



Ferlastýring við veiði, vinnslu og verkun saltfisks - Áhrif mismunandi söltunaraðferða á verkun þorskflaka

María Guðjónsdóttir
Þóra Valsdóttir
Ása Þorkelsdóttir
Kolbrún Sveinsdóttir
Hannes Magnússon
Sigurjón Arason
Kristín A. Þórarinsdóttir

Vinnsla og vörupróun

Skýrsla Matís 20-07
Júlí 2007

ISSN 1670-7192



Titill / Title		Ferlastýring við veiði, vinnslu og verkun saltfisks. Áhrif mismunandi söltunaraðferða á verkun þorskflaka	
Höfundar / Authors		María Guðjónsdóttir, Þóra Valsdóttir, Ása Þorkelsdóttir, Kolbrún Sveinsdóttir, Hannes Magnússon, Sigurjón Arason, Kristín A. Þórarinsdóttir	
Skýrsla / Report no.	20-07	Útgáfudagur / Date:	Júlí 2007
Verknr. / project no.	1653		
Styrktaraðilar / funding: AVS, Tækniþróunarsjóður Rannís			
Ágrip á íslensku:		Gerður var samanburður á áhrifum mismunandi söltunaraðferða á nýtingu, gæði og aðra eiginleika saltaðra þorskflaka. Einn hópur var eingöngu stæðusaltaður en aðrir hópar voru forsaltaðir á mismunandi hátt, þ.e. með þækilsöltun, sprautun og/eða þæklun. Sprautaður fiskur var með hærri nýtingu og kom betur út í gæðamati en ósprautaður fiskur. Hins vegar bentu niðurstöður til þess að verkunarlykt og -bragð væru meiri í ósprautuðum fiski. Kannað var hver áhrif af notkun fosfats og sprautunar á þurrkeiginleika væru vegna hærri vatns- og saltmagns í afurðum. Í ljós kom að sprautaður fiskur léttist minna við þurrkun. Af fyrrgreindum ástæðum reyndist því vatnsinnihald hærri eftir þurrkun heldur en í ósprautuðum fiski. Misjafnt var í hvaða flokk þurrkaðra afurða flökin féllu eftir því hvort miðað var við efnainnihald eftir þurrkun eða þyngdartap við þurrkun. Því þarf að endurskoða viðmið út frá nýjum söltunarferlum og aðlaga þurrkferla að breyttum eiginleikum saltaðra afurða.	
Lykilorð á íslensku:		Saltfiskur, gæði, nýting, þurrkun, NMR	
Summary in English:		The effects of different salting processes on yield, quality and other characteristics of salted and cured products were evaluated. Various combinations of salting steps were tested, one group was only dry salted but other groups were first pickle salted, brine injected and/or brine salted. The injected products had higher yield and higher quality than other products. The results indicated that the curing-odour and flavor were stronger in products that were not injected. The water and salt content was higher in injected fillets which is important with regard to continuing processes, like drying and rehydration. Measurements during and after drying showed that injection resulted in lower drying rate and higher water content of the fillets. Dried products have been rated in different classes with regard to water content and weight changes during drying. Due to changes in the salting process and drying properties of the salted fish, these reference values have to be reconsidered.	
English keywords:		Salted fish, quality, yield, drying, NMR	

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	1
2	Framkvæmd.....	2
2.1	Söltunarferlar.....	2
2.2	Þurrkunarferlar	4
2.3	Sýnataka	5
2.4	Nýting.....	6
2.5	Suðunýting	7
2.6	Efna- og sýrustigsmælingar.....	7
2.7	Vatnsheldni.....	9
2.8	Vatnsvirkni.....	9
2.9	Örverumælingar	9
2.10	Gæðamat á saltfiski	9
2.11	Skynmat.....	10
2.11.1	Flakamat.....	10
2.11.2	Skynmat á soðnum saltfiski.....	11
2.12	Nuclear Magnetic Resonance (NMR).....	11
2.12.1	Vatnsmælingar	12
2.12.2	Relaxation tímar	12
2.12.2.1	Longitudinal relaxation tímar, T_1	12
2.12.2.2	Transversal relaxation tímar, T_2	12
2.13	Tölfræðileg úrvinnsla	13
3	Niðurstöður og umræður.....	14
3.1	Nýting við verkun.....	14
3.2	Nýting við útvötnun	15
3.3	Suðunýting	15
3.4	Heildarverkunarnýting miðað við hráefnisþyngd	16
3.5	Þyngdarbreytingar við þurrkun	17
3.6	Efna- og sýrustigsmælingar.....	19
3.6.1	Efnainnihald próteinblöndu.....	19
3.6.2	Efnainnihald í vöðva við verkun og útvötnun.....	20
3.6.3	Efnainnihald í vöðva við þurrkun.....	25
3.6.4	Saltmettun í vöðva.....	26
3.6.5	Heimtur efna við verkun	28
3.7	Vatnsheldni.....	30
3.8	Vatnsvirkni.....	33
3.9	Örverumælingar	34
3.10	Gæðamælingar á saltfiski	37
3.11	Skynmat.....	38
3.11.1	Flakamat.....	38
3.11.2	Skynmat í soðnum saltfiskflökum.....	38
3.12	Nuclear Magnetic Resonance (NMR).....	40
3.12.1	Vatnsmælingar	40
3.12.2	Relaxation tímar	42
3.12.2.1	Longitudinal relaxation tímar (T_1)	42
3.12.2.2	Transversal relaxation tímar (T_2)	44
3.12.3	Samantekt NMR-mælinga.....	47
4	Ályktanir	49
5	Þakkarorð	51

6	Heimildir	51
7	Viðaukar.....	54
	Viðauki A - Skilgreiningar á nýtingu	54
	Viðauki B – Skynmat hrágögn	55
	Viðauki C – NMR tækjastillingar	57
	Viðauki D – Correlation matrices	58

1 Inngangur

Þessi skýrsla fjallar um fimmta verkþátt verkefnisins *Ferlastýring við veiði, vinnslu og verkun saltfisks*. Lýsir hún tilraun þar sem þorskur var verkaður á mismunandi hátt eftir snyrtingu og saltaðar afurðir úr völdum ferlum síðan þurrkaðar.

Val á söltunaraðferðum er mikilvægt m.t.t. nýtingar og breytinga í fiskholdinu. Áður fyrr var fiskurinn nær eingöngu saltaður í stæður og umsaltaður og umstaflaður nokkrum sinnum. Síðar voru teknar upp aðferðir eins og pækilsöltun og pæklun til að auka gæði (fallegrí blær) og nýtingu. Sprautusöltun er tiltölulega nýleg aðferð við saltfiskverkun, en sprautusöltun og pæklun eru þær aðferðir sem gefið hafa besta nýtingu. Fiskurinn er hins vegar viðkvæmari fyrir örverumengun og hitastigsbreytingum þegar um sprautusöltun er að ræða.

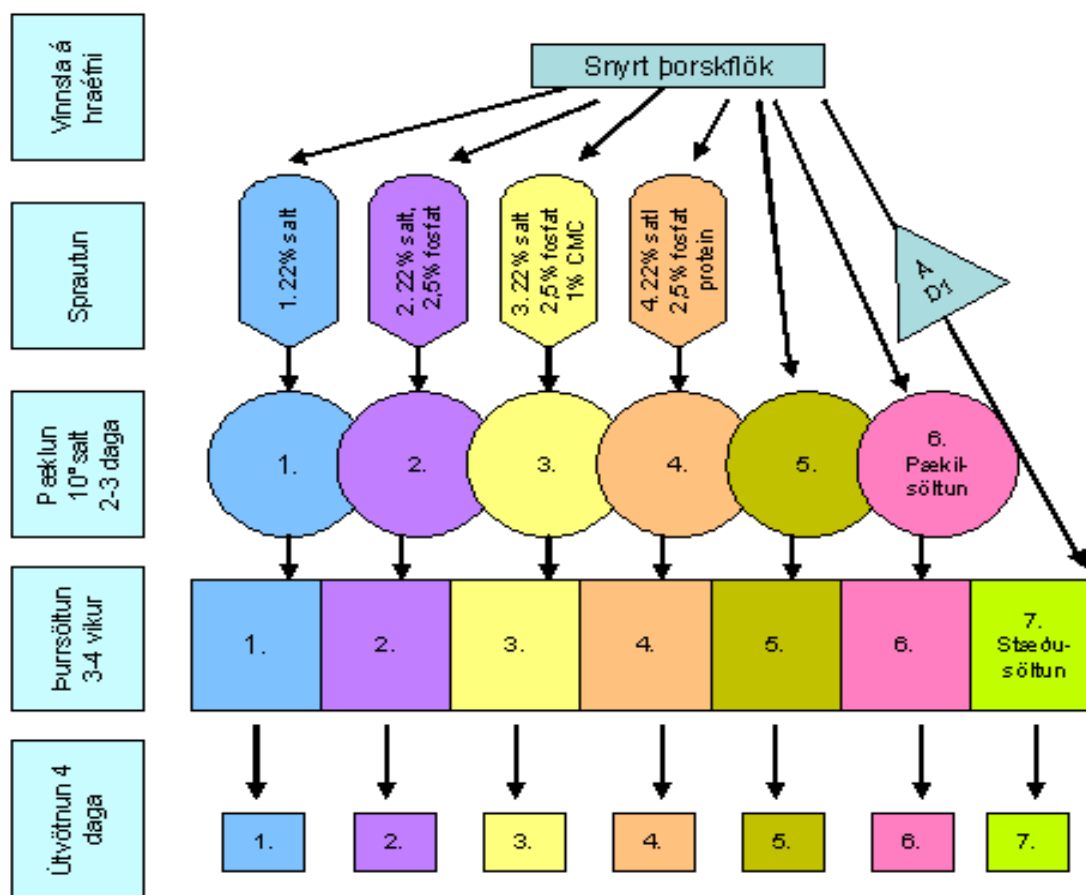
Markmið tilraunarinnar var að kanna áhrif mismunandi verkunaraðferða, sprautusöltunar, pæklunar, pækilsöltunar og þurrsöltunar á efnis- og eðliseiginleika vöðvans. Við sprautun voru notuð fiskprótein, fosfat og/eða salt. Lögð var áhersla á að skoða afurðir m.t.t. bragðs, lyktar og áferðar með skynmati til að fá vísbendingar um hvernig afurðir sem verkaðar hafa verið á mismunandi hátt gætu fallið neytendum í geð. Þessir þættir voru tengdir mælingum á sérhæfðum örverum, niðurbrotsefnum, bragð- og lyktarefnum. Tilgangurinn var að geta sýnt fram á hvaða ferlar væru að skila hágæðaaufurðum og hver tengsl við nýtingu væru.

Þar sem sprautun getur haft veruleg áhrif á vatnsmagn í vöðvanum og að einhverju leyti líka á hreyfanleika var talið nauðsynlegt að gera samanburð á þurrkeiginleikum afurða. Með því móti mátti sannprófa kenningar um að erfitt sé að þurrka fosfatbættan og sprautaðan fisk.

2 Framkvæmd

2.1 Söltunarferlar

Á tímabilinu 6. febrúar til 6.mars 2006 fór fram tilraun á sjö mismunandi saltfiskverkunum hjá Þorbirni Fiskanesi hf. í Grindavík. Hráefnið sem var notað í tilrauninni var línufiskur. Fyrir hverja saltfiskverkunaraðferð voru 45 til 50 flök valin af handahófi eftir flökun til notkunar í ferlunum. Flökin voru merkt með kindamerkjum og vegin meðhöndluð (Mynd 1).



Mynd 1: Verkunarferill þorsflaka. Hópar 1-4: sprautaðir með mismunandi pækli, pæklun í 2 daga, þurrsöltun í 4 vikur. Hópur 5: engin sprautun, pæklun, þurrsöltun. Hópur 6: engin söltun eða pæklun, þurrsöltun í vatnsheldu kerfi í 3 daga, þurrsöltun í 4 vikur. Hópur 7: engin sprautun eða pæklun, þurrsöltun í 4 vikur.

Flök úr fjórum hópum (1-4) voru sprautusöltuð strax eftir snyrtingu með mismunandi sprautublöndum, þ.e. ýmist (1) eingöngu salti, (2) blöndu af salti og fosfati, (3) blöndu af salti, fosfati og carboxymethylcellulosa (CMC) eða (4) blöndu af salti, fosfati og vatnsrofnunum próteinum.

Fosfat notað í tilrauninni var Carnal 2110 (FN 02-110, Batch no. A65064A) (Baden, Rheinstrasse 27, D-55257 Baden, Þýskaland). Sprautuvélina sem var notuð var

FOMACO FMG 64/256F (FOMACO Food Machinery Company, Sandvådsvej 9, DK-4600 Koga, Danmörk). Þrýstingur við sprautun var 1,1 bar, lofthitastig 13.8 °C og hitastig fisksins 5.6 °C.

Próteinblandan í aðferð 4 var útbúin úr saltfiskmarningi sem meðhöndlaður var með ensímum (Tafla 1). Saltaðir fiskafgangar sem síast frá í sprautuvélinni voru settir í marningsvél. Marningurinn var hreinsaður og 5 kg sýni tekið til frekari vinnslu. Ensímum og 55 °C hitaveituvatni frá Svartsengi var blandað við marninginn og hrært í 45 mín. Ensímin leystu fiskinn upp við þessar aðstæður. Saltpækli (12°Bau saltpækli) var bætt við til að þynna blönduna og gera hana meira fljótandi. Lausnin var síuð í loðnuhrognasigti til að fjarlægja blóðrestir og hringorma og síðan sett í glerkrukkur og geymd í 72 °C vatnsbaði í 75 mín en svo kæld í 60 mínútur. Lausnin var geymd í kæli fram á tilraunadag þegar henni var sprautað inn í flök ásamt salti og fosfati skv. töflu 1.

Tafla 1: Próteinblönduuppskrift

Hráefni	Magn (kg)	Hlutfall		
		(%)	Hlutfall salt (%)	Hlutfall vatn (%)
Marningur fullsaltaður	5	17,2		
Vatn heitt	3,75	12,90		100
Ensím	0,005	0,01		
Saltpækli 12°Bau	5,5	18,9	12,0	88,0
Fosfat (Carnal)	0,65	2,2		
Saltpækli 22 °Bau	14,1	48,7	22,9	77,1
Samtals	29,1	100		

Blöndur 1 og 2 eru þær sem mest eru notaðar í iðnaðinum til innsprautunar, en blöndur 3 og 4 innihalda hins vegar efni sem hingað til hafa ekki verið mikið notuð í flök (Mynd 1). Eftir sprautun fóru allir hóparnir í gegnum hefðbundinn saltfiskferil eins og hann er almennt í dag, þ.e. pæklun (10°Bau) í tvo daga, þar sem hlutfall fisks og pækils er 1:1 og síðan þurrsöltun fram að pökkun. Til að sjá áhrif sprautunar var einn hópur meðhöndlaður á sama hátt, að frátaldri sprautuninni (aðferð 5). Hópar 6 og 7 voru verkaðir samkvæmt eldri aðferðum, þ.e. (6) pækilsöltun og (7) stæðu-/þurrsöltun. Í báðum tilfellum voru flökin þurrsöltuð strax eftir snyrtingu, annars vegar í vatnsheldu keri (6) og hins vegar í keri með götum svo að vatnið úr flökunum gæti lekið af. Pækilsöltuðu flökin voru endursöltuð í kassa með götum eftir þrjá

daga. Kassarnir voru geymdir í kæligeymslu við 2°C í fjórar vikur. Að fjórum vikum liðnum var saltfiskurinn tekinn úr saltkössunum, veginn og gæðametinn. Flökin voru geymd við 0-2°C í pappakössum fram að mælingum og útvötnun. Útvötnun saltfisksins fór fram eins og hér segir: Fiskurinn var fyrst útvatnaður í 24 klst og hlutfall fisks og þækils var 1 á móti 5 (útvötnun 1), þá tók við útvötnun í þrjá daga með hlutfall fisks og þækils 1 á móti 5,5 (útvötnun 2).

2.2 Þurrkunarferlar

Dagana 13.-21. júlí fór svo fram þurrkunartilraun á saltfiski úr hópum 1 (sprautaður með salti), 2 (sprautaður með salti og fosfati), 5 (þæklaður) og 7 (stæðusaltaður) til að meta áhrif söltunaraðferða á þurrkeiginleika fisksins. Þurrkunin fór fram í þurrkklefum Haustaks hf á Reykjanesi. Haustak nýtir gufu til að þurrka hause, hryggi og löngu. Haustak þurrkaði löngu í klefanum en tvær stæður, staðsettar næst hurð, voru notaðar fyrir fiskinn í þurrktilrauninni. Notuð var ein stæða fyrir flökin, hin fyrir flattan fisk frá Vísi hf. Hafður var sá háttur á að raða fjórum flökum á hverja grind, þ.e.a.s reynt var að hafa eitt flak úr hverjum hóp á hverri grind. Þar sem hver flokkur hafði að geyma mismunandi fjöldi flaka (Tafla 2) var aukafiskum raðað fjórum saman á grind.

Tafla 2. Fjöldi flaka í hóp

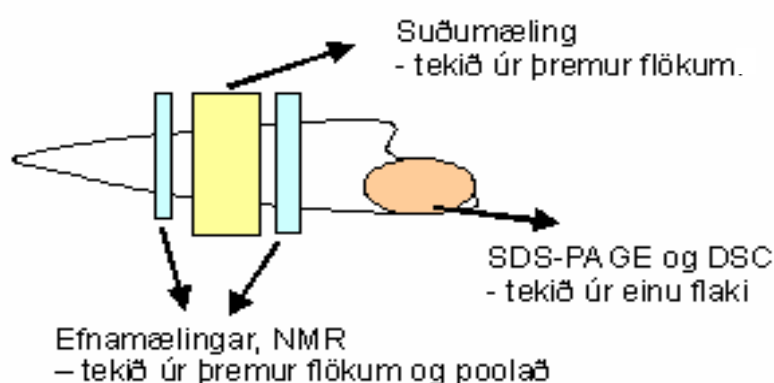
Hópur	Fjöldi
Hópur 1	10
Hópur 2	6
Hópur 5	7
Hópur 7	11

Til þess að fylgjast með rakastigi og hitastigi í klefanum voru settir þar sex síritar, sem skráðu hitastig og rakastig í klefanum (Mynd 2). Meðalhitastig var um 17°C and rakastig um 55%. Einnig var notaður lofthraðamælir til að fylgjast með þurrkskilyrðum. Lofthraði var 1,7 m/s efst í stæðu, 0,7 m/s í miðri stæðu og 1,4 m/s neðst í stæðu.

Tafla 4. Mælingar á flökum við þurrkun. Efna- og eðliseiginleikar voru mældir á efnastofu Rf

Sýni	Vatn og salt	WHC	Nýting
Saltfiskur	X	X	X
Þurrkun 70 klst	X	X	X
Þurrkun 120 klst	X	X	X
Þurrkun 170 klst	X	X	X

Fyrir efna- og NMR-mælingar (Nuclear Magnetic Resonance) voru sýni tekin á tveimur stöðum úr hverjum einstaklingi og blönduð saman (poolað) fyrir mælingar til að fá meðaltalsgildi fyrir hvern hóp (mynd 2). Miðbitar voru notaðir heilir til skynmatsmælinga og við mat á suðunýtingu (n=3).



Mynd 4: Sýnataka úr flökum. Miðstykkið var notað í suðumælingar og flakarendur sitt hvoru megin við miðstykkið fyrir efnamælingar og NMR.

2.4 Nýting

Flökin voru vegin í öllum skrefum söltunarferlanna til að fylgjast með þyngdarbreytingum hvers skrefs um sig auk ferilsins í heild. Nýting ferils er skilgreind sem hlutfall vigtar flakanna eftir meðhöndlun og vigtar þeirra fyrir meðhöndlun. Þannig má sjá skilgreiningar á nýtingu eftir þæklun, þurrsöltun, útvötnun og suðu fyrir hvert flak í viðauka A.

Verkunarnýting frá ósöltuðu flaki til saltfisks má svo fá með því að margfalda saman nýtingarstuðla (η) hvers skrefs (eða með því að nýta upplýsingar um þyngd fyrir og eftir söltun).

$$\eta_{\text{verkunarferill}} = \eta_{\text{þæklun}} \eta_{\text{þurrsöltun}} = \frac{m_{\text{efir, söltun}}}{m_{\text{snýrting}}} \quad (2.1)$$

Útvötnunin af saltfiskinum var framkvæmd í tveimur þrepum og var nýting hvers þreps reiknuð út frá þyngd flakanna fyrir og eftir hverja útvötnun. Heildarnýtingu eftir útvötnunina má því fá með jöfnunni:

$$\eta_{\text{útvötnun,alls}} = \eta_{\text{útvötnun,1}} \eta_{\text{útvötnun,2}} \quad (2.2)$$

Við þurrkun voru sýni tekin við tvö tilfelli úr hverju flaki við þurrkunina og flökin vigtuð fyrir og eftir sýnatöku. Eftir sýnatöku voru bitarnir færðir saman til að minnka hlutfallslegt yfirborð sem jókst við skurðinn. Hlutfallslegt þyngdartap við hvert þurrkunarstref var notað til að finna heildarþyngdartap við þurrkunina, en nýting þurrkunarferlisins var skilgreind sem:

$$\eta_{\text{þurrkun}}(\%) = \frac{m_{\text{eftir,þurrkun}}}{m_{\text{fyrir,þurrkun}}} * 100 \quad (2.3)$$

Við útreikninga á heildarnýtingu var alltaf miðað við þyngd eftir vinnslu (eða snyrtingu) en ekki þyngd á slægðum fiski, t.a.m. var heildarnýting eftir útvötnun reiknuð sem:

$$\eta_{\text{heild, eftir útvötnun}} = \eta_{\text{verkun}} \eta_{\text{útvötnun}} = \frac{m_{\text{útvötnun}}}{m_{\text{snyrting}}} * 100 \quad (2.4)$$

2.5 Suðunýting

Suðunýting hópanna var mæld með því að gufusjóða þrjá fiskbita úr hverjum hópi við 95-100 °C í 12 mínútur í Convostar ofni (Convotherm, Elektrogeräte GmbH, Eglfing, Þýskaland). Sýnin voru hituð á grind til þess að umframvatn gæti runnið frá sýnunum. Sýnin voru þá látin kólna niður fyrir a.m.k. 25 °C við stofuhita áður en þau voru vigtuð (Mettler Toledo SB 16001 DR, ± 0.01 g, Mettler Instruments AG, Greifensee, Sviss).

2.6 Efna- og sýrustigsmælingar

Sameinuð sýni þriggja flaka úr hverjum hópi voru notuð til efnamælinga. Tekin voru sýni frá tveimur stöðum af hverju flaki (Mynd 4) og sýnin hökkuð saman í matvinnsluvél. Tekin voru sýni á öllum stigum söltunarferlanna.

Vatnsinnihald sýnanna var mælt sem massatap við þurrkun sýna við $103 \pm 2^\circ\text{C}$ í fjórar klukkustundir (ISO 6496, 1999). Próteininnihald var metið með aðferð Kjeldahls (ISO 5983-2, 2005) og saltinnihald með því að mæla klóríð eftir útdrátt úr hökkuðum sýnum með vatni sem inniheldur saltpéturssýru. Klórmagnið er fengið með títrun lausnarinnar með silfurnítrati. (AOAC 976.18, 17th ed., 2000).

Sýrustig (pH) sýnanna var mælt með því að stinga stunguelektroðu (SE 104, Mettler Toledo GmbH, Greifensee, Sviss) beint í hökkuð sýnin við $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Stunguelektroðan var tengd sýrustigsmæli (Portames 913 pH, Knick, Berlin, Þýskaland).

Ákvörðun á TCA-leysanlegu köfnunarefni (N) var ákvarðað með aðferð Kjeldahls með eftirfarandi undirbúningi: Prótein í 20 g af fiskihakki voru felld út í 50 ml af 10% tríklóredíksýru (TCA) og með spuna í skilvindu. Síðan voru um 10 g af vökva vegin nákvæmlega til mælinga á köfnunarefni (Love et al., 1974; Ironside and Love, 1958). Niðurstöður voru gefnar sem % próteina í vökvanum ($N * 6,25$). Til að reikna % TCA-leysanlegs N í sýninu voru því gildi margfölduð með $70/(20*6,25)$ þar sem einnig var leiðrétt fyrir þynningu sýnis með sýrunni.

Ein algengasta aðferðin sem notuð er við gæðamat á fiski er byggð á magngreiningu á reikulum bösum (TVB-N) í fiskholdinu. Strax eftir dauða fisks hefjast margskonar niðurbrotsferli sem orsaka myndun ýmissa efnasambanda er valda óbragði og/eða ólykt. Þessi ferli er hægt að tefja, t.d. með ísun, frystingu eða öðrum þekktum geymsluaðferðum. TVN-greining var framkvæmd með útdrætti í 7,5% TCA lausn og eimingu í bórsýru í 4 mínútur (Struer TVN, Kjeldalh-type distillator). Innihald safnflöskunnar var þá títruð með þynntri H_2SO_4 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 (AOAC 920,03, 17th ed., 2000).

Þránun fitu var metin út frá mælingum á TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) sem gefur til kynna magn af 2. stigs myndefnum eða aldehýðum. Notuð var aðferð sem lýst var af Vyncke (1975) sem hafði verið aðlöguð að minna sýnamagni. Magn sýnis var 15 g og var það blandað með 30 mL af 7.5% trichloroacetic sýru sem innihélt 0,1% af bæði propyl gallate og EDTA. Mælingar á ljósgleypni sýna og staðla fóru fram við 530/600 nm í UV-ljósgleypnimæli. TBARS var reiknað sem μmol malondialdehyde per kilogram af sýni (μmol MDA/kg). Malondialdehyd-bis-(diethyl acetate) var notað sem staðall.

2.7 Vatnsheldni

Vatnsheldni sýnanna var mæld með aðferð sem lýst var af Eide og fleirum (1982). Um 2 grömm sýnis eru vigtuð nákvæmlega í glas og þau sett í skilvindu (Sorvall RC-5B, Dupoint Company, USA) í 5 mín við 210g (1300 snún/mín) snúningshraða og hitastig á bilinu 2-5 °C. Vatnsheldni (WHC %) reiknast þá sem hlutfall vatns í sýninu eftir keyrslu og vatns í sýninu fyrir keyrslu. Ekki reyndist unnt að mæla vatnsheldni sýnanna eftir þæklun vegna bilunar í skilvindu.

2.8 Vatnsvirkni

Vatnsvirkni sýna skiptir höfuðmáli þegar kemur að geymsluþoli matvæla og stjórnun á örveruvexti. Vatnsvirkni sýnanna var mæld við 25 °C í Novasina Aw-center vatnsvirknimæli (Novasina AG, Axair Ltd., Pfäffikon, Sviss), en mælirinn mælir hlutfallslegan jafnvægisraka (relative equilibrium humidity) sýnanna, ϕ_{eq} í prósentum. Vatnsvirknin var skilgreind sem hlutfall vatnsgufuþrýstings í fiskinum og vatnsgufuþrýstings hreins vatns við sama hitastig og má reikna skv. jöfnunni:

$$a_w = \frac{\phi_{eq}}{100} \quad (2.4)$$

Vatnsvirkni gefur gjarnan betri vísbendingar um gæði og heilnæmi matvæla, en vatnsinnihald sýnanna.

2.9 Örverumælingar

Heildarörverutalningar og talningar á H₂S-myndandi gerlum voru gerðar á járnagar með 0,5% NaCl samkvæmt lýsingu Gram ofl. (1987). Áhellingaraðferð var notuð og skálar ræktaðar við 22°C í 3 daga. Ennfremur voru gerðar talningar á járnagar með 10 % NaCl við 22°C í 5 daga. Gerlar sem mynda svartar kólóníur á þessu æti framleiða H₂S úr þíósúlfati og/eða cysteini.

2.10 Gæðamat á saltfiski

Gæðamat á saltfiskinum var framkvæmt af faggildum einstaklingi, Bjarka Guðmundssyni starfsmanni Þorbjarnar Fiskaness hf., samkvæmt stöðlum iðnaðarins. Gæðamatið fór fram

samstundis og fiskurinn var tekinn upp úr saltkörunum. Saltfiskflökunum var gefin einkunn eftir lit, áferð, gapi og fleiri þáttum (Tafla 5).

Tafla 5: Gæðaflokkun á saltfiskflökum. Skilgreining á gæðaflokkum.

Flokkur	Lýsing
A	Ljós og þykk flök án blóðbletta og loss
B	Flök sem vegna smávægilegra galla komast ekki í flokk A. Dekkri, þynnri eða með löng göp
C	Flök með galla, s.s. los ofl. Liturinn er of dökkur til að geta flokkast til flokks B. Rauðar mislitanir í flökunum (vegna vaxtar saltkærra gerla) eða gulir blettir (vegna koparhvataðrar oxunar á fitu) leiða til C flokkunar á flökum.

2.11 Skynmat

2.11.1 Flakamat

Markmiðið var að þróa aðferð til að meta hrá saltfiskflök og greina mismunandi eiginleika eftir mismunandi söltunaraðferðum. Til grundvallar var notuð skýrsla “Sensorisk kvalitet på modnet saltfisk og klippfisk. Effekter av råstoff, saltemetoder og lagringstid” eftir Joensen og fl. (2005), ásamt upplýsingum frá Kristínu Lauritzsen (frá Fiskeriforskning) sem tók þátt í verkefninu. Aðferðin byggði á því að dómari gefur stig fyrir skilgreinda matsþætti sem í þessu tilfelli voru skilgreindir fyrir lit á flökum, bletti, los og lykt. Hver matsþáttur var metinn og gefin stig frá 0-2 eða 0-3 sem síðan voru lögð saman í eina heildareinkunn. Þannig fékkst ein heildareinkunn fyrir hvert sýni.

Þrettán dómarar tóku þátt í þróun matsins um leið og þjálfun fór fram. Þeir tóku þátt í umræðu um matsþætti og prófuðu og komu með athugasemdir ef eitthvað vantaði eða átti ekki við. Alls hittust dómarar þrisvar sinnum í þessu þjálfunar- og þróunarferli. Að því loknu voru fimm flök úr sjö tilraunahópum (mismunandi verkunaraðferðir) metin, alls 35 flök, í þremur umferðum skynmats (11-12 flök í einu). Flök voru lögð á hvítt borð og merkt þriggja stafa númerum þannig að dómarar vissu ekki um uppruna flakanna. Að minnsta kosti 10 dómarar tóku þátt í hverri umferð. Úrvinnsla flakamatsins var þannig að meðaltal stiga fyrir hvern matsþátt var reiknað og einnig meðaltal summu stiga. Kannaður var marktækur munur milli sýnahópa í tölfræðiforritinu NCSS, $p < 0,05$.

2.11.2 Skynmat á soðnum saltfiski

Skynmat á soðnum saltfiski var framkvæmt eftir QDA aðferð (Quantitative Descriptive Analysis), þar sem skilgreindir matsþættir fyrir útlit, lykt, bragð og áferð eru metnir af þjálfuðum skynmatshópi (Stone and Sidel, 1985).

Þrettán dómarar, sem allir höfðu reynslu í skynmati (ISO, 1993) og þekktu vel aðferðina, tóku þátt í skynmatinu. Þjálfun dómara fór fram í þremur umferðum þar sem farið var yfir matsþætti sem notaðir voru og þekkt mismunandi sýni metin. Matsþættir sem höfðu áður verið skilgreindir (Magnússon og fl., 2006) voru metnir eftir styrk eða einkennum á ókvarðari línu sem í úrvinnslu var kvörðuð frá 0-100 og meðaltal dómara reiknað. Eftirfarandi matsþættir voru metnir fyrir útlit (ljós/dökkur litur einsleitur/mislitur, flögur), lykt (einkennandi, sæt/soðin mjólk, sjávarlykt, smjörlykt, jarðlykt/soðnar kartöflur, borðtuskulykt, súr, klór, TMA, brennisteinslykt), bragð (verkunarbragð, salt, sætt, sjávarbragð, smjörbragð, jarðbragð, súrt, TMA, rammt, klórbragð, frystibragð) og áferð (mýkt, safi, meyrni, gúmmí, froðukennt, stamur).

Sýni fyrir skynmat voru undirbúin þannig að útvötnuð flök voru skorin í um 40 g bita en sporðhluta sleppt. Hver bita var gufusóðinn við 95-100°C í 7 mínútur í forhituðum ofni (Convotherm Elektrogeräte, GmbH, Eglfing, Þýskaland) með lofthringrás og gufu. Sýnin voru metin strax eftir suðu. Hver dómari mat þrjú sýni úr hverjum hópi í handahófskenndri röð, mest fjögur sýni í einu í hverri umferð skynmats.

Tölvuforritið FIZZ (version 2.0, 1994-2000 frá Biosystemes) var notað við uppsetningu, framkvæmd og gagnasöfnun skynmats. Í tölfræðiúrvinnslu voru QDA gögn leiðrétt fyrir mismunandi notkun á skala skv. aðferð lýst af Thybo & Martens (2000). Skynmatseinkenni (leiðrétt gildi) saltfiskhópanna voru skoðuð með höfuðþáttagreiningu (Principal Component Analysis-PCA) í tölfræðiforritinu Unscrambler® (Version 8.0, CAMO, Trondheim, Norway). ANOVA og Duncan's próf voru framkvæmd í NCSS 2000 (NCSS, Utah, USA) til að greina hvort saltfiskhóparnir væru mismunandi með tilliti til skynmatsþátta.

2.12 Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Lágsviðs kjarnaspunatæki af gerðinni Bruker mq 20 (Bruker Optics GmbH, Am Silberstreifen D-76287 Rheinstetten, Þýskaland) með 20 megariða tíðni og 0.47 T segulsvið var notað við NMR mælingar á sýnunum. Fyrir NMR mælingar voru 0.5 g sýni vigtuð í sýnaglös sem voru 10 mm að þvermáli. Sex prufur voru teknar fyrir hvern hóp um sig við hvert tilfelli. Til að

gæta þess að nákvæmnin væri sem mest og til að bæta tölfræði, voru allar NMR mælingar framkvæmdar þrisvar. Sýnin voru geymd í Julabo FP50-MC kælibaði á milli mælinga til að gæta að hitastigsstöðugleika sýnanna við mælingar. Hitastigi tækisins var haldið við 2 °C á meðan mælingum stóð með því að leiða loft, kælt með fljótandi köfnunarefni, í gegnum tækið.

2.12.1 Vatnsmælingar

Til að mæla vatnsinnihald sýnanna þurfti að kvarða tækið með tilliti til vatnsinnihalds í sýnunum. Notast var við niðurstöður úr efnamælingunum (þurrkun við 103 °C í 4 klst) við gerð kalibreringarinnar. Sýnin sem notuð voru við kvörðunina eru sýni úr tilrauninni. Stillingarnar sem notaðar voru í mælingunum voru, NS = 4, RD = 2, RG = 70 dB, DS = 0 og greiningarhorn 244 fyrir ferskan fisk og útvatnaðan, en fyrir saltfiskinn var RG=72 dB og narrow detection angle 253°.

2.12.2 Relaxation tímar

2.12.2.1 Longitudinal relaxation tímar, T_1

Longitudinal relaxation tími sýnanna var mældur við 2 °C. Þessi stærð er mælikvarði á hreyfanleika vetnisatóma (mobility) í sýnunum. Mono-exponential nálgun var notuð til að nálgast relaxation ferilinn. Þar sem saltfiskur inniheldur miklu minna vatn en ferskur fiskur var nú nauðsyn að breyta mælistillingum á NMR tækinu. Til að fá sem besta svörun þurfti að breyta mögnuninni í tækinu (Receiver Gain), en mögnunin er háð greiningarhorninu (detection angles) Tækjastillingar fyrir NMR mælingar á ferskum fiski annars vegar og saltfiski hins vegar má sjá í töflu C1 í viðauka C.

2.12.2.2 Transversal relaxation tímar, T_2

Þá var transversal relaxation tími sýnanna mældur við 2°C. Þessi mælistærð gefur til kynna dreifingu vatns í holrými í sýninu og hversu fastbundnar vatnssameindirnar eru. Stillingar við mælingar eru þær sömu og við T_1 mælingar, nema að bandviddin er þröng (narrow) og fjöldi mælipunkta er nú 200. Bil á milli rafpúlsa var 1 ms. Bi-exponential nálgun var notuð til að meta relaxation ferilinn en slík nálgun reyndist ekki henta fyrir þæklðu sýnin, sem sýndu mono-exponential hegðun. Því var mono-exponential nálgun einnig framkvæmd á öðrum sýnum til viðmiðunar.

2.13 Tölfræðileg úrvinnsla

Tölfræðileg úrvinnsla gagna var framkvæmd í Microsoft® Office Excel 2003 og Matlab 6.5 (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Hrágögn úr NMR mælingum eru fengin með Bruker Minispec hugbúnaði (Bruker Optics, GmbH, Am Silberstreifen D-76287 Rheinstetten, Þýskaland).

3 Niðurstöður og umræður

3.1 Nýting við verkun

Þyngdarbreytingar hópa við hvert verkunarþrep voru ákvarðaðar með því að bera saman þyngd fisksins fyrir og eftir hvert ferlaþrep. Nýting sprautaðra hópa fór í 125-127% eftir þæklun, nýting fiska sem aðeins voru þæklaðir var 111%, en nýting þækilsaltaðs hóps 74% (Tafla 6). Eftir þurrsöltun kom í ljós að sprautaðir hópar héldu um 80-83% af þyngd sinni eftir þæklun en aðrir hópar um 69-72%.

Breytingar í nýtingu við söltun hafa verið tengdar afmyndun próteina og vatnsheldnieiginleikum vöðvans við mismunandi saltstyrk. Hámarksvatnsheldni fæst þegar saltinnihald í vöðvanum er 6%, en þegar saltinnihaldið nær 9-10 % fara próteinin í vöðvanum að afmyndast og tapa þannig vatnsheldnieiginleikum sínum (Duerr og Dyer, 1952). Þetta skýrir lækkun nýtingar eftir þurrsöltun.

Tafla 6: Nýting eftir þæklun eða þækilsöltun annars vegar og eftir þurrsöltun hins vegar (hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun) (meðaltal $\pm$ st.frv, n=37-40)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Þyngdarbr. eftir sprautun og/eða þæklun/þækils. (%)	Þyngdarbr. við þurrsöltun (%)	Fjöldi flaka (n)
1-Spr	22%S	127 $\pm$ 4	80 $\pm$ 2	38
2-Spr	22%S+2,5F	125 $\pm$ 4	82 $\pm$ 2	39
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	125 $\pm$ 3	83 $\pm$ 2	38
4-Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	125 $\pm$ 4	82 $\pm$ 2	37
5-Pækl		111 $\pm$ 3	72 $\pm$ 2	38
6-Pækils		74 $\pm$ 1	69 $\pm$ 1	37
7-Stæðu		-	70 $\pm$ 1	40

Eftir þæklun og þurrsöltun var nýting hæst í sprautuðum fiski (1-4), en lægst í þækilsöltuðum (6) og stæðusöltuðum fiski (7). Ekki var marktækur munur á milli hópa eftir samsetningu sprautupækils. Þó bentu niðurstöður til að þyngdaráukning við sprautun og þæklun væri heldur meiri þegar um hreinan saltþækil var að ræða. Hins vegar var þyngdartap við þurrsöltun meira þegar þækill innihélt fosfat eða prótein. Notkun vatnsrofinna próteina skilaði sama árangri og fosfat. Niðurstöður studdu fyrri rannsóknir um jákvæð áhrif fosfats á nýtingu (Arnesen og Dagbjartsson, 1974; Thorarinsdóttir 2001).

3.2 Nýting við útvötnun

Ekki reyndist marktækur munur ($p>0,05$) á nýtingu við útvötnun milli söltunaraðferða, þó var þyngdaraukning sprautaðra hópa heldur lægri en annarra hópa (Tafla 7). Neikvætt línulegt samband var á milli verkunarnýtingar og útvötnunarnýtingar, þ.e. þeir hópar sem voru með hæsta verkunarnýtingu juku þyngd sína minnst við útvötnun.

Tafla 7: Nýting eftir útvötnun (hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun) (meðaltal $\pm$ st.frv, n=13-22).)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Heimtur eftir útvötnun 1 (%)	Heimtur eftir útvötnun 2 (%)	Heimtur eftir útvötnun alls (%)	Fjöldi (n)
1-Spr	22%S	122 $\pm$ 2	107 $\pm$ 3	131 $\pm$ 3	13
2-Spr	22%S+2,5F	120 $\pm$ 2	109 $\pm$ 5	129 $\pm$ 3	22
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	120 $\pm$ 2	108 $\pm$ 4	130 $\pm$ 4	15
4-Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	120 $\pm$ 2	107 $\pm$ 2	129 $\pm$ 3	13
5-Pækl		122 $\pm$ 2	110 $\pm$ 2	134 $\pm$ 3	23
6-Pækils		126 $\pm$ 2	109 $\pm$ 2	137 $\pm$ 3	13
7-Stæðu		123 $\pm$ 3	111 $\pm$ 2	137 $\pm$ 2	23

Við útvötnunina flæddi vatn inn í vöðvann, en salt í gagnstæða átt. Vöðvinn bólгнаði þá út á ný með lækkanði saltstyrk og vatnsheldnieiginleikar jukust. Þetta leiddi til þyngdaraukningar við útvötnunina. Einnig má sjá að heimturnar jukust mest í fyrri útvötnuninni, en það má skýra af því að salt- og vatnsgradientar voru stærri við fyrri útvötnunina, sem leiddi til hraðara flæðis vatns inn í vöðvann og salts út úr vöðvanum.

3.3 Suðunýting

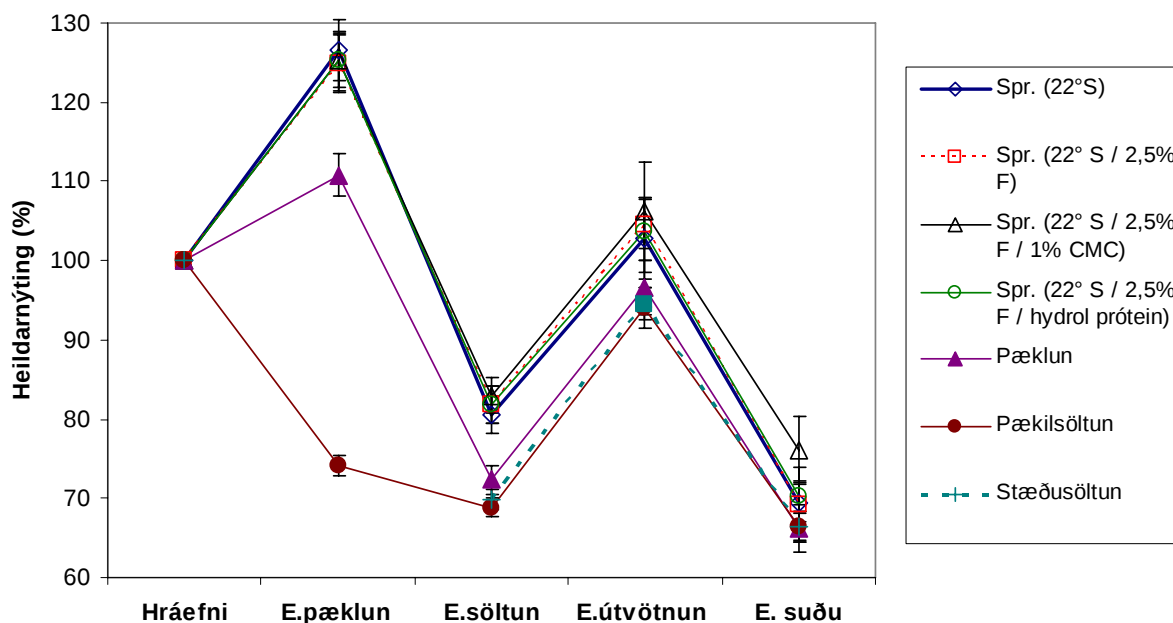
Suðunýting útvatnaðs fisks var borin saman við suðunýtingu hráefnisins (Tafla 8). Lítill munur reyndist vera á milli suðunýtingu flaka eftir söltunaraðferð, en marktækur munur ($p<0,05$) var á milli suðunýtingar á söltuðum flökum og hráefni. Hráefnið hafði hærri suðunýtingu en útvatnaði fiskurinn. Saltinnihald var herra í útvatnaða fiskinum, sem gæti dregið úr dripi við suðu. Hins vegar olli verkunin óafturkræfum breytingum á próteinum og þar með lakari vatnsheldnieiginleikum fiskvöðvans.

Tafla 8: Suðunýting (hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun) (meðaltal $\pm$ st.frv, n=3).

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Heimtur eftir suðu (%)
0	Hráefni	75 $\pm$ 4
1-Spr	Sprautun 22%S	65 $\pm$ 2
2-Spr	Sprautun 22%S+2,5F	66 $\pm$ 3
3-Spr	Sprautun 22%S+2,5%F+1%CMC	69 $\pm$ 1
4-Spr	Sprautun 22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	67 $\pm$ 1
5-Pækl	Pæklun	68 $\pm$ 3
6-Pækils	Pækilsöltun	71 $\pm$ 3
7-Stæðu	Stæðusöltun	70 $\pm$ 1

3.4 Heildarverkunarnýting miðað við hráefnisþyngd

Heildarnýting eftir hvert ferlaþrep var reiknuð sem hlutfall þyngdar eftir hvert verkunarþrep og hráefnisins. Þannig mátti fylgja þyngdarbreytingunum á flökunum í gegnum allan ferilinn (Mynd 5). Sá ávinningur sem náðist með sprautun hélst nokkuð vel í gegnum öll þrep eins og verður útlistað nánar hér á eftir.



Mynd 5: Heildarnýting hvers þreps miðað við ósöltuð flök.

Áður en fiskurinn var þurrsaltaður, þ.e. eftir þæklun eða þækilsöltun, var heildarnýting sprautaðra flaka mun hærri (124,8-126,6%) heldur en þæklaðra (110,8%) og þækilsaltaðra flaka (74,1%). Eftir þurrsöltun var bæði munur á milli hópa m.t.t. þess hvort þeir voru sprautaðir eða ekki og einnig m.t.t. samsetningar þækils og söltunaraðferðar. Sprautun með fosfati og 1% CMC skilaði hæstri nýtingu en notkun hydrolyseraðra próteina var ekki að skila neinu umfram það að nota eingöngu fosfat (81,9%). Eldri aðferðir (5-7) voru með lægri nýtingu en sprautaðir hópar, en þæklun skilaði þar hæstri nýtingu, þ.e. þæklun 72,3%, þækilsöltun 68,8% og þurrsöltun 69,9%. Eftir útvötnun var munur á milli hópa aðeins tölfraðilega marktækur ($p < 0,05$) m.t.t. hvort þeir voru sprautaðir eða ekki, þó aftur væri tilhneiging til hæstrar nýtingar í flökum sprautuðum með 1% CMC (106,2%). Eftir suðu var sá hópur sem sprautaður var með 1% CMC með hærri heildarnýtingu (76,2%) en aðrir hópar (66,2-70,4%).

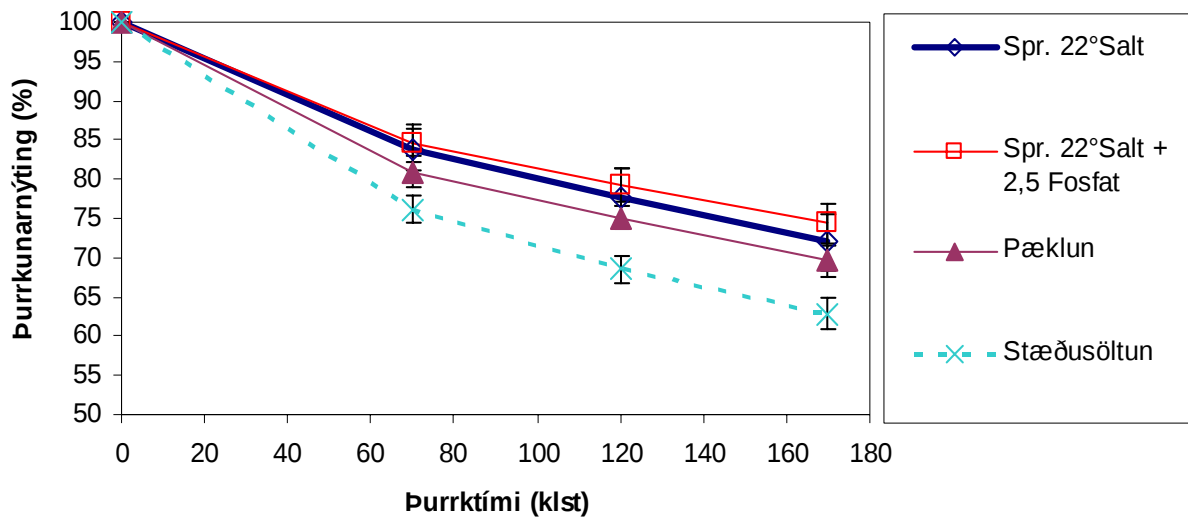
Tafla 9: Heildarnýting eftir hvert þrep miðað við ósöltuð flök. (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun) (meðaltal $\pm$ st.frv.)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	E.þæklun/þækils. (%) (n=37-40)	E.söltun (%) (n=37-40)	E.útvötnun (%) (n=13-22)	E. suðu (%) (n=3)
1-Spr	22%S	126,6 ^a $\pm$ 3,9	80,5 ^a $\pm$ 2,4	102,7 ^a $\pm$ 5,2	69,4 ^b $\pm$ 2,3
2-Spr	22%S+2,5F	124,8 ^a $\pm$ 3,7	81,9 ^b $\pm$ 2,4	104,6 ^a $\pm$ 3,1	69,1 ^b $\pm$ 4,7
3-Spr	22%S+2,5%F +1%CMC	125,4 ^a $\pm$ 3,4	83,0 ^c $\pm$ 2,3	106,2 ^a $\pm$ 6,2	76,2 ^a $\pm$ 4,2
4-Spr	22%S+2,5%F +Hydrol.pr.	125,4 ^a $\pm$ 3,6	81,9 ^b $\pm$ 2,3	103,6 ^a $\pm$ 4,3	70,4 ^b $\pm$ 1,9
5-Pækl		110,8 ^b $\pm$ 2,7	72,3 ^d $\pm$ 1,8	96,6 ^b $\pm$ 3,4	66,2 ^b $\pm$ 3,1
6-Pækils		74,1 ^c $\pm$ 1,2	68,8 ^e $\pm$ 1,1	94,1 ^b $\pm$ 2,6	66,5 ^b $\pm$ 1,8
7-Stæðu		$\pm$	69,9 ^f $\pm$ 1,3	94,6 ^b $\pm$ 2,1	66,4 ^b $\pm$ 1,9

^{a-f} Ekki var marktækur munur á milli gilda í hverjum dálki sem bera sama bókstaf

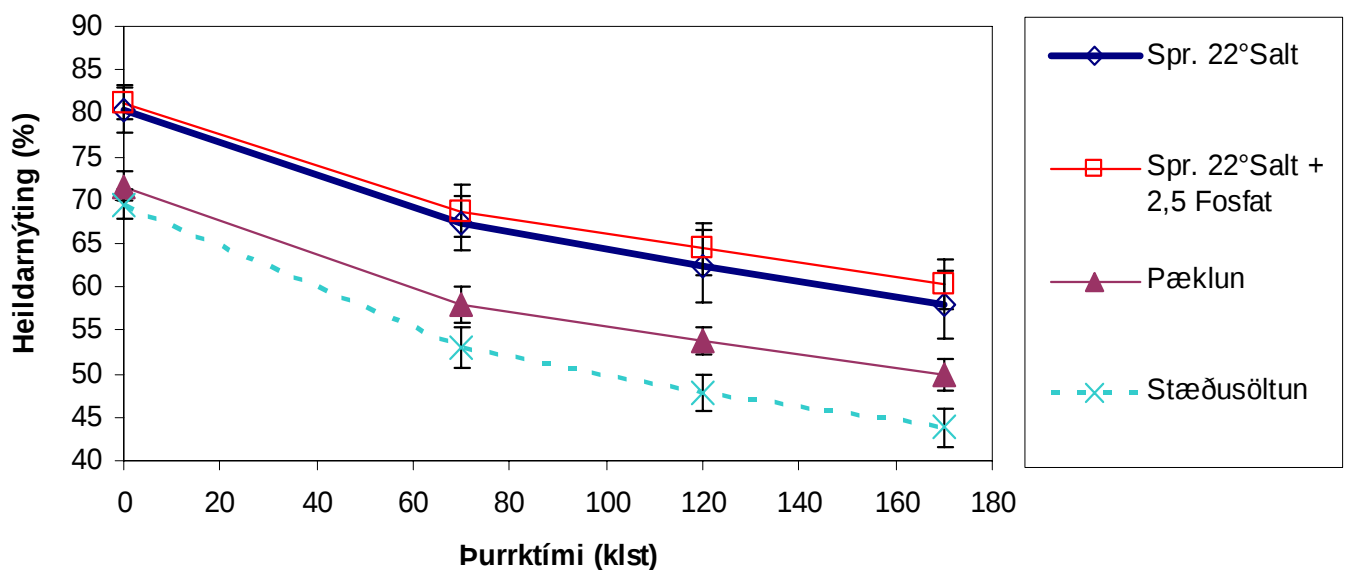
3.5 Þyngdarbreytingar við þurrkun

Nýting flakanna var ákvörðuð eftir hvert þurrkunarþrep með því að bera saman þyngd flakanna fyrir og eftir hverja sýnatöku. Þurrrhraði stæðusaltaðs fisks var meiri heldur en fyrir sprautaðan og þæklaðan fisk. Eftir 170 klukkustunda þurrkun hafði stæðusaltaður fiskur lést um 37%, þæklaður um 30%, fiskur sprautaður með saltpækli 28% og fiskur sprautaður með fosfati og salti um 26% (Mynd 6).



Mynd 6. Nýting við þurrkun þorskflaka í 170 klukkustundir (meðaltal $\pm$ staðalfrávik, $n=6-11$)

Ef tekið er tillit til þyngdarbreytinga við söltun var munur á milli hópa enn meiri. Heildarnýting eftir þurrkun er hæst fyrir sprautaða hópa (58-60%), því næst kemur pæklaður fiskur (50%) og síðan stæðusaltaður (44%) (Mynd 7).



Mynd 7. Heildarnýting þorskflaka eftir þurrkun í 0-170 klukkustundir (meðaltal $\pm$ staðalfrávik, $n=6-11$)

3.6 Efn- og sýrustigsmælingar

3.6.1 Efnainnihald próteinblöndu

Hreinn saltþækil til sprautunar og blöndunar við fosfat, CMC og próteinblöndu var með um 24% saltinnihald en þækil til þæklunar 11,7% saltinnihald. Efnainnihald próteinblöndunnar sem sprautað var inn í hóp 4 var mælt til samanburðar við uppskrift (Tafla 1). Meirihluti (76,9 %) blöndunnar var vatn, enda var blandan vel fljótandi og hentaði vel til innsprautunar. Prótein mældust um 4,6 % en saltinnihald 16,9 % (Tafla 10).

Tafla 10: Niðurstöður efnamælinga á próteinblöndu til innsprautunar

Mæling	Gildi	Mæling	Gildi
Vatn (%)	76,9	Prótein (%)	4,6
Salt (%)	16,9	TCA-leysanl. N (%)	0,26
pH	6,42		

Eftir þæklun var saltstyrkur í þækli mismunandi, eftir því hvort flökin voru sprautuð eða ekki fyrir þæklun. Saltstyrkur var 9,8-10,2% en þækil sem ósprautuð flök höfðu verið þækluð í var með 7,5% saltinnihald. Þækil úr þækilsöltun var með um 25,4% saltinnihald.

Hlutfall próteina var 0,55% í þækli flaka sem sprautuð voru með hreinum saltþækli en á bilinu 0,64-0,71% í þæklum annarra sprautuhópa. Þar sem flökin voru eingöngu sprautuð var hlutfallið 0,99% en 1,49% í þækli sem myndaðist við þækilsöltun. Hærra hlutfall í þækli þækilsaltaðra flaka skýrist af því að þækil myndaðist aðeins úr því vatni sem rann úr fiski við söltun en ekki var notaður tilbúinn þækil eins og við þæklun (Tafla 11). Að auki höfðu flökin verið lengur í þækilsöltun en í þæklun.

Tafla 11. Salt- og próteininnihald þækla eftir þæklun/þækilsöltun þorskflaka.

Hópur	Salt (%)	Prótein (%)
Spr. (22°S)	9,8	0,55
Spr. (22° S / 2,5% F)	10,2	0,75
Spr. (22° S / 2,5% F / 0,1% CMC)	9,8	0,71
Spr. (22° S / 2,5% F / hydrol prótein)	9,9	0,64
Þæklun	7,5	0,99
Þækilsöltun	25,4	1,49

3.6.2 Efnainnihald í vöðva við verkun og útvötnun

Vatnsinnihald í hráefninu var 81,7 %, sem var í samræmi við niðurstöður eldri rannsókna (Thorarinsdóttir ofl., 2002). Eftir þæklun eða þækilsöltun reyndist lítill munur á milli sprautaðra flaka (1-4) og flaka sem höfðu eingöngu verið þækluð (hópur 5). Hins vegar var nokkur munur á milli þessara hópa (1-5) (79,7-81,7%) og þækilsöltunar (hópur 6) þar sem vatnsinnihald var komið í 58% eftir söltun (Tafla 12). Við þækilsöltunina varð saltstyrkurinn í fiskvöðva mun hærri en við þæklun og vatnstap meira. Munur á milli sprautuaðferða var hins vegar ekki marktækur.

Tafla 12: Niðurstöður efnamælinga á hráefni og þækluðum/þækilsöltuðum afurðum (Hópur 0 er hráefni, hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Hópur	Vatn (%)	Salt (%)	Prótein (%)	TCA-N (mg N/100g)	pH	TVN (mg N/100g)	TMA (mg N/100g)	TBA (μmol/kg)
0	81,7	0,3	17,7	3,81	6,56	10,4	0,6	2,8
1-Spr-S	80,4	6,2	13,1	2,41	6,56	9,0	0,4	1,2
2-Spr-S+F	80,2	5,8	13,6	2,58	6,59	8,0	0,4	0,9
3-Spr -S+CMC	79,7	7,0	12,8	2,18	6,54	7,0	0,3	1,0
4-Spr -S+Hydrol.	80,9	5,7	12,6	2,63	6,3	8,7	0,4	1,7
5 (þæklaður)	80,3	5,1	14,1	2,41	6,22	12,1	3,8	2,4
6 (þækilsalt)	58,0	19,2	22,6	3,64	6,29	12,3	0,7	1,4

Við þurrsöltun lækkaði vatnsinnihald sýna niður í 55-60% (Tafla 13). Þetta má skýra með því að við hærri saltstyrk en 9-10% fara prótein að afmyndast, vöðvinn hættir að bóligna og taka upp vatn. Vatnsheldni minnkar og þar af leiðandi verður vatnsinnihald lægra.

Greinilegur munur var á efnainnihaldi milli söltunaraðferða eftir því hvort flök voru sprautuð (1-4), þækluð (5) eða þækil- eða þurrsöltuð (6-7). Vatns- og saltinnihald var mun herra í sprautuhópunum en öðrum hópum.

Við útvötnun flæðir vatn inn í vöðvann á ný og salt út úr honum vegna mismunar á hlutfalli salts og vatns í fiskinum annars vegar og í útvötnunaratninu hins vegar. Útvötnunin var framkvæmd í tveimur þrepum en aðeins voru tekin sýni til efnagreininga eftir seinni útvötnunina. Saltstyrkur flakanna var innan við 2%, sem er algengt viðmiðunargildi fyrir saltstyrk í útvötnuðum saltfiskflökum til neyslu (Tafla 14).

Tafla 13: Niðurstöður efnamælinga eftir þurrsöltun (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

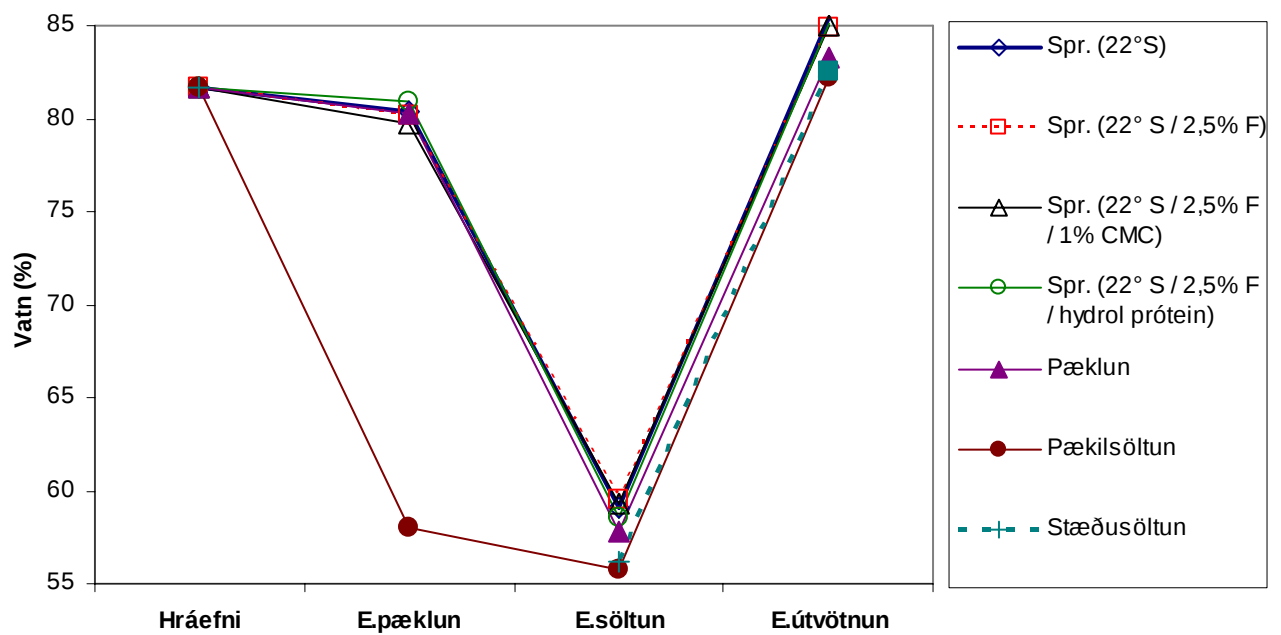
Hópur	Vatn (%)	Salt (%)	Prótein (%)	TCA-N (mg N/100g)	pH	TVN (mg N/100g)	TMA (mg N/100g)	TBA (μmol/kg)
1-Spr-S	59,1	21,4	19,4	2,13	6,10	7,5	1,2	3,3
2-Spr -S+F	59,5	21,4	18,9	2,24	6,08	8,3	0,8	2,0
3-Spr -S+CMC	59,3	21,7	18,8	1,96	6,18	9,3	0,9	2,0
4--Spr S+Hydrol.	58,6	20,8	19,2	2,52	5,93	10,2	0,9	3,1
5 (þækl.)	57,8	20,4	21,3	2,58	6,05	8,9	0,8	3,8
6 (þækils.)	55,8	20,6	23,1	3,30	6,28	13,5	1,1	2,0
7 (stæðus)	56,2	20,6	23,3	3,47	6,12	13,1	1,0	3,5

Tafla 14: Efnaniðurstöður úr útvötnuðum fiski (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

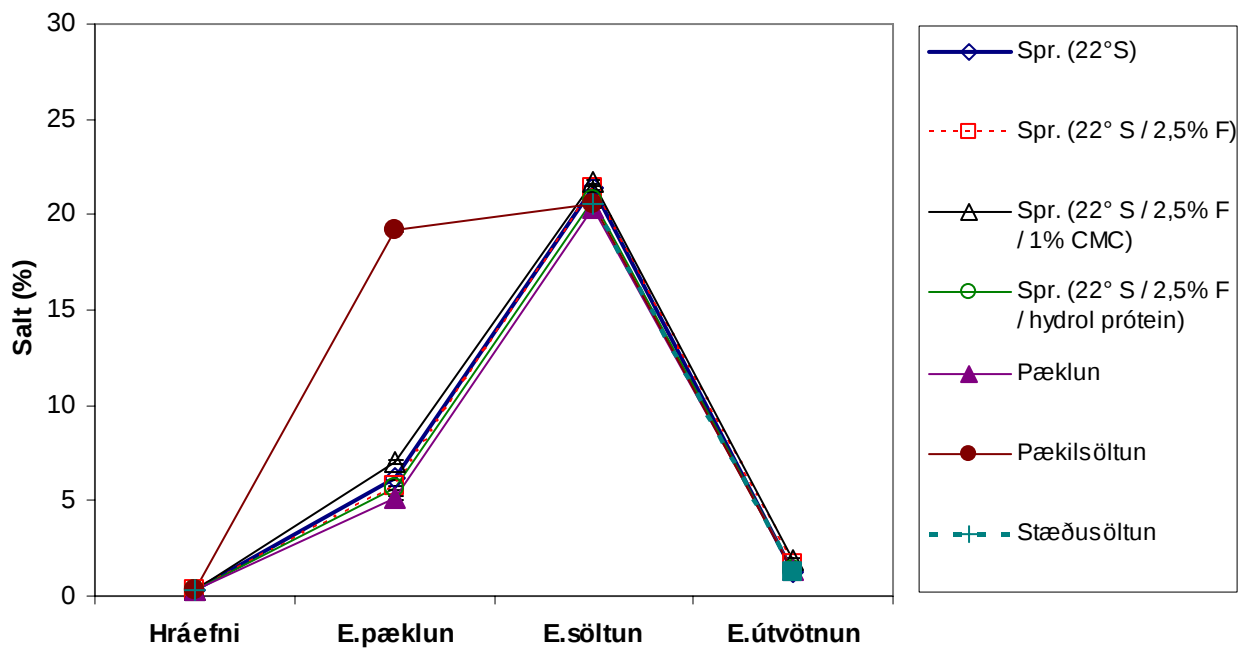
Hópur	Vatn (%)	Salt (%)	Prótein (%)	TCA-N (mg N/100g)	pH	TVN (mg N/100g)	TBA (μmol/kg)
1-Spr-S	85,4	1,3	13,1	0,45	6,31	1,3	1,9
2-Spr -S+F	84,9	1,7	13,2	0,50	6,22	1,6	2,9
3-Spr -S+CMC	85	1,9	12,9	0,50	6,43	1,6	1,7
4--Spr S+Hydrol.	85,1	1,4	13,3	0,50	6,42	2,1	2,1
5 (þækl.)	83,3	1,4	15,1	0,62	6,14	1,7	3,2
6 (þækils.)	82,2	1,3	16,3	0,62	6,39	2,0	2,1
7 (stæðus)	82,5	1,3	16,1	0,73	6,32	2,1	2,8

Vatnsinnihaldið var ögn hærri en í hráefninu (81,7%) en það kann að skýrast af því að með auknum saltstyrk upp að 6% eykst vatnsheldni. Þetta var því í samræmi við fræðin. Athygli vakti að nokkur munur var á vatns- og próteininnihaldi sprautaðra og ósprautaðra flaka, þar sem hlutfall vatns var hærri í sprautuðum flökum en hlutfall próteina lægra.

Þegar breytingar í gegnum allan ferilinn voru skoðaðar mátti sjá að vatnsinnihald í flökunum minnkaði eftir því sem saltinnihald jókst við söltun en við útvötnun snerist ferlið við (Mynd 8 og Mynd 9). Próteinhlutfallið í flökunum jókst hins vegar við söltunina vegna afvötnunar vöðvans (Mynd 10). Linko og Nikkila (1961) héldu því fram að fosföt gerðu prótein stöðugri, en áhrif væru mismikil eftir tegund fosfatsins. Hugsanlegt er að fosfatið hafi lekið út úr vöðvanum í ferlinum, en erfitt var að staðfesta áhrif þeirra í þessum ferlum m.t.t. próteininnihalds.



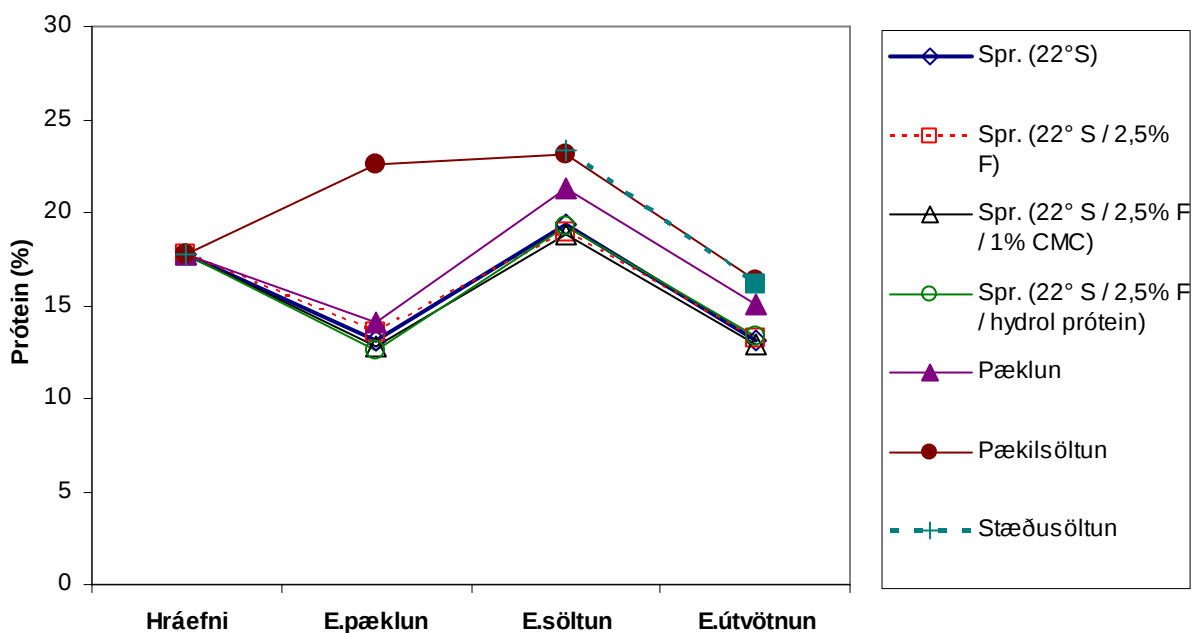
Mynd 8: Breyting á vatnsinnihaldi í gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)



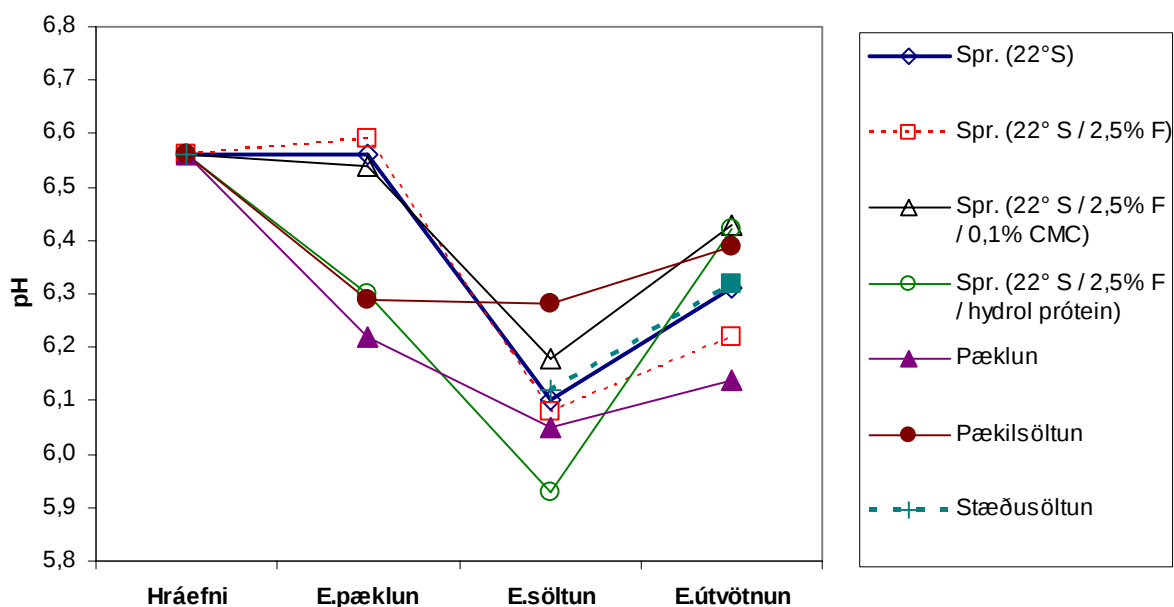
Mynd 9: Breyting á saltinnihaldi í gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Við söltun lækkaði sýrustig, eftir pæklun voru sprautaðir og pæklaðir hópar með hærra sýrustig en pækilsaltaðir og stæðusaltaðir þar sem söltun var lengra komin. Eftir þurrsöltun og útvötnun var ekki hægt að tengja mun á sýrustigi við söltunaraðferðir (Mynd 11). Minnstar

urðu breytingar á sýrustigi flaka sem voru pækilsöltuð (hópur 6), en mestar hjá flökum sem sprautuð voru með próteinum (hópur 4).



Mynd 10: Breyting á próteininnihaldi í gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)



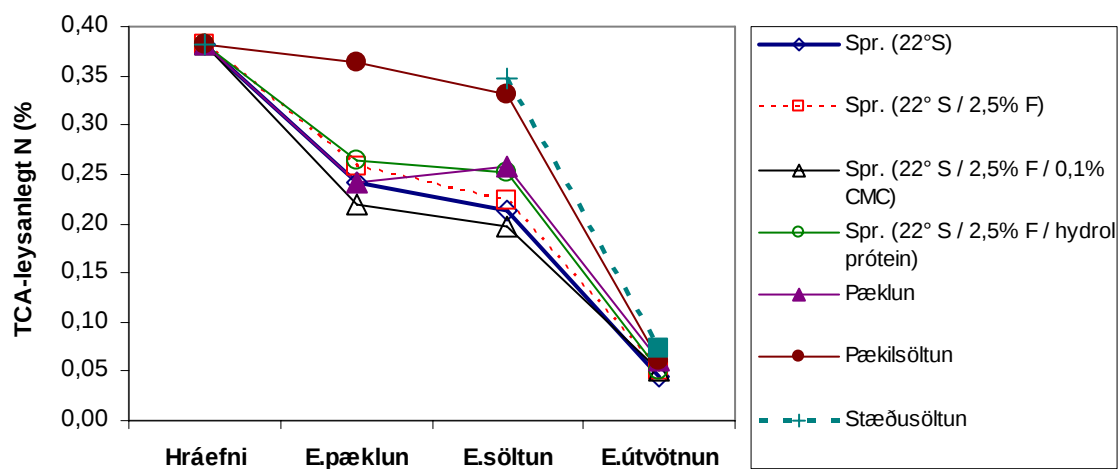
Mynd 11: Breyting á sýrustigi, pH í gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Magn TVB-N var heldur lægra í sprautuðum fiski eftir pæklun (7-9 mg/100g) en í fiski sem var eingöngu pæklaður (12,1 mg/100g) eða pækilsaltaður (12,3 mg/100g) (Tafla 12). Eftir

söltun var tilhneiging til hærra magns í pækilsöltuðum (13,5 mg/100g) og stæðusöltuðum fiski (13,1 mg/100g) heldur en í sprautuðum (7,5-10,2 mg/100g) og pækluðum fiski (8,9 mg/100g) (Tafla 13). Eftir útvötnun var lítill munur á hópunum (1,3-2,1 mg/100g) (Tafla 14). TVB-N mælir efnasambönd sem geta átt ríkan þátt í verkunarbragði saltfisks, s.s. TMA sem myndast við niðurbrot TMAO af völdum örvera og ammóníak sem að myndast m.a. við niðurbrot próteina. Mælingunni var ætlað að veita vísbendingar um mun á verkunareinkennum eftir söltunaraðferðum. Hærri gildi geta tengst sterkari verkunareinkennum, t.a.m. að sterkari lykt væri af stæðusöltuðum og pækilsöltuðum fiski en sprautuðum og/eða pækluðum fyrir útvötnun. Við útvötnun lækkaði magn TVB-N almennt sem gefur til kynna að köfnunarefnissamböndin hafi að hluta skolest út en einnig var um þynningu að ræða vegna aukningar í magni vatns í vöðvanum.

TBA-gildi gaf upplýsingar um þránun fitu í fiskinum. Ekki var hægt að sjá mun á hópum eftir verkunaraðferðum (Tafla 12-Tafla 14).

Hlutfall TCA-leysanlegs köfnunarefnis, sem er gjarnan notað til að meta magn köfnunarefnis sem er ekki bundið í próteinum, var hæst í þeim hópum sem voru pækilsaltaðir og/eða þurrsaltaðir við söltun (Mynd 12). Skýringin getur verið tvíþætt, annars vegar að vatnsinnihald hafi verið lægra í þessum hópum og þar með hafi magn þurrefnis haft meira hlutfallslegt vægi. Hins vegar að þau efnasambönd sem köfnunarefnið var bundið í hafi haldist betur í vöðvanum við þessa söltunarferla. Þekkt er að tap við hefðbundna verkun sé mest við pæklun og útvötnun (Thorarinsdóttir o.fl. 2004), en einnig má búast við að eitthvað tapist við sprautun. Í þessari tilraun sást einnig að hlutfallsleg breyting á magni TCA-leysanlegs köfnunarefnis var mest við pæklun og útvötnun.

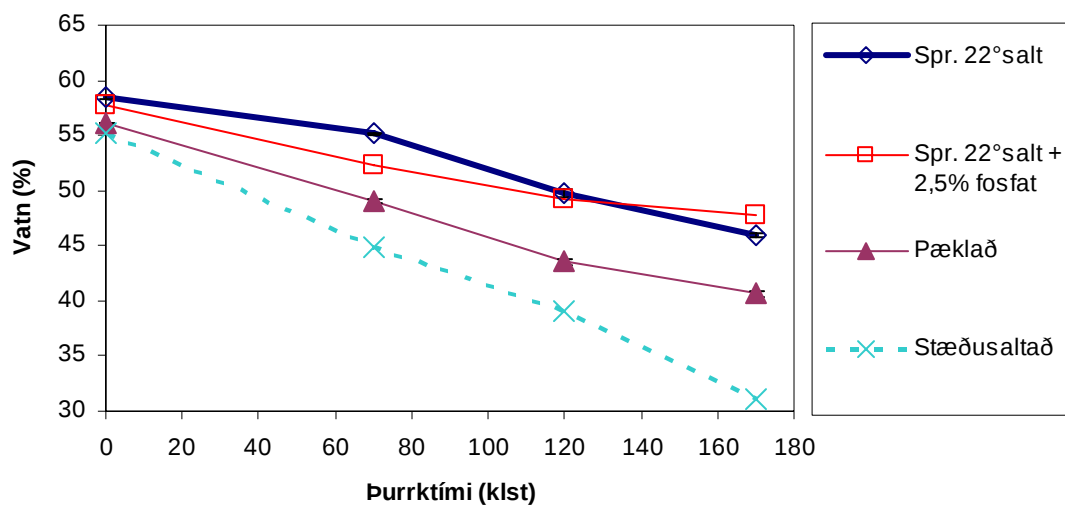


Mynd 12: Breyting á köfnunarefni sem ekki er bundið í próteinum (non-protein nitrogen) í gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

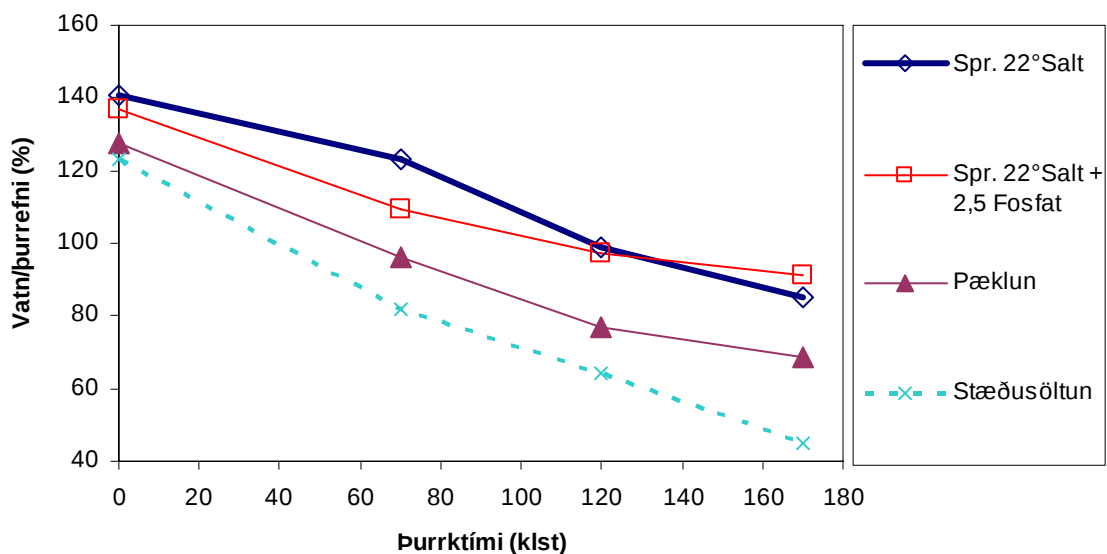
3.6.3 Efnainnihald í vöðva við þurrkun

Fyrir þurrkun var vatnsinnihald á bilinu 55,2-58,5% en eftir þurrkun var vatnsinnihald komið í 31,1-47,7%. Lækkun vatnsinnihalds var mest í stæðusöltuðum fiski eða um 24,1 prósentustig en minnst í fosfatsprautuðum fiski eða 10,1 prósentustig. Vatnsinnihald lækkaði um 15,4 prósentustig í pækluðum fiski og 12,6 prósentustig í saltsprautuðum fiski (Mynd 13).

Fyrir þurrkun var hlutfall vatns miðað við þurrefni (prótein og salt) mest í flökum sem sprautuð voru með hreinum saltþekli (141%) en lægst í stæðusöltuðum fiski (123%). Eftir þurrkun var fosfatsprautaður fiskur með lægri gildi en saltsprautaður eða 91% vs. 85%. Hlutfallið fyrir pæklaðan fisk var 68% en 45% fyrir stæðusaltaðan fisk (Mynd 14).



Mynd 13: Breytingar á vatnsinnihaldi saltaðra þorsklaka við þurrkun



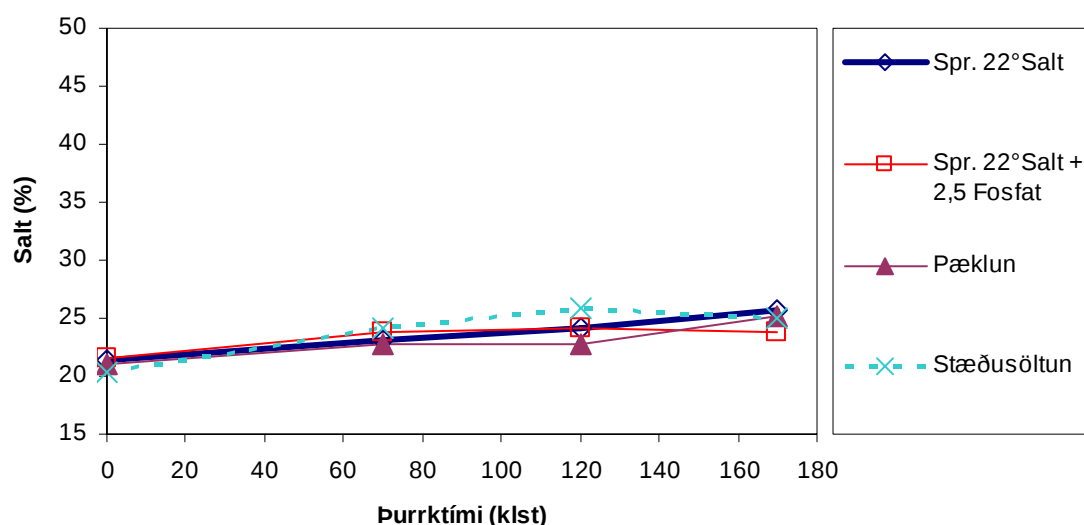
Mynd 14: Breyting á hlutfalli vatns/þurrefni við þurrkun saltaðra þorsklaka

Hlutfall vatns miðað við saltfrítt þurrefni var 2,26-2,90 (g vatn/g saltfrítt þurrefni). Eftir þurrkun var hlutfallið 0,71—1,61 (Tafla 15). Greinilegur munur var á hópum eftir söltunaraðferðum, hlutfallið var lægst í stæðusöltuðum fiski og lækkaði einnig mest í þeim hópi við þurrkun. Sprautun hafði greinilega áhrif, þ.e. meira vatn var í vöðvanum miðað við saltfrítt þurrefni en í öðrum hópum en notkun fosfats virtist ekki skipta máli. Samkvæmt þessu er það því fyrst og fremst val á söltunaraðferðum sem hefur áhrif á breytingar á hlutfallinu við þurrkun en ekki hvort fosfat er notað.

Tafla 15. Breyting á hlutfallinu vatn/saltfrítt þurrefni (g vatn/ g saltfrítt þurrefni) við þurrkun

Þurrktími	Spr. 22°Salt	Spr. 22°Salt + 2,5 Fosfat	Pæklun	Stæðusöltun
0	2,90	2,80	2,45	2,26
70	2,53	2,19	1,73	1,45
120	1,90	1,85	1,29	1,11
170	1,61	1,68	1,19	0,71

Saltinnihald fyrir þurrkun var 20,4% í stæðusöltuðum fiski, 21% í pækluðum fiski, 21,6% í fosfatsprautuðum fiski og 21,3% í saltsprautuðum fiski. Eftir þurrkun var saltinnihald á bilinu 23,9-25,6% (Mynd 15).

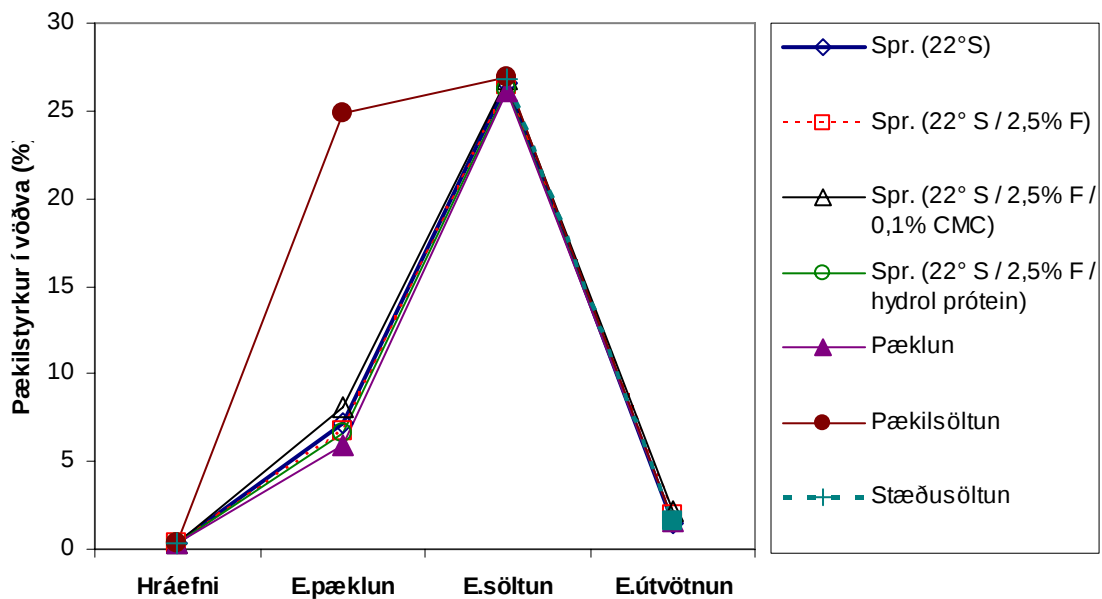


Mynd 15: Breyting á saltinnihaldi saltaðra þorsklaka við þurrkun

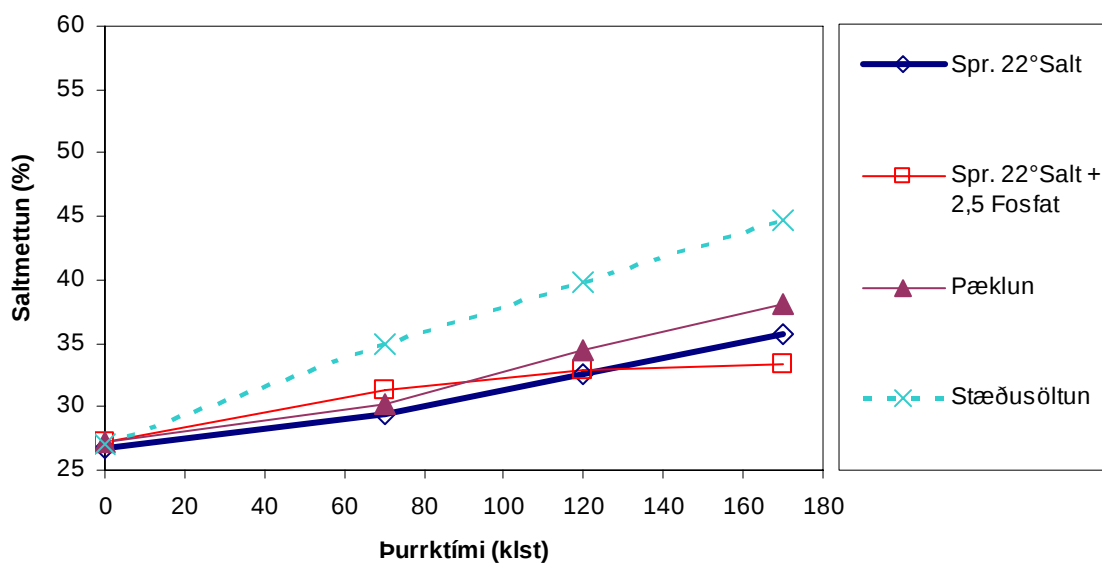
3.6.4 Saltmettun í vöðva

Saltmettun vatns í vöðva ($\text{salt}/(\text{salt}+\text{vatn})$) skiptir miklu máli m.t.t. stöðugleika og geymslu. Í pækluðum fiski lá hlutfallið á bilinu 6,0-8,1% en í pækilsöltuðum var það 24,9%. Eftir þurrsöltun var lítill munur á hópum (26,1-27%) og ekki hægt að sjá sérstök áhrif af sprautun t.a.m. samanborið við stæðusöltun. Eftir útvötnun var saltmettun á bilinu 1,5-2,2% (Mynd

16). Munur á hópum var meiri eftir þurrkun en söltun. Saltmettun flaka sem sprautuð voru með hreinum saltþækli var 35,8%, fosfatsprautuð flök með 33,4%, þækluð flök með 38,2% og stæðusöltuð með 44,6% (Mynd 17). Í öllum hópum er vatn í vöðvanum yfirmettað eftir söltun og gera má ráð fyrir að salt umfram 26% styrk hafi fallið út sem kristallar í öllum hópum við þurrkunina.



Mynd 16: Breyting á saltmettun (salt / salt+vatn í vöðva) í vöðva gegnum ferilinn (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun.



Mynd 17: Breyting á saltmettun (salt/(salt+vatn)) saltaðra þorskflaka við þurrkun

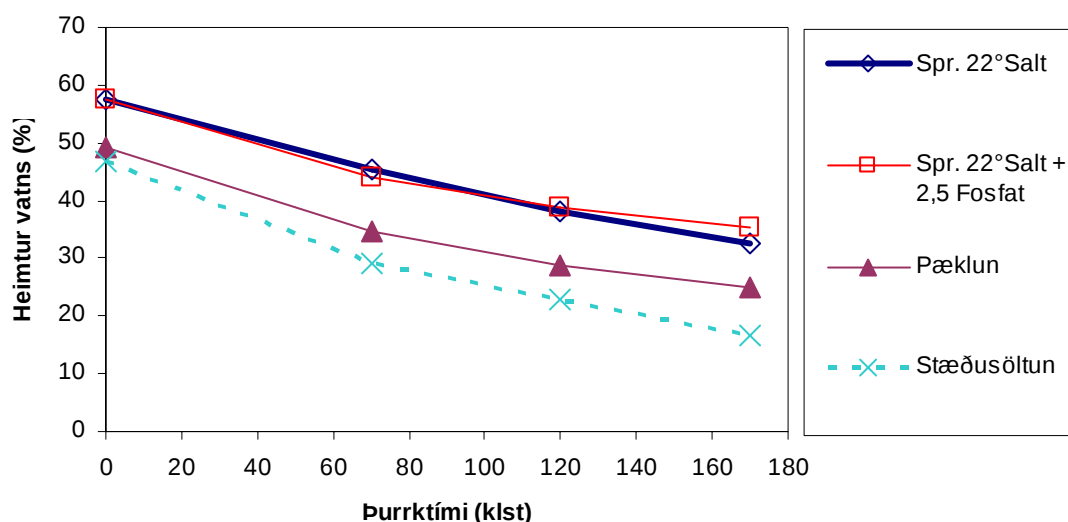
3.6.5 Heimtur efna við verkun

Við mat á áhrifum verkunaraðferða á efnainnihald getur verið mjög gagnlegt að skoða saman nýtingartölur og vatnsinnihald, þ.e. reikna út heimtur fyrir vatnsmagn í vöðvanum samanborið við hráefni. Sú aðferð sýndi að töluverður munur var á magni vatns í sprautuðum flökum samanborið við aðra hópa. Þannig voru heimtur sprautaðra hópa 58,2-60,2% eftir söltun, 51,2% fyrir fisk sem var pæklaður og síðan þurrsaltaður, 47,0% fyrir pækilsaltaðan fisk og 48,1% fyrir stæðusaltaðan fisk. Eftir útvötnun var mestur munur um 16 prósentustig á heimum vatns í sprautuðum og ósprautuðum flökum (Tafla 16).

Tafla 16. Heimtur vatns í flökum á mismunandi stigum verkunarinnar

	E.pæklun (%)	E.söltun (%)	E.útvötnun (%)
Spr. (22°S)	124,6	58,2	107,4
Spr. (22° S / 2,5% F)	122,6	59,6	108,7
Spr. (22° S / 2,5% F / 0,1% CMC)	122,3	60,2	110,5
Spr. (22° S / 2,5% F / hydrol prótein)	124,1	58,7	107,9
Pæklun	108,9	51,2	98,5
Pækilsöltun	52,6	47,0	94,7
Stæðusöltun		48,1	95,5

Fyrir þurrkun voru heimtur vatns um 57% fyrir sprautaða hópa. Heimtur fyrir pæklaðan fisk voru 49% en 47% fyrir stæðusaltaðan fisk. Eftir þurrkun voru heimtur hæstar fyrir fosfatmeðhöndlaðan fisk eða 35%, saltsprautaður fiskur kom þar næstur með 33%, pæklaður fiskur var með 25% heimtur en stæðusaltaður með 17% (Mynd 18).



Mynd 18: Breytingar á heimum vatns í söltuðum þorsklökum við þurrkun

Munur á heimtum próteina eftir söltun nam mest um 5 prósentustigum, heimtur í sprautuðum og/eða pækluðum hópum voru 87,0-88,8 en 89,2% í pækilsöltuðum flökum og 92% í stæðusöltuðum flökum. Eftir útvötnun voru heimtur 76-78% í sprautuðum flökum en 82,4-86% í öðrum hópum (Tafla 17).

Tafla 17. Heimtur próteina í flökum á mismunandi stigum verkunarinnar

	E.pæklun (%)	E.söltun (%)	E.útvötnun (%)
Spr. (22°S)	93,7	88,2	76,0
Spr. (22° S / 2,5% F)	95,9	87,4	78,0
Spr. (22° S / 2,5% F / 0,1% CMC)	90,7	88,1	77,4
Spr. (22° S / 2,5% F / hydrol prótein)	89,3	88,8	77,8
Pæklun	88,3	87,0	82,4
Pækilsöltun	94,7	89,8	86,6
Stæðusöltun		92,0	86,0

Þegar heimtur eða hlutfallslegar breytingar á TVB-N miðað við hráefni voru skoðaðar sást að TVB-N tapaðast að hluta við söltun en mest við útvötnun (Tafla 18). Notkun hydrolyseraðra próteina til innsprautunar virtist hækka gildi samanborið við aðra sprautaða hópa, bæði eftir söltun og útvötnun. Að þeim hópi undanskildum var tilhneiging til hærri gilda fyrir pækilsaltaðan og stæðusaltaðan fisk bæði eftir söltun og útvötnun sem gaf til kynna að verkunarbragð þessarar hópa gæti verið meira.

Gera má ráð fyrir að tap sé enn meira en tölur gefa til kynna þar sem TVB-N myndun á sér stað í gegnum ferlið bæði vegna niðurbrotsferla í fiskinum. Einnig getur verið munur á niðurbroti eftir verkunaraðferðum. Því er ekki hægt að nota heimtur á sama hátt og t.d. fyrir vatn og prótein.

Tafla 18. Hlutfallslegar breytingar á TVB-N í flökum á mismunandi stigum verkunarinnar

	E.pæklun (%)	E.söltun (%)	E.útvötnun (%)
Spr. (22°S)	109,6	58,1	12,8
Spr. (22° S / 2,5% F)	96,0	65,3	16,1
Spr. (22° S / 2,5% F / 0,1% CMC)	84,4	74,2	16,3
Spr. (22° S / 2,5% F / hydrol prótein)	104,9	80,3	20,9
Pæklun	128,9	61,9	15,8
Pækilsöltun	87,7	89,3	18,1
Stæðusöltun		88,1	19,1

Samanburður á heimtum TCA-leysanlegs köfnunarefnis í flökum sýndi að magn þess var hlutfallslega heldur meira í pækilsöltuðum en stæðusöltuðum flökum eftir söltun. Eftir útvötnun var tilhneiging til lægra magns í sprautuðum flökum (Tafla 19).

Tafla 19. Heimtur TCA-leysanlegs N í flökum á mismunandi stigum verkunarinnar

	E.pæklun (%)	E.söltun (%)	E.útvötnun (%)
Spr. (22°S)	80,1	45,0	12,1
Spr. (22° S / 2,5% F)	84,5	48,2	13,8
Spr. (22° S / 2,5% F / 0,1% CMC)	71,9	42,7	14,1
Spr. (22° S / 2,5% F / hydrol prótein)	86,7	54,2	13,7
Pæklun	70,1	48,9	15,6
Pækilsöltun	70,9	59,7	15,2
Stæðusöltun		63,7	18,1

Vegna mats á heimtum ber að taka fram að aðeins eitt gildi (sameinað sýni úr þremur flökum) fyrir efnamælingar lá fyrir til útreikninga og að notuð var meðalnýting hvers hóps á hverju stigi. Tölfræðilegur samanburður er því ekki mögulegur. Þessi aðferð er þó talin gefa góðar vísbendingar og betri mynd af þeim breytingum sem verða á efnainnihaldi afurða en beinar efnamælingar.

3.7 Vatnsheldni

Vatnsheldni hráefnis var 84% en eftir þurrsöltun var hún á bilinu 72,8-90,4% (

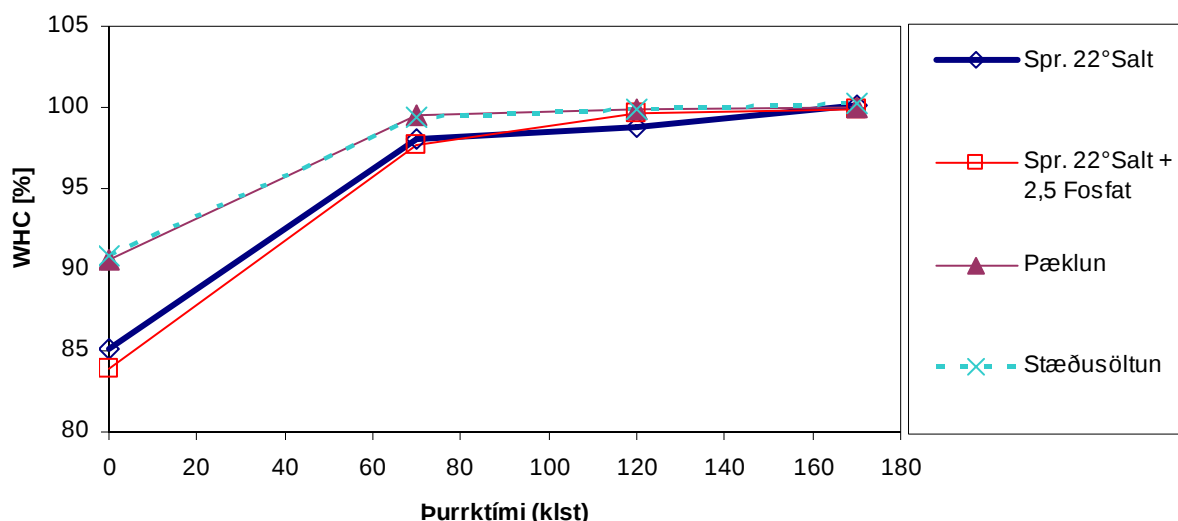
Tafla 20). Athygli vakti að vatnsheldni eftir þurrsöltun fyrir þækilsöltuð flök (hópur 6) og flök söltuð á hefðbundinn hátt (hópur 7) var hærri en í hráefninu. Vatnsheldnin í hinum hópunum var hins vegar lægri eftir þurrsöltun en í hráefninu eins og búast mátti við. Eftir útvötnun var vatnsheldni á bilinu (94,5 - 98,7 %), sem var hærri en vatnsheldni hráefnis, sem afleiðing af hærri saltstyrk en í hráefninu.

Nokkur munur var á vatnsheldni sprautaðra (83,9-85,2%) og ósprautaðra (90,6-90,8%) flaka fyrir þurrkun. Við þurrkun minnkaði munur milli hópa og eftir 70 klukkustundir var aðeins um 1,8 prósentustiga munur á milli hæstu og lægstu gilda (97,7-99,5%). Við frekari þurrkun var sá hluti vatns sem tapast getur úr vöðvanum við spuna í skilvindu fjarlægður að fullu, þ.e. eftir 170 klukkustundir var vatnsheldni um 100% í öllum hópum (Mynd 19).

Tafla 20: Vatnsheldniniðurstöður í gegnum söltunarferlana (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Í hráefni (%)	Eftir þurrsöltun (%)	Eftir útvötnun (%)
0		84,0		
1-Spr	22%S	-	74,3	97,4
2-Spr	22%S+2,5F	-	75	98,2
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	-	75,8	97,8
4--Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	-	72,8	97,5
5 (pækl.)		-	81,7	98,5
6 (pækils.)		-	87,4	94,5
7 (stæðus)		-	90,4	98,7

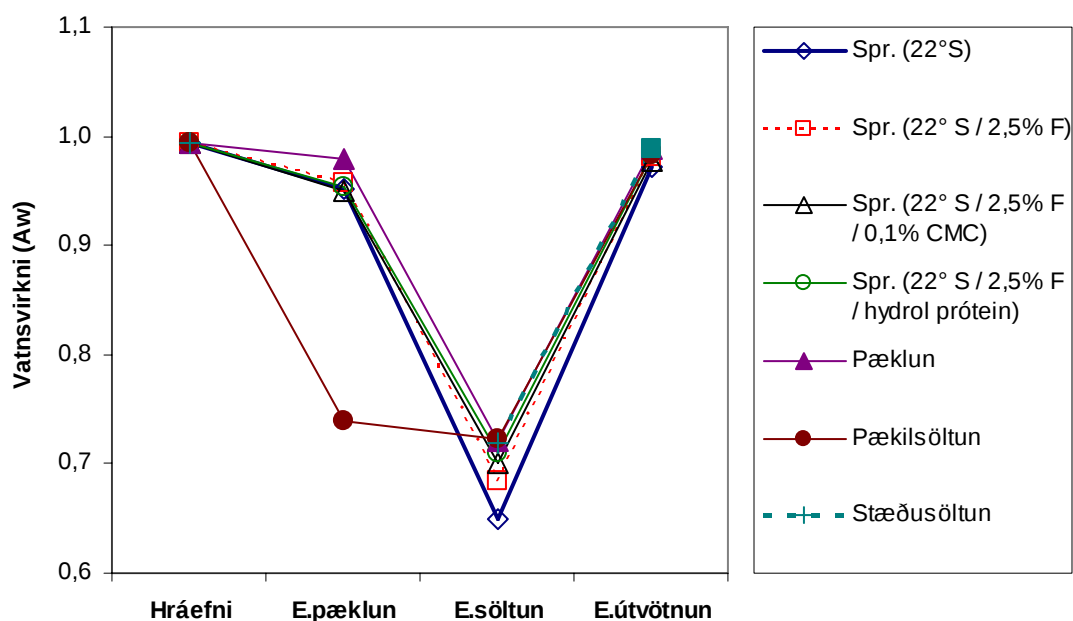
Saltmagn í flökunum eftir þurrsöltunina var yfir 20% í öllum hópum, sem hafði áhrif á prótein í vöðvanum og gat afmyndað þau óafturkræft (að hluta). Við afmyndunina minnkuðu vatnsheldnimöguleikar vöðvans líkt og hópar 1-5 sýndu hér í tilrauninni. Hugsanlegt er að sýrustig vöðvans hafi haft eitthvað að segja, en fjöldi rannsókna hafa verið gerðar á áhrifum sýrustigs á vatnsheldni í fiski og kjöti (Offer og Knight, 1988; Fennema, 1990; Foegeding ofl., 1996). Samkvæmt Offer og Knight (1988) fæst lægsta vatnsheldni í kjöti við isoelektrískan punkt kjötsins. Hins vegar hafði saltíbót áhrif á stöðu isoelektríska punktsins í próteinum, með því að klóríðjónirnar neutralisera jákvætt hlaðna staði á próteininu og lækkar þannig isoelektrónískan punkt þeirra og auka þar með leysni próteina við sýrustig vöðvans (Foegeding ofl., 1996).



Mynd 19: Breyting á vatnsheldni saltaðra þorsklaka við þurrkun.

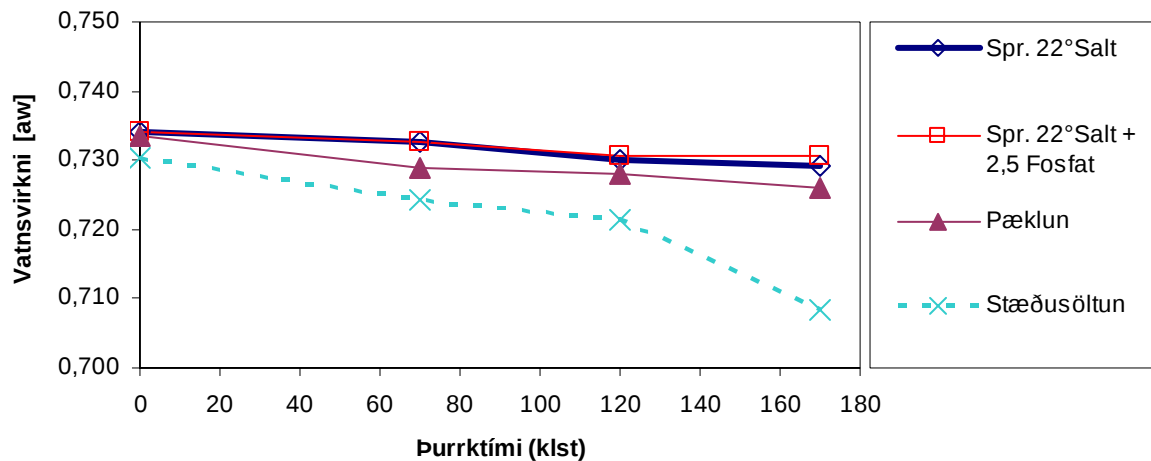
3.8 Vatnsvirkni

Mæld vatnsvirkni í hráefninu var mjög há, eða um 0.99. Vatnsvirknin lækkaði lítillega við pæklunina (0,95-0,98) en var 0,74 eftir pækilsöltun (Mynd 20). Þekkt er að vatnssameindir bindast saltinu og mælast því ekki lengur sem óbundið vatn. Vatnsvirknin í þurrsöltuðu sýnunum (0,65-0,72) var í samræmi við gildi úr eldri rannsóknum. Rodrigues ofl. (2003) skoðuðu áhrif vatns- og saltinnihalds, auk vatnsvirkni á örveruvöxt í þurrsöltuðum þorski. Vatnsvirknin sem þeir mældu í þurrsöltuðum fiski (sbr. aðferð 7) var 0.702 ± 0.006 . Við útvötnunina jókst vatnsvirknin á ný með auknu vatnsmagni í vöðunum og varð litlu lægri (0,97-0,99) en í hráefni.



Mynd 20: Þróun vatnsvirkni í gegnum söltunarferlana (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Vatnsvirkni í fiski fyrir þurrkun var 0,730-0,734 (Mynd 21), sem var hærra en mældist í þeim einstaklingum sem teknir voru til mælinga beint eftir söltun. Skýringin getur legið að hluta í náttúrulegum breytileika á milli einstaklinga en einnig geta flökin hafa dregið í sig raka frá geymslu að þurrkun. Eftir þurrkun var vatnsvirkni á bilinu 0,708-0,731, lægst í stæðusöltuðum flökum. Til að viðhalda lágri vatnsvirkni og lágu rakastigi þarf að gæta að geymsluskilyrðum þar sem afurðir leitast við að vera í jafnvægi við umhverfið og stýra þarf hlutfallslegum loftraka í samræmi við það.



Mynd 21: Breyting á vatnsvirkni saltaðra þorsklaka við þurrkun.

Vitað er að söltun bindur vatn og því hafa söltunarferlarnir heilmikil áhrif á gerla og myglusveppi, auk ensímvirkni. Eftir því sem vatnsvirknin er hærri þeim mun meira óbundið vatn er í vöðvanum og þannig meira pláss fyrir örverur til að lifa í. Vatnsvirkni er einnig ein mikilvægasta stærðin sem hefur áhrif á dreifingu vatns um vöðvann, ásamt stærðum sem hafa áhrif á flæðihraða vatns í sýnunum (Labuza og Hyman, 1998).

3.9 Örverumælingar

Hráefnisgæði m.t.t. örverufjölda voru góð (<10.000/g). Fjöldi saltkærra örvera (járnagar 10%) var innan við 1000/g í hráefni og pækluðum fiski sem sprautaður var með blöndu af fosfati og salti. Hæst voru gildi í hópum sprautuðum með salti, hydrolyseruðum próteinum og og salti og pækluðum fiski (Tafla 21).

Eftir þurrsöltun var nokkur munur á milli annars vegar þeirra hópa sem að voru sprautaðir og/eða pæklaðir (9.500-21.000/g) og hins vegar pækil- og stæðusaltaðra hópa (1.400-1.600/g) (Tafla 22). Líklegt er að við sprautun (og pæklun) hafi dreifing örvera í fiskinum verið hraðari og mengun því meiri. Hugsanlega hefur munur á vatnsinnihaldi einnig haft hér nokkuð að segja en það var nokkuð lægra í síðarnefndu hópunum.

Eftir útvötnun var örverufjöldi á 0,5% járnagar hæstur í flökum sprautuðum með CMC og flökum sem voru eingöngu sprautuð með saltþækli. H₂S-myndandi örverur voru ekki greinanlegar á 10% járnagar en sáust í um helmingi hópa (20-60/g), bæði sprautuðum flökum og þeim flökum sem verkuð voru með eldri aðferðum. Söltun hafði hamlandi áhrif á vöxt

H₂S-myndandi örvera. Fjöldi þeirra í hráefni var 210/g en gildi eftir útvötnun voru mun lægri (<10-60) (Tafla 23).

Tafla 21: Niðurstöður örverumælinga í hráefni, próteinblöndu og í pækluðum/pækilsöltuðum fiski (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Járnagar alls 0,5%	Járnagar svartar 0,5%	Járnagar alls 10%	Járnagar svartar 10%
Próteinblanda		220	<10	50	<10
Hráefni		7.100	210	890	<10
1-Spr	22%S			4.300	<10
2-Spr	22%S+2,5F			910	<10
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC			1.400	<10
4--Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.			5.900	<10
5 (pækl.)				3.300	<10
6 (pækils.)				1.200	<10

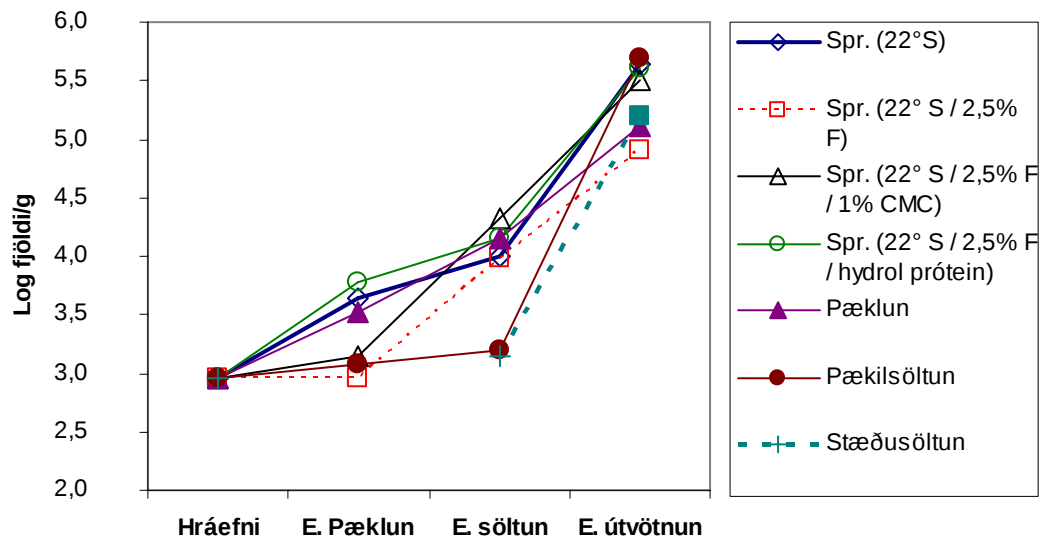
Tafla 22: Niðurstöður örverumælinga í saltfiski eftir þurrsöltun (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Járnagar alls 10%	Járnagar svartar 10%
1-Spr	22%S	10.000	<10
2-Spr	22%S+2,5F	9.500	<10
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	21.000	<10
4--Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	14.000	<10
5 (pækl.)		14.000	<10
6 (pækils.)		1.600	<10
7 (stæðus)		1.400	<10

Tafla 23: Niðurstöður örverumælinga í útvötnuðum saltfiski (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	Járnagar alls 0,5%	Járnagar svartar 0,5%	Járnagar alls 10%	Járnagar svartar 10%
1-Spr	22%S	7.900.000	20	440.000	<10
2-Spr	22%S+2,5F	3.000.000	<10	79.000	<10
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	17.000.000	10	320.000	<10
4--Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	2.300.000	<10	410.000	<10
5 (pækl.)		1.100.000	<10	130.000	<10
6 (pækils.)		2.400.000	60	490.000	<10
7 (stæðus)		1.300.000	30	160.000	<10

Þegar heildarferill fyrir örveruvöxt á 10% járnagar var skoðaður kom í ljós að gildi héldust nokkuð lág við þakil- og stæðusöltun samanborið við aðra hópa, en eftir útvötnun var fjöldi sambærilegur við sprautaða hópa (Mynd 22).



Mynd 22. Heildarörverufjöldi á 10% járnagar við söltun og útvötnun þorsklaka (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

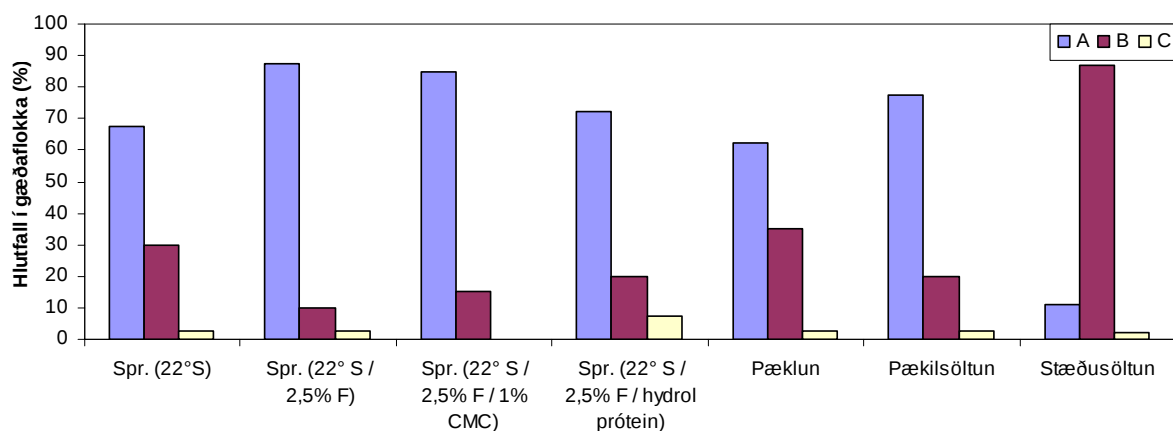
Heildarfjöldi á 0,5% söltum járnagar var í öllum tilfellum mun meiri en á 10% járnagar eftir útvötnun. Þessar niðurstöður benda til þess að lítt saltkærar örverur komist að mestu ólaskaðar gegnum söltunarferlið en fari ekki að vaxa fyrr en létt er á saltstyrknum. Þannig gætu sýklar sem berast í fiskinn við söltun mögulega náð sér á strik eftir útvötnun. Tilraunir sem gerðar voru á Rf fyrir mörgum árum sýndu að *Escherichia coli* og *Staphylococcus aureus* gátu lifað í margar vikur í 20% söltu þorskhakki (Birna Guðbjörnsdóttir og Hannes Magnússon, 1989). Gæta þarf því ytrasta hreinlætis við verkun á saltfiski á öllum stigum vinnslu og verkunar.

3.10 Gæðamælingar á saltfiski

Gæðamat á saltfiskinum var framkvæmt af fagaðila við upptöku flakanna úr þurrsöltuninni. Flökin voru flokkuð í þrjá gæðaflokka (A, B og C) eftir útliti (Tafla 24 og Mynd 23). Hópur 2 (sprautað með salti og fosfati) fékk bestu einkunnina í þessu gæðamati, en hópur 7 (stæðusöltun) verstu einkunnina. Flök hópa 2 og 3 voru björt og þykk og með lítið los, en hinir hóparnir voru mun dekkri á lit og þá sérstaklega hópur 7. Gæðamatið sýndi þannig að sprautun gaf almennt betur útlitandi saltfisk en hinar aðferðirnar. Einnig mátti sjá að með notkun fosfats (hópar 2-4) fékkst ljósari fiskur en þegar salt var notað eingöngu til innsprautunar. Þetta var í samræmi við fræðin, en fosfat er gjarnan notað til að framleiða ljósari flök. Gæði flaka eftir þækilsöltunina (hópur 6), sem voru nokkuð sambærileg við sprautuðu og þækluðu hópana, vakti þó nokkra athygli í samanburði við hefðbundna þurrsöltun (hópur 7), sem fékk slökustu einkunnina.

Tafla 24: Gæðaflokkun saltfiskflaka (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þækluð, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Hópur	Samsetning sprautublöndu	A	B	C	Fjöldi
1-Spr	22%S	27	12	1	40
2-Spr	22%S+2,5F	35	4	1	40
3-Spr	22%S+2,5%F+1%CMC	34	6	0	40
4--Spr	22%S+2,5%F+Hydrol.pr.	29	8	3	40
5 (þekl.)		25	14	1	40
6 (þækils.)		31	8	1	40
7 (stæðus)		5	39	1	45
Heild					285



Mynd 23: Skipting flaka í gæðaflokka eftir hópum (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þækluð, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

3.11 Skynmat

3.11.1 Flakamat

Marktækur munur ($p < 0,05$) var í öllum matsþáttum skynmats þannig að þeir nýttust vel til að meta og greina einkenni hverrar verkunaraðferðar (Tafla 25). Þannig reyndust hópar 5 (pæklun), 6 (pækilsöltun) og 7 (þurrsöltun) vera með dekkri og gulari lit en aðrir hópar. Blettir voru metnir í hópi 5 og sá hópur (pæklun) hafði einnig mesta losið í hnakka og sporðstykki. Verkunarlykt var mest í stæðusöltuðum og pækluðum fiski en pækilsaltaður hópur kom svipað út og sprautaðir hópar. Magn köfnunarefnissambanda sem þátt eiga í verkunarlykt, s.s. TMA og ammóníaks, mældist mest í stæðusöltuðum og pækilsöltuðum fiski. Því er aðeins að hluta til fylgni milli þeirra niðurstaðna sem fékkst með skynmati og TVB-N-mælingum.

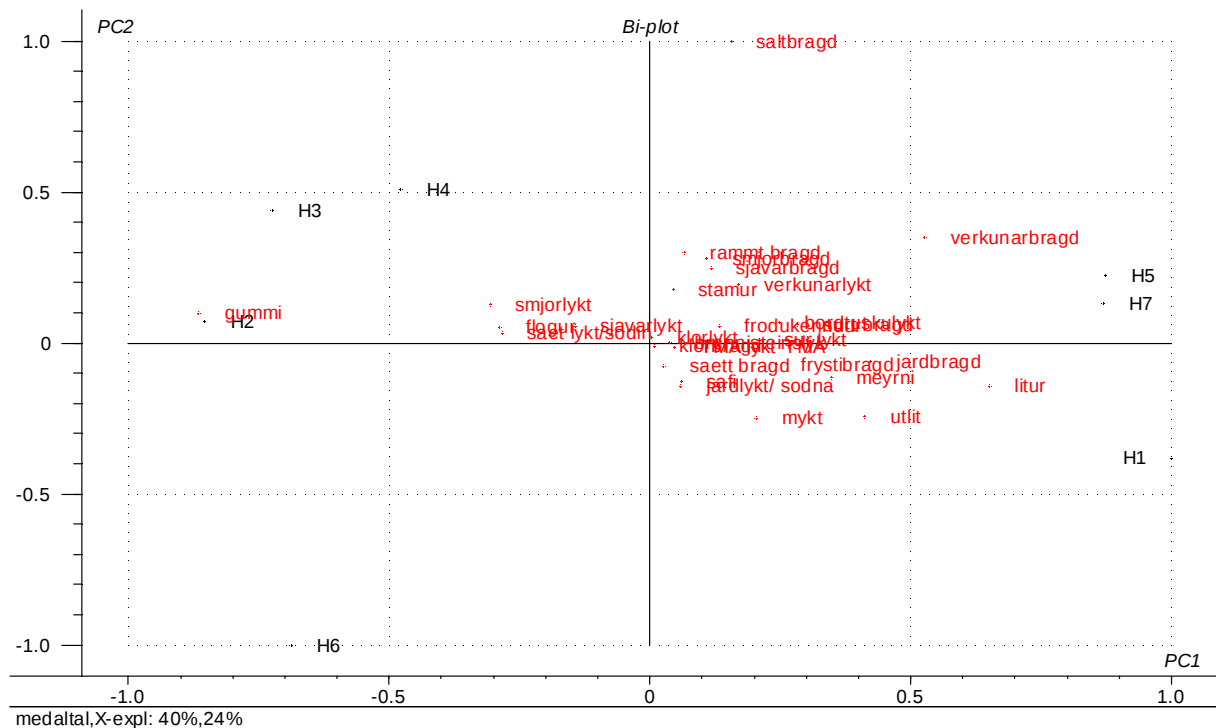
Tafla 25: Niðurstöður skynmats á hráum saltfiskflökum. Meðaltal fimm flaka í hverjum hópi (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun)

Hópur	Litur/ styrkur 0-3	Litur/ gulur 0-2	Blettir 0-2	Los/ hnakki 0-3	Los/ sporðst 0-2	Verkunarlykt 0-3	Summa stiga
1-Spr-S	0,55 ^b	0,61 ^b	0,45 ^a	0,86 ^{cbd}	0,26 ^a	0,66 ^a	3,4
2-Spr -S+F	0,31 ^a	0,36 ^a	0,38 ^a	0,5 ^a	0,50 ^{abc}	0,63 ^a	2,7 ^a
3-Spr - S+CMC	0,55 ^b	0,47 ^{ab}	0,56 ^a	0,22 ^a	0,41 ^{ab}	0,59 ^a	2,8 ^a
4--Spr S+Hydrol.	0,71 ^b	0,67 ^b	0,47 ^a	0,78 ^b	0,71 ^{cd}	0,85 ^a	4,2 ^a
5 (pækl.)	1,28 ^d	1,07 ^d	1,01 ^b	1,84 ^e	0,94 ^d	1,19 ^b	7,3
6 (pækils.)	0,97 ^c	0,88 ^c	0,58 ^a	0,33 ^a	0,55 ^{bc}	0,76 ^a	4,1
7 (stæðus)	1,77 ^e	1,67 ^e	0,62 ^a	1,08 ^d	0,90 ^d	1,80 ^c	7,8 ^b

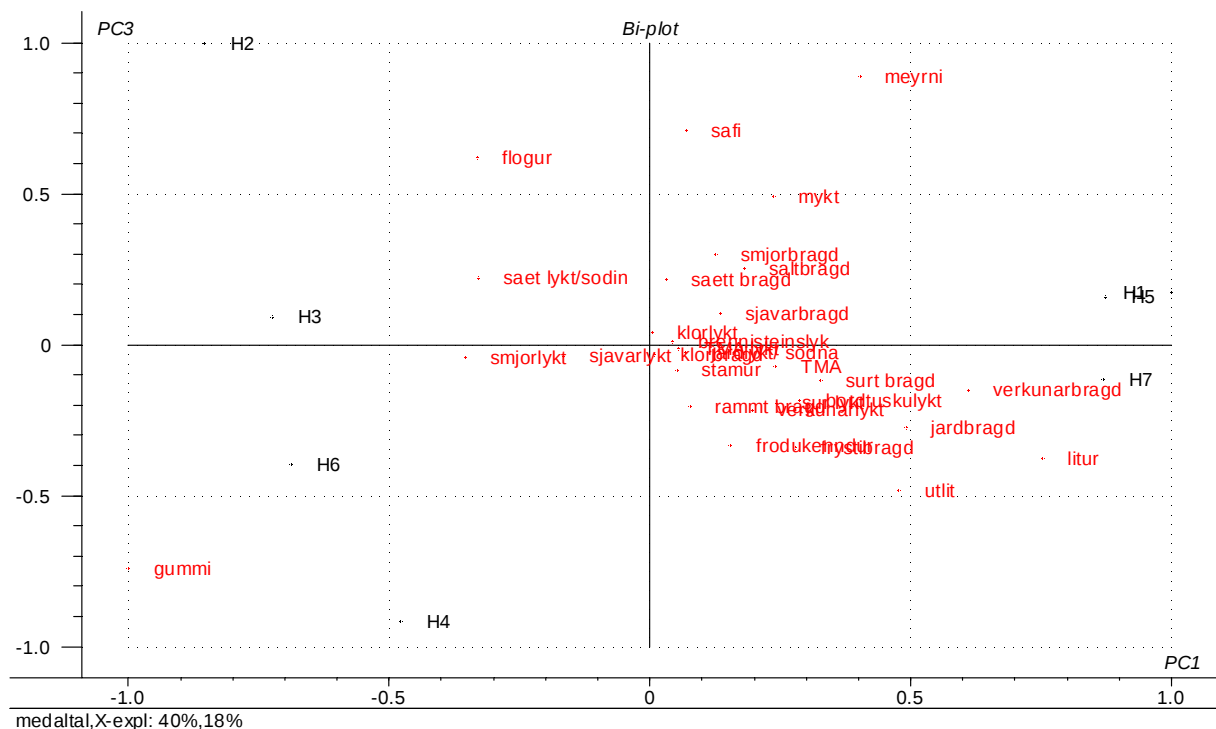
^{a-d} Mismunandi bókstafur sýnir marktækan mun milli hópa í hverjum matsþætti, $p < 0,05$

3.11.2 Skynmat í soðnum saltfiskflökum

Meginbreytileiki á milli hópa var vegna áferðapáttanna gúmmí og meyrni og bragðþáttanna verkunarbragðs og saltbragðs (Mynd 24 og Mynd 25). Hópar 1 (sprautað með salti), 5 (pæklun) og 7 (þurrsöltun) voru minnst gúmmíkenndir en það voru hópar þar sem fosfat var ekki notað. Hins vegar kom á óvart að hópur 6 (pækilsöltun) skyldi ekki fylgja þeim varðandi þennan þátt en hann var með svipaða einkunn og fosfatmeðhöndlaður fiskur. Hópur 4 var með mesta gúmmíáferð og minnst safaríkur. Verkunarbragð var mest í hópum 5 og 7 og minna saltbragð reyndist í hópi 6 en öðrum hópum. Hópur 2 var flögukenndari en aðrir hópar.



Mynd 24: PCA mynd af öllum skynmatsþáttum með meðaltal yfir endurtekningar fyrir PC1 og 2 (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

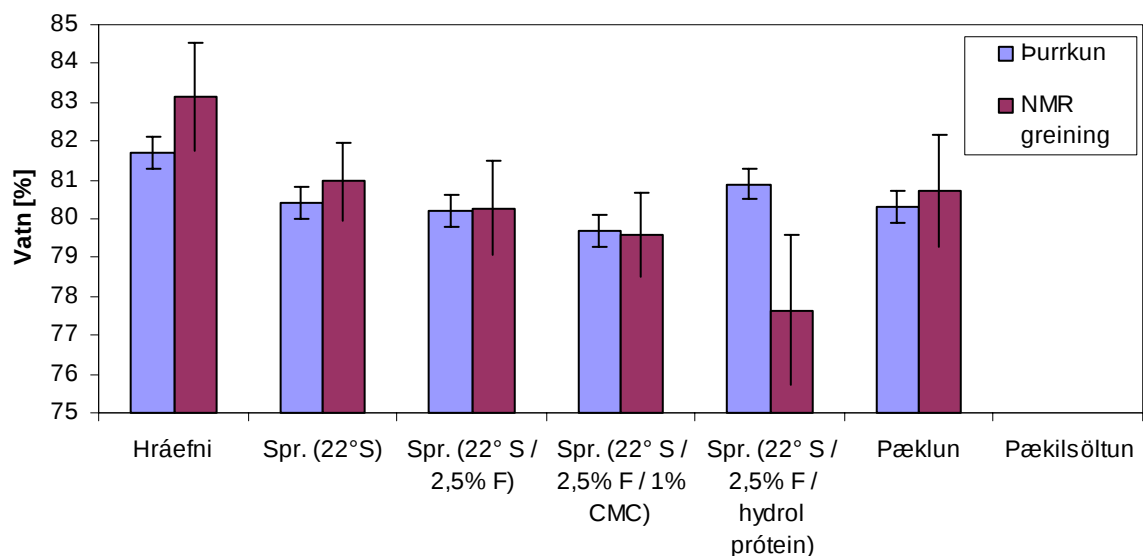


Mynd 25: PCA mynd af öllum skynmatsþáttum með meðaltal yfir endurtekningar fyrir PC1 og 3 (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

3.12 Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

3.12.1 Vatnsmælingar

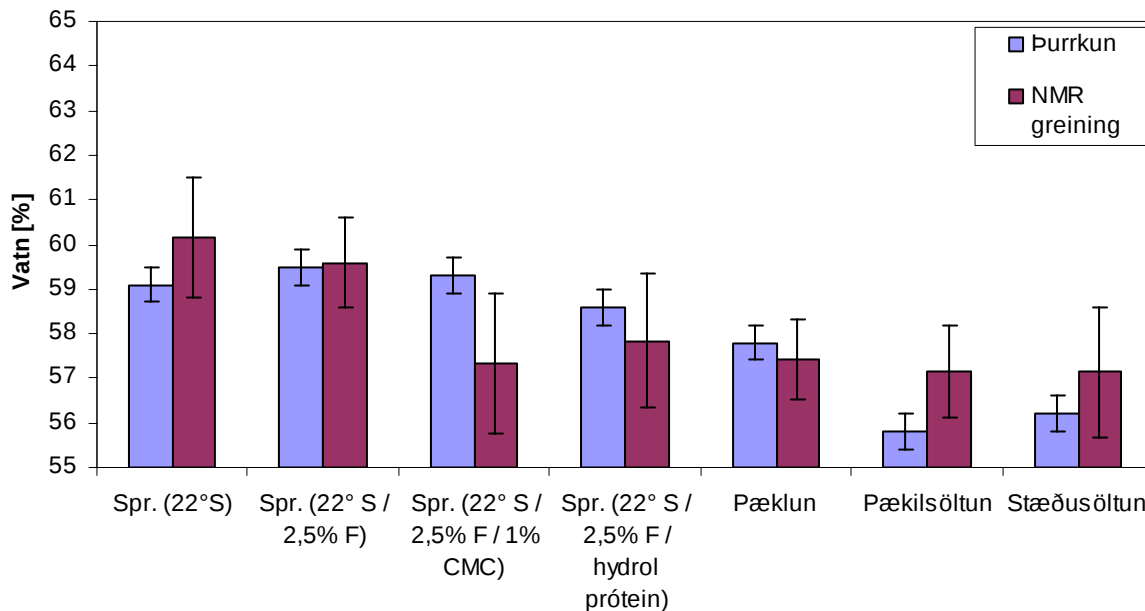
Vatnsinnihald sýnanna var mælt með NMR tækinu til samanburðar við hefðbundna vatnsmælingu sem fól í sér þurrkun við 103°C í 4 klukkustundir. NMR niðurstöðurnar voru ívíð hærri en niðurstöðurnar úr þurrkuninni, en það skýrist af því að við þurrkun mælist aðeins um 98-99% vatns, en allt vatn mælist með NMR. Mæliskekkjumörk á myndunum lýsa aðferðaskekkju fyrir vatnsmælingu með þurrkun, en staðalfráviki mælinga fyrir NMR mælingar. Þó var ekki marktækur munur á aðferðunum eftir þæklun/þækilsöltun nema í hópi 4 (Mynd 26). Athyglisvert er að sjá að hópur 4, sem sprautaður var með próteini, mældist lægri með NMR en við þurrkun. Ástæður fyrir þessu fráviki eru óljósar, en hugsanlegt er að með lengingu T_1 í milliafurðinni sé stillingin á Receiver Delay (RD = 4 s) ekki lengur nógu löng. Einnig ber að gæta þess að NMR mælingar voru framkvæmdar 3-4 dögum eftir þurrkunarmælingar og gæti vatnsinnihaldið í sýnunum því hafa breyst lítillega á milli mælinganna. Þá þarf einnig að koma fram að vegna smæðar sýnanna er aukin óvissa í NMR mælingum á vatnsmagni.



Mynd 26: Samanburður á niðurstöðum úr NMR mælingum og efnamælingum (þurrkun við 103 °C í 4 klst) á hráefni og flökum eftir þæklun/þækilsöltun (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun). (Gildi fyrir þækilsaltaðan hóp voru 58,0 og 57,8%).

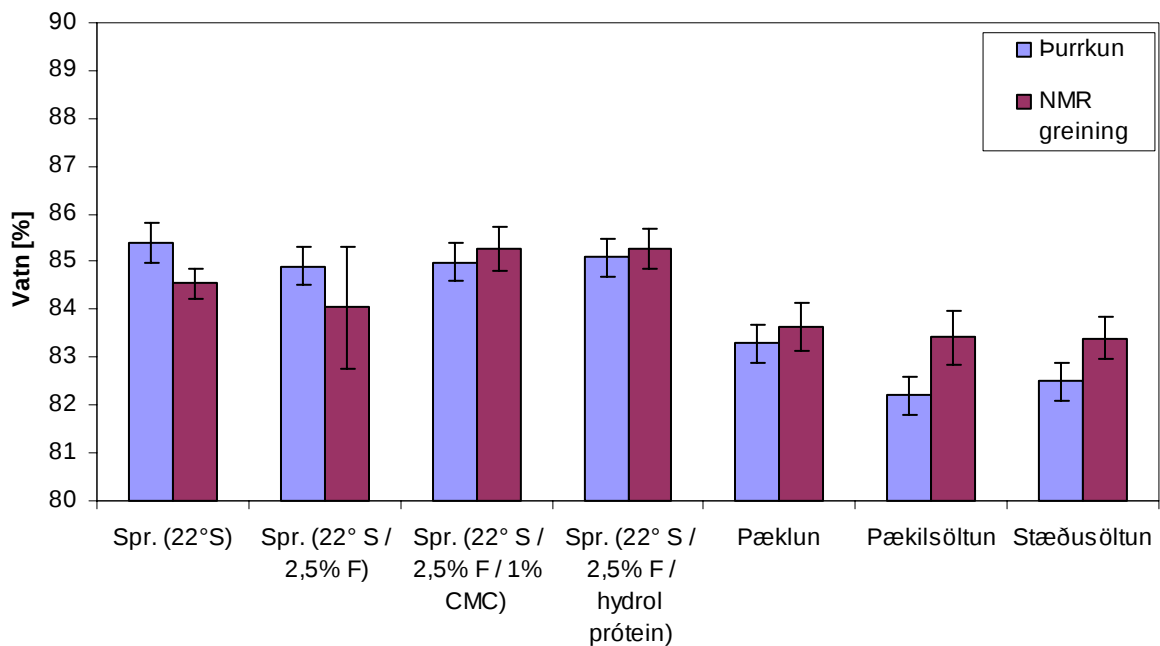
Eins og fyrir hráefnið og milliafurðirnar voru NMR niðurstöðurnar nokkuð hærri en efnamælingarnar eftir söltun, nema í hópi 3 og 4 (Mynd 27). Hópur 5 mældist einnig örlítið

lægri en samsvarandi efnamælingar en var þó innan skekkjumarka. Aðeins NMR mæling fyrir hóp 3 gat talist marktækt frábrugðin samsvarandi efnamælingu.



Mynd 27: Samanburður á niðurstöðum á NMR mælingum og efnamælingum (purrkun við 103 °C í 4 klst) á veruðum saltfiski (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Eins og áður sagði hentaði mjög vel að nota sömu mælistillingar fyrir útvatnaðan fisk (Mynd 28) og notaðar voru fyrir ferskan fisk og pæklaðan. Því er auðvelt að bera saman þessi gildi við hráefnið. Vatnsniðurstöður milli aðferða samræmdust innnan skekkjumarka í hópum 1-5, en nokkur munur var á milli mældra gilda í hópi 6 og 7. Athygli vekur að nú voru hópar 1 og 2 aðeins lægri í NMR mælingunum en í efnamælingunum.



Mynd 28: Samanburður á NMR niðurstöðum og þurrkun í útvötnuðum fiski (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Í útvötnuðum fiski má sjá að vatnsinnihaldið er ívígð hærra en í hráefninu (81,7 % vatn), en það skýrist af hærri saltinnihaldi í útvatnaða fiskinum og þar af leiðandi hærri vatnsheldni.

Í heild má sjá að vatnsmælingar með NMR tækni eru áreiðanlegar og fljótlegar og eru vel sambærilegar við hefðbundnar þurrkunaraðferðir, en fylgni milli aðferðanna er $R^2=0,9915$ þegar allar mælingarnar eru bornar saman. Forvitnilegt verður að fylgjast með frekari þróun þessarar tækni fyrir fljótlegar mælingar til gæðastýringa á framleiðslulínunum í framtíðinni.

3.12.2 Relaxation tímar

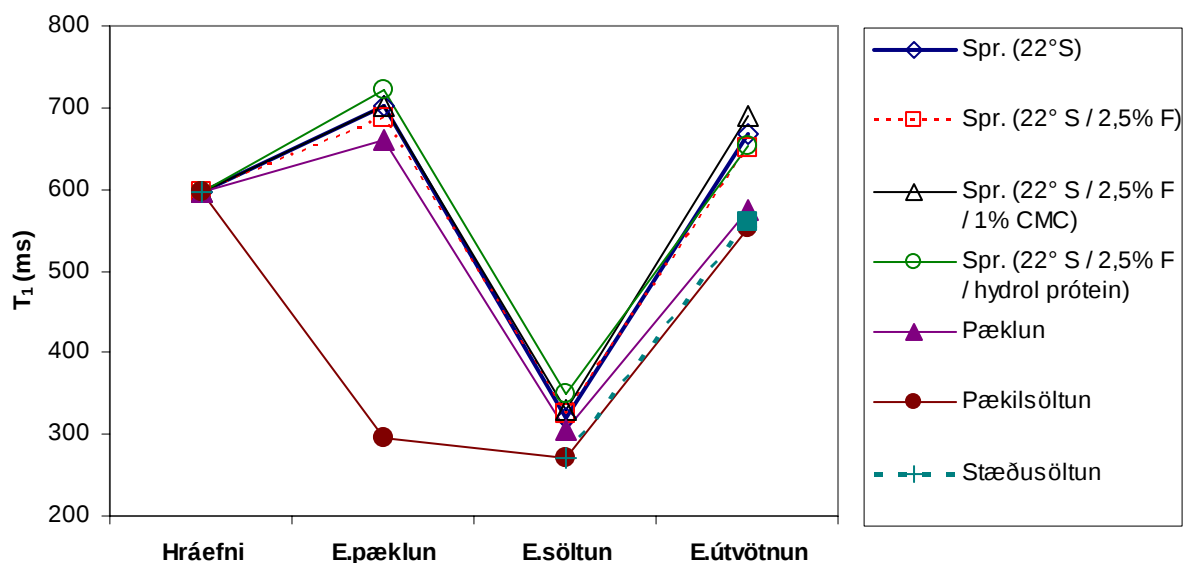
3.12.2.1 Longitudinal relaxation tímar (T_1)

Longitudinal relaxation tímar (T_1) gefa vísbendingar um hreyfanleika vatnssameinda og breytingar sem verða á bindingu vatns við aðrar stórsameindir, s.s. prótein.

T_1 -gildi hækkðu nokkuð við sprautun og pæklun (661-721 ms) og benti það til þess að hreyfigeta vatnssameinda væri meiri en í hráefninu (597 ms) (Mynd 26). Það var í samræmi við að hóparnir innihéldu viðbætt vatn á þessu stigi, heimtur vatns fyrir sprautaða og pæklaða hópa voru 122-125% en um 109% fyrir fisk sem eingöngu var pæklaður. Aftur á móti var söltun mun lengra komin í þeim hópi sem aðeins var pækilsaltaður, salt var komið í 19% og innihélt vöðvinn aðeins um helming af því vatni sem var í hráefni eða um 53%. Það kom

greinilega fram í T_1 gildi hópsins (296 ms). Aðrar rannsóknir á áhrifum saltinnihalds á hreyfanleika vatns hafa þá einnig sýnt að T_1 lengist með auknu saltinnihaldi (Erikson et al., 2004; Guðjónsdóttir, 2006), en saltið bindur vatnið og hamlar því hreyfigetu þess upp að u.þ.b. 6% saltinnihaldi þar sem vatnsheldni er hæst (Offer and Knight, 1988).

Eftir þurrköltun hafði T_1 gildi allra hópa fallið samanborið við hráefni og þæklaðar afurðir í samræmi við vatnsinnihald sýnanna. Nokkur munur var á milli hópa eftir költunaraðferðum, T_1 gildi sprautaðra hópa var á bilinu 319-350 ms, gildi þæklaðs fisks 304 ms, þækilsaltaðs fisks 271 ms og stæðusaltaðs 270 ms. Mun á hreyfanleika vatns mátti skýra að stórum hluta út frá áhrifum af viðbættu vatni en heimtur vatns voru 79-81% fyrir sprautaðan fisk, 71% fyrir þæklaðan, 49% fyrir þækilsaltaðan og 51% fyrir stæðusaltaðan. Gildi fyrir vatnsinnihald (56-60%) sýndu þennan mun á milli hópa ekki jafn skýrt. Vatnsheldni fyrir þessa hópa var einnig mjög mismunandi eða 73-76% fyrir sprautaðan fisk, 82% fyrir þæklaðan fisk, 87% fyrir þækilsaltaðan og 90% fyrir stæðusaltaðan fisk. Saltmettun vatns í vöðvanum var hins vegar svipuð á milli hópa á þessu stigi eða 26,1-27% (hlutfall salts af samanlögðu salt- og vatnsmagni í vöðvanum).



Mynd 29: T_1 hópanna í gegnum ferilinn fyrir þessar mism. aðferðir. Öll gildi eru mæld við $RG = 70$ dB. (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þækun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Við útvötnun hækkaði T_1 gildi hópa á ný við upptöku vatns. Hreyfanleiki vatns í sprautuðum hópum var meiri (651-690 ms) en í öðrum hópum (553-576 ms) og hráefni (597 ms). Þetta var í samræmi við að hlutfallslega meira vatn var í sprautuðum hópum eftir útvötnun (heimtur 108-111%) en í hráefni en minna í öðrum hópum (95-99%). Hlutfallið vatn/prótein var því

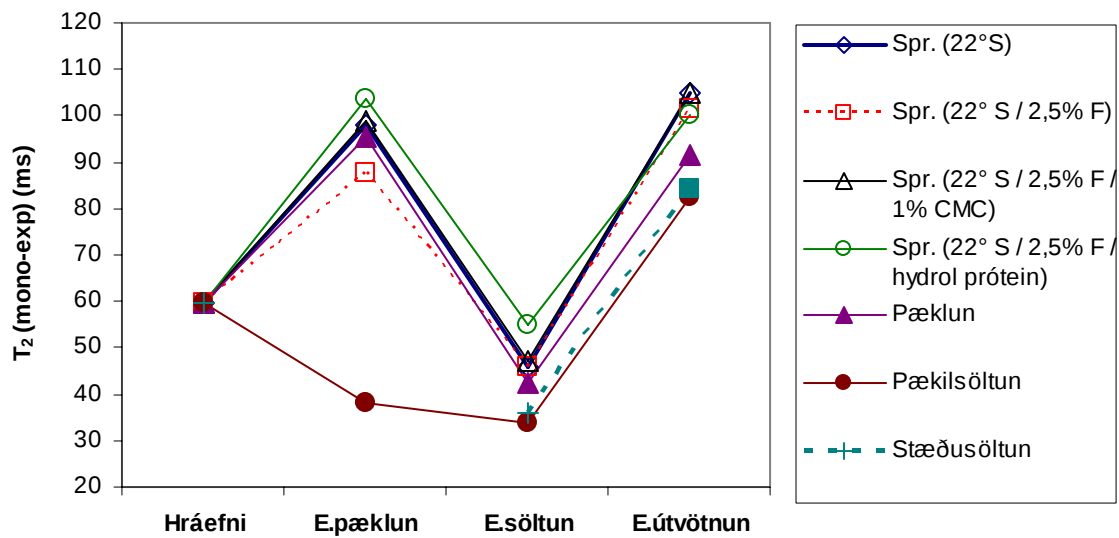
mun hærra í sprautuðum fiski (6,4-6,6) en öðrum hópum (5-5,5). Ekki var hægt að tengja niðurstöður við vatnsheldni sem var svipuð á milli hópa fyrir utan þækilsaltaðan fisk.

NMR-mælingar í þessu verkefni fólu einnig í sér ákveðna aðferðaþróun. Allar mælingar voru framkvæmdar við 2°C, með RG = 70 dB í þessari greinargerð. Ef bornir eru saman longitudinal relaxation tímarnir í gegnum söltunarferlana fyrir hverja aðferð um sig má sjá að þessi mælistærð tók heilmiklum breytingum eftir því sem á leið. Þar sem mikill munur var á efnasamsetningu fersks fisks og saltfisks þótti ráðlegt að mæla saltfiskinn með stillingum sem hentaði efnasamsetningu hans betur og var receiver gain þá breytt í 72 dB og narrow detection angle í 153°. Ekki reyndist þó marktækur munur á niðurstöðum mælinga með þessum gildum eða þeim fyrri og því voru stillingarnar í töflu C1 í viðauka notaðar til frekari greininga.

3.12.2.2 Transversal relaxation tímar (T_2)

Transversal relaxation tímar (T_2) eru taldir tengjast hreyfanleika vatns eftir dreifingu þess í vöðvanum. Gjarnan er hægt að greina 2-3 mismunandi transversal relaxation tíma sem fyrst og fremst eru taldir ráðast af því hvort vatnið sé fast bundið innan próteinnetju eða staðsett utan hennar. Í umfjöllun hér á eftir þarf að hafa í huga að þæklðu hóparnir sýndu aðeins mono-exponential hegðun (T_2) eftir sprautun og þæklun (Mynd 30) og því er þeim tímamarki sleppt fyrir T_{21} og T_{22} (Mynd 31 og Mynd 32). Hins vegar var brugðið á það ráð að gera einnig mono-exponential nálgun á mæligögnunum í gegnum allan ferilinn, þó svo að bi-exponential nálgunin passi betur í flestum tilfellum. Hugsanlega má skýra þessa hegðun í þæklðu sýnunum með því að geljun hafi átt sér stað við þæklunina. Hreyfigeta vatnssameindanna er þá svo svipuð, hvort sem þær eru innan fruma eða utan, að relaxationstímar þeirra verða svipaðir og aðeins einn vatnshópur greinist. Vegna hegðunar T_2 í ferlinum, þ.e. að sýna aðeins mono-exponential hegðun eftir sprautun og þæklun, er erfitt að draga einhverjar afgerandi ályktanir um áhrif söltunarferlanna á T_2 í heild. Mælingarnar gera það þó kleift að skoða áhrif söltunarferlanna á lokaafurðina og bera þau saman við eiginleika hráefnisins. Benda má á að eftir því sem T_2 er styttri þeim mun meira bundið er vatnið.

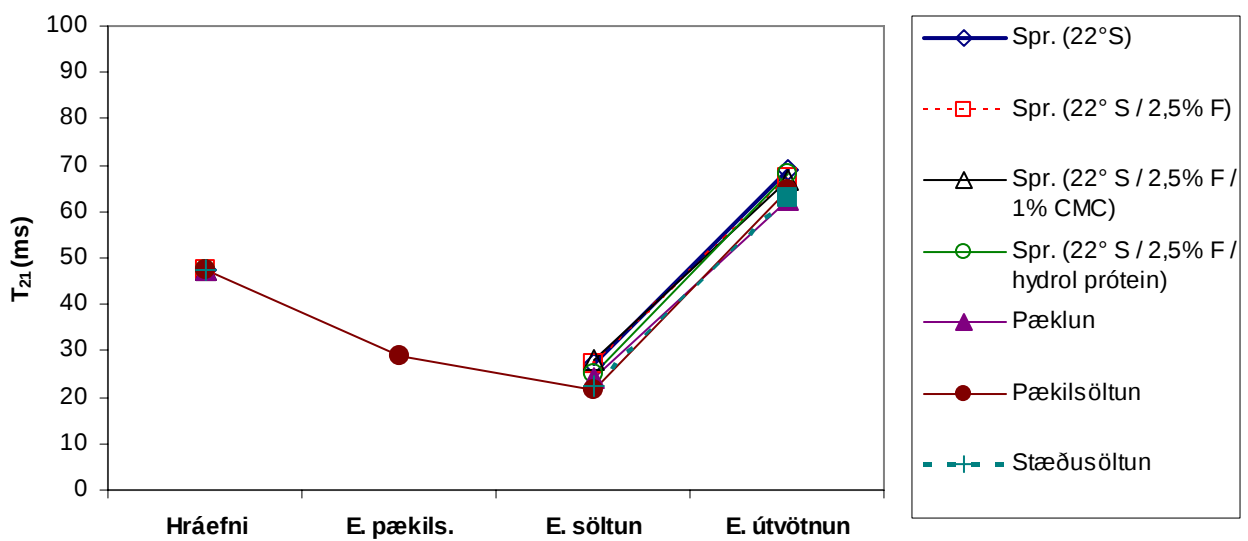
Mono-exponential nálgunin gaf $T_2=60$ ms fyrir hráefni. Þessi gildi eru í samræmi við gildi úr öðrum rannsóknum (Erikson et al., 2004 ($T_2=50$ ms); Lambelet et al., 1999 ($T_2=65$ ms)). Við sprautun og þæklun hækkuðu tímar (88-103 ms) en lækkuðu aftur við þurrsöltun (42-55 ms) til samræmis við þækilsaltaðan (34 ms) og stæðusaltaðan fisk (36 ms) þar sem munur í efnainnihaldi var orðinn tiltölulega lítill. Eftir útvötnun voru tímar lengri fyrir sprautaðan fisk (100-105 ms) vs. 91 ms í þækluðum fiski, 80 ms í þækilsöltuðum og 82 ms í stæðusöltuðum.



Mynd 30: Þróun T_2 (monoexponential nálgunar) í gegnum ferilinn. (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pæklun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Hafa ber í huga að þar sem vatnsprótónur víxlverka við prótónur bíopolýmera s.s. próteina má skoða breytingar í lögun og gerð próteina með relaxations tímum (Lambelet et al. 1989; 1992; 1995). Einnig geta fituprótnur hegðað sér á svipaðan hátt og vatnsprótónur og það veldur erfiðleikum þegar skýra á hegðun relaxationstímanna. Sýnt hefur verið fram á að transverse relaxation tíminn, T_2 er viðkvæmari fyrir afmyndun próteina en longitudinal relaxations tíminn, T_1 (Oakes, 1976; Lambelet et al. 1989). Einnig eru transverse relaxation tímarnir mun viðkvæmari fyrir breytingum á mælistillingum en inversion recovery mælingarnar (T_1). Því má álykta að T_1 sé hér betur til þess fallin til samanburðar á hegðun vatnsins í gegnum ferlana. Þó má sjá af mono-exponential nálguninni að hún sýnir sambærilega hegðun og T_1 í gegnum ferilinn en minni mun á milli söltunaraðferða.

T_{21} -gildi fyrir hráefni var 47 ms, eftir þurrsöltun voru gildi á bilinu 22-28 ms og eftir útvötnun á bilinu 62-69 ms. Mælingum eftir pæklun var hér sleppt af fyrrgreindum ástæðum en T_{21} mældist 29 ms eftir pækilsöltun. Þessar niðurstöður voru í samræmi við mælingar sem Erikson og fl. (2004) gerðu á fersku hráefni til söltunar (45 ms) og útvötnuðum fiski 63 ms ($\tau = 0.25$ ms). Þeir notuðu frystan fisk til samanburðar og voru sambærilega gildi 50 og 66 ms. Greina mátti tilhneigingu til hærri gilda fyrir sprautaðan fisk heldur en ósprautaðan, bæði eftir söltun og útvötnun.

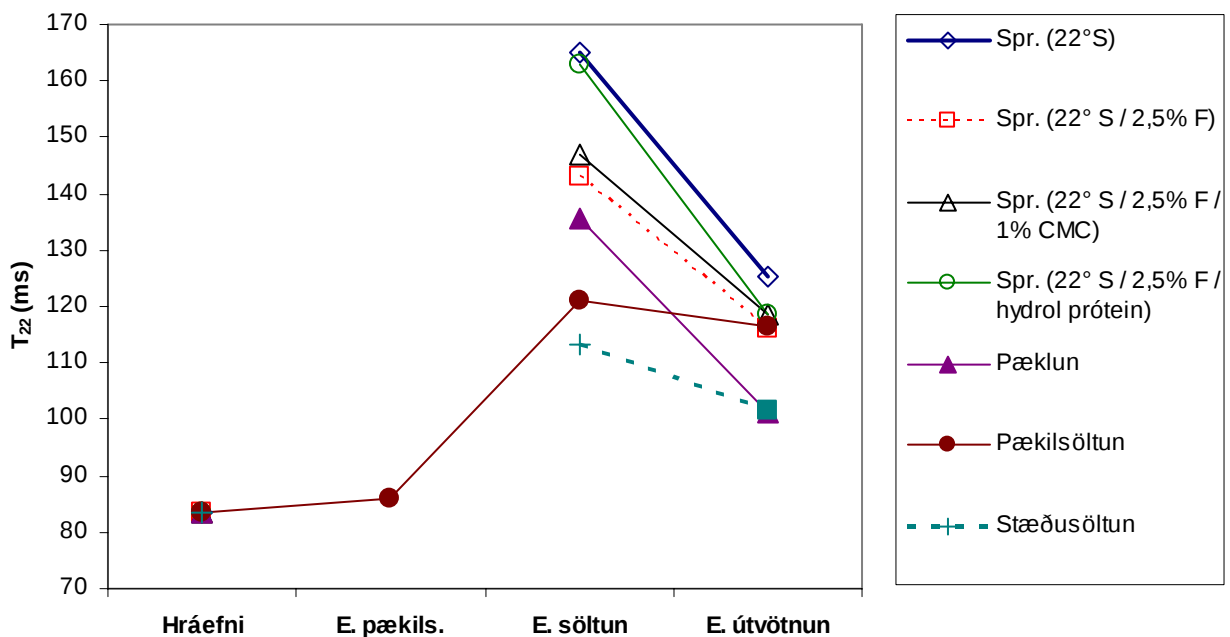


Mynd 31: Þróun T_{21} í gegnum ferilinn. (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan pæklaðir, 5 fór beint í pækilun, 6 í pækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

T_{22} -gildi saltaðs fisks (113-165 ms) var hærra en í hráefni (84 ms) og eftir útvötnun (101-125 ms). Eftir pækilsöltun mældist það 86 ms (Mynd 32). Hráefnisgildi var mjög frábrugðið niðurstöðum Erikson og fl. (2004) (124 ms) og gildi eftir útvötnun (117 ms) var einnig nokkuð hærra en það sem fékkst fyrir pæklaðan fisk í þessari tilraun (101 ms). Þess ber að geta að í þessari tilraun var unnið með flök en flattan fisk í tilraun Erikson og fl. (2004). Það sem kemur á óvart hér er að mælingar á pækilsöltuðum fiski eftir útvötnun sýna svipaða niðurstöðu og sprautaður fiskur en ekki er vitað hvað veldur því. Nefna má að vatnsheldnimælingar á sama hópi skáru sig einnig nokkuð úr.

Áhugavert er að bera saman breytingar á T_{21} og T_{22} við söltun og útvötnun en hafa ber í huga að verkun saltfisks er ferli sem hefur mikil áhrif bæði á ástand próteina og magn vatns í vöðvanum. T_{21} var mun lægra í söltuðum fiski en í hráefni en þessu var öfugt farið með T_{22} . T_{21} er talið standa fyrir stærstan hluta vatns í vöðvanum sem er staðsettur inni í próteinnetju en T_{22} aftur á móti fyrir vatn sem er utan frumna eða milli vöðvapráða. Við söltun verða umtalsverðar breytingar á vatnsmagni og minnkar hreyfanleiki þess vatns sem er innan próteinnetjunnar við afmyndun próteina og samdrátt vöðvans. Aftur á móti virðist vatn utan próteinnetjunnar vera lausar bundið og því eru meiri líkur á að það tapist úr vöðvanum eins og niðurstöður vatnsheldnimælinga eftir söltun sýna. Eftir útvötnun, þegar vöðvinn hefur bólгнаð út aftur við upptöku vatns, voru áhrif söltunaraðferða á vatnsheldniniðurstöður ekki taldar marktækar en eins og áður sagði skar pækilsaltaði hópurinn sig nokkuð úr. Sjá má að

útvatnaðar afurðirnar hafa allar nokkuð hærri T_{21} og T_{22} en hráefnið. Það er í samræmi við að í útvatnaða fiskinum er herra saltinnihald en í hráefninu, en T_2 -mælistærðirnar lengjast með auknum saltstyrk við þæklun (Erikson et al., 2004, Guðjónsdóttir, 2006).



Mynd 32: Þróun T_{22} í gegnum ferilinn fyrir þessar mismunandi söltunaraðferðir. (Hópar 1-4 voru sprautaðir í upphafi verkunar og síðan þæklaðir, 5 fór beint í þæklun, 6 í þækilsöltun en 7 eingöngu í stæðusöltun).

Við samanburð við aðrar rannsóknir getur munur á gildum komið til vegna mismunandi tækja og tækjastillinga og einnig vegna náttúrulegs breytileika í hráefni. Í þessari tilraun voru gerðar mælingar með mismunandi rafsegulpúlsum. Hentugasta bil á milli rafsegulpúlsa við okkar mælingar reyndist vera $\tau_{\text{opt}} = 1$ ms. Ekki var hægt að greina fleiri vatnshópa með lengri (2 og 4 ms) eða styttri (0.5 ms) púlsum. Aðeins fékkst verri nákvæmni með breyttum púlsbilum og fyrir lengri púlsbilin voru utanaðkomandi hlutir eins og gradientar ofl. farnir að hafa áhrif á niðurstöðurnar. Þær verða því ekki til frekari umfjöllunar hér.

3.12.3 Samantekt NMR-mælinga

Niðurstöður NMR mælinga sýndu að relaxation tímar lengdust við þæklun sem gaf til kynna aukningu í hreyfigetu vatns. Eftir þurrköltunina féllu allir relaxation tímar, nema T_{22} , vegna próteinafmyndunar og vatnstaps í sýnunum, en við útvötnun hækkuðu þeir aftur í samræmi við vatnsupptöku sýnanna á ný.

Marktækan mun mátti sjá á relaxation tímum milli söltunaraðferða á öllum stigum söltunarferlanna, eftir því hvort fiskur var sprautaður (hópur 1-4) eða ekki, í pækluðum (hópur 5), pækilsöltuðum (hópur 6) og þurrsöltuðum hópum (hópur 7). Sprautusaltaðir hópar gáfu lengsta relaxation tíma, en þurrsaltaði fiskurinn stystan relaxation tíma. Ekki fannst þó marktækur munur á relaxation tímum á milli sprautuhópanna (hópur 1-4). Sést þar að polyfosföt notuð í tilrauninni breyttu ekki relaxation tímunum marktækt, hvorki notað eitt og sér (hópur 2) eða með CMC (hópur 3) eða með próteinum (hópur 4).

Afstæðir relaxation tímar milli hópa voru svipaðir á öllum framleiðslustigunum í verkefninu. Því má draga þá ályktun að meðhöndlun fyrir þurrsöltun skipti meginmáli fyrir vatnseiginleika lokaafurðarinnar.

Sterk fylgni fannst milli mældra relaxation tíma og vatnsinnihalds, saltinnihalds, próteininnihalds og vatnsheldni. Þessar mælistærðir eru allt þættir sem gefa til kynna hver gæði afurðarinnar eru. Því má nota NMR í bland við aðrar aðferðir til að ákvarða gæði sýna. Magnmælingar á vatni með NMR tækninni sýndu þá að tæknin er bæði fljótleg og áreiðanleg og samræmi við hefðbundnar þurrkunaraðferðir er mjög gott. Áhugavert verður að fylgjast með þróun tækninnar næstkomandi ár með tilliti til gæðamælinga við vinnslulínurnar.

4 Ályktanir

Umtalsverður munur var á nýtingu og gæðum afurða eftir söltunaraðferð, þ.e. hvert upphafsskref söltunar var; sprautun (og pæklun), pæklun, pækilsöltun eða stæðusöltun. Allir hóparnir fóru í gegnum stæðusöltun en einn hópur var eingöngu stæðusaltaður. Út frá niðurstöðum má sjá að sprautun eykur nýtingu og skilar meiri gæðum en eldri aðferðir, s.s. pækilsöltun og stæðusöltun. Sprautun jók verkunarnýtingu um 15% (10 prósentustig) miðað við eldri aðferðir. Þrátt fyrir að upptaka sprautaðra hópa væri heldur lægri við útvötnun var heildarnýting (m.v. hráefnisþyngd) um 10% hærri.

Söltunaraðferðir hafa áhrif á gæðamat. Fiskur sem aðeins var stæðusaltaður kom verst út í gæðamati en sprautaður fiskur, einkum þar sem fosfat var notað, kom best út. Pækilsaltaður fiskur kom líka nokkuð vel út í mati. Flakamat, sem framkvæmt var af skynmatshópi Rf, skilaði einnig þeirri niðurstöðu að blær stæðusaltaðs fisks væri dekkstur og að bæði pæklaður og pækilsaltaður fiskur kæmi verr út en sprautaður. Los var síst meira í sprautuðum fiski.

Gæta þarf að því að hlutfallslega er mun meira vatn og salt í sprautuðum fiski en beinar efnamælingar sýna ekki að fullu hve mikill munurinn er og eins þegar bæði er tekið tillit til nýtingar og efnainnihalds. Um 3. prósentustiga munur var á vatnsinnihaldi sprautaðra og ósprautaðra flaka. Útreikningar á heimtum vatns út frá vatnsinnihaldi og nýtingu sýndu hins vegar að um 30 prósentustiga munur var á sprautuðum fiski annars vegar og pækilsöltuðum og stæðusöltuðum fiski hins vegar. Um 20 prósentustiga munur var á pækluðum og sprautuðum fiski. Þrátt fyrir að magn vatns hafi verið mun meira í sprautuðum fiski, samanborið við hráefni, skal taka fram að vatn eða pækill í fiskholdi var mettaður af salti (26-27,1%) í öllum tilfellum sem er forsenda stöðugleika afurða. Aukið vatns- og saltmagn getur haft áhrif á framhaldsvinnslu eða -verkun fisksins, s.s. þurrkun og útvötnun.

Þurrefnistap var meira í sprautuðum og/eða pækluðum fiski en þegar eldri aðferðir eru notaðar. Gera má ráð fyrir að aukin skolun á fiskinum sem sprautun og pæklun hafa í för með sér hafi þessi áhrif. Auk þess getur sprautun haft áhrif vegna þrýstings við sprautun sem hefur áhrif á vöðvagerðina.

Áhrif sprautunar á örverufjölda voru ekki marktæk eftir pæklun/pækilsöltun en eftir söltun var fjöldi örvera mun minni í pækilsöltuðum og stæðusöltuðum fiski.

Niðurstöður benda til þess að verkunarlykt og -bragð séu meiri í ósprautuðum fiski. Hugsanlega getur munur á efnabreytingum í fiski af völdum örvera og ensíma eftir söltunarferlum haft nokkuð að segja, en einnig þarf að hafa í huga að vatn er meira í sprautuðum fiski sem getur deýft verkunareinkenni.

Greinilegur munur var á þurrkeiginleikum fisksins eftir söltunaraðferðum. Ósprautaður fiskur léttist meira og hraðar við þurrkun en sprautaður fiskur. Því var einnig munur á nýtingu og efnainnihaldi fisksins eftir þurrkun. Endurskilgreina þarf viðmið um eiginleika fisksins eftir þurrkun og aðlaga þurrkferla að breyttum eiginleikum saltaðra afurða, s.s. að lengja þurrkferla fyrir sprautaðan fisk ef ná á sambærilegri þurrkun og á ósprautuðum fiski.

Ákveðin viðmið hafa verið notuð fyrir þurrkaðan saltfisk (flattan), t.a.m. er 7/8 þurr fiskur talinn innihalda um 45% vatn og vera með 76,4% þurrkunarnýtingu. Hlutfall vatns miðað við þurrefni er um 81,8% fyrir þennan flokk (Tafla 26). Ef gildi úr þessari tilraun eru skoðuð sést að skv. þurrkunarnýtingu myndi sprautaður fiskur (72-74,3%) falla milli þess að vera 7/8 þurr og Portúgalsþurr, þæklaður fiskur teldist Portúgalsþurr en stæðusaltaður félli milli þess að vera hraðþurr og extraþurr. Ef litið væri til vatnsinnihalds í flökunum per þyngd og þurrefni félli þæklaður fiskur í sama flokk og skv. viðmiðum um nýtingu. Stæðusaltaður fiskur var þurrari ef litið er eingöngu til vatnsinnihalds. Hins vegar var sprautaður fiskur ekki flokkaður eins þurr vegna hærri vatnsinnihalds (Tafla 27). Viðmiðin eru fyrir þæklaðan fisk (flattur) sem síðan var þurrsaltaður og því kemur ekki á óvart að þæklaður fiskur í þessari tilraun falli best að viðmiðunum.

Tafla 26. Viðmið við flokkun á þurrkuðum saltfiski (flattur) sem var þæklaður og síðan þurrsaltaður

Verkunarstig	Vatn (%)	Nýting í þurrkun (%)	Vatnsinnih. á þurrefnisgrunni (kg v./kg þ.)
Saltfiskur	58	100,0	138,1%
7/8 þurr	45	76,4%	81,8%
Portúgal	40	70,0%	66,7%
Harðþurr	35	64,6%	53,8%
Extraþurr	30	60,0%	42,9%

Tafla 27. Flokkun á saltfiskflökum eftir þurrkun m.v. viðmiðunargildi.

Verkunarstig	Vatn (%)	Nýting í þurrkun (%)	Vatnsinnih. á þurrefnisgr. (kg v./kg þ.)
	Fosfatsprautaður (48%)		Fosfatsprautaður (91%) Saltsprautaður (85%)
7/8 þurr	Saltsprautaður (46%)		
		Fosfatsprautaður (74%) Saltsprautaður (72%)	
Portúgal	Þæklaður (41%)	Þæklaður (70%)	Þæklaður (68%)
Harðþurr			
		Stæðusaltaður (63%)	Stæðusaltaður (45%)
Extraþurr	Stæðusaltaður (31%)		

5 Þakkarorð

Skýrsluhöfundar vilja þakka AVS-rannsóknasjóði og Tækniþróunarsjóði Rannís fyrir veitta styrki í verkefnið og Þorbirni Fiskanesi og Vísi fyrir veitta aðstoð, aðstöðu og hráefni í tilraunina.

6 Heimildir

- Akse, L., Gundersen, B., Lauritzen, K., Ofstad, R. And Solberg, T. 1993. Saltfisk: saltmodning, utprovning av analysemetoder, misfarget saltfisk. Fiskeriforskning, Tromsø.
- AOAC . 2000. 920.03 Association of Official Analytical Chemists 2000. Official methods of analysis, 17th ed.; AOAC, Arlington Virginia.
- AOAC. 2000. 976.18. Sodium chloride in Seafood. Association of Official Analytical Chemists 2000. Official methods of analysis, 17th ed.; AOAC, Arlington, Virginia.
- Arnesen, G. and Dagbjartsson, B. 1974. Saltfiskrannsóknir. Tæknitíðindi 54 – The Icelandic Fisheries Laboratories.
- Birna Guðbjörnsdóttir og Hannes Magnússon 1989. Þolni *Escherichia coli* og *Staphylococcus aureus* í söltuðu fiskhakki. Rit Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins nr. 14.
- Duerr JD, and Dyer, W.J. 1952. Proteins in fish muscle IV. Denaturation by salt. J.Fish. Res. Bd. Can, 8:325-331.
- Eide O, Borresen T, Strom T. 1982. Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). *Journal of food science*, 47, 347-54.
- Erikson U, Veliyulin, E., Singstad, T.E. and Aursand, M. 2004. Salting and Desalting of Fresh and Frozen-thawed Cod (*Gadus morhua*) Fillets: A Comparative Study Using ²³Na MRI, Low-field ¹H NMR, and Physicochemical Analytical Methods. *Journal of Food Science*, 69:107-114.
- Fennema, O.R. 1990. Comparative water-holding properties of various muscle foods: A critical review relating to definitions, methods of measurements, governing factors, comparative data, and mechanistic matters. *J Muscle Foods* 1 (4): 363-381.
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O. 1996. Characteristics of edible muscle tissue. In: Fennema O.R., editor. *Food chemistry*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker. 879-943.

- Gram L, Trolle G, og 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.
- Guðjónsdóttir, M. Low field NMR research of the state of water at superchilling and freezing temperatures and the effect of salt on the freezing process of water in cod mince. Master of Science Diploma Thesis, Chalmers University of Technology, 2006.
- Ironside, J.I.M. & Love, R.M. (1958). Studies of protein denaturation in frozen food. I. – Biological factors influencing the amounts of soluble and insoluble protein present in the muscle of the North Sea cod. *Journal of Science of Food and Agriculture*, **9**, 597–604.
- ISO 1999. 6496. Determination of moisture and other volatile matter content. Genf, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- ISO 1988. Sensory analysis – general guidance for the design of test rooms. 8589. Genf, Switzerland: The International Organization for Standards.
- ISO 1993. Sensory analysis – general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: Selected assessors, 8586-1. Genf, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- ISO 2005. 5983-2. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Kjeldahl method. Genf, Switzerland: The International Organization for Standardization.
- Joensen, S., Carlehög, M., Lauritzsen, K., Dahl, R., Eilertsen, G., Sivertsen, A.H., Akse, L., I., Bjørkevold, 2005. Sensorisk kvalitet på modnet saltfisk og klippfisk. Effekter av råstoff, saltemetoder og lagringstid. Fiskeriforskning, rapport 11/2005, 39s.
- Labuza, T.P. and Hyman, C.R. 1998. Moisture migratino and control in multi-domain foods. *Trends in Food Science and Technology* 9: 47-55.
- Lambelet P, Berrocal, R., and Ducret, F. 1989. Low resolution NMR microscopy: a tool to study protein denaturation. I. Application to diamagnetic whey proteins. *J. Dairy Res.*, 56:211-222.
- Lambelet, P., Berrocal, R., Renevey, F. 1992. Low-field nuclar magnetic resonance relaxation study of thermal effects on milk protein. *J. Dairy Res.* 59: 517-526.
- Lambelet P, Renevey, F., Kaabi, C. and Raemy, A. 1995. Low-Field Nuclear Magnetic Resonance Relaxation Study of Stored or Processed Cod. *J. Agric. Food Chem.*, 43:1462-1466.
- Linko, R.R. og Nikkila, O.E. 1961. Inhibitin of the denaturation by salt of myosin in Baltic herring. *Journal of Food Science* 26: 606.

- Love, R.M., Robertson, O., Smith, G.L., and Witthle, K.J. 1974. The texture of cod muscle. *Journal of Texture studies*, **5**, 201–212.
- Magnússon, H., Sveinsdóttir, K., Lauzon, H.L., Thorkelsdóttir, Á. og Martinsdóttir, E. 2006. Keeping quality and desalted cod fillets in consumer packs. *Journal of Food Science* 71 (2).
- Oakes, J. 1976. Thermally denaturated proteins. Nuclear magnetic resonance, binding isotherm and chemical modification studies of thermally denaturated bovine serum albumin. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, 72: 228-237.
- Offer, G. And Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding in meat. Lawrie R., editor.
- Rodrigues, M.J., Ho, P., López-Capallero, M.E., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. 2003. Characterization and identification of microflora from soaked cod and respective salted raw materials. *Food Microbiology* 20: 471-481.
- Stone, H. og Sidel, J.L. 1985. Sensory evaluation practices. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. 311p.
- Thorarinsdóttir KA, Arason, S., Bogason, S.G. and Kristbergsson, K. 2001. Effects of Phosphate on Yield, Quality, and Water-Holding Capacity in the Processing of Salted Cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology*, 66:821-826.
- Thorarinsdóttir 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*, 11:287-301.
- Thybo, A.K., & Martens, M. (2000) Analysis of sensory assessors in texture profiling of potatoes by multivariate modelling. *Food Quality and Preference*, 11(4), 283-288.
- Vyncke W. 1975. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Fette. Seifen. Anstrichmittel*. 77: 239–240.
- Þórarinsdóttir KA Physico-chemical changes during processing of salted cod (*Gadus morhua*). Master of Science thesis, University of Iceland, 2000.

7 Viðaukar

Viðauki A - Skilgreiningar á nýtingu

$$\eta_{pæklun} = \frac{\text{massi flaks eftir pæklun}}{\text{massi ómeðhöndlaðs flaks}} * 100$$

$$\eta_{purrsöltun} = \frac{\text{massi flaks eftir purrsöltun}}{\text{massi flaks fyrir purrsöltun}} * 100$$

$$\eta_{útvötnun} = \frac{\text{massi flaks eftir útvötnun}}{\text{massi flaks fyrir útvötnun}} * 100$$

$$\eta_{suða} = \frac{\text{massi bita eftir suðu}}{\text{massi bita fyrir suðu}} * 100$$

Viðauki B – Skynmat hrágögn

Tafla B1: Niðurstöður skynmats á hráum saltfiskflökum. Meðaltal dómara fyrir hvert flak, meðaltal fimm flaka í hóp og staðalfrávik.

Sýni	litur/ styrkur	litur/ gulur	blettir	los/ hnakki	los/ sporðst	verkunarlykt	summa stiga
	0-3	0-2	0-2	0-3	0-2	0-3	0-15
H1	0,2	0,5	0,0	1,0	0,1	0,7	2,5
	1,4	0,9	0,5	1,2	0,3	0,7	5,0
	0,3	0,8	0,0	1,0	0,6	0,9	3,6
	0,8	0,2	1,5	0,2	0,2	0,5	3,4
	0,1	0,6	0,2	0,9	0,2	0,5	2,5
meðaltal	0,55	0,61	0,45	0,86	0,26	0,66	3,38
Stdev	0,53	0,28	0,63	0,38	0,17	0,17	1,01
H2	0,0	0,0	0,1	1,2	0,8	0,7	2,8
	0,8	0,8	0,8	0,2	0,3	0,6	3,5
	0,3	0,5	0,0	1,0	0,9	0,8	3,5
	0,2	0,2	0,9	0,0	0,0	0,5	1,8
	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,6	1,9
meðaltal	0,31	0,36	0,38	0,50	0,50	0,63	2,68
Stdev	0,29	0,31	0,44	0,56	0,37	0,13	0,85
H3	0,2	0,0	0,1	0,5	0,0	0,4	1,2
	0,5	0,8	1,4	0,1	0,5	0,6	3,9
	0,6	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	2,6
	0,5	0,5	0,4	0,1	0,7	0,6	2,8
	1,0	0,6	0,6	0,1	0,5	0,8	3,6
meðaltal	0,55	0,47	0,56	0,22	0,41	0,59	2,80
Stdev	0,29	0,31	0,49	0,18	0,24	0,16	1,06
H4	0,6	0,9	0,6	0,4	0,8	0,7	4,0
	0,9	1,0	0,5	0,6	0,8	0,9	4,7
	0,4	0,3	0,3	1,4	1,1	1,1	4,6
	1,0	0,5	0,6	1,1	0,4	0,7	4,3
	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,8	3,3
meðaltal	0,71	0,67	0,47	0,78	0,71	0,85	4,18
Stdev	0,24	0,29	0,13	0,45	0,29	0,17	0,58
H5	1,8	1,3	1,3	2,2	1,0	1,5	9,0
	1,1	1,0	0,9	2,2	1,1	1,1	7,4
	1,3	1,0	1,5	0,7	0,4	1,0	5,9
	1,2	1,1	0,7	2,3	0,8	1,3	7,4
	1,0	1,0	0,7	1,8	1,4	1,1	7,0
meðaltal	1,28	1,07	1,01	1,84	0,94	1,19	7,34
Stdev	0,32	0,12	0,36	0,66	0,37	0,18	1,11
H6	0,9	1,0	0,0	0,4	0,8	0,9	4,0
	1,0	0,5	1,0	0,3	0,5	0,5	4,0
	1,1	1,0	0,2	0,5	0,2	1,0	4,0
	1,3	1,1	0,9	0,3	0,9	0,9	5,4
	0,5	0,7	0,8	0,2	0,3	0,5	3,0
meðaltal	0,97	0,88	0,58	0,33	0,55	0,76	4,07
Stdev	0,30	0,24	0,45	0,11	0,31	0,22	0,84
H7	1,8	1,6	0,2	0,8	0,8	1,9	7,2
	1,7	1,4	0,7	1,5	1,2	1,6	8,1
	1,8	1,8	0,7	0,4	1,0	2,1	7,8
	2,0	1,8	0,6	0,8	0,4	2,0	7,6
	1,6	1,7	0,9	1,9	1,1	1,4	8,6
meðaltal	1,77	1,67	0,62	1,08	0,90	1,80	7,85
	0,13	0,16	0,27	0,60	0,31	0,29	0,54

Tafla B2: Niðurstöður skynmats á soðnum saltfiski. Meðaltal dómara fyrir þrísýni. Mismunandi bókstafir sýna marktækan mun milli hópa í hverjum matsþætti, $p < 0,05$.

MATSÞÁTTUR	Hópur 1	Hópur 2	Hópur 3	Hópur 4	Hópur 5	Hópur 6	Hópur 7	Skýring
litur	31,3 c	<u>19,5 a</u>	22,2 ab	26,3	34,0 c	28,0 bc	33,2 c	H2 var ljósari en H1, H5, H6 og H7
útlit	35,2	26,0	26,2	33,1	35,6	35,9	36,1	
flögur	48,6 a	<u>60,9 b</u>	49,1 a	51,1 a	47,2 a	49,6 a	51,7 a	H2 var flögukennari en aðrir hópar
verkunarlykt	48,2	40,9	44,4	46,3	42,2	38,2	44,4	
sæt lykt/soðin	25,6	29,2	32,6	26,5	26,6	28,7	25,0	
sjávarlykt	25,7	27,6	26,6	28,9	23,9	26,2	24,1	
smjörlykt	23,3	26,3	<u>31,6 a</u>	27,5	25,4	27,1	22,4 b	Sterkari smjörlykt af H3 en H7
jarðlykt/ soðnar kartöflur	26,5	21,9	25,2	22,4	23,8	24,9	23,9	
borðtusulykt	13,8	9,1	8,8	12,7	12,5	8,2	12,1	
súr lykt	<u>9,3 a</u>	3,7	3,9 b	7,2	4,6	3,6 b	6,4	
klórlykt	3,0	2,3	2,6	2,1	1,6	1,4	1,6	
TMA lykt	2,9	2,2	1,6	2,3	2,7	2,0	3,3	
brennisteinslykt	1,0	0,4	0,5	0,4	1,2	0,3	0,8	
verkunarbragð	49,1	43,7 a	49,2	48,3	<u>55,4 b</u>	42,1 a	<u>56,0 b</u>	Meira verkunarbragð af H5 og H7 en H2 og H6.
saltbragð	48,9 b	51,4 b	58,2 b	54,3 b	55,2 b	<u>34,6 a</u>	51,0 b	Saltbragð var minnst í H6
sætt bragð	19,0	17,1	18,2	14,6	17,8	17,0	17,3	
sjávarbragð	25,8	28,9	27,1	29,5	30,3	24,9	28,8	
smjörbragð	23,3	26,8	30,6	23,6	30,6	22,9	31,6	
jarðbragð	<u>25,3 b</u>	13,4 a	16,2 a	19,9	20,6	16,6 a	20,6 a	Meira jarðbragð í H1 en H2, 3, 6 og 7.
surt bragð	7,1	<u>2,4 a</u>	4,9	4,7	8,3	3,2	<u>8,2 b</u>	Súrara bragð í H7 en H2
TMA	7,8	2,6	4,0	4,3	5,6	3,1	6,0	
rammt bragð	11,9	9,5	14,9	<u>14,5 a</u>	12,7	7,0 b	12,1	Rammara bragð í H4 en H6
klórbragð	0,8	0,6	0,8	0,8	0,5	1,0	1,4	
frystibragð	10,0 bc	4,9 ab	5,4 a	9,0	7,8	8,0	11,1c	Frystibragð var mest í H1 og H7
mýkt	55,5	54,6	52,1	47,4	57,1	56,1	54,2	
safi	54,3	54,8 b	52,6	<u>45,7 a</u>	55,4	51,9	52,4	Safi var minnstur í H4
meyrni	49,3	47,8	40,8	36,8	46,9	40,6	46,5	
gúmmí	<u>25,7 a</u>	35,5	40,4	42,4 b	30,1	40,0 b	31,1	Minni gúmmíáferð í H1 en H4 og H6.
froðukenndur	25,2	20,5	31,2	24,6	28,3	26,8	33,0	

Viðauki C – NMR tækjastillingar

Tafla C1: Samanburður á T₁-tækjastillingum fyrir ferskan fisk og saltfisk.

Stærð	Ferskur fiskur	Saltfiskur
Fjöldi skanna (NS)	4	4
Recycle delay (RD) (s)	4	4
Receiver Gain (RG) (dB)	70	72
Digital bandwidth (kHz)	20000	20000
Analog Bandwidth	broad	Broad
Dummy Shots (DS)	0	0
90° pulse length (μs)	2.20	2.20
180° pulse length (μs)	4.46	4.46
Detection angle (broad) (°)	160	160
Detection angle (narrow) (°)	244	253
H offset (steps)	80	80
NMR frequency (MHz)	19.65	19.65
Pulse Attenuation (dB)	0	0
Instrumental Gain (dB)	69	72
Receiver Dead Time (ms)	0.011	0.011
Homogeneity limit (ms)	0.15	0.15
Instrument RD (s)	5	5

Viðauki D – Correlation matrices

Í neðangreindum correlation matrixum eru gildi hærri en ± 0.8 lituð rauð, en gildi milli $\pm(0.6-0.8)$ lituð blá til að auðvelda aflestur.

Tafla D1: Correlation matrix fyrir mældar stærðir. Í öllum NMR mælingum er RG=70 dB.

	Vatn	Salt	Prótein	WHC	TCA	Vatnsvirkni	T ₁	T ₂₁	T ₂₂	T ₂ (mono)	pH
Vatn	1										
Salt	-0.985	1									
Prótein	-0.901	0.816	1								
WHC	0.805	-0.823	-0.632	1							
TCA	-0.614	0.578	0.605	-0.657	1						
Vatnsvirkni	0.979	-0.987	-0.831	0.844	-0.508	1					
T ₁	0.950	-0.900	-0.957	0.761	-0.464	0.928	1				
T ₂₁	0.982	-0.960	-0.921	0.842	-0.837	0.950	0.966	1			
T ₂₂	-0.462	0.560	0.109	-0.721	-0.059	-0.603	-0.389	-0.415	1		
T ₂ (mono)	0.932	-0.869	-0.972	0.787	-0.651	0.886	0.958	0.967	-0.234	1	
pH	0.636	-0.636	-0.540	0.569	-0.039	0.672	0.687	0.603	-0.679	0.518	1

Tafla D2: Correlation matrix fyrir flakamatsþætti.

	litur- styrkur	litur -gullur	blettir	los - hnakki	los - sporðst	verkunarl ykt	summa
Vatn	-0.7940	-0.7888	-0.3666	-0.1680	-0.5306	-0.6302	-0.6289
Salt	-0.7771	-0.7403	-0.6354	-0.6293	-0.8307	-0.6710	-0.8046
Prótein	0.8497	0.8487	0.4405	0.2798	0.5647	0.7084	0.7115
WHC	0.8484	0.8452	0.4304	0.2164	0.5499	0.7299	0.6958
TCA	0.8033	0.8216	0.2449	0.1803	0.6025	0.7199	0.6562
Vatnsvirkni	0.6372	0.5538	0.5546	0.2017	0.7894	0.5214	0.5772
T ₁	-0.7269	-0.7409	-0.3413	-0.1594	-0.3524	-0.5963	-0.5704
T ₂₁	-0.7780	-0.7706	-0.3882	-0.2829	-0.6412	-0.6420	-0.6686
T ₂₂	-0.7316	-0.7165	-0.3859	-0.1086	-0.5477	-0.6497	-0.5917
T ₂ (mono)	-0.6190	-0.6244	-0.3238	-0.0684	-0.2467	-0.4743	-0.4571
pH	0.0853	0.0761	-0.0011	-0.4706	-0.3192	-0.1152	-0.1467

Tafla D3: Correlation matrix fyrir skynmatsþætti á soðnum útvötnuðum saltfiski. Skynmatsþættir er tengjast yfirbragði og lykt.

	litur	útlit	flögur	verkunarlykt	sæt lykt/soðin	sjávarlykt	smjörlykt	jarðlykt/ soðnar kartöflur	borðtuskulykt	súr lykt	klórlykt	TMA lykt	brennisteinslykt
Vatn	-0.5060	-0.5824	0.3696	0.6375	0.2355	0.6001	0.3069	-0.0289	0.2259	0.0787	0.9189	-0.2893	-0.0677
Salt	-0.7934	-0.9494	0.2928	-0.0740	0.8736	0.3618	0.7716	-0.1809	-0.5615	-0.4683	0.4467	-0.7201	-0.3911
Prótein	0.5915	0.6826	-0.3655	-0.5595	-0.3612	-0.6099	-0.4118	0.0531	-0.1094	0.0190	-0.9076	0.3911	0.1274
WHC	0.0906	-0.2414	0.2001	0.4754	-0.2087	-0.2346	-0.2343	-0.3315	0.4751	0.3561	0.2494	0.4143	0.5068
TCA	0.5408	0.5127	-0.3148	-0.4154	-0.3388	-0.6471	-0.3920	-0.1252	-0.0428	0.2157	-0.8647	0.4718	0.1798
Vatnsvirkni	0.3965	0.3686	-0.3231	-0.4839	-0.2824	-0.4170	-0.2134	-0.5020	-0.0144	0.3664	-0.9011	0.3061	0.1507
T ₁	-0.6072	-0.6925	0.2988	0.5807	0.4355	0.6009	0.4741	0.0683	0.0412	-0.0408	0.9317	-0.4398	-0.1958
T ₂₁	-0.5366	-0.4210	0.4504	0.5273	0.1798	0.7621	0.2503	0.0846	0.0923	0.0829	0.8307	-0.3184	-0.3557
T ₂₂	-0.5108	-0.3383	0.2679	0.3167	0.3209	0.6754	0.3477	0.3279	-0.1212	-0.2209	0.7331	-0.4709	-0.4338
T ₂ (mono)	-0.5230	-0.6468	0.3128	0.5945	0.3478	0.5140	0.3787	0.0492	0.1483	-0.0611	0.9391	-0.3543	-0.0323
pH	-0.3010	-0.1123	-0.2122	0.2107	0.3270	0.5102	0.4836	0.2489	-0.2616	0.2230	0.1680	-0.4151	-0.6582

Tafla D4: Correlation matrix fyrir skynmatsþætti á soðnum útvötnuðum saltfiski. Skynmatsþættir er tengjast bragði.

	Verkunar- bragð	saltbragð	sætt bragð	sjávarbragð	smjörbragð	jarðbragð	surt bragð	TMA	rammt bragð	klorbragð	frystibragð
Vatn	-0.1840	0.5643	0.0278	0.0826	-0.2364	0.0884	-0.2029	0.1059	0.5272	-0.5264	-0.3204
Salt	-0.2099	0.5357	0.1384	0.1192	0.3738	-0.6542	-0.4318	-0.5068	0.3322	-0.4515	-0.8520
Prótein	0.2133	-0.5917	-0.0466	-0.0881	0.1671	0.0282	0.2632	-0.0079	-0.5258	0.5669	0.4377
WHC	0.7121	0.8618	0.1205	0.7782	0.6967	0.1605	0.5209	0.3464	0.6367	-0.0834	0.0245
TCA	0.4783	-0.2374	-0.0806	0.2144	0.5120	-0.0272	0.4021	0.0150	-0.2384	0.6410	0.4114
Vatnsvirkni	0.4477	-0.0178	-0.3782	0.5823	0.4924	-0.1828	0.2817	-0.1946	-0.1014	0.2474	0.1720
T ₁	-0.2311	0.5519	0.0986	-0.0434	-0.1553	-0.0290	-0.2717	0.0152	0.5397	-0.4533	-0.4134
T ₂₁	-0.5179	0.1159	-0.1027	-0.3028	-0.6265	0.0811	-0.4426	0.0109	0.2052	-0.2761	-0.1617
T ₂₂	-0.6872	-0.1692	0.0409	-0.6183	-0.7339	0.0298	-0.5357	-0.0612	-0.0216	-0.2544	-0.2088
T ₂ (mono)	-0.1534	0.6036	0.1616	0.0536	-0.1268	0.0437	-0.1789	0.0982	0.5415	-0.5689	-0.4099
pH	-0.3394	-0.1629	-0.3147	-0.5042	-0.3279	-0.0695	-0.3383	-0.1817	0.1918	0.4145	0.0971

Tafla D5: Correlation matrix fyrir skynmatsþætti á soðnum útvötnuðum saltfiski. Skynmatsþættir er tengjast áferð.

	mýkt	safi	meyrni	gúmmí	froðukenndur	stamur
Vatn	-0.4853	-0.1374	0.0012	0.3172	-0.4783	0.5611
Salt	-0.2359	0.1420	-0.1461	0.5915	-0.0494	0.7334
Prótein	0.4754	0.1011	0.0276	-0.3986	0.4541	-0.5598
WHC	-0.1168	0.2151	0.4375	-0.2442	0.1664	0.9233
TCA	0.3204	0.0832	0.0618	-0.2045	0.6232	-0.1005
Vatnsvirkni	0.1402	-0.0465	-0.0911	0.0528	0.3536	0.5121
T ₁	-0.5007	-0.1330	-0.0916	0.4166	-0.3334	0.4461
T ₂₁	-0.5229	-0.3382	-0.1686	0.2679	-0.5743	-0.0903
T ₂₂	-0.3270	-0.2441	-0.2255	0.1961	-0.5019	-0.5261
T ₂ (mono)	-0.3945	-0.0150	0.0480	0.2885	-0.3962	0.6383
pH	-0.6448	-0.7048	-0.7539	0.6067	0.2367	-0.5668