

Nýsköpun & neytendur
Consumers & Products

Vinnsla & virðisaukning
Value Chain & Processing

Erfðir & eldi
Genetics & Aquaculture

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Öryggi & umhverfi
Food Safety & Environment



Sprautun og pæklun tilapíuflaka

Kristín Anna Þórarinsdóttir
Kolbrún Sveinsdóttir
Þóra Valsdóttir
Irek Klonowski
Aðalheiður Ólafsdóttir
Hannes Magnússon
Arnljótur Bjarki Bergsson
Ragnar Jóhannsson
Emilía Martinsdóttir

Vinnsla og virðisaukning

Skýrsla Matis 39-09
Desember 2009

ISSN 1670-7192



| | | | |
|---------------------------|---|---------------------|---------------|
| Titill / Title | Sprautun og pæklun tilapíuflaka / Injection and brining of tilapia fillets | | |
| Höfundar / Authors | Kristín Anna Þórarinsdóttir, Kolbrún Sveinsdóttir, Þóra Valsdóttir, Irek Klonowski, Aðalheiður Ólafsdóttir, Hannes Magnússon, Arnljótur Bjarki Bergsson, Ragnar Jóhannsson, Emilía Martinsdóttir | | |
| Skýrsla / Report no. | 39-09 | Útgáfudagur / Date: | Desember 2009 |
| Verknr. / project no. | 1209 - 1801 | | |
| Styrktaraðilar / funding: | Tækniþróunarsjóður Rannís /Technology Development Fund, RANNIS - Icelandic Centre for Research | | |
| Ágríp á íslensku: | <p>Markmið verkefnisins var að kanna áhrif sprautunar og pæklunar á nýtingu, geymsluþol og eiginleika tilapiuflaka. Framleiddir voru þrjár afurðaflokkar: kældar afurðir, frystar afurðir (með óverulegum breytingum á saltinnihaldi) og léttsaltaðar, frystar afurðir. Við vinnslu kældra afurða voru flök með roði sprautuð með daufum pækli (1% salt) sem innihélt smækkaðan þorskmarning (2% prótein í pækli). Léttsoiltuð flök voru í upphafi sprautuð með 4% saltpækli, síðan pækluð yfir nótt. Hluti flaka var frystur eftir pæklun en sambærilegt magn sprautað með próteinlausninni eftir pæklun.</p> <p>Nýting jókst við sprautun og pæklun, verulegur munur var þyngdarbreytingum á frystum flökum og léttsoiltuðum flökum vegna mismunar í saltinnihaldi þessara tveggja afurðaflokka. Vatnsheldni flaka var lakari eftir frystingu heldur en eftir geymslu í kæli. Geymsluþol afurða var stutt og eru mögulegar ástæður fyrir því ræddar í skýrslunni. Örveruvöxtur og niðurbrotsferlar voru að mestu óháð sprautun og pæklun.</p> | | |
| Lykilorð á íslensku: | Tilapia, sprautun, pæklun, salt, nýting, skynmat, geymsluþol | | |
| Summary in English: | <p>The objective of the project was to study effect of injection and brining on the yield, storage life and characteristics of tilapia fillets. Three different product groups were produced: chilled. Frozen (with small salt changes) and lightly salted products. During processing of chilled products fillets with skin were injected with brine containing minced cod (2%) protein in brine. Lightly brined fillets were at the beginning injected with 4% brine and then brined overnight. A part of the fillets was frozen after brining but similar part was injected with protein solution after brining. The yield increased with injection and brining, distinct difference was in the weight changes of frozen and lightly salted fillets because of the difference of the salt content of these two product groups. Water holding capacity of the frozen fillets was lower than for chilled fillets and the storage life was very short. Microbial growth was mostly not depending on the injection and brining.</p> | | |
| English keywords: | Tilapia, injection, brining, salt, yield, sensory analysis, storage life | | |

EFNISYFIRLIT

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inngangur | 1 |
| 1.1 | Tilapia | 1 |
| 1.2 | Eldi og markaðir | 1 |
| 1.3 | Vinnsla | 2 |
| 1.4 | Holdlitur og geymsluþol | 2 |
| 1.5 | Nýjar afurðir | 3 |
| 1.6 | Markmið tilrauna | 3 |
| 2 | Framkvæmd | 4 |
| 2.1 | Hráefni og búnaður | 4 |
| 2.1.1 | Eldi og slátrun | 4 |
| 2.1.2 | Vinnsla, flutningur og geymsla afurða | 4 |
| 2.2 | Mælingar | 7 |
| 2.2.1 | Sýnataka | 7 |
| 2.2.2 | Hitastigsmælingar | 7 |
| 2.2.3 | Nýting | 8 |
| 2.2.4 | Suðunýting | 8 |
| 2.2.5 | Efnamælingar og pH | 8 |
| 2.2.6 | Vatnsheldni (WHC) | 9 |
| 2.2.7 | Örverumælingar | 9 |
| 2.3 | Skynmat | 10 |
| 2.4 | Tölfræðilega úrvinnsla | 12 |
| 3 | Niðurstöður | 13 |
| 3.1 | Hráefni | 13 |
| 3.2 | Hitastig við geymslu kældra afurða | 14 |
| 3.3 | Efnamælingar á pækli | 15 |
| 3.4 | Kældar afurðir | 15 |
| 3.5 | Frystar afurðir | 24 |
| 3.6 | Samanburður á skynmatsniðurstöðum allra hópa | 31 |
| 4 | Samantekt | 33 |
| 4.1 | Kældar afurðir | 33 |
| 4.2 | Frystar afurðir | 33 |
| 4.3 | Frystar, léttsaltaðar afurðir | 34 |
| 5 | Þakkarorð | 35 |
| 6 | Heimildir | 36 |

1 INNGANGUR

1.1 *Tilapia*

Tilapia er hraðvaxta fiskur af ætt cichlida, með hvítu holdi sem vex best við 27°C. Flökin eru stinn og falla ekki í sundur og eru með mildu bragði. Efnasamsetning tilapiuvöðva er nokkuð svipuð þorski hvað varðar próteininnihald (17%), vatnsinnihald er heldur lægra 76-77% (um 80% í þorski) en fituinnihald um 1% samanborið við um 0,5%. Fitusýrusamsetning er háð fóðri sem notað er við eldi. Í grein frá 2007 þar sem borin voru saman tvö afbrigði af tilapiu var hlutfall mettaðra fitusýra um 40% af heildarmagni fitusýra en sem er nokkuð hærra en fyrir þorsk (25%) (Garduño-Lugo o.fl. 2007). Þær mælingar sem gerðar hafa verið á hlutfalli omega3 fitusýra í tilapiu sem er í tilraunaeldi á Íslandi hafa sýnt að það er svipað og í þorski. Tilapian hefur verið alin á þorskafóðri.

1.2 *Eldi og markaðir*

Tilapia er jurtaætu fiskur og er aðaluppistaða fóðurs sojamjöl sem kostar nú einungis um þriðjung á við fiskimjöl. Seiðastig tilapiu er mjög einfalt og klekjast út fiskar á hverjum degi og er hægt að gefa þeim þurrfóður strax. Eldi hefur vaxið gríðarlega og er nú svo komið að flök af tilapia eru með algengustu flökum í BNA. Markaðurinn fyrir kæld tilapiuflök í BNA hefur tífaldast á tíu árum vaxið úr 2.700 tonnum 1997 í 29.200 tonn árið 2008. Á sama tíma hafa kæld þorskflök farið úr 2.100 tonnum í 500 tonn á sama markaði. Samanlagður markaður fyrir fryst og kæld tilapiuflök í BNA er þrefalt meiri en sem nemur öllum þorskafla á Íslandsmiðum.

Markaðsþróun hefur verið mun hægari í Evrópu og liggja að baki því ýmsar ástæður. Gera má ráð fyrir að svipuð þróun muni eiga sér stað varðandi markað fyrir kæld flök og í BNA þó eitthvað verið hún hægari. Thorp ehf hefur framkvæmt markaðsúttekt fyrir tilapiuflök í Evrópu. Í framhaldi af því var unnin samkeppnisgreining. Helsti innflutnings- og framleiðsluaðili ýmissa nýrra fiskafurða sem eru að ryðja sér til rúms í Evrópu og BNA var heimsóttur. Þetta fyrirtæki er Anova Foods í Hollandi. Um er að ræða fisktegundir eins og tilapiu, pangasius bocorti og baramundi. Fyrirtækið seldi árið 2007 um 500 tonn af frystum og 500 tonn af kældum flökum í viku. Einnig hafa þeir eigin eldisstöð í Hollandi sem framleiðir um 1200 tonn af tilapiu. Í Hollandi þarf að ganga mun lengra í nýtingu vatns auk þess sem varmaorkan er mun dýrari. Því er framleiðslukostnaður þeirra of hár að mati Thorps.. Eins og fyrr segir er helsta samkeppnin við kæld hágæða tilapiaflök innflutt flök frá mið-Ameríku (Hondúras og Kostaríka) sem flogið er á markað.

Landkostir og stuttar sjóleiðir á markað ættu að gera eldi tilapiu við jarðvarmavirkjanir á Íslandi að mjög álitlegum kosti að því tilskyldu gæði og eiginleikar afurða uppfylli settar kröfur markaðarins.

1.3 Vinnsla

Við vinnslu tilapiu þarf að taka tillit til þess að fiskurinn hefur tvöfalt kviðarhol og beingarður er ekki beinn. Flakanýting tilapiu er rúm 30% m.v. óslægðan fisk, háð því hvernig er staðið að flökun og snyrtingu. Við val á flökunarvélun þarf að taka sérstaklega tillit til uppbyggingu fisksins, þróaðar hafa verið vélar sérstaklega fyrir tilapiu (Baader, Pisces VNK inc.)

1.4 Holdlitur og geymsluþol

Holdlitur er mikilvægur gæðapáttur fyrir tilapiuflök. Tryggja þarf að meðhöndlun og geymsluaðferðir viðhaldi sem best ljósrauðleitum blæ flaka (Mynd 1). Náttúrlegur rauður litur á vöðva tilapiaflaka er fyrst og fremst vegna sambands súrefnis við hemóglóbín og mýóglóbín .



Mynd 1. Tilapiuflök með einkennandi rauðan blæ á roðhlið flaka

Standa þarf rétt að slátrun og meðhöndlun hráefnis. Á Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins sem síðar varð hluti af Mátis ohf hafa verið framkvæmdar rannsóknir á holdgæðum, kælingu og blóðlit ýmissa fisktegunda. Rannsóknir hafa verið framkvæmdar á veiddum villtum fiski (þorsk, ýsu, karfa og ufsa). Þegar um eldi er að ræða er hægt að stjórna ferli mun betur og árangur ætti að verða í samræmi við það. Sem dæmi má nefna tíðkast í bleikjueldi að snöggkæla bleikju í saltkrapa niður undir frostmark

mjög snögg. Hún er síðan blóðguð með því að skera á tálknboga báðum megin og hjartað látið tæma fiskinn algjörlega af blóði. Sama var upp á teningum í barraeldi sem stundað var og voru gerðar geymsluþolstilraunir á Rf. Þær rannsóknir sýndu að geymsluþol getur verið meira en 22 dagar sé hann geymdur í ísþykkni. Almennt má gera ráð fyrir að geymsluþol tilapiu ætti að vera svipað enda um magran fisk að ræða með örveruflóru sem aðlöguð er að háu hitastigi. Kæling hefur þar meiri áhrif en við geymslu á afurða kaldsjávarfiska. Ofurkæling, mögulega samhliða gasþökkun gæti reynst árangursrík leið til að viðhalda gæðum og lit flaka. Nýjar aðferðir hafa verið þróaðar í Japan sem fela í sér að meðhöndla flök við háan súrefnisstyrk fyrir þökkun. Einnig hefur notkun háa súrefnisstyrks í MAP þökkun verið mikið kannað á síðustu árum. Talið er að góð súrefnismettun flaka fyrir flutning komi til með að auka litastöðugleika.

1.5 Nýjar afurðir

Við eldi á Íslandi er fyrst og fremst horft til þess að framleiðslu á kælimarkaði í Evrópu. Samkeppni við frýstar afurðir er erfið vegna lágs verðs á afurðum frá Asíu. Hugmyndir hafa komið fram um að þróa nýjar afurðir úr tilapiu til markaðssetningar. Til dæmis saltfiskafurðir með íblöndun hreinsaðra vöðvapróteina úr þorski eða öðrum afurðum. Með því móti má auka nýtingu og um leið ná fram breytingum á verkun afurða við að breyta efnasamsetningu tilapiu flakanna.

1.6 Markmið tilrauna

Markmiðið tilraunarinnar var að leggja mat á innsprautun þækils og próteinlausna í tilapiuflök. Unnið var með missterkan þækil. Með því móti var hægt að framleiða afurðir þar sem aukning í saltinnihaldi væri óverulega annars vegar og hins vegar framleiða léttsaltaðar (~2%) afurðir. Breytingum á nýtingu, efnainnihaldi og gæðum flaka var fylgt eftir í gegnum verkun og geymslu.

2 FRAMKVÆMD

2.1 Hráefni og búnaður

Unnin var tilapia (Nite Tilapia stofn frá NATI Kandada) sem alinn var hér á landi. Fínt iðnaðarsalt (Glacia, Food Grade Pure dried vacuum salt, British Salt) sem innihélt kekkjavarnarefni (sodium hexacyanoferrate (II) - E535) var notað til þækilgerðar. Kældur þorskmarningur var notaður til framleiðslu próteinlausnar sem sprautað var í tilapíuflökin. Jöfnun var beitt til að smækka marninginn og gera hann sprautanlegan (Kristín Anna Þórarinsdóttir o.fl. 2009). Sprautuvél sem notuð var var af gerðinni Fomaco FGM 88F DC (Fomaco, Køge, Denmark).

2.1.1 Eldi og slátrun

Tilapia sem alinn hafði verið í 10 mánuði á þorskafóðri frá Laxá. Fyrir slátrun var fiskurinn sveltur í .5 daga. Slátrun fór þannig fram að fiskurinn var blóðgaður með að skera á alla tálknboga og strax settur á ís. Fiskur var fluttur með Landflutningum til Sauðárkróks þar sem hann var geymdur í 2-3 daga í kæli fram að vinnslu.

2.1.2 Vinnsla, flutningur og geymsla afurða

Fiskurinn var veginn heill, síðan handflakaður af starfsmanni Fisk Seafood á Sauðárkróki. Flökin voru ekki roðflett. Hvert flak fyrir sig var merkt með númeruðum plastmerkjum og vegið. Sá fiskur sem settur var í þækil yfir nótt var handflakaður eftir 2 daga frá slátrun en þá var mikið af fiskinum enn í dauðastirðnun. Meginhluti fisksins var flakaður eftir 3 daga en þá var fiskurinn kominn úr dauðastirðnun.

Léttsaltaðar, frystar afurðir: Fiskur sem unninn var eftir 2 daga frá slátrun. Tveir hópar voru sprautaðir með 4% (NaCl) þækli og síðan vegnir (Mynd 2). Stillingar við sprautun voru eftirfarandi:

- Hraði: 190mm /50 slög/mín
- Slag: hæð 70 mm
- Þrýstingur: 0,9 (0,7-1,2) bör

Hitastig þækils var 7,6°C en umhverfishiti var um 8,5°C.

Eftir sprautun voru flökin lögð í 4% þækil í hlutfalli 1:2 (F:P) yfir nótt við 1°C. Hóparnir voru paraðir, þ.e. flök af sama einstaklingi voru sett í sitthvorn hópinn. Næsta dag voru flökin tekin úr þæklinum

og vigtuð. Annar hópurinn var sprautaður með pækli sem innihélt 1% salt og 2% prótein og síðan vegin. Stillingar við sprautun voru eftirfarandi:

- Hraði: 30mm /50 slög/mín
- Slag: hæð 70 mm
- Þrýstingur: 1,5 (0,9-1,2) bör

Hærri þrýsting þurfti við sprautun á próteinlausninni en við sprautun á hreinum pækli þar sem hún var þykkari og seigari. Hitastig pækils var 4,5°C í upphafi sprautunnar en 8,9°C eftir sprautun. Hitastig í flökum eftir sprautun var 4,5°C. Umhverfishiti var um 11-14°C.

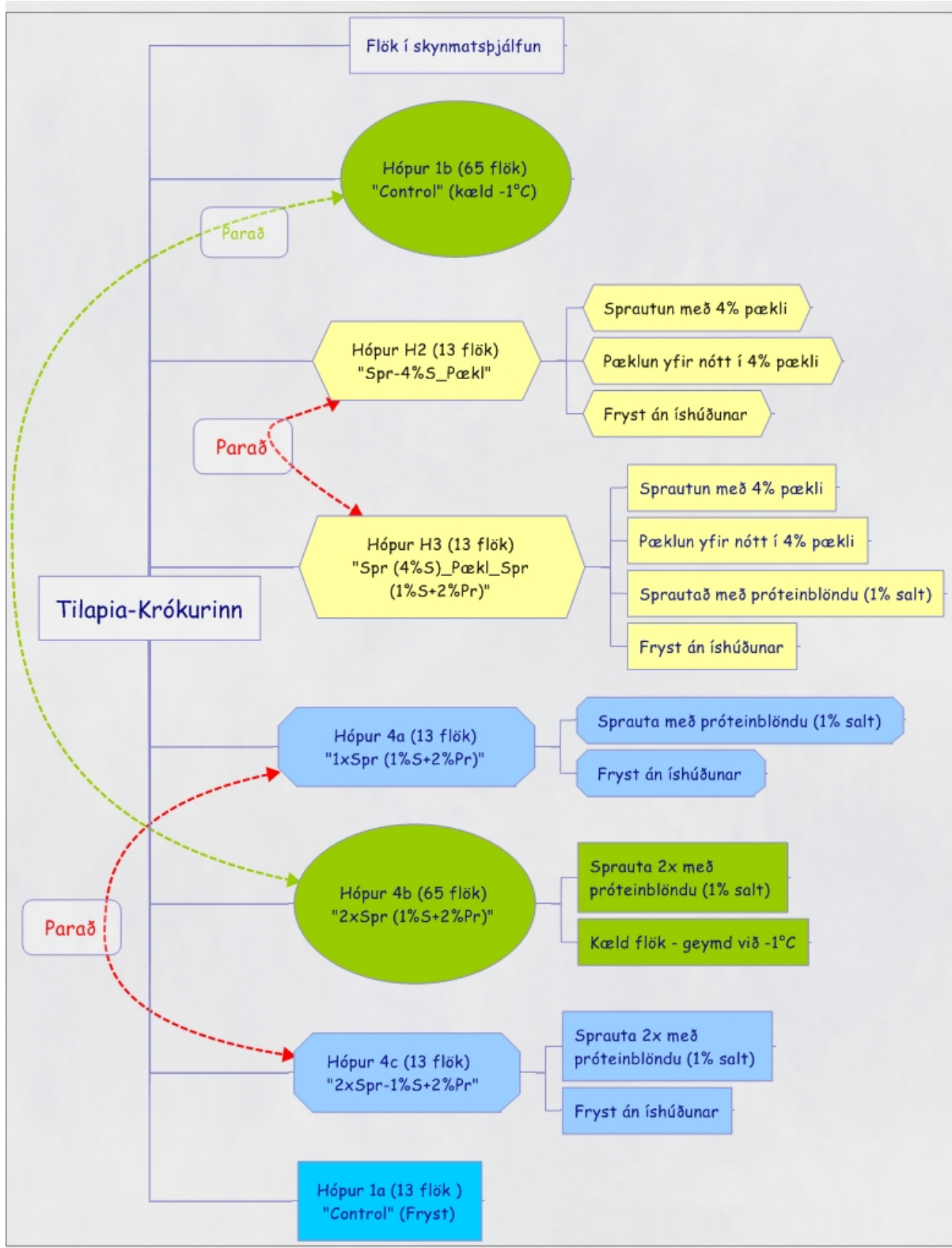
Eftir þetta voru báðir hópar frystir á plötum í við -30°C í frysti FISK Seafood á Sauðárkróki. Flökunum var pakkað án íshúðunar, í plastpoka og síðan í frauðplastkassa fyrir flutning til Reykjavíkur.

Kældar og frystar afurðir: Fiskur var unninn 3 daga frá slátrun. Flök voru sprautuð með pækli sem innihélt 1% salt og 2% prótein. Samanburður var gerður á því að sprauta flökin einu sinni eða tvisvar. Þessir tveir hópar voru síðan frystir. Stillingar við sprautun voru sömu og fyrir léttsöltuð flök:

- Hraði: 30mm /50 slög/mín
- Slag: hæð 70 mm
- Þrýstingur: 1,5 (0,9-1,2) bör

Þriðji hópurinn var sprautaður tvisvar sinnum með sama pækli og fyrri hópar en flökin voru geymd kæld. Til viðmiðunar voru ómeðhöndluð flök bæði kæld og fryst. Kældu flökin voru sett í frauðplastkassa með ísmottum.

Kæld flök voru flutt samdægurs með bíl frá Sauðárkróki til Matís ohf, Reykjavík, þar sem þeim var komið fyrir í kæli við -1°C. Fryst flök voru flutt með Flytjanda til Reykjavíkur og geymd hjá Matís ohf við -24°C í 2 vikur. Þau voru þídd upp í 3 daga við 4°C þegar að mælingum og sýnatöku kom.



Mynd 2. Tilraunaskipulag við vinnslu og sprautun tilapiuflaka

2.2 Mælingar

2.2.1 Sýnataka

Tekin voru þrettán flök/hóp til mælingar hverju sinni, þrjú í örveru- og efnamælingar (pooled), þrjú í suðunýtingu og sjö í skynmat. Kældar afurðir voru metnar eftir 2 vikna tímabil (Tafla 1) en frystir hópar voru þíddir og mældir eftir 2 vikna geymslu við -24°C (Tafla 2 og Tafla 3).

Tafla 1. Kæld flök sem unnin voru 3 dögum eftir slátrun og geymd voru við -1°C þar til að sýnatöku kom. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

| Nr hóps | Heiti hóps | Stytt heiti | Sýnataka | Mælingar |
|---------|------------------|-------------|-------------|--|
| H4b | 2xSpr (1%S+2%Pr) | 2xSpr | 1,7,10,14 d | Nýting, suðunýting, skynmat, salt, vatn, TVN, |
| H1b | Control | Control | 1,7,10,14 d | TMA, örverufjöldi (TVC, H ₂ S), pH, WHC |

Tafla 2. Fryst flök sem unnin voru 3 dögum eftir slátrun og geymd við -24°C í 2 vikur þar til að sýnatöku kom. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

| Nr hóps | Heiti hóps | Stytt heiti | Mælingar |
|---------|------------------|-------------|--|
| H1a | Control | Control | Nýting, suðunýting, skynmat, salt, vatn, TVN, TMA, |
| H4a | 1xSpr (1%S+2%Pr) | 1xSpr | örverufjöldi (TVC, H ₂ S), pH, WHC |
| H4c | 2xSpr (1%S+2%Pr) | 2xSpr | |

Tafla 3. Fryst léttisöltuð flök sem unnin voru 2 dögum eftir slátrun og geymd við -24°C í 2 vikur þar til að sýnatöku kom. (Spr: sprautuð; Pækl: Pækluð í 4% pækli; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

| nr hóps | Heiti hóps | Stytt heiti | Mælingar |
|---------|-------------------------------|-------------|--|
| H2 | Spr (4%S)-Pækl | SP (s) | Nýting, suðunýting, skynmat, salt, vatn, TVN, TMA, |
| H3a | Spr (4%S)-Pækl-Spr (1%S+2%Pr) | SPS (s+sp) | örverufjöldi (TVC, H ₂ S), pH, WHC |

2.2.2 Hitastigsmælingar

Tvenns konar síritar voru notaðir til mælinga á hitastigi í kössum og umhverfishita í kælihermi sem notaður var til geymslu á sýnum:

- iButton temperature loggers (Mynd 3a), type DS1922L. (http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/4088). Nákvæmni ±0.5°C, mælibil -40 til 85°C. Þvermál 17 mm, þykkt 5 mm.

- b. Onset temperature loggers (Mynd 3b), type UTBI-001 (<http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/utbi-001>). Nákvæmni ± 0.2 , mælibil- of -20 til 70°C. Þvermál 30 mm, þykkt 17mm.



Mynd 3. a) iButton og b) onset hitastigs sírítar

2.2.3 Nýting

Flökunarnýting var reiknuð sem hlutfall af þyngd flaka samanborið við heilan, óslægðan fisk. Við mat á þyngdarbreytingum við mismunandi aðgerðir í ferlum var upphafsþyngd flaka notuð til viðmiðunar. Nýting var reiknuð fyrir hvert flak og meðaltal og staðfrávik síðan fundin.

2.2.4 Suðunýting

Þrjú flök úr hverjum hópi voru gufusoðin við 95-100°C í 10-12 mínútur í Convostar ofni (Convotherm, Elektrogeräte GmbH, Egling, Þýskaland). Sýnin voru látin kólna niður í stofuhita (20-22°C) áður en þau voru vegin. Suðunýting var reiknuð sem: 100% – hlutfallsleg þyngdarbreyting flaka við suðu (%). Þegar heildarnýting eftir suðu var metin var miðað við upphafsþyngda flakanna fyrir sprautun.

2.2.5 Efnamælingar og pH

Vatnsinnihald sýnanna var metið út frá massatapi við þurrkun sýna við $103 \pm 2^\circ\text{C}$ í fjórar klukkustundir (ISO 6496, 1999). Saltinnihald var metið með því að mæla klóríð eftir útdrátt úr hökkuðum sýnum með vatni sem innihélt saltpéturssýru. Klórmagnið var fengið með títrun lausnarinnar með silfurnítrati (AOAC 976.18, 17th ed., 2000).

Sýrustig sýnanna pH var mælt eftir blöndun á hökkuðu sýni með eimuðu vatni (1:1). Mælingin var gerð með sýrustigsmæli (Radiometer PHM 80) sem kvarðaður var með buffer lausnum við $\text{pH } 7.00 \pm 0.01$ og 4.01 ± 0.01 (25°C) (Radiometer Analytical A/S, Bagsvaerd, Denmark).

Heildarmagn reikulla basa (TVN) og trimethylamín (TMA) var ákvarðað með því að nota gufueimingu að fylgdri títrunaraðferð (Malle and Tao 1987). TVN (TVB-N) greining var framkvæmd með beinni eimingu í bórsýru í 15 mínútur (Struer TVN distillatory, STRUERS, Copenhagen). Innihald safnflöskunnar var þá títruð með þynntri H₂SO₄ lausn. Til ákvörðunar á TMA var sama aðferð notuð, að því undanskildu að 20 ml af 35% formaldehýði var bætt við eimingarflöskuna, til að hindra fyrsta og annars stigs amín. TVB-N (mgN/100g) eða „Total volatile bases-Nitrogen“ er magngreining á heildarfjölda reikula eða rokgjarna basa svo sem TMA (trímethylamín), DMA (dimethylamín), FA (formaldehýð), ammoníaki og öðrum reikulum köfnunarefnissamböndum.

2.2.6 Vatnsheldni (WHC)

Vatnsheldni var ákvörðuð samkvæmt aðferð sem byggir á því að nota miðflótttaaflskraft til að þrýsta vatni úr sýnum (Eide et al., 1982). Um það bil 2 g af sýni voru vigtuð nákvæmlega í sýnaglas með nethimnu í botni. Sýni voru keyrð í skilvindu (Heraeus Biofuge Stratos, Kendro Laboratory products, USA) við 210 x g, í 5 mínútur við 0-5°C. Gert ráð fyrir að vatnstap samsvaraði þyngdartapi við keyrsluna ($\Delta m_{centrifuged}$). Vatnsheldni (WHC) var reiknuð sem hlutfall af magni vatns í sýninu eftir keyrslu samanborið við magn vatns fyrir skilvindun ($m_t * x_t^w$):

$$WHC = \left(\frac{m_t * x_t^w - \Delta m_{centrifuged}}{m_t * x_t^w} \right) * 100$$

2.2.7 Örverumælingar

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. Notuð var yfirborðssáning og ræktað við 15-17°C í 4-5 daga. 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 oxíði (TMAO) en fyrra efnið hefur oft verið notað sem mælikvarði um skemmdir á sjávarfiski. Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid) var notaður við alla blöndun og þynningar.

2.3 Skynmat

Sýnahópar voru metnir með skynmati í þremur hlutum (Tafla 4).

- Kældar afurðir: Níu skynmatsdómarar mátu 2 sýnahópa í 3 skipti.
- Frystar afurðir: Átta skynmatsdómarar mátu 3 sýnahópa.
- Frystar léttsaltaðar afurðir: Sjö skynmatsdómarar mátu 2 sýnahópa.

Tafla 4. Tilraunaplan fyrir skynmat með QDA aðferð.

| Tilraunahluti | nr hóps | Heiti hóps | Stytt heiti | Sýnatökur |
|-----------------------------------|---------|----------------------------------|-------------|------------|
| Ferskar afurðir (-1°C) | H1b | Control | Con | 1, 7, 10 d |
| | H4b | 2xSpr (1% S+2% Pr) | 2xSpr | 1, 7, 10 d |
| Frystar afurðir (-24°C) | H1a | Control | Con | 2 v |
| | H4a | 1xSpr (1% S+2% Pr) | 1xSpr | 2 v |
| | H4c | 2xSpr (1% S+2% Pr) | 2xSpr | 2 v |
| Léttsaltaðar | H2 | Spr (4% S)-Pækl-Spr (1% S) | SP (s) | 2 v |
| frystar afurðir (-24°C) | H3a | Spr (4% S)-Pækl-Spr (1% S+2% Pr) | SPS (s+p) | 2 v |

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 (Stone and Sidel, 2004). Dómarar sem allir höfðu reynslu í skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina tóku þátt í skynmatinu. Matsþættir voru 28 en þeir voru skilgreindir (Tafla 5) 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/bragði, borðtusku- og brennisteinslykt og óbragði). Þegar þessi einkenni eru um 20-30 á þessum kvarða eru þau 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. Hver sýnahópur var metinn í tvísýni. Skynmatsforritið Fizz var notað við uppsetningu, framkvæmd og úrvinnslu skynmats.

Tafla 5. Skynmatsþættir og skilgreiningar á þeim í QDA greiningu á tilapiu.

| Matsþáttur | Stytt heiti | Skilgreining |
|--------------------|-------------|---|
| Lykt | Lykt | |
| fúkki | L-fúkki | fúkki,mygla |
| mold | L-mold | fersk mold |
| soðar kartöflur | L-kartöflur | heilar nýsoðnar kartöflur eða soð af þeim |
| heit mjólk | L-mjólk | heit, sæt mjólk |
| þrái | L-þrái | þrái |
| TMA | L-TMA | TMA lykt |
| Útlit | | |
| litur ofan | Ú-litur o | litur ofan á flaki. Vinstri endi: ljós. Hægri endi: dökkur |
| litur undir | Ú-litur u | litur á roðhlið flaks, dekssti hluti bita. Vinstri endi: ljósgrár. Hægri endi: dökkbrúnn |
| svartir þræðir | Ú-svartir þ | svartir þræðir í holdi |
| flögur | Ú-flögur | fiskbiti rennur í flögur þegar þrýst er á með gaffli |
| hvítar útfellingar | Ú-útfell | hvítar útfellingar á bita |
| Áferð | | |
| mýkt | Á-mýkt | mýkt í fyrsta bita. Vinstri endi: stinnur. Hægri endi: mjúkur |
| safi | Á-safi | þegar tuggið. Vinstri endi: þurr (dregur vökva úr munni). Hægri endi: safaríkur (gefur frá sér vökva). |
| trefjar | Á-trefjar | grófleiki vöðvatrefja. Vinstri endi: fínar trefjar. Hægri endi: grófar trefjar |
| maukennt | Á-mauk | maukennt þegar tuggið |
| límkennt | Á-límkennt | límur saman tennur þegar bitið í fisk, stamur. |
| Bragð | | |
| bleikja | B-bleikja | bleikja, nýr silungur |
| mold | B-mold | fersk mold |
| sætt | B-sætt | einkennandi sætt bragð af ferskum fiski |
| málmur | B-málmur | einkennandi málmbragð af ferskum fiski. |
| salt | B-salt | salt bragð |
| fúkki | B-fúkki | fúkki |
| súrt | B-súrt | skemmdarsúr |
| rammt | B-rammt | rammur, skemmdareinkenni |
| þrái | B-þrái | þrái, lýsi, minnir á málningu eða leysi. |
| skemmd | B-skemmd | skemmdarbragð, væmið sætt, úldið |
| TMA bragð | B-TMA | TMA, harðfiskur, siginn fiskur |
| aukabragð | Aukabragð | aukabragð, lýsið í athugasemdum |

2.4 Tölfræðilega úrvinnsla

Tölfræðileg úrvinnsla gagna var framkvæmd í Microsoft® Office Excel® 2007, NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) og Unscrambler ® (Version 8.0, CAMO, Trondheim, Norway). Mat á marktækni miðaðist við $p < 0,05$.

Skynmatsgögn (QDA) voru leiðrétt fyrir mismunandi notkun á skala samkvæmt aðferð lýst af Thybo & Martens (2000). ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd á leiðréttum gildum í NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) til að greina hvort tilraunahópar væru mismunandi með tilliti til skynmatsþátta (marktækur munur ef $p < 0,05$). Skynmatseinkenni tilraunahópa voru skoðuð í tilraunahluta 1 með höfuðþáttgreiningu (Principal Component Analysis-PCA) í tölfræðiforritinu Unscrambler ® (Version 8.0, CAMO, Trondheim, Norway). Greiningin var gerð á marktækum leiðréttum skynmatsþáttum með kross-staðfestingu (crossvalidation). PCA greining var einnig gerð á öllum hópum til að bera saman hópa (óleiðrétt gildi, full crossvalidation).

3 NIÐURSTÖÐUR

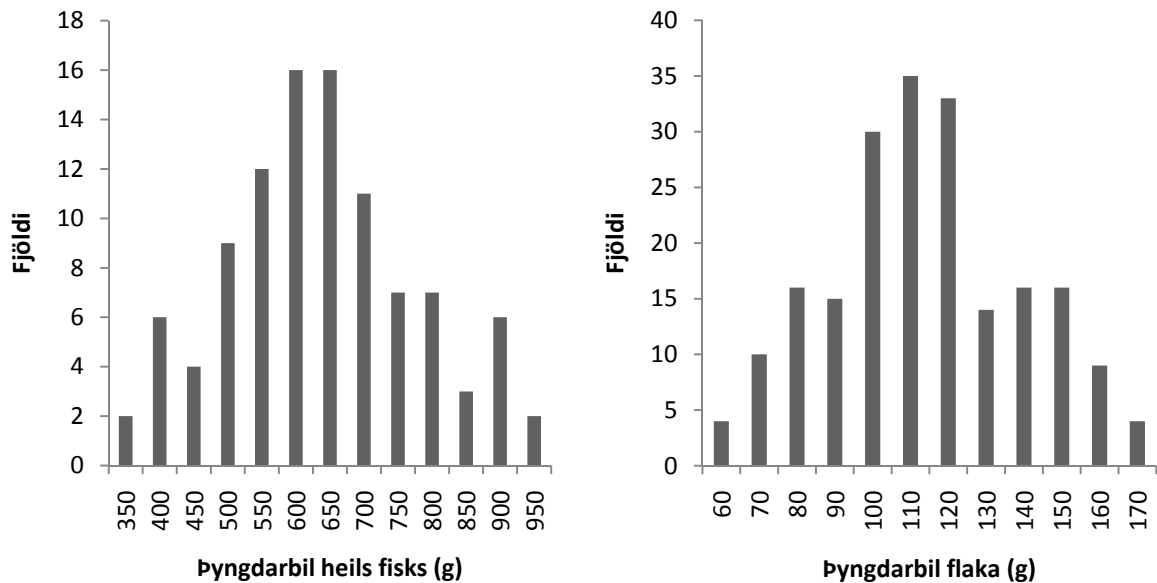
3.1 Hráefni

Hver fiskur var að meðaltali 613,4 g við slátrun en meðalþyngd flaka var 108,9 g. Flakanýting (með roði) var að meðaltali 35,6 % en þá var miðað við þyngd heils flaks (Tafla 6).

Tafla 6. Tölfræðilegar upplýsingar um þyngd fiska, flaka og flakanýtingu

| | <i>Heill (g)</i> | <i>Vinstra flak (g)</i> | <i>Hægra flak (g)</i> | <i>Flakanýting (%)</i> |
|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Meðaltal | 613,4 | 109,5 | 108,2 | 35,6 |
| Staðalfrávik | 139,4 | 24,0 | 27,0 | 2,4 |
| Lægsta gildi | 333,3 | 61,9 | 51,4 | 25,8 |
| Hæsta gildi | 932,9 | 157,6 | 165,7 | 41,6 |
| Fjöldi einstaklinga | 101 | 101 | 101 | 101 |

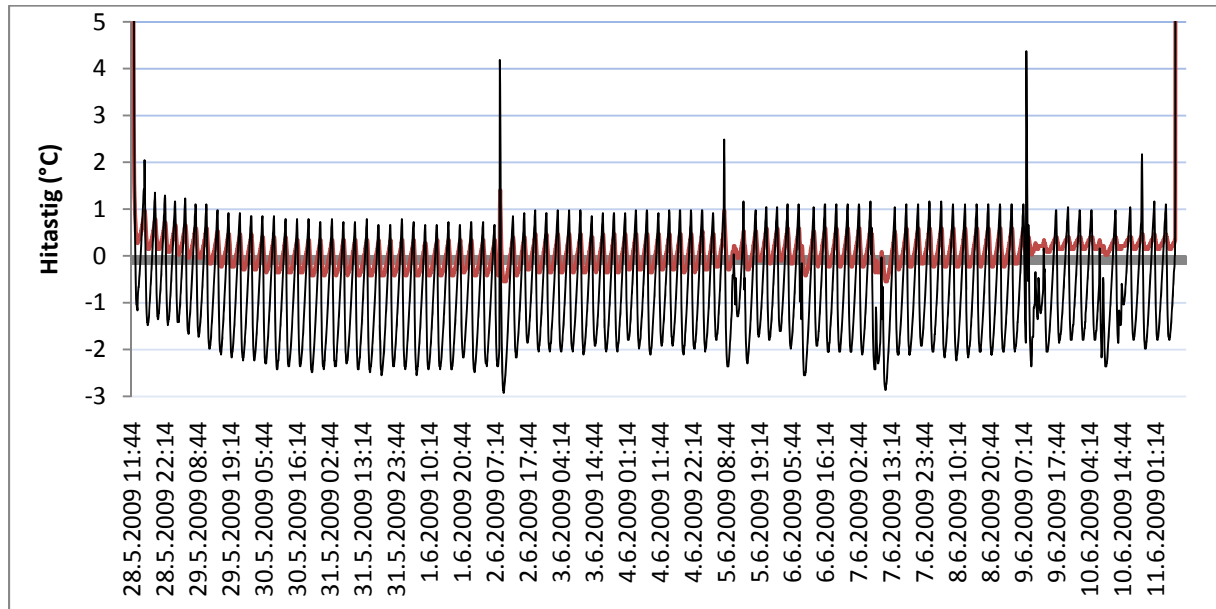
Þyngdardreifing heils fisks var á bilinu 333 g til 933 g en dreifing flaka á bilinu 51 g til 166 g (Mynd 4).



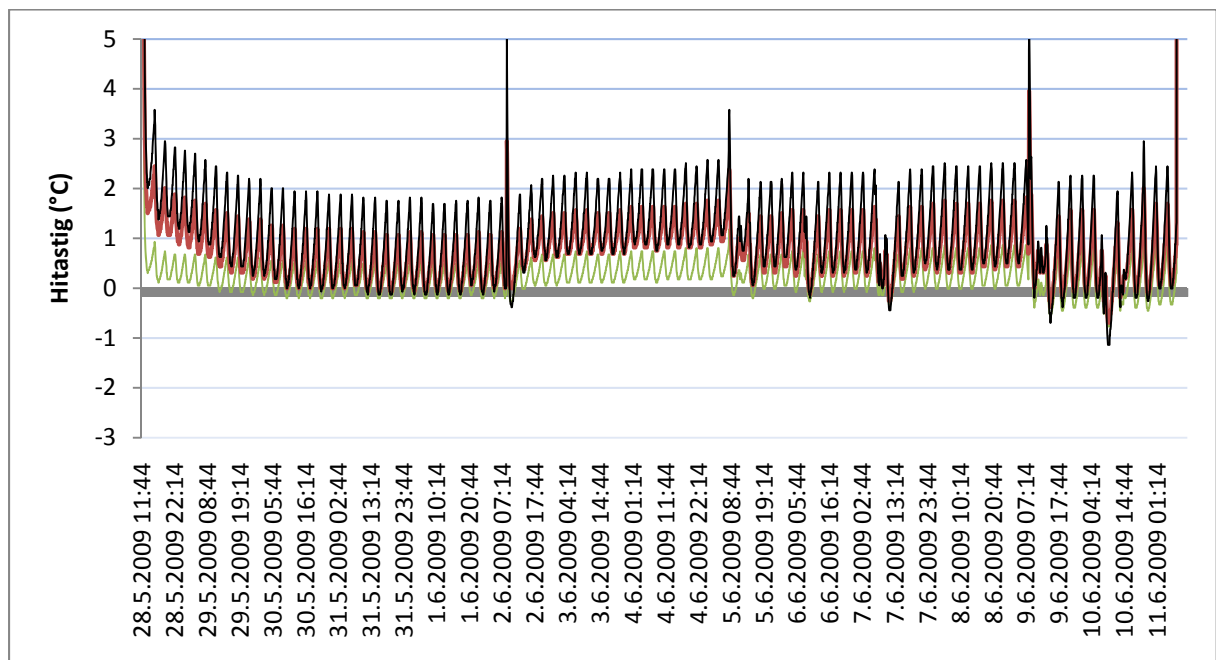
Mynd 4. Dreifing þyngdar á heilum fiski og flökum

3.2 Hitastig við geymslu kældra afurða

Umhverfishiiti við geymslu kældra afurða í kælihermi mældist á bilinu -2°C til 1°C (Mynd 5). Sírtar sem staðsettir innan frauðplastkassa sýndu að hitastig afurða var á bilin 0-2°C (Mynd 6).



Mynd 5. Umhverfishiiti í kælihermum við geymslu kældra afurða



Mynd 6. Hitastig í frauðplastkössum við geymslu kældra afurða

3.3 Efnamælingar á pækli

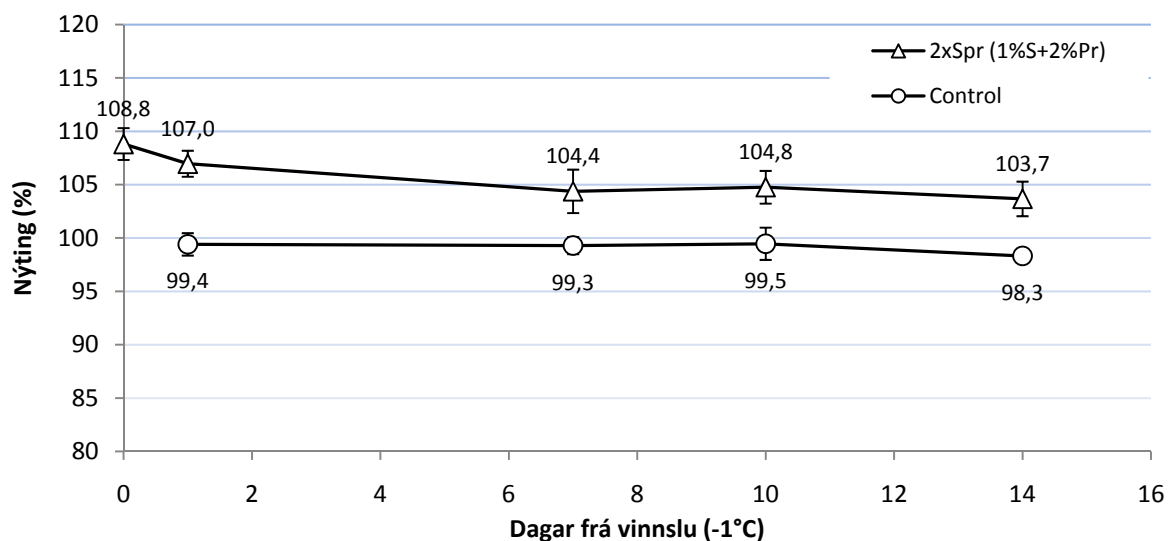
Við pæklun lækkaði saltstyrkur úr 4,1% í 3,5-3,6%. Prótein og önnur nitursambönd sem láku úr fiskinum út í pækilinn, juku próteininnihald hans í 0,31-0,35%. Saltstyrkur pækils í sprautuvél við sprautun á léttisöltuðum afurðum var 4,1% og próteininnihald 0,45%. Mun lægri saltstyrkur var notaður við sprautun seinni daginn, eða um 1,2%. Að auki innihélt pækillinn 2,3% prótein en um var að ræða smækkaðan marning sem blandaður hafði verið með vatni og salti. Eftir sprautun mældist saltinnihald 1,1% og próteininnihald 1,6% (Tafla 7).

Tafla 7. Salt- og próteininnihald pækils sem notaður var til sprautunar og pæklunar á tilapiuflökum

| Dags | Pækill | Salt (%) | Prótein (%) | Skýring/Hópur |
|--------|----------------------|----------|-------------|---|
| 25.maí | Fyrir pæklun | 4,1 | - | Pæklun á léttisöltuðum hópum (H2, H3) |
| 25.maí | Í sprautuvél | 4,1 | 0,45 | Sprautun (fyrri) á léttisöltuðum afurðum (H2, H3) |
| 26.maí | Eftir pæklun | 3,5 | 0,35 | Spr (4%S)-Pækl-Spr (1%S+2%Pr) (H3) |
| 26.maí | Eftir pæklun | 3,6 | 0,31 | Spr (4%S)-Pækl (H2) |
| 26.maí | Próteinpækill f. spr | 1,3 | 2,3 | Sprautun á 4a, 4b, 4c og H3 |
| 26.maí | Próteinpækill e. spr | 1,1 | 1,6 | Sprautun á 4a, 4b, 4c og H4 |

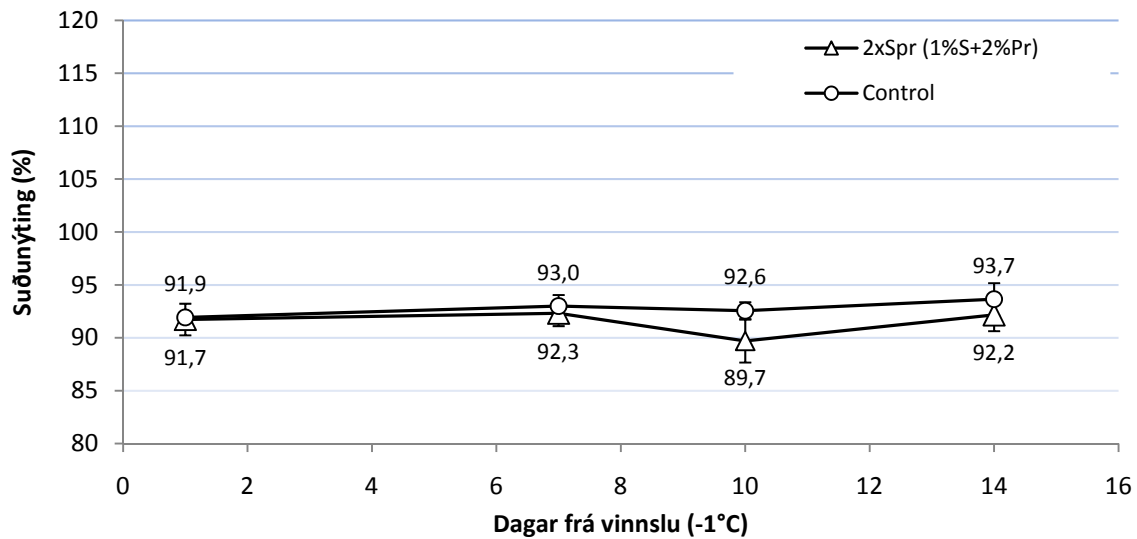
3.4 Kældar afurðir

Uptaka við sprautun var 8,8%. Nýting féll um tæp tvö prósentustig á fyrsta sólarhring frá vinnslu en um helmingur þyngdaraukningar tapaðist á seinni hluta geymslutímabilsins. Viðmiðunarflök léttust um 1% en við lok geymslunnar var þyngdartap komið í 2%. Sprautun bætti því nýtingu um fimm prósentustig meginhluta tímans sem flökin voru metin (Mynd 7).



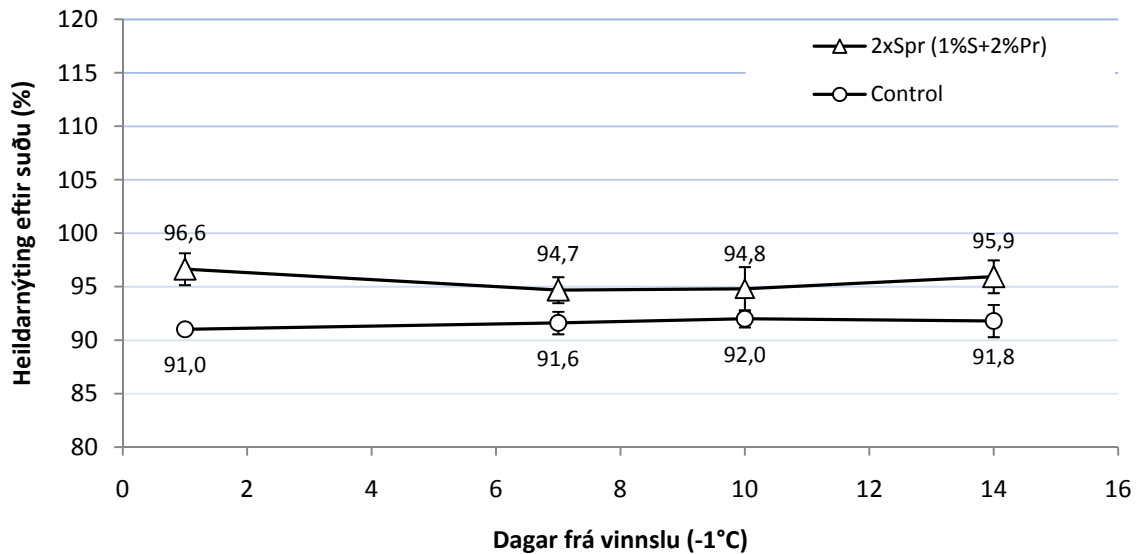
Mynd 7. Uptaka tilapiuflaka við tvöfalda sprautun (dagur 0) og þyngdarbreytingar við geymslu í kæli. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, n=13). (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

Ekki var marktækur munur ($p>0,05$) á suðunýtingu hópa (Mynd 8). Flökin héldu viðbættu vatni vel við suðu. Þó mátti sjá tilhneigingu til lækkandi nýtingar sprautaðra flaka eftir 10 og 14 daga geymslu.



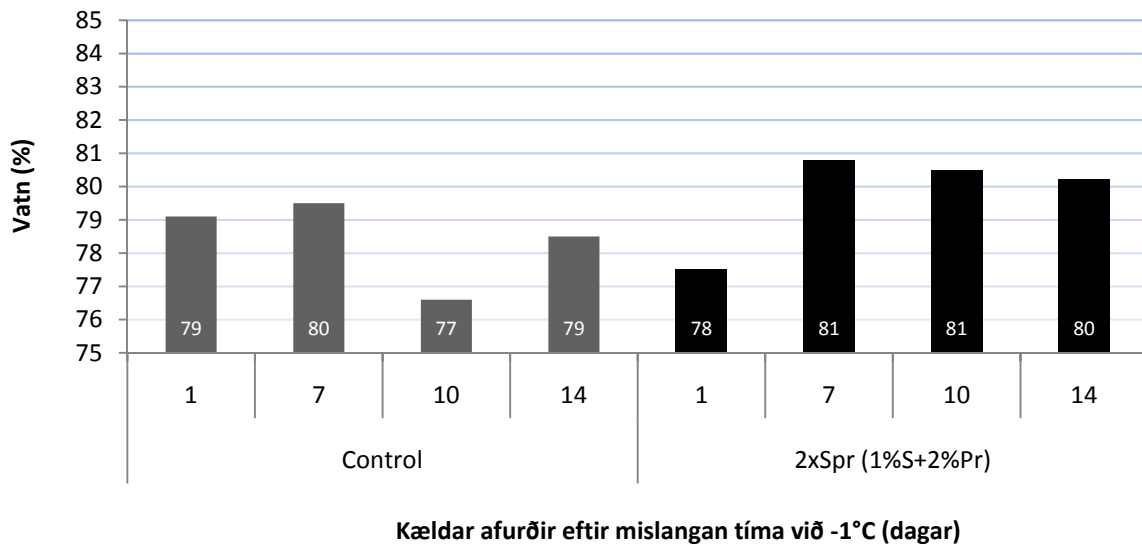
Mynd 8. Suðunýting sprautaðra og ómeðhöndlaðra (control) flaka. (meðaltal \pm staðalfrávik, $n=3$). (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

Sprautun skilaði hærri ($p<0,05$) heildarnýtingu eftir suðu. Munurinn var mestur á fyrsta degi eða um 5,6 prósentustig en eftir það um 3 prósentustig (Mynd 9).



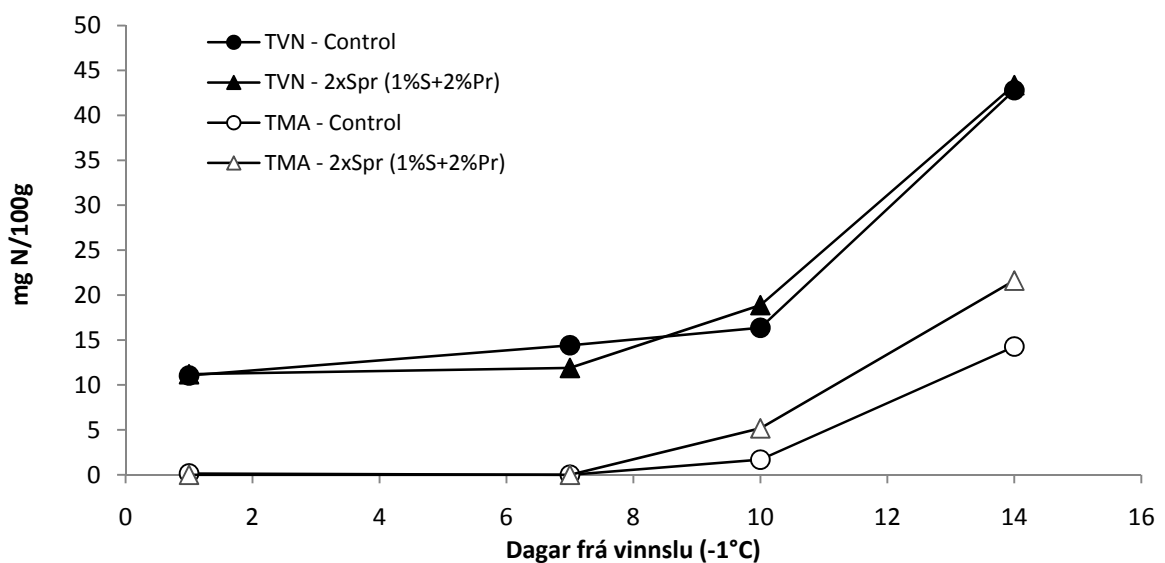
Mynd 9. Heildarnýting tilapiuflaka eftir suðu (meðaltal \pm staðalfrávik, $n=3$). (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Vatnsinnihald kældra afurða jókst við sprautun fyrir utan flök sem mæld voru á 1. degi (Mynd 10). Saltinnihald var 0,2% í viðmiðunarflökum en (0,3%-) 0,4% í sprautuðum flökum.



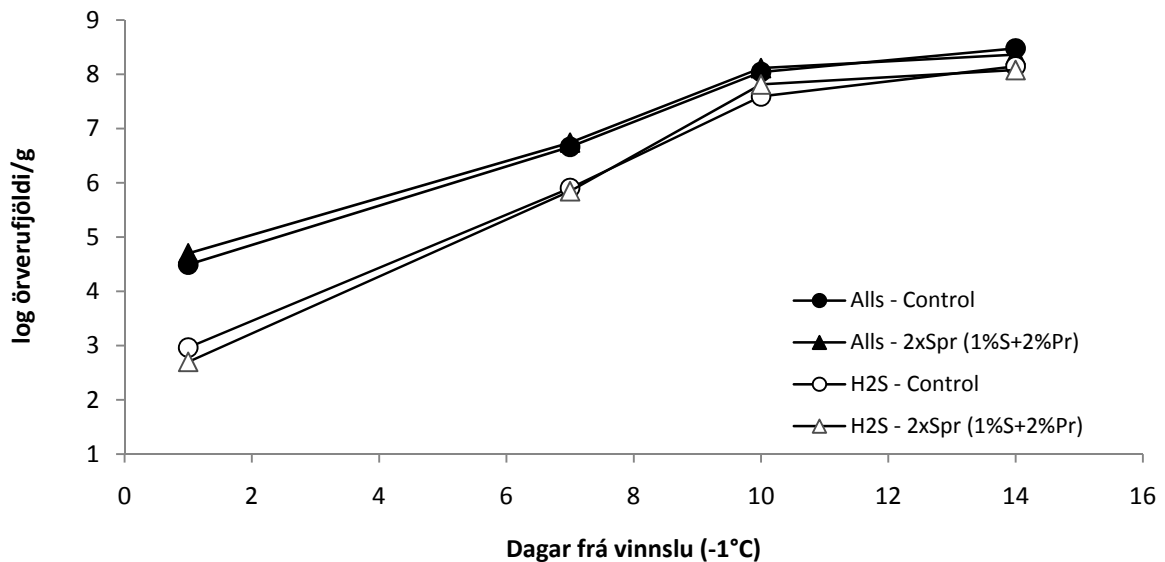
Mynd 10. Vatnsinnihald tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Magn niðurbrotsefna (TVN og TMA) hélst nokkuð stöðugt fyrstu vikuna en frá tíunda degi mátti greina verulega aukningu. Ekki var munur á magni TVN milli hópanna en TMA jókst meira í flökum sem sprautuð voru með þorskmarningi. Getur það bæði stafað af breyttri efnasamsetningu tilapiuflaksins við innsprautun á annarri fisktegund og ensímvirkni (Mynd 11).



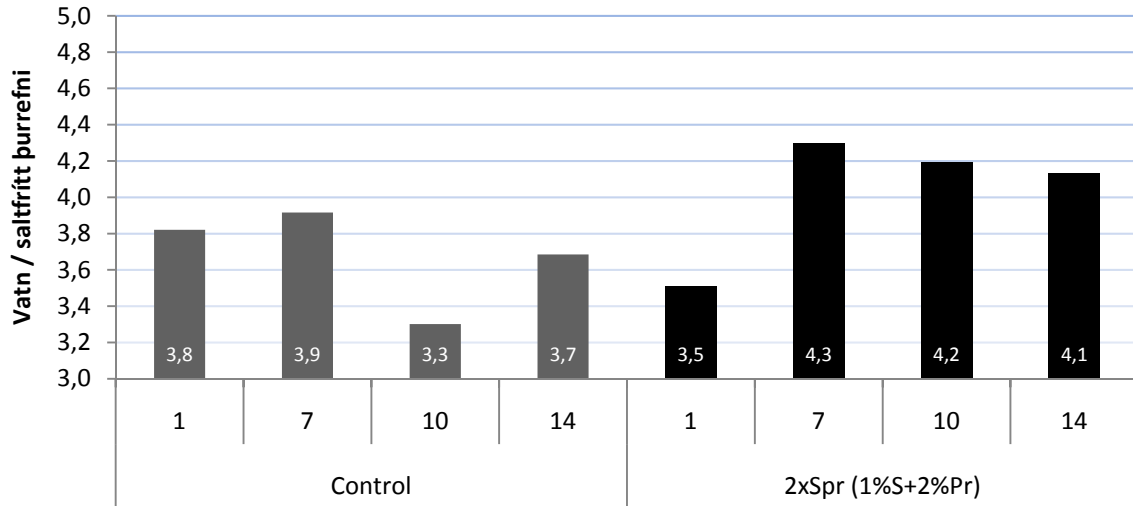
Mynd 11. Breytingar á magni niðurbrotsefna (TVN og TMA) við geymsla kældra tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Ekki kom fram munur á heildarörverufjölda eða fjölda H₂S-myndandi örvera í flökunum eftir því hvort þau voru sprautuð eða ekki (Mynd 12). Örverufjöldi var nokkuð hár strax frá upphafi en það var meðal annars afleiðing af mengun frá innyflum við handflökun, þar sem að fiskurinn var óslægður. Einnig þarf að taka tillit til þess að flökin voru með roði en töluvert er af örverum á roði, sérstaklega á fiski úr eldi.



Mynd 12. Breytingar á heildarörverufjölda og fjölda H₂S-myndandi örvera við geymslu kældra tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í þekli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

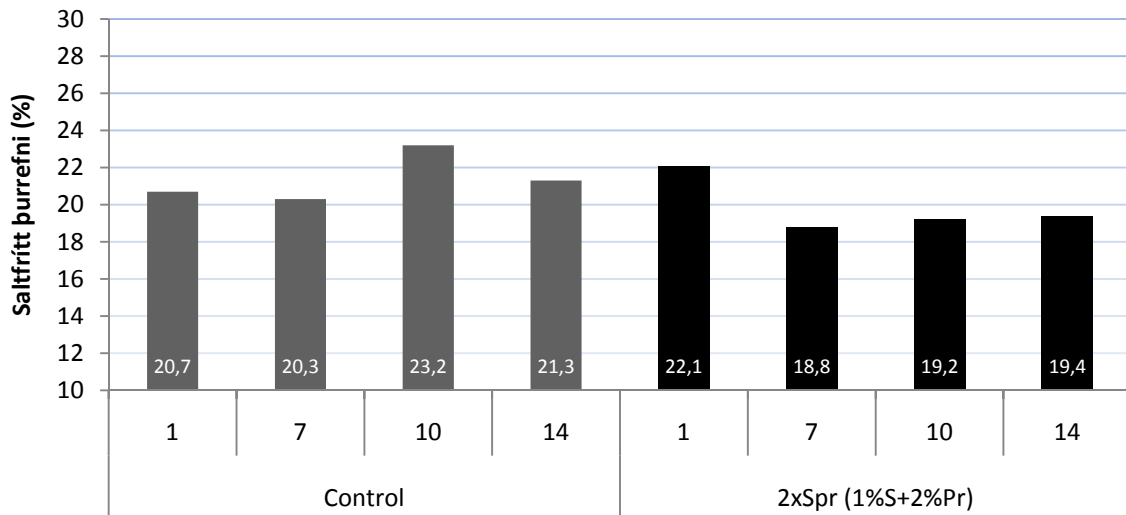
Hlutfall milli vatns og próteina í fiski er einn mælikvarði sem hægt er að nota til að meta magn viðbættis vatns í vöðva. Þar sem próteininnihald var ekki mælt var miðað við magn af saltfríu þurrefni en stærstur hluti þess er prótein. Á fyrsta degi var hlutfallið 3,8 í ómeðhöndluðum flökum og 3,9 eftir viku en lækkaði eftir það. Hlutfallið var hærra í sprautuðum flökum (4,1-4,3) fyrir utan fyrsta daginn þegar það var 3,5. Ekki er vitað hvers vegna það var lægra á fyrsta degi en svipaðar niðurstöður fengust fyrir þau flök sem höfðu farið í gegnum sama vinnsluferil og einnig verið fryst. Gildi lækkuðu frá degi 7 eins og í viðmiðunarflökum, sem afleiðing af niðurbroti í vöðva og skertum vatnsheldnieiginleikum.



Kældar afurðir eftir mislangan tíma við -1°C (dagar)

Mynd 13. Breytingar á hlutfallinu vatn/saltfrítt þurrefni við geymslu kældra tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í þækli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Próteininnihald var ekki mælt en þar sem saltfrítt þurrefni er að stærstum hluta prótein var þessi breyta reiknuð til að meta áhrif vinnsluferla á hlutfall próteina í vöðvanum. Saltfrítt þurrefni var að jafnaði lægra í sprautuðum flökum (Mynd 14) eða í öfugu hlutfalli við vatnsinnihald.

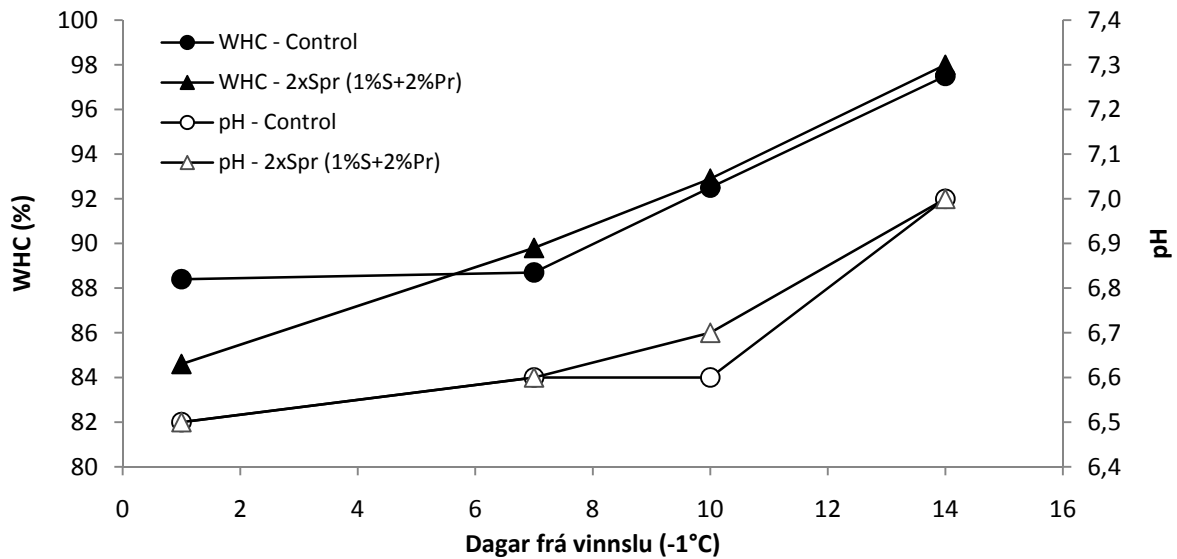


Kældar afurðir eftir mislangan tíma við -1°C (dagar)

Mynd 14. Breytingar á hlutfalli af saltfríu þurrefni við geymslu kældra tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í þækli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Vatnsheldni sprautaðra flaka var heldur lægri en hjá ómeðhöndlum flökum á fyrsta degi en eftir það voru gildi nokkuð sambærileg (Mynd 15). Gera má ráð fyrir að magn þess vatns sem var lausar

bundið í vöðvanum hefi lekið út með lengri geymslu eins og hlutfallið vatn/saltfrítt prótein gaf til kynna. Því varð hlutfallslega meira vatn í vöðvanum fast bundið sem er meginskýringin á því að vatnsheldni fór hækkandi með geymslutíma. Þó skal taka fram að ekki sáust ekki jafn miklar breytingar á nýtingu á seinni hluta geymslutímabilsins en þær stöfuðu fyrst og fremst af hækkandi eða lækkandi vatnsinnihaldi. Sýrustig hækkaði í takt við magn niðurbrotsefnanna en jákvæð fylgni á milli þessara breyta við skemmdir á fiskafurðum er vel þekkt.



Mynd 15. Breytingar á vatnsheldni og sýrustigi við geymslu kældra tilapiuflaka. (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í þekli til innsprautunar; control: ómeðhöndluð flök).

Við skynmat kom fram marktækur munur á milli sýnahópa í þremur lyktarþáttum (mjólk, þrái, TMA), þremur útlitsþáttum (litur ofan á flaki, litur undir flaki, útfellingar), tveimur áferðarþáttum (maukkenndur, límkenndur) og níu bragðþáttum (sætt, málmbragð, salt, fúkki, súrt, rammt, þrái, skemmd, TMA) (

Tafla 8).

PCA, höfuðþáttagreining sýndi að 91% breytileika gagnanna voru skýrð með fyrstu 2 höfuðþáttum (Mynd 16) þar sem fyrsti höfuðþáttur (82%) var útskýrður af kældleika- og skemmdareinkennum. Við upphaf geymslutímans var báðum sýnahópum lýst með sætu bragði og dökkbrúnum lit undir flaki. Einnig var af lykt af heitri mjólk meira áberandi í fyrstu. Við lok geymslu var hópunum lýst með fúkka, þráa, römmu, súru, skemmdar og TMA bragði, þráa og TMA lykt. Einnig var litur flaks dekkri.

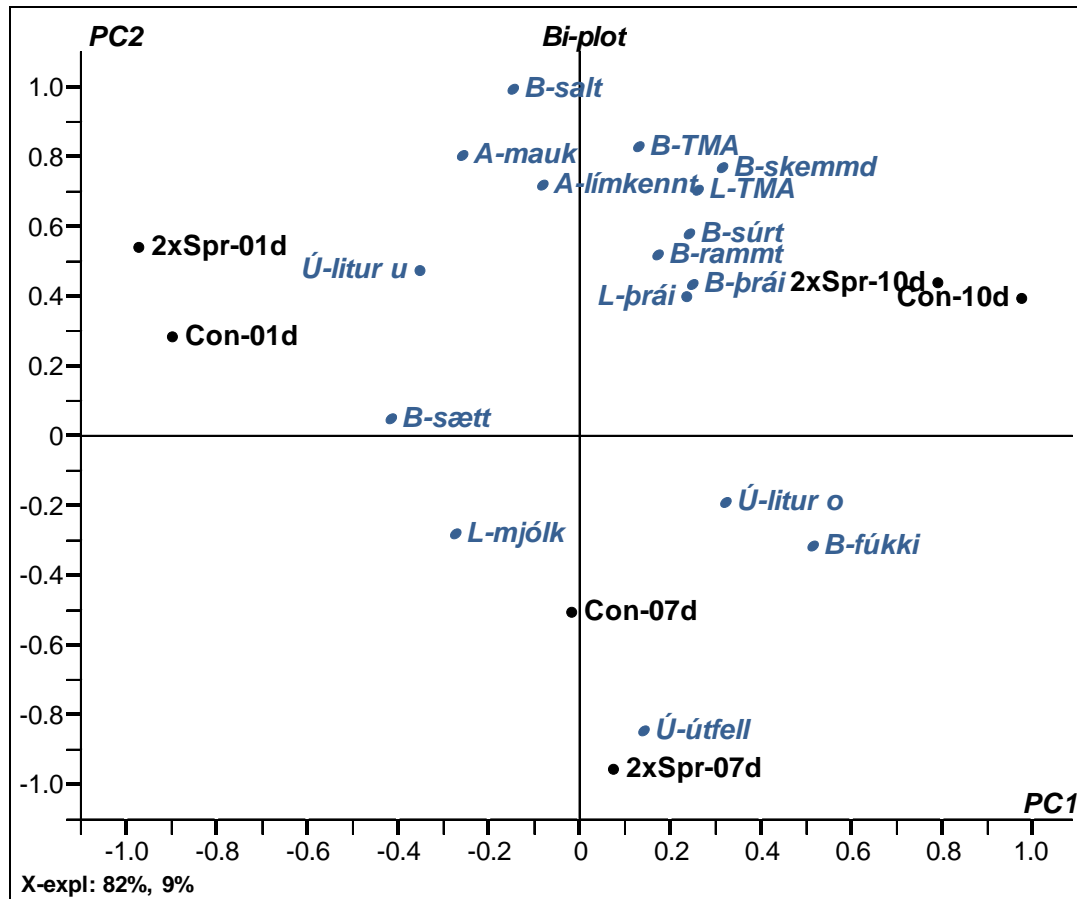
Tafla 8. Meðaltöl skynmatsþátta fyrir kæld flök (Skali 0-100). Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$).

| Matsþáttur | p-gildi | Con-01d | Con-07d | Con-10d | 2xSpr-01d | 2xSpr-07d | 2xSpr-10d |
|-------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| L-fúkki | 0,700 | 27 | 20 | 27 | 27 | 20 | 26 |
| L-mold | 0,592 | 28 | 22 | 26 | 27 | 24 | 28 |
| L-kartöflur | 0,921 | 31 | 35 | 29 | 31 | 34 | 29 |
| L-mjólk | 0,001 | 28 ^{ab} | 23 ^{ab} | 13 ^c | 32 ^a | 23 | 16 ^{bc} |
| L-þrái | 0,000 | 1 ^b | 2 ^b | 9 ^a | 1 ^b | 1 ^b | 7 ^a |
| L-TMA | 0,000 | 1 ^b | 0 ^b | 15 ^a | 1 ^b | 0 ^b | 10 ^a |
| Ú-litur o | 0,000 | 22 ^c | 26 | 38 ^a | 25 ^{bc} | 28 ^{ab} | 37 ^a |
| Ú-litur u | 0,000 | 70 ^a | 62 ^{ab} | 51 ^{bc} | 67 ^a | 55 ^{bc} | 47 ^c |
| Ú-svartir þ | 0,095 | 12 | 8 | 11 | 8 | 7 | 10 |
| Ú-flögur | 0,408 | 28 | 25 | 20 | 27 | 20 | 22 |
| Ú-útfell | 0,000 | 9 ^{de} | 13 ^{ac} | 11 ^{bcd} | 10 ^{ce} | 14 ^{ab} | 18 ^a |
| Á-mýkt | 0,133 | 74 | 70 | 72 | 75 | 75 | 67 |
| Á-safi | 0,185 | 69 | 61 | 69 | 70 | 70 | 69 |
| Á-trefjar | 0,083 | 15 | 22 | 20 | 12 | 21 | 21 |
| Á-mauk | 0,008 | 62 | 63 | 56 ^b | 66 ^a | 57 ^b | 56 ^b |
| Á-límkennt | 0,018 | 31 ^a | 35 ^a | 30 | 33 ^a | 26 ^b | 31 |
| B-bleikja | 0,120 | 42 | 44 | 33 | 42 | 44 | 38 |
| B-mold | 0,322 | 31 | 35 | 36 | 29 | 30 | 33 |
| B-sætt | 0,000 | 41 ^{ab} | 35 ^{bc} | 24 ^d | 45 ^a | 37 ^{bc} | 30 ^{cd} |
| B-málmur | 0,023 | 25 | 21 | 20 | 24 | 17 | 16 |
| B-salt | 0,001 | 19 ^a | 4 ^b | 6 ^b | 19 ^a | 8 | 15 ^a |
| B-fúkki | 0,000 | 1 ^d | 14 ^{bc} | 26 ^a | 1 ^d | 12 ^{bc} | 23 ^{ab} |
| B-súrt | 0,006 | 2 ^c | 1 ^{bc} | 10 ^a | 5 | 1 | 9 ^{ab} |
| B-rammt | 0,005 | 1 ^c | 1 ^{bc} | 8 ^a | 2 | 0 | 8 ^{ab} |
| B-þrái | 0,000 | 0 ^b | 1 ^b | 8 ^a | 0 ^b | 1 ^b | 7 ^a |
| B-skemmd | 0,000 | 0 ^b | 0 ^b | 14 ^a | 0 ^b | 1 ^b | 14 ^a |
| B-TMA | 0,011 | 1 | 0 | 8 | 7 | 1 | 9 |
| Aukabragð* | 0,291 | | 3 | 5 | | 1 | 2 |

*aukabragð var einungis metið á 7. og 10 sýnatökudegi

Sá munur sem fram kom á milli sýna stafaði í öllum tilvikum af breytingum með geymslutíma. Enginn munur var milli viðmiðunarflaka (con) og sprautaðra flaka (2xSpr) á 1. sýnatökudegi. Hins vegar voru viðmiðunarflök límkenndari á 7. degi en á 10. degi voru útfellingar á sprautuðum flökum meiri (

Tafla 8). Útfellingar voru taldar stafa frá sprautun próteinlausnar í flökin en þær voru þó almennt óverulegar. Sama var að segja um svarta þræði í fiskvöðvanum. Litur ofan á flaki var nokkuð ljós við upphaf geymslutíma en dökknaði nokkuð með geymslu, öfugt við lit á roðhlið sem varð ljósari með geymslu. Fiskurinn rann einnig lítið í flögur þegar þrýst var á sýni með gafli. Vöðvatrefjar voru fínar. Sýnin voru mjúk, nokkuð safarík, maukennd og ekki mjög límkennnd.



Mynd 16. Höfuðþáttgreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekningar. Sýni og skynmatsþættir (Bi-plot). (d = geymsludagar, skynmatsþættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit).

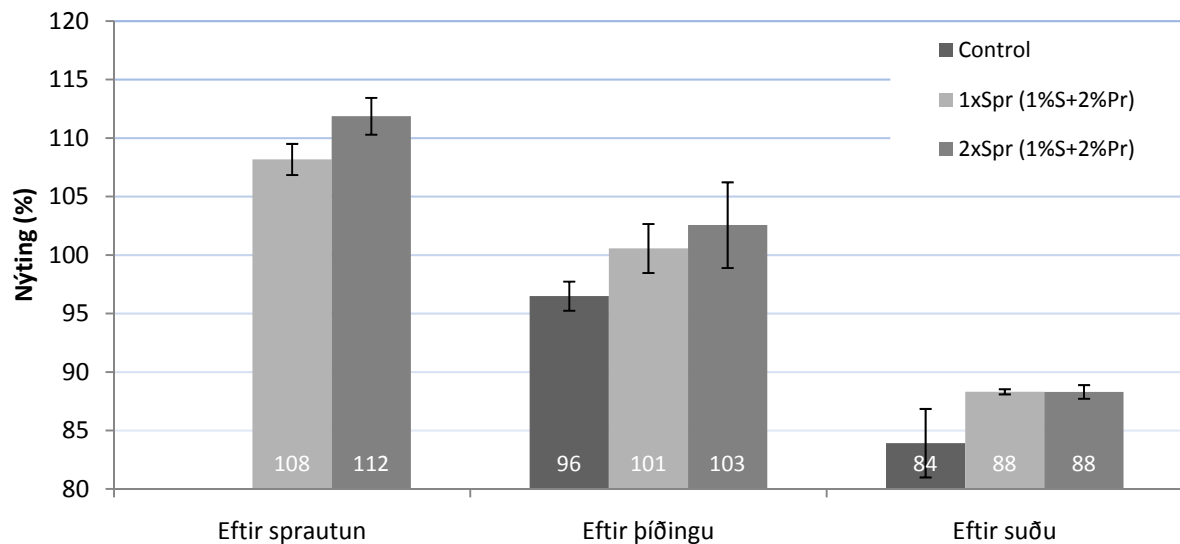
Fúkka-, moldar-, kartöflu- og mjólkurlykt var greinanleg við allar sýnatökur, utan þess að einungis vottur fannst af hópunum á 10. degi. Þrálykt fannst ekki af hópunum, en vottur af TMA lykt fannst á 10. degi af báðum hópum.

Af bragðeinkennum var bleikjubragð var mjög einkennandi og moldarbragð nokkuð. Sætt bragð var einkennandi í upphafi en minnkaði nokkuð með geymslutímanum. Málmbragð var greinanlegt í upphafi geymslutímans, en var vart greinanlegt á 7. og 10. degi. Vottur af salti fannst í upphafi af viðmiðunarflökum. Greina mátti vott af saltbragði við allar prófanir á sprautuðum flökum. Fúkkabragð var ekki til staðar í upphafi geymslu, vottur á 7. degi og var greinilegt á 10. degi. Vottur af

súru, römmu, þráa, skemmdar og TMA bragði fannst á 10. degi og benti það til að sýnin hafi verið við lok geymslupols. Aukabragð var ekki greinanlegt.

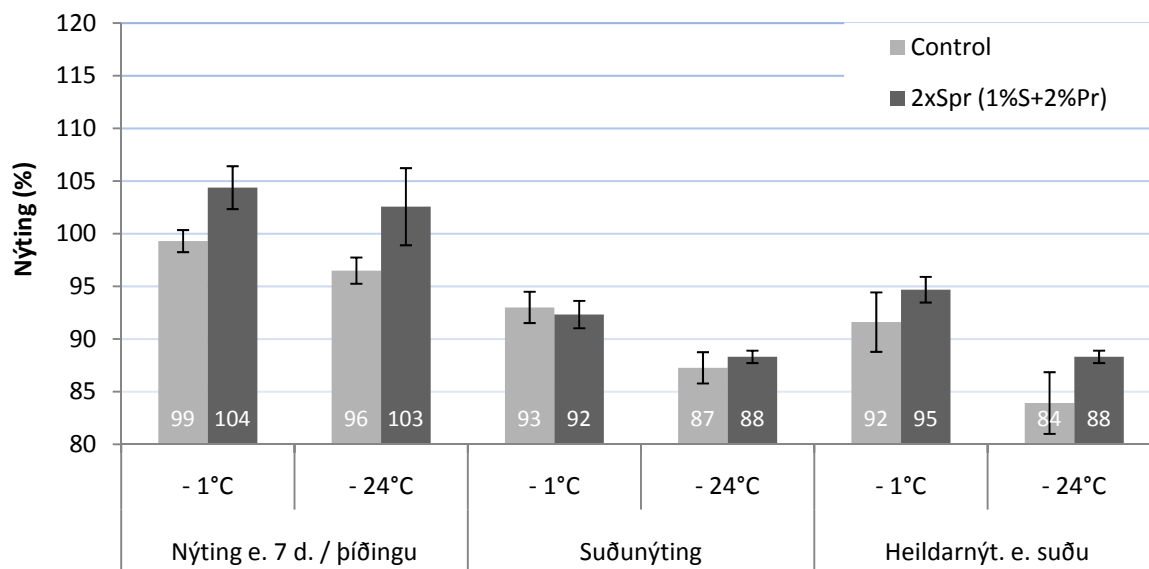
3.5 Frystar afurðir

Upptaka við sprautun jókst meira við að sprauta flökin tvisvar samanborið við að sprauta þau einu sinni ($p > 0,05$). Sambærilegur munur var á hópunum eftir þíðingu en hann var ekki tölfræðilega marktækur þar sem breytileiki á milli tvísprautaðra flaka var nokkur. Hins vegar skal minnt á að sprautuðu hóparnir voru paraðir, þ.e. flök af sama einstaklingi fóru í sitthvorn hópinn. Þar af leiðandi átti einstaklingsmunur að hafa sambærileg áhrif í báðum hópum. Nýting viðmiðunarflaka var mun lægri ($p < 0,05$) en nýting sprautaðra flaka bæði eftir þíðingu og suðu (Mynd 7).



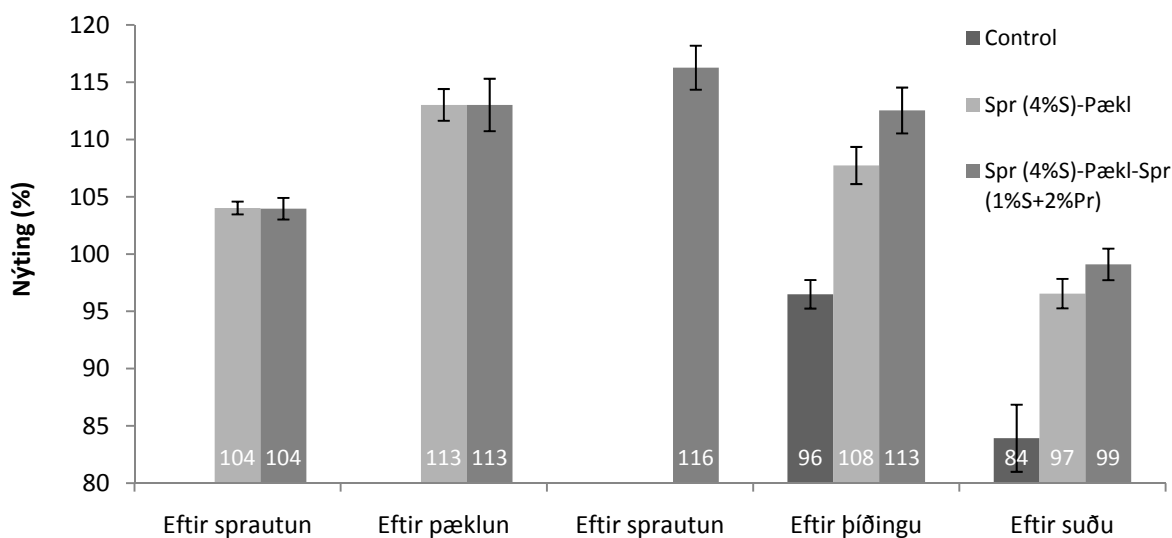
Mynd 17. Upptaka tilapiuflaka við að sprautun, ásamt heildarþyngdarbreytingum eftir þíðingu og suðu. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, $n=13$). (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

Frysting og þíðing drógu verulega ($p < 0,05$) úr nýtingu samanborið við 7 daga geymslu afurða í kæli. Sama var að segja suðunýtingu og heildarbreytingu á þyngd frá vinnslu þar til eftir suðu. Sprautun bætti almennt nýtingu (Mynd 18). Munur á milli viðmiðunarflaka og sprautaðra flaka jókst við frystingu og þíðingu.



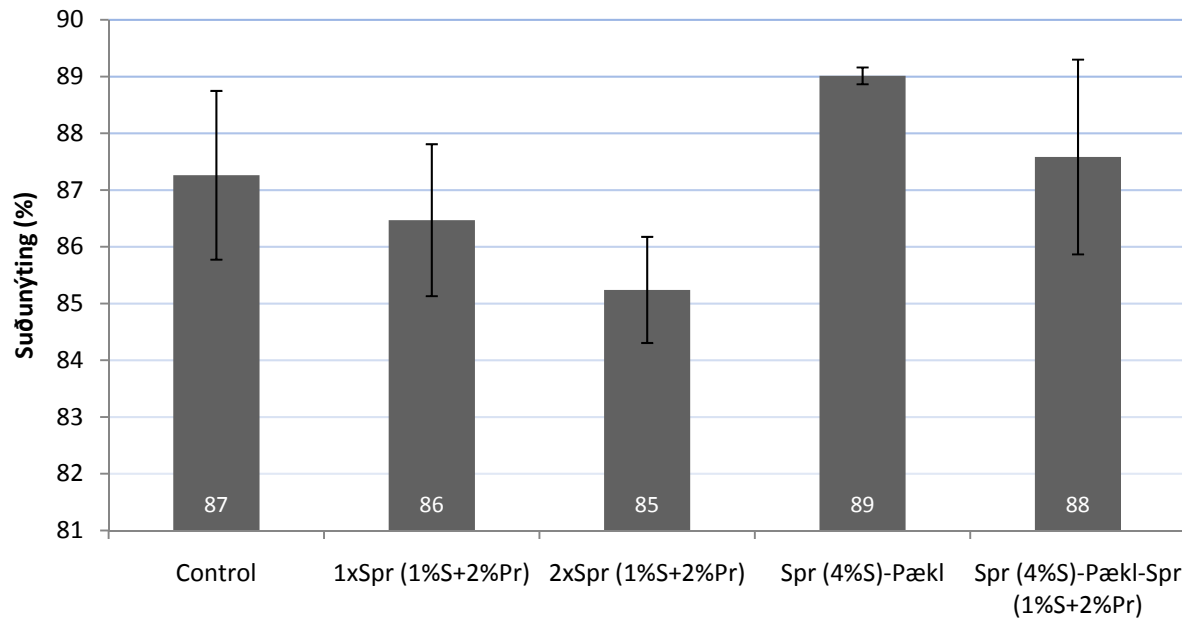
Mynd 18. Samanburður á nýting kældra (7 dagar við -1°C) og upphíðdra sprautaðra tilapiuflaka. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, n=3). (Spr: sprautuð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í pækli til innsprautunar).

Við léttisöltun náðist 4% þyngdaraukning við fyrri sprautun. Eftir pæklun var nýting komin í 113% og við sprautun með salt- og próteinpækli jókst nýting í 11-6% (Mynd 19). Við þíðingu rýrnun einsprautuð flök um 5 prósentustig en tvísprautuð flök um 3 prósentustig. Sprautun bætti nýtingu verulega, nýting var 12-17 prósentustigum hærri en hjá ómeðhöndluðum flök. Þessi munur hélst nokkurn veginn í gegnum suðu. Eftir suðu reyndist heildarnýting tvísprautaðra flaka (99%) nokkuð hærri en einsprautaðra (97%), þó ekki marktækt ($p>0,05$).



Mynd 19. Breytingar á nýtingu léttisaltaðra tilapiuflaka frá sprautun þar til eftir suðu. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, n=3-13). (Spr: sprautuð; 4%S: 4% salt í pækli við fyrri innsprautun og við pæklun; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í seinni pækli til innsprautunar).

Ekki var marktækur munur á þyngdarbreytingum við suðuna eina sér á milli hópa sem voru fyrstir nema milli flaka sem voru tvísprautuð með salt- og próteinþækli (85%) og léttsaltaðra flaka sem sprautuð voru og þækluð í 4% saltþækli (Mynd 20).



Mynd 20. Suðunýting léttsaltaðra frystra tilapiuflaka. Að auki eru sýndi gildi fyrir flök sem sprautuð voru einu sinni (1x) eða tvisvar sinnum (2x) fyrir frystingu. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, n=3). (Spr: sprautuð; 4%S: 4% salt í þækli við fyrri innsprautun og við þækluð; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í seinni þækli til innsprautunar).

Aukning í vatnsinnihald sprautaðra flaka kom einnig fram í frystum flökum (

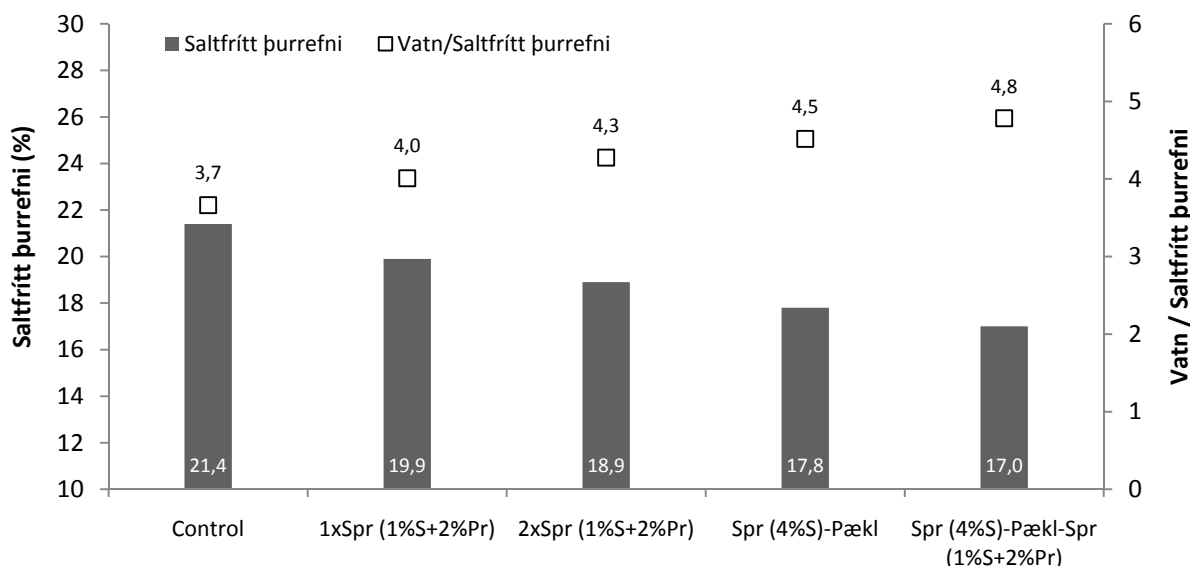
Tafla 9). Vatnsheldni jókst verulega í þeim flökum sem höfðu verið þæklun og sprautun vegna mun hærra saltinnihalds (1,7-1,8%). Magn TVN var lægra í þæklun flökin en það er talið tengjast því að meira af leysanlegum nitursamböndum hafi náð að leka út í þækilinn heldur en þegar flök voru aðeins sprautun. Ekki varð aukning í örverufjölda af völdum sprautunar eða þæklunar en eins og áður sagði var líklegt að örverumengun hafi orðið nokkuð mikil við flökun á óslægðum fiskinum og það hafi vegið þyngra en mengun við sprautun. Þæklun og sprautun fól í sér skolun á flökunum sem var ekki framkvæmd á ómeðhöndluðum flökum. Í frystu afurðunum koma fram tilhneiging til aukningar í magni H₂S-myndandi örvera vegna sprautunar með próteinlausn sem unninn var úr þorskmarningi. Sýrustig lækkaði með saltinnihaldi sem er í samræmi við það sem hefur sést við söltun á öðrum fisktegundum.

Tafla 9. Efnainnihald, vatnsheldni, pH og örverufjöldi í frystum og léttisöltuðum frystum afurðum. Í hverjum hópi var mælt samsett sýni úr þremur flökum.

| Hópur | Vatn (%) | WHC (%) | Salt (%) | TVN (mg N/100g) | pH | JA-Alls (log örverufjöldi/g) | JA-H ₂ S (log örverufjöldi (g)) |
|-------------------------------|----------|---------|----------|-----------------|-----|------------------------------|--|
| Control | 78,4 | 80,4 | 0,2 | 13,43 | 6,6 | 6,1 | 3,8 |
| 1xSpr (1%S+2%Pr) | 79,8 | 80,4 | 0,3 | 13,29 | 6,7 | 5,1 | 2,0 |
| 2xSpr (1%S+2%Pr) | 80,8 | 75,7 | 0,3 | 11,75 | 6,7 | 5,5 | 3,0 |
| Spr (4%S)-Pækl | 80,4 | 99,3 | 1,8 | 8,39 | 6,5 | 5,9 | 3,7 |
| Spr (4%S)-Pækl-Spr (1%S+2%Pr) | 81,3 | 99,4 | 1,7 | 8,25 | 6,6 | 5,6 | 4,6 |

Magn TMA reyndist ekki mælanlegt

Hlutfall af saltfríu þurrefni var heldur lægra í frystum viðmiðunarflökum en kældum sem var í samræmi við lækkun á vatnsinnihaldi við þíðingu. Samanburður á saltfríu þurrefni í mismunandi hópum sýndi neikvæða fylgni við vatnsinnihald og hlutfallið vatni/saltfrítt þurrefni (Mynd 21)



Mynd 21. Breytingar á saltfríu þurrefni og hlutfalli vatns af saltfríu þurrefni í léttisöltuðum tilapiuflökum. Að auki eru sýnd gildi fyrir flök sem sprautuð voru einu sinni (1x) eða tvisvar sinnum (2x) fyrir frystingu. Til viðmiðunar voru notuð ómeðhöndluð flök (control) (meðaltal ± staðalfrávik, n=3). (Spr: sprautuð; 4%S: 4% salt í pækli við fyrri innsprautun og við pæklu; 1%S+2%Pr: 1% salt og 2% prótein í seinni pækli til innsprautunar).

Við skynmat kom fram marktækur munur á milli frystra sýnahópa (Control, 1xSpr, 2xSpr) í tveimur útlitspáttum (litur ofan á flaki, svartir þræðir), einum áferðarþætti (maukkenndur), og þremur bragðþáttum (salt, þrái, aukabragð) (

Tafla 10). Fúkka-, moldar-, kartöflu- og mjólkurlykt var greinanleg af öllum hópum en ekki þrá- og TMA-lykt. Litur ofan á flökum var nokkuð dökkur, og hvað mest í viðmiðunarhópnum. Litur á roðhlið var í meðallagi dökkur. Svartir þræðir, flögur og útfellingar voru óverulegar. Hinsvegar voru heldur fleiri svartir þræðir í viðmiðunarflökunum sem olli því að fram koma marktækur munur í samanburði

á hópnum. Sýnin voru í meðallagi mjúk, safarík og maukkennd, en flök sem sprautuð voru einu sinni (1xSpr) einna minnst maukkennd. Gildin fyrir þessa þætti voru nokkuð lægri en fyrir kældra hópa. Sýnin höfðu fínar trefjar og voru ekki mjög límkennd.

Tafla 10. Meðaltöl skynmatsþátta fyrir fryst flök (Skali 0-100). Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$).

| Matsþáttur | p-gildi | 1xSpr | 2xSpr | Con |
|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| L-fúkki | 0,280 | 21 | 26 | 23 |
| L-mold | 0,661 | 22 | 22 | 24 |
| L-kartöflur | 0,785 | 28 | 29 | 29 |
| L-mjólk | 0,942 | 24 | 23 | 23 |
| L-þrái | 0,814 | 3 | 5 | 4 |
| L-TMA | 0,481 | 2 | 3 | 2 |
| Ú-litur o | 0,032 | 37 | 33 ^b | 41 ^a |
| Ú-litur u | 0,085 | 46 | 41 | 41 |
| Ú-svartir þ | 0,044 | 7 ^b | 7 | 9 ^a |
| Ú-flögur | 0,198 | 28 | 23 | 26 |
| Ú-útfell | 0,508 | 14 | 12 | 13 |
| Á-mýkt | 0,192 | 52 | 52 | 57 |
| Á-safi | 0,786 | 49 | 50 | 52 |
| Á-trefjar | 0,199 | 23 | 19 | 20 |
| Á-mauk | 0,020 | 45 ^b | 50 ^a | 49 ^a |
| Á-límkennt | 0,935 | 29 | 29 | 30 |
| B-bleikja | 0,310 | 37 | 34 | 37 |
| B-mold | 0,128 | 25 | 26 | 29 |
| B-sætt | 0,350 | 29 | 28 | 31 |
| B-málmur | 0,842 | 21 | 20 | 19 |
| B-salt | 0,021 | 8 ^b | 11 ^a | 8 ^b |
| B-fúkki | 0,884 | 22 | 22 | 23 |
| B-súrt | 0,514 | 2 | 3 | 3 |
| B-rammt | 0,086 | 1 | 3 | 7 |
| B-þrái | 0,024 | 3 ^b | 11 ^a | 5 ^b |
| B-skemmd | 0,208 | 2 | 7 | 9 |
| B-TMA | 0,309 | 2 | 4 | 6 |
| Aukabragð | 0,036 | 2 ^b | 4 | 10 ^a |

Bleikjubragð var nokkuð einkennandi og moldarbragð og sætt bragð nokkuð af öllum sýnum. Sætt bragð var minna áberandi en í kældum hópum. Vottur af málmbragði var af hópnum. Vottur af salti fannst í flökunum sem sprautuð voru tvisvar sinnum (2xSpr) en munur á saltinnihaldi kom ekki

fram í efnamælingum. Fúkkabragð var greinanlegt af öllum hópum. Súrt, rammt, skemmdar- og TMA-bragð var ekki greinanlegt af hópunum. Hinsvegar fannst vottur af þráa í tvísprautuðum flökum (2xSpr) og vottur af aukabragði í viðmiðunarflökum (Con).

Við mat á léttsöltuðum flökum kom fram marktækur munur í þremur lyktaþáttum (fúkki, mold, kartöflur), í einum útlitsþætti (litur ofan á flaki) og einum bragðþætti (súrt) (Tafla 11). Mun meiri fúkka-, moldar- og kartöflulykt var af flökum sem voru tvísprautuð, í seinna skiptið með próteinlausn (SPS (s+p)). Mjólkurlykt var greinileg, en hvorki fannst þrá né TMA lykt af hópunum.

Tafla 11. Meðaltöl skynmatsþátta (Skali 0-100). Ef bókstafir við hópa innan línu eru ekki eins er marktækur munur á hópum ($p < 0,05$).

| Matsþáttur | p-gildi | SP(s) | SPS(s+p) |
|-------------|--------------|-------|----------|
| L-fúkki | 0,034 | 16 | 24 |
| L-mold | 0,049 | 17 | 26 |
| L-kartöflur | 0,003 | 27 | 37 |
| L-mjólk | 0,539 | 21 | 20 |
| L-þrái | 0,489 | 6 | 5 |
| L-TMA | 0,076 | 3 | 1 |
| Ú-litur o | 0,036 | 32 | 39 |
| Ú-litur u | 0,751 | 54 | 56 |
| Ú-svartir þ | 0,198 | 9 | 6 |
| Ú-flögur | 0,689 | 35 | 34 |
| Ú-útfell | 0,212 | 13 | 9 |
| Á-mýkt | 0,365 | 63 | 61 |
| Á-safi | 0,215 | 64 | 62 |
| Á-trefjar | 0,407 | 23 | 21 |
| Á-mauk | 0,815 | 54 | 53 |
| Á-límkennt | 0,140 | 28 | 25 |
| B-bleikja | 0,144 | 26 | 24 |
| B-mold | 0,379 | 21 | 25 |
| B-sætt | 0,386 | 19 | 21 |
| B-málmur | 0,960 | 21 | 21 |
| B-salt | 0,151 | 51 | 47 |
| B-fúkki | 0,080 | 14 | 21 |
| B-súrt | 0,026 | 0 | 1 |
| B-rammt | 0,096 | 6 | 11 |
| B-þrái | 0,074 | 6 | 10 |
| B-skemmd | 0,194 | 5 | 9 |
| B-TMA | 0,535 | 2 | 3 |
| Aukabragð | 0,511 | 2 | 2 |

Litur ofan á tvísprautuðu flökunum var nokkuð dekkri en flökum sem aðeins höfðu verið meðhöndluð með salti (SP (s)). Bæði litur ofan á flaki og á roðhlið var sambærilegur frystum hópum sem sprautaðir voru með vægari saltstyrk (1xSpr og 2xSpr). Svartir þræðir voru ekki til staðar og flökin voru heldur flögukennndari. Sýnin voru einnig heldur mýkri og safaríkari. Útfellingar voru óverulegar. Trefjar voru fínar og sýnin nokkuð maukkenalld, en lítið límkennnd.

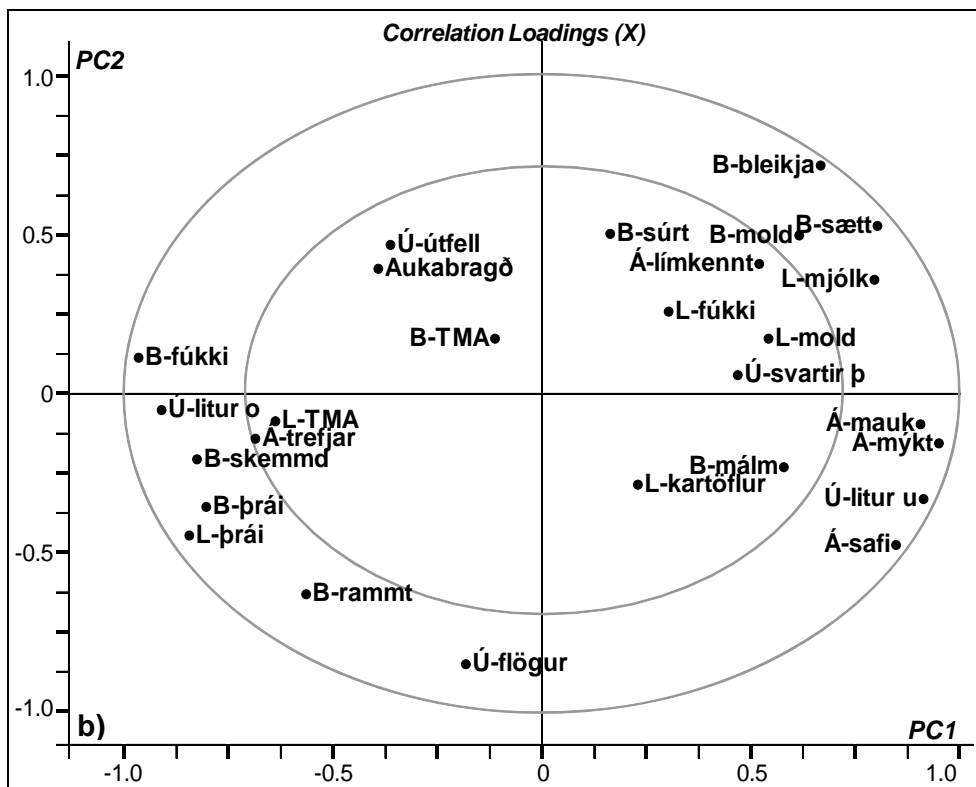
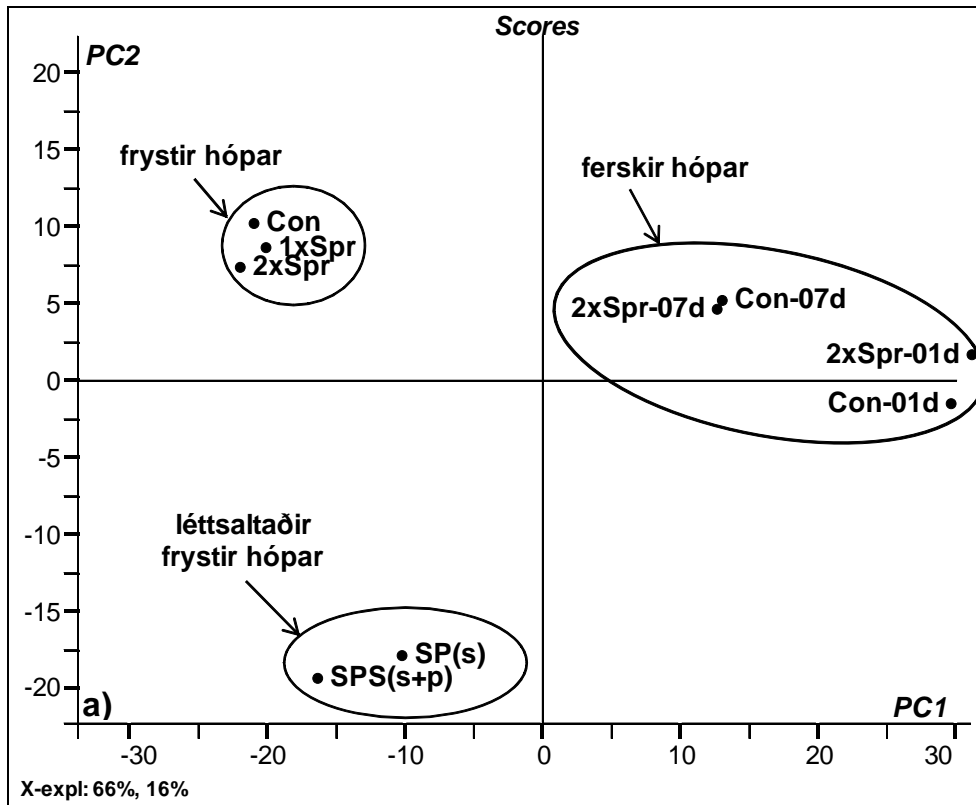
Bleikjubragð var greinanlegt en nokkuð minna en í frystum flökum með minni saltstyrk (1xSpr og 2xSpr). Sætt bragð og málmbragð var greinanlegt. Saltbragð var mjög einkennandi fyrir báða hópa. Fúkkabragð var greinanlegt af tvísprautuðu flökunum (SPS (s+p)) og vottur fannst af römmu og þráu bragði. Súrt bragð, skemmdar-, TMA- og aukabragð var ekki greinanlegt.

3.6 Samanburður á skynmatsniðurstöðum allra hópa

Greining var gerð á skynmatsniðurstöðum út frá módeli byggðu á meðalgildum skynmatsþátta sem metnir voru í kældum, frystum og léttsöltuðum frystum hópum. Mynd 22 sýnir hvað var ólíkt með hópunum en skynmatsþátturinn salt var ekki með í greiningunni þar sem hann var mjög ríkjandi í léttsöltuðum hópum. Einnig voru kældir hópar metnir á 10. degi ekki með í greiningunni þar sem skemmdareinkenni voru að mestu lýsandi fyrir þá.

Fyrsti og annar höfuðþáttur skýrðu 66% og 16% breytileikans. Kældir hópar (Con og 2xSpr metnir á 1. og 7. degi) voru mjög frábrugðnir frystum hópum (Con, 1xSpr, 2xSpr, SPS(s+p) og SP(s)). Kældir hópar höfðu maukkenalldari, mýkri og safaríkari áferð, einnig var litur á roðhlið dekkri en litur ofan á flaki ljósari samanborið við frystu hópana. Bleikju og sætt bragð var meira af kældu hópunum. Einnig var lykt af heitri mjólk meiri, en fúkkabragð minna, sérstaklega á degi 1 (Con-01d, 2xSpr-01d) í samanburði við frysta hópa.

Frystir hópar sem sprautaðir voru með þækli með vægum saltstyrk (1%) voru frábrugðnir léttsöltuðum frystum hópum. Léttsöltuð flök voru flögukennndari og heldur rammari. Einnig voru léttsöltuðu hóparnir heldur safaríkari og roðhlið flaka var dekkri. Hinsvegar var bleikjubragð og sætt bragð minna af léttsöltuðu hópunum.



Mynd 22. Höfuðþáttgreining; Meðaltöl yfir dómara og endurtekingar. Scores (sýni) og loadings (skynmatsþættir: Á = áferð, B = bragð, L = lykt, Ú = útlit). Ekki með í greiningu: B-salt, Con-10d og 2xSpr-10d.

4 SAMANTEKT

4.1 *Kældar afurðir*

Auka má nýtingu kældra tilapiuflaka með sprautun en gera þarf ráð fyrir nokkurri rýrnun eftir sprautun. Í tilrauninni tapaðist um helmingur þyngdaraukningar fyrstu daga en eftir stóð um 4-5% þyngdaraukning. Suðunýting var sambærileg ómeðhöndluðum flökum. Því var heildarnýting eftir geymslu og suðu hærrí fyrir sprautuð flök. Tímasetning vinnslu m.t.t. nýtingar getur haft veruleg áhrif á nýtingu þó ekki hafa verið gerð athugun á því í þessari tilraun. Hins vegar skal bent á að á 3. degi frá slátrun var hluti fiska enn í dauðastirðnun en 4. degi virtist hún yfirstaðin. Hægt er að hafa áhrif á dauðastirðnun með fóðrunartækni og meðhöndlun fyrir og við slátrun.

Vatnsinnihald jókst nokkuð við sprautun en breytingar á saltinnihaldi voru óverulegar. Ekki var hægt að greina mun á þróun skemmdarferla eða örveruvaxtar eftir því hvort að flökin voru sprautuð eða ekki. Undantekning frá því var að Magn TMA jókst heldur hraðar frá 7. degi í sprautuðum flökun en þækillinn innihélt smækkaðan þorskmarning.

Óverulegur munur var á hópunum við skynmat. Breytingar mátti fyrst og fremst rekja til geymslutíma. Sætt bragð var einkum einkennandi við upphaf geymslutímans, litur var dekkri á roðhlið og meiri lykt af heitri mjólk. Við lok geymslu var hópunum lýst með votti af fúkka, þráa, römmu, súru, skemmdar- og TMA-bragði, ásamt aukinni þráa og TMA-lykt. Einnig varð litur ofan á flaki dekkri.

Geymsluþol var ekki í samræmi við fyrri niðurstöður. Á 14. degi var fiskurinn orðinn óhæfur til neyslu en í fyrri athugunum á kældum, ómeðhöndluðum fisk hefur náðst yfir 20 daga geymsluþol. Skýringin er sú að fiskurinn var geymdur lengur áður en hann var flakaður, mengun átti sér stað við flökun út frá innnyflum og flökin voru ekki roðflett. Á fiski úr eldi má gera ráð fyrir að töluverður fjöldi örvera sé á roði hans samanborið við villtan fisk. Til viðbótar hefði þurft að ísa fiskinn betur við slátrun miðað við að geyma hann í 3 til 4 daga fyrir vinnslu.

4.2 *Frystar afurðir*

Þyngdaraukning vegna sprautunar varð um 8% við að sprauta flökin einu sinni með próteinlausn en 12% við tvísprautun. Rýrnun við frystingu og þíðingu varð hlutfallslega meiri en við geymslu kældra flaka í kæli. Nýting einsprautaðra flaka hélst þó um 5 prósentustigum hærrí samanborið við viðmiðunarflök en nýting tvísprautaðra flaka var um 7 prósentustigum hærrí. Frysting og tvísprautun skertu vatnsheldnieiginleika vöðvans og þyngdartap við suðu varð meira heldur en í einsprautuðum flökum og kældum flökum.

Nokkur munur kom fram á hópunum í skynmati. Litur ofan á flökum var hvað dekkstur í viðmiðunarhópunum en ljósastur á tvísprautuðum flökum. Einsprautuð flök reyndust ekki eins maukkenndur og hinir hóparnir tveir. Vottur af salt- og þráabragði fannst í tvísprautuðum flökum en salt getur haft hvetjandi áhrif á þránun.

Frysting hafði töluverð áhrif á bragð og lyktareinkenni flakanna. Litur á roðhlið kældra flaka var dekkri en litur ofaná flaki ljósari samanborið við frystu hópana. Kæld flök höfðu maukkenndari, mýkri og safaríkari áferð. Bleikju og sætt bragð var meira af kældu hópunum. Einnig var lykt af heitri mjólk meiri, en fúkkabragð minna, sérstaklega eftir sólarhringsgeymslu í kæli.

4.3 Frystar, léttsaltaðar afurðir

Við léttisöltun var notaður sterkari pækili (4% salt) en við sprautun á kældum afurðum og hluta frystu flakanna sem fjallað eru um hér að framan. Auk þess sem flökin voru pækluð eftir nótt eftir sprautun með saltþækli. Þyngdaraukning við sprautun (4%) var minni sem skýrist að hluta af minni þrýstingi við sprautunina heldur en þegar próteinlausnir voru notaðar (1% salt, 2% prótein). Nýting jókst um 9 prósentustig við þækluð og um 3 prósentustig við seinni sprautun þar sem notuð var próteinlausn. Aðeins annar hópurinn var sprautuður með lausninni og var heildarþyngdaraukning hans fyrir frysting um 16%.

Tvísprautuðu flökin sem innihéldu viðbætt prótein, héldu þyngd sinni betur við þíðingu og suðu en einsprautuð flök sem höfðu aðeins verið meðhöndluð með salti. Heildarnýting eftir ferlið var mun hærra bæði hjá tvísprautuðum (99%) og einsprautuðum flökum (97%) en ómeðhöndluðum flökum (84%). Saltinnihald var sambærilegt því sem þekkt fyrir léttsaltaðar þorskaufurðir eða tæp 2%. Aukning salts í vöðvanum jók vatnsheldni verulega sem er í samræmi við þær niðurstöður sem fengust fyrir nýtingu. Greina mátti um 2 prósentustiga aukningu í vatnsinnihaldi og hlutfalli vatns miðað við saltfrítt þurrefni. Síðarnefnda breytan er nálgun á hlutfallinu vatn/prótein sem notað hefur til að meta viðbætt vatn í kjöti og fiski.

Mikill lyktarmunur var af léttisöltuðu frystu tilapiu hópunum eftir því hvort þau voru sprautuð með próteinlausn eftir þækluð eða ekki. Flök sem innihéldu viðbætt prótein voru með meiri fúkka, fúkka, moldar og kartöflulykt og einnig var litur ofan á flökum dekkri. Flökin voru töluvert frábrugðin flökum sem sprautuð höfðu verið með daufum saltþækli (1% salt). Fyrir utan töluvert meira saltbragð, voru léttsaltaðir frystir hópar flögukennari og heldur rammari. Einnig voru léttisöltuðu hóparnir heldur safaríkari og roðhlið var dekkri. Hinsvegar var bleikjubragð og sætt bragð minna af léttisöltuðu hópunum.

5 ÞAKKARORÐ

Verkefnið (Arctic Tilapia) þakkar starfsmönnum FISK SEAFOOD, Sauðárkróki fyrir veitta aðstoð við framkvæmd verkefnisins. Verkefnið var styrkt af Tækniþróunarsjóði Rannís (verkefnisnúmer 071305008).

6 HEIMILDIR

- Aksoy M, Lim CE, Davis AD, Shelby RA, Klesius PH. 2007. Influence of Dietary Lipid Sources on the Growth Performance, Immune Response and Resistance of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, to *Streptococcus iniae* Challenge. *Journal of Applied Aquaculture*. Vol. 19(2): 29-49.
- AOAC Assn. Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Washington, D.C. (no. 976.18).
- Eide O, Børresen T, Ström T. 1982. Minced Fish Production From Capelin (*Mallotus villosus*). A New Method for Gutting, Skinning and Removal of Fat from Small Fatty Fish Species. *J Food Sci* 47:347-354.
- Emilía Martinsdóttir, Birna Guðbjörnsdóttir, Hélène L. Lauzon, Guðrún Ólafsdóttir, Þorvaldur Þóroddsson, Soffía V. Tryggvadóttir, Guðmundur Örn Arnarson. 2004. Áhrif roðkælingar á gæði fiskflaka, *Verkefnaskýrsla Rf 03 – 04*.
- Garduño-Lugo M, Herrera-Solís JR, Angulo-Guerrero JO, Muñoz-Córdova G, De La Cruz-Medina J. 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, *Linnaeus*) and a red hybrid (*Florida red tilapia x red O. niloticus*). *Aquaculture Research* 38: 1074-1081.
- 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.
- Hildur Ólafsdóttir. 2001. Notkun ísþykkni við slátrun, geymslu og skipaflutning á barra. *Verkefnaskýrsla Rf 22-01*.
- 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.
- ISO 6496. 1999. Animal feeding stuffs - Determination of moisture and other volatile matter content. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- Jóhann Guðmundsson. 1972. Áhrif meðferðar á nýtingu þorsks og ýsu, *Tæknitíðindi Rf 23*.
- Jón Heiðar Ríkhartsson, Rúnar Birgisson. 1995. Aflabót. *Rit Rf 48*.
- Kristín Anna Þórarinsdóttir, Magnea G. Arnþórsdóttir, Irek Klonowski, Arnljótur Bjarki Bergsson, Sindri Sigurðsson, Sigurjón Arason. 2009. Jöfnun – aukin gæði og bættir eiginleikar marnings. Matís skýrsla 15-09.
- Malle P, Tao SH. 1987. Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation. *J Food Protect* 50(9):756-760.

- Mantilla D, Kristinsson HG, Balaban MO, Otwell SW, Chapman FA, Raghavan S. 2008. Carbon monoxide treatments to impart and retain muscle color in tilapia fillets. *Journal of Food Science*. 73 (5): C390-C399.
- Mantilla D, Kristinsson HG, Balaban MO, Otwell SW, Chapman FA, Raghavan S. 2008. Color stability of frozen whole tilapia exposed to pre-mortem treatment with carbon monoxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(8): 1394-1399
- Mohsin M, Bakar J, Selamat J. 1999. The effects on colour, texture and sensory attributes achieved by washing black tilapia flesh with a banana leaf ash solution. *Int. Journal of Food Science And Technology* 34 (4): 359-363.
- Reddy NR, Schreiber CL, Buzard KS, Skinner GE, Armstrong DJ. 1994. Shelf-Life Of Fresh Tilapia Fillets Packaged In High Barrier Film With Modified Atmospheres. *Journal of Food Science* 59 (2): 260-264 1994.
- Reddy Nr, Villanueva M, Kautter DA. 1995. Shelf-Life Of Modified-Atmosphere-Packaged Fresh Tilapia Fillets Stored Under Refrigeration And Temperature-Abuse Conditions. *Journal Of Food Protection* 58 (8): 908-914, 1995
- Rutten MJM, Bovenhuis H, Komen H. 2005. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 246, 125-132
- Stone H, Sidel JL, 1985. Descriptive analysis. In *Sensory Evaluation Practices*, 3rd Ed. (H. Stone and J.L. Sidel, eds.) pp. 201–244, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands
- Thorarinsdottir KA, Arason S, Thorkelsson G. 2002. The effects of light salting on physicochemical characteristics of frozen cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11 (3/4), 28.
- Timmons MB, Ebeling JM, Wheaton FW., Summerfelt ST, Vinci BJ. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*. NRAC Publication No. 01-002.
- Thybo AK, Martens M. 2000. Analysis of sensory assessors in texture profiling of potatoes by multivariate modelling. *Food Quality and Preference* 11(4): 283-288.