

Skýrsla Matís

12- 07

Mái 2007

Sambætting kælrannsóknna – KÆLIBÓT

Geymslupólstilraunir á þorskbítum:

Áhrif ofurkælingar, þæklunar og gasþökkunar á gæðabreytingar og geymslupól

Hannes Magnússon
Hélène L. Lauzon
Kolbrún Sveinsdóttir
Ása Þorkeldsdóttir
Birna Guðbjörnsdóttir
Emilía Martinsdóttir
Guðrún Ólafsdóttir
María Guðjónsdóttir
Sigurður Bogason
Sigurjón Arason

MATÍS

Matvælarannsóknir
Íslands

Food research,
innovation and safety

ISSN 1670-7192



Titill / Title	Geymsluþolstilraunir á þorskbítum: Áhrif ofurkælingar, þæklunar og gasþökkunar á gæðabreytingar og geymsluþol / Storage trials on cod loins: Effect of superchilling, brining and modified atmosphere packaging (MAP) on quality changes and sensory shelf-life.		
Höfundar / Authors	Hannes Magnússon, Héléne L. Lauzon, Kolbrún Sveinsdóttir, Ása Þorkeldsdóttir, Birna Guðbjörnsdóttir, Emilía Martinsdóttir, Guðrún Ólafsdóttir, María Guðjónsdóttir, Sigurður Bogason, Sigurjón Arason		
Skýrsla Rf / IFL report	12-07	Útgáfudagur / Date:	Maí 2007
Verknr. / project no.	1704	Opin skýrsla	
Styrktaraðilar / funding:	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi og Tækniþróunarsjóður (Rannís).		
Ágrip á íslensku:	<p>Markmið þessara tilrauna var að meta áhrif ofurkælingar, lofskiptar umbúða (MAP) og þæklunar á gæðabreytingar og geymsluþol þorskbíta. Þá voru könnuð áhrif gasþökkunar og mismunandi geymsluhita á vöxt nokkurra sýkla og bendiörvera. Tilraunin var framkvæmd í október 2006 hjá Samherja á Dalvík. Eftir lagringu (0,6 og 2% salt) var fiskurinn snyrtur og hnakkastykkjum pakkað annars vegar í hefðbundnar 3 kg frauðplastpakkingar (loftþökkun) og hins vegar í loftskiptar umbúðir. Gasblandan var stillt á 50% CO₂, 5% O₂ og 45% N₂. Þrjú bitar (350-550g) voru settir í hvern bakka með þerrimottu. Eftir þökkun var sýnunum komið fyrir í frystihermum Matis sem stilltir voru á 0°C, -2°C og -4°C. Sýnin voru rannsökuð yfir fjögurra vikna geymslutímabil. Skynmat, örverutalningar og efnamælingar voru notaðar til að meta gæðabreytingar og geymsluþol. Þæklaður (2% salt) fiskur geymdist skemur en óþæklaður (0,6% salt). Samanburður á örverufjölda daginn eftir þökkun sýndi að þæklaði fiskurinn innihélt tífalt meira af kuldapólum örverum en óþæklaður. Samkvæmt skynmati var geymsluþol þæklaða fisksins við -2°C 12-15 dagar í bæði loft- og gasþökkuðum bitum. Í óþæklaða fiskinum voru áhrif gasþökkunar og ofurkælingar greinileg. Geymsluþol loftpakkaðra bita var um 11 dagar við 0°C en 14-15 dagar við -2°C. Geymsluþol gaspakkaðra bita var hins vegar um 15 dagar við 0°C en um 21 dagar við -2°C. Ofurkæling ferskra óþæklaðra fiskafurða í loftskiptum umbúðum getur því aukið geymsluþol verulega. Gaspökkun dró verulega úr vaxtarhraða sýkla og bendiörvera við lágt hitastig. Mest voru áhrifin á vöxt <i>Salmonella</i>, þá á <i>Escherichia coli</i> en minnst á <i>Listeria monocytogenes</i>. Við loftskilyrði óx <i>L. monocytogenes</i> við -2°C, en <i>E. coli</i> byrjaði að fjölga sér við 5°C og <i>Salmonella</i> við 10°C.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Ofurkæling, loftskiptar umbúðir (MAP), geymsluþol, örverur, skynmat</i>		



Summary in English:

The aim of these experiments was to evaluate the effect of superchilling, modified atmosphere packaging (MAP) and brining on the quality changes and sensory shelf-life of cod loins. The effect of MAP and different storage temperatures on some pathogenic and indicator bacteria was also tested. These experiments were initiated in October 2006 at Samherji, Dalvík. After brining (0,6 og 2% salt) the fish fillets were trimmed and loins packed on one hand in 3 kg styrofoam boxes (air) and on the other in MA. The gas mixture used was 50% CO₂, 5% O₂ and 45% N₂. Three pieces (350-550 g) were placed in each tray with an absorbing mat. After packaging the samples were placed in 3 coolers at Matis which were adjusted to 0°C, -2°C and -4°C. Samples were examined over a four week period. Sensory analysis, microbial counts and chemical measurements were used to determine the quality changes and shelf-life. Brined loins had a shorter shelf-life than unbrined (0,6% salt). Comparison on numbers of microorganisms the day after packaging revealed that the brined pieces contained ten times more microbes than the unbrined ones. According to sensory analysis the shelf-life of the brined loins at -2°C was 12-15 days for both air- and MA-packed fish. In the unbrined loins the effects of superchilling and MAP were obvious. The shelf-life of air-packed loins was about 11 days at 0°C and 14-15 days at -2°C. The shelf-life of MA-packed loins was about 15 days at 0°C but 21 days at -2°C. Superchilling of unbrined fish under MA can therefore increase the keeping quality considerably. MA-packaging clearly decreased the growth rate of pathogenic and indicator bacteria at low storage temperatures. Most effects were seen with *Salmonella*, then *Escherichia coli* but least with *Listeria monocytogenes*. In fact, *L. monocytogenes* could grow at -2°C under aerobic conditions, while proliferation of *E. coli* was first observed at 5°C but 10°C for *Salmonella*.

English keywords:

Superchilling, MAP, shelf-life, microorganisms, sensory analysis

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	2
2. FRAMKVÆMD	4
2.1. Tilhögun tilraunar.....	4
2.2. Geymsluþolstilraunir	6
2.2.1. Örverumælingar.....	6
2.2.2. Efnamælingar.....	7
2.2.3. Skynmat.....	8
2.2.4. Gasmælingar.....	10
2.2.5. Dripmælingar.....	10
2.2.6. Hitastigsmælingar.....	10
2.3. Vaxartilraunir með sýkla og bendiörverur.....	10
3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	11
3.1. Geymsluþolstilraunir	11
3.1.1. Örverumælingar.....	12
3.1.2. Efnamælingar.....	19
3.1.3. Skynmat.....	21
3.1.4. Gasmælingar.....	32
3.1.5. Dripmælingar.....	33
3.1.6. Hitastigsmælingar.....	34
3.2. Vaxartilraunir með sýkla og bendiörverur.....	36
4. ÁLYKTANIR.....	41
5. ÞAKKARORÐ	44
6. HEIMILDIR	44

1. INNGANGUR

Verkefni þetta er hluti af rannsóknaverkefni sem nefnist Samþætting kælibótanna (Kælibót) og er styrkt af AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi og Tækniþróunarsjóði (Rannís). Verkefnið tengist einnig stóru Evrópuverkefni sem Matís tekur virkan þátt í og nefnist CHILL-ON.

Á undanförunum árum hefur magn og verðmæti ferskra fiskafurða sem hlutfall af útfluttum afurðum vaxið mjög hratt. Vegna þessara áherslubreytinga eru fyrirtæki í auknum mæli að flytja hráefni til vinnslu sem og afurðir um langan veg innanlands og einnig milli landa. Þetta lengir virðiskeðjuna og eykur um leið möguleikana á að varan tapi gæðum eða mengist á einhvern hátt. Uppbygging á þekkingu og færni við vinnslu og flutning ferskra afurða hefur ekki fylgt hinni hröðu þróun sem orðið hefur í útflutningi þessara afurða, þannig að ásættanleg gæði og öryggi afurðanna séu tryggð. Slíkt er þó forsenda fyrir bættri afkomu í greininni og sterkari samkeppnisstöðu á kröfuhörðum mörkuðum sem greiða hlutfallslega hærra verð en aðrir markaðir fyrir sjávarfang. Aukið geymsluþol fersks fisks getur gefið möguleika á róttækum breytingum í vinnslu og flutningi afurða og aukið þannig arðsemi sjávarútvegs á Íslandi.

Umfangsmiklar tilraunir um áhrif ofurkælingar og loftskiptra pakkninga voru framkvæmdar hjá Samherja á Dalvík nú í haust. Í þessari skýrslu Kælibótarverkefnisins eru kynntar niðurstöður tilrauna sem framkvæmdar hafa verið í samvinnu við verkefni um ofurkælingu sem er styrkt af rannsóknasjóði Rannís. Markmið tilrauna Kælibótarverkefnisins er að auka skilning á skemmdarferlum þorsks þegar notaðar eru samþættar aðferðir sem hamla örveruvöxt og lengja þannig geymsluþol, eins og ofurkæling ($-4^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$), þæklun og loftskiptar umbúðir (modified atmosphere packaging-MAP).

Við ofurkælingu og þegar notaðar eru aðferðir við þökkun eins og MA-pakkningar, verður breyting á skemmdarferli fisks miðað við það sem gerist þegar hefðbundnum aðferðum er beitt. Einkunnaskalar þeir sem notaðir eru við mat á flökum henta mjög illa við mat á fiski í loftskiptum umbúðum því að koldíoxíð (CO_2) getur haft áhrif á bragð soðins fisks og skemmdarferlið verður annað. Frekari rannsókna er því þörf til að skýra betur bragðgalla og áferðareinkenni sem eru takmarkandi fyrir geymsluþol fisks við slíkar aðstæður. Til að skilja hvaða þættir hafa mest áhrif á geymsluþol er hentugt að nota skynmatsaðferðir eins og myndræna greiningu (QDA, quantitative

descriptive analysis) til að lýsa betur þeim bragð-, lyktar- og áferðareiginleikum sem áhrif hafa á gæðaeiginleika.

Rannsóknir hafa sýnt að talning á heildarfjölda örvera er ekki talin gefa nægilega góða mynd af skemmdarástandi hráefnis en gagnlegra er að meta frekar fjölda sérhæfðra skemmdarörvera (SSÖ). Vinnsluferli, geymsluaðferðir og skilyrði, ásamt samkeppni á milli örvera, hafa mikil áhrif á samsetningu og vöxt örveruflórunnar. Þær örverur sem skipta mestu máli sem skemmdarvaldar í ferskum ísuðum fiski eru pseudomonads tegundir og *Shewanella putrefaciens* (H₂S-myndandi). Einnig er *Photobacterium phosphoreum*, sem aðallega kemur úr innyflum fisks, mjög virkur TMA framleiðandi og er því mikilvæg SSÖ í ferskum fiski. *P. phosphoreum* (Pp) er áberandi skemmdargerill í gaspökkuðum fiski en rannsóknir á Rf hafa sýnt mikilvægi Pp, sérstaklega þegar kælingu er ábótavant og afurðir verða fyrir hitasveiflum.

Mælingar á heildarmagni reikulla basa (TVB-N), er almennt viðurkennd aðferð til að meta áhrif örveruvaxtar á ferskleika fisks. TVB-N mæling nær yfir ammóníak, dimethylamín (DMA) og trimethylamín (TMA). TMA myndast við niðurbrot á trimethylamín oxíði (TMAO) af völdum SSÖ. Hins vegar hefur komið í ljós í mörgum rannsóknum að TVB-N gildi er oft undir þeim viðmiðunarmörkum sem notuð eru í Evrópureglugerðum um neysluhæfni þorskfiska (35 mgN/100g) við lok geymsluþols, ef miðað er við skynmat, en það á einnig við ef um er að ræða t.d. þídd flök. Einnig getur TVB-N gildið verið mun hærra en þessi viðmiðunarmörk við lok geymsluþols, t.d. þegar notaðar eru loftskiptar umbúðir. Þetta er hægt að skýra út frá því hvaða skemmdarörverur eru ríkjandi og TMA myndun gerist hraðar við loftfirrðar aðstæður, auk þess að lægra sýrustig vöðvans vegna leysanleika koldíoxíðs í vatnsfasanum leiðir til minna TMA bragðs sem greinist við skynmat. TVB-N gildið eitt og sér getur því gefið misvísandi upplýsingar um ferskleika fisks. Þess vegna hefur verið lögð áhersla á að nauðsynlegt sé að skoða samspil skemmdarörvera og nota fleiri gæðavísa samtímis til að meta fisk.

Markmið þessara tilrauna var að meta áhrif ofurkælingar, lofskiptra aðstæðna og þæklunar á geymsluþol, örveruvöxt og aðra gæðabætti þorskbíta úr hnakkastykkjum. Þá voru könnuð áhrif gaspökkunar og mismunandi geymsluhita á vöxt nokkurra sýkla og bendiörvera.

2. FRAMKVÆMD

2.1. Tilhögun tilraunar

Tilraunin var framkvæmd þann 4. október 2006 hjá Samherja á Dalvík. Fiskurinn var veiddur með botnvörpu af Björgvini EA-311 á svæði 413. Hitastig í sjó við veiðar var 8.5°C og 9°C (tveir veiðidagar: 29.-30. september). Fiskurinn var blóðgaður og slægður í sömu aðgerð. Hann var settur í blæðingarker með miklu af rennandi sjó, síðan þveginn (mikill sjór notaður) og loks gengið frá honum niður í lest í kar með ís. Fiskurinn var flakaður í Baader 252 flökunarvél og roðflettur í Baader 5. Hluti fisksins var settur í 4% sterkan saltpækil 2. október (2-3 daga gamalt hráefni) og látinn liggja í honum fram á pökkunardag sem var 4. október 2006. Saltið sem var notað við tilraunina var Esco – food grade pure dried vacuum salt. Hitastig í hráefniskæli þar sem fiskurinn var pæklaður var um 1°C. Annar hópur var flakaður 4. október (4-5 daga gamalt hráefni) og lageraður í 4% saltpækli í átta mínútur á pökkunardag. Eftir lagringu var fiskurinn snyrtur og hnakkastykkjum skipt í þrjá bita. Hnakkastykkjin voru þá pökkuð á tvenna vegu. Annars vegar voru valdir hópar pakkaðir í hefðbundnar 3 kg frauðplastpakkningar (loftpökkun). Fiskurinn var settur í plastpoka og þá í frauðplastkassana ásamt þerri- og kælimottum (mynd 1).

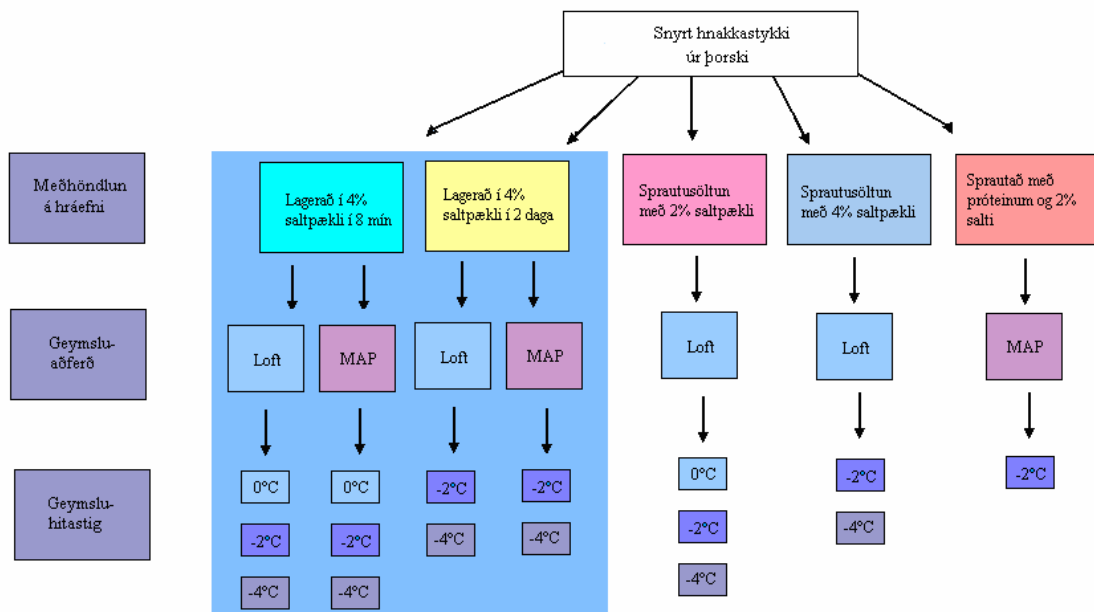
Hins vegar var hluti fisksins fluttur til Akureyrar, þar sem hann var MA-pakkaður hjá Norðlenska og geymdur í pappírskössum. Þrír bitar (350-550g) voru settir í hvern bakka með þerrimottu (Filma: Cryovac EOP 240 ml, Bakkar: FÆRCH Plast, K71-51W - 71051413, efni: FPP, rúmmál: 985 ml). Gasblandan var stillt á 50% CO₂, 5% O₂ og 45% N₂. Sérstakir þéttitappar voru límdir á valdar MA-pakkningar og gasmælir frá PBI Dansensor (CheckMate 9900) notaður. Gasblandan var svo mæld í tveimur tómum pökkum til að staðfesta gassamsetningu við pökkun. Hitasíritum var komið fyrir í völdum frauðplastkössum til að fylgja hitastigsmeðhöndlun fisksins við flutning og geymslu.

Allar pakkningar voru þá sendar suður til Rf í Reykjavík í kældum flutningabíl frá Flytjanda til mælinga. Eftir upphafssýnatöku var sýnunum komið fyrir í frystihermum stilltum á hitastigin 0°C, -2°C og -4°C. Sýni voru svo tekin út á mismunandi tímum yfir fjögurra vikna tímabil til að fylgjast með gæðabreytingum og geymsluþoli hópanna við mismunandi geymsluhitastig.



Mynd 1. Fiskur í hefðbundnum 3 kg frauðplastkössum.

Yfirlit yfir tilraunauppsetningu er sýnd á mynd 2.



Mynd 2. Tilraunauppsetning

Í þessari verkefnaskýrslu er eingöngu fjallað um niðurstöður geymsluþolsrannsókna á lageruðum þorski sem var geymdur í lofti og MAP við mismunandi hitastig (blár kassi). Tilraunahópar voru því alls tíu. Greint verður frá geymsluþolstilraunum á sprautusöltuðum þorski í annarri skýrslu frá Matís ohf.

2.2. Geymsluþolstilraunir

Á sýnatökudögum tilraunarinnar voru tekin 2 sýni af hverjum tilraunahópi til örveru- og efnamælinga og þau mæld sem tvísýni. Þá voru einnig tekin sýni fyrir skynmat og fylgst var með gassamsetningu og dripi yfir geymslutímenn. Hér á eftir er lýst þeim aðferðum sem notaðar voru á sýnunum í geymsluþolstilrauninni.

2.2.1. Örverumælingar

Í öllum tilfellum var notuð yfirborðssáning og ræktað við 22 eða 15°C í 5 daga. Í öllum örverurannsóknum var **Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid)** notaður við blöndun og þynningar. Upphafsböndun var gerð þannig að 25 g hakkaðra bita voru sett í 225 g af kældu MRD þynningarvatni. Tífoldar þynningar voru síðan gerðar eins og þurfa þótti.

Járnagar (Iron agar, JA)

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 var notað 1% salt. Ræktun var gerð við 15°C. Allar kólóníur voru taldar til að finna heildarörverufjölda. Svartar kólóníur eru taldar sérstaklega til að finna fjölda H₂S-myndandi örvera. Þær mynda H₂S úr sodium thiosúlfati og/eða cysteine sem er til staðar í ætinu. Einn aðalskemmdargerill í ísuðum fiski, *Shewanella putrefaciens*, myndar svartar kólóníur á þessu æti. Þessi gerill myndar trímethylamín (TMA) úr trímethylamín oxíð (TMAO) en fyrra efnið hefur oft verið notað sem mælikvarði um skemmdir á sjávarfiski.

Modified 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. Ræktun var gerð við 15°C. Talið er að gerlategundirnar *Shewanella putrefaciens* og *Photobacterium phosphoreum* vaxi vel á þessu æti.

Nitrite-Actidione-Polymyxin (NAP) agar var notaður til að meta fjölda mjólkursýrugerla. Ætið var útbúið samkvæmt lýsingu Davidson og Cronin, 1973. Ræktað var við 22°C.

Modified Cephaloridine Fucidin Cetrimide (CFC) agar, breyttur samkvæmt Stanbridge og Board (1994), var notaður til að meta fjölda *Pseudomonas* tegunda. "Pseudomonas Agar Base" frá Oxoid (CM 559) er notaður sem grunnur að viðbættu "CFC Selective Agar Supplement" (SR 103). Ræktað var við 22°C. *Pseudomonas* tegundir mynda bleikar kólóníur á þessu æti breyttu.

Mælingar á fjölda *Photobacterium phosphoreum* (PPDM æti) voru gerðar með Malthus tækni samkvæmt Dalgaard o.fl. (1996). PPDM æti (pH 10) var búið til, gerileytt, skammtað (4,5 ml) í gerileyddar Malthus sellur sem voru geymdar yfir nótt við 2-3°C í loftfirrðri krukku (Oxoid HP011AP) sem var fyllt með 100% CO₂. Hálfur (0,5) ml af fisksýni (tífold þynning) var skammtaður í 3 sellur, og elektróðurnar settar á um leið til að forðast of mikið tap á CO₂. Sellurnar voru geymdar við 15°C í a.m.k. 1,5 klst á meðan jafnvægi á CO₂ náðist í sellunum áður en þær voru láttnar í Malthus baðið (15°C). Fjöldi *Photobacterium phosphoreum* var áætlaður út frá eftirfarandi staðalkúrfu:

Log₁₀ fjöldi *P. phosphoreum* /g = (-0,1256*DT) + 8,2771 + log(þynningarfaktor)

R² = 0,9749

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

2.2.2. Efnamælingar

Mælingar á heildarmagni reikulla basa (TVB-N) og trimethylamine (TMA) voru gerðar samkvæmt aðferð Malle & Tao (1987). TVB-N var mælt með gufueimingu (Struers) og títrun eftir útdrátt fiskvöðvans með 7,5% trichloroacetic acid lausn (TCA). Eimaðu TVB-N var safnað í bórsýrulausn og síðan títrað með H₂SO₄. Sama ekstrakt var notað fyrir TMA mælingu en 20 ml af 35% formaldehyde var bætt í suðufloeskuna fyrir eimingu. Mælingar á salti voru gerðar með Titrino aðferð (Volhard) samkvæmt AOAC 16. útg. frá 1995 (no. 976.18).

2.2.3. Skynmat

Sex sýnahópar ásamt hráefni voru metnir með skynmati eins og tafla 1 sýnir. Sýnin voru metin eftir myndrænu prófi, QDA aðferð (quantitative descriptive analysis), þar sem skilgreindir matsþættir voru metnir til að lýsa einkennum í bragði, lykt og áferð af þjálfuðum skynmatshópi (Hootman, 1992; Stone and Sidel, 1985). Tólf dómara sem allir höfðu reynslu í skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Matsþættir voru 30 og er skilgreining og lýsing þeirra í töflu 2. Þessir matsþættir voru skilgreindir af skynmatshópi í fyrri verkefnum. Hver matsþáttur var metinn eftir styrk eða einkennum á ókvarðaðri línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100. Við ákvörðun á lokum geymsluþols með QDA aðferð er yfirleitt tekið mið af skemmdareinkennum sem metin eru með aðferðinni (t.d. súr lykt/bragð, TMA lykt/bragð, frysti lykt/bragð, borðtusku- og brennisteinslykt og óbragð). Þegar þessi einkenni eru um 20-30 á þessum kvarða eru þau orðin greinileg. Sýnin voru einnig metin með Torry ferskleikaskala fyrir magran fisk eins og þorsk (tafla 3). Einkunnir á bilinu 10 (mjög ferskur) til 3 (mjög skemmt) eru gefnar samkvæmt lýsingum á ferskleikapáttum fyrir bragð og lykt sem einkenna þorsk. Oft er miðað við að ef einkunn er 5,5 eða lægri að meðaltali sé fiskurinn ekki hæfur til neyslu, því þá eru skemmdareinkenni orðin greinileg.

Fyrir skynmat voru sýnin soðin, 30-40g fyrir hvern dómara, í álformi í gufuofni við 98°C í 5-6 mínútur. Sýnin voru metin heit, mest fjögur sýni í einu. Öll sýni voru dulkóðuð og hver sýnahópur var metinn í tvísýni. Skynmatsforritið Fizz var notað við uppsetningu, framkvæmd og úrvinnslu skynmats.

Tafla 1. Tilraunaplan fyrir skynmat með QDA aðferð og Torry ferskleikamati

Sýnahópar	Heiti	Matsdagar
Hráefni	HRAEFNI	1
Loft, 0,6% salt, 0°C	0.6%-0C	1, 6, 13
Loft, 0,6% salt, -2°C	0.6%-2C	6, 12, 16
Loft, 2% salt, -2°C	2.0%-2C	1, 6, 12, 16
MAP, 0,6% salt, 0°C	0.6%-0CM	8, 13, 21*
MAP, 0,6% salt, -2°C	0.6%-2C-M	8, 13, 21
MAP, 2% salt, -2°C	2.0%-2C-M	8, 13, 21

* *Dagur 21 ekki metinn með QDA aðferð*

Tafla 2. Skynmatsþættir og skilgreiningar á þeim í QDA greiningu á þorski.

Matsþáttur	Kvarði (0-100)	Skilgreining
Lykt		
sæt	engin mikil	
skelfisk, þörunga	engin mikil	einkennandi, fersk lykt
kjötlykt, soðin lúða	engin mikil	minnir á soðið kjöt eða lúðu
vanilla/soðin mjólk	engin mikil	vanilla, sag, timbur, soðin mjólk
soðnar kartöflur	engin mikil	heitar soðnar kartöflur í potti
frystigeyslulykt	engin mikil	ísskápa-, frystilykt
borðtuska	engin mikil	óhrein, rök borðtuska
TMA	engin mikil	TMA, harðfiskur, siginn fiskur, amín
súr	engin mikil	skemmdarsúr, súr mjólk, ediksýra, smjörsýra
brennisteinn	engin mikil	brennisteinn, eldspýtur, soðið kál
Útlit		
litur	ljós dökkur	Ljós: hvítur litur. Dökkur: gulur, brúnn, grár
útlit	einsleitur misleitur	t.d blettir, mislitur i kantinn
hvítar útfellingar	ekkert mikið	
flögur	ekkert mikið	fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli
Bragð		
saltbragð	ekkert mikið	
málmkennt	ekkert mikið	einkennandi málmbragð af ferskum þorski
sætt	ekkert mikið	einkennandi sætt bragð af ferskum soðnum þorski
kjötbragð	ekkert mikið	minnir á soðið kjöt, kjötsúr
frystibragð	ekkert mikið	frystigeysla, ísskápur
rammt bragð	ekkert mikið	
súrt	ekkert mikið	skemmdarsúr
TMA (sigið)	ekkert mikið	TMA, harðfiskur, siginn fiskur
óbragð/ýlda	ekkert mikið	styrkur á óbragði (skemmdarbragði/off-flavour)
Áferð		
mýkt	stinnur mjúkur	fyrsta bit
safi	þurr safaríkur	þurr: dregur safi úr munni
meyrni	seigur meyr	þegar tuggið hefur verið nokkrum sinnum
maukkennt	lítið mikið	maukkennt, molnar
kjötkennd munnhrif	lítið mikið	minnir á kjötáferð, vöðvatrefjar
stamur	lítið mikið	
gúmmikenndur	lítið mikið	

Tafla 3. Torry einkunnaskali fyrir magran fisk eins og þorsk

Lykt	Bragð	Einkunn
Dauf lykt af sætri soðinni mjólk, sterkju	Vatnskennt, málmkennt. Ekki sætt en kjötkennd munnhrif, e.t.v. örlítil sæta	10
Skelfisk-, þörungalykt, soðið kjöt	Sætt, kjötkennt, einkennandi fyrir tegundina	9
Minnkandi hlutlaus lykt	Sætt, einkennandi en daufara	8
Sag, timbur, vanilla	Hlutlaust	7
Soðin mjólk, soðnar kartöflur	Bragðlítið (í átt að óbragði)	6
Mjólkurkönnulykt, soðinn þvottur	Aðeins súrt, vottur af óbragði	5
Súr mjólk, mjólkursýra, TMA-lykt	Aðeins beiskt, súrt, vottur af TMA (sigið), óbragð	4
Ediksýru-, smjörsýru-, sápu-, rófulykt	Sterkt beiskt, TMA bragð, örlítið sulfít	3

Úrvinnsla skynmatsgagna

Í tölfræðiúrvinnslu voru tilraunahópar bornir saman með geymslutíma. Skynmatseinkenni tilraunahópa voru skoðuð með höfuðþáttagreiningu (Principal Component Analysis - PCA) í tölfræðiforritinu Unscrambler® (Version 8.0, CAMO, Trondheim, Norway). ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd í NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) til að greina hvort tilraunahópar væru mismunandi með tilliti til skynmatsþátta (marktækur munur ef $p < 0,05$).

2.2.4. Gasmælingar

Sérstakir þéttitappar voru límdir á pakkningar til að geta mælt gasblönduna. Gasmælir frá PBI Dansensor (CheckMate 9900) var notaður. Nál tengd við slöngu var stungið í gegnum þéttitappann og gassýni tekið tvisvar sinnum. Seinni mælingin var skráð niður. Tvær pakkningar voru mældar við hverja sýnatöku fyrir hvern hóp.

2.2.5. Dripmælingar

Við hverja sýnatöku voru þorskbitarnir vigtaðir úr völdum pakkningum og dripið umreiknað í % samkvæmt eftirfarandi formúlu:

% drip = (upphaflegt magn hráefnis – magn fisks við sýnatöku)/(upphaflegt magn hráefnis) x 100
Upphaflegt magn hráefnisins var fundið með því að vigta allar pakkningar og draga frá þyngd tómrar pakkningar.

Fiskurinn sem geymdur var í frauðplastkössum (í lofti) við -4°C var með vægu frosti við sýnatöku og lengur að jafna sig en MAP-fiskurinn, sem þýðir að dripið í þessum lofthópi var hugsanlega vanmetið.

2.2.6. Hitastigsmælingar

Hitastigsmælingar voru gerðar með hitasíritum (iButton) sem við pökkun var komið fyrir í völdum loftpakkningum, neðst undir þorskbitunum. Skráning var á 90 sek fresti. Aflestur var gerður í lok tilraunar. Meðalhiti umhverfisins og frávík þess voru umreiknuð fyrir hvern hóp og viðkomandi geymslurými yfir geymslutímamann út frá hitaskráningargögnum í frystihermunum (mæld á 2 mínútna fresti).

2.3. Vaxtartilraunir með sýkla og bendiörverur

Hnakkastykki af þorski voru notuð við tilraunirnar. Sami fiskur var notaður við þessar tilraunir og í geymslupólstilraunum en hann var flakaður 4. október. Vigtaðir voru um

50 g bitar af stykkjunum og þeir settir í vakúmpoka frá Plastprenti hf (PET12/LLDPE50 15x20,5cm). Áður en bitarnir voru mengaðir með hreinræktuðum stofnum var athugað hvort þeir væru ómengaðir af þeim gerlum sem notaðar voru við tilraunirnar.

Eftirfarandi stofnar voru notaðir. *Escherichia coli* (DSM nr. 30083) frá DSMZ stofnasafninu í Þýskalandi, *Listeria monocytogenes* (einangruð úr fiskholdi á Rf 2001) og *Salmonella dublin* úr stofnablöndu frá Livsmedelsverket, Uppsala, Svíþjóð. Stofnunum var sáð af Nutrient skáagar í Nutrient broth (Difco) og ræktaðir við 35°C í 24 klst. Lykkjufylli var þá sáð í 3 ml af Nutrient broth og ræktað við 19-21°C í 48 klst.

Þynningar voru gerðar af hverjum stofni. *E. coli* var sáð á Violet Red Bile Agar (VRBA) með MUG, *L. monocytogenes* á Modified Oxford Agar (MOX) og *S. dublin* á Bismuth Sulfite Agar (BS) (öll æti frá Difco) til að finna þéttleika ræktanna. Ræktun var gerð við 35°C í 48 klst. Notað var kælt MRD-þynningarvatn við allar þynningar. Gert var ráð fyrir að þéttleiki ræktar væri 10^8 cfu/ml. Af hverri rækt var 1 ml sáð í 97 ml af MRD. Þá var gert ráð fyrir blandaðri rækt sem inniheldur 10^6 cfu/ml. Úr þeirri þynningu var síðan 1 ml settur í 99 ml MRD þannig að lausnin var þá 10^4 /cfu/ml og innihélt allar 3 gerlategundir. Af þeirri blöndu var 1 ml sáð í u.þ.b. 50 g fiskbita. Áætlaður frumufjöldi per gerlategund í 1 g fiskhakks var því 200 frumur/g. Vakúmpokunum var síðan lokað án þess að loftdraga (loftsýni) og þá gaspakuð (MAP-sýni). Gasblandan var stillt á 50% CO₂, 5% O₂ og 45% N₂. Eftir pökkun (5. okt) voru bitarnir settir við -2, 0, 5, 10 og 15°C og mælingar gerðar yfir allt að 27 daga geymslutíma. VRBA með MUG var notað til ræktunar á *E. coli*, MOX agar fyrir *L. monocytogenes* og BS agar fyrir *S. dublin*. Auk þess voru sýnin rækтуð á járnagar við 15°C í 4-5 daga til að finna heildarörverufjölda og fjölda H₂S-myndandi örvera. Þá var einnig fylgst með breytingum á gassamsetningu yfir geymslutímann.

3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

3.1. Geymsluþolstilraunir

Í eftirfarandi umræðu eru þeir tilraunahópar sem voru lageraðir í 4% saltþækli í 8 mín nefndir óþæklaðir “0,6% salt” og þeir sem voru lageraðir í 4% saltþækli í 2 daga þæklaðir “2% salt” en það voru þeir saltstyrkir, sem stefnt var að í upphafi.

Meðalsaltstyrkur í fyrrnefnda hópnum reyndist hins vegar vera 0,4% (SD=0,2) og 2,5% (SD=1,0) í þeim síðarnefnda.

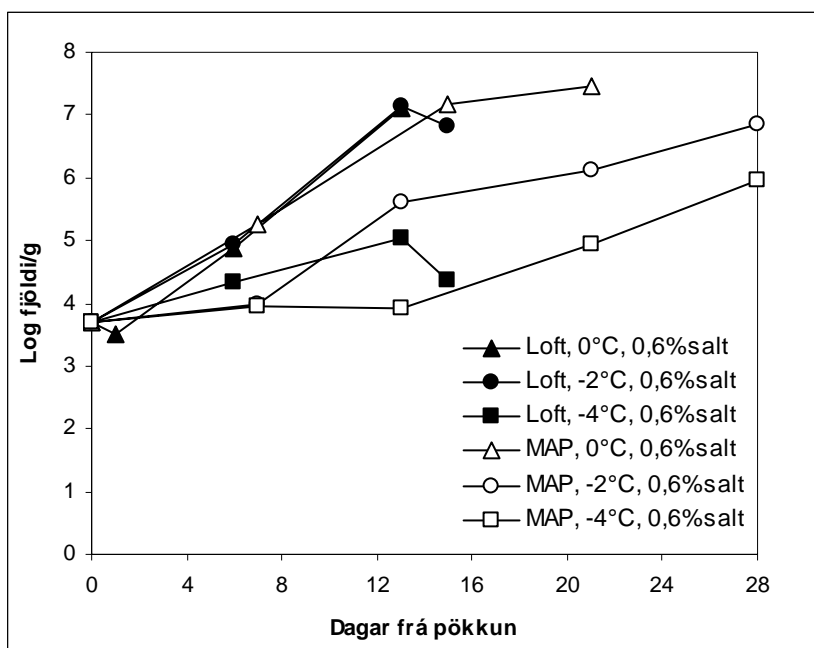
3.1.1. Örverumælingar

Myndir 3 til 12 sýna þróun örveruflórunnar í 4 mismunandi meðhöndluðum hópum: Í lofti eða loftskiptum umbúðum (MAP), þar sem hráefnið fékk stutta kælimeðferð við vinnslu í 4% saltþækli (0,6% salt) eða var þæklað í 2 daga (2% salt). Eftir þökkun var geymsluhitastig óþæklaðra hópa 0, -2 og -4°C en -2 og -4°C fyrir þæklaða hópa. Ekki er sýndur núllpunktur fyrir þækluð flök þar sem hráefnið sem var mælt í upphafi var eingöngu óþæklað.

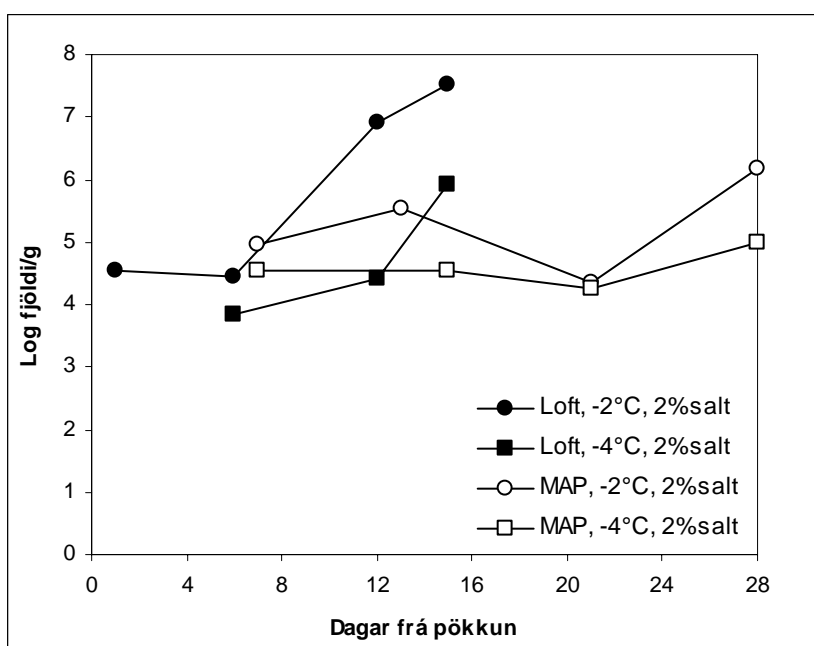
Á myndum 3-4 er sýndar niðurstöður talninga á heildarörverufjölda á LH-agar. Heildarörverutalningar voru einnig gerðar á járnagar (niðurstöður ekki sýndar). Örverufjöldinn var mjög svipaður á þessum ætum í lofthópum en nokkru lægri á járnagar en LH agar í MAP hópum. Upprunaleg örverufræðileg gæði hráefnisins voru góð (<10.000/g eða log 3,7/g; mynd 3). Talningar á sérhæfðum skemmdargerlum sýna að fjöldi *Pseudomonas* tegunda var þá um tífalt hærri (log 2,6/g; mynd 7) en fjöldi H₂S-myndandi örvera (log 1,8/g; mynd 5) og mjólkursýrugerla (log 1,69/g; mynd 11). Fjöldi *Photobacterium phosphoreum* (Pp) var ekki mælanlegur (<20 frumur/g; mynd 9) á þessum tímapunkti. Við kæligeymslu var vöxtur heildarörveruflórunnar sambærilegur í loft- og MA-pakkningum (0,6% salt) fyrstu viku geymslutímans, en hægari þróun örveruflórunnar var sjáanleg í gasþökkuðum fiski eftir þann tíma (mynd 3). Lægra geymsluhitastig (-2°C) hafði lítil áhrif á vöxt heildarörveruflórunnar við loftgeymslu samanborið við 0°C, en augljós samvirkni milli loftskiptra aðstæðna og ofurkælingar leiddi til hægari vaxtar við -2°C. Við -4°C í MAP hópnum varaði lagfasinn lengur og vöxturinn var enn hægari. Við loftgeymslu (-4°C) var þróunin einnig hæg. Við lok geymslutímans hafði heildarörverufjöldinn náð rúmlega log 7/g í kældum fiski, en lægri talningar fengust yfirleitt við ofurkælingaraðstæður, sérstaklega við -4°C.

Mynd 4 sýnir áhrif MAP og ofurkælingar á þróun heildarörveruflórunnar við geymslu á þækluðum fiski (2% salt). Hægur örveruvöxtur var fyrsta viku geymslutímans, en heildarörveruflóran í fiski geymdum í lofti tók hraðar við sér við -2°C en -4°C og náði yfir log 7/g við lok geymslu. Sömuleiðis náði þæklaði fiskurinn sem var geymdur við -4°C hærri fjölda (um log 6/g; mynd 4) samanborið við óþæklaða lofthópinn (um log 5/g; mynd 3). Hins vegar varð þróun heildarörveruflórunnar hægari í þækluðum fiski

undir loftskiptum aðstæðum (mynd 4) en í ópækluðum MAP-fiski (mynd 3). Til að mynda var fjöldinn sambærilegur í ópækluðum MAP-fiski á d21 og í pækluðum MAP-fiski á d28, sem þýðir um viku seinkun í vexti hjá síðari hópnum.



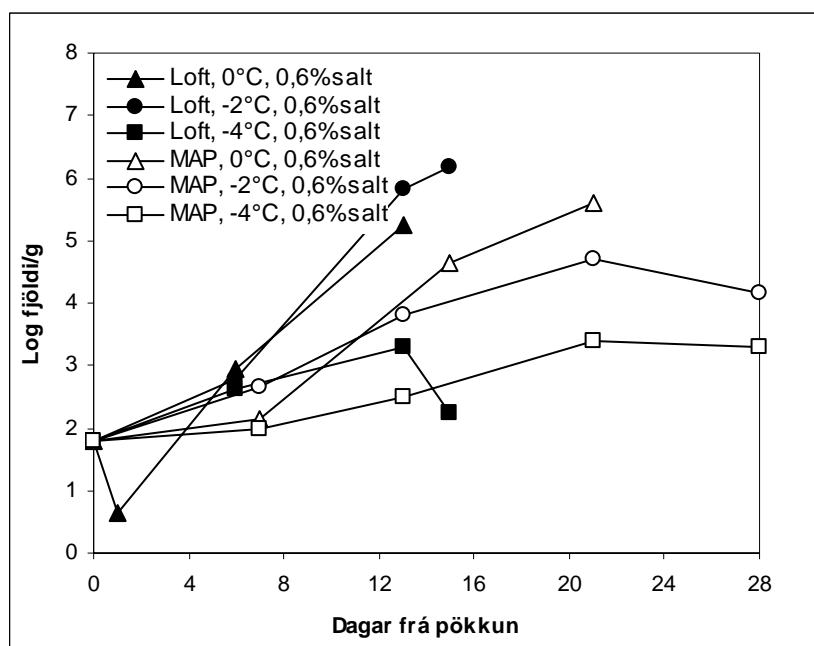
Mynd 3. Heildarörverufjöldi á LH agar í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 0,6% NaCl



Mynd 4. Heildarörverufjöldi á LH agar í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 2% NaCl

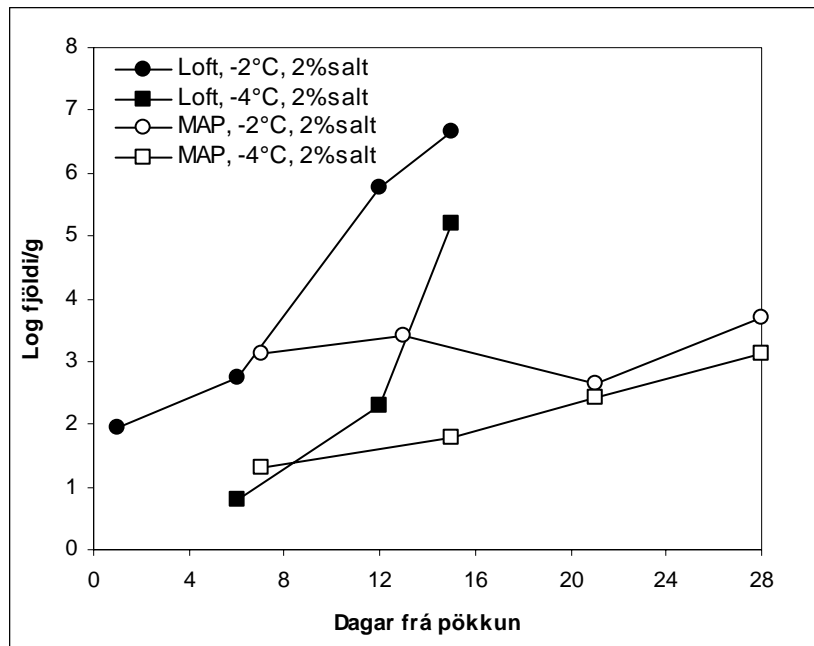
Mynd 5 sýnir vöxt H_2S -myndandi örvera í ópækluðum fiski. Hröð þróun átti sér stað í fiski geymdum í lofti við 0 og $-2^\circ C$ og fjöldinn varð um log 5-6/g við lok geymslutímans. Á þeim tíma var fjöldi H_2S -myndandi örvera nokkru hærri við $-2^\circ C$ en $0^\circ C$, sem er í samræmi við nýlegar mælingar á Rf þar sem þessi hópur örvera

virðist þola vel ofurkælingaraðstæður (Martinsdóttir o.fl., 2005). Hins vegar hafði lægra hitastig (-4°C) hamlandi áhrif á vöxt þessara örvera í núverandi tilraun.



Mynd 5. Fjöldi H₂S-myndandi gerla á JA í loft- og gasþökkuðum þorskbítum með 0,6% NaCl

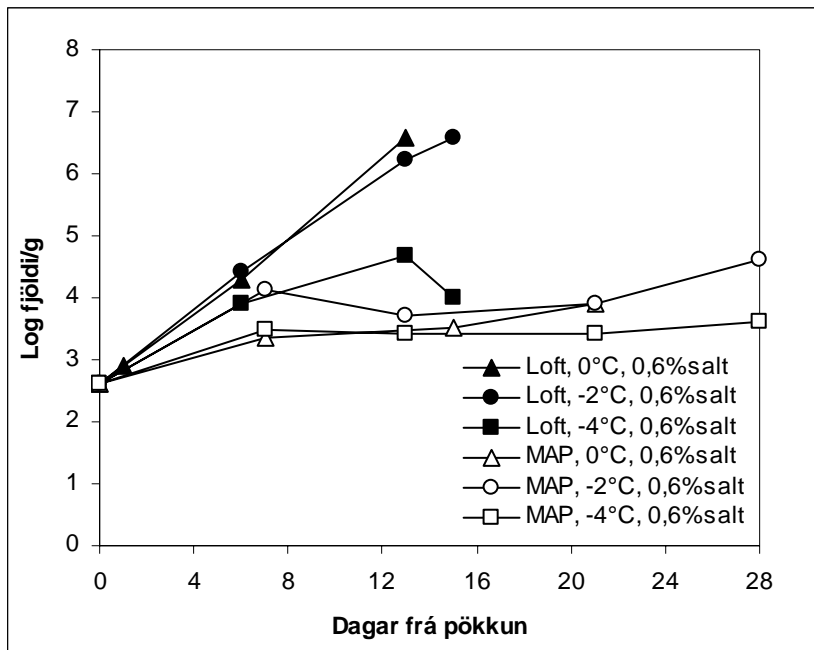
Sömuleiðis leiddi gasþökkun og lækandi hitastig til hægari vaxtar. Það er athyglisvert að nefna að loftskiptar aðstæður við 0°C höfðu ekki eins letjandi áhrif á vöxt H₂S-myndandi örvera og búast hefði mátt við miðað við eldri Rf niðurstöður, en þá varð aukning þessa örveruhóps um 100-föld yfir 25 daga geymslutíma (Martinsdóttir o.fl., 2003). Í núverandi tilraun var aukningin næstum 10.000-föld (tæplega log 4/g) yfir 21. dags geymslutíma. Hugsanlega skýrist það vegna lægra upphafsmagns CO₂ (49,0% vs. 58,3%) í gasblöndunni sem nú var notuð og lakari þéttleika umbúða. Gasmælingar sýna að CO₂ lækkaði úr 49% í 25-30% eftir um viku geymslu. Þetta samsvarar um 40-50% CO₂ lækun samanborið við 25-30% þá. Einnig er mögulegt að samsetning H₂S-myndandi örvera hefur verið öðruvísi. Sumar þeirra þola illa CO₂ (loftfirrðar aðstæður), eins og *Shewanella putrefaciens*, á meðan aðrar tegundir geta vaxið við slíkar aðstæður.



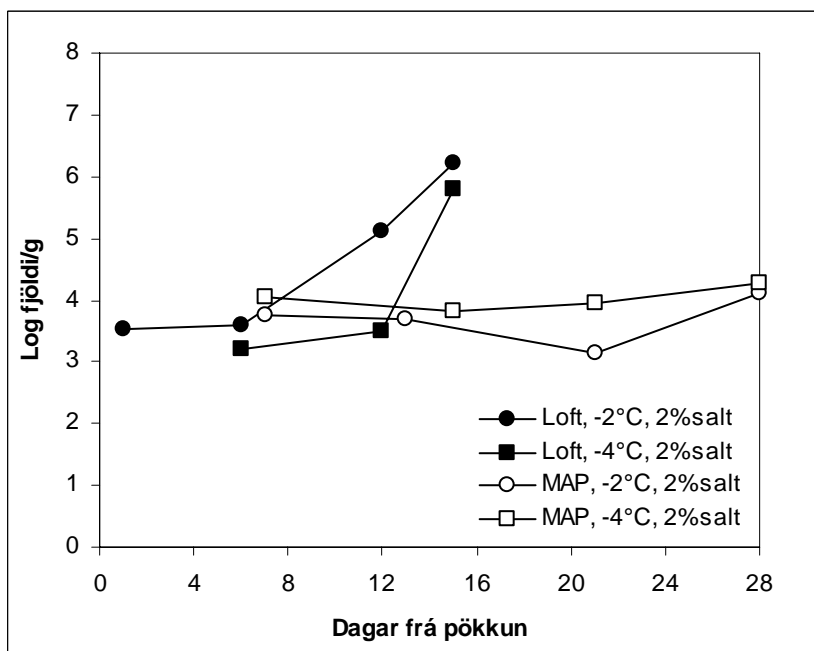
Mynd 6. Fjöldi H₂S-myndandi gerla á JA í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 2% NaCl

Þróun H₂S-myndandi örvera í pækluðum fiski geymdum í lofti við ofurkældar aðstæður sýnir meiri fjölda (mynd 6) en í ópækluðum fiski (mynd 5), sem er í samræmi við niðurstöður heildarörverutalninga. Þessi munur var sérstaklega áberandi við -4°C loftgeymslu. Ekki er hægt að fullyrða á þessu stigi hvað veldur þessum mun. Aftur á móti var fjöldi H₂S-myndandi örvera lægri í pækluðum MAP-fiski (mynd 6) en ópækluðum (mynd 5), eins og fram kom við heildarörverutalningar.

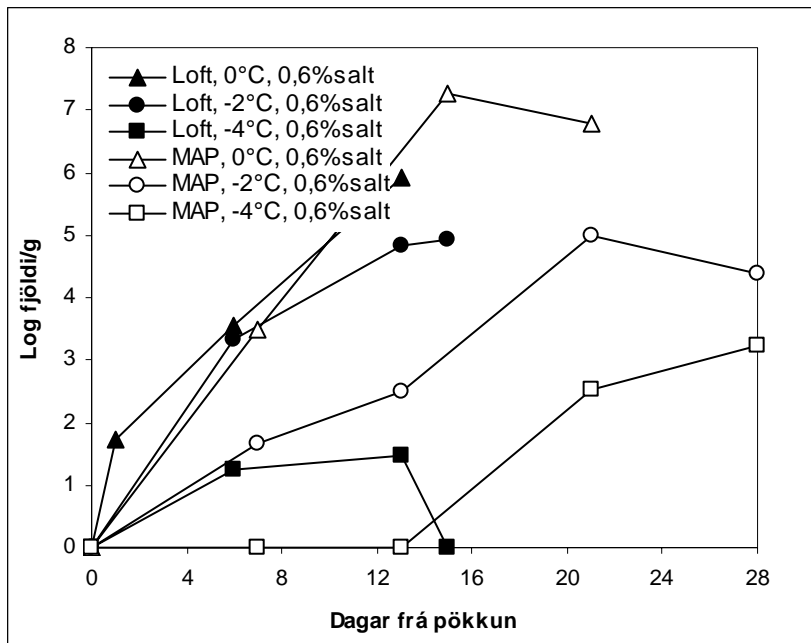
Þróun *Pseudomonas* tegunda í lofti í ópækluðum fiski var svipuð og hjá H₂S-myndandi örverum, með sambærilegan vöxt við 0 og -2°C og hægari þróun við -4°C (mynd 7). *Pseudomonas* náði þó meiri fjölda við lok geymslutímans, a.m.k. 0,5-1 log hærri en hjá H₂S-myndandi örverum. Í loftskiptum pakkningum var vöxtur hægari á geymslutímanum (um 1-2 log/g aukningu), sérstaklega við -4°C. Í pækluðum fiski (mynd 8) sem var geymdur í lofti var þróun *Pseudomonas* tegunda sambærileg og í ópækluðum fiski við -2°C (mynd 7), en hraðari vöxtur var áberandi við -4°C í pækluðum fiski við lok geymslutímans sem leiddi til þess að þessi hópur gerla varð ríkjandi meðal heildarörveruflórunnar. Í loftskiptum pakkningum var lítil vöxtur á geymslutímanum (< 2 log aukning).



Mynd 7. Fjöldi *Pseudomonas* á CFC-agar í loft- og gasþökkuðum þorskbítum með 0,6% NaCl

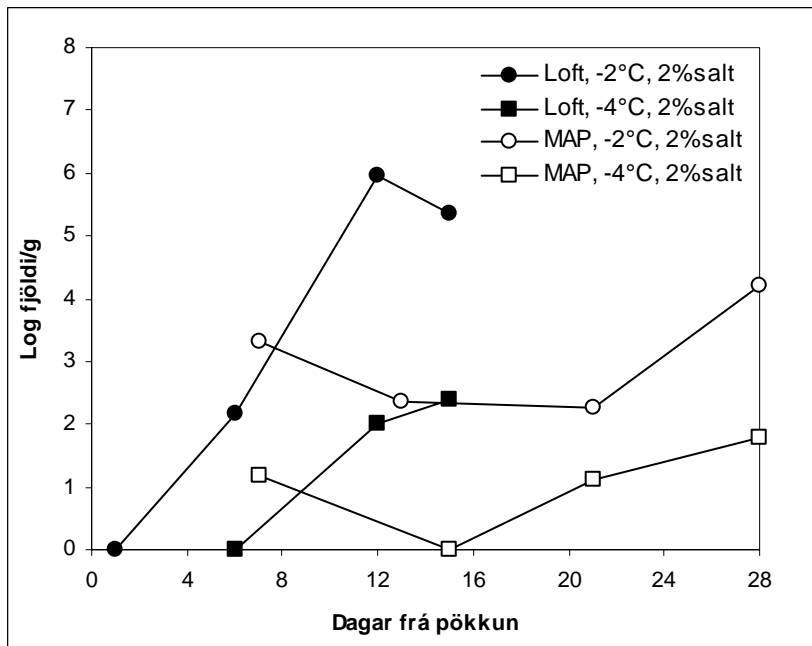


Mynd 8. Fjöldi *Pseudomonas* á CFC-agar í loft- og gasþökkuðum þorskbítum með 2% NaCl



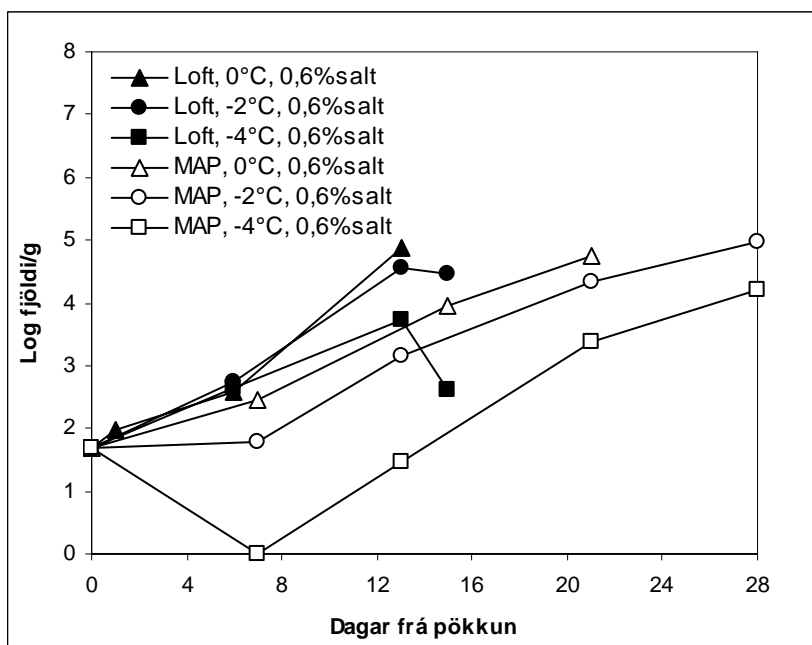
Mynd 9. Fjöldi *P. phosphoreum* í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 0,6% NaCl

Mynd 9 sýnir að Pp óx hraðast við 0°C í lofti sem og í loftskiptu umhverfi, og varð fjöldi þeirra um log 6-7/g við lok geymslutímans. Lækkun geymsluhitastigs (-2°C) leiddi til hægari vaxtar Pp í lofti, en samvirkni milli loftskiptra aðstæðna og ofurkælingar olli enn hægari þróun. Fjöldi Pp við -2°C var um log 5/g í lofti við lok geymslu. Ofurkæling við -4°C hafði mjög hamlandi áhrif á Pp fyrstu 2 vikur geymslutímans þar sem Pp var rétt við eða undir mælímörkum (<1,3 log/g) en við frekari geymslu mældist aukning í gaspökkuðum sýnum sem náðu rúmlega log 3/g á 28. degi. Mynd 10 sýnir áhrif loftskiptra aðstæðna og undirkælingar á vöxt Pp við geymslu á pækluðum fiski (2% salt). Líkt og hjá öðrum skemmdargerlum virðist pæklunin hafa haft varðveislúáhrif á Pp í fisksýnum geymdum í lofti, sérstaklega við -4°C en ekki undir loftskiptum aðstæðum þar sem fjöldinn var lægri.

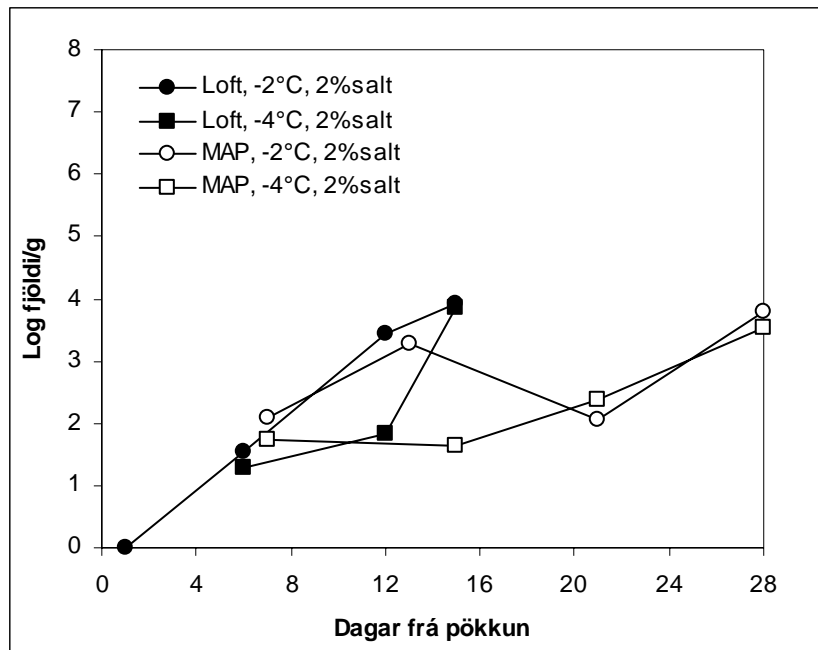


Mynd 10. Fjöldi *P. phosphoreum* í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 2% NaCl

Mynd 11 sýnir annars vegar að undir loftskilyrðum hafði ofurkæling við -2°C lítil sem engin vaxtarhemjandi áhrif á vöxt mjólkursýrugerla, og hins vegar að loftskiptar aðstæður höfðu hamlandi áhrif á þróun þessara gerla við lækkanði hitastig. Samt sem áður nam aukning á fjölda þeirra yfir geymslutímanum um 2-3 log/g.



Mynd 11. Fjöldi mjólkursýrugerla á NAP-agar í loft- og gaspökkuðum þorskbitum með 0,6% NaCl



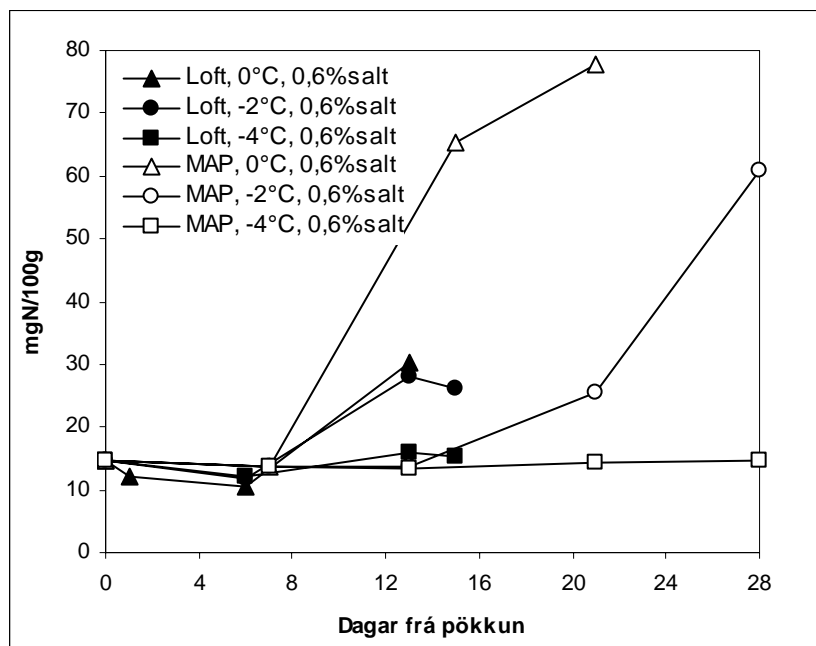
Mynd 12. Fjöldi mjólkursýrugerla á NAP-agar í loft- og gaspökkuðum þorskbítum með 2% NaCl

Líkt og hjá öðrum örveruhópum virðist þæklunin hafa haft varðveislúhrif á mjólkursýrugerla í loftsynum við -4°C en ekki undir loftskiptum aðstæðum þar sem fjöldinn var lægri (mynd 12).

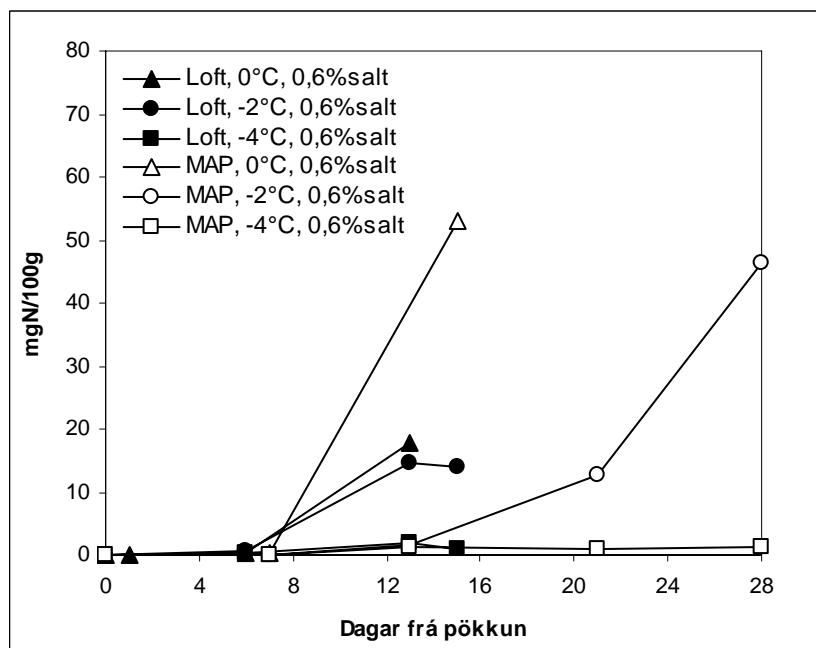
3.1.2. Efnamælingar

Mynd 13 sýnir að myndun reikulla basa (TVB-N) í óþæklum fiski við 0°C var hraðari í loftskiptum umbúðum en í lofti, eins búast mátti við því TMA myndun var hraðari við súrefnissnaðar aðstæður (mynd 14). Það er athyglisvert að benda á að TVB-N myndun við loftskilyrði var sambærileg við -2°C og 0°C. Þetta samræmist þróun örveruflórunnar í þessum hópum, þar sem H₂S-myndandi örverur voru ríkjandi við -2°C en *Photobacterium phosphoreum* við 0°C. *Shewanella putrefaciens*, sem er H₂S-myndandi, og *P. phosphoreum* geta afoxað TMAO í TMA. Í hinum ofurkældu hópnum var myndun enn hægari við lækkandi hitastig, sérstaklega í loftskiptu umhverfi. Engin aukning mældist í TVB-N í MAP-fiski geymdum við -4°C, en þetta stafar af litilli aukningu í fjölda ofangreindra gerla á geymslutímabilinu. Myndun TMA hjá sömu hópum sést á mynd 14 og sama mynstur kemur í ljós þar. Myndir 15 og 16 sýna myndun TVB-N og TMA í þæklum fiski en loftskipt umhverfi og lækkandi hitastig hafði hamlandi áhrif á myndun þessara efna.

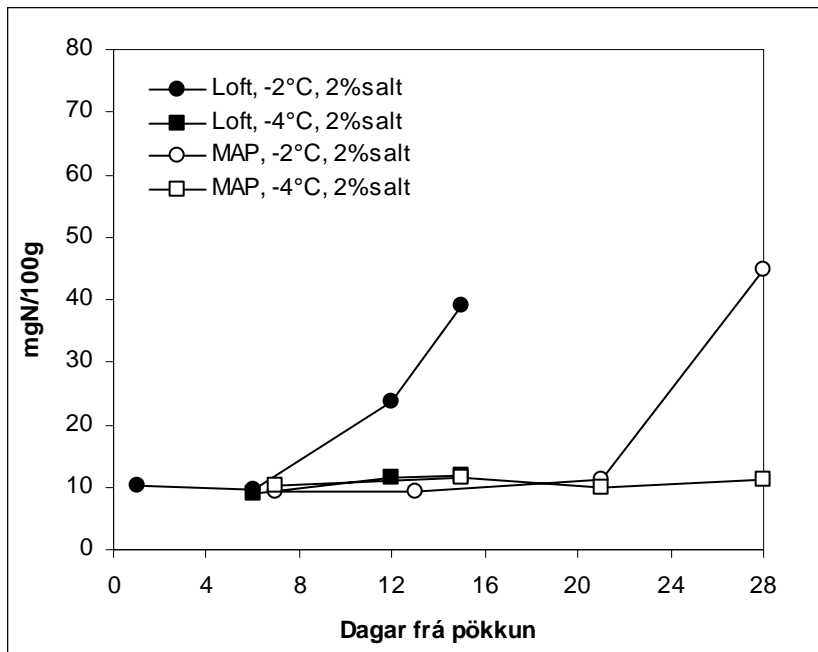
Hlutfall TMA:TVB-N (P ratio) gefur til kynna mikilvægi TMA við myndun reikulla basa. Við lok geymslutímans var hlutfallið í fiski geymdum við 0 og -2°C á bilinu 0,5-0,7 í lofti en í loftskiptu umhverfi var það hærra, þ.e. 0,7-0,8. Mjög lágt hlutfall (0,1-0,2) fékkst yfirleitt við -4°C sem sýnir litla virkni TMA-framleiðanda við slíkar aðstæður, í þækluðum sem óþækluðum fiski.



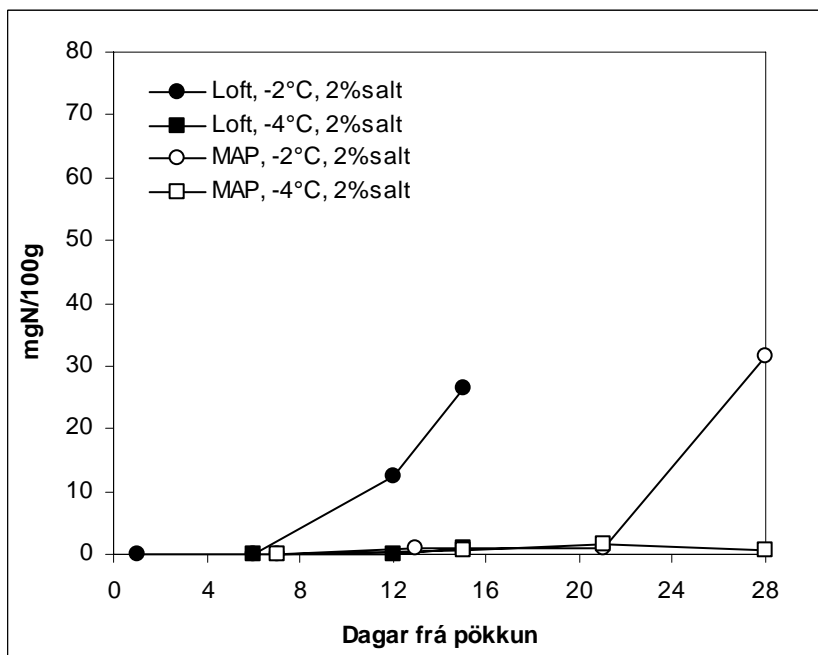
Mynd 13. Heildarmagn reikulla basa (TVB) í loft- og gaspökkuðum þorsbitum með 0,6% NaCl



Mynd 14. Trimethylamine (TMA) í loft- og gaspökkuðum þorsbitum með 0,6% NaCl



Mynd 15. Heildarmagn reikulla basa (TVB) í loft- og gaspökkuðum þorskbítum með 2% NaCl



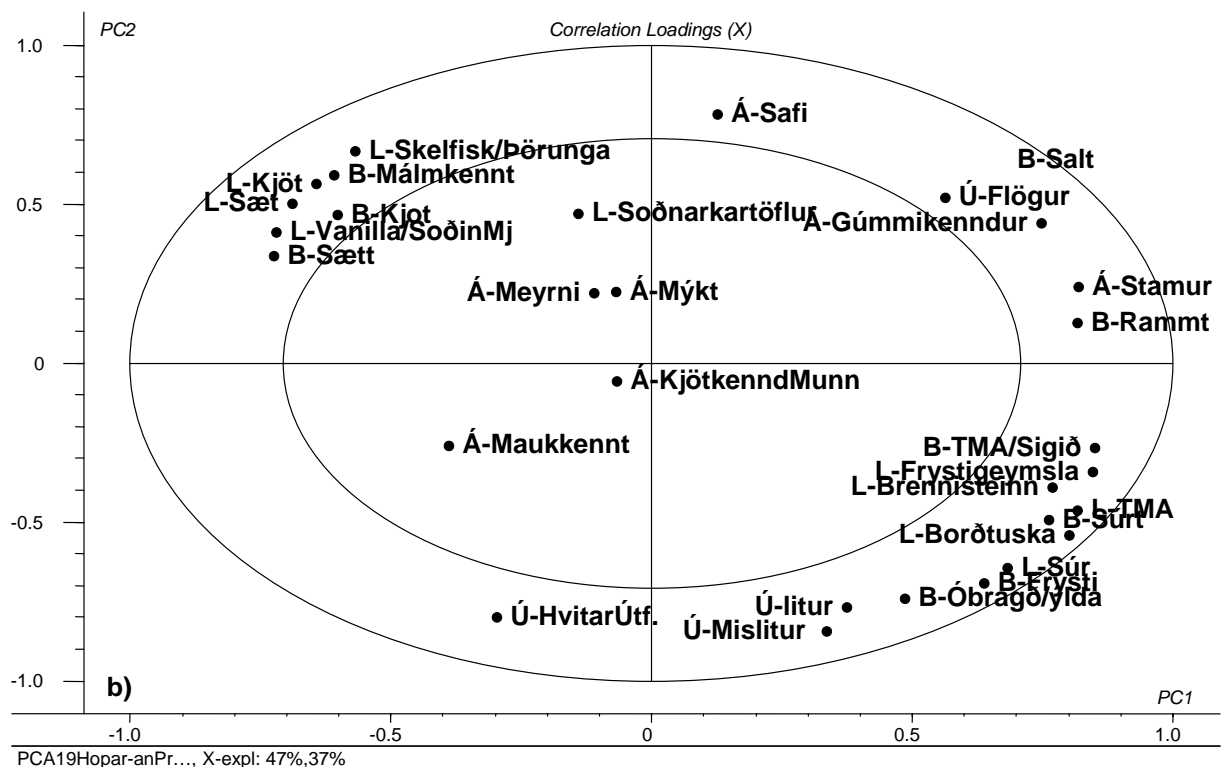
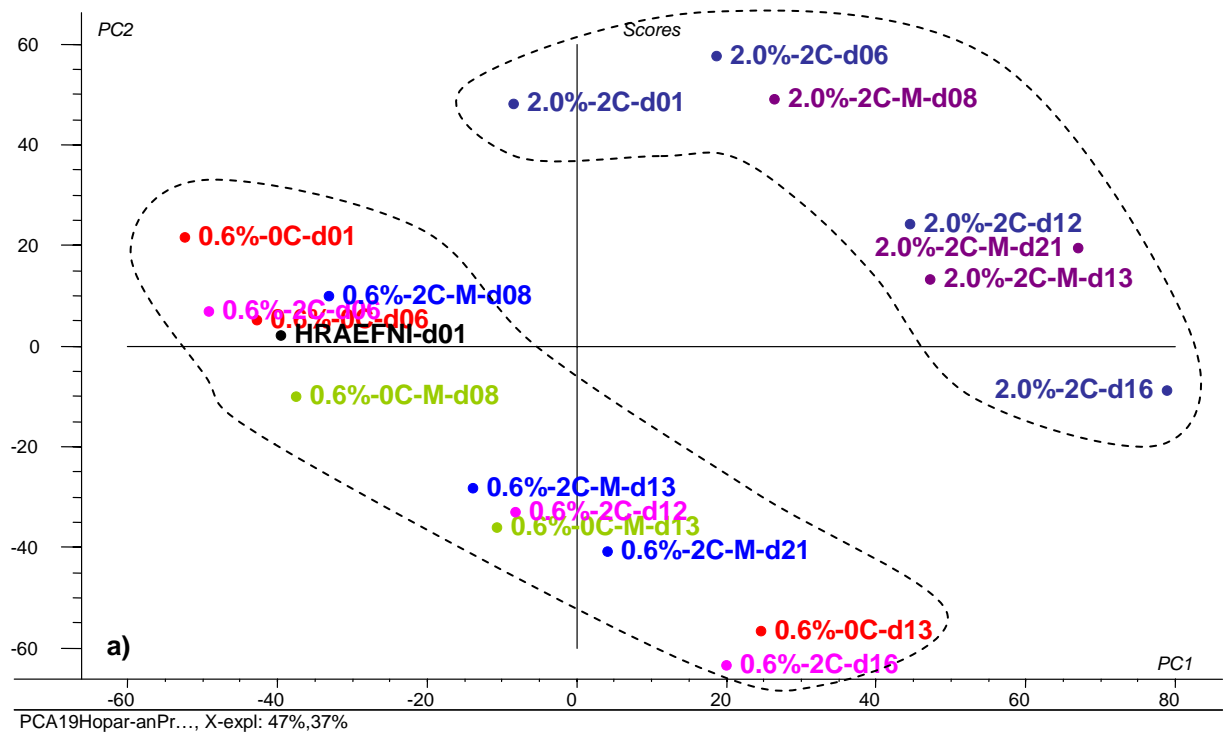
Mynd 16. Trimethylamine (TMA) í loft- og gaspökkuðum þorskbítum með 2% NaCl

3.1.3. Skynmat

QDA

Greining var gerð á skynmatsniðurstöðum út frá módeli byggðu á 12 skynmatsdómurum, 22 sýnahópum og 30 skynmatsþáttum. PCA, höfuðþáttgreining, á meðalgildum sýndi að 84% breytileika gagnanna voru skýrð með fyrstu 2

höfuðþáttum (Mynd 17) þar sem fyrsti höfuðþáttur (48%) er útskýrður af ferskleika og skemmdareinkennum.



Mynd 17. Höfuðþáttagreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. a) Scores (sýni, d=geymsludagur), b) correlation loadings (skynmatsþættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit)

Við upphaf geymslutímans (d1 frá þökkun) var sýnahópunum lýst með lyktar- og bragðeinkennum einkennandi fyrir ferskan þorsk, eins og sætri lykt og bragði, kjötlykt og bragði og málmennu bragði. Nokkur munur var á ferskleikaeinkennum hópa við upphaf geymslutímans, þar sem saltari sýnahópar (2% salt) höfðu ekki eins áberandi ferskleikaeinkenni, t.d. sæt lykt og bragð og málmkennt bragð, samanborið við saltminni sýnahópa (0,6%). Við lok geymslutímans, eða á síðasta sýnatökudegi í skynmati var flestum sýnahópum, en sérstaklega lofthópum sem innihéldu 0,6% salt og voru geymdir við 0°C á 13. degi og -2°C á 16. degi lýst með skynmatsþáttum eins og TMA lykt og bragði, súrri lykt og bragði og borðtuskulykt.

Annar höfuðþáttur (36%) útskýrist að mestu af áferðar- og útlitsþáttum. Saltari sýnahópar (2% salt) virtust hafa safarikari áferð á fyrri hluta geymslutímans samanborið við saltminni hópa (0,6% salt). Ennfremur höfðu saltari sýnahóparnir stamari og gúmmíkenndari áferð, voru flögukennari og höfðu síður hvítar útfellingar. Mest áberandi munurinn milli hópanna var þó munur á söltu bragði, auk þess að hafa nokkuð rammt bragð almennt.

Marktækur munur milli sýnahópa reyndist vera í 9 lyktarþáttum af 10 (tafla 4a), öllum útlitsþáttum (tafla 4b), 8 bragðþáttum af 9 (tafla 4c) og 6 áferðþáttum af 7 (tafla 4d).

Tafla 4a. Meðaltöl skynmatsþátta (skali 0-100) fyrir lykt, byggðum á niðurstöðum 12 skynmatsdómara

Sýnahópur	Dagar	Sæt	Skelfisk/p.	Kjöt	Vanilla/s.Mj.	Soðn.Ka.	Frystig.	Borðt.	TMA	Súr	Brennist.
HRAEFNI	1	52	42	19	33	22	2	6	2	5	0
0.6%-0C	1	57	46	25	34	24	1	2	1	1	0
0.6%-0C	6	49	39	25	38	32	2	3	3	2	0
0.6%-0C	13	18	11	9	16	21	9	33	28	23	8
0.6%-2C	6	49	37	23	37	31	3	3	1	1	1
0.6%-2C	12	30	21	12	24	29	7	20	12	9	2
0.6%-2C	16	18	14	2	10	18	9	28	27	22	16
2.0%-2C	1	52	46	24	33	26	1	2	0	1	0
2.0%-2C	6	41	38	21	27	34	4	7	2	1	0
2.0%-2C	12	27	21	12	20	31	8	21	21	13	7
2.0%-2C	16	16	12	4	7	19	11	38	43	29	21
0.6%-0CM	8	48	34	19	34	29	2	7	2	2	0
0.6%-0CM	13	27	21	15	20	29	7	16	9	8	2
0.6%-2C-M	8	48	35	22	36	34	3	7	3	4	0
0.6%-2C-M	13	30	20	14	23	30	8	13	6	8	1
0.6%-2C-M	21	26	16	8	16	26	7	21	25	23	5
2.0%-2C-M	8	40	33	18	32	34	4	11	6	4	1
2.0%-2C-M	13	25	19	10	16	27	11	20	20	12	5
2.0%-2C-M	21	26	24	11	13	31	11	27	22	13	6
		***	***	**	***		*	***	***	***	***

* ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$) marktækur munur í skynmatsþætti milli sýnahópa

Tafla 4b. Meðaltöl skynmatsþátta (skali 0-100) fyrir útlit, byggðum á niðurstöðum 12 skynmatsdómara

Sýnahópur	Dagar	Litur	Mislitur	HvitarÚtf.	Flögur
HRAEFNI	1	36	34	20	48
0.6%-0C	1	19	25	15	41
0.6%-0C	6	29	33	21	55
0.6%-0C	13	49	46	21	48
0.6%-2C	6	26	27	20	42
0.6%-2C	12	37	45	28	35
0.6%-2C	16	42	45	29	43
2.0%-2C	1	29	27	9	52
2.0%-2C	6	26	27	7	69
2.0%-2C	12	25	32	14	62
2.0%-2C	16	40	42	18	61
0.6%-0CM	8	33	41	29	38
0.6%-0CM	13	33	37	25	37
0.6%-2C-M	8	24	31	26	42
0.6%-2C-M	13	34	41	27	31
0.6%-2C-M	21	33	40	35	46
2.0%-2C-M	8	23	26	8	55
2.0%-2C-M	13	33	33	13	59
2.0%-2C-M	21	31	36	10	48
		***	***	***	***

* ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$) marktækur munur í skynmatsþætti milli sýnahópa

Tafla 4c. Meðaltöl skynmatsþátta (skali 0-100) fyrir bragð, byggðum á niðurstöðum 12 skynmatsdómara

Sýnahópur	Dagar	Salt	Málmk.	Sætt	Kjöt	Frysti	Rammt	Súrt	TMA/s.	Óbragð/ý
HRAEFNI	1	11	42	39	15	3	3	5	2	7
0.6%-0C	1	16	52	54	27	2	2	2	0	2
0.6%-0C	6	10	34	44	19	6	5	4	3	3
0.6%-0C	13	9	11	13	7	12	9	16	19	27
0.6%-2C	6	6	44	50	29	4	7	2	1	1
0.6%-2C	12	8	27	28	14	11	11	11	13	15
0.6%-2C	16	2	12	17	7	18	17	17	22	26
2.0%-2C	1	63	41	33	19	1	9	3	0	1
2.0%-2C	6	73	36	33	24	6	10	4	2	1
2.0%-2C	12	68	26	27	14	9	16	7	14	5
2.0%-2C	16	73	19	15	6	15	19	20	28	25
0.6%-0CM	8	5	44	40	24	10	8	2	2	3
0.6%-0CM	13	5	22	26	16	11	8	10	10	16
0.6%-2C-M	8	17	47	45	22	8	7	3	2	5
0.6%-2C-M	13	6	23	26	17	10	9	5	6	10
0.6%-2C-M	21	10	22	28	16	17	11	7	9	11
2.0%-2C-M	8	76	33	29	18	6	24	4	7	3
2.0%-2C-M	13	66	26	25	16	14	21	11	20	7
2.0%-2C-M	21	81	23	21	12	13	37	18	28	13
		***	***	***	*	**	***	***	***	***

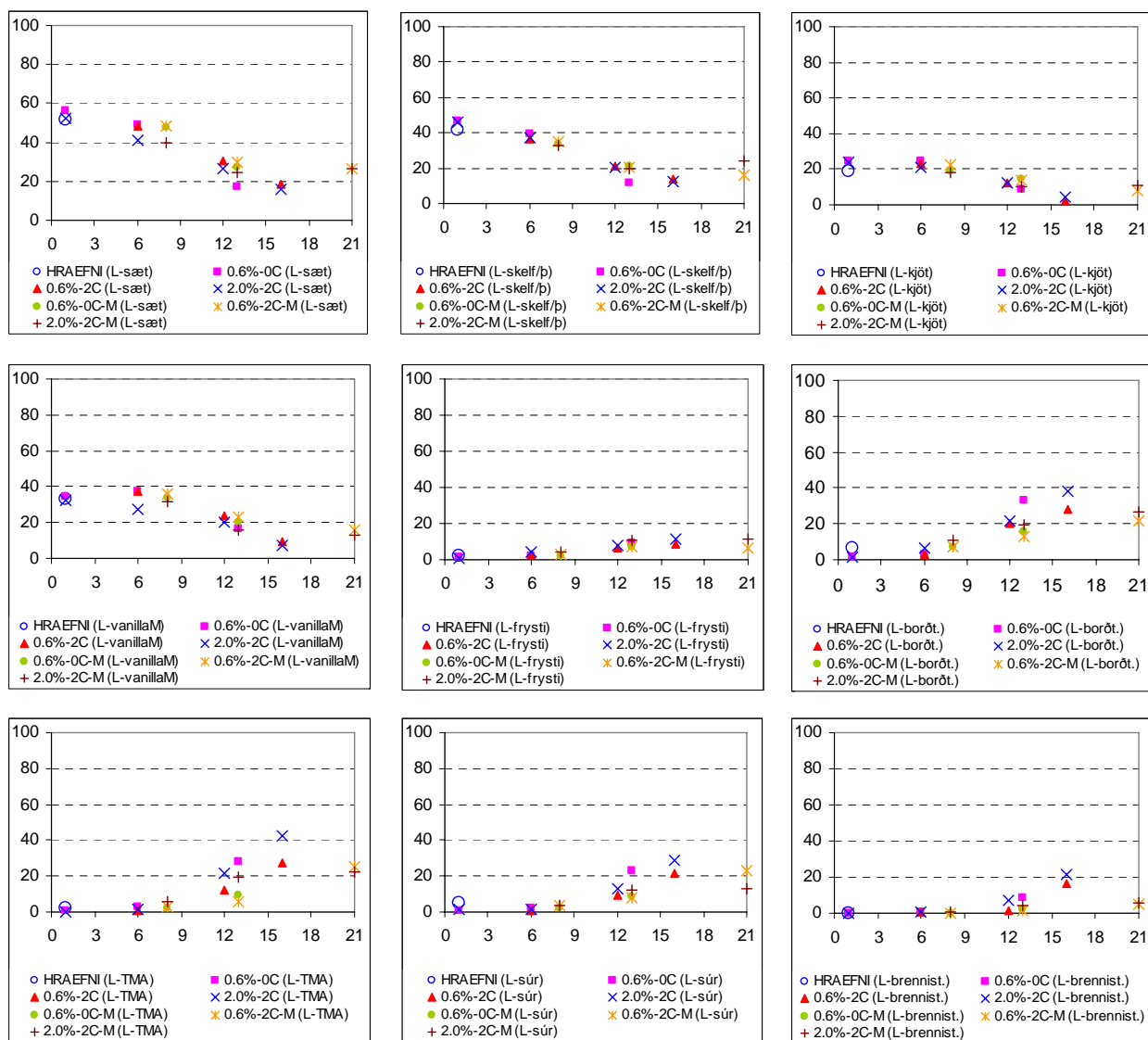
Tafla 4d. Meðaltöl skynmatsþátta (skali 0-100) fyrir áferð, byggðum á niðurstöðum 12 skynmatsdómara

Sýnahópur	Dagar	Mýkt	Safi	Meyrni	Maukk.	Kjöttk.M.	Stamur	Gúmmík.
HRAEFNI	1	69	57	70	44	16	6	4
0.6%-0C	1	61	63	74	33	19	5	2
0.6%-0C	6	62	58	61	34	16	6	2
0.6%-0C	13	54	42	58	30	20	9	4
0.6%-2C	6	61	56	59	31	23	6	3
0.6%-2C	12	54	47	58	31	18	8	3
0.6%-2C	16	56	43	52	33	21	12	3
2.0%-2C	1	65	65	74	37	14	10	2
2.0%-2C	6	51	64	58	16	31	16	33
2.0%-2C	12	52	60	50	21	21	13	28
2.0%-2C	16	65	60	68	26	13	15	18
0.6%-0CM	8	47	43	41	19	34	11	12
0.6%-0CM	13	48	38	52	26	27	11	6
0.6%-2C-M	8	52	53	55	24	26	11	3
0.6%-2C-M	13	48	45	49	27	26	10	7
0.6%-2C-M	21	55	50	58	32	29	11	6
2.0%-2C-M	8	59	64	55	23	24	17	31
2.0%-2C-M	13	57	51	49	25	22	17	23
2.0%-2C-M	21	49	57	46	21	26	23	26
		**	***	***			**	***

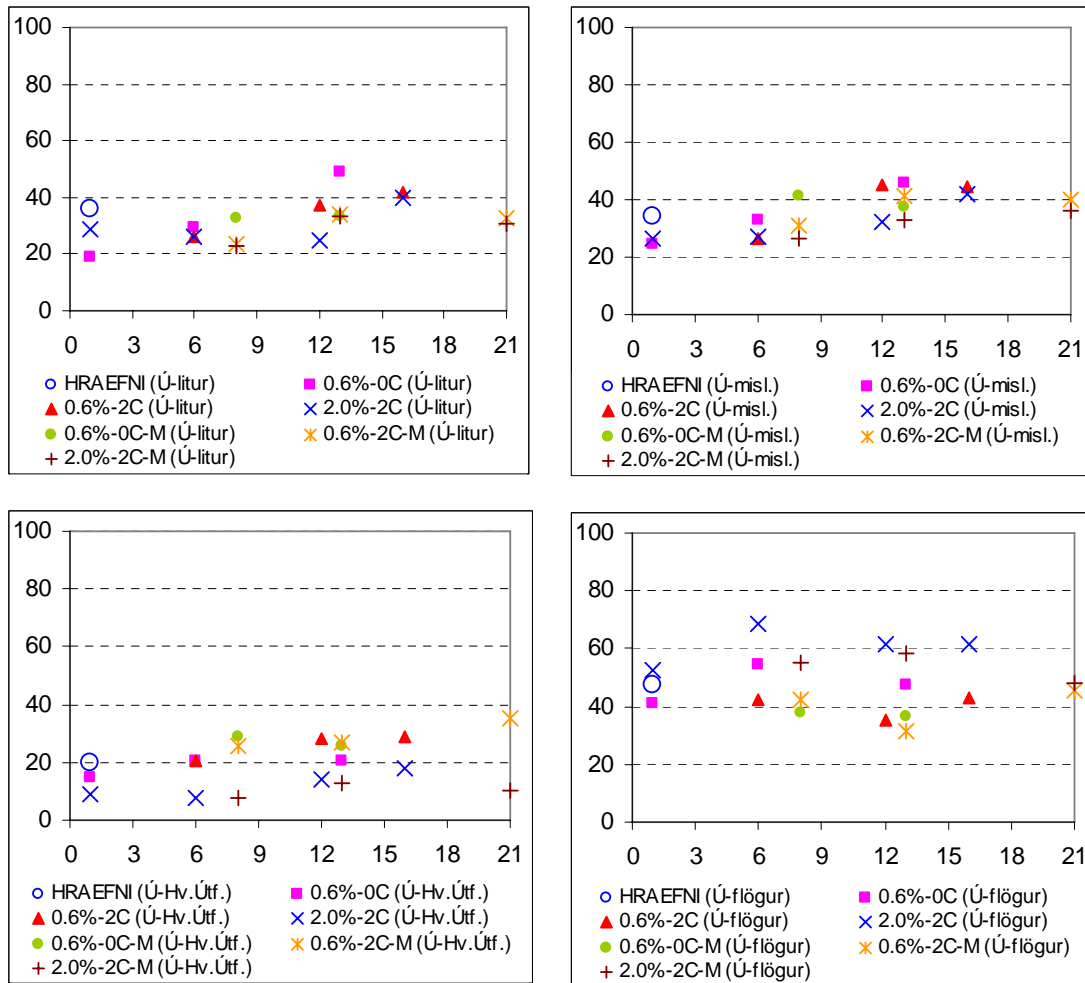
* ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$) marktækur munur í skynmatsþætti milli sýnahópa

Myndir 18 til 21 sýna hvernig sýnahópar breytast með tilliti til skynmatsþátta með geymslutíma í þeim tilfellum þar sem marktækur munur kom fram milli sýnahópa. Á mynd 18 má sjá að sæt lykt var mjög einkennandi fyrir hópa sem metnir voru við upphaf geymslutímans, en einnig á 6. og 8. degi. Sæt lykt var vart greinanleg í lofthóp (0,6% salt, 0°C) á 13. degi sem og lofthópar (0,6% og 2% salt, -2°C) á 16. degi. MAP hópar (0,6% og 2% salt, -2°C) metnir á 21. degi virtust hafa nokkuð sæta lykt. Saltmeiri hópar virtust almennt síður hafa sæta lykt. Skelfisk/þörungalykt breyttist á nokkuð svipaðan hátt og sæt lykt, þó hún virðist ekki vera eins einkennandi fyrir hópana almennt, sérstaklega ekki eftir 8. dag. Kjötlykt var vart greinileg í hópunum, sérstaklega eftir 8. dag. Vanilla/Soðin Mjólk var nokkuð einkennandi lykt fyrir hópana fyrstu 8 daga geymslutímans, þó síður fyrir saltari hópa, sérstaklega saltari lofthóp. Frystilykt var ekki til staðar, en svo virtist sem það vottaði fyrir frystilykt eftir 12. dag, sérstaklega í söltum hópum eftir það. Frystilykt er nokkuð flókin lykt þar sem geymslueinkenni eins og TMA geta spilað inni og gæti því þessi aukning verið tengd aukningu í TMA sem varð áberandi á sama tíma. TMA lykt var orðin greinileg (um 20 á QDA kvarða) í lofthóp (2% salt, -2°C) á 12. degi og var orðin mjög mikil á 16. degi (yfir 40 á QDA kvarða). MAP hópur (2% salt, -2°C) hafði einnig greinilega TMA lykt á 13. degi, og var svipuð á 21. degi (um 20 á QDA kvarða). TMA lykt var fyrst orðin greinileg fyrir MAP hóp sem geymdur er við -2°C

(0,6% salt) á 21. degi, en varla greinileg (<10 á QDA kvarða) við 0°C á 13. degi. TMA lykt var þegar orðin mjög greinileg fyrir lofthóp (0,6% salt) sem geymdur var við 0°C á 13. degi, sem og við -2°C á 16. degi eða um 30. Súr lykt var orðin greinileg fyrir lofthóp (0,6% salt) sem geymdur var við 0°C á 13. degi og -2°C á 16. degi. Hinsvegar var súr lykt ekki orðin greinileg fyrir MAP hóp sem geymdur var við -2°C (0,6% salt) fyrr en á 21. degi. MAP hópur (2% salt) geymdur við -2°C hafði varla greinanlega súra lykt á 21. degi. Borðtuskulykt var vart greinileg fram að 12. degi, en virtist aukast á svipaðan hátt og TMA lykt eftir það. Brennisteinslykt var ekki greinanleg á geymslutímanum, nema fyrir lofthópa (0,6% og 2% salt) geymda við -2°C á 16. degi.

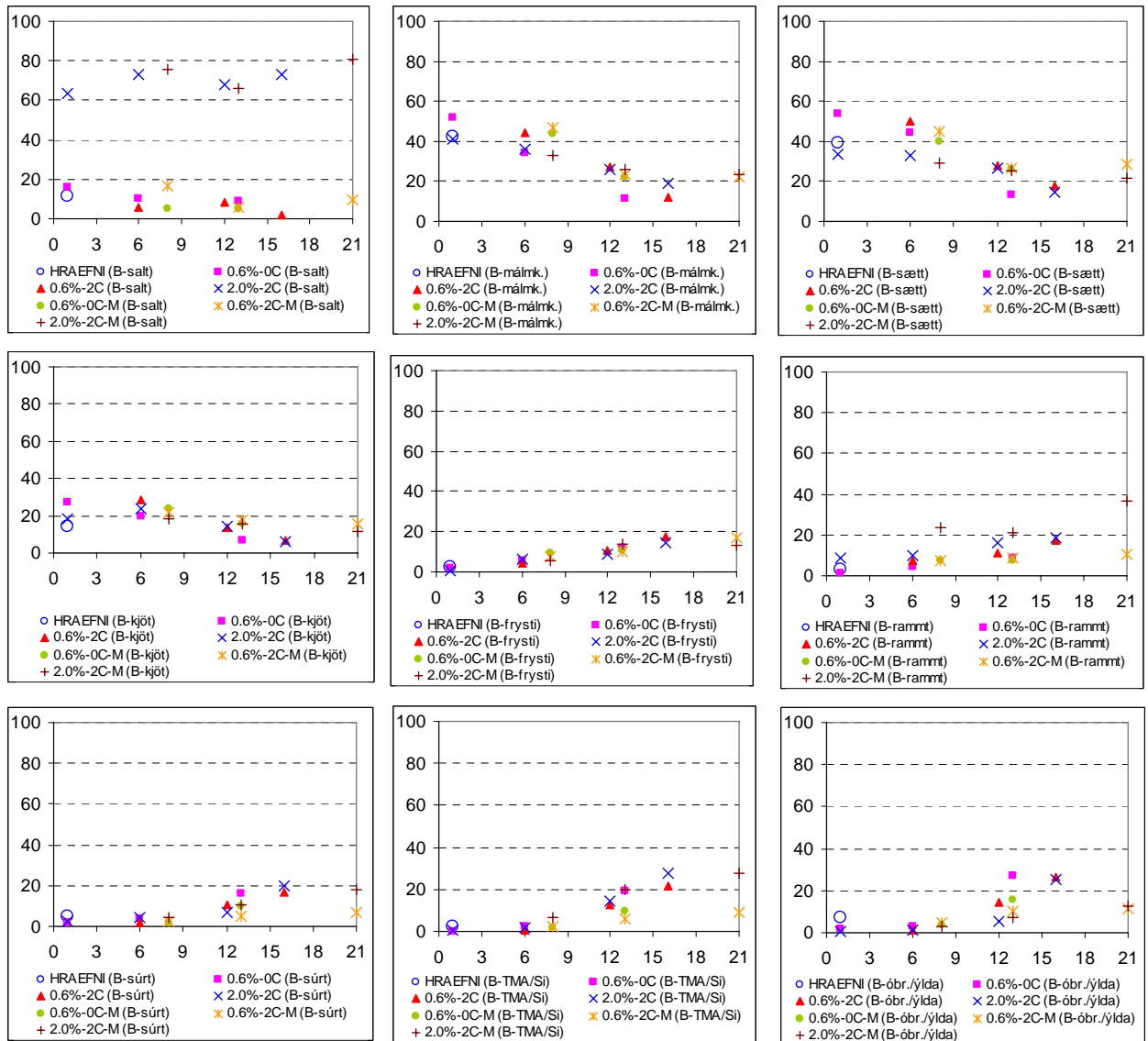


Mynd 18. Skynmatsþættir – Lykt (L). Meðaltöl 12 skynmatsdómara og sýnaendurtekninga. Lóðréttur ás: QDA einkunnir (0-100). Láréttur ás: geymsludagar frá þökkun.



Mynd 19. Skynmatsþættir – Útlit (Ú). Meðaltöl 12 skynmatsdómara og sýnaendurtekninga. Lóðréttur ás: QDA einkunnir (0-100). Láréttur ás: geymsludagar frá þökkun.

Á mynd 19 má sjá að flestir hópar virtust fá dekkri lit með geymslutíma. Hráefni virtist þó hafa einna dekkstan lit á fyrsta sýnatökudegi. Lofthópur geymdur við 0°C (0,6% salt) var einna ljósastur (um 20 á QDA kvarða) við upphaf geymslutímans en með dekksta lit á síðasta sýnatökudegi (um 50). Sambærilegur hópur geymdur við -2°C hafði sömu tilhneingingu og var einkunn fyrir lit undir 30 á 6. degi en 40 á 16. degi. Lofthópur (2% salt) geymdur við -2°C fékk sömu einkunn á 16. degi. MAP hópar höfðu ekki eins dökkan lit og nær einkunnin aldrei 40 fyrir þá hópa. Sömuleiðis virtist hráefni hafa mislitasta útlit hópa sem metnir voru á 1. degi og hóparnir höfðu flestir tilhneingingu til að verða mislitari með geymslutíma, lofthópar frekar en MAP hópar. Hvítar útfellingar virtust ekki aukast með geymslutíma. Hinsvegar voru þær nokkuð meira áberandi fyrir minna salta hópa (0,6% salt) samanborið við saltari hópa (2% salt). Salthópar voru hins vegar töluvert flögukennari samanborið við minna salta hópa. Sömuleiðis virtust lofthópar almennt meira flögukennir en MAP hópar.

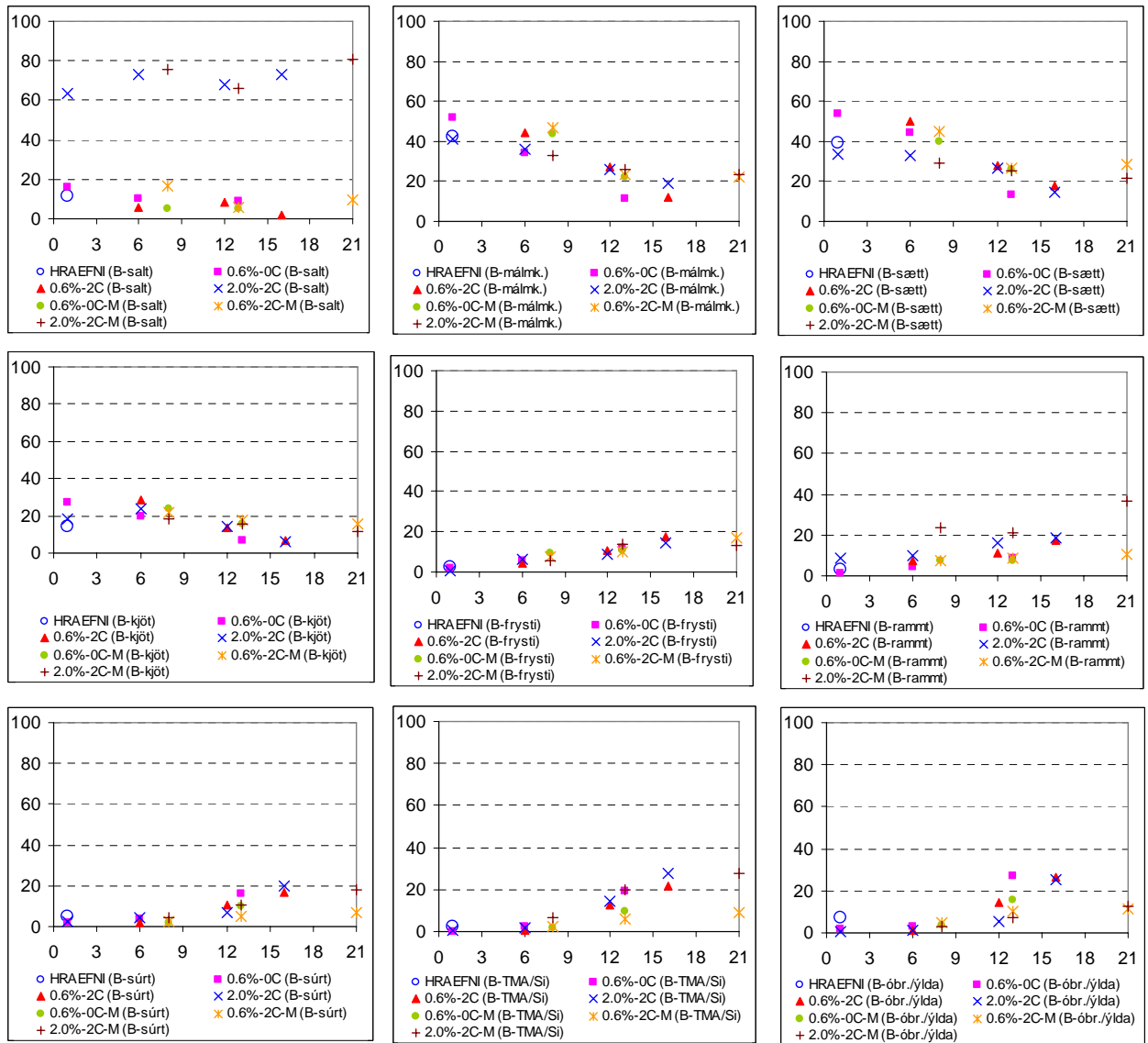


Mynd 20. Skynmatþættir – Bragð (B). Meðaltöl 12 skynmatdómara og sýnaendurtekninga. Lóðréttur ás: QDA einkunnir (0-100). Láréttur ás: geymsludagar frá þökkun.

Á mynd 20 kemur fram hvað saltir hópar höfðu áberandi mikið saltbragð samanborið við saltminni hópa, en saltbragð var á bilinu 60-80 á skalanum fyrir saltari hópum, sem bendir til þess að saltbragð hafi yfirgnæft aðra þætti. Ekkert eða vottur af saltbragði fannst af flestum saltminni hópum, en greinilegt saltbragð fannst af MAP hóp (0,6%) geymdum við -2°C á 8. degi sem og lofthóp (0,6%) geymdum við 0°C á 1. degi. Þröskuldsgildi salts er 0,2% í vatnslausn. Meðaltal saltinnihalds í saltminni hópum var $0,4 \pm 0,2\%$ og því er ekki óeðlilegt að saltbragð hafi verið nokkuð mismunandi í saltminni hópunum, frá því að vera ekki greinilegt og uppí að vera greinilegt. Málmkennt bragð var mjög einkennandi fyrir sýnahópa sem metnir voru á 1. degi. Málmkennt bragð minnkaði töluvert með geymslutíma en var þó enn greinilegt í MAP hópum á 13. degi og 21. degi, sem og lofthóp (2% salt) sem geymdur var við -2°C á 16. degi. Sætt bragð var áberandi, sérstaklega fyrir saltminna

hópa, en minnkaði töluvert með geymslutíma. Sætt bragð var um og yfir 40 fyrir minna salta hópa fram að 12. degi, en saltir hópar voru rétt um 30 fram að sama geymsludegi. Sætt bragð var vart greinilegt í lofthópum metnum á 16. degi (0,6 og 2% salt, -2°C), en var enn greinilegt í MAP hópum metnum á 21. degi, ívið meira í 0,6% salthóp samanborið við 2% salthóp (-2°C). Eins og fyrir frystilykt var frystibragð vart greinanlegt, en vottur eftir 12. geymsludag. Rammt bragð virtist aðeins aukast með geymslutíma. Það var ekki greinanlegt á fyrsta sýnatökudegi, en jókst nokkuð með geymslutíma fyrir salta hópa, sérstaklega MAP hóp og var nálægt 40 á síðasta sýnatökudegi (dagur 21), en var um 20 á síðasta sýnatökudegi fyrir saltan lofthóp. Súrt bragð var ekki merkjanlegt fram að 13. degi, en vottur af súru bragði fannst á 13. degi fyrir lofthóp (0,6% salt, 0°C) og var orðið greinilegt fyrir lofthópa sem geymdir voru við -2°C á 16. degi (bæði 0,6% og 2% salt), sem og söltum MAP hóp (-2°C) á 21. degi. Súrt bragð var hins vegar ekki greinanlegt í minna söltum MAP hóp (-2°C) á 21. degi. TMA bragð var orðið greinilegt á 13. degi fyrir minna saltan lofthóp (0°C) og saltan MAP hóp (-2°C). Á 16. degi var TMA bragð einnig greinilegt fyrir saltan og minna saltan lofthóp (-2°C). Á 21. degi var TMA bragð orðið nokkuð mikið (30) fyrir saltan MAP hóp (-2°C), en var greinanlegt í minna söltum MAP hóp (-2°C) á sama tíma. Óbragð/ýldubragð var orðið nokkuð greinilegt fyrir minna saltan lofthóp við 0°C , sem og öðrum lofthópum á 16. degi.

Á mynd 21 sést að mýkt virtist aðeins minnka með geymslutíma. Hinsvegar virtist ekki vera munur milli saltra og minna saltra hópa, loft eða MAP hópa. Safi virtist ekki breytast með geymslutíma, en töluverður munur var á söltum og minna söltum hópum, þar sem saltir hópar voru nokkuð safameiri. Hinsvegar kom ekki fram munur eftir geymsluaðstæðum (loft vs MAP, 0°C vs -2°C). Sýni metin á upphafsdegi voru nokkuð meyrari samanborið við sýni á öðrum sýnatökudögum. Hópar á 1. sýnatökudegi voru nokkuð maukkenndari samanborið við hópa á öðrum sýnatökudögum, en að öðru leyti kom ekki fram mikill munur eftir geymslutíma. Hinsvegar voru saltari hópar minna maukkenndir, sérstakega lofthópurinn (2% salt, -2°C). Stöm áferð var ekki lýsandi fyrir hópana, þar sem hún var vart greinileg og virtist ekki breytast með geymslutíma. Hinsvegar má sjá að salthópar virtust vera aðeins stamir. Sama má sjá fyrir gúmmíkennda áferð, en söltu hóparnir voru töluvert gúmmíkenndir í samanburði við minna salta hópa. Þessi eiginleiki breyttist ekki með geymslutíma.



Mynd 21. Skynmatsþættir – Áferð (Á). Meðaltöl 12 skynmatsdómara og sýnaendurtekninga. Lóðréttur ás: QDA einkunnir (0-100). Láréttur ás: geymsludagar frá þökkun.

Torry einkunn og geymsluþol

Sýnahópar voru metnir samkvæmt Torry einkunnastiga. Ferskleikaeinkunnir lækkuðu marktækt með tíma (tafla 5), og eru þær sýndar á mynd 22. Lýsingar einkunna í Torry einkunnaskalanum henta vel fyrir ferskleikamat á ferskum þorski, en ekki söltum. Skynmatsdómarar gerðu þónokkrar athugasemdir í skynmatinu varðandi að skalinn henti ekki fyrir mat á söltuðum sýnum, að lýsingar bakvið einkunnir pössuðu ekki við þau sýni sem verið var að meta. Því eru QDA einkunnir hér fyrir skemmdareinkenni notuð við ákvörðun á geymsluþoli allra hópa, með Torry einkunnir einungis til hliðsjónar.

Torry einkunnir voru á bilinu 8-9 á fyrsta sýnatökudegi, en lækkuðu með geymslutíma, þó mishratt fyrir mismunandi hópa. Lofthópur (0,6% salt) geymdur við 0°C var undir

mörkum neysluhæfni (5,5) á degi 13, sem var í samræmi við QDA mat, þar sem borðtuskulykt, TMA og súr lykt sem og óbragð/ýlda voru yfir viðmiðunarmörkum (20-30 á QDA kvarða). Á mynd 22 sést að líklega var þessi hópur orðinn óneysluhæfur eftir 11 daga geymslu. Lofthópar sem geymdir voru við -2°C voru undir mörkum neysluhæfni á Torry skala á 16. geymsludegi, og á mynd 22 má sjá að mörkum neysluhæfni var líklega þegar náð á 14.-15. degi fyrir báða hópana. Niðurstöður QDA mats sýnir einnig að báðir hópar voru óneysluhæfir eftir 16 daga geymslu, en saltari hópurinn var langt yfir viðmiðunarmörkum fyrir TMA lykt. Saltari hópurinn virðist enn fremur vera að nálgast mörk neysluhæfni á 12. degi þar sem TMA og borðtuskulykt var rúmlega 20.

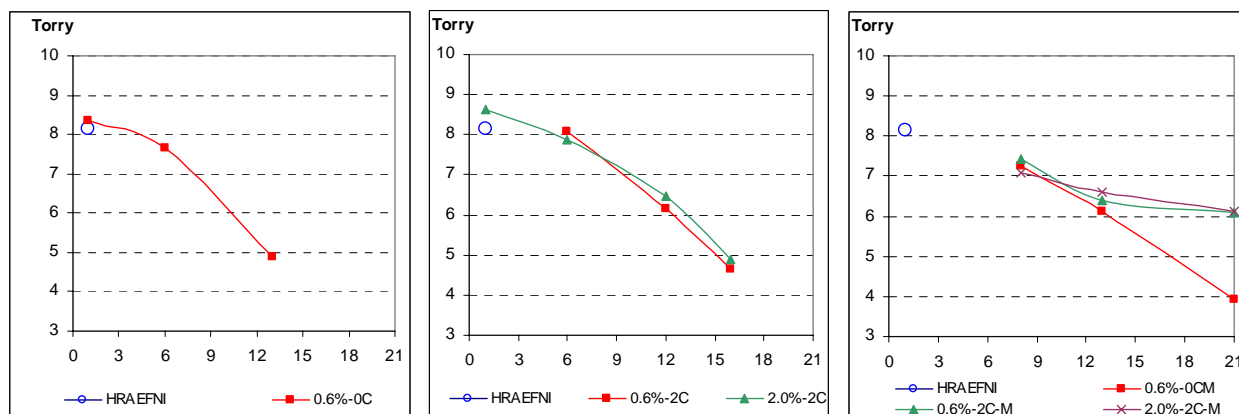
Tafla 5. Meðaltöl ferskleikaeinkunna (Torry), byggðum á niðurstöðum 12 skynmatsdómara

Sýnahópur	Dagar	Torry-einkunn
HRAEFNI	1	8,1
0.6%-0C	1	8,4
0.6%-0C	6	7,6
0.6%-0C	13	4,9
0.6%-2C	6	8,1
0.6%-2C	12	6,2
0.6%-2C	16	4,6
2.0%-2C	1	8,6
2.0%-2C	6	7,9
2.0%-2C	12	6,5
2.0%-2C	16	4,9
0.6%-0CM	8	7,3
0.6%-0CM	13	6,1
0.6%-0CM	21	3,9
0.6%-2C-M	8	7,4
0.6%-2C-M	13	6,4
0.6%-2C-M	21	6,1
2.0%-2C-M	8	7,1
2.0%-2C-M	13	6,6
2.0%-2C-M	21	6,1

*** ($p < 0,001$) marktækur munur milli sýnahópa

MAP hópur (0,6% salt) geymdur við 0°C hafði Torry einkunn langt undir mörkum neysluhæfni á 21. degi og mynd 22 sýnir að mörkum neysluhæfni hafi þegar verið náð á 15. degi. Þessi hópur var ekki metinn með QDA aðferð á 21. degi, en á 13. degi var þegar kominn vottur af borðtuskulykt og óbragði af þessum hóp, og því má telja líklegt að þessi hópur hafi verið orðinn óneysluhæfur eftir 15 daga. MAP hópar geymdir við -2°C (0,6% og 2% salt) höfðu ekki náð mörkum neysluhæfni á 21. degi samkvæmt Torry einkunnaskala, en einkunnin var þá um 6. Hinsvegar var TMA og borðtuskulykt yfir 20 á QDA kvarðanum. Einnig var súr lykt yfir 20 á QDA kvarðanum fyrir saltminni hópinn. Enn fremur var saltmeiri hópurinn yfir mörkum fyrir TMA bragð í QDA prófi. Ef dagur 13 er skoðaður út frá niðurstöðum QDA prófs

sést einnig að saltmeiri hópurinn hefur þegar náð einkunn 20 fyrir borðtuskulykt og TMA lykt og bragð. Af þessu að dæma var saltminni MAP hópur geymdur við -2°C á mörkum neysluhæfni á 21. degi, en saltmeiri MAP hópur geymdur við -2°C að nálgast mörk neysluhæfni á 13. degi.

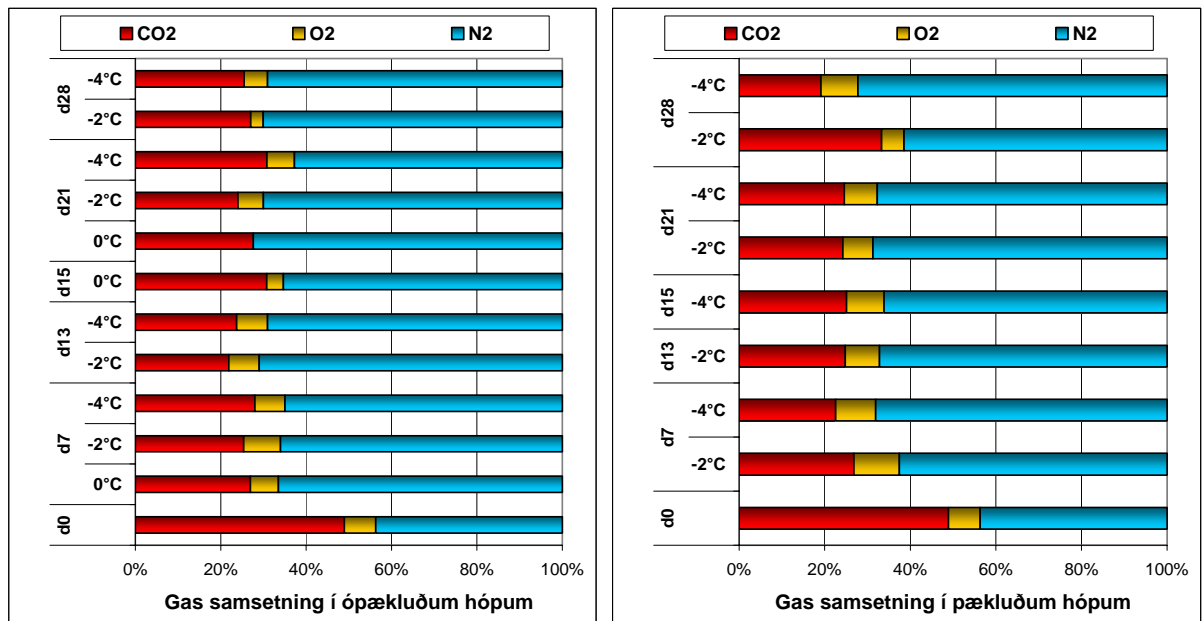


Mynd 22. Ferskleikaekunnir (Torry). Meðaltöl 12 skynmatsdómara og sýnaendurtekninga. Láréttur ás: geymsludagar frá pökkun.

3.1.4. Gasmælingar

Á mynd 23 sést þróun gassamsetningar í gaspökkuðum þorskbitum, ópækluðum sem pækluðum. Meðaltal mælinga við pökkun gefur upphaflega samsetningu gasblöndunnar sem var $\text{CO}_2 / \text{O}_2 / \text{N}_2$: $49,0 \pm 0,6 / 7,4 \pm 0,2 / 43,7 \pm 0,4$.

Eftir viku geymslu mældist lækking á CO_2 (23-28%) í loftrými pakkninganna. Hækkun í O_2 (9-11%) mældist þá í flestum ofurkældum hópum þar sem örveruvöxtur var hægari en við 0°C. Eftir pökkun tekur það yfirleitt nokkra daga fyrir gaspakkningar að ná jafnvægi, en lækking CO_2 í loftrýminu fer eftir magni fisks, geymsluhitastigi og þéttleika umbúða. Þegar CO_2 leysist í vatnsfasa fiskvöðvans losnar O_2 sem veldur aukningu þess gass í loftrýminu. Loftháðir gerlar geta vaxið, eytt þessu súrefni og með því leitt til myndunar á CO_2 . Þess vegna lækkar súrefnismagn en CO_2 hækkar þegar líður á geymslutímann. Þetta ferli er vel greinilegt á mynd 23 og gerist hraðar við 0°C en -4°C, eins og mátti búast við vegna minni virkni gerlanna við ofurkælingaraðstæður. Ekkert súrefni mældist í ópækluðum fiski við 0°C á 21. degi en lágt magn CO_2 (27-28%) gæti stafað af því að umbúðir hafi verið óþéttar. Greint hefur verið frá mögulegum óþéttleika umbúðanna í örveruhlutanum (3.1.1.), en þar kom í ljós hraðari vöxtur H_2S -myndandi örvera við slíkar aðstæður en fyrri rannsóknir sýna. Einnig náðu pseudomonads að vaxa við þessar aðstæður.

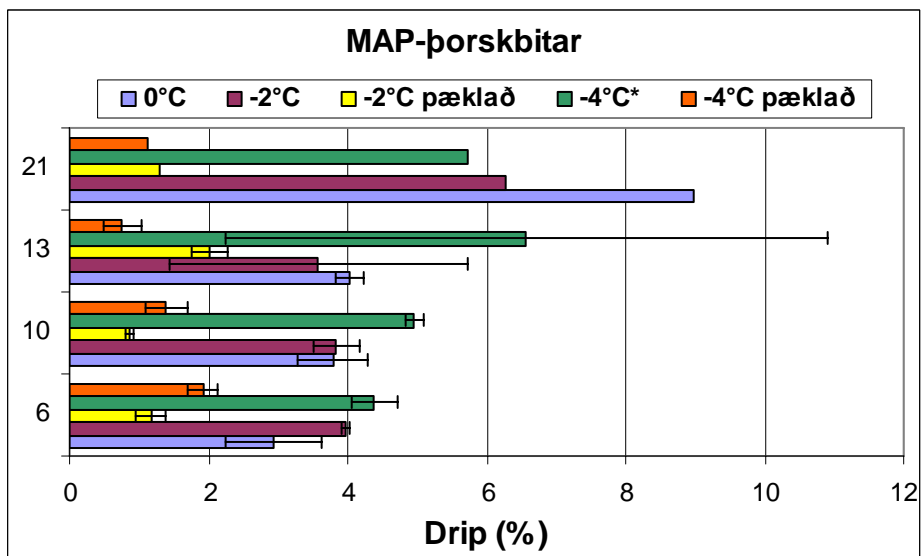
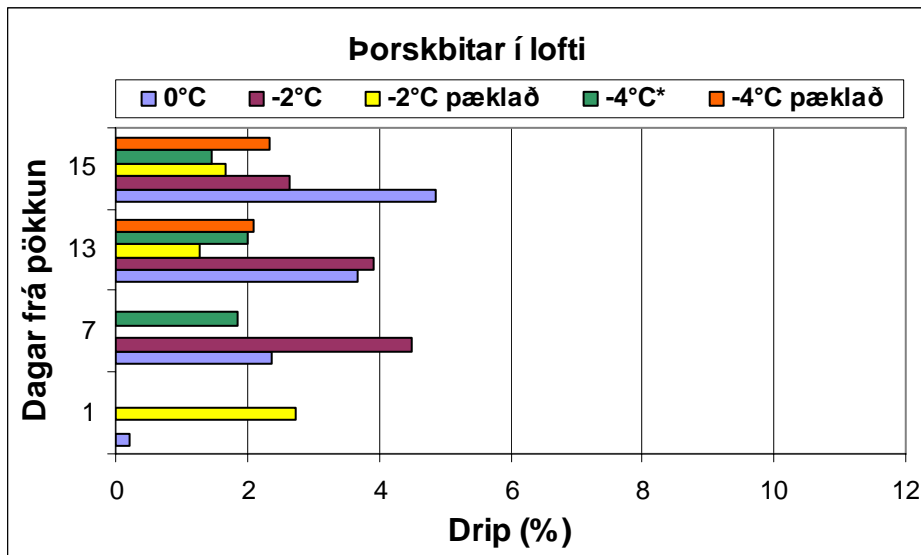


Mynd 23. Þróun gassamsetningar í gaspökkuðum þorskbítum með 0,6% og 2% NaCl við mismunandi geymsluhitastig

3.1.5. Dripmælingar

Mynd 24 sýnir áhrif meðhöndlunar og geymslumeðferðar á vatnstap (% drip) í þorskbítum. Hefðbundin geymsla ómeðhöndlaðra þorskbíta (í lofti og frauðplastkössum) við 0°C leiðir til vatnstaps vegna gæðabreytinga yfir geymslutímann, en í þessari tilraun mældist um 4-5% drip við lok geymsluþols. Ofurkæling virðist ekki hafa valdið auknu dripi þegar leið á geymslutímann, en vægt frost var að finna í þorskbítunum, sérstaklega í þeim sem geymdir voru við -4°C. Þar af leiðandi er hugsanlegt að dripið sé hér vanmetið í fiski geymdum í lofti við -4°C. Minna drip mældist í pækludum fiski en ópækludum. Drip mældist aðeins meira við -4°C (2,3% á 15. degi) en við -2°C (1,7%).

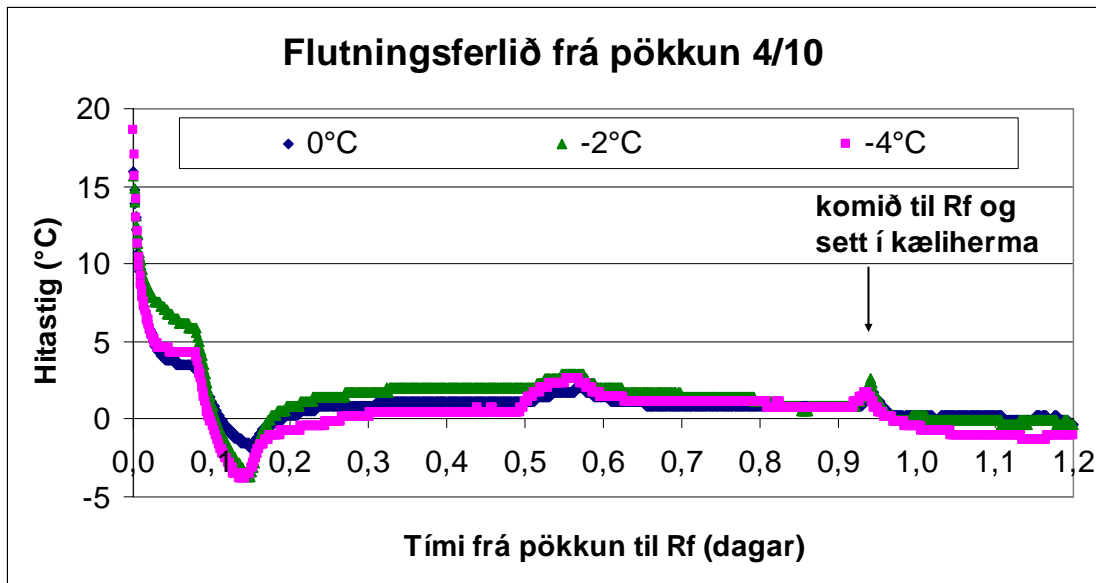
Notkun CO₂ við gaspökkun veldur lækkun á sýrustigi í vöðvanum sem getur leitt til afmyndunar próteina og minni vatnsheldni. Í MAP-fiski geymdum við 0°C var vatnstapið um 9% á 21. degi geymslutímans eða um helmingi meira en við geymslu í lofti. Ofurkæling á MAP-fiski leiddi ekki til aukins drips. Mun minna drip mældist í pækludum MAP-fiski, en saltið dregur til sín vatn og lækkar þannig tapið sem annars ætti sér stað í loftskiptu umhverfi. Lítil frávík voru yfirleitt innan MAP-hópa, nema á 13. degi við -4°C.



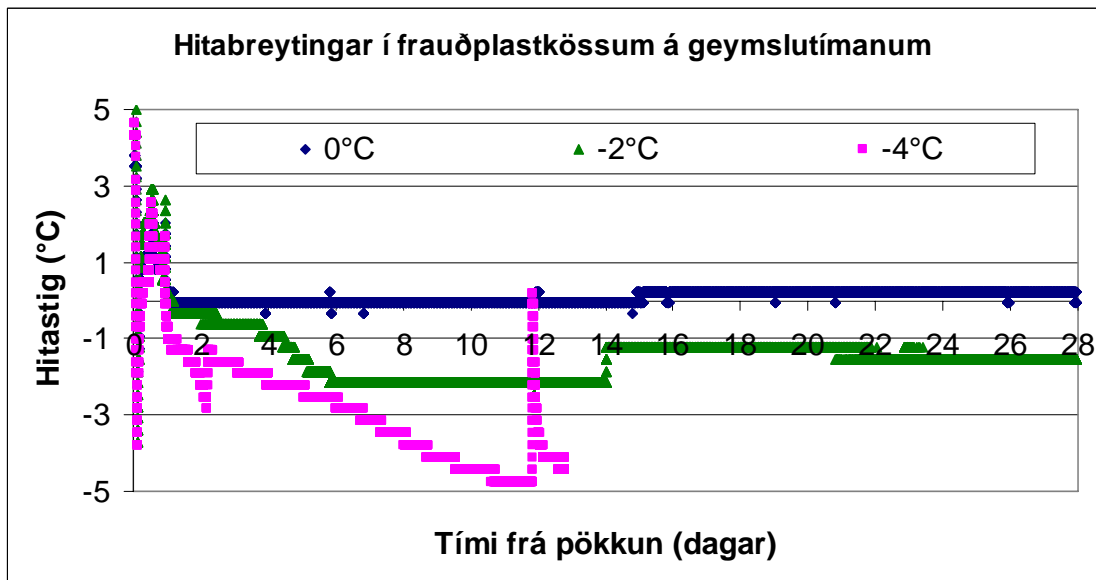
Mynd 24. Drip (vatnstap í %) í loft- og gaspökkuðum þorskbítum með 0,6% og 2% NaCl við mismunandi geymsluhitastig. Staðalfrávik sýnd í þeim hópum sem voru mæld sem tvísýni.

3.1.6. Hitastigsmælingar

Mynd 25 sýnir hitasveiflurnar sem pakkaðar fiskafurðir fóru í gegnum frá lok vinnslunnar þar til þær komu til Rf næsta dag. Hitasíritarnir voru staðsettir neðst í frauðplastkössum, undir þorskbítunum. Meðalhitastigið sem mældist í 3 frauðplastkössum á þessu flutningstímabili var eftirfarandi: $1,0 \pm 0,9^\circ\text{C}$ (0°C -lofthópur), $1,6 \pm 1,6^\circ\text{C}$ (-2°C -lofthópur) og $0,7 \pm 1,4^\circ\text{C}$ (-4°C -lofthópur). Mismunandi hitastigsbil/frávik skýrast væntanlega út frá breytilegu upphafshitastigi hráefnisins við þökkun. Við geymslu í frystihermunum var umhverfishiti eftirfarandi: $0,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$; $-2,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$; og $-3,6 \pm 0,8^\circ\text{C}$.



Mynd 25. Hitabreytingar í frauðplastkössum fyrir mismunandi hópa á meðan flutningsferli stóð

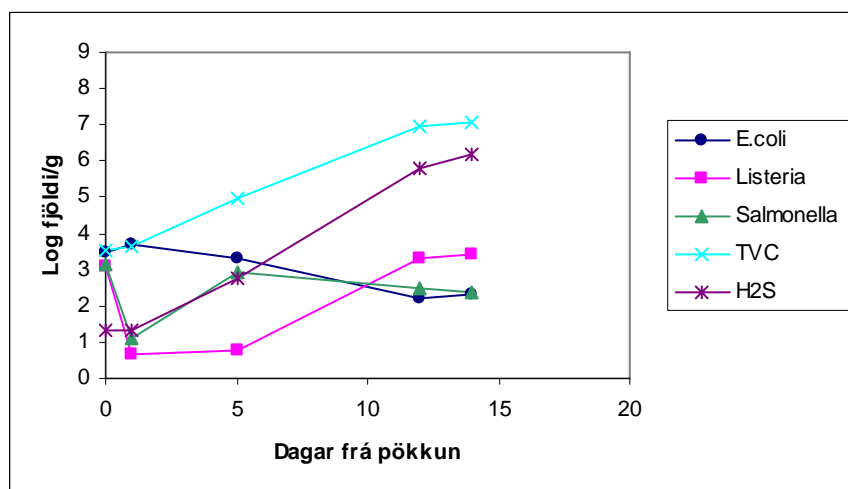


Mynd 26. Skráning hitastigsbreytinga í mismunandi hópum yfir allt tilraunarferlið

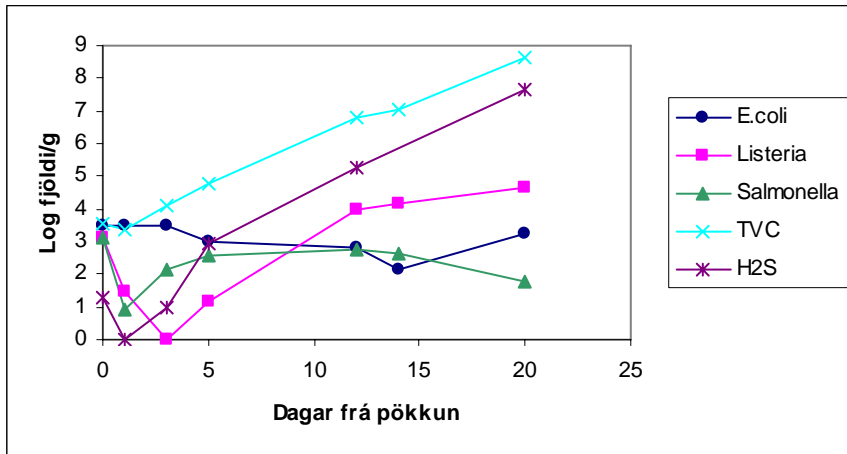
Þegar litið er yfir allt tilraunarferlið (mynd 26) kemur í ljós að hitasveiflurnar voru mismunandi í kössunum geymdum í kælihermunum á Rf. Annars vegar var nokkuð stöðugur hiti í kössunum við 0°C og hinsvegar óstöðugleiki við ofurkældar aðstæður. Það tok 5 daga að ná -2°C, en næstum því allan geymslutímann til að ná -4°C í frauðplastkössunum. Meðalhitastig lofthópsins sem geymdur var við 0°C í 13 daga var $0,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$, en $-1,5 \pm 1,1^\circ\text{C}$ og $-2,8 \pm 1,5^\circ\text{C}$ fyrir lofthópana sem voru geymdir í 15 daga við -2°C og -4°C. Þessi hitastig ber að hafa í huga við mat á geymsluaðferðunum.

3.2. Vaxtartilraunir með sýkla og bendiörverur

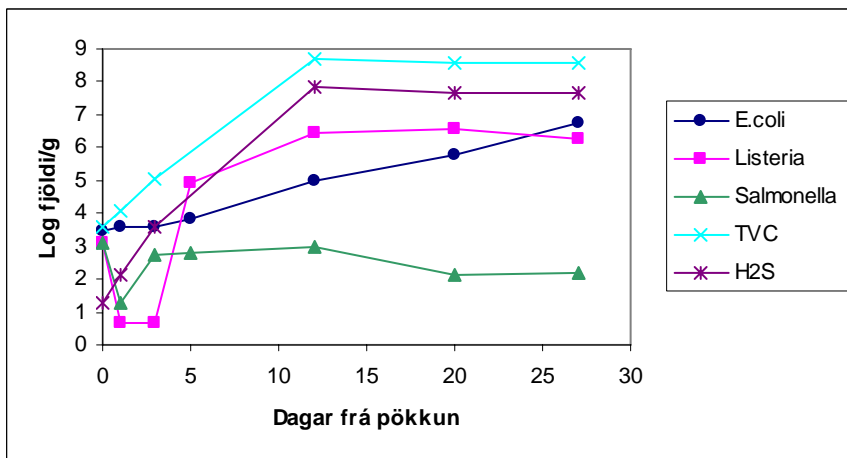
Niðurstöður vaxtartilrauna við -2, 0, 5, 10 og 15°C eru sýndar á myndum 27-31 í lofthópum og á myndum 32-36 í MAP-hópum. Nokkur aukning varð á heildarörverufjölda (TVC) og fjölda H₂S-myndandi skemmdargerla á járnagar yfir geymslutímann í lofthópi við -2°C (mynd 27). Tegundin *Shewanella putrefaciens* er H₂S-myndandi og kuldaþolin og hefur líklega verið ríkjandi meðal H₂S-myndandi gerlanna. Fækkun varð á öllum sýklum í upphafi, en eftir dag 5 varð nokkur aukning á fjölda *Listeria* við sömu aðstæður. Engin aukning varð á fjölda *Salmonella* og *E. coli*. Við 0°C kom fram sama mynstur nema að nú var fjölgunin hraðari meðal þeirra hópa sem uxu við -2°C (mynd 28). Við 5°C var aukningin hröðust fyrstu 12 daga geymslutímans en síðan tók við stöðugt ástand. Hér kom fram nokkur aukning á *E. coli* en ekki á *Salmonella* (mynd 29). Við 10°C var aukningin hröðust fyrstu 3 dagana hjá öllum hópum nema *Salmonella* sem enn virtist ekki ná sér á strik að ráði (mynd 30). Svipað mynstur má sjá á lofthópum við 15°C nema þá óx *Salmonella* vel (mynd 31).



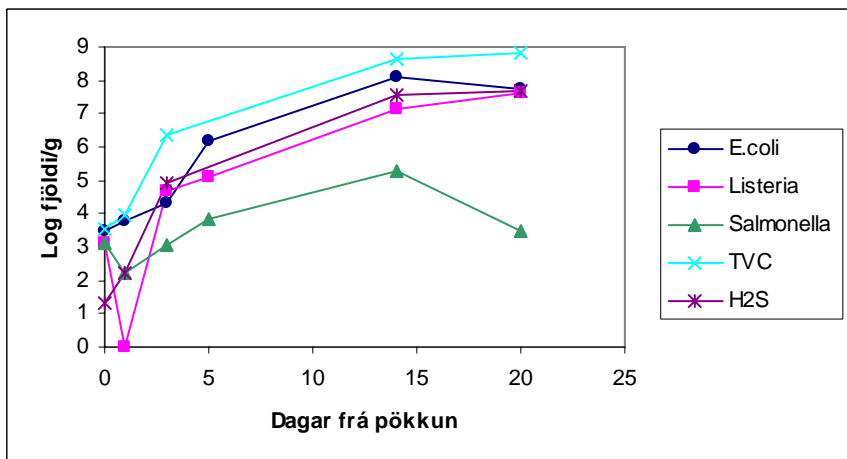
Mynd 27. Vaxtartilraunir með örverur í loftpökkuðum þorskbítum við -2°C



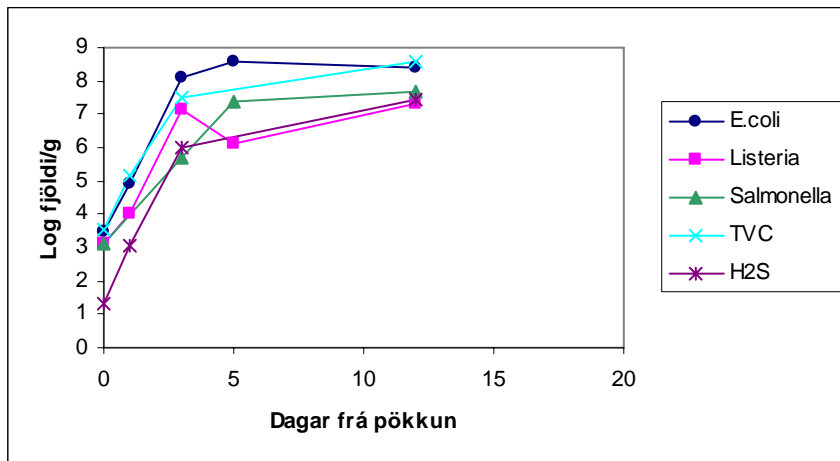
Mynd 28. Vaxtartilraunir með örverur í loftþökkuðum þorskbítum við 0°C



Mynd 29. Vaxtartilraunir með örverur í loftþökkuðum þorskbítum við 5°C

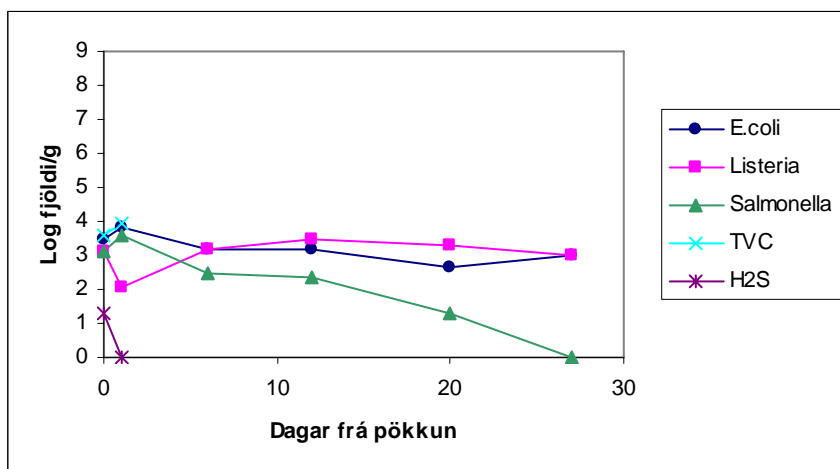


Mynd 30. Vaxtartilraunir með örverur í loftþökkuðum þorskbítum við 10°C

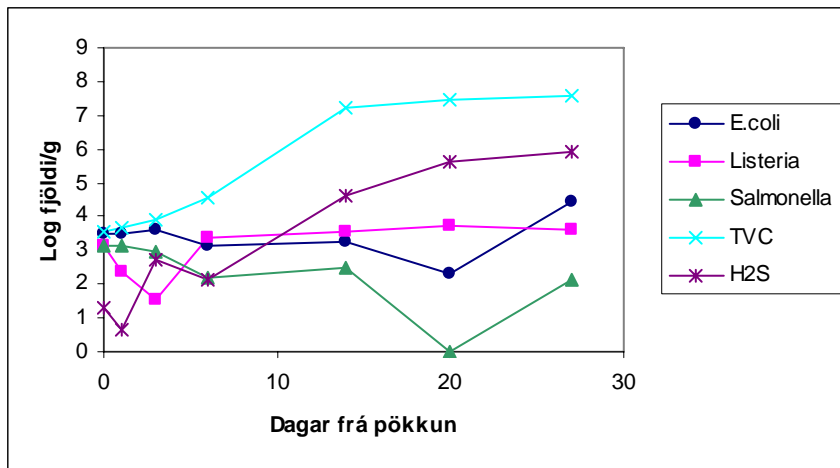


Mynd 31. Vaxtartilraunir með örverur í loftpökkuðum þorskbitum við 15°C

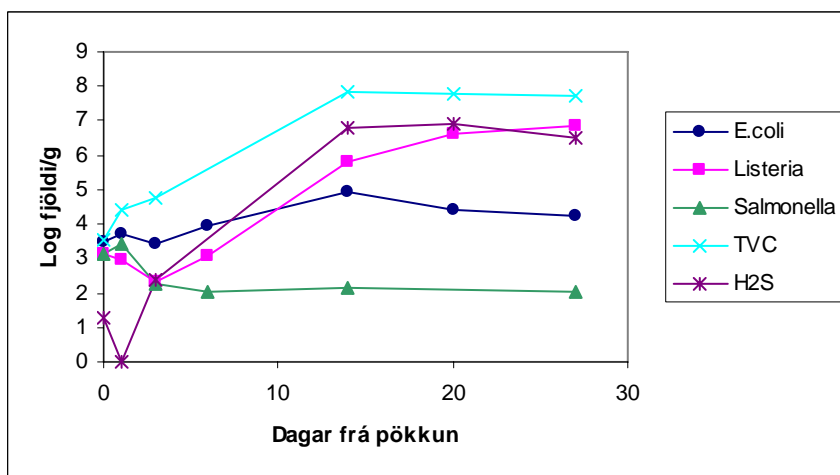
Á mynd 32 má sjá að við -2°C hægir MA-pökkun mjög á vexti allra örveruhópa. Tekið skal fram að talningar á heildarfjölda og fjölda H₂S-myndandi örvera voru aðeins gerðar á degi 0 og 1 í þessum hópi. Við 0°C varð aukning á bæði heildarörverufjölda og fjölda H₂S-myndandi gerla en þó hægari en í lofthópnum. Hins vegar náði *Listeria* ekki að vaxa við þessi skilyrði eins og hún gerði í lofthópnum við sama hitastig. Engin aukning varð á fjölda *Salmonella* og *E. coli* ef frá er talin smá aukning hjá *E. coli* síðustu daga geymslunnar (mynd 33). Við 5°C náði *Listeria* að vaxa ágætlega en *E. coli* náði sér ekki á strik eins og hún gerði við sama hitastig í lofthópnum. *Salmonella* óx ekki við þessar aðstæður (mynd 34). Við 10°C uxu allir hópar ágætlega nema *Salmonella* (mynd 35). Mjög hraður vöxtur allra hópa átti sér stað í MAP bitum fyrstu 3 daga geymslutímans við 15°C, nema hjá *Salmonella*. Síðan tók við stöðugra ástand allra hópa (mynd 36).



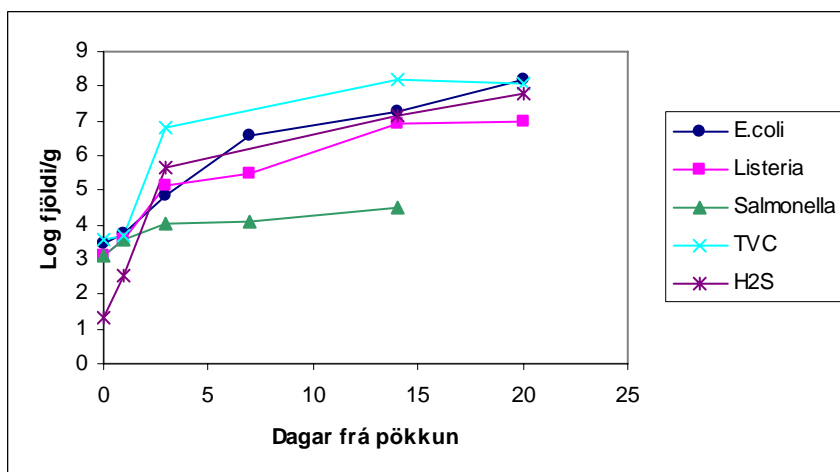
Mynd 32. Vaxtartilraunir með örverur í MA-pökkuðum þorskbitum við -2°C



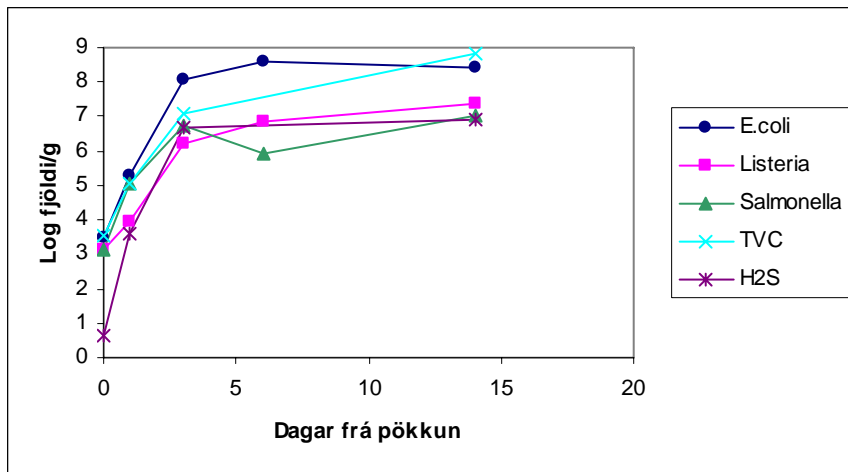
Mynd 33. Vaxtartilraunir með örverur í MA-pökkuðum þorskbitum við 0°C



Mynd 34. Vaxtartilraunir með örverur í MA-pökkuðum þorskbitum við 5°C



Mynd 35. Vaxtartilraunir með örverur í MA-pökkuðum þorskbitum við 10°C



Mynd 36. Vaxtartilraunir með örverur í MA-pökkuðum þorskbitum við 15°C

Niðurstöður gasmælinga eru sýndar í töflu 6. Eftir því sem örverugróðurinn var meiri, þeim mun minna mældist af súrefni og kolsýra jókst. Þetta mynstur var mjög skýrt á 14., 20. og 27. degi geymslunnar.

Tafla 6. Gasmælingar

Hópur	Dagar frá pökkun - Gassamsetning: CO ₂ /O ₂						
	0	1	3	6	14	20	27
Strax eftir pökkun	50,6/5,0						
-2°C -MAP-0,6% salt		50,9/5,1		47,2/5,1		42,6/5,5	32,1/9,3
0°C-MAP-0,6% salt		48,5/5,2	47,3/5,9	47,6/5,4	40,1/8,6	46,1/5,1	42,8/5,3
5°C-MAP-0,6% salt		48,5/5,2	48,3/5,3		45,5/4,6	46,0/4,2	47,2/3,7
10°C-MAP-0,6% salt		48,4/5,2	48,4/5,0		46,4/1,9	46,3/0,6	
15°C-MAP-0,6% salt		49,1/5,2	48,3/5,2		44,6/0,0		

Niðurstöður meðalhitastigs í ræktunarskápum ásamt staðalfrávikum eru sýndar í töflu 7.

Tafla 7. Meðalhitastig (°C) við geymslu (sjá mynd um hitaaflestur sírita yfir 0 og -2°C)

LOFT °C	27d	20d	12d
meðaltal	5,3	9,8	14,6
frávik	0,2	0,6	0,2
MAP °C	27d	20d	14d
meðaltal	5,3	9,8	14,6
frávik	0,2	0,6	0,2

4. ÁLYKTANIR

Markmið þessara tilrauna var að meta áhrif ofurkælingar, lofskiptra umbúða (MAP) og pæklunar á geymsluþol, skemmdarörverur og aðra gæðabætti þorskbíta. Þá voru könnuð áhrif gasþökkunar og mismunandi geymsluhita á vöxt nokkurra sýkla og bendiörvera.

Mikill munur var á skynmatseiginleikum sýnahópa eftir saltinnihaldi þeirra. Áberandi munur var á bragði þessara hópa, þar sem saltari hópar voru mjög saltir en salt var aðeins greinanlegt í nokkrum sýnum saltminni hópa. Auk þess voru saltmeiri hópar töluvert rammari. Nokkur munur var á útliti eftir saltinnihaldi, því saltari hópar voru nokkuð flögukennari, en höfðu síður hvítar útfellingar og misleitt útlit. Einnig var munur í áferðabáttum þar sem saltari hópar voru almennt safaríkari, stamari og höfðu gúmmikenndari áferð. MAP hópar voru aðeins frábrugðnir lofthópum í útliti. Í samanburði við lofthópa virtust MAP hópar hafa ívið ljósari lit og síður mislitir, og ekki vera eins flögukennir. Munur á ferskleikaeinkunnum í bragði og lykt var nokkuð greinilegur í upphafi tilraunar, því ferskleikaeinkenni, eins og sæt lykt og bragð og málmkennt bragð, voru meira einkennandi fyrir saltminni hópa samanborið við saltari hópa.

Tafla 8. Heildarsamantekt á ýmsum mælipáttum við lok geymsluþols eða tilrauna

Mælipættir	Ópæklað						Pæklað			
	Loft			MAP			Loft		MAP	
	0°C	-2°C	-4°C (d15*)	0°C	-2°C	-4°C (d28*)	-2°C	-4°C (d15*)	-2°C	-4°C (d28*)
Geymsluþol (dagar) ⁰	11	14-15	NA	15	21	NA	12-15	NA	13	NA
Heildargeymsluþol (dagar) ¹	(11+5) 16	(14,5+5) 19,5	NA	(15+5) 20	(21+5) 26	NA	(13,5+2+3) 18,5	NA	(13+2+3) 18	NA
Sölutími frá þökkun (dagar) ²	8	10	NA	9	10	NA	10	NA	10	NA
TVC (log ₁₀ CFU/ g)	6,5	7,0	4,4	7,2	6,1	6,0	7,2	5,9	5,6	5,0
Fjöldi H ₂ S-myndandi örvera	4,5	6,0	2,2	4,6	4,7	3,3	6,2	5,2	3,4	3,1
<i>Pseudomonas</i> fjöldi	6,0	6,4	4,0	3,5	3,9	3,6	5,7	5,8	3,7	4,3
Fjöldi <i>P. phosphoreum</i>	5,5	4,9	nd	7,3	5,0	3,2	5,7	2,4	2,4	1,8
Fjöldi mjólkursýrugerla	4,1	4,5	2,6	4,0	4,4	4,2	3,7	3,9	3,3	3,5
TVB-N (mg N / 100 g)	25	27,0	15,2	65,4	25,6	26,0	31,3	12,0	9,4	11,3
TMA (mg N / 100 g)	12	14,4	1,0	53,2	12,7	12,3	19,3	1,1	1,0	0,5
P ratio (TMA/TVB-N)	0,5	0,5	0,1	0,8	0,5	0,5	0,6	0,1	0,1	0,04

* Miðað við mælingar á síðasta sýnatökudegi

0: Geymsluþol frá þökkun skv. skynmati með QDA og Torry aðferðum

1: Heildargeymsluþol: geymslutími flaka + dagar frá veiði fyrir flökun

2: Sölutími: fjöldi daga frá þökkun þar til Torry einkunn 7 (soðið mat) er náð

NA: ekki metið; nd: ekki mælanlegt

Í töflu 8 er sýnd heildarsamantekt ýmissa mæliþátta við lok geymsluþols eða tilrauna. Þessi samanburður leiðir í ljós eftirfarandi atriði:

- Fremur lítil aukning (4 dagar) varð á geymsluþoli óþæklaðs fisks við lofskiptar aðstæður við 0°C og stafar það líklega af ferskleika/aldri (5 daga) hráefnisins við flökun og þökkun, en Torry einkunn 8,1-8,4 af 10 fékkst daginn eftir þökkun. Sama geymsluþolsaukning fékkst við geymslu í lofti við -2°C. Við þessar ofurkælingaraðstæður var geymsluþol fisks í loftskiptum umbúðum lengst (21 dagur).
- Þæklunin leiddi til styttingar á geymsluþoli. Hvort það stafi af óæskilegum aðstæðum við þæklun er ekki vitað, en hreinlæti og geymsluhitastig skipta hér miklu máli. Samanburður á heildarörverufjölda daginn eftir þökkun sýnir að þæklaði fiskurinn innihélt tífalt meira af kuldapólnum örverum. Eftir 12 daga loftgeymslu við -2°C var fjöldi *P. phosphoreum* (Pp) rúmlega tífalt hærrí í þækluðum (log 6/g) en í óþækluðum fiski. En við loftgeymslu við -4°C voru H₂S-myndandi örverur og *Pseudomonas* tegundir ríkjandi og fjöldi þeirra hærrí í þækluðum fiski. Þannig virðist þæklunin (saltinnihald fiskvöðvans) auðvelda örverunum að vaxa, væntanlega með lækkun frostmarks og betri aðstæður sem verða í slíku umhverfi (normal substrate concentration). Hins vegar voru áhrifin öflug við lofskiptar aðstæður, þ.e.a.s. hægari vöxtur í þækluðum en óþækluðum fiski, hugsanlega vegna samvirkni salts og CO₂ við lækkun á sýrustigi.
- Þegar tillit er tekið til lengingar á ferskleikanum (Torry einkunn milli 10 og 7) kemur í ljós að geymsla við -2°C viðhélt ferskleikaeinkennum í allt að 10 daga hvort sem fiskurinn var óþæklaður eða þæklaður og geymdur í lofti eða í loftskiptum umbúðum. Þetta er mun minni lenging en fyrri rannsóknir hafa sýnt þegar ferskara hráefni var MA-pakkað, en þá hurfu ferskleikaeinkennin eftir 15 daga geymslu við -1°C (Martinsdóttir o.fl., 2005).
- Við skoðun á áhrifum meðferðar á skemmdargerla kemur í ljós að *Pseudomonas* var ríkjandi í flestum lofthópunum, óháð geymsluhita og þæklunarmedferð. *Photobacterium phosphoreum* var einnig áberandi við kæliaðstæður (0°C) en H₂S-myndandi örverur við -2°C í óþækluðum fiski en bæði við -2 og -4°C í þeim þæklaða. Við lofskiptar aðstæður var

Photobacterium phosphoreum ríkjandi í ópækluðum fiski, en lækkandi hitastig leiddi til verulegrar fækkunar. Í ofurkældum pækluðum MAP fiski var fjöldi skemmdargerla lágur ($\leq 1\%$ af heildarfjöldanum).

- Mjólkursýrugerlar voru þolnir við erfið geymsluskilyrði, þ.e. við ofurkælingu og loftskiptar aðstæður en fjöldi þeirra var ætíð undir log 5/g.
- Myndun TVB og TMA var hröðust við loftskiptar aðstæður í ópækluðum fiski við 0°C en það hægði á myndun þeirra með lækkandi geymsluhita. Þessar niðurstöður eru í samræmi við fjölgun Pp og H₂S-myndandi örvera í fisksýnunum.

Gaspökkun dró verulega úr vaxtarhraða sýkla og bendiörvera við lágt hitastig. Mest voru áhrifin á vöxt *Salmonella*, þá á *Escherichia coli* en minnst á *Listeria monocytogenes*. Við loftskilyrði óx *L. monocytogenes* við -2°C, en *E. coli* byrjaði að fjölga sér við 5°C og *Salmonella* við 10°C.

Í lokin má segja að stöðug ofurkæling ferskra og ópæklaðra fiskafurða frá pökkun getur aukið geymsluþol verulega, og ekki síst viðhaldið ferksleikaeinkennum og heilnæmi mun lengur, sérstaklega ef notað er ferskt hráefni og loftskipt umhverfi.

5. ÞAKKARORÐ

Höfundar þakka AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi og Tækniþróunarsjóði (Rannís) fyrir veitta styrki til verkefnisins. Þakkir til Samherja hf, Dalvík fyrir afnot af aðstöðu og að leggja til hráefni til þessara tilrauna. Þá þökkum við Norðlenska ehf, Akureyri fyrir veitta aðstöðu til gasþökkunar.

6. HEIMILDIR

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association Official Analytical Chemists, Washington, DC. (no. 976.18).

Dalgaard P, Mejlholm O, Huss HH. 1996. Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products. *J. Appl. Bacteriol.* 81: 57-64.

Davidson AP, Cronin F. 1973. Medium for the selective enumeration of lactic acid bacteria from foods. *Appl. Microbiol.* 26 (3): 439-440.

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.

Hootman RC. 1992. Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation. Philadelphia: ASTM. p 52

ISO 8586:1993. Sensory analysis general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: selected assessors. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.

Malle P, Tao SH. 1987. Rapid Quantitative Determination of Trimethylamine using Steam distillation. *J. Food Prot.* 50: 756-760.

Martinsdóttir E, Lauzon HL, Tryggvadóttir SV. 2005. Áhrif roðkælingar á gæði fiskflaka. Icelandic Fisheries Laboratories, Project report 10-05, 50 p (Icelandic).

Martinsdóttir E, Magnússon H, Lauzon HL, Sveinsdóttir K. 2003. Þídd sjófryst MAP-flök með skipum á erlendan markað (Shipping thawed sea-frozen MAP-fillets to foreign market). Icelandic Fisheries Laboratories, Project report 22-03, 85 p (Icelandic).

Stanbridge LH, Board RG. 1994. A modification of the *Pseudomonas* selective medium, CFC, that allows differentiation between meat pseudomonads and Enterobacteriaceae. *Letters in Appl. Microbiol.* 18: 327-328.

Stone H, Sidel JL. 1985. Sensory evaluation practices. Orlando, Fla.: Academic press, Inc. 311p.

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