

Verkefnaskýrsla Rf

26 - 05



Rannsóknastofnun
fiskiðnaðarins

Nóvember 2005

Framtíðarþorskur

Geymsluþol, áferð, vöðvabygging og vinnsla eldisþorsks

Soffía Vala Tryggvadóttir
Guðmundur Örn Arnarson
Jón Örn Pálsson



Titill / Title	Framtíðarþorskur: geymsluþol, áferð, vöðvabygging og vinnsla eldisþorsks		
Höfundar / Authors	Soffía Vala Tryggvadóttir, Guðmunur Örn Arnarson, Jón Örn Pálsson		
Skýrsla Rf / IFL report	26-05	Útgáfudagur / Date:	3. nóvember 2005
Verknr. / project no.	1570		
Styrktaraðila / fundsing: Rannsóknasjóður			
Ágrip á íslensku:	<p>Geymslueiginleikar og geymsluþol flaka aleldisþorsks var rannsakað og voru flök af villtum þorski höfð til viðmiðunar. Í geymsluþolsrannsóknum er m.a. stuðst við örverutalningar, skynmat og mælingar á TMA (trimethylamine) og heildarmagni reikulla basa (TVB). Rannsóknum á smásærrri byggingu þorskvöðva með myndgreiningu var framhaldið og leitast var við að finna skýringu á því hvers vegna millifrumuvökvi safnast upp í eldisþorski. Eldisþorskur verkaður í saltfisk hefur ekki skilað ákjósanlegum gæðum. Leitast var við að bæta gæðaflokkun saltfiskflaka úr eldisþorski með því að nota fosfat í verkunarpækilinn.</p> <p>Niðurstöður þessara rannsókna sýndu að flök frá eldisþorski héldu ferskleikabragðinu marktækt lengur en villtur þorskur en endanlegt geymsluþol var þó mjög svipað að lengd eða 16 dagar frá slátrun. Ástæðan fyrir því að eldisþorskur dæmdist lengur ferskari á bragðið en villtur þorskur getur stafað af því að örveruflóran var ekki sú sama. Til að mynda þá uxu H₂S-myndandi örverur mun hægar í eldisþorskinum en villta þorskinum sem telst ákjósanlegt þar sem H₂S-myndandi örverur eru helstu skemmdarörverurnar í fiski. Heildarörverufjöldinn yfir geymslutímabilið var sá sami sem gefur til kynna að samkeppnisaðstaða hafi myndast milli H₂S-myndandi örvera og annara tegunda í eldisþorskinum. TMA mældist svipað í eldisþorski og villtum þorski þrátt fyrir að TMAO mældist í upphafi helmingi lægra í eldisþorskinum. Skynmatsdómar á áferðareiginleikum þorskflaka yfir geymslutímann var að eldisþorskurinn var ávallt marktækt þurrari, seigari, stinnar, gúmmíkenndari og kjötkenndari en villtur þorskur. Rannsókn á vöðvabyggingu þorsks með myndgreiningu staðfesti athugun úr fyrri hluta verkefnisins að mikill millifrumuvökvi er til staðar í áframeldisþorski mun meira en sést í villtum þorski. Myndgreining á áframeldisþorski, aleldisþorski og villtum þorski sýndi að hlutfall millifrumuvökva í villtum þorski var 1,7 % meðan aleldisþorskur var með 3,6% og áframeldisþorskur með 6,7 %. Við geymslu kom fram að millifrumuvökvi í áframeldisþorski jókst talsvert við geymslu í ís og þá hlutfallslega mest fyrstu 5 dagana en á því tímabili stóð hlutfall millifrumuvökva í aleldisþorski nánast í stað. Áframeldisþorskur sem var alinn í 5 mánuði (hraðvaxta þorskur) hefur 4,4% hærri verkunarnýtingu miðað við ferskflakaþyngd en 16 mánaða eldisþorskur (hægvaxta þorskur). Áhrif af fosfatefninu “Carnal” eru umtalsverð bæði hvað varðar gæði og nýtingu hjá eldisþorski.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Eldisþorskur, áframeldi, aleldi, gæði, geymsluþol, myndgreining, saltfiskvinnsla, skynmat,		



Summary in English:

The aim of this project was to study the harvest quality of farmed cod (*Gadus morhua*) and compare it to wild cod. The main emphasis of the study was on shelf life, texture characteristics and processing properties of cod fillets. The sensory evaluation on freshness by the Torry scheme showed that farmed cod keeps its characteristic flavour for a longer period although the total shelf life was similar. The reason for the longer freshness evaluation of farmed cod could be that the microorganism flora was not the same. Lower amount of H₂S-producing bacteria was seen in farmed cod than wild cod, but the total count was similar which could indicate competition from other microorganism. Sensory analysis using the QDA method showed significant difference in the texture. Farmed cod was found stiffer, dryer, tougher and more meaty and rubberlike than wild cod. The microstructure of white muscle from farmed and wild cod was examined. The extracellular fluid of farmed cod was in many groups significantly greater compared to wild cod. It is possible that fluid collection outside the muscle cells leaks out during the processing and therefore could partly explain why farmed cod has poorer water holding capacity and is dryer and tougher by the sensory analysis than wild cod. Initially the trimethylamine N-oxide (TMAO) was much lower in farmed cod than wild cod, however similar amount of trimethylamine (TMA) was produced during the storage time. It is clear that growth rate of farmed cod influences the utilisation of the salting process but the reason is not fully understood. The effect of using the phosphate “Carnal” in the brine improves the quality and utilisation considerably.

English keywords:

Farmed cod, sensory analysis, quality, image analysis, salt cod, shelf life

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	2
2. FRAMKVÆMD	4
2.1. Geymslupólstilraun hjá Brim fiskeldi ehf.....	4
2.2. Framhaldsrannsókn á millifrumuvökva með myndgreiningu.....	5
2.3. Saltfiskvinnsla á áframeldisþorski	5
3. AÐFERÐIR	7
3.1. Hitastigsmælingar	7
3.2. Efnamælingar	7
3.2.1. TVB –mælingar	7
3.2.2. TMA mæling.....	7
3.2.3. TMAO mæling.....	8
3.2.3. Sýrustigsmæling (pH).....	8
3.3. Vatns og vatnsheldnimælingar (WHC).....	8
3.4. Suðurýrnun (Cook out)	8
3.5. Skynmat	9
3.5.1. Gæðamat (sjónmat) þorsklaka skv. Handbók fiskvinnslunnar (1995)	9
3.5.2. Gæðamat samkvæmt SÍF staðli.	9
3.6. Örverumælingar	10
3.6.1. Hefðbundnar örverutalningar.....	10
3.6.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni).....	10
3.7. Myndgreining á smásærri breytingu í vöðva.	11
4. NIÐURSTÖÐUR	11
4.1. Geymslupólstilraun hjá Brim fiskeldi ehf.....	11
4.1.1. Hitastigsmælingar	12
4.1.2. Gæðamat (sjónmat) á flökum.....	12
4.1.3. Vatns- og vatnsheldnimælingar	13
4.1.4. Skynmat	14
4.1.5. Drip mæling	18
4.1.6. Þyngdartap við suðu (cook out) á eldisþorski og villtum þorski	18
4.1.7. Efnamælingar	19
4.1.8. Örverumælingar	22
4.2. Myndgreining á eldisþorski og villtum þorski.....	24
4.2.1. Vöðvabygging.....	24
4.3. Saltfiskvinnsla hjá Þóroddi ehf, Tálknafirði	29
5. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	33
6. ÞAKKARORÐ	35
7. HEIMILDIR	35

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu verður greint frá niðurstöðum úr seinni hluta tveggja ára þorskeldisverkefnis sem styrkt var af Rannís og nefnt Framtíðarþorskur. Í verkefninu var leitast við að finna árangursríkt fóður, fóðrunartækni og vinnsluaðferðir í þorskeldi með það að markmiði að framleiða hágæða afurð með góða markaðsstöðu, byggða á niðurstöðum úr markvissri vísindalegri rannsókn verkefnisins. Niðurstöður úr fyrri hluta Framtíðarþorsksverkefnisins (Soffía Vala Tryggvadóttir og fl. 2004), sem byggðist aðallega á rannsóknum á áframeldisþorski, sýndu að eldisþorskur er öðruvísi matvara en villtur þorskur. Niðurstöðurnar sýndu að eldisþorskur var marktækt lægri í vatnsheldni en villtur þorskur og eins sýndi skynmat á ferskum, soðnum eldisþorski marktækan mun þar sem eldisþorskur reyndist stífari, seigari og þurrari en villtur þorskur. Los í holdi reyndist vera algengara í eldisþorski en í villtum þorski, en los í holdi tengist að hluta til magni fóðurs sem gefið er og sýrustigi í vöðva. Sést hefur að þegar dregið er úr fóðurgjöf hækkar sýrustigið og los minnkar. Ef áframeldisþorskur var alinn lengur en í hina hefðbundnu 6-7 mánuði (19 mánuði) þá var los varla sjáanlegt. Myndgreining sem framkvæmd var á vöðva eldisþorsks sýndi að mikill millifrumuvökvi er til staðar, mun meiri en sést í villtum þorski. Líklegt er að þessi millifrumuvöki tapist úr fiskinum eftir slátrun, sem skýrir ef til vill að eldisþorskurinn var dæmdur marktækt þurrari og seigari en villtur þorskur.

Í seinni áfanga Framtíðarþorsksverkefnisins voru geymslueiginleikar flaka aleldisþorsks skoðaðir og voru flök villts þorsks höfð til viðmiðunar. Það hafði komið fram vísbending hjá þátttakendum verkefnisins að flök eldisþorsks geymdust lengur í kæli en flök villts þorsks, en þörf var á rannsóknum til að staðfesta það. Samstarfsaðilar í verkefninu og sem stunduðu þorskeldi óskuðu eftir því að geymsluathugun á eldisflökum yrði framkvæmd í verkefninu. Á Rannsóknastofnun fiskiðanaðarins er áratuga reynsla á rannsóknum á geymsluþoli fersks fisks og uppþýdds. Í geymsluþolsrannsóknum er stuðst við örverutalningar, skynmat og mælingar á TMA (trimethylamine) og heildarmagni reikulla basa (TVB). Í rannsóknum Emilíu Martinsdóttur o. fl. (2005) kemur fram að geymsluþol ferskra roðfrystra þorskflaka er í 14 dagar frá flökun en 17 dagar frá slátrun.

Við slátrun á eldisfiski ætti að skapast möguleiki til að stýra betur hreinlæti og kælingu en hefðbundinn veiðiskapur getur boðið upp á. Vinnsluferlið við slátrun á eldisfiski ætti því að stuðla að lengra geymsluþoli en verður hjá hefðbundnum afla. Ef eldisflök reyndust hafa lengra geymsluþol myndi það styðja við markaðssetningu á ferskum þorskflökum á Evrópumarkað, þar sem möguleiki gæti skapast til að nýta sér ódýrari flutning með skipum í staðinn fyrir flugfrakt eins og nú er gert.

Áframhald var á rannsóknum á smásærrri byggingu þorskvöðva með myndgreiningu og leitast var við að finna skýringu á því hvers vegna millifrumuvökvi er til staðar í eldisþorski. Fyrri hluti verkefnisins byggðist aðallega á rannsóknum á áframeldisþorski en í seinni hlutanum átti einnig að meta ástand aleldisþorsks og villts þorsks. Millifrumuvökvi eykst oft við dauðastirðnun, sérstaklega í PSE-kjöti (Tornberg 1996), en engar greinagóðar heimildir hafa fundist um þetta í fiski. Í músum hefur sést aukning í millifrumubili með hærri aldri og það tengt við vöðvarýrnun vegna öldrunar, sérstaklega rýrnun (atrophy) vöðvaþráða af gerð II (Hatakenata et al 2001). Týpu II vöðvarýrnun í spendýrum getur líka átt sér stað við þyngdartap og litla notkun vöðvanna. Hugsanlega getur streita framkallað millifrumuvökva en rannsókn Gejo og fl. (2000) gefur vísbandingu um að það gildi fyrir mýs. Í þeirri rannsókn kom fram að millifrumuvökvi í bakvöðva músa var meiri en vanalega á meðan dýrið var að jafna sig eftir aðgerð, og því lengur sem aðgerðin stóð, því lengur varði þessi aukning í millifrumuvökva.

Ljóst er að vaxtartími (vaxtarhraði) hefur veruleg áhrif á lost og gæðaflokkun í saltfiskverkun. Fyrri rannsóknir með þorski í eldi hafa sýnt að niðurfóðrun í 7 vikur fyrir slátrun dregur verulega úr losi (Soffía Tryggvadóttir o.fl, 2004). Hvaða ástæður liggja hér að baki er ekki ljóst en rannsóknir með lax hafa sýnt að minnkuð fóðurgjöf fyrir slátrun hefur áhrif á bandvefshlutfall í vöðva (Einan, O.,et.al. 2002). Á árunum 2001 til 2004 var áframeldisþorskur verkaður í saltfisk hjá Þórsbergi á Tálknafirði. Reynslan sýndi að saltfiskflök, sem unnin eru úr eldisþorski hafa meira los í samanburði við villtan þorsk þannig að gæðin voru ekki ákjósanleg. Tveir þættir hafa þó bætt árangurinn nokkuð. Árið 2003 tókst að bæta gæðin með því að vinna fiskinn í “rigor” þ.e. á degi 1 í stað í stað

“post rigor” eða eftir 3 daga í ís. Árið 2004 fékkst vísbending um að fosfatefnið Carnal hefði jákvæð áhrif á vinnslugæði eldisþorsksins og var gerð tilraun til að sannreyna það.

2. FRAMKVÆMD

2.1. Geymsluþolstilraun hjá Brim fiskeldi ehf.

Athugaðir voru geymslueiginleikar roðflettra flaka aleldisþorsks og villts þorsk

Fiskurinn: Þorskur var veiddur kl.12:00 +/- 3 tímar þann 16. febrúar 2005, 15 sjómíflur SV af Kolbeinsey á 240 fm dýpi. Yfirborðshiti sjávar var 2,8°C.

Eldisþorski var slátrað kl 12:00 (16. febrúar 2005). Yfirborðshiti sjávar við kvíarnar var 2°C. Um var að ræða aleldisþorsk sem var klakinn hjá Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar að Stað við Grindavík árið 2001.

Vinnsla: Þorskurinn var slægður og ísaður um borð. Eldisþorskur var slægður og ísaður strax við slátrun. Báðir hóparnir voru flakaður og roðflettir daginn eftir hjá Brimi h/f á Akureyri.

Þökkun og flutningur: Tilraunaflökunum var pakkað í frauðplastkassa og send til Reykjavíkur með flutningabíl (kælibíl) um hádegi 17. febrúar. Sendingin var komin á Rf um hádegi 18. febrúar tveimur dögum frá veiði og slátrun.

Geymsla: Hitastig í flökunum við komuna til Rf var um -0,5 °C. Flökin voru umpökkuð strax við komuna í smærri einingar, eina fyrir hvern úttektardag. Flakasendingunni var skipt upp í fimm sýnatökukassa með þorskflökum og sjö með eldisflökum, en meira barst af eldisþorski en villtum þorski. Sjö flökum var raðað í hvern sýnatökukassa (frauðplast), plastfilma var sett yfir og undir flökin, tvær bleiur í botninn á kassanum og ísmotta ofan á flökin. Hítasíríti var lagður ofan á flökin í hverjum kassa .

Sýnataka: Sýnatökudagar miðast við daga frá veiðum/slátrun. Sýnataka var gerð á degi 2,6,9,12 og 14, en auk þess var sýnataka á eldisfiskinum á degi 16 og 19. Af þeim sjö flökum sem voru í hverjum sýnatökukassa fóru 2 flök í örverumælingu, gæðamat (losmat) var gert á 5 flökum sem fóru síðan í efnamælingu (2) og skynmat.(3). Flökin tvö sem fóru í örverumælingar og efnamælingar voru hökkuð saman og mynduðu þar með eitt sýni.

2.2. Framhaldsrannsókn á millifrumuvökva með myndgreiningu.

Niðurstöður úr fyrri hluta Framtíðarþorsksverkefnisins (Soffía Vala Tryggvadóttir og fl. 2004) gáfu vísbendingu um að uppsöfnun á millifrumuvökva í þorskvöðva hjá áframeldisþorski ætti sér stað. Í seinni hluta verkefnisins var millifrumuvökvi greindur (frystur við -180 °C í N₂), en hann hafði verið tekinn í fyrri hluta verkefnisins á áframeldisþorski og aleldisþorski, auk þess sem bætt var við verkefni myndgreiningu á villtum þorski eftir mislanga geymslu á ís.

Sýnataka á villta þorskinum var framkvæmd á eftirfarandi hátt:

24 þorskar, sem voru veiddir á línu í Faxaflóa 24. mars 2004, voru rannsakaðir með myndgreiningu til samanburðar við eldisþorsk. Þorskurinn var misjafn að stærð, frá 1,5 kg upp í tæp 5 kg. Þorskarnir voru geymdir á ís í allt að 8 daga og voru 8 þorskar (4 léttari en 3,5 kg og 4 þyngri en 3,5 kg) valdir af handahófi til greiningar á degi 2, 5 og 8. Mælt var meðalflatarmálshlutfall (%) hvíts svæðis á milli frumanna á 5-7 myndum sem teknar voru í 100x stækkun.

Tveir hópar; áframeldisfiskur og aleldisfiskur, báðir frá Brimi ehf. á Akureyri, voru bornir saman í myndgreiningu eftir 1, 5 og 8 daga á ís.

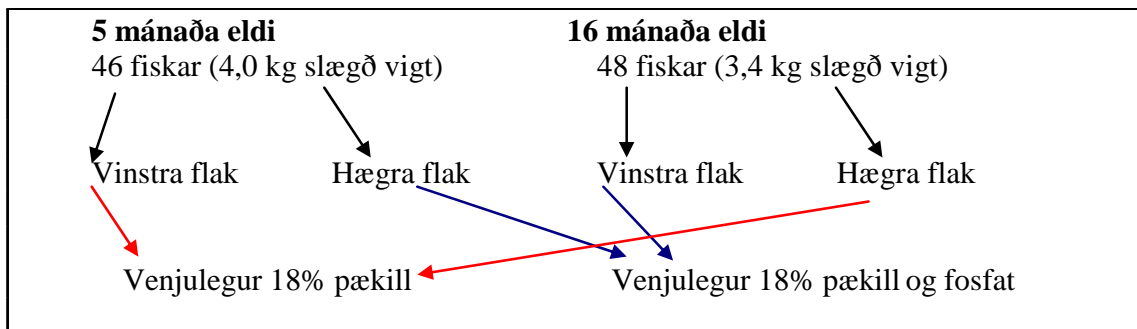
2.3. Saltfiskvinnsla á áframeldisþorski

Það hefur verið sýnt fram á það (Love, 1988) að hraðvaxta þorskur hafi meira los í holdi en hægvaxta þorskur og að vel fóðraður þorskur hefur mun lægra pH en illa fóðraður eða

sveltur þorskur. Lág pH í vöðva er talið auka virkni ensíma sem valda niðurbroti bandvefspróteina og sem orsakar los (Mackie, 1993). Vegna mikils loss í eldisþorski hefur gengið illa að nýta hann í slatfiskvinnslu. Sett var upp tilraun til að til að bera saman mismunandi eldisaðferðir á þorski í þeim tilgangi að framleiða þorsk sem hentar betur í saltfiskvinnslu og eins voru könnuð áhrif þess að nota fosfatefni í pækilvatnið til að auka nýtingu.

Tilraunauppsetning

Tveir hópar af áframeldisþorski voru notaðir. Þorskur sem var alinn í 5 mánuði og þorskur sem var alinn í 16 mánuði. Vaxtaraukningin yfir tímabilið hjá þessum tveimur hópum var mjög lík. Úr hvorum hópi voru 48 einstaklingar teknir af handahófi, slægðir og flakaðir. Vinstra flak fór í hefðbundinn 18% saltpækil en hægra flak sama einstaklings í 18% saltpækil með fosfati sjá myndræna útfærslu hér að neðan.



Eftirfarandi mælingar voru framkvæmdar:

- Lengd (cm), þyngd (g)-ósl/sl, lifur metin og vigtuð.
- Kyngreining og kynkirtlar vegnir
- Mæld var þyngd flaka, (1) fersk, (2) úr pækli, (3) úr salti
- Vatnsinnihald flaka úr salti mælt (10 flök pr hóp)
- Fosfatinnihald flaka úr salti mælt (3 flök pr hóp)
- Gæðaflokkun afurða samkv. SÍF gæðakerfi

3. AÐFERÐIR

3.1. Hitastigsmælingar

Hitastigmælingar voru gerðar með hitasíritum (Optic StowAway frá Onset Computer Corporation, USA) sem komið var fyrir við umpökkun flaka á Rf. Síritum var komið fyrir ofan á flökunum í öllum frauðplastkössunum. Einnig voru settir hitasíritar í geymslukælinn til að mæla umhverfishitann. Hitaskráning var á 10 mínútna fresti. Aflestur var gerður í lok tilraunar.

3.2. Efnamælingar

3.2.1. TVB –mælingar

TVB-N mæling á TCA ekstrakti 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 1 mín. Blandan var látin standa í 10 mín og síuð í gegnum Whatman no. 3 síupappír. Af tærum síuvökvanum voru 25 ml settir í suðufloösku ásamt 10 ml af 10% NaOH og ammóníakið rekið yfir í Erlenmeyerfloösku með 10 ml af 4% bórsýru sem inniheldur Methyl red og Bromocresol green Indicator. Til þessa var notaður Struers TVN gufueimari og lauk eimingunni þegar um 70 ml höfðu safnast yfir. Lausnin var þá títruð með 0,030 N H₂SO₄ úr grænu í ljósfjólubláan jafnvægispunkt.

3.2.2. TMA mæling

Notuð var aðferð Malle og Tao frá 1987 þar sem TMA er mælt í TCA ekstrakti með því að bæta við 20 ml af 35% formaldehýði auk lúts, en það bindur ein og tvígildu amína og TMA verður eina rok gjarna og mælanlega amínið.

3.2.3. TMAO mæling

Nokkar TMAO mælingar voru gerðar í lok tilraunar og var þá notuð ljósgleypnimæling eða svokölluð pikrisýruaðferð (Tozawa, 1971).

3.2.3. Sýrustigsmæling (pH)

Við hverja sýnatöku var pH mælt með því að stinga elektróðu ofan í krukku með nýhökkuðu sýni. Notuð var samsett elektróða (SE 104 – Mettler Toledo, Knick, Berlin, Germany) tengd Portamess 913 pH mæli (Knick, Berlin, Germany).

3.3. Vatns og vatnsheldnimælingar (WHC)

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

3.4. Suðurýrnun (Cook out)

Suðurýrnun var metin með því að sjóða fiskinn á nákvæmlega sama hátt og hann er soðinn fyrir skynmatið. Flökin voru skorin í bita (2 x 3 cm) og soðin í litlum álboxum í 5 mínútur í við 95°C í 4-5 mínútur. Álboxin með soðnum fiskbitunum voru síðan kæld á ís í um það bil 10 mínútur fyrir vigtun. Tómt álbox og álbox + sýni var vigtað, eftir suðu var vökva hellt úr álboxinu og sýni í álboxinu vigtað aftur. Vigtartölur voru notaðar til að reikna út suðurýrnun, sem var túlkuð sem hlutfall af tapaðri vigt vegna suðu.

$$\text{Rýrnun við suðu \%} = 100 \times \frac{\text{Þungi sýnis (Þungi sýniseftir súnu + álbox)}}{\text{Þungi sýnis - álbox}}$$

3.5. Skynmat

Átta til tíu manna þjálfaður skynmatshópur Rf tók þátt í skynmati á sýnunum. Flökin voru skorin í bita (2 x 3 cm) og soðin í Convostar gufuofni við 95 °C í 5 mínútur. Ferskleiki sýnanna var metinn með skynmati eftir svonefndum Torry einkunnastiga (Shewan, 1953) sem var þróaður á Torry-stofnununinni í Aberdeen, Skotlandi. Með Torry einkunnaskalanum er ferskum fiski gefin einkunn 10 og niður í 3. Mörkin 5,5 á Torry-skalanum hafa verið notuð á Rf sem mörk geymsluþols, en þá finnur meirihluti skynmatshópsins vott af skemmdareinkennum. Einnig var notuð heildargreining á matvælum eftir svonefndri QDA, (Quantitative Descriptive Analysis) aðferð (Stone og Sidel, 1985), en þar ákveður skynmatshópur ásamt stjórnanda hvaða skynmatsþættir (bragð lykt, lit og áferð) skipta máli til að lýsa eldisfiski og þeim breytingum, miðað við villtan fisk, sem geta komið upp. Ákveðið var að meta fiskinn með tilliti til eftirtalinna áferðapátta: stinnur/mjúkur, þurr/safaríkur og seigur/meyr. QDA matið er gert með línulegum kvarða frá 0-100. Unnið var tölfræðilega fyrir Torry einkunn og áferðapættina í tölfræðiforritinu NCSS (miðað við 95% öryggismörk).

3.5.1. Gæðamat (sjónmat) þorskflaka skv. Handbók fiskvinnslunnar (1995)

Gæðamat fólst í mati á losi í flökum. Metið var eftir skýringarmyndum úr Handbók Fiskvinnslunnar (sjá viðauka 1) og flökin flokkuð í Ágætt = 5, Gott = 4, Sæmilegt = 3, Varhugavert = 2 og Óhæft = 1.

3.5.2. Gæðamat samkvæmt SÍF staðli.

SÍF staðall er flokkun sem notuð er í saltfiskmati. Hér var hún notuð á fersk flök sem voru flokkuð samkvæmt sjónmati í A, B og C flokk. Ekkert los er A flokkur, losskemmdir í litlum mæli eru flokkuð B og mikið los fer í C flokk.

3.6. Örverumælingar

3.6.1. Hefðbundnar örverutalningar

Járnagar (IA)

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

3.6.2. Hraðvirkar örverutalningar (Malthus tækni)

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

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

$$R^2 = 0,9749$$

Mælanlegur lágmarksfjöldi er 2 frumur per ml af 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.

3.7. Myndgreining á smásærri breytingu í vöðva.

Aðferð við myndgreiningu: 0F kældri CCD myndavél. Á smásjármyndunum verður stærð fruma og bil á milli þeirra mælt í Leica QWin myndgreinivagnbúnaði.

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

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

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

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

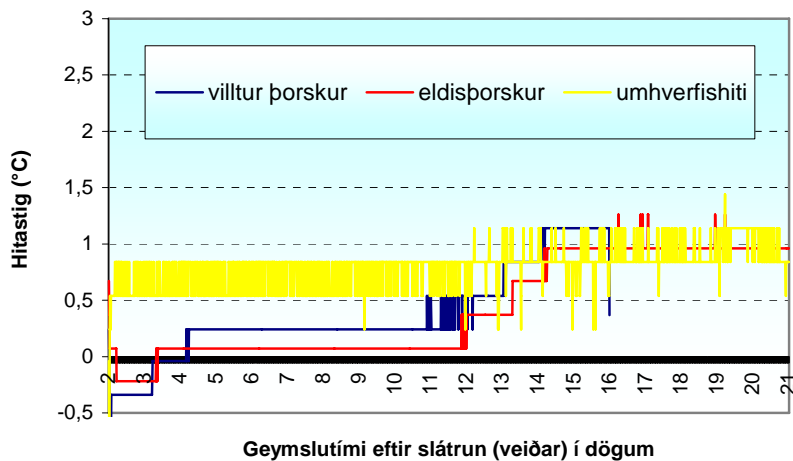
4. NIÐURSTÖÐUR

4.1. Geymsluþolstilraun hjá Brim fiskeldi ehf

Eftir slátrun/veiðar var þorskurinn geymdur slægður í ís í einn sólarhring, síðan var hann flakaður og roðflettur og flökunum pakkað í frauðplastkassa sem voru sendir strax með kælibíl til Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins í Reykjavík. Við fyrstu geymsluúttekt á þorskflökunum hjá Rf var 1 dagur liðinn frá því fiskurinn var flakaður hjá Brimi hf en 2 dagar liðnir frá því að fiskurinn var slátrað/veiddur. Túlkun á niðursöðum byggir á því að fiskurinn hafi verið 2ja daga þegar geymsluþolsrannsóknin hófst.

4.1.1. Hitastigsmælingar

Aflestur af síritum, sem notaðir voru í geymslutilrauninni, er sýndur á mynd 1. Hitastigmælingarnar sýna hitastig í kössunum sem þorsflökin voru geymd í og umhverfishita í kæligeyslunni.



Mynd 1. Hitamælingar í geymsluössum og kæligeyslu yfir geymslutímabilið

Meðal hitastig og staðalfrávik yfir geymslutímabili var:

Villtur þorskur	0,38 °C +/- 0,41
Aleldis þorskur	0,42 °C +/- 0,44
Umhverfishiti	0,79 °C +/- 0,19

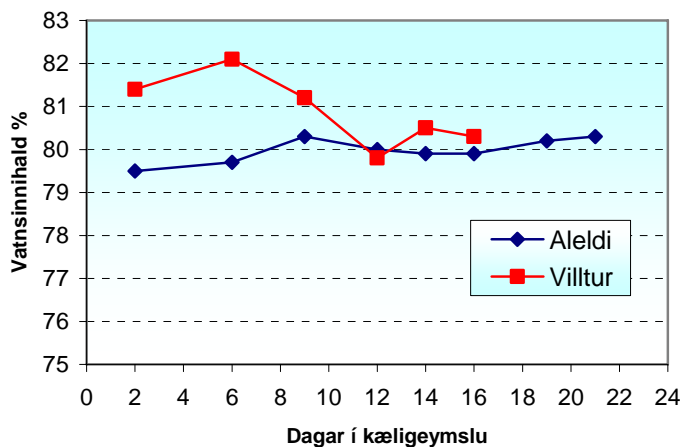
Þegar flökin komu á Rf voru þau vel köld eða um -0,5 °C, sem átti sinn þátt í því hvað hitastigið hélst lágt yfir geymslutímann, þ.e. fór aldrei yfir 1,25 °C. Strax við móttökuna voru flökin umpökkuð í geymslueiningar, en það hafði ekki afgerandi áhrif á hitastigið, sem fór að vísu upp í rétt rúmlega 0°C en hélst í því hitastigi fyrstu 12 geymsludagana.

4.1.2. Gæðamat (sjónmat) á flökum

Eins og fram kom í framkvæmdalýsingu geymslutilraunarinnar á bls. 4 þá voru aðeins 5 flök úr hverjum hópi til reiðu í gæðamat á hverjum úttektardegi. Ekki þótti rétt að draga miklar ályktanir út frá svona fáum flökum. Af þessum fáum flökum, sem skoðuð voru, kom fram að lítið sem ekkert los var í villta þorskinum á geymslutímanum en varðandi

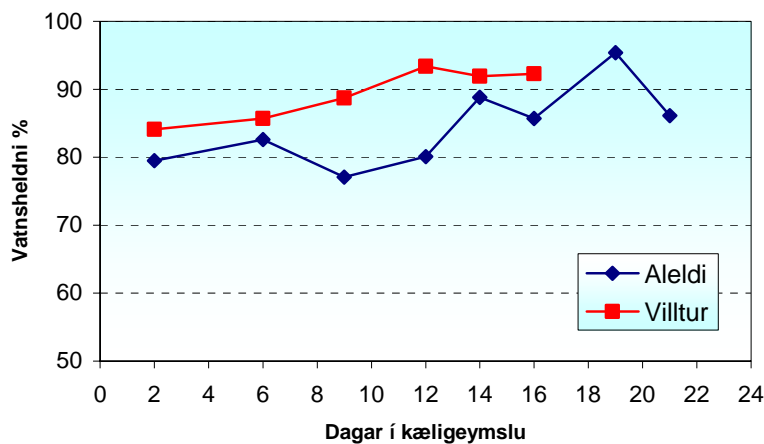
eldisþorskin þá var það mjög sérkennilegt að í hverri geymslupakkningu (5 flök) voru 1-2 flök með mjög mikið los eða gæðamat upp á 2 (varhugavert) en önnur flök í pakkningunni voru með ekkert los eða gæðamat 5 (ágætt).

4.1.3. Vatns- og vatnsheldnimælingar



Mynd 2. Vatnsinnihald í eldisþorski og í villtum þorski eftir 2-16 daga geymslu við 0-2°C. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.

Mynd 2 sýnir vatnsinnihald þorskflaka á geymslutímanum. Vatnsinnihald í upphafi geymslutilraunarinnar á degi 2 er 81,4% í villta þorskinu en 79,5% í eldisþorskinum. Þessi munur á vatnsinnihaldi hélst nokkurn veginn fram á 8. geymsludag en eftir það fór að draga saman og vatnsinnihaldið hélst svipað út geymslutímann eða um 80% en þó hafði villti þorskurinn yfirleitt alltaf heldur hærra gildi.



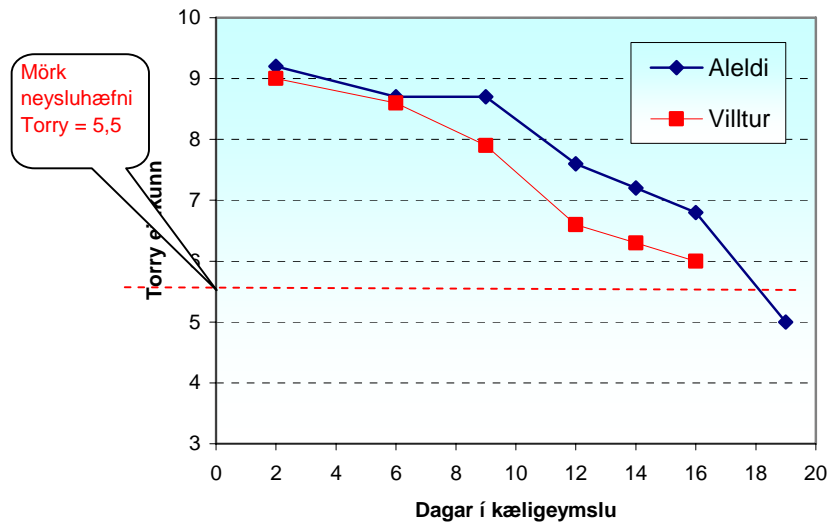
Mynd 3. Vatnsheldni í aleldisþorski og í villtum þorski eftir 2-16 daga geymslu við 0-2°C. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.

Niðurstöður úr vatnsheldnimælingu, sem var gerð yfir geymslutímabilið á flökum frá eldisþorski og villtum þorski, er sýnd á mynd 3. Í tilrauninni mældist vatnsheldni á 2. geymsludegi 84,1% í villtum þorsklökum en 79,5% í eldisþorsklökum. Vatnsheldni í villtum þorsklökum jókst hægt og sígandi frá degi 2 og var t.d. á degi 16 komin í 92,3% en vatnsheldnin í eldisþorskinum var sveiflukennnd, var t.d. á degi 9 í 77,1% en á degi 16 í 85,7%. Það kemur því greinilega fram að vatnsheldni í eldisþorski er minni en í villtum þorski.

4.1.4. Skynmat

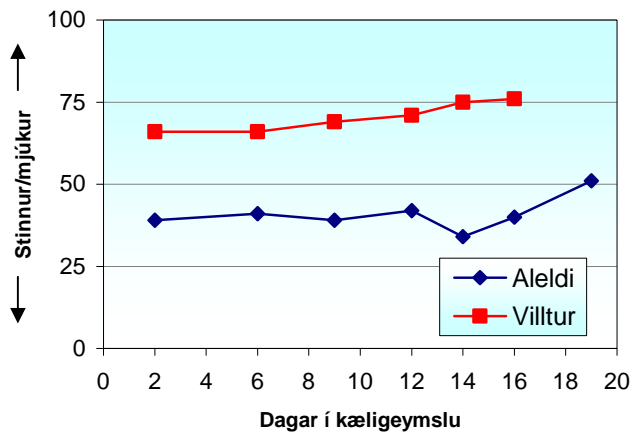
Mynd 4 sýnir niðurstöðu frá skynmati á soðnum þorsklökum, þar sem geymsluþolið er metið samkvæmt Torry ferskleikaskalanum. Skynmatið var framkvæmt á geymsludegi 2, 6, 9, 12, 14 og 16 degi. Að auki var gert skynmat á aleldisfiski á degi 19 og 21, en þessi auka skynmatsúttekt á aleldisfiskinum var einungis gerð þar sem meira kom af aleldisflökum en villtum flökum og var því tækifæri til að meta tvo úttektarpunkta í viðbót hjá eldisfiskinum. Gæði flakanna á degi 2, 6 og 9 sýndi ekki marktækan ($P < 0,01$) mun hvað ferskleika varðar en á degi 12 og 14 verður munurinn milli hópa

marktækur að því leyti að aleldisfiskurinn er metinn ferskari en villti þorskurinn en heildarlengd geymsluþols virðist þó ekki vera lengra þar sem ekki er marktækur munur

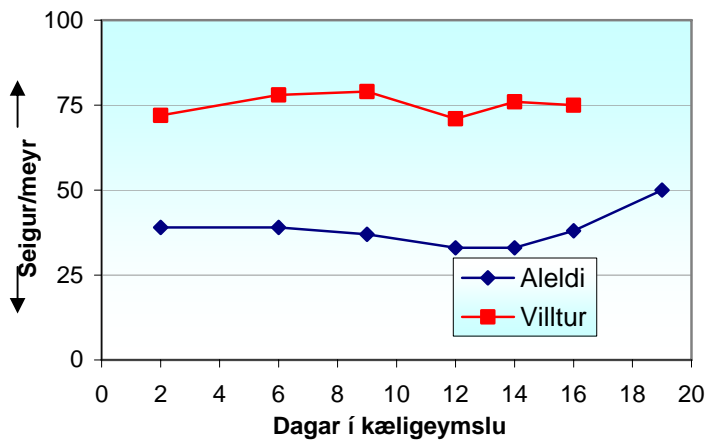


Mynd 4. Ferskleikamat á aleldisþorski og villtum þorski eftir Torry-einkunnaskala Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn við

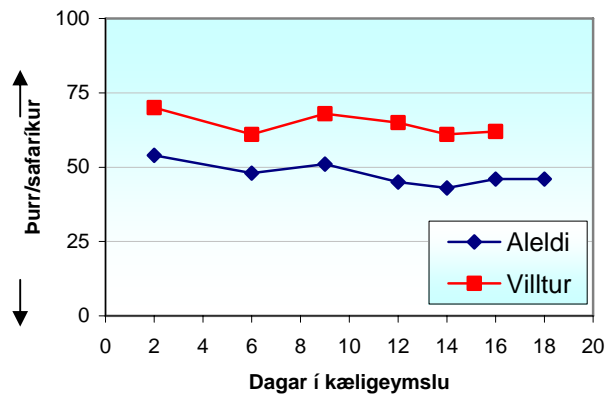
á milli hópa á degi 16. En þó að munurinn sé ekki marktækur á degi 16 þá er tilhneiging í þá átt að aleldisfiskurinn dæmist ferskari þar sem hann fær einkunnina 6,8 þegar villti þorskurinn fær einkunnina 6. Eftirtektarvert er að sjá að flökin af villta þorskinum fá einkunnina 7, sem er hlutlaus einnkun, þ.e. hvorki ferskleika- né skemmdareinkenni eru komin í ljós, á 11 degi þegar flökin af eldisþorskinum fá þessa sömu einkunn á 15. degi. Eldisflökin halda því ferskleikanum lengur þó að endanlegt geymsluþol sé svipað á milli hópa. Þessi lengri ferskleiki hjá eldisfiski sem skynmatsdómarar fundu gæti verið áhrif frá lágu sýrustigi (sjá mynd 11) sem hafi áhrif á ensímatisk hvörf í vöðvanum sem ef til vill hægja á niðurbroti á sætubragði (ferskleikabragði) eldisfisksins. Myndir 5 til 9 sýna aftur á móti niðurstöður á greiningu áferðareiginleikar með QDA heildargreiningu á soðnum þorskflökum yfir geymslutímabilið. Marktækur munur ($P < 0,01$) er á öllum áferðarþáttum þegar borið er saman áferðarmat á villtum þorskflökum og eldisþorskflökum. Flök frá aleldisfiski reyndust marktækt stinnari, seigari, þurrari, gúmmíkenndari og kjötkenndari en flök af villtum þorski.



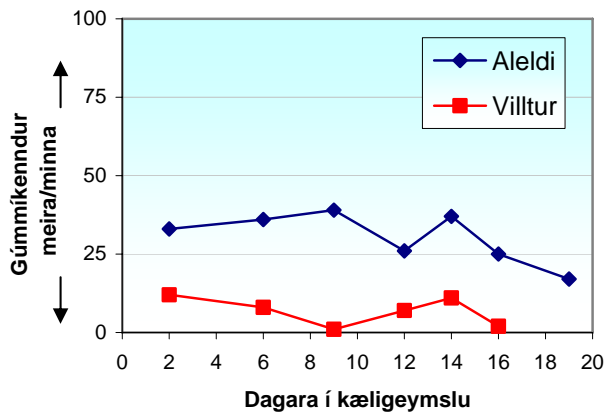
Mynd 5. Skynmat á áferðarþættinum stinnur/mjúkurá aleldisþorski og villtum þorski eftir mislangan geymslutíma í kæli (0-2°C). Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.



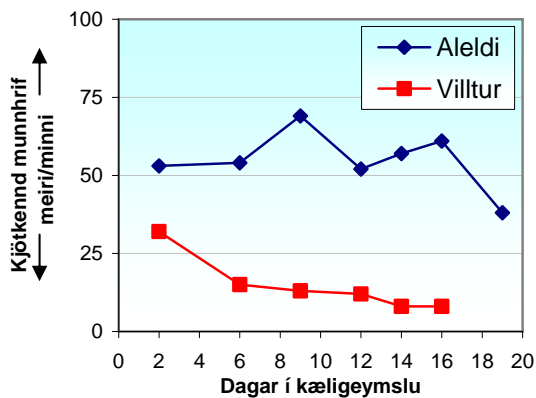
Mynd 6. Skynmat á áferðarþættinum seigur/meyr á aleldisþorski og villtum þorskivið eftir mislangan geymslutíma í kæli (0-2°C). Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.



Mynd 7. Skynmat á áferðarþættinum þurr/safaríkur á aleldisþorski og villtum þorski eftir mislangan geymslutíma í kæli (0-2°C). Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.



Mynd 8. Skynmat til að meta gúmmikennda áferð í aleldisþorski og villtum þorski við mislangan geymslutíma í kæli (0-2°C). Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.

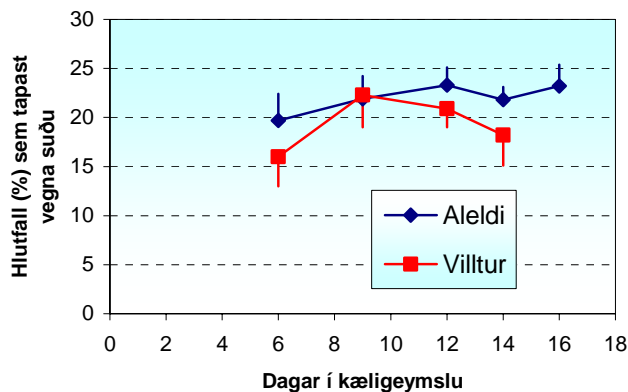


Mynd 9. Skynmat á áferðarþætti til að meta hvort aleldisþorski og villtum þorskur gæfu kjötkennd munnhrif eftir mislangan geymslutíma í kæli (0-2°C). Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.

4.1.5. Drip mæling

Til stóð að mæla drip í flökunum og bera saman milli hópa en í önnum dagsins, þegar tekið var á móti flökunum frá Akureyri, láðist að vigta flökin í geymslukassana svo upphafsvigt flaka fyrir geymslutilraunina var ekki til reiðu.

4.1.6. Þyngdartap við suðu (cook out) á eldisþorski og villtum þorski

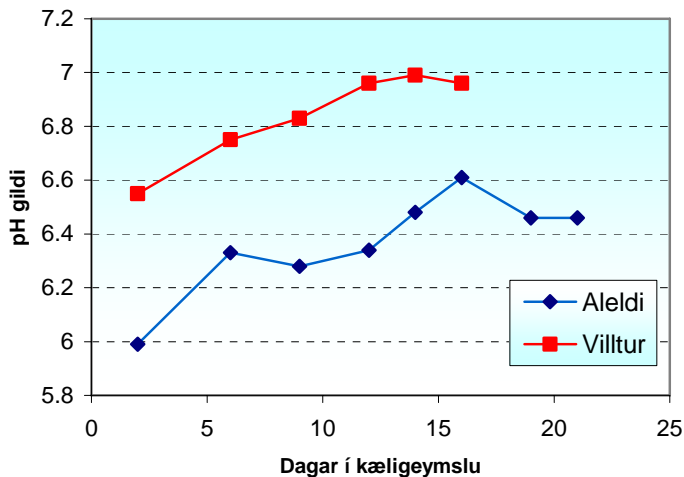


Mynd 10. Þyngdartap vegna suðu á aleldisþorski og villtum þorski eftir 6-16 daga geymslu við 0-2°C. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn. Staðalfrávik(+/-) er eingöngu sýnt í aðra átt til að gera myndina skýrari.

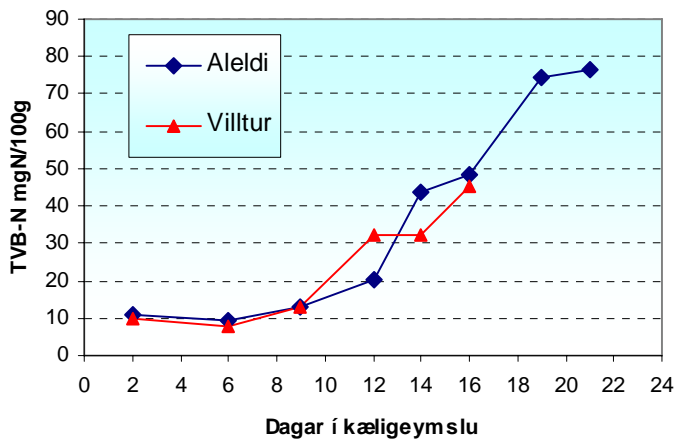
Mynd 10. sýnir þyngdartap við suðu á eldisþorski og villtum þorski eftir 6, 9, 12 og 14 daga kæligeymslu við 0-2°C. Niðurstöður á þyngdartapinu við suðu milli hópa sýndu marktækan mun ($P < 0,05$) á degi 6 og degi 14 hvað villtur þorskur missir minna vatn við suðu en eldisþorskur. Ef hóparnir eru bornir saman innbyrðis þá er marktækur munur hvað villtur þorskur rýrnar minna við suðu á degi 6 (16%) en á degi 9 (22,3%) og degi 12 (20,9%) annars er munurinn ekki marktækur á milli daga. Lítill munur er á þyngdartapi vegna suðu hjá eldisþorski yfir tímabilið, en þó kemur fram marktækur munur hvað rýrnun á degi 6 (16%) er minni en á degi 12 (23,3%).

4.1.7. Efnamælingar

Niðurstöður frá sýrustigsmælingum í vöðva eru sýndar á mynd 11. Eins og sést á myndinni er gríðarlegur munur á pH í vöðva eldisþorsks og villts þorsks. Í upphafi geymslutímans á degi 2 er eldisþorskur með pH 5,99 en á sama tíma er villtur þorskur með pH 6,55. Þetta sýrustigsbil milli hópa upp á u.þ.b 0,5 hélst út geymslutímann. Þetta lága sýrustig í aleldisþorskinum hefur líklega mikil áhrif á holdgæði fisksins hvað varðar los. Lágt sýrustig í vöðva getur haft neikvæð áhrif á vöðvapróteinin á þann veg að bandvefsfestingar við vöðva geta rofnað, en los hefur verið talsvert vandamál hjá eldisþorski. Að þessi mikli sýrustigsmunur sé til staðar kemur ekki á óvart þar sem eldisfiskurinn kemur stríðalinn til slátrunar, en villti þorskurinn kemur mjög líklega úr sveiflukenndu fæðuframboði. Vel alinn fiskur hefur meira glykógen í vöðva og er því til staðar meiri efniviður til að framleiða mjólkursýru eftir dauða.

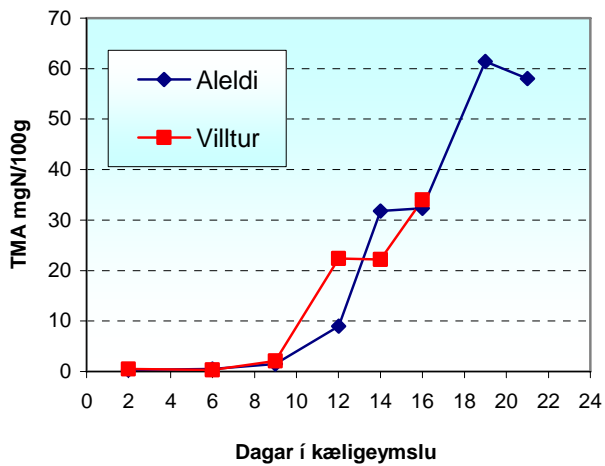


Mynd 11. Sýrustig (pH) í vöðva aleldisþorsks og villts þorsks. Flökin voru geymd roðrifin við 0-2°C.



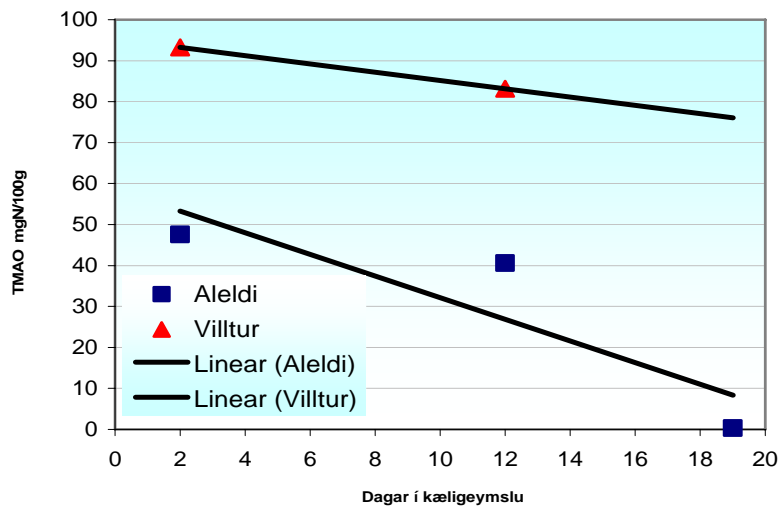
Mynd 12. TVB-N í aleldisþorski og villtum þorski við 0-2°C kæligeymslu. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn.

Fyrstu 9 dagana eru TVB-N gildi (mynd 12) eru nánast þau sömu hjá aleldisþorski og villtum þorski, en þá hækkar TVB-N gildi í villtum þorski sig hraðar næstu 3 dagana en síðan jafnast gildin út aftur á degi 13 eða við u.þ.b. 30 mg TVB-N mg N/100g og á degi 14-16 þá hækkar TVB-N gildi aleldisfisks sig hraðar. Á degi 16 falla línurnar saman aftur en þá eru gildin komin yfir 45 mgN/100g, en 35 mg/100 g er það gildi sem hefur verið notað sem viðmiðun á skemmd í ferskum fiski í reglugerð Evrópusambandsins (Anon, 1996). Á heildina litið er hægt að túlka það svo að TVB-N myndun í þorskflökum við kæligeymslu sé mjög svipuð í aleldisþorski og í villtum þorski.



Mynd 13. TMA í aleldisþorski og villtum þorsk. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn við 0-2°C.

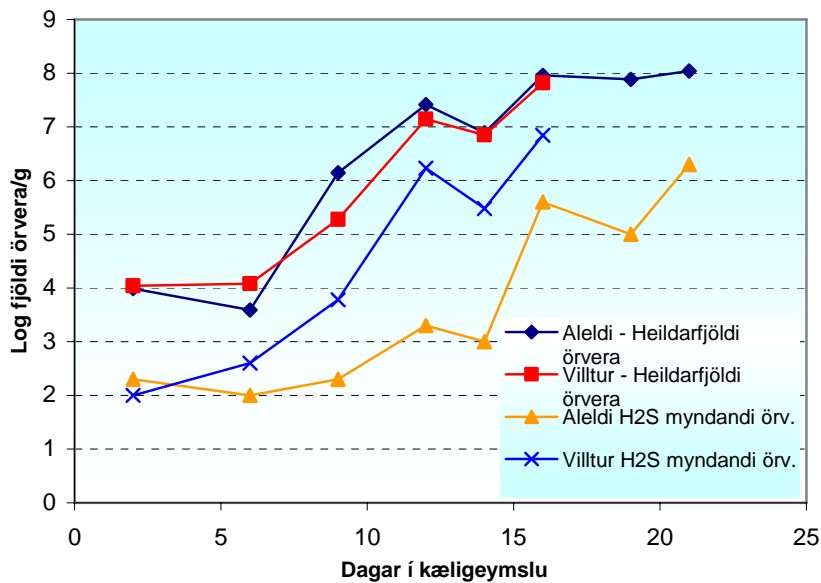
Niðurstöður TMA mælinga úr geymsluþolstilrauninni á flökum eru sýndar á mynd 13. Eins og við mátti búast er skemmdarmynstrið mjög líkt og frá TVB-N mælingunum (mynd 12) Það kemur þó ekki að óvart að skemmdarferillinn sé líkur þar sem heildarmagn reikulla basa (TVB) samanstendur að mestu leyti af TMA.



Mynd 14. TMAO í aleldisþorski og villtum þorski. Þorskurinn var geymdur flakaður og roðrifinn við 0-2°C.

Niðurstöður úr nokkrum TMAO mælingum er sýndar á mynd 14. TMAO var aðeins mælt í tvemur úttekktum hjá villta þorskinum, það er eftir 2 daga í kæli og eftir 12 daga í kæli og 3 punktar hjá aleldisþorskinum á sömu dögum og hjá villta þorskinum, en að auki á geymsludegi 19. Þar sem aðeins er um örfáar mælingar að ræða er besta línan sem dregin er á milli punktana á mynd 14 mjög ónákvæm, þ.e. aðeins vísbending. Mælingarnar sýna að eftir 2ja daga kæligeymslu er TMAO innihald í villtum þorski 93,2 mgN/100g en hjá aleldisþorski aðeins 47,6 mgN/100g. Þarna er því u.þ.b. um helming mun að ræða. Þess má geta að rannsóknir hafa sýnt (Hannes Magnússon og fl. 1990) að TMAO í ferskum villtum þorski er venjulega á bilinu 80-90 mgN/100 g í upphafi geymslu, svo það má segja að niðurstöður eftir 2ja daga geymslu úr þessari tilraun séu í hærra lagi. En áhugavert er að þrátt fyrir að þessi mikli munur á TMAO sé á milli hópa í upphafi þá breytir það litlu hvað varðar myndunar TMA í villtum þorski og eldisþorski yfir geymslutímabilið sjá mynd 13.

4.1.8. Örverumælingar



Mynd 15. Heildarfjöldi örvera (TVC) og fjöldi H₂S-myndandi örvera í ferskum flökum frá aleldisþorski og villtum þorski. Flökin voru geymd roðrifin við 0-2°C.

Mynd 15 sýnir niðurstöður úr örverumælingum. Við skynmat kom fram að flökin voru á mörkum þess að vera neysluhæf þegar þau voru búin að vera í kæligeymslu í 16 daga, en þá var heildarörverufjöldinn (við 15°C) kominn í 91.000.000/g eða um log 8/g. Heildarörverufjöldi á degi 2, þegar tilraunin hófst, var fyrir báða hópana um 10.000/g eða um log 4/g, sem er eðlilegur fjöldi eftir flökun. Lagfasi á heildarörverufjölda náði til 6. dags og átti það bæði við um villtan þorsk og eldisþorsk. Eftir 6 daga í geymslu hækkaði heildarörverufjöldinn stöðugt þar til 12. degi var náð en eftir það var vöxturinn hægar eins og gerist þegar fjöldinn nálgast log 7-8/g. Það sem kemur á óvart við þessar samanburðarmælingar er að H₂S-myndandi örverur uxu mun hægar í eldisþorski (log 5,6/g) á 16. degi en villtum þorski (log 6,8/g), en það er kostur þar sem H₂S-myndandi örverur eru talnar vera helstu skemmdarörverurnar í fiski, nánar tiltekið *Shewanella putrefaciens* sem er m.a. TMA framleiðandi. Rannsóknir á Rf hafa sýnt fram á að fjöldi H₂S-myndandi örvera í ferskum þorski sem er geymdur á hefðbundinn hátt er oftast nær ríkjandi í *Shewanella putrefaciens* (Sp). Samkvæmt Gram og Huss (1996) eru *Shewanella putrefaciens* og *Pseudomonas* tegundir helstu skemmdarvaldar í sjávarfiski geymdum í lofti. Einnig hafa nýlegar rannsóknir á Rf sýnt fram á mikilvægi *Photobacterium phosphoreum* í skemmdarferli fisksflaka sem eru geymd í lofti og í loftskiptum umbúðum (E. Martinsdóttir, 2005). Þar sem heildarörverufjöldinn var áþekkur hjá villtum þorski og eldisþorski er greinilegt að þarna koma inn aðrar örverur sem eru í samkeppni við H₂S-myndandi örverur. Þó það sé ekki fyllilega staðfest leikur grunur á að þarna sé um að ræða *Photobacterium phosphoreum* (Pp). Einungis var hægt að mæla fjölda *P. phosphoreum* á 16. degi en þá var fjöldinn um log 6,7/g (5.010.000/g) í eldisþorski en log 4,8/g (63.000/g) í villtum þorski. *P. phosphoreum* er mjög öflug baktería við að brjóta TMAO niður í TMA. Dalgaard (1995) hefur sýnt fram á að *P. phosphoreum* sé 30 sinnum öflugri TMA framleiðandi en *S. putrefaciens* og að örverutalning upp á log 7/g af *P. phosphoreum* samsvari 30 mgN/100g TMA í pökkuðum þorskflökum. Þarna kemur ef til vill skýringin á því hvers vegna framleiðslan á TMA er svipuð í eldisþorski og villtum þorski við geymslu í kæli þó að TMAO innihald sé nánast helmingi hærra í villtum þorski í upphafi, þ.e. 2 dögum eftir slátrun. Það er því vísbending um að *Photobacterium phosphoreum* geti verið mikilvægur skemmdarvaldur í eldisþorski. Hugsanlega

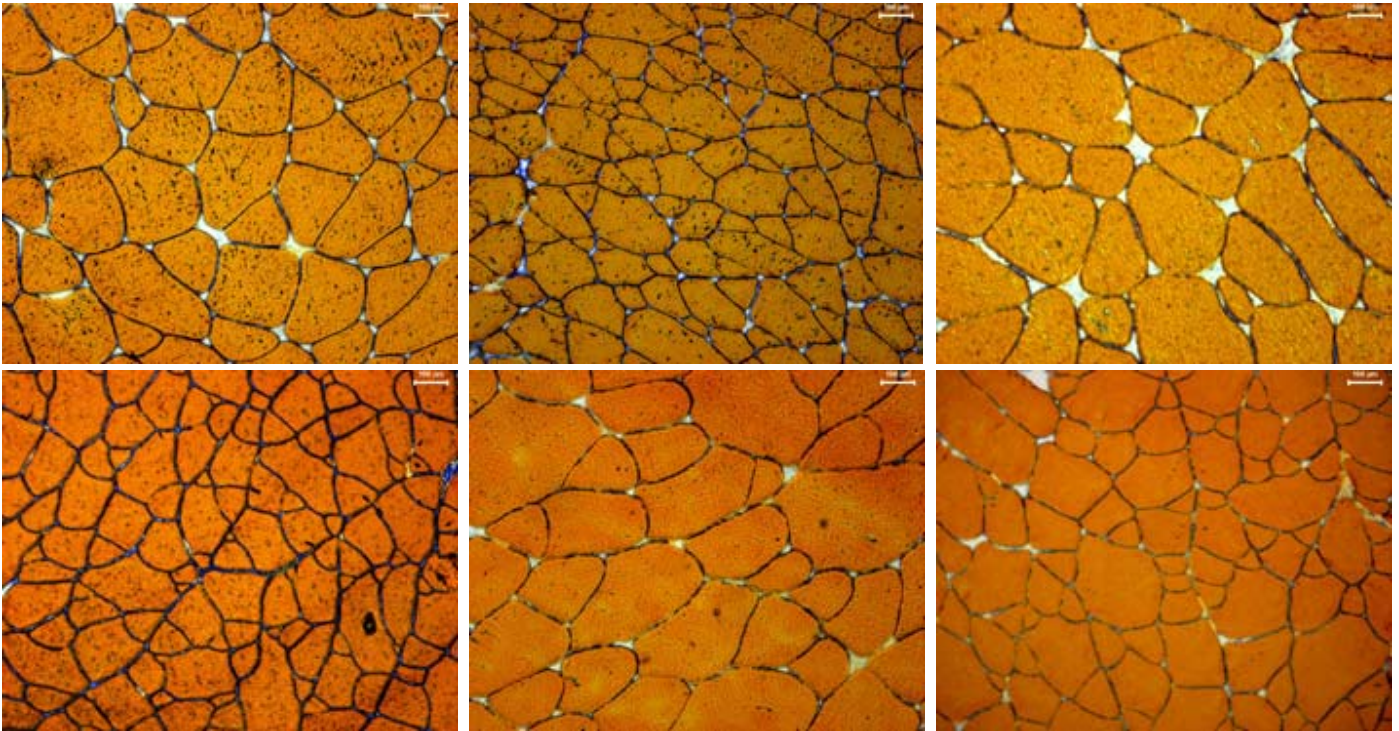
inniheldur skemmdarflóran einnig *Pseudomonas* tegundir, sem voru ekki mældar sérstaklega í þessari tilraun.

4.2. Myndgreining á eldisþorski og villtum þorski

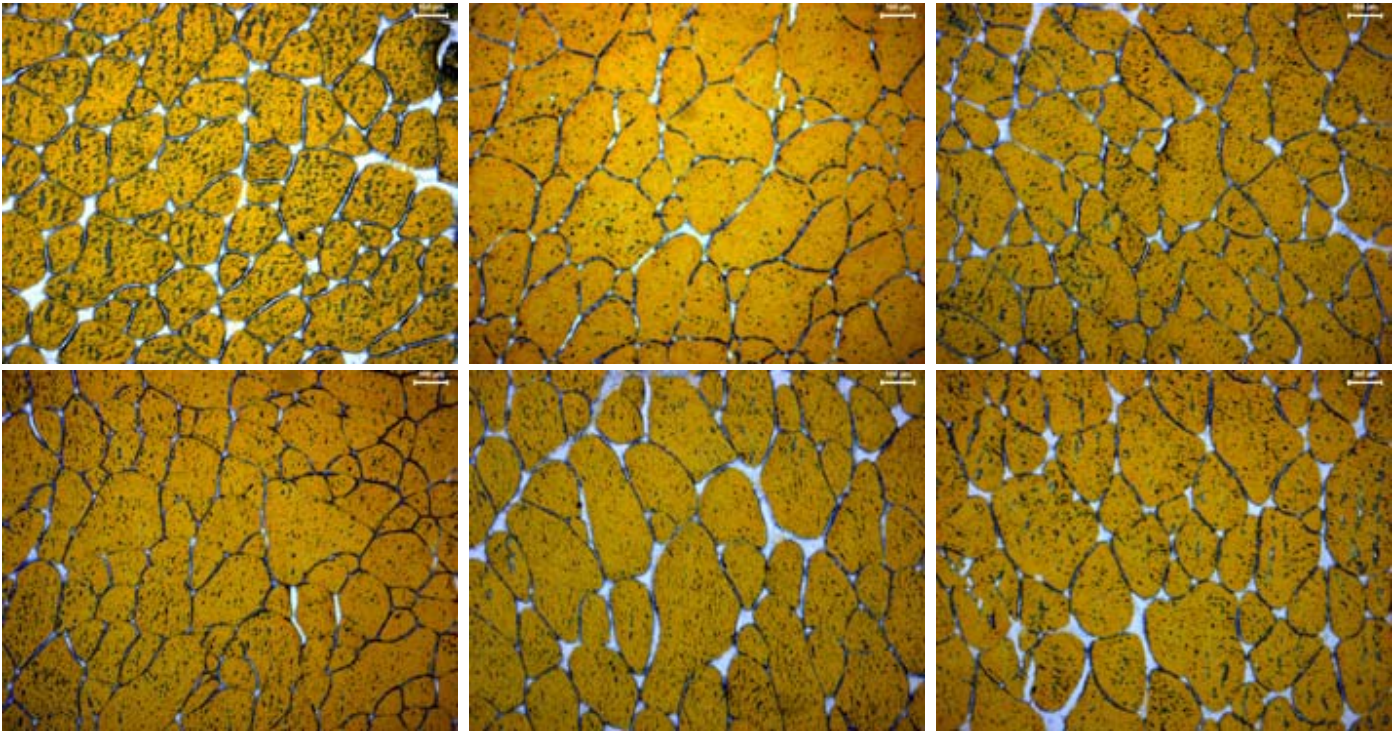
4.2.1. Vöðvabygging

Sýni af villtum þorski og eldisþorski, bæði aleldis- og áframeldisþorski, fyrir og eftir niðurfóðrun voru rannsökuð með myndgreiningu. Niðurfóðrun þýðir að fóðrun er minnkuð í 7 vikur fyrir slátrun og endar með sveltí í eina viku. Við þessar fyrstu athuganir hefur komið í ljós að munur er á smásærri byggingu á vöðvum þessara hópa, en dæmi um smásjármyndir af þeim er að finna á myndum 16-20. Á smásjármyndunum litast vöðvaprótínin appelsínugul og bandvefur blár. Umhverfis vöðvafrumur er lausbundið lag bandvefs (e. “endomysium”) sem heldur þráðunum saman, og millifrumuvökvi (e. “extracellular fluid”). Eins og sjá má er mun meira magn millifrumuvökva í eldisþorskinum. Ekki er ljóst hvað veldur þessum hlutfallslega mikla millifrumuvökva, en hann er vissulega meiri en venjulegt getur talist. Hvort vöðvabyggingin í eldisþorskinum er svona á meðan hann er lifandi eða hvort vökvinn þrýstist út úr frumunum eftir slátrun er óvíst. Rétt er að benda á að umfang verkefnisins var takmarkað að þessu leyti og ekki mörg sýni á bak við hvern hóp.

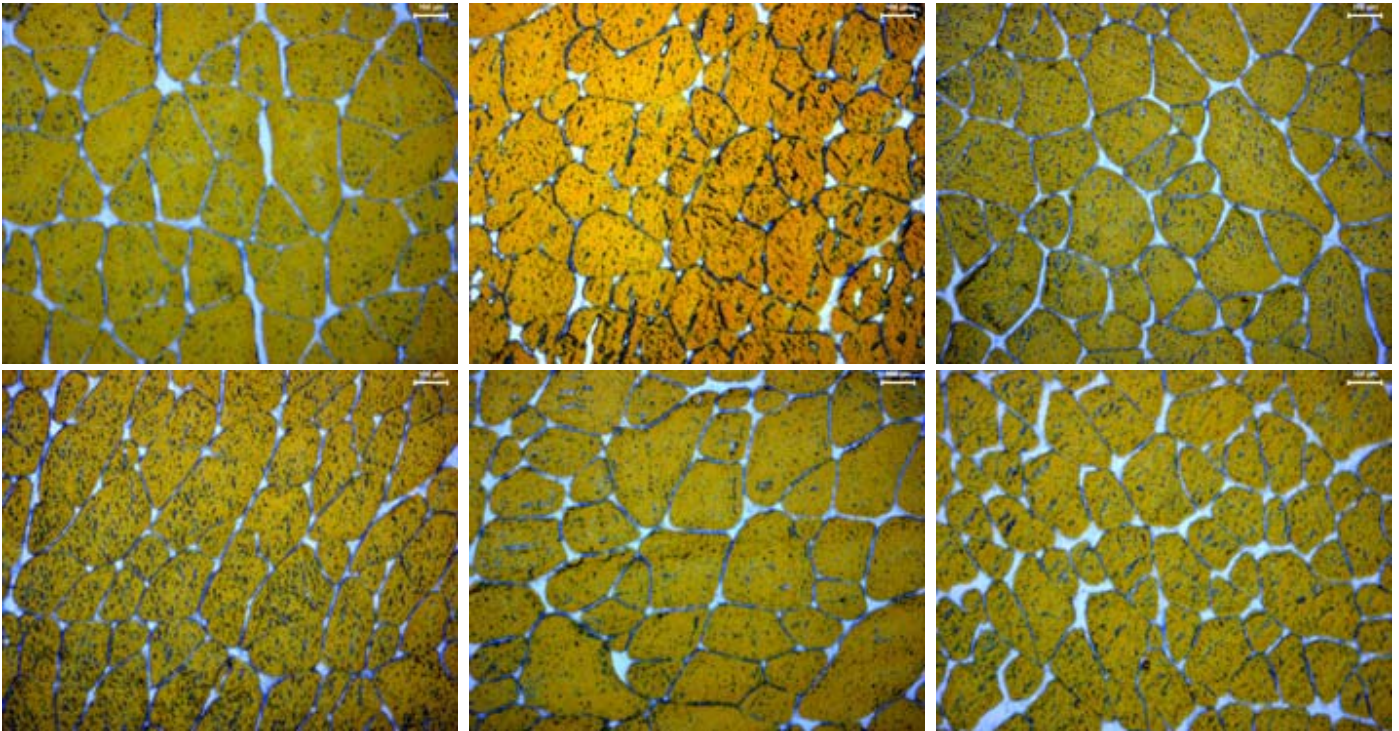
Í ljós kom að eldisþorskur hegðar sér öðruvísi við geymslu en villtur þorskur þar sem millifrumurýmið eykst við geymsluna en minnkar ekki eins og hjá villta þorskinum.



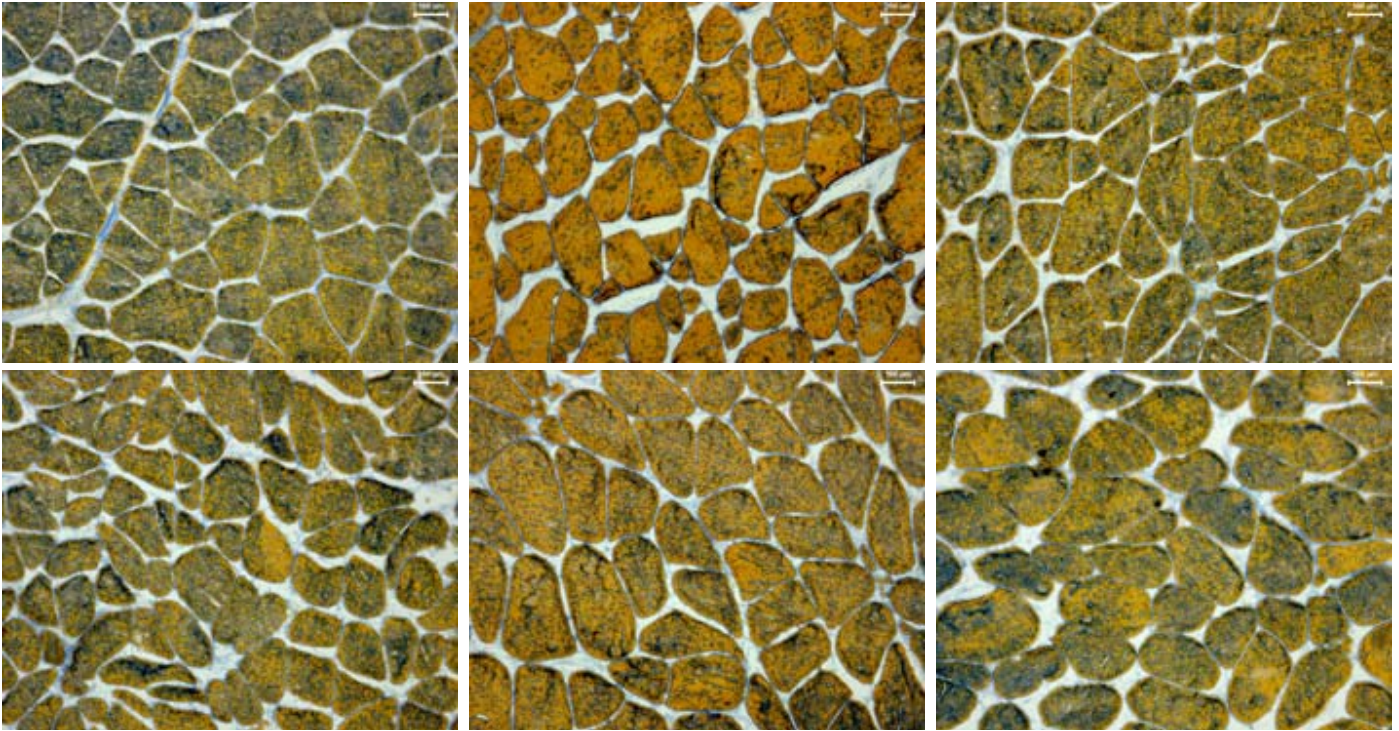
Mynd 16. Villtur þorskur úr Faxaflóa 24. mars 2004. Frumur liggja þétt saman, lítið bil á milli þeirra.



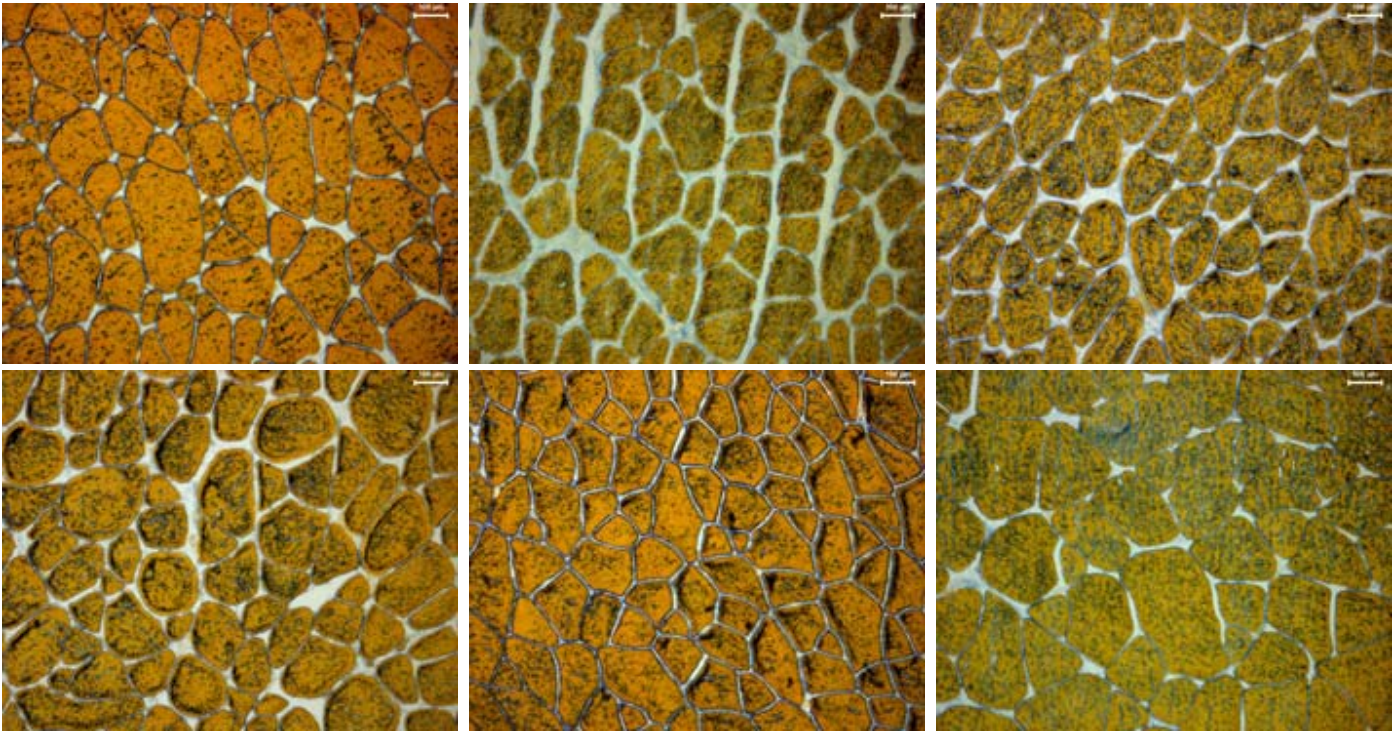
Mynd 17. Aleldisþorskur frá Brimi ehf



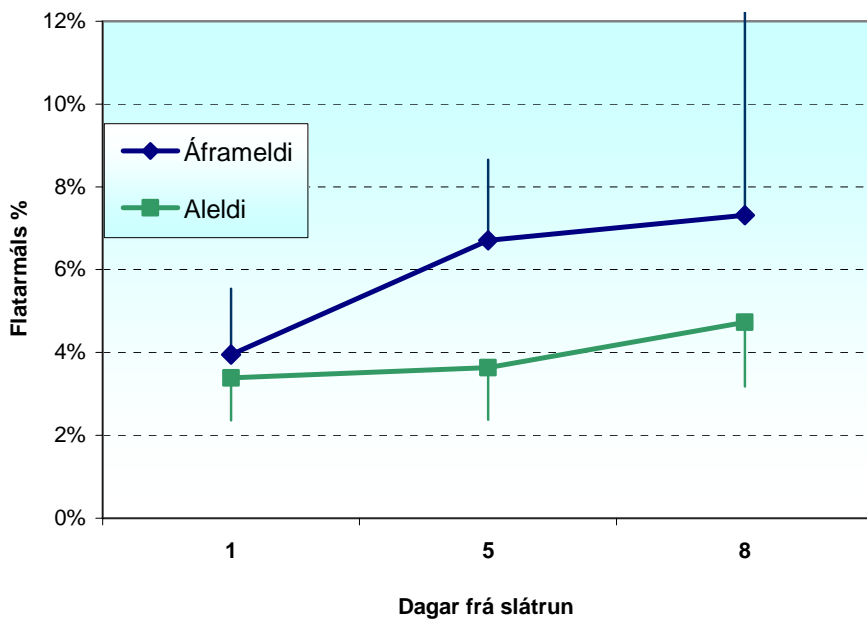
Mynd 18. Áframeldisþorskur frá Brimi ehf (sýni tekin í janúar 2004)



Mynd 19. Áframeldisþorskur frá Þórsbergi slátrað fyrir niðurfóðrun (alinn á loðnu). Sýni tekin í október 2003)



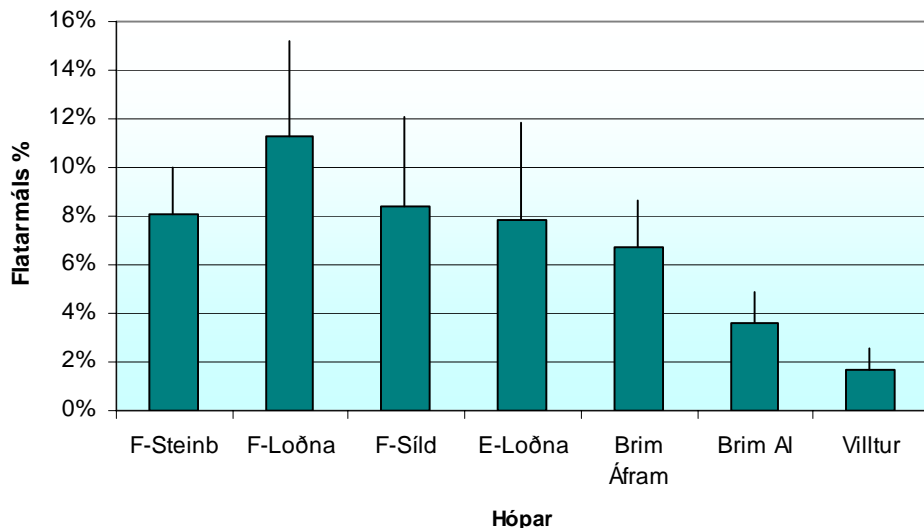
Mynd 20. Áframeldisþorskur frá Þórsbergi eftir niðurfóðrun (alinn á loðnu) Sýni tekin í nóvember 2003.



Mynd 21. Hlutfall flatarmáls millifrumurýmis (\pm staðalfrávik) á smásjármyndum af aleldis- og áframeldisþorski frá Brimi 1, 5 og 8 dögum eftir slátrun.

Útreiknað millifrumuflatarmál er sýnt á mynd 21. Þarna er um að ræða samanburð á millifrumubili aleldis og áframeldisþorska frá Brimi hf, en sýni voru tekin í janúar 2004. Marktækur munur var á millifrumuflatarmálinu á degi 5 ($p < 0.001$) en rétt tæplega á degi 8 ($p = 0,058$). Svo virðist sem millifrumubil aukist meira í áframeldisfiskinum en aleldisfiskurinn við geymslu. Mikilvægt er að mæla þetta betur og athuga hvort vöðvafrumurnar séu að tapa vökva út í millifrumurýmið, en stærðarmælingar á vöðvafrumunum gætu mögulega staðfest það.

Tekin voru sýni af fjórum hópum áframeldisfiska frá Þóroddi ehf, þremur sem slátrað var fyrir niðurfóðrun (alið á steinbít, loðnu og síld) og einum sem slátrað var eftir niðurfóðrun (alið á loðnu), sjá mynd 22. En niðurfóðrun þýddi að að fóðurgjöf var minnkuð smám saman síðustu sjö vikurnar fyrir slátrun (Soffía Vala Tryggvadóttir og fl. 2004). Niðurfóðrun var gerð til að freista þess að minnka los í fisknum. Reyndist hópurinn sem alinn var á loðnu og var slátrað eftir niðurfóðrun hafa marktækt minna millifrumubil en hópurinn sem skoðaður var fyrir niðurfóðrun ($p = 0,034$), þ.e. millifrumubilið minnkar við niðurfóðrun. Tekið skal fram að um fá sýni (8 – 10) úr hverjum hóp var að ræða.

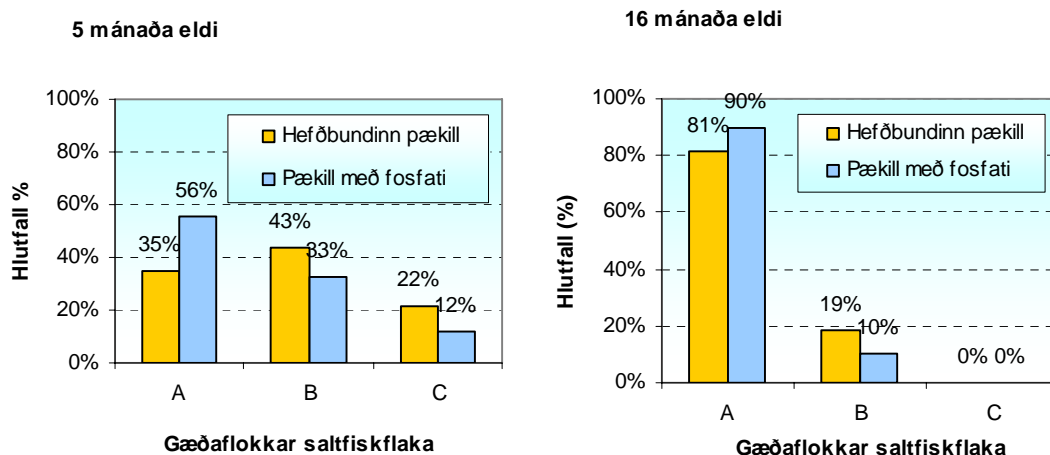


Mynd 22. Millifrumubil (meðaltöl) hópanna sem skoðaðir voru í smásjá. F: Áframeldisfiskur frá Þóroddi fyrir niðurfóðrun (október 03), E: Áframeldisfiskur frá Þóroddi eftir niðurfóðrun (nóvember 03) Brim Áfram: Áframeldisfiskur frá Brimi (janúar 04), Brim Al: Aleldisfiskur frá Brimi (janúar 04). Villtur: Þorskur veiddur í Faxaflóa 24. mars 2004.

Áberandi er að minnsta millifrumubilið er til staðar í villtum fiski þó hafa verði í huga að veiðisvæði eða veiðitími geta einnig hugsanlega haft áhrif þar á. Á óvart kom að aleldisfiskurinn frá Brimi var með minna millifrumubil en áframeldisfiskurinn, bæði sá sem kom frá Brimi hf og Þóroddi ehf. Sést þessi munur greinilega á smásjármyndunum sjálfum (myndir 16-20).

4.3. Saltfiskvinnsla hjá Þóroddi ehf, Tálknafirði

Fyrri rannsóknir hafa sýnt að eldisþorskur nær betri nýtingu í saltfiskvinnslu en hefðbundinn villtur þorskur (Gústaf Helgi Hjálmarsson og fl. 2004). Hinsvegar hefur eldisþorskur gæðaflokkast verr, þ.e. hefur meira los en villtur þorskur. Mynd 23 sýnir niðurstöður frá gæðaflokkun saltfiskflaka úr eldisþorski eftir vinnslu með hefðbundnum pækli og þegar notaður er pækill með íbættu fosfati. Niðurstöður sýna að þorskur sem er stríðalinn í 5 mánuði gæðaflokkast mun verr en þorskur sem er mjög hóflega fóðraður í 16 mánuði. Það bendir til þess að mikill vaxtarhraði auki los hjá eldisþorski. Gæðahlutfall í A flokk er að meðaltali 48% lakari hjá 5 mánaða eldinu en því 16 mánaða. Fosfatefni hækkar gæðahlutfall í A flokk talsvert, en alltaf kemur það greinilega fram að gæði afurðanna frá 16 mánaða eldinu flokkast mun hærra en flökin sem koma frá eldisþorski eftir 5 mánaða eldi.



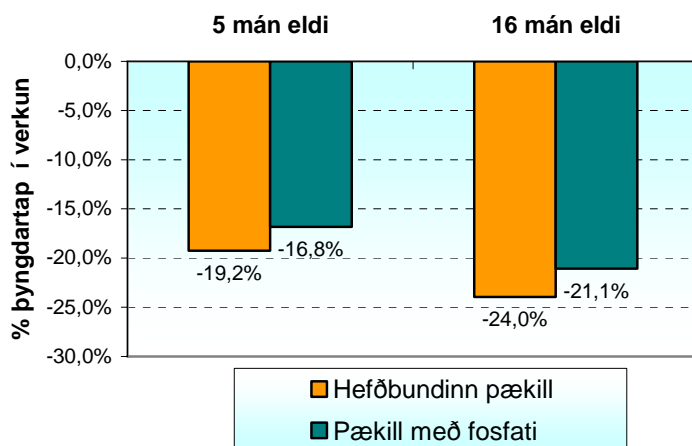
Mynd 23. Gæðaflokkun á saltfiskflökum eftir 5 mánaða og 16 mánaða eld sem eru lögð í hefðbundin pækil annars vegar og hins vegar í pækil sem innihélt fosfatefni.

Tafla 1. Upplýsingar um lokaþyngd, holdstuðul, lifrarstuðul og flakanýtingu á áframeldisfiski sem var alinn í 5 mánuði og 16 mánuði- meðaltal af 20 fiskum.

	5 mánaða eldi	16 mánaða eldi
Óslægð þyngd (g)	5170,8	4367,5
Slægð þyngd (g)	4002,4	3401,4
Holdast. Slægt	0,907	0,923
Lifrarstuðull (% m.v. slægt)	14,7%	14,8%
Flakanýting fersk (% m.v. slægt)	53,4%	54,9%
Vinstra flak (g)	1065,3	954,5
Hægra flak (g)	1052,3	926,3
Mismunur (%)	1,2%	3,0%

Í upphafi eldisins voru báðir hópar svipaðir að stærð, stærðardreifing á bilinu 1400-3000 g og meðalþyngd um 2 kg. Einn meginmunur hjá hópunum var að 16 mánaða fiskurinn er veiddur í júlí en 5 mánaða fiskurinn er veiddur í maí. Fiskur sem er veiddur á miðju sumri er mun lengri tíma að aðlagast eldisaðstæðum og fer seint í gang með át. Aftur á móti byrjar fiskur sem er veiddur snemma vors að éta af fullum styrk eftir fáeinar vikur. Ástlæða þess getur verið meira álag og stress vegna mismunar í sjávarhita á veiðitíma. Eldisfiskurinn, sem er búinn að vera í eldi í 16 mánuði gengur einnig í gegnum kaldann vetur og hrygningu í eldinu sem varir í um 5 mánuði frá janúar til maí. Á þessum tíma fer mest öll framleidd orka í að efla og þroska kynkirtla en á meðan bætist ekkert við vöðvamassann, sem rýrnar heldur ef eitthvað er. Eftir hrygningu byrjar þorskurinn að éta en átið er aldrei eins og sumarið áður því lifrarstuðull og holdafar er mun betra og því verður vaxtaraukning hæg.

Það sem kemur á óvart frá töflu 1 er að lifrarstuðullinn skuli vera sá sami fyrir þessa tvö mismunandi hópa. Álitid var að 16 mánaða eldisþorskurinn (hægvaxta) væri með lægri lifrarstuðul þar sem hann er búinn að jafna sig yfir langan vaxtartíma, en 5 mánaða eldisfiskurinn er í hröðum vexti (hraðvaxta) allan vaxtartímann.

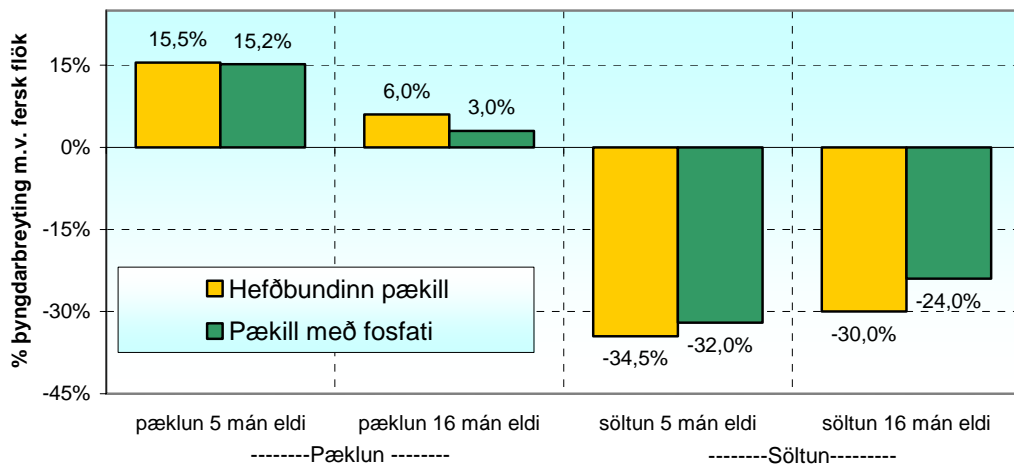


Mynd 24. Þyngdarbreyting í verkun. Gefinn er upp mismunur á þyngd ferskfiskflaka og saltfiskflaka

Samantekt á afurðanýtingu er sýnd á mynd 24 en þar er gefið upp þyngdartap sem mismunur af þyngd ferskfiskflaka og saltfiskflaka. Afurðanýtingin miðast við að fiskurinn sé slægður og að þunnildin fylgi flökunum. Niðurstöður sýna að þyngdartap í verkun er marktækt minni hjá hraðvaxta þorski (5 mánaða) í samanburði við hægvoxta fisk (16 mánaða). Þessi mismunur í þyngdartapi samsvarar því að verkunarnýting er að meðaltali 4,4% betri hjá hraðvaxta þorski. Þennan mismun má að hluta til skýra út frá herra vatnsinnihald í saltfiskflökum hjá hraðvaxta fiski. Vatnsinnihald í hraðvaxta fiski var 55,6% en aðeins 54,0% í hægvoxta fiski, en þessi mismunur er marktækur. Flök af hraðvaxta fiski hafa því um 2,8% meira þurrrefni en flök af hægvoxta fiski og er ekki ljóst hvað veldur því.

Áhrif af fosfatefninu “Carnal” er áhugaverð og ljóst að virkni þess eru marktæk. Að meðaltali bætir fosfat nýtingu um 3% óháð hve lengi fiskurinn hefur verið í eldi.

Áhugavert er aðskoða hvort mismunur er á þyngdarbreytingum milli hópa í sjálfu verkunarferlinu, þ.e. í pækli og þurrsöltun.



Mynd 25. Þyngdarbreyting í pækil- og söltunarverkunarferli í saltfiskvinnslu á áframeldisþorski sem var alinn í 5 mánuði og 16 mánuð. Þyngdarbreytingin miðast við fersk flök.

Niðurstöður sem eru sýndar í mynd 25 sýna að þyngdarbreyting er nánast sú sama fyrir þorsk eftir 5 mánaða eldi, eða 15,2 og 15,5 %, hvort sem notað er fosfat í pækilinn eða ekki. Aftur á móti þyngist 16 mánaða eldisfiskurinn mun minna við pæklun en sá sem var alinn í 5 mánuði, eða 3% og 6% og kemur á óvart að þyngdaraukningin er meiri fyrir hefðbundinn pækil en í þeim sem fosfat var bætt í. En það er afar óvænt niðurstaða að svo mikill munur skuli vera á þyngdaraukningu milli vaxtarhópanna. Ástæða fyrir þessum mun er ekki þekkt. Það er líklegt að þyngdaraukningin sem kemur fram eftir pæklun hjá 5 mánaða eldisfiskinum tapist við söltun. Fosfatpæklunin minnkar þyngdartapið talsvert við söltun sérstaklega fyrir 15 mánaða eldisfiskinn. Í heild er þyngdartap hjá 5 mánaða þorski 16,8% en 21,1% hjá 16 mánaða fiski, þegar notaður er venjulegur pækil. Þetta þýðir að 5 mánaða eldi gefur 20,4% betri nýtingu í samanburði við 16 mánaða eldi.

5. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Samantekt úr geymslutilrauninni á þorskflökum frá eldisþorski samanborið við villtan þorsk var að eldisþorskurinn heldur einkennandi ferskleikabragði marktækt lengur en villtur þorskur en endanlegt geymsluþol er þó mjög svipað að lengd eða um 16 dagar frá slátrun/veiðum. Þetta er lengra geymsluþol á þorskflökum en tíðkast (12 dagar) (Hannes Magnússon og fl.1991) en lágur heildarörverufjöldi í upphafi auk góðrar stjórnunar á hitastigi frá flökun og við geymslu hafa haft áhrif þar á. Þess má geta að Emilía og fl. 2005 fengu mjög svipað geymsluþol á roðkældum flökum (-1°C) eða 14 daga frá flökun og 17 daga frá veiðum. Ástæðan fyrir því að eldisþorskur dæmdist ferskur lengur en villtur þorskur getur stafað af því að samsetning skemmdarörveruflórunnar var ekki sú sama hjá báðum hópum. Til að mynda þá uxu H₂S-myndandi örverur mun hægar í eldisþorskinum en villta þorskinum sem telst ákjósanlegt þar sem H₂S-myndandi örverur eru taldar vera helstu skemmdarörverurnar í fiski. Þrátt fyrir að H₂S-myndandi örverur vaxi mun hægar í eldisþorski en villtum þorski þá sést það ekki á heildarörverufjöldanum því vaxtarhraði og fjöldi yfir geymslutímabilið var mjög áþekkur í báðum hópunum. Þar af leiðandi er mjög líklegt að um samkeppnisaðstæður hafi verið að ræða milli H₂S-myndandi örvera og annara tegunda. Ein mæling var gerð til að greina hvort *Photobacterium phosphoreum* (Pp) bakterían væri til staðar í þorskinum og í hve miklum mæli en Pp eru mjög virkar örverur í að afoxa TMAO í TMA. Þar sem hér var aðeins um einn sýnatökupunkt að ræða er niðurstaðan eingöngu vísbending en á 16. geymsludegi mældist Pp í ríkjandi mæli (log 6,7/g) meðan fjöldi H₂S-myndandi örvera (log 5,6/g) var tífalt minni í eldisþorskinum. Aftur á móti voru H₂S-myndandi örverur (log 6,8/g) í miklum mæli í villta þorskinum en Pp (log 4,8/g) ekki eins áberandi. Að mikið magn af Pp séu til staðar í eldisþorskinum getur skýrt það hvers vegna mælt magn TMA var svipað í eldisþorski og villtum þorski á 16. degi þrátt fyrir mismunandi fjölda H₂S-myndandi örvera. Sýrustig í vöðva var mun lægra í eldisþorskinum en villta þorskinum en það getur átt sinn þátt í að stýra örverusamsetninguna, þar sem Pp þolir lægra sýrustig betur en Sp (H₂S-myndandi örverur). Athyglisvert var að við svipað magn TVB-N og TMA á 16. degi hjá báðum hópunum fékk eldisþorskurinn hærri skynmatseinkunn (um 7) en hröð myndun slíkra basískra efna átti sér stað við frekari geymslu. Samt sem áður

fundu skynmatsdómararnir síður TMA bragð í eldisfiskinum og dæmdu hann ferskari til 16. dags. Talið er að sýrustig þurfi að vera um pH 6,7 til að TMA lykt og bragð finnist (Castell og Triggs, 1955), en pH holdsins á 16. degi var um 7 fyrir villtan þorsk en 6,6 fyrir eldisþorskin. En þetta lágt pH eldisþorsksins hafði einnig neikvæð áhrif. Skynmatsdómar á áferðareiginleikum þorskflaka við geymslu var að eldisþorskurinn var marktækt þurrari, seigari, stinnar, gúmmíkenndari og kjötkenndari en villtur þorskur á öllum úttektardögum. Þyngdartarp við suðu var eldisþorskinum í óhag en hann rýrnaði hlutfallslega meira í suðu en villtur þorskur en það tengist líklega vatnsheldninni sem mælist minni í eldisþorski en villtum þorski.

Framhaldsrannsókn á vöðvabyggingu þorsks staðfesti fyrri athugun að mikill millifrumuvökvi er til staðar í áframeldisþorski mun meira en sést í villtum þorski. Myndgreining á áframeldisþorski, aleldisþorski og villtum þorski frá Brim fiskeldi ehf sýndi að flatarmálshlutfall millifrumuvökva í villtum þorski var 1,7 % meðan aleldisþorskur var með 3,6% og áframeldisþorskur með 6,7 %. Hlutfall millifrumuvökva var í réttu hlutfalli við vaxtarhraða þar sem vöxtur aleldisþorsks er nokkuð stöðugur meðan áframeldisþorskur tvöfaldar þyngd sína á aðeins 5-6 mánuðum og þorskur í náttúrunni vex yfirleitt mun hægar en eldisþorskur. Það er því hugsanlegt að vaxtarhraðinn hafi áhrif á myndun millifrumuvökva, en þetta þarf að rannsaka betur. Kannað var í verkefninu hvernig þróun millifrumuvökva verði við geymslu í ís. Þar kom fram að millifrumuvökvi í áframeldisþorski jókst talsvert við geymslu í ís og þá hlutfallslega mest á fyrstu 5 dögum en á því tímabili stóð hlutfall millifrumuvökva í aleldisþorski nánast í stað.

Þorskur sem var alinn í 5 mánuði (hraðvaxta þorskur) hefur 4,4% hærri verkunarnýtingu miðað við ferskflakaþyngd en 16 mánaða eldisþorskurinn (hægvaxta þorskur). Fosfatefnið “Carnal” bætir verkunarnýtingu um 3% miðað við ferskflakaþyngd og eins bætir það gæðaflokkunina. Það er jafnframt ljóst hraðvaxta fiskur hefur aukna verkunarnýtingu í salti og ástæður þess eru ekki að fullu þekktar. Áhrif af fosfatefninu “Carnal” eru umtalsverð bæði hvað varðar gæði og nýtingu hjá eldisþorski.

6. ÞAKKARORÐ

Höfundar skýrslunnar þakka öllu samstarfsfólki í verkefninu frá fyrirtækjunum Þóroddi ehf, Tálknafirði og Brimi fiskeldi ehf, Akureyri og Hraðfrystihúsinu Gunnvöru, Hnífsdal. Einnig þökkum við samstarfsfólki á Rf og á Matra sem annaðist ýmsar mælingar og Ásu Þorkeldsdóttur og skynmatshópi Rf er þakkað þeirra framlag til verkefnisins. Tæknisjóði Rannís er þakkaður styrkur sem var veittur til verkefnisins.

7. HEIMILDIR

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

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

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

Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Johnston, I. A., Kiessling, A. 2003. Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod (*Gadus morhua* L.) *Aquaculture Research* 34:55-64.

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

Castell, C.H., Triggs, R.E. 1955. Spoilage of haddock in the trawlers at sea: The measurement of spoilage and standards of quality. *J.Fish Res. Bd.Canada* 12:329-341.

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

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

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

Emilía Martinsdóttir, Héléne L. Lauzon, Soffía Vala Tryggvadóttir. 2005. Áhrif Roðkælingar á gæði fiskflaka. Rf 10-05.

Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Kári P. Ólafsson. 1998. Sjófryst flök sem kælivara. Skýrsla Rf 16.

Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon og Páll Steinþórsson. 1991. Geymsluþol á ófrystum og þíddum flökum í ís, RIT Rf. nr. 30.

Emilía Martinsdóttir, Hannes Magnússon, Héléne L. Lauzon og Kolbrún Sveinsdóttir. 2003. Þídd sjófryst MAP-flök með skipum á erlendan markað Verkefnaskýrsla Rf 22-03.

Einan, O., Mørkøre, T., Rørå, A.M.B., Thomassen, M.S. 2002. Feed ration prior to slaughter potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* Vol 178 (1-2)149-169

Fennema, O. R. 1990. Comparative water holding properties of various muscle foods. *Journal of Muscle Foods*, 1, 363-381.

- Floucat, L., Taylor, R., Labas R. and Prenou J.P. 2004. Soft flesh problem in freshwater rainbow trout investigated by magnetic resonance imaging and histology. *J Food Sci FCT* 69(4): 320-327.
- Gejo R, Kawaguchi Y, Kondoh T, Tabuchi E, Matsui H, Torii K, Ono T, Kimura T; 2000. Magnetic resonance imaging and histologic evidence of postoperative back muscle injury in rats. *Spine* 25 (8): 941-946.
- Gústaf H. Hjálmarsson, Sigurjón Arason, Kristín Anna Þórarinsdóttir, Jón Örn Pálsson, Ari Wendel. 2004. Áframeldi smáþorsks: Áhrif fóðrunar á vinnslueiginleika. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins skýrsla 1-04, 64 bls.
- 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.
- Guldager HS, Boknaes N, Osterberg C, Nielsen J, Dalgaard P. 1998 . Thawed cod fillets spoil less rapidly than unfrozen fillets when stored under modified atmosphere at 2 degrees C. *J. Food Prot.* 61 (9): 1129-1136.
- Hannes Magnússon, Emilía Martinsdóttir og Páll Steinþórsson (1991). Áhrif frystingar og frystigeymslu á geymsluþol þorsks eftir þíðingu, RIT Rf. nr. 26.
- Hatakenaka M, Ueda M, Ishigami K, et al. 2001. Effects of Aging on Muscle T2 Relaxation Time: Difference Between Fast- and Slow-Twitch Muscles. *Investigative Radiology* 36(12):692-698.
- Higgins, P.-J., Thorpe, J.-E. 1990. Hyperplasia and hypertrophy in the growth of skeletal muscle in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 37:505-519.
- Huss, H. H. (1972). Storage life of prepacked wet fish at 0°C. 1. Plaice and haddock. *J. Food Technol.*, 7, 13-19.
- Jerrold H. Zar. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Lauzon H.L. 2003. Notkun Malthus leiðnitækni til hraðvirkra örverumælinga. Rf skýrsla 30-03, 30 bls.
- Magnússon, H. og Martinsdóttir, E. (1995). Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Food Sci.*, 60, 2, 273-278.
- Martinsdóttir E. og H. Magnússon, (2001). Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice, *J. Food Sci.*, Vol.66, No.9., 1402-1408
- Reid, R.A. og T.D. Durance (1992). Textural Changes of Canned Chum Salmon Related to Sexual Maturity. *J Food Sci* 57 (6). 1340-1342.
- Sigurgísladóttir, S., O. Torrissen, Ø. Lie, M. Thomassen og H. Hafsteinsson (1997). Salmon Quality: Methods to Determine the Quality Parameters. *Reviews in Fisheries Science* 5(3). 223-252.
- Soffía Vala Tryggvadóttir. 2004. Framtíðarþorskur: Gæðamat á eldisþorski. Verkefniskýrsla Rf 10-04.
- Soffía Vala Tryggvadóttir og Björn Björnsson. 2001. Ástand þorskhólds eftir mismikla fóðrun. *Ægir* 94(3):20-23
- Stanbridge, L.H. and Board, R.G. 1994. A modification of the *Pseudomonas* selective medium, CFC, that allows differentiation between meat *pseudomonas* and *Enterobacteriaceae*. *Letters in Appl. Microbiol.* 18 (6): 327-328.
- Stone H. and J.L. Sidel. 1985. *Sensory evaluation practices*. Academic Press, Inc. Orlando, Florida
- Sveinsdóttir, K., E. Martinsdóttir, G. Hyldig, B. Jørgensen og K. Kristbergsson (2002). Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *J Food Sci* 67(4). 1570-1579.
- Tornberg E. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness *Meat Science* 43: 175-191

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

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

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