3^\circ\text{C}$; hópur D: þídd, geymd við $1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$; hópur E: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

(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 fjóra daga frá pökkun og fór yfir 0°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°C við pökkun (D og E). Vegna hærri umhverfishita ($1,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$) hækkaði hitinn hratt hjá D hópunum 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 ($-1,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$).

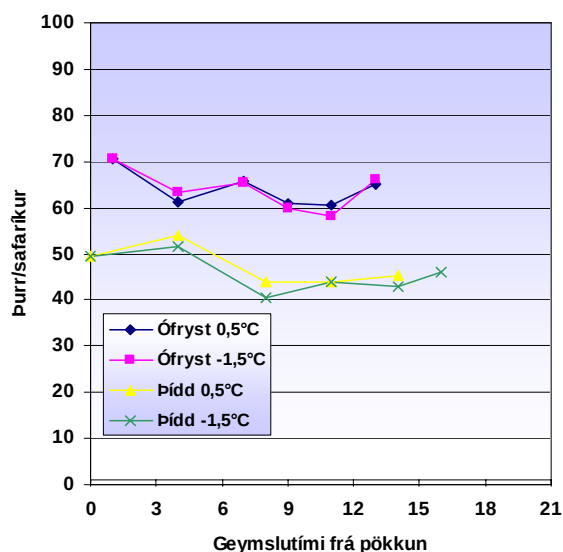
3.1.2. Skynmat

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 geymslutímann 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.

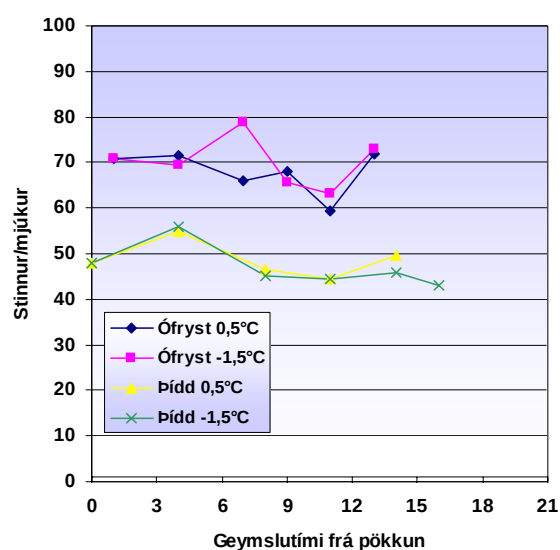
Áhugavert er að bera saman geymslutíma hópanna þegar þeir fá t.d. einkunn 7, en þá er ferska sæta bragðið horfið og fiskurinn orðinn hlutlaus. Hópur A náði þessari einkunn eftir 8 daga geymslu, en það tók 10 daga fyrir hópa B og C. Þetta sýnir að geymsla roðkældra flaka við undirkælingu ($-1,5^\circ\text{C}$)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



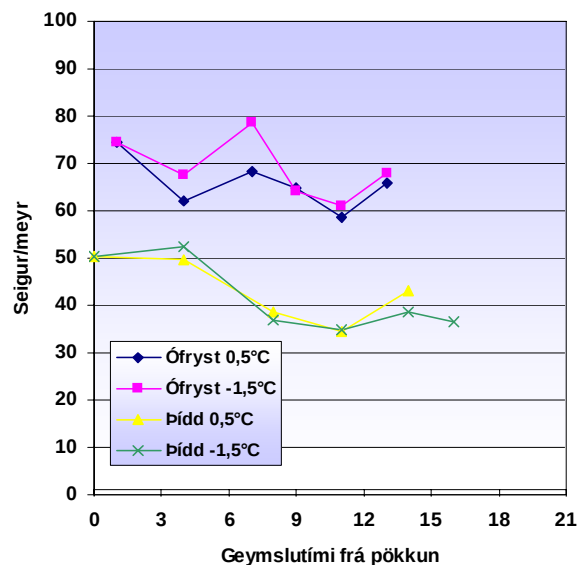
Mynd 2. Skynmat eftir Torrey-einkunnaskala á roðkældum þorsklökum geymdum við mismunandi hitastig. Hópur A: ófryst, geymd við 0,5°C; hópur B: ófryst, geymd við -1,5°C; hópur C: ófryst, geymd við -1,5°C til 7. geymsludags og þá flutt í 0,5°C; hópur D: þídd, geymd við 0,5°C; hópur E: þídd, geymd við -1,5°C.



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.



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.



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.

geymslutímans sem er í samræmi við fyrri rannsóknir (Hannes Magnússon og Emilía Martinsdóttir, 1995). Það er ekki fyrr en undir lok geymslutímans sem áhrif hitastigsins komu í ljós þegar þíddu flökin sem geymd voru við 0,5°C voru eða fóru niður fyrir mörk neysluhæfni á 13. degi. Þíddu flökin geymd við -1,5°C náðu þessum mörkum eftir 16 daga geymslu. Þíddu

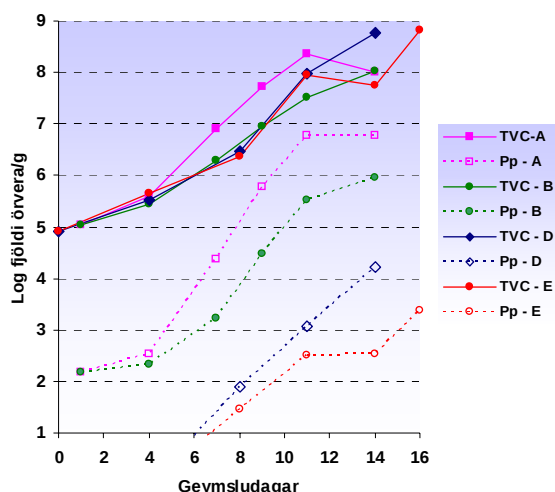
flökin geymdust lengur en sambærileg ófryst við -1,5°C og munar þar um tveimur dögum.

Á myndum 3 til 5 kemur í ljós mikill munur á áferð þíddra og ófrystra roðkældra flaka. Þíddu flökin eru mun þurrari, harðari og seigari en þau ófrystu þessir áferðarþættir fengu um 60 til 80 í ófrystum flökum en fá milli 50 og 60 í þíddum flökum. Þessar niðurstöður eru í sam-

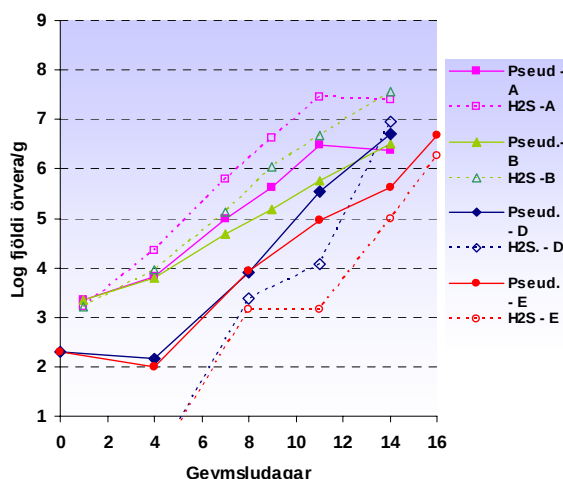
ræmi við fyrri niðurstöður Rf (Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon, 2001) þar sem samkvæmt skynmati dæmdist þíddur fiskur seigari og þurrari eftir tveggja mánaða geymslu og mun seigari og þurrari eftir 12 mánaða geymslu borið saman við fisk sem var ófrystur. Enginn munur varð á þíddum flökum hvort sem þau voru geymd við hærri 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 væri 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 þökkun hráefnisins í þessari tilraun (desember) hafði vinnslan hjá Tanga verið að vinna eldra hráefni fyrir um morguninn. Vinnslulínan hafði verið „smurð“ skemmdaröverum eldra hráefnisins og þetta skýrir sennilega þennan háa örverufjölda í seinni tilrauninni þrátt fyrir yngra hráefni. Þar af leiðandi var fjöldi *H₂S*-myndandi örvera (log 3,0-3,2/g) og *Pseudomonas* tegunda (log 3,5/g) mjög svipaður milli tilrauna. Aftur á móti var minna af *P. phosphoreum* 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



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 *H₂S*-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.

sér að takmarkað geymsluþol fékkst í desember tilrauninni miðað við hvað hefði fengist við betri vinnsluáðstæður.

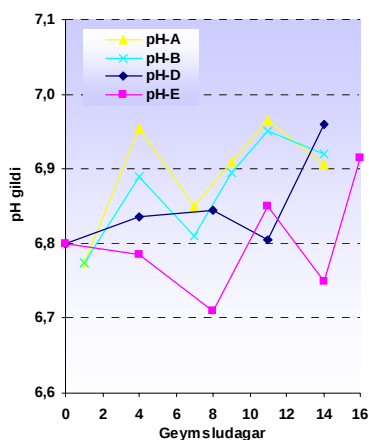
Eins og mátti búast var örveruvöxtur hægur fyrstu dagana við 0,5°C (hópur A) en þegar hitastigið fór að hækka í flökunum (á 4.-7. degi, sjá mynd 1) varð örveruvöxturinn hraðari við 0,5°C en -1,5°C. Vöxtur *P. phosphoreum* var einnig hægari við -1,5°C (B hópur) og náði um log 6/g á 14. degi. Svipaður *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 *H₂S*-myndandi örvera (mynd 7) í hópur A var mjög stöðugur allan tímann og enginn lagfasi var til staðar í upphafi geymslutímans, sem var öfugt við hina örveruhópuna vegna áhrifa undirkælingar. Þetta gefur til kynna að „lífisfræðileg“ staða *H₂S*-myndandi örvera var betri (virkari) og skýrir væntalega mikilvægi þess örveruhóps í þessari tilraun þar sem óvenjulega mikið (log

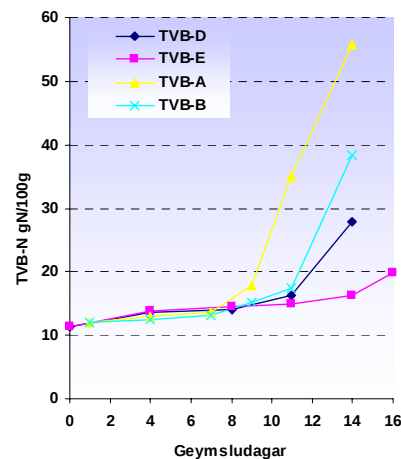
7,4-7,5/g) mældist við lok geymslupols. Ekki er hægt að fullyrða að þetta sé vegna upphaflegrar mengunar á vinnslulínunni fyrir pökkun, en sá möguleiki er vel fyrir hendi. Við sama geymsluhitastig varð þróun *Pseudomonas* tegunda aðeins hægari en fjöldinn var um log 6,4/g við lok geymslu. Við undirkælingu 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_2S -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 geymslupols var meiri í þíddu en ófrystu flökunum. Við upphaf tilraunar voru fáar H_2S -myndandi örverur á þíddum flökum, sem gæti orsakast af ónákvæmni aðferðarinnar. Vöxturinn í skálum verður svo þéttur vegna annarra örvera að ekki er hægt að greina svartar kólóníur sem eru einkennandi fyrir H_2S -myndandi örverur. Samt sem áður gefur þetta litla magn til kynna að frystingin og/eða frystigeymslan gæti haft áhrif á lifun og vöxt H_2S -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 í fersku flökunum og þeim þíddu sem voru geymd við undirkælingu. En þrátt fyrir þetta var greinileg hækkun yfir geymslutímanum þar sem pH var komið yfir 6,9 í lok geymslutímans.



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

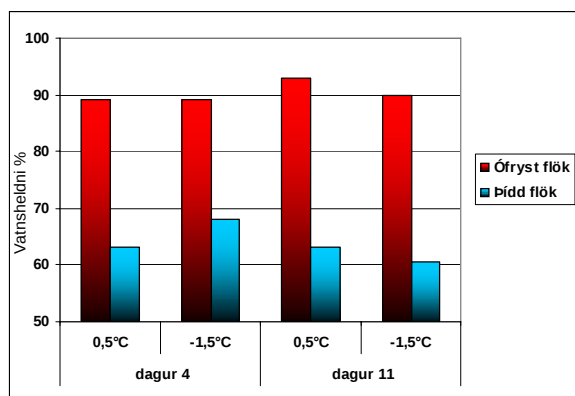


Mynd 9. TVB-N í roðkældum ófrystum þorsflökum geymdum við 0,5°C (A) og -1,5°C (B) og roðkældum þíddum þorsflökum geymdum við 0,5°C (D) og -1,5°C (E) eftir pökkun.

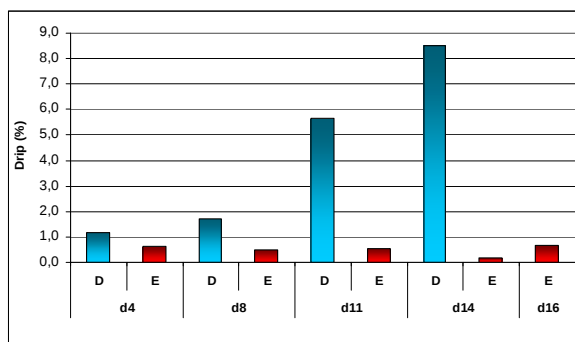
TVB-N gildi hækkaði mun hraðar í ófrystum sýnum geymdum við 0,5°C en við -1,5°C og var komið um 35 mg N/100g á 11. degi en tveimur dögum seinna við -1,5°C (mynd 9). TVB-N jókst mun hægar í þíddu flökunum en þeim ófrystu ef miðað er við sambærilegt hitastig og náði ekki 35 mg N/100g á geymslutímanum, 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 samanstendur að miklu leyti af TMA og í fyrri rannsóknunum Rf hefur verið sýnt fram á að mæling á TMA sé ekki nothæfur mælikvarði á gæði þíðra þorsflaka sem geymd eru í ís (Emilía Martinsdóttir og Hannes 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_2S -myndandi örverur, sem fundust í meira magni (log 6-7/g) við lok geymslupols 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 fyrri stigi en brennisteins-einkennandi 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 kæli-geymslu (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 þorskrannsóknunum Rf frá 2003 (Kristín A. Þórarinsdóttir o.fl.) en þar mældist vatnsheldni hráefnis (uppreiknað fyrir flök) $87,9 \pm 2,0\%$ og leiddi frýsting til lækkunar um 10-15% í vatnsheldni. Sá fiskur var veiddur í maí.



Mynd 10. Vatnsheldni í roðkældum þorsflökum, 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.

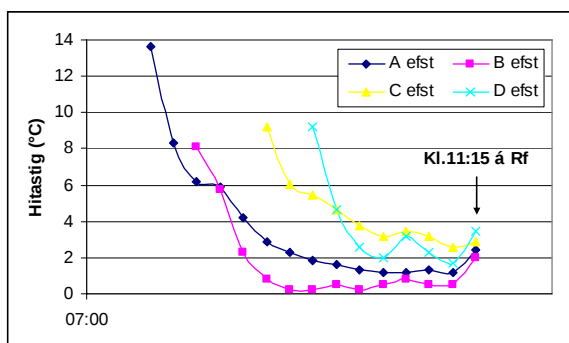
Vatnstapið (drip) var um 5% á 11. degi í ófrystu roðkældu flökunum (mynd 11) sem var svipað og í flökum sem unnin voru á hefðbundinn hátt (sjá Verkefnaskýrslu Rf 03-05). Drip mældist innan við 1% í þíddum flökum sem voru geymd við -1,5°C allan geymslu-tímann eins og búast mátti við vegna þess að undirkælingin 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. Meira drip sem mælist í þíddum flökum en ófrystum stafar af minni vatnsheldni í þeim þíddu.

3.2. Niðurstöður geymsluþolsrannsóknna 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 þökkun tók fremur langan tíma og varð einhver hitastigshækkun í sumum flakanna. Þökkun í loftskiptar umbúðir tók um eina 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 þökkunarherberginu var um 18-19°C og flökin misköld við þökkun (-0,5 til -1°C). Til að undirstrika áhrif hitastigsstjórnunar á gæði afurðanna kom í ljós að þessi bið á þökkun, sérstaklega fyrir A-hópinn, leiddi til töluverðrar hækkunar á hitastigi eins og lesa mátti af síritunum sem voru staðsett efst/neðst í einum af fyrstu kössunum (A hópur). Í töflu 1 og mynd 12 er sýnt hvernig hitasveiflurnar voru eftir þökkun fyrir hvern hóp.

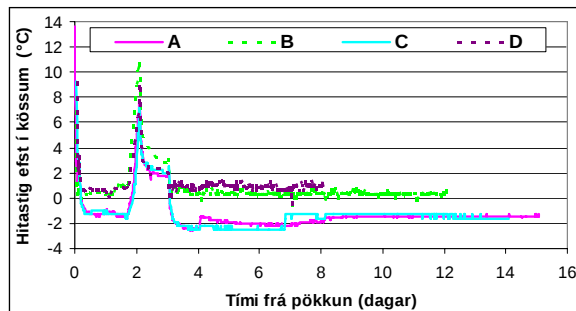
Á öðrum degi geymslu varð bilun um nótt í kælikerfi klefanna þar sem kassarnir voru geymdir og hækkaði hitinn þar í um +10°C frá



Mynd 12. Hitastig frá þökkun 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.

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.

	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 (°C, efst)	13,6	8,1	9,2	9,2
Meðalhiti frá pökkun - Rf (°C)				
Efst í kassanum	3,7 ± 3,4	1,7 ± 2,3	4,4 ± 1,9	3,6 ± 2,3
Neðst í kassanum	1,7 ± 1,9	2,3 ± 2,8	5,0 ± 2,6	3,5 ± 2,0
Max/min hiti (°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

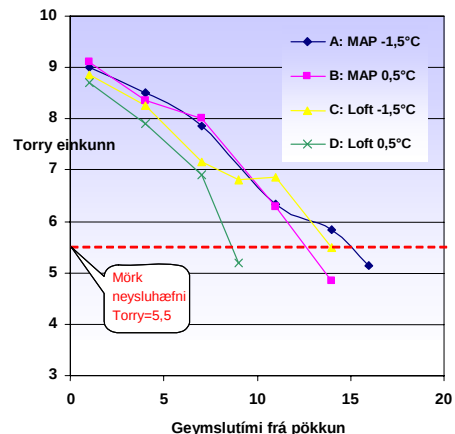


Mynd 13. Hitastigsmælingar í roðkældum þorsflökum yfir geymslutímanum. Hópur A: MAP geymd við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: loft við -1,5°C; D: loft við 1,5°C.

kl. 01 til 10 (mynd 13). Kassarnir voru fluttir eftir um 9 klst í kæli (2°C). Hitasveifla þessi var skráð í sírita 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 ± 1,8°C (A); 0,9 ± 1,6°C (B); -1,2 ± 1,9°C (C); 1,1 ± 1,9°C (D). Meðalhiti í flökunum (efst í kössunum) var eftirfarandi: -1,2 ± 1,3°C (A); 0,9 ± 1,5°C (B); -1,2 ± 1,4°C (C); 1,3 ± 1,1°C (D).

3.2.2. Skynmat

Upphafleg gæði hráefnisins eftir pökkun og eins dags geymslu voru svipuð milli hópa, þó aðeins betri fyrir gaspökkuðu flökin (mynd 14). Ferskleikaeinkenni héldust lengur í gaspökkuðum flökum óháð geymsluhitanum, 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 öðrum degi geymslutímans, annars hefði mátt vænta að ferskleikinn hefði haldist lengur í flökunum geymdum við undirkælingu (-1,5°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 fjögurra daga aukins geymslupóls við 0,5°C en einungis um einn dag við -1,5°C.



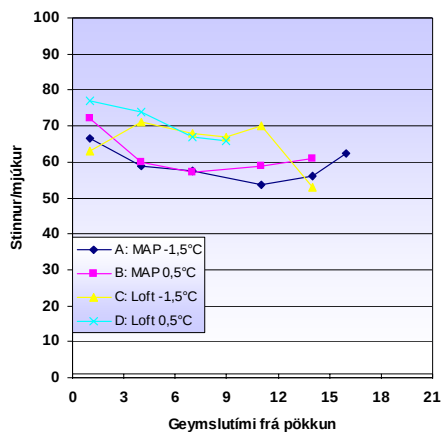
Mynd 14. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti í VGÍ kössum við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5°C.

Skynmat var einnig gert á 9., 15. og 16. degi (geymsla við -1,5°C) og 9. og 15. degi (0,5°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°C (EPS+). Hér er áhugavert að bera saman MAP-flökin og þau sem voru geymd í frauðplastkössum við -1,5°C (EPS-), því gæðin virðast hafa minnkað á svipadán 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 geymslupól í öllum hópum miðað við að lok geymslupóls teljist þegar meðaltal Torry-einkunnar er 5,5.

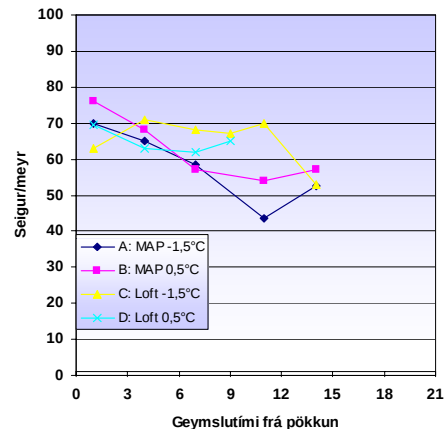
Niðurstöður skynmats á mismunandi áferðarþáttum þ.e. stinnleika/mýkt, safi, seigju/meyrni

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

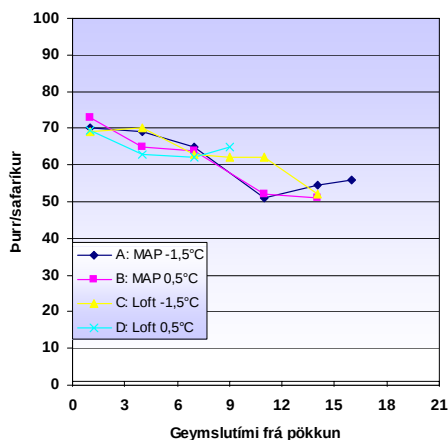
	A	B	C	D	EPS-	EPS+
	MAP -1,5°C	MAP +0,5°C	Loft -1,5°C	Loft +0,5°C	Frauðplast -1,5°C	Frauðplast +0,5°C
Geymsluþol	15	12	14	8	16+	ca 11-12



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.



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.



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.

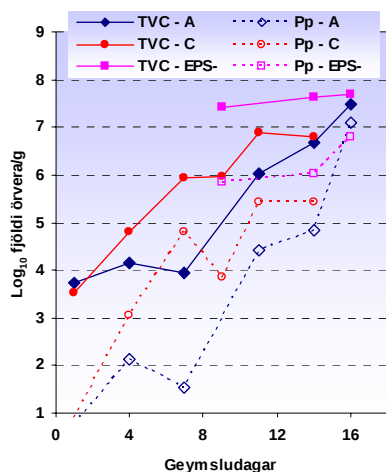
eru sýndar á myndum 15 til 17. Flökin sem voru geymd í lofti voru mýkri en flök sem geymd voru í loftskiptum umbúðum mestallan geymslutímann og marktækt safaríkari og meyrari á 8. til 11. degi.

3.2.3. Örverumælingar

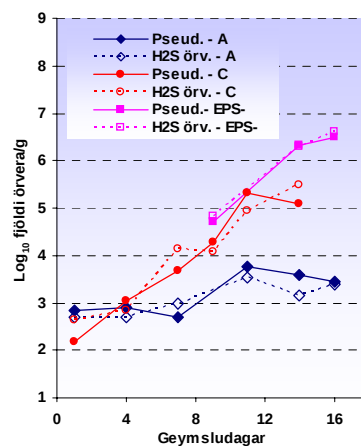
Niðurstöður örverumælinga eru sýndar á myndum 18 til 21. Heildarörveruflóran í flökunum geymdum í lofti (hópur C og D) óx hægar

við -1,5°C (mynd 18) en við 0,5°C (mynd 19) eins og mátti búast við. Þrátt fyrir hitasveiflu náði MAP-hópurinn A (-1,5°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 skemmdareinkennum komu fyrir 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°C (mynd 19), er hugsanlegt að undirkæling og MAP hafi samverkandi hindrandi áhrif á Pp.

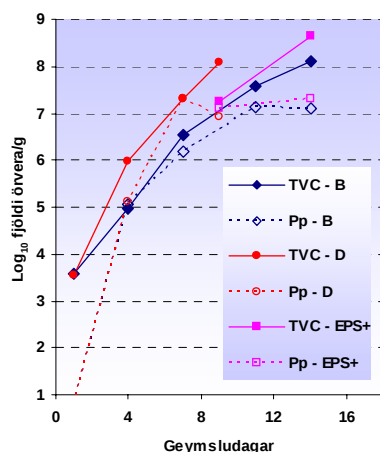
Samkvæmt mynd 19 var vöxtur Pp svipaður við 0,5°C hvort sem var um gasþökkun eða ekki að ræða. Mynd 19 sýnir að vegna hitasveiflu á öðrum degi geymslunnar og geymslu við 2°C milli 2. og 3. geymsludags, hafði Pp náð sama fjölda á 4. degi í báðum hópum (loft vs. MAP) á meðan heildarörverufjöldinn var hærri fyrir loft-sýnin. Þetta bendir til að annar hópur baktería en Pp hafi náð að dafna enn frekar í loftpakkningunum og var um 1 log hærri en Pp. Þessi hraði vöxtur í loft-sýnunum seinna á geymslutímanum olli skemmdum miklu fyrir (á 8. degi) en í MAP-sýnunum (á 12. degi), þ.e.



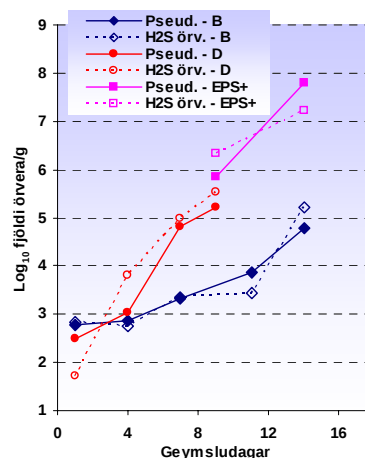
Mynd 18. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) í röðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi.



Mynd 20. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við -1,5°C. Hópur A: MAP; C: Loft; EPS-: frauðplastkassi.



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.



Mynd 21. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera í þorsklökum geymdum í loftskiptum pakkningum og með lofti við 0,5°C. Hópur B: MAP; D: Loft; EPS+: frauðplastkassi.

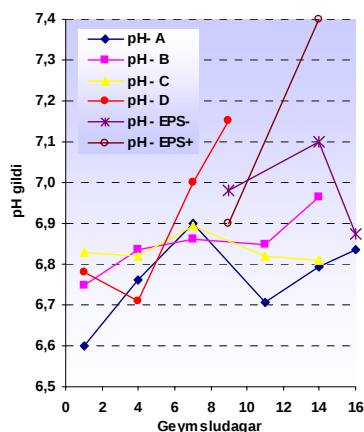
um leið og TVC hafði náð um log 7,8/g og Pp um log 7/g.

Myndir 20 og 21 endurspeglar áhrif gasþökkunar (MAP) og undirkælingar á vöxt *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera. Þessir bakteríuhópar eru þekktir fyrir að þola illa CO₂, en undirkælingin (hópur A) greinilega jók áhrif gasþökkunar 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°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 CO₂). Að lokum

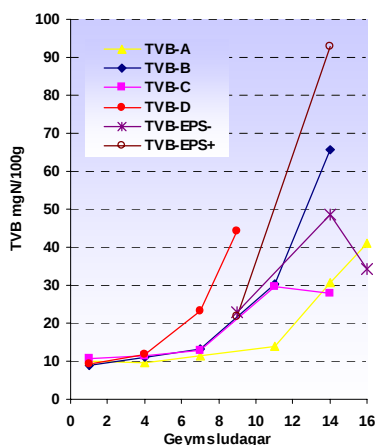
má segja að fjöldi Pp var ríkjandi (log 7/g) í skemmdum flökum geymdum við 0,5°C óháð loftskilyrðum á meðan undirkæling og gasþökkun drógu mikið úr vexti þeirra og hinna bakteríuhópanna.

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 herra 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-



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.



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.

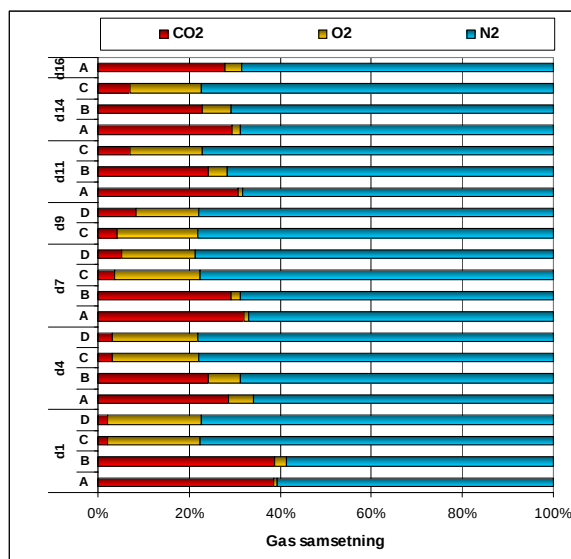
flökunum (B) og rúmlega 7 í þeim geymdum við loftskilyrði (D).

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 súrefnisnauðum skilyrðum (Huss, 1972). Há TVB-N gildi

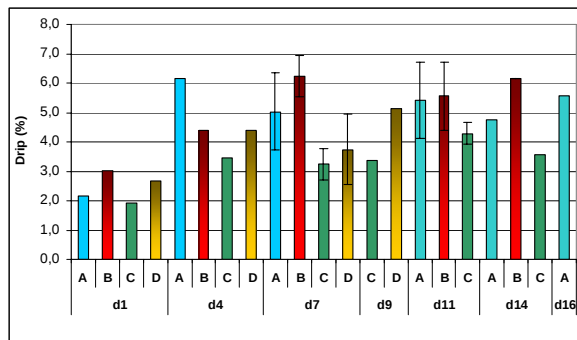
við skemmd í hópnum EPS+, A, B og D tengjast miklum fjölda Pp (log 7-7,3/g) á þessum tilteknum dögum. En í C-hópnum var fjöldi Pp um log 5,4/g á 14. degi geymslunnar og TVM-N mældust um 30 mg N/100 g TVB-N myndaðist hægar við undirkældum aðstæðum (C og A), en magn þess við skemmd var í samræmi við Pp fjöldann sem mældist.

3.2.5. Gas-, drip- og vatnsheldnimælingar

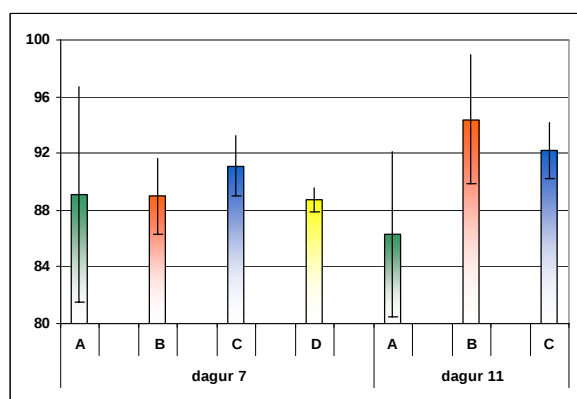
Á myndum 24 til 26 eru niðurstöður gas-, drip- og vatnsheldnimælinga. Við pökkun var meðalgildi gasblöndunnar 54,1% CO₂/ 1,4% O₂/ 44,5% N₂ fyrir A-hópinn en 52,0% CO₂/ 1,1% O₂/ 46,9% N₂ fyrir B-hópinn. Eftir dagsgeymslu var gassamsetningin í loftskiptum umbúðum um 38-39% CO₂/ 0,9-2,8% O₂/ 58-61% N₂, en þá hafði hluti af CO₂ leyst í vökvafasa fiskvöðvans og súrefnismagnið jókst lítillega í kjölfar þess. Á 4. degi hafði janfvægi í gasblöndunni verið náð því súrefnið var um 6-7% en CO₂ magnið tæplega 30%. Eftir 7 daga geymslu minnkaði O₂ og myndun viðbótar CO₂ 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% CO₂/ 20,45 O₂/ 77,45% N₂ eftir dagsgeymslu. Eftir viku-



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.



Mynd 25. Dripmælingar í roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum þakningum 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.



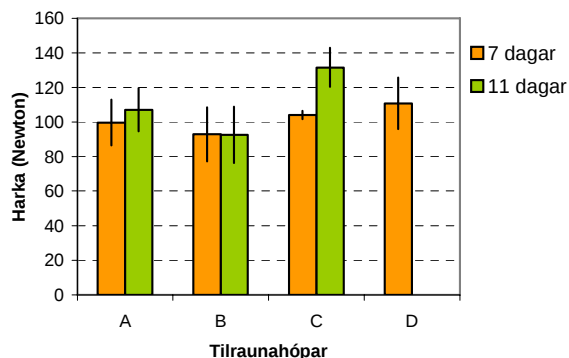
Mynd 26. Vatnsheldnimælingar á roðkældum þorsklökum geymdum í loftskiptum þakningum og með lofti við mismunandi hitastig. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5.

geymslu varð myndun CO_2 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%.

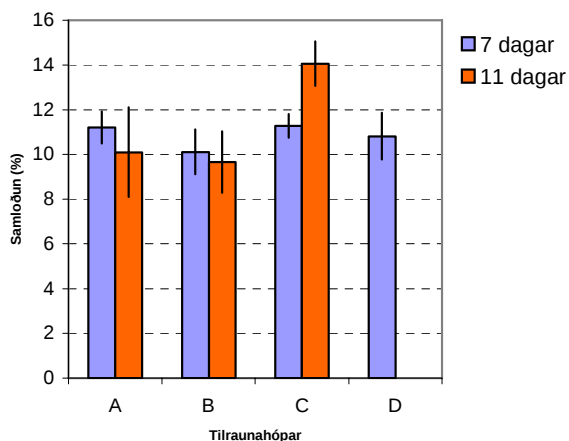
3.2.6. Áferðarmælingar

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

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 geymslutímann 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 því var öfugt 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



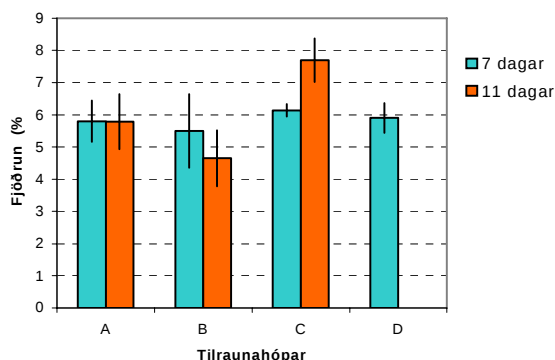
Mynd 27. Áferðarmæling með tæki á hörku þorsklaka eftir geymslu við mismunandi aðstæður í 7 og 11 daga. Hópur A: MAP við -1,5°C; B: MAP við 0,5°C; C: Loft við -1,5°C; D: Loft við 0,5.



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.

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



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 $0,5$.

niðurstöður úr áferðarmælingu hvað varðar samloðun. Samloðunin hjá hópi C (loft $-1,5^{\circ}\text{C}$) 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.

Niðurstöður mælinga á fjöðrun eru sýndar á mynd 29. Fjöðrun er mælikvarði á 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.

3.3. Niðurstöður geymslupolsrannsókna hjá HB-Granda - Tilraun 2

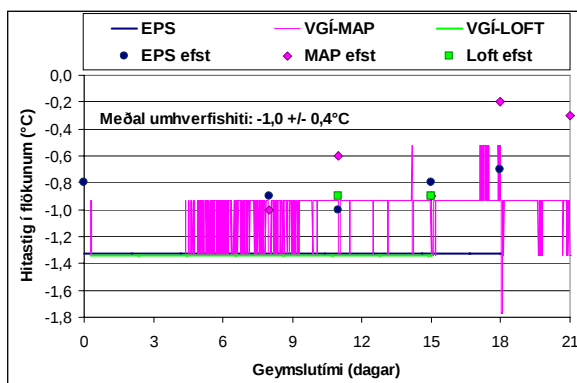
3.3.1. Hitastigsmælingar

Fiskurinn var fluttur í frauðplastkössum frá HB-Granda til Rf snemma um morguninn. Framleiðslan hafði gengið vel og fiskinum hafði verið pakkað um leið, þannig að það mátti búast nokkuð stöðugum hita í flökunum. Hitinn í þeim var mældur við komu á Rf og var um $-0,8$ til

$-0,9^{\circ}\text{C}$. 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 dag á geymslútímanum. Síritarnir sem voru staðsettir neðst í kössunum sýndu lágt hitastig miðað við hitastigsmælingar sem voru gerðar við hverja sýnatöku í hnakknum á efri flökunum (mynd 30). Hitinn var nokkuð stöðugur í EPS kössunum (um $-0,8^{\circ}\text{C}$ í efri flökunum) á meðan hækkan mældist (upp í $-0,2$ – $0,3^{\circ}\text{C}$) í MAP-kössunum undir lok geymslútímans (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 mælingum sem gerðar voru við hverja sýnatöku. Þetta gerðist þrátt fyrir að síritarnir væru kvarðaðir í ísbaði 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 hugsanlegt að eitthvað hafi verið að síritunum bæði í EPS kassanum og VGÍ-kassanum, því engin sveifla er óvenjulegt fyrirbæri við lengri geymslu.

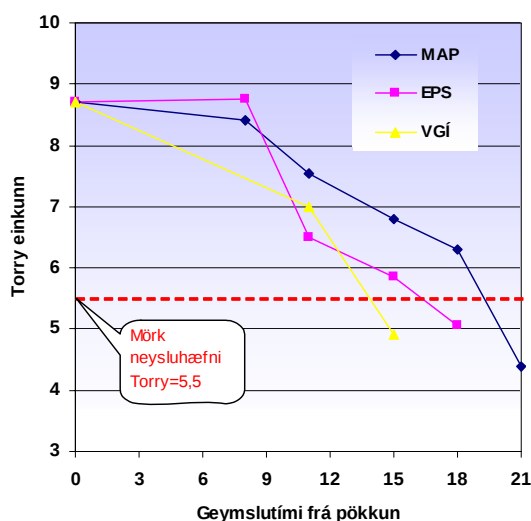
3.3.2. Skynmat

Geymslupól flaka í loftskiptum umbúðum við -1°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 geymslútímans en flökin í frauðplastkössunum (mynd 32). Ef miðað er við söluhafni flakanna

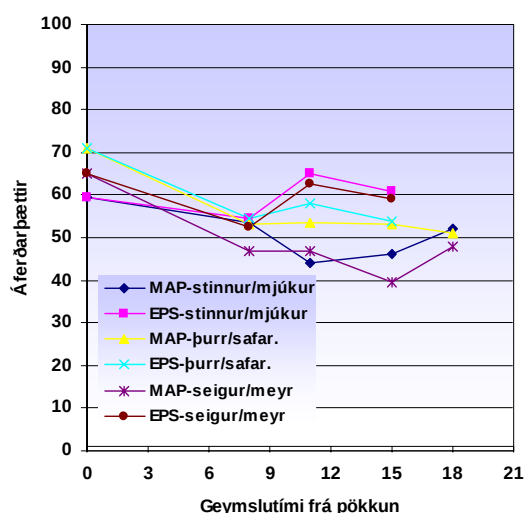


Mynd 30. Hitastigsmælingar í þorsflökum við geymslu í frauðplastkössum (EPS) og VGÍ kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti. Hitinn einnig mældur í flökunum efst í kössunum við hverja sýnatöku (EPS efst, MAP efst, loft efst).

(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) væri lágt allan tímann 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°C á d8 upp í $-0,2^{\circ}\text{C}$ á d18 í MAP-flökunum.



Mynd 31. Skynmat eftir Torry-einkunnaskala á roðkældum þorsflökum geymdum við -1°C í frauðplast-kössum (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 frauðplast-kössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

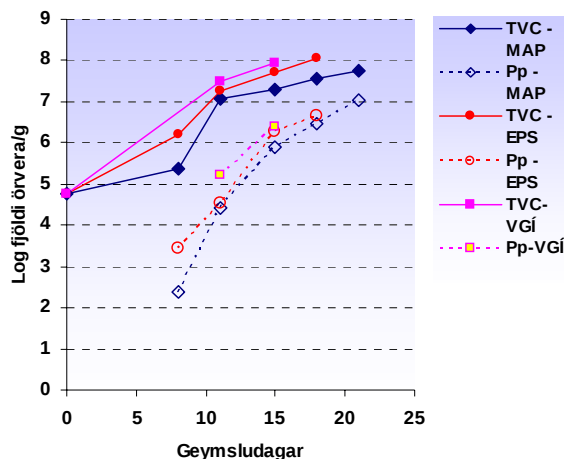
Augljóslega eru VGÍ-umbúðirnar viðkvæmari fyrir hitasveiflum en EPS-kassarnir og þess vegna nauðsynlegt að tryggja að kælikeðjan haldist allan tímann. Það skipti miklu máli að flökin voru undir 0°C við pökkun eftir roðkælinguna og halda flökin í EPS kössunum því lágtum hita mun lengur. Við hefðbundna flökun er hitastig flaka oft um 4 til 6°C eftir snyrtingu þegar pakkað er. Geymsluþol í öllum pakkningunum í þessari tilraun er mun lengra en í tilraunum þar sem hefðbundin vinnslulína var notuð (Verkefnaskýrsla Rf 03-05), en þá var geymsluhitinn eftir pökkun um $0,8^{\circ}\text{C}$ að meðaltali. Til að mynda var geymsluþol flaka 9 dagar eftir pökkun í frauðplastkassa í geymsluþols-tilraun hjá Tanga hf þegar hefðbundin lína var notuð (pakkað þrem dögum frá veiði eins og hér).

3.3.3. Örverumælingar

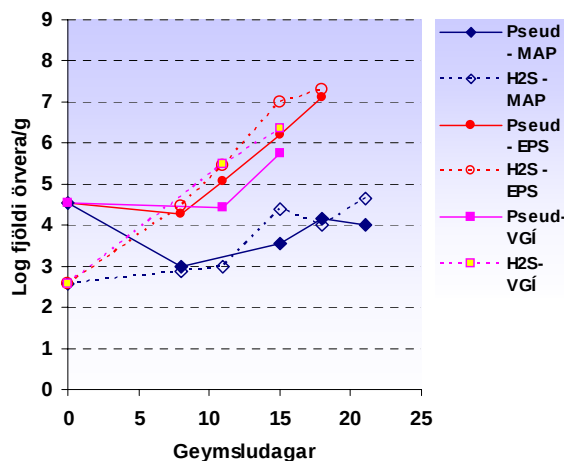
Vegna hitasveiflna sem urðu við fyrri tilraun (okt-nóv.) var ómögulegt að fullyrða um virkni MAP við undirkælingu. Það hindraði vissulega vöxt *Photobacterium phosphoreum* (Pp) að einhverju marki, en geymsluþol jókst lítið miðað við í lofti. Samanburður við hópana sem voru geymdir við $0,5^{\circ}\text{C}$ gaf til kynna að hugsanlega hefðu undirkæling og MAP samverkandi hindrandi áhrif á Pp.

Í þessari tilraun skýrast viðbótaráhrif MAP við undirkælingu. Það hægir greinilega á vexti heildarörveruflórunnar (TVC, mynd 33), *Pseudomonas* tegunda og H_2S -myndandi örvera (mynd 34) eins og er þekkt við $0-1^{\circ}\text{C}$. 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 loftkassann 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 ($59.000/\text{g}$) og í samræmi við aðrar tilraunir framkvæmdar á árunum 2003-2004, þó aðeins slakari. Einnig var upprunalegur fjöldi *Pseudo-*



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).



Mynd 34. Fjöldi *Pseudomonas* tegunda og H₂S-myndandi örvera í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

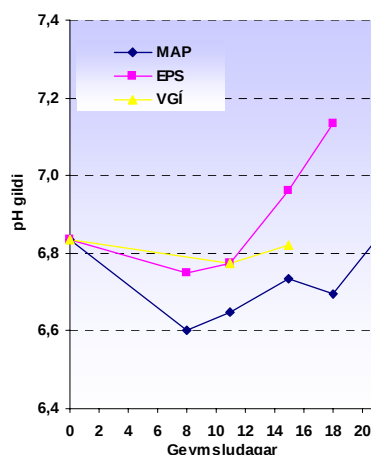
monas tegunda óvenjulega hár eða um 24.400/g. Samt sem áður virtist undirkælingin hafa stöðvað vöxt þessara bakteríutegunda fyrstu daga geymslutímans, því vaxtaraukning var sýnileg eingöngu á 8.-11. degi í loftpakkingunum. Hér er athyglisvert að skoða fjölgun H₂S-myndandi örvera við þessar undirkælingaraðstæður. Stöðugur vöxtur er sjáanlegur yfir alla geymslutímenn, 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 flökum geymdum í EPS kössunum urðu H₂S-myndandi örverur ríkjandi (log 7,1/g) á meðan Pp og *Pseudomonas* tegundir náðu um log 6,5/g. Í VGÍ loftkössunum þar sem

hæg CO₂ myndun átti sér stað dró úr vexti *Pseudomonas* tegunda (log 5,7/g) en fjöldi Pp og H₂S-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 í um 1000-falt minna magni en TVC.

3.3.4. Efnamælingar

Sýrustigsmælingar í flökunum við sýnatöku (ekki sýndar hér) sýndu fram á lækun 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 herra en það sem fékkst á yfirborði MAP-flakanna. Mynd 35 sýnir sýrustigið í hakkinu eftir þessa meðhöndlun.

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 geymslutímenn. 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 H₂S-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 örflítið hraðar í loftkössunum, en lægra sýrustig mældist þegar leið á tímanum, hugsanlega vegna myndunar á CO₂ 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.



Mynd 35. pH-mælingar í roðkældum þorsklökum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

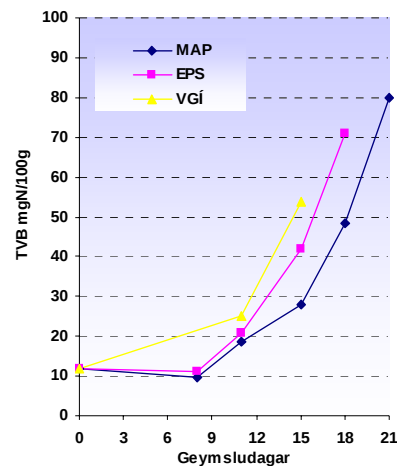
Þróun pH í MAP-flökunum var í samræmi við myndun TVB-N efna yfir geymslutímabilinu en CO_2 í umhverfinu og í holdi flakanna leiddi til lægra heildarsýrustigs. Á 11. degi varð hækkun TVB-N efna mælanleg og tengist hún þróun örveruflórunnar. Heildarörverufjöldi hafði náð log 7/g en Pp fjölgaði hratt milli 8. og 11. dags, 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 H_2S -myndandi örverur um log 4/g. Þetta er í samræmi við mælingar í EPS-kössunum, nema hvað fjöldi H_2S -myndandi örvera er miklu minni í MAP afurðum. Þetta ítrekar mikilvægi Pp við myndun TVB-N efna í skemmdarferli fersks fisks.

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 vökvaþfasa fiskvöðvans (sjá mynd 36). Á móti hækkaði súrefnið (O_2) í tómu rými pakkningarinnar („headspace“) vegna losunar úr vöðvanum og sömuleiðist breytist N_2 lítillega. 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.

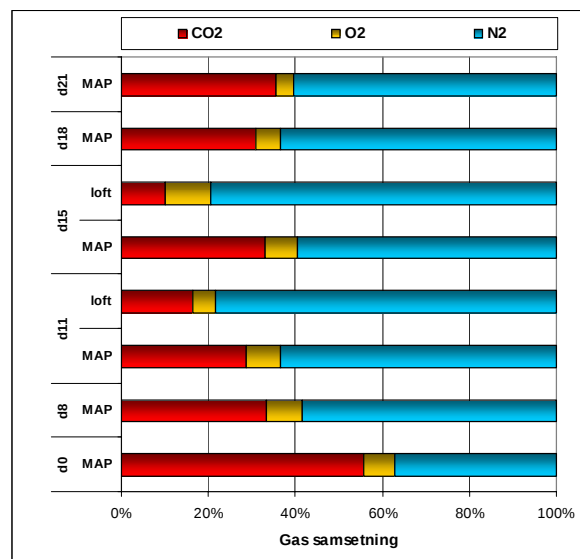
Einnig var fylgst með breytingum gastegunda í loftkössunum (VGÍ). Vegna örveruvaxtar mátti búast við lækkun á súrefninu samhliða myndun á CO_2 . Á 11. degi var CO_2 hlutfallið í loftkassanum komið upp í 16,5%, sem er í samræmi við lækkun O_2 úr 21% (í venjulegu lofti) niður í 5%. Aftur á móti sýndi mælingin á 15. degi lækkun á CO_2 magni og hærri 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 skýrir mjög mikla lækkun ferskleikaeinkunnar á 15. degi, en hærri einkunn fékkst á 11. degi í samanburði við flökin í EPS-kössunum (sjá skynmatsniðurstöður). Þess vegna er hugsanlegt að það gæti náðst aðeins lengra geymsluþol í slíkum VGÍ kössum en tilraunin sýnir nú.

Eins og við mátti búast varð vatnstapið (dripið) í flökunum hærri hjá flökunum sem var

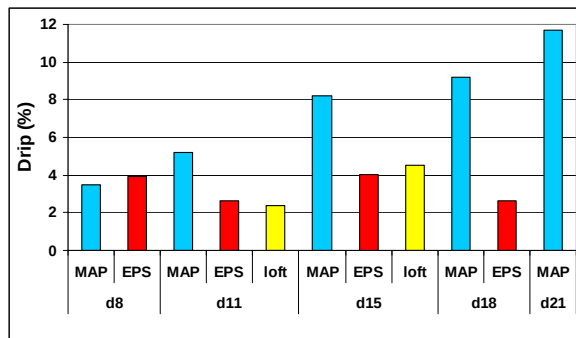


Mynd 36. TVB-N mælingar í roðkældum þorsklökum geymdum við -1°C í frauðplastkössum (EPS) og í kössum með loftskiptu umhverfi (MAP) eða lofti (VGÍ).

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 loftflökin 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 skynmats-einkunnir (MAP d15 og loft d11) leiðir í ljós að



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).

mismunurinn var um 5,8%, þ.e. meira drip hjá MAP-flökunum.

4. SAMANTEKT OG UMRÆÐUR

Tangi desember 2003/mars-desember 2004

Þorskur var veiddur með botnvörpu austur af Íslandi og geymdur heill og slægður í ís í einn 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 $0,5^{\circ}\text{C}$ og hafði 13 daga geymsluþol, eins og hópur D sem hafði verið þíddur fyrir endurpökkun. Hópur B sem var geymdur við $-1,5^{\circ}\text{C}$ var enn hæfur til neyslu eftir 15 daga. Hópur E var geymdur við $-1,5^{\circ}\text{C}$ eftir þíðingu og hafði 16 daga geymsluþol.

Tafla 3 sýnir að við lok geymsluþols voru H_2S -myndandi örverur ríkjandi í ófrystu flökunum, sérstaklega við undirkælingu. 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 þíddra flaka væri jafnlangt og janfvel lengra en ófrystra voru ýmsir skynmatsþættir fremur neikvæðir og getur það haft áhrif á álit neytenda á vörunni. Frysting og/eða frystigeymsla í $3\frac{1}{2}$ mánuð hafði áhrif á lifun/vöxt H_2S -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 geymsluaðferð. *P. phosphoreum* var næm-astur fyrir hamlandi áhrifum undirkælingar. Þegar hitastigið hækkaði í ófrystu flökunum jókst hlutfall Pp vegna hraðari vaxtar auk þess sem 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 flökunum en í þeim ófrystu kemur í ljós að heildarörverufjöldinn varð meiri í lok geymsluþols.

Á óvart kom hvað hlutfall H_2S -myndandi örvera var 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 vinna eldra hráefni fyrir um morguninn án þess að þrifa á milli á viðunandi hátt. Þetta kom einnig fram í því að heildarfjöldi örvera í hráefni í upphafi er sambærilegt við október-tilraunina þó svo að um sé að ræða nýrra hráefni (einn dagur frá veiði miðað við þrjá daga frá veiði í október) og lagfasi fyrir H_2S -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

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)

Mæliþættir	Kæligeymsla við $0,5^{\circ}\text{C}$ (A)	Undirkæling við $-1,5^{\circ}\text{C}$ (B)	Kæligeymsla við $0,5^{\circ}\text{C}$ (D)	Undirkæling við $-1,5^{\circ}\text{C}$ (E)
Geymsluþol (dagar) ¹	(13+1) 14	(14+1) 15+	(13+1) 14	(16+1) 17
TVC ($\log_{10}$ CFU/ g)	8,0	8,0	8,5	8,8
Fjöldi H_2S -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

sagði. Til dæmis má nefna að við lok geymsluþols var fjöldi H_2S -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 könnuð notkun á sérstök-um umbúðum (Polimoon) með möguleikum til loftskipta við pökkun á roðkældum flökum og geymslu við kælingu og undirkælingu. Hráefnið var þriggja daga frá veiði. Töf varð við gaspökkun auk bilunar í geymslurými á Rf á meðan geymslutilraunin stóð yfir. Þrátt fyrir hitasveiflur geymdust undirkældu sýnin í loftskiptum umbúðum í 15 daga eftir flökun eða svipað og flökin í frauðplastkössum sem voru notuð til samanburðar. Notkun sömu Polimoon umbúða með lofti styttaði aðeins geymsluþolið (14 dagar). Við kæligeymslu varð geymsluþolið styttra, 8 dagar í lofti en 12 dagar í loftskiptum umbúðum.

Ávinningur gaspökkunar ásamt undirkælingu var ekki eins sjáanlegur vegna hitasveiflna og umbúða með engu einangrunargildi. Ef litið er eingöngu á áhrif MAP er greinilegt að loftskiptin hafa örveruhemjandi áhrif á suma bakte-riúhópa. Tafla 4 sýnir nánar þróun heildar-örveruflórunnar og sérhæfðra skemmdarörvera við þessar mismunandi aðstæður og áhrif hitasveiflnanna. Við kæligeymslu hafði loftskipta umhverfið (MAP) áhrif á vaxtarhraða heildar-örveruflórunnar og Pp snemma á geymslutímanum en ekki á fjölda þeirra við lok geymsluþols. Aftur á móti olli MAP lengri lagfasa fyrir H_2S -myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir sem leiddu til lægri fjölda. Við undirkælingu urðu áhrif MAP meiri fyrir H_2S -myndandi ör-

verur og *Pseudomonas* tegundir en fyrir Pp. Samkvæmt fyrri tilraunum er vitað að hitasveiflur ýta gjarnan undir vöxt Pp. TVB-N myndun varð aðeins meiri við hærri hitastigið í loftskiptum umbúðum.

HB-Grandi-nóvember 2004

Í þessari tilraun var verið að endurtaka að hluta til gaspökkunartilraunina. Þrjár pökkunarleiðir voru valdar (MAP, EPS, loft) en afurðirnar voru geymdar við -1°C án hitasveiflna. Geymsluþol flaka sem pakkað var í frauðplastkassa þremur dögum frá veiði og geymd undirkæld við stöðugt hitastig var 16 dagar, 19 dagar þegar pakkað var í loftskiptar pakkningar en 14 dagar í loftpakkningun. MAP-flökin voru þó stinnari og seigari á 11. og 15. degi geymslútímans. 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_2S -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 vexti H_2S -myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda, og Pp óx hægar en í hinum hópunum og náði að

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 $-1,5^\circ\text{C}$; B: MAP við $0,5^\circ\text{C}$; C: Loft við $-1,5^\circ\text{C}$; D: Loft við $0,5^\circ\text{C}$.

Mælipættir	MAP við $-1,5^\circ\text{C}$	MAP við $0,5^\circ\text{C}$	Loft við $-1,5^\circ\text{C}$	Loft við $0,5^\circ\text{C}$
Geymsluþol (dagar) ¹	(15+3) 18	(12+3) 15	(14+3) 17	(8+3) 11
TVC ($\log_{10}$ CFU/ g)	7	7,8	6,8	7,8
Fjöldi H_2S -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. Torrey = 5,5

Tafla 5. Gildi örverutalninga, TVB-N, og sýrustigs við lok geymslupols skv. skynmati í roðkældum þorsklökum 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
Geymslupól (dagar) ¹	(19+3) 22	(16+3) 19	(14+3) 17
TVC (log ₁₀ CFU/ g)	7,6	7,8	7,9
Fjöldi H ₂ 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: Heildargeymslupól (geymslutími flaka + dagar frá veiði fyrir flökun) miðað við meðaltalseinkunn skynmats skv. Torry = 5,5.

vera ríkjandi af þeim sérhæfðu skemmdarörverum sem voru mældar. Sambærilegur fjöldi Pp mældist milli hópanna með sama magn TVB-N (um 50 mg N/100g) í lok geymslupols. Þó að geymslupól flakanna sem var pakkað í Polimoon kassana með lofti var lægst, er það hugsanlegt að betri árangur gæti náðst ef tilraunin væri endurtekin. Hærri skynmatseinkunn á 11. degi geymslutímans fékkst í þessum flökum en fyrir EPS-flökin og er hugsanlegt að gasleki í kassanum við sýnatöku á 15. degi hafi haft áhrif.

Samantekt allra geymslupólstilrauna.

Í töflu 4 eru dregnar fram helstu niðurstöður úr öllum geymslupólstilraunum verkefnisins bæði um heildargeymslupól 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 einkennandi 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 fjóra til fimm 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, þökkun og við áframhaldandi geymslu má lengja verulega þann tíma sem fiskurinn er enn með sitt einkennandi ferska bragð. Það langa geymslupól sem náðist með kælingu við vinnslu, undirkælingu við geymslu og loftskiptum pakkningum gæti aukið svigrúm til breyttra flutningsleiða flaka á kælimarkað erlendis. Niðurstöður þessara rannsókna sýna ótvírætt að til að ná sem lengstu geymslupóli fiskflaka í kæli skiptir meginmáli að upphafsörverufjöldi sé lágur og hitastigi sé haldið stöðugu og undir 0°C allan geymslutímann.

Samkvæmt niðurstöðum sem sýndar eru í töflunni lengist sölutími ferskra flaka um tvo

Tafla 6. Meðalhiti, áætlaður sölutími og geymslupól 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 0,5°C	-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	15	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

daga við roðkælingu miðað við hefðbundna þakningu eingöngu og hitastig yfir 0°C. Ef flökin eru hins vegar geymd undirkæld næst tveir dagar í viðbót og má telja sölutíma roðkældra flaka sem geymd eru við um -1°C 10 til 11 daga eftir þökkun (sem var við þrjá daga eftir veiði). Áhrif loftskiptanna eingöngu verða til lengingar geymsluþols um fimm daga.

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 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 magni CO₂ 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 örugggra matvæla þar sem notuð 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 umbúðum tilbúin til neyslu. Þannig er ört vaxandi markaðar fyrir kældar afurðir, sérstaklega í Evrópu í stað frystra. Vaxandi áhugi neytenda er á loftskiptum þökkuðum fiski í Evrópu nema í Bretlandi. Hins vegar er þar aukinn áhugi kaupenda á að nota umbúðir eins og Polimoon þakningar í stað frauðplastumbúða og pakka sumir breskir kaupendur íslenskum fiskflökum í slíkar umbúðir. Í Englandi er borgað fyrir að skila Polimoon umbúðum en borga þarf fyrir að losna við frauðplastið.

Einnig er áhugavert að benda á að betri skynmatseiginleikar og ásætlanlegt geymsluþol fisks gæti náðst með minna magni CO₂ í gasblöndunni og stöðugu lágu hitastigi við geymslu (-1,5°C). Kanna þarf betur við hvaða aðstæður verður hægt að hámarka gæðin, þ.e. minnka vatnstapið, halda góðum áferðar- og ferskleikeiginleikum fersks fisks, hægja á vöxt sérhæfðra

skemmdarörvera og framlengja geymsluþol roðkældra fiskflaka við undirkælingu.

5. ÁLYKTANIR

Á hverju stigi skemmdarferils fisks er ein-kennandi örveruflóra til staðar. Örveruflóran er háð tegund hráefnis og uppruna þess, meðhöndlun hráefnis við vinnslu og geymslu. 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. Þessi baktería, sem er öflugur TMA framleiðandi, varð ríkjandi þegar hitasveiflur komu fram sérstaklega við ófullnægjandi geymslu fyrir vinnslu hráefnisins. En *P. phosphoreum* (Pp) hefur aðallega verið kennd við skemmdir á gasþökkuðum fiski. H₂S-myndandi örverur hafa hins vegar verið tengdar 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 H₂S-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 H₂S-myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir mun hægar við þessar aðstæður sem leiddu til lægra fjölda. Sameiginleg notkun roðkælingar, gasþökkunar og undirkælingar við geymslu afurðanna hægðu verulega á skemmdarferli ferskra fiskflaka, höfðu mjög hamlandi áhrif á vöxt H₂S-myndandi örvera og *Pseudomonas* tegunda og leiddu til hægari vaxtar Pp. En nauðsynlegt var að viðhalda þessum lága hita til að ná fram þessa geymsluþolsaukningu.

Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að hitastig og meðhöndlun í upphafi hefur afgerandi áhrif á lengd geymsluþolsins og niðurstöðum skynmats, efna-, örveru- og rafnefsmælinga bar vel saman. Lágt hitastig í ferlinum er undirstaða þess að lengja geymsluþol fisks og með roðkælingu helst hitastig flaka undir 0°C allan

vinnslutímann. Með roðkælingu hægir verulega á skemmdarferli ef borið er saman við hefðbundna vinnslu. Með því að vinna hráefnið þremur dögum frá veiði fékkst um 14 daga geymsluþol fyrir þorsklök sem geymd voru í frauðplastkössum við 0,5°C. Einnig tókst að lengja geymsluþol roðkældra flaka um a.m.k. tvo daga til viðbótar ef geymsluhitastigið var lækkað úr 0,5°C niður í -1,5°C. Með þökkun í loftskiptar umbúðir náðist um 19 daga geymsluþol eftir þökkun (auk þriggja daga geymslu heill eftir veiði). Þetta geymsluþol gefur til kynna að flutningur ferskra flaka með skipum geti orðið raunhæfur kostur fyrir sum fyrirtæki. Þídd flök sem geymd höfðu verið 3½ mánuð í frysti geymdust heldur lengur en ófryst flök við -1,5°C. Þau flök fengu samt mun lægri einkunn í upphafi geymslutímans en sambærileg ófryst flök. Geymsluþol flaka sem pakkað var þrem dögum frá veiði og geymd undirkæld við stöðugt hitastig -1,0°C var 16 dagar í frauðplastkössum en 19 dagar í loftskiptum pakkingum. Undirkæling er mjög mikilvæg til að tryggja kælikeðjuna. Lágt geymsluhitastig er mikilvægt til að ná fram kostum roðkælingar við vinnslu flakanna og ná fram löngu geymsluþoli. Frekari rannsóknar 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, HB-Granda og Valdimar Gíslasyni hf gott samstarf. Einnig öðru samstarfsfólki á Rf sem annaðist ýmsar mælingar. Ásu Þorkelsdóttur og skynmatshópi Rf er þakkað framlag þeirra til verkefnisins. Tækisjóði 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*. 2nd edition. Translation from the 4th German edition by M. Burghagen et. al. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Billon J., Ollieuz J.N, Tao S.H. 1979. Etude d'une nouvelle méthode de dosage de l'azote basique volatil total pour l'évaluation qualitative des produits de la pêche. *Rev. Tech. Vét. de l'Alimentation* 1149: 13-17.
- Brown W.D. 1986. Fish Muscle as Food. Í: Peter Bechtel, ritstj. *Muscle as Food*. Academic Press, Inc. (London), 406-453.
- Connell, J.J. og Howgate P.F. 1968. Sensory 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, H.H. 1996. Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products. *J. Appl. Bacteriol.* 81: 57-64.
- Davis, H.K. 1993. Fish. Í: RT Parry, ritstj. *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, Scotland. 189-228.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Kári P. Ólafsson. 1998. Sjófryst flök sem kælivara. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Skýrsla Rf* 16.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Páll Steinþórsson. 1991. Geymsluþol á ófrystum og þíddum flökum í ís. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. RIT Rf* nr. 30.
- Emilía Martinsdóttir og Hannes Magnússon. 2001. Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice. *J. Food. Sci.* 66: 1402-1408.
- Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon, Hélène L. Lauzon og Kolbrún Sveinsdóttir. 2003. Þídd sjófryst MAP-flök með skipum á erlendan markað. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. 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. Þökkun fiskflaka í koldíoxíð. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. 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°C. *J. Food Prot.* 61: 1129-1136.
- Hannes Magnússon, Emilía Martinsdóttir og Páll Steinþórsson. 1991. Áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þíðingu. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. RIT Rf* nr. 26.
- Hannes Magnússon og Emilía Martinsdóttir. 1995. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Food Sci.* 60: 273-278.
- Huss, HH. 1972. Storage life of prepacked wet fish at 0°C. 1. Plaice and haddock. *J. Food Technol.* 7: 13-19.
- Kolbrún Sveinsdóttir, Emilía Martinsdóttir, Hyldig, G, Jørgensen, B og Kristberg Kristbergsson. 2002. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *J. Food Sci.* 67: 1570-1579.
- Lampila LE. 1991. Modified atmosphere packaging. Í: DR Ward, CR Hackney, ritstj. *Microbiology of Marine*

-
- Food Products*. Van Nostrand Reinhold, New York. 373-393.
- Lauzon H.L. 2003. Notkun Malthus leiðnitækni til hraðvirkra örverumælinga. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Rf skýrsla* 30-03, 30 bls.
- Kristín A. Þórarinsdóttir, Sigurjón Arason og Guðjón Þor-
kelsson. 2003. Léttisöltun, stöðugleiki og nýting
frosinna afurða. Tilraun II. *Rannsóknastofnun
fiskiðnaðarins. Verkefnaskýrsla Rf* 07-03.
- Koteng, D. F. 1992. Markedsundersøkelse, norsk laks.
Fiskerinæringens Landsforening (FNL).
- Magnussen OM, Nordtvedt TS, Torstveit AK. 1998. Use
of partial freezing in the cold chain. Í: *Refrigeration
Science and Technology 1998/6*. IIR Proceeding Series.
Paris, France. Int Inst Refrigeration, 363-70.
- Reddy NR, Armstrong DJ, Rhodehamel EJ, Kautter DA.
1992. Shelf-life extension and safety concerns about
fresh fishery products packaged under modified at-
mospheres: a review. *J. Food Safety* 12: 87-118.
- Reid, RA. og Durance TD. 1992. Textural Changes of
Canned Chum Salmon Related to Sexual Maturity. *J
Food Sci.* 57: 1340-1342.
- Sivertsvik M, Rosnes JT, Kleiberg GH. 2003. Effect of
modified atmosphere packaging and superchilled stora-
ge on the microbial and sensory quality of Atlantic
salmon (*Salmo salar*) fillets. *J. Food Sci.* 68: 1467-
1472.
- Sjöfn Sigurgísladóttir, Torrissen, O, Lie, Ø, Thomassen, M
og Hannes Hafsteinsson. 1997. Salmon Quality: Met-
hods to Determine the Quality Parameters. *Reviews in
Fisheries Science* 5: 223-252.
- Soffía V. Tryggvadóttir og Guðrún Ólafsdóttir. 2000. De-
velopment of Multi-Sensor Techniques for Monitoring
the Quality of Fish. Individual progress report for the
period from 01-12-98 to 30-11-99. *Rannsóknastofnun
fiskiðnaðarins. FAIR CT -98-4076*.
- Soffía Vala Tryggvadóttir og Björn Björnsson. 2001.
Ástand þorskhólds eftir mismikla fóðrun. *Ægir* 94(3):
20-23.
- Stanbridge, LH og Board, RG. 1994. A modification of the
Pseudomonas selective medium, CFC, that allows
differentiation between meat *pseudomonas* and
Enterobacteriaceae. *Letters in Appl. Microbiol.* 18:
327-328.
- Stone H og Sidel, JL. 1985. *Sensory evaluation practices*.
Academic Press, Inc. Orlando, Florida.
- Tiffney P og Mills A. 1982. Storage Trials of Controlled
Atmosphere Packaged Fish Products. *Sea Fish Indu-
stry Authority. Technical Report no. 191*.
- Van Spreekens KJA. 1974. The suitability of Long and
Hammer's medium for the enumeration of more fas-
tidious bacteria from fresh fishery products. *Ant.
Leeuw.* 25: 213-219.
- Wirtanen, G, Saarela, Maria og Mattila-Sandholm, T.
2000. Biofilm – Impact on Hygiene in Food Industries.
Í: James D. Bryers, ritstj. *Biofilms II. Process Analysis
and Applications*. John Wiley & Sons. 432 bls.
-