

Auðlindir & afurðir
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics

Viðskiptaþróun
Business Development

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting



Saltfiskþurrkun við íslenskar aðstæður

Ásbjörn Jónsson
Gísli Kristjánsson
Sigurjón Arason

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 01-16
Febrúar 2016

ISSN 1670-7192

Skýrsla lokuð til 01.03.2017

Titill / Title	Saltfiskþurrkun við íslenskar aðstæður (R13 078-12)		
Höfundar / Authors	Ásbjörn Jónsson, Gísli Kristjánsson og Sigurjón Arason		
Skýrsla / Report no.	01-16	Útgáfudagur / Date:	Febrúar 2016
Verknr. / Project no.	2002 2165	Skýrsla lokuð til 01.03.2017	
Styrktaraðilar /Funding:	AVS – Rannsóknarsjóður í sjávarútvegi		
Ágríp á íslensku:	<p>Þurrkaður saltfiskur er vinsæl neysluvara í Suður-Evrópu og Suður-Ameríku. Töluvert magn af þeim saltfiski sem fluttur er frá Íslandi er þurrkaður í Portúgal, áður en hann er seldur til neytenda þar í landi eða fluttur áfram til Brasilíu. Áhugi er fyrir því að skoða fýsileika þess að flytja þurrkunarferlið hingað til lands og auka þannig virðisauka afurðar.</p> <p>Markmiðið með þessu verkefni var að byggja upp þekkingu við framleiðslu á þurrkuðum saltfisk úr íslensku hráefni, sem hefur verið saltaður og þurrkaður við íslenskar aðstæður með notkun jarðvarma. Ennfremur að þróa þurrktækni sem getur framleitt sambærilega afurð og jafnvel betri en er á markaði í dag. Til að ná þessum markmiðum voru tilraunir gerðar með þurrkun á saltfiski í íslenskum grindarklefa (pýramíðaþurrkara). Áhrif þurrkunar á mismunandi tegunda fisks, sem var verkaður við mismunandi söltunaraðferðir og meðhöndlun fyrir þurrkun og meðan á þurrkun stóð, voru bornar saman.</p> <p>Niðurstöður sýndu að munur var á þurrkhraða milli fisktegunda (langa, keila og þorskur). Einnig var munur milli þorsks sem var þækilsaltaður og þorsks sem var þæklaður og sprautaður með Carnal fosfati. Enginn þyngdarmunur mældist milli þæklaðs fisks, með eða án fosfats frá sama framleiðanda í þurrkun. Nokkur ávinningur í formi hraðara þyngdartaps í þurrkun náðist með því að fergja fiskinn, meðan á þurrkun stóð. Hita- og rakastig í þurrklefanum var mjög stöðugt og ekki marktækur munur á þurrkhraða í fiski, staðsettum á mismunandi stöðum í klefanum. Niðurstöður mælinga á vatns- og saltinnihaldi á mismunandi stöðum í fiskholdi sýndu minnsta vatnsinnihaldið á yfirborði fisksins eftir þurrkun.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Þurrkaður saltfiskur, þurrkaðstæður, fergjun, þvottur, Z-gildi</i>		
Summary in English:	<p>Dried salted fish is a popular consumer product in Southern Europe and South America. Large quantities of salted fish export from Iceland are further processed into dried salted products in Portugal, before consumed in Portugal or exported to Brazil. By drying the salted fish in Iceland an added value could be achieved, before export.</p> <p>The aim of the project was to build up expertise in the production of dried salted fish from Icelandic ingredient, using geothermal energy. Furthermore, to develop a drying technology which can produce a similar products and even better that is on the market today. To achieve these objectives, attempts were made by drying the salted cod in Icelandic, grid cell (pyramid dryer). Fish of different species, different salting methods and treatment for drying and during the drying period, were compared.</p> <p>The results showed significant difference in drying rate between fish species (ling, tusk and cod). Also there was a difference between cod which was pickle salted and brined cod injected with Carnal phosphate. No differences in weight loss was observed between brined cod, with or without phosphate, from the same producer. Some advantages can also be achieved by compressing the fish during drying, which speeds up the weight loss. The humidity and temperature in the drying tunnel were stable and no difference could be found in drying rate of fish in different locations in the drying tunnel. Results from water and salt content in different locations in the fish, showed the lowest water content on the surface of the fish after drying.</p>		
English keywords:	<i>Dried salted fish, Drying condition, compressing, washing, Z-value</i>		

Efnisyfirlit

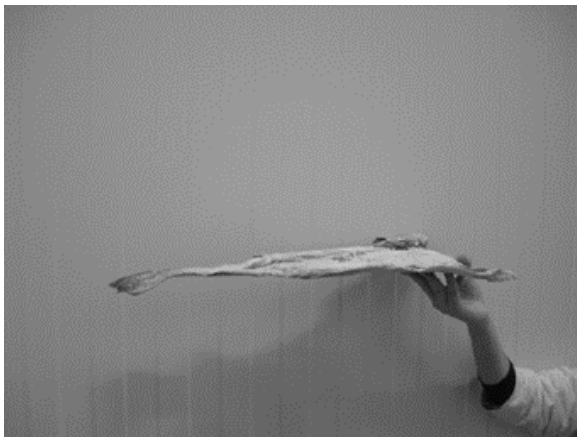
Inngangur	2
1 Framkvæmd.....	3
Tilraun 1.....	4
Tilraun 2.....	5
Tilraun 3.....	10
Tilraun 4.....	11
Tilraun 5.....	12
2 Niðurstöður	14
Tilraun 1.....	14
Tilraun 2.....	16
Tilraun 3.....	27
Tilraun 4.....	31
Tilraun 5.....	33
3 Umræða og ályktanir	36
Þurrkhræði og þyngdartap við þurrkun.....	36
Efnamælingar	37
Þurrkaðstæður í klefa	37
4 Lokaorð og samantekt	38
5 Þakkarorð	38
6 Heimildir	39

Inngangur

Um aldamótin 1800 sendu Íslendingar í fyrsta skipti út saltfiskfarm á eigin vegum. Upp frá því jókst saltfiskverkun Íslendinga smátt og smátt og í upphafi 21. aldarinnar er saltfiskur ennþá mikilvæg útflutningsvara þó að nýjar og breyttar geymsluaðferðir hafi litið dagsins ljós. Mikilvægustu markaðir okkar og þeir stærstu eru á Spáni, Ítalíu og Grikklandi (SPIG) og í Portúgal (PORT). Nú eru markaðir að opnast með nýjum áherslum, þ.e.a.s væntingum um ákveðin gæði. Þessir markaðir eru fremst Portúgal og Brasilía, þar sem áhugi er fyrir þurrkuðum saltfiskafurðum. Í Portúgal er saltaður fiskur þurrkaður og fluttur til Brasilíu. Brasilía er einn af stærstu mörkuðum sem flytja inn þurrkaðan saltfisk, og hefur hlutur Íslands ekki verið stór á þessum ört vaxandi markaði, meðal annars vegna útflutnings okkar á söltuðum afurðum til Brasilíu.

Fyrir mörgum árum var hætt að framleiða þurrkaðan saltfisk hér á landi vegna hás launakostnað við framleiðsluna, en þess í stað hefur saltfiskur verið fluttur út til Portúgals þar sem hann er þurrkaður (Pálsson og fl., 2012). Hér á landi er jarðvarmi sú orka sem er mikið notuð er til framleiðslu á þurrkuðum afurðum, og Íslendingar ættu að vera vel samkeppnishæfir á mörkuðum fyrir þurrkaðann saltfisk, með nýtingu á þessari ódýru orku.

Þurrkun á saltfisk eykur geymslupól vörunnar og samtímis dregur þurrkun úr flutningskostnaði. Á Íslandi er nær allur saltfiskur blautverkaður eða fullstaðinn, en það er fiskur sem ekki er þurrkaður eftir söltun. Þegar þurrka á saltfisk þarf að taka mið af óskum markaðarins um hversu mikið vatnsinnihald á að vera í lokaafurð. Þá þarf að fylgja ákveðnu verklagi og aðstæður við þurrkunina eins og hitastig, loftraka og lofthraða þarf að vera á ákveðnu bili til þess að viðhalda réttum gæðum vörunnar. Í Portúgal telst saltfiskur þurrkaður þegar hann stendur beint út ef haldið er um hnakkastykkið (Mynd 1).



Mynd 1. Aðferð til að meta hvort saltfiskur sé nægilega vel þurrkaður.

Í þessu ástandi er vatnsinnihald afurðar undir 47%, sem er krafa frá mörkuðum í Portúgal. Jafnvel þó að þurrkaður saltfiskur hafi vatnsinnihald undir 47%, er þurrkun ekki fullnægjandi ef afurðin helst ekki bein með þessu prófi, og lýsir því áferðareiginleikum sem neytandinn vill ekki (Brás og Costa, 2010).

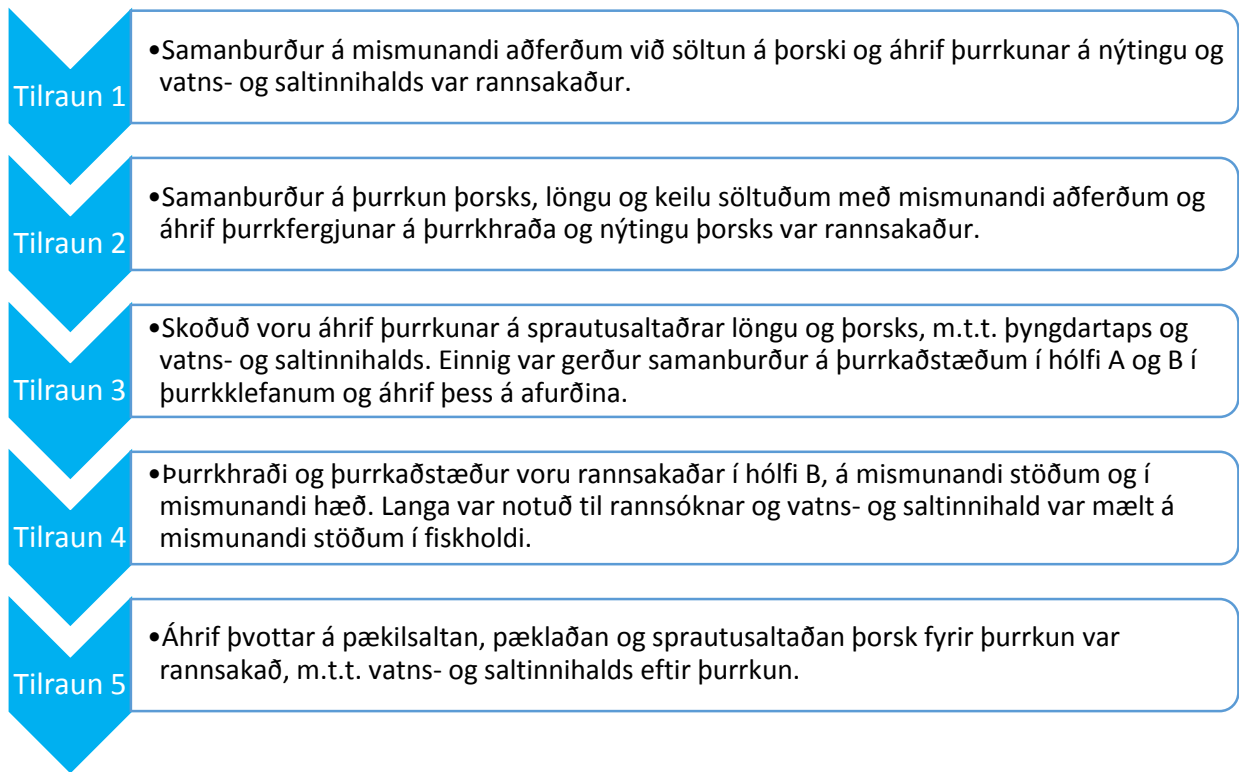
Þurrkun á saltfiski er ekki einungis aðferð til að auka geymsluþol afurðar og minnka flutningskostnað, heldur fær þurrkaða afurðin

ákveðið bragð og áferð sem neytendum í mörgum löndum líkar.

Markmiðið með þessu verkefni var að byggja upp þekkingu við framleiðslu á þurrkuðum saltfiski, sem hefur verið saltaður með íslensku verkunaraðferðunum og þurrkaður með jarðvarma. Ennfremur að þróa þurrktækni sem getur framleitt sambærilega afurð og jafnvel betri en er á mörkuðum í dag. Til að ná þessum markmiðum voru tilraunir gerðar með þurrkun á saltfiski í íslenskum grindarklefa (pýramíðaþurrkara), með það að markmiði að afla þekkingu hvernig mismunandi þurrkaðstæður hafa áhrif á afurðagæði. Fiskur af mismunandi tegundum, mismunandi verkunaraðferðum og ákveðin meðhöndlun fyrir þurrkun og meðan á þurrkun stóð, voru bornar saman.

1 Framkvæmd

Gerðar voru 5 tilraunir sem byggðust á að bera saman mismunandi söltunaraðferðir og mismunandi meðhöndlun á söltuðum fiski fyrir þurrkun og áhrif þurrkunar á efna- og eðliseiginleika afurðar. Þær fisktegundir sem voru notaðar í tilraunum voru þorskur, langa og keila í mismunandi stærðum. Einnig var fylgst með þurrkaðstæðum í nýjum klefa í fyrirtækinu Haustak hf. og áhrif þeirra á þurrkun saltfisk (Mynd 2).



Mynd 2. Lýsing á tilraunahögun í verkefninu.

Við tölfræðilega úrvinnslu á gögnum var notuð einspátta fervikagreining (*Analysis of variance* – ANOVA), til að kanna marktækan mun á milli hópa, miðað við 95% öryggismörk.

Tilraun 1

Þurrkun saltfisks fór fram í Haustak hf. í ágúst 2012. Notaður var 3ja daga gamall þorskur sem var veiddur á línu fyrir vestan landið, til söltunar og þurrkunar. Hráefninu var skipt í 4 hópa sem innihélt 10 fiska hver. Flökin voru söltuð ósnyrt með þunnildum. Meðaltal flaka var 866 ± 148 g. Flökin voru meðhöndluð með 4 mismunandi forsöltunaraðferðum, þ.e.

- Pækilsöltun (PS):
 - ✓ Flökin kafsöltuð í lokuð ker, mettaður pækill myndast sem flökin liggja í 2 daga.
- Sprautusöltun (salt) og pæklun (S-PP).
 - ✓ Styrkur saltpækils sem notaður var í sprautusöltun var 18,4%. Flökin síðan lögð í 12,4% saltpækil í 2 daga.
- Sprautusöltun (salt + fosfat) og pæklun (S+PP):
 - ✓ Styrkur saltpækils sem notaður var í sprautusöltun var 12,3%, og styrkur fosfats innsprautað var 2,7%. Flökin síðan lögð í 14,4% saltpækil í 2 daga.

- Pæklun (P):
 - ✓ Flökin lögð í 12,4% saltþækil í 2 daga.

Eftir forsöltun voru flök allra hópa þurrsöltuð (staflað með salti á milli laga) við 3-5°C í 3 vikur.

Saltið sem notað var við söltunina var sjávarsalt frá Túnis. Blanda af natríum- og kalíum fjölfosfati (Carnal 2110, CFB Budenheim, Budenheim, Germany) var notað í innsprautun í flök. Sprautunarvélina var af gerðinni FOMACO FGM20 80F (FOMACO Food Machinery Company A/S, Køge, Denmark).

Eftir geymslu í 3 vikur var saltfiskurinn þurrkaður hjá Haustak hf. við hitastig 22°C í 4 daga með hléum. Lofthraði var 1,9 m/sek og loftraki um 45%.

Þyngdarnýting var reiknuð í gegnum vinnsluferlið frá söltun og eftir þurrkun. Einnig var styrkur salts reiknaður í vökvafasa, skv. jöfnunni:

$$z^{NaCl} = \frac{X_{salt}}{X_{salt} + X_{water}} \cdot 100$$

Salt- og vatnsinnihald var mælt skv. (AOAC, 2000 og ISO, 1999).

Tilraun 2

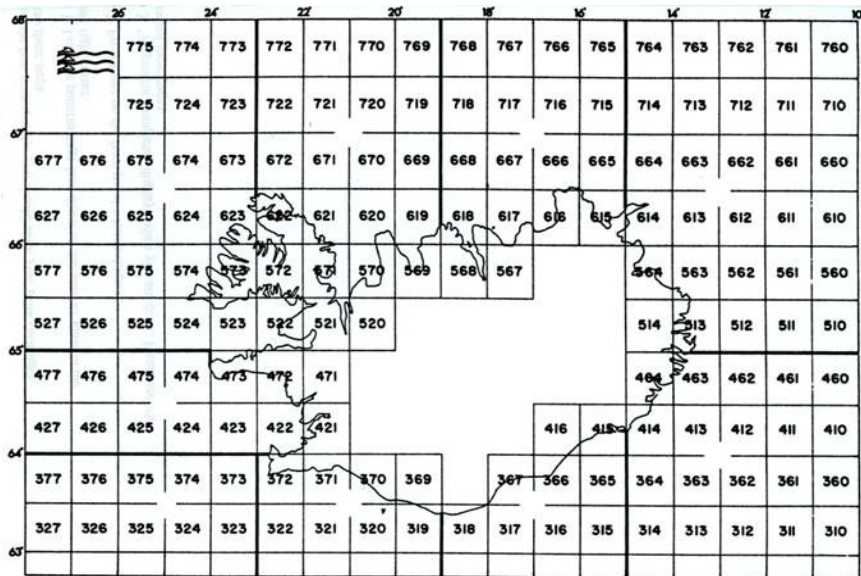
Tilraunin fór fram í Haustak hf. í janúar 2013. Markmið með tilrauninni var að skoða áhrif fergjunar á hálfþurrkaðan saltfisk og kanna hvaða áhrif hún hafði á þyngdarbreytingar við þurrkun á flöttum og söltuðum þorski, keilu og löngu í sérhönnuðum þurrklefa fyrir saltfisk hjá Haustaki hf.

Hráefnið sem notað var í tilrauninni var veitt á tímabilinu september til desember 2012 (Tafla 1 og Mynd 3). Magn hráefnis sem notað var í tilrauninni var um 8 tonn.

Tafla 1. Uppruni hráefnis.

Tegund	Veiðitími	Veiðisvæði (reitir)
Þorskur	30/9 – 5/10 2012	672D og 671C
Þorskur	25/11 – 5/12 2012	614B, 718C, 668B og 620B
Keila	29/11 – 11/12 2012	672B, 718C, 668B, 474D, 424B, 372C, 321C og 321A
Langa	6/10 – 26/11 2012	576A, 576B, 576C og 626C

(Heimild fengin frá Sigurði Jónssyni).



Mynd 3. Reitaskipulag á hafsvæði við Ísland.

Hráefnið sem var notað í tilraunina var skipt upp í 11 hópa, þorskur, langa og keila, í þremur stærðarflokkum, lítill (L), stór (S) og mjög stór (XS). Fiskurinn var flattur og þæklaður og fyrir þæklunina var hluti fisksins sprautaður með blöndu af natríum- og kalíum fjölfosfati (Carnal 2110, CFB Budenheim, Budenheim, Germany) og allur fiskur var þurrsaltaður (kench söltun) í 3 vikur. Hópar 10 og 11 af þorski voru fergjaðir við þurrkun (Tafla 2)

Tafla 2. Tilraunahögun rannsóknahópanna og vinnsla (P= Þæklun í sólarhring; þurrsaltaður (kench söltun) í 3 vikur; SSF = Sprautusaltaður með salti og Carnal fosfati, þæklun í sólarhring, þurrsaltaður (kenschöltun) í 3 vikur; SSF-Fe = Sprautusaltaður og fergjaður; P-Fe = Þæklun og fergjaður)

Hópur nr.	Tegund	Stærð	Stærðarflokkun	Vinnsla
1	Keila	L	<1,7 kg	SSF
2	Keila	S	> 1,7 kg	SSF
3	Langa	L	2-4 kg	SSF
4	Langa	S	4-6 kg	SSF
5	Langa	XS	> 6 kg	SSF
6	Þorskur	L	2,7-4 kg	SSF
7	Þorskur	S	> 4 kg	SSF
8	Þorskur	L	2,7-4 kg	P
9	Þorskur	S	> 4 kg	P
10	Þorskur	S	> 4 kg	SSF-Fe
11	Þorskur	S	> 4 kg	P-Fe



Mynd 5. Fiski raðað í kör fyrir fergjun.



Mynd 4. Viðarplata og „styrofoam“plata var sett ofan á



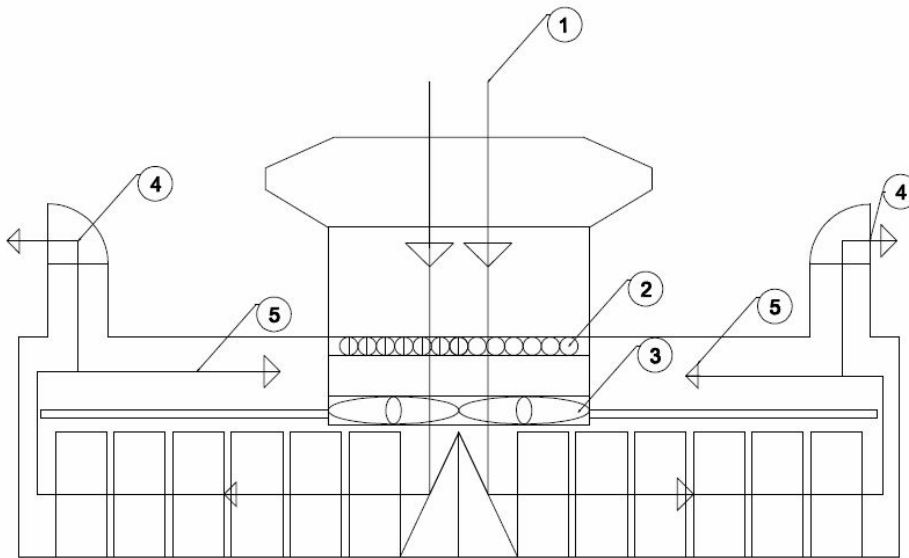
Mynd 6. Saltpoki var notaður til fergjunar í 48 klst.

Þegar fiskur er þurrkaður er þurrkhræðinn mikill í byrjun, þegar yfirborð fisksins er rakt. Þurrkhræðinn er háður hitastigi, hlutfallslegum loftraka og lofthraða við þurrkun. Loftið fjarlægir rakann á yfirborði fisksins og rakinn fer þá að streyma út á yfirborð. Þar sem rakinn í fiskinum tekur tíma að streyma út á yfirborðið, minnkar þurrkhræðinn. Tilgangurinn með fergjun fisksins eftir 2 sólarhringa í þurrkun var að þrýsta vökva fisksins út á yfirborð og flýta fyrir þurrkun og athuga hvort það hefði áhrif á þurrkunarhraðann, eins og rannsóknir hafa sýnt (Waterman, 1976). Stór (L) sprautusaltaður og þæklaður þorskur var fergjaður í tveimur körum (Hópar 10 og 11). Þorskurinn var settur í plastkór með „styrofoam“ plötu í botninum. Lag af þorski með roðið niður var raðað í karið og annað lag lagt ofaná með roðið upp. Önnur „styrofoam“ plata var lögð ofaná, ásamt viðarplötu. Að lokum var 800 kg saltpoki lagður ofaná viðarplötuna til fergjunar (Myndir 4-6).

Eftir 48 klst. í fergjun var fiskurinn settur aftur í þurrkun. Þá voru liðnar 93 klst. frá því að þurrkun hófst.

Þurrklefinn samanstendur af tveim þurrkhólfum sem eru aðgreind með pýramítlaga skilrúmi (Mynd 7). Loft streymir inn (1), er hitað (2) og blásið (3) inn í hólfina yfir stæðurnar. Loftinu er blásið aftur út í umhverfið (4), en hluti þess endurnýttur áfram í klefanum (5).

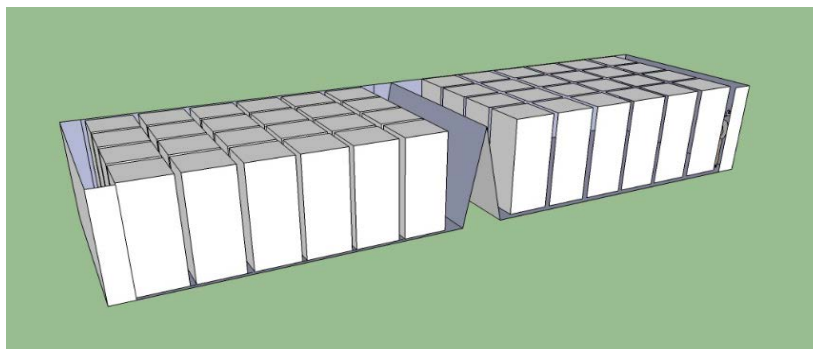
Fiskurinn er settur á grindur. Stærð hvernar grindar er 1x1 m og er 17 grindum raðað í eina stæðu. Fjöldi stæða er rúmast í klefanum er 48 (Mynd 8 og 9).



Mynd 7. Þurrklefinn sem notaður var í tilraunum (Arason og Árnason, 1992).

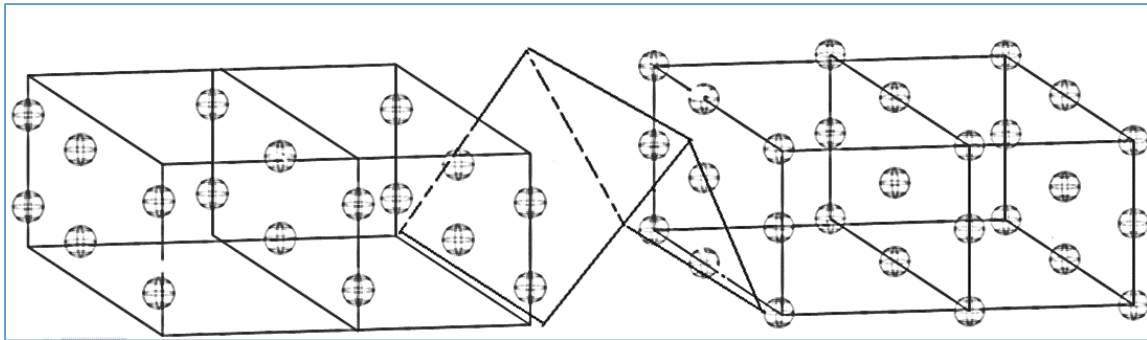


Mynd 8. Stæðum raðað í þurrklefa, ásamt staðsetningu saltfisks á grindur.

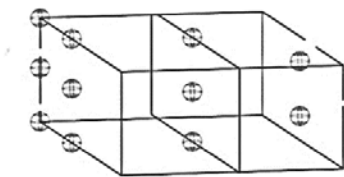


Mynd 9. Staðsetning stæða í þurrklefanum (Hólf A er vinstra megin og hólf B hægra megin)

Meðan á þurrkun stóð var komið fyrir hita- og rakanemum (HOBO U12-U13) á mismunandi stöðum í klefanum (Myndir 10 og 11).



Mynd 10. Staðsetning hitanema (Ibutton, HOBO) í þurrklefa. Langa og keila voru staðsett í vinstra hólfi (A) en þorskur og keila í því hægra (B).



Mynd 11. Staðsetning rakanema (HOBO U12 – U13) í hólfi B.

Lofthraði var mældur á 9 mismunandi stöðum í þurrklefa, í miðju og við beggja enda klefans, sem spannaði frá gólfi til lofts. Lofthraðinn í klefa var stilltur á 1-2 m/sek í öllum þurrkilraunum. Ef lofthraðinn fer yfir 3 m/sek, þurrkast yfirborð hráefnisins of hratt, sem orsakar skelmyndun á yfirborði og hindrar útstreymi rakans úr hráefninu (Arason og Árnason, 1992).

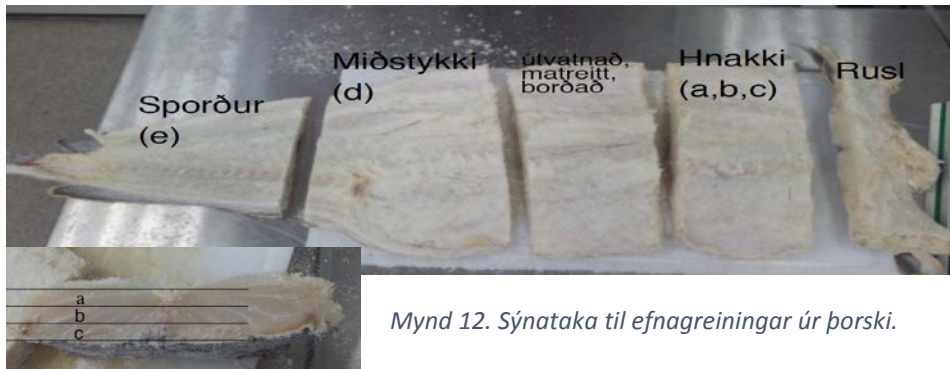
Hitastig í klefanum var stillt á 15-20 °C og rakastig við 40 %. Rakastig var einungis mælt í hólfi B, Á meðan hitastig var mælt í báðum klefunum.

Allir hóparnir voru vigtaðir fyrir og eftir þurrkun.

Sýni voru tekin úr fiskunum fyrir og eftir þurrkun til efnamælinga á 5 stöðum: a-e (Mynd 12). Eftirfarandi sýni voru valin til efnagreiningar:

- a) 0,5-1,0 cm undir yfirborði hnakkastykkis
- b) Í miðju hnakkastykki
- c) Hnakkastykki við roð.
- d) Í miðju miðstykkis
- e) Í þykkasta hluta sporðs

Tekið var safnsýni úr þremur fiskum í hverjum hópi, þannig að mælt var úr safnsýni fyrir hvern hóp og hverja staðsetningu (a, b, c, d og e).



Mynd 12. Sýnataka til efnagreiningar úr þorski.

Mælt var vatnsinnihald, saltinnihald og vatnsheldni í sýnum og tekið meðaltal af 5 staðsetningum úr hverju hópi, skv. eftirfarandi jöfnu:

$$X_{ave_value} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ai} + X_{bi} + X_{ci} + X_{di} + X_{ei}}{5 * n}$$

Þar sem X_{*i} er mælt gildi af vatnsinnihaldi, saltinnihaldi og vatnsheldni úr mismunandi staðsetningum (a, b, c, d og e) og n er fjöldi fiska í hverjum hóp

Salt- og vatnsinnihald var mælt skv. (AOAC, 2000 og ISO, 1999) og vatnsheldni var ákveðin með skilvinduaðferð (Eide *et al.*, 1982).

Hluti af þurrkaða saltfisknum var tekinn frá til geymslu, og síðan fluttur út til Brasilíu þar sem hann var

Tilraun 3

Markmið tilraunar var að skoða þurrkhræða sprautusaltaðrar löngu og sprautusaltaðs þorsks af mismunandi stærðum, ásamt því að bera saman aðstæður í hólfi A og B við þurrkun (Tafla 3).

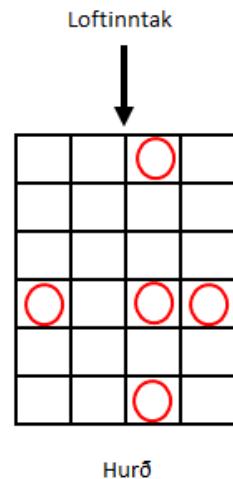
Loftraki var stilltur á 40 %, þurrkhitastig var 15-20 °C og lofthraði var 1.5 m/s. Merktir fiskar voru vigtaðir fyrir þurrkun og síðan eftir 24 klst., 48 klst., og í lok þurrkunar eftir 113 klst. Vatns- og saltinnihald fiskanna var mælt eftir þurrkun.

Tafla 3. Upplýsingar um hráefni og staðsetningu þess í klefa (n=5, fyrir hvern hóp).

Hópur nr.	Tegund	Stærð	Klefi	Þyngd eftir söltun (g)
1	Langa SSF	< 4 kg	B	3500 ± 300
2	Langa SSF	4-6 kg	B	4800 ± 300
3	Þorskur SSF	< 4 kg	B	3300 ± 300
4	Þorskur SSF	> 4 kg	B	6200 ± 1500
5	Langa SSF	< 4 kg	A	3300 ± 300
6	Langa SSF	4-6 kg	A	4500 ± 200

Tilraun 4

Markmið tilraunar var að athuga þurrkhraðann á mismunandi stöðum í þurrkklefanum. Einungis annað hólfíð í þurrkklefanum var notað í tilrauninni. Langa í stærðarflokkum <4 kg og 4-6 kg var þurrkuð. Langan var staðsett á 5 stöðum í klefanum (Mynd 13). Alls voru 100 fiskar þurrkaðir. Langan var vigtuð fyrir þurrkun, síðan eftir 24 klst., 48 klst. og 130 klst. þegar þurrkun lauk. Hitastig í klefanum var stillt á 15-20 °C og rakastigið á 40 %. Þannig að aðstæður voru svipaðar og í tilraun 2.



Mynd 13. Staðsetning á stæðum með löngu í þurrkklefanum.

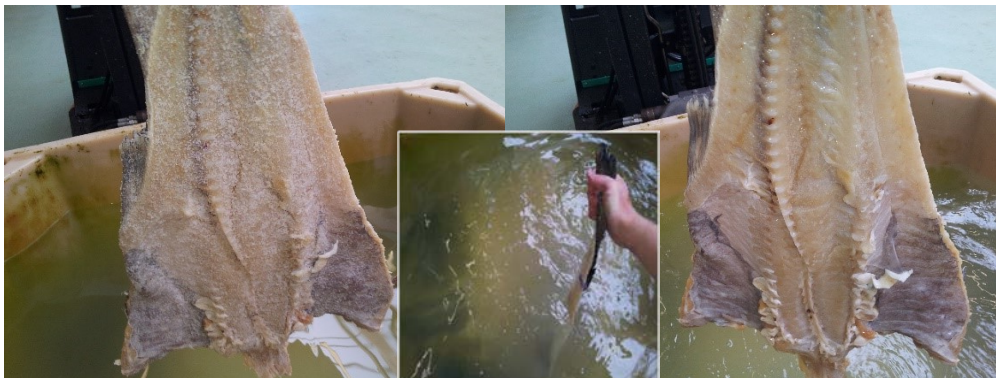
Tilraun 5

Markmið tilraunar var að rannsaka áhrif þvottar á saltaðan þorsk fyrir þurrkun. Notaður var þorskur sem annars vegar var sprautusaltaður og hins vegar þækilsaltaður (Tafla 4).

Tafla 4. Tilraunahögun rannsóknahópanna og vinnsla (SSF = Sprautusaltaður með salti og Carnal fosfati, þækun í sólarhring, þurrsaltaður (kenchsöltun) í 3 vikur; P = Þækun í 24-48 klst. (1% salt), síðan settur í 17-20% saltþækil; þurrsaltaður (kench söltun) í 3 vikur; PS = Þækilsöltun.

Hópur nr.	Þyngd (kg)	Vinnsla	Þvottur
1	3,5 ± 0,3	SSF	Nei
2	3,5 ± 0,4	SSF	Já
3	3,1 ± 0,6	P	Já
4	4,7 ± 0,5	PS	Já
5	3,2 ± 0,1	SSF	10 mín. í vatni

Saltaður þorskur var þvegin með því að dýfa honum þrisvar sinnum í vatnskar og saltið síðan burstað af yfirborði fisksins (Mynd 14). Sprautusaltaður þorskur í hópi 5 var dýft í vatn í 10 mín. Allur þorskur var síðan látinn á grindur og vatn látið leka af honum í 30 mín. fyrir þurrkun.



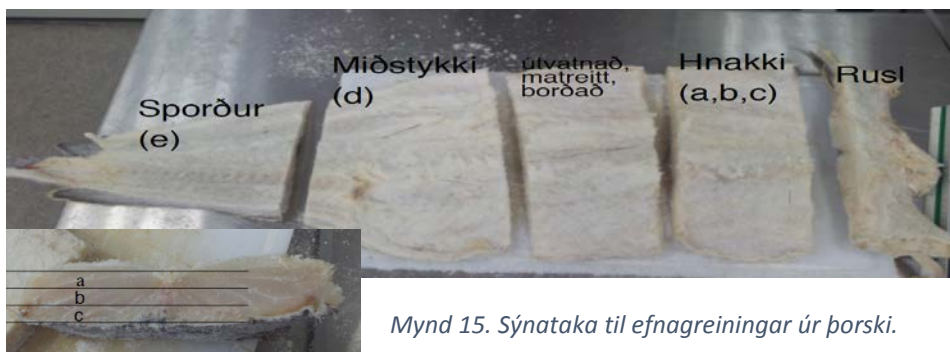
Mynd 14. Söltuðum þorski dýft í vatn og burstaður.

Allur þorskur var vigtaður fyrir þvott og 30 mín. eftir þvott. Þurrkunin fór fram við stýrðar aðstæður og voru aðstæður stilltar á 50-60% loftraka, hitastig 17-20°C og lofthraði 2-2,5 m/sek í 6 sólarhringa. Meðan á þurrkunin stóð var fiskurinn vigtaður eftir 19, 34, 45 og 116 klst. og í lok þurrkunar eftir 138 klst.

Sýni voru tekin úr fiskunum fyrir og eftir þurrkun til efnamælinga á 5 stöðum: a-e (Mynd 15). Eftirfarandi sýni voru valin til efnagreiningar:

- a) 0,5-1,0 cm undir yfirborði hnakkastykkis
- b) Í miðju hnakkastykki
- c) Hnakkastykki við roð.
- d) Í miðju miðstykkis
- e) Í þykkasta hluta sporðs

Tekið var safnsýni úr þremur fiskum í hverjum hóp, þannig að mælt var úr safnsýni fyrir hvern hóp og hverja staðsetningu (a, b, c, d og e).



Mynd 15. Sýnataka til efnagreiningar úr þorski.

Vatnsinnihald, saltinnihald og vatnsheldni voru mæld og sýni úr hverju hópi voru tekin af 5 stöðum úr fiskinum og meðaltal þeirra fæst skv. eftirfarandi jöfnu:

$$X_{ave_value} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ai} + X_{bi} + X_{ci} + X_{di} + X_{ei}}{5 * n}$$

þar sem X_{*i} er mælt gildi af vatnsinnihaldi, saltinnihaldi og vatnsheldni úr mismunandi staðsetningum (a, b, c, d og e) og n er fjöldi fiska í hverjum hóp

Vatnsinnihald var mælt þannig að sýni voru þurrkuð við 104°C og þyngdartap reiknað út (ISO, 1999).

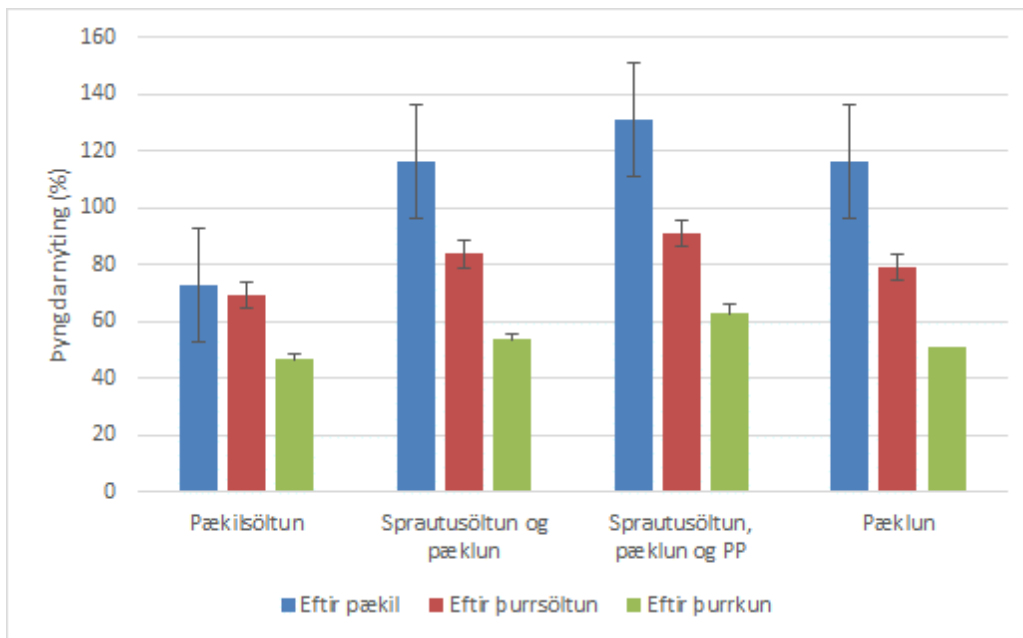
Saltinnihald var mælt skv. AOAC (2000).

2 Niðurstöður

Tilraun 1

Þegar bornar eru saman mismunandi forsöltunaraðferðir þorsks kom í ljós að með sprautusöltun ásamt innsprautuðu fjölfosfati náðist mesta þyngdarnýtingin eða um 130 % að meðaltali og reyndist sá munur marktækur ($p < 0,02$) og 95% öryggismörk, samanborið við aðrar forsöltunaraðferðir (Mynd 16).

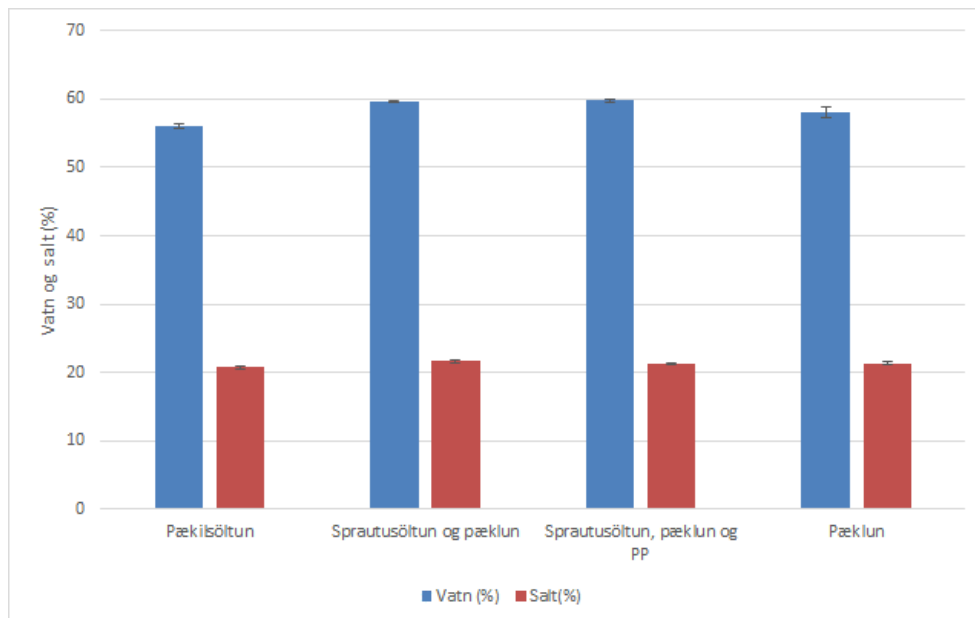
Við þækilsöltun (forsöltun) rýrnaði þorskurinn um 27% að meðaltali, og nýtingin eftir þurrkun var að meðaltali 47%, sem var sú lægsta, miðað við sprautusöltun og þæklun.



Mynd 16. Þyngdarnýting í þorskvöðva eftir mismunandi söltunaraðferðum og eftir þurrkun ($n=10$). **Þækilsöltun:** flökin kafsöltuð í ker í 2 daga; **Sprautusöltun og þæklun:** Innsprautun með salti (18,4 %), lögð í þækil (12,4 %) í 2 daga; **Sprautusöltun, þæklun og PP:** Innsprautun með salti (12,3 %) og fjölfosfats (2,7 %), og lögð í þækil (14,4 %) í 2 daga.

Vatnsinnihald í þorskvöðva eftir mismunandi söltunaraðferðum og eftir þurrkun var að meðaltali 58,4 % (Mynd 17). Ekki var marktækur munur á vatnsinnihaldi í vöðva sem annars vega var verkaður með sprautusöltun án fosfats og hins vegar með sprautusöltun og fosfati. Marktækur munur á vatnsinnihaldi var á milli allra hinna hópanna ($p < 0,001$). Saltinnihald þorskvöðva var að meðaltali 21,3 %. Marktækur munur var á saltinnihaldi milli sprautusöltunar með fosfati og þækilssöltunar, einnig var marktækur munur milli þæklunar og þækilsöltunar

og svo milli sprautusöltunar og pækilssöltunar, þar sem styrkur salt var ívið lægri, miðað við hina hópana eða um 20,7%.



Mynd 17. Vatns- og saltinnihald í þorskvöðva eftir mismunandi söltunaraðferðum, og eftir þurrkun.

Saltstyrkur í vökvafasa þorsksins eftir þurrkun var um 26 %, en það þýðir að pækill í fiskholdi var fullmettaður (Tafla 5). Ekki var marktækur munur á milli styrks fullmettaðs pækils eftir mismunandi söltunaraðferðum og eftir þurrkun ($p=0,059$).

Tafla 5. Styrkur salt í vökvafasa fiskvöðvans eftir mismunandi söltunaraðferðum og eftir þurrkun.

Saltverkunaraðferð	Styrkur Z^{NaCl} (%)
Pækilsöltun	$26,96 \pm 0,33$
Sprautusöltun og pæklun	$26,67 \pm 0,26$
Sprautusöltun, pæklun og PP	$26,27 \pm 0,15$
Pæklun	$26,87 \pm 0,3$

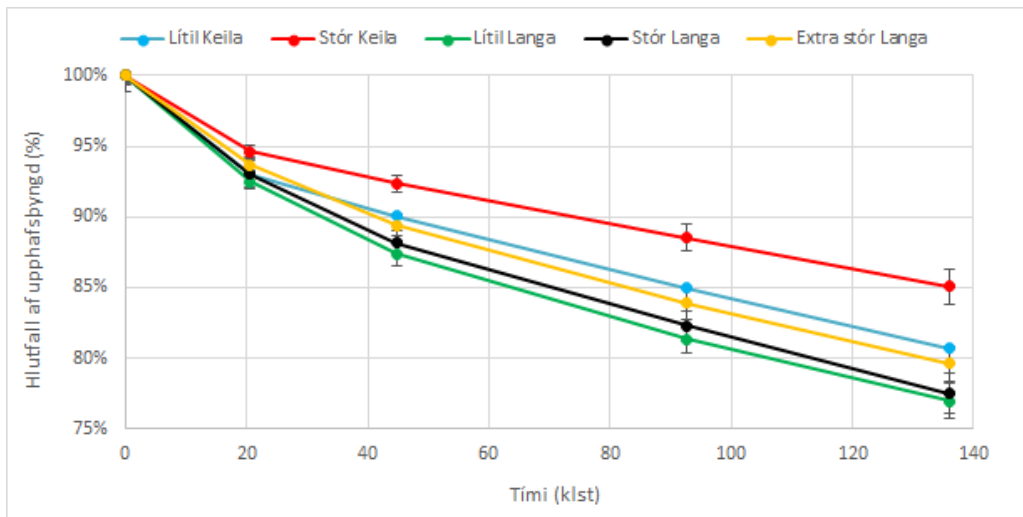
Tilraun 2

Í tilrauninni voru rannsökuð áhrif þyngdartaps í þurrkun á milli fisktegunda verkað eftir mismunandi söltunaraðferðum og stærð fiska, ásamt áhrif fergjunar á þurrkhraða og eiginleika vöðvans.

Allir hóparnir urðu fyrir svipuðu þyngdartapi (5,5-7,5%) eftir 21 klst. þurrkun. Eftir 45 klst. jókst þyngdartap til muna á milli hópanna, þar sem stór keila léttist minna en hinir hóparnir. Þegar leið á þurrkunina jókst sá munur enn frekar. Smærri fiskurinn léttist um 2% meira en stóri fiskurinn, og langan léttist hlutfallslega meira við þurrkun, miðað við hina hópanna (Tafla 6 og Mynd 8).

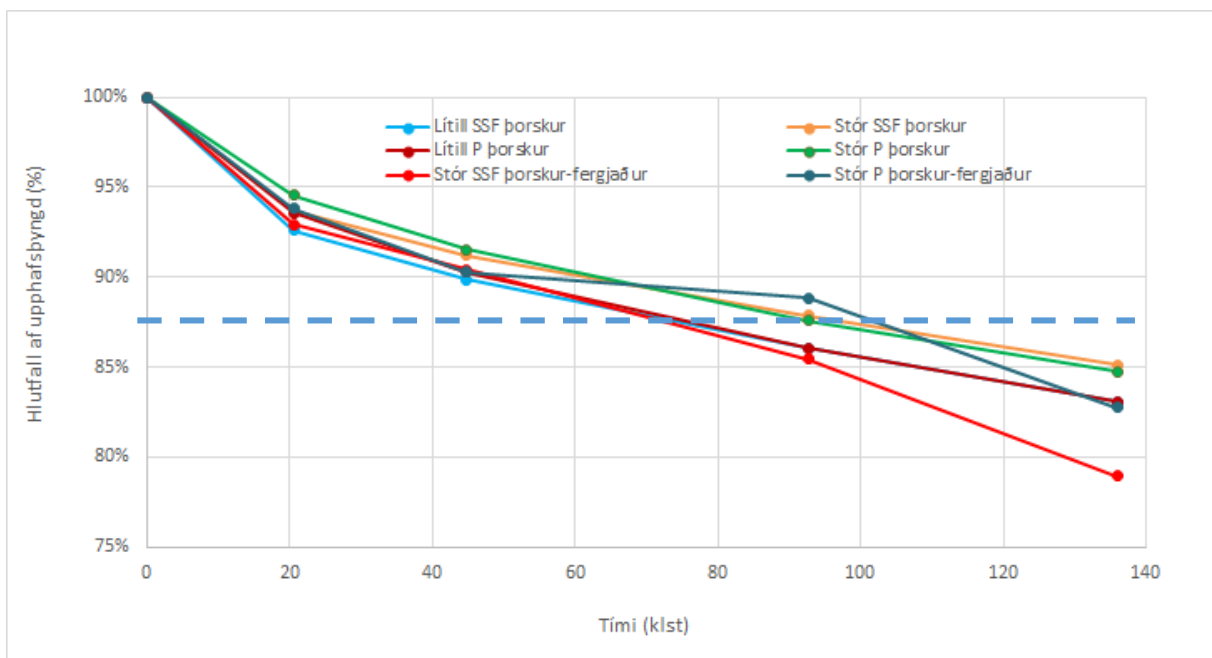
Tafla 6. Meðalþyngd fyrir þurrkun og hlutfallsleg þyngd af meðalþyngd yfir þurrkunartímabilið (Meðalþyngd ± std). (P = Pæklun í sólarhring; þurrsaltaður (kench söltun) í 3 vikur; SSF = Sprautusaltaður með salti og Carnal fosfati, pæklun í sólarhring, þurrsaltaður (kenschöltun) í 3 vikur; SSF-Fe = Sprautusaltaður og fergjaður; P-Fe = Pæklun og fergjaður)

Hópur nr.	Tegund	Meðalþyngd fyrir þurrkun (g)	Hlutfall af meðalþyngd (%)			
			21 klst	45 klst	93 klst	136 klst
1	Lítill keila SSF	1100 ± 100	93.0 ± 0.8	90.1 ± 1.2	85.0 ± 1.6	80.7 ± 2.0
2	Stór keila SSF	2000 ± 300	94.6 ± 0.5	92.4 ± 0.6	88.5 ± 0.9	85.1 ± 1.2
3	Lítill langa SSF	3700 ± 300	92.5 ± 0.6	87.4 ± 0.9	81.4 ± 1.0	77.0 ± 1.3
4	Stór langa SSF	5200 ± 500	93.0 ± 1.1	88.2 ± 0.8	82.3 ± 1.1	77.5 ± 1.4
5	Extra stór langa SSF	7300 ± 1000	93.7 ± 0.6	89.4 ± 0.8	83.9 ± 1.1	79.6 ± 1.3
6	Lítill þorskur SSF	3400 ± 300	92.6 ± 1.0	89.9 ± 1.2	86.1 ± 1.6	83.1 ± 1.8
7	Stór þorskur SSF	5100 ± 700	93.7 ± 0.8	91.2 ± 1.1	87.8 ± 1.4	85.1 ± 1.7
8	Lítill þorskur P	3500 ± 400	93.6 ± 0.7	90.3 ± 0.9	86.1 ± 1.0	83.1 ± 1.1
9	Stór þorskur P	4800 ± 500	94.6 ± 0.6	91.5 ± 0.7	87.6 ± 0.9	84.8 ± 1.1
10	Stór þorskur SSF fergjaður	4700 ± 400	93.0 ± 0.9	90.4 ± 1.1	85.4 ± 2.6	78.9 ± 3.0
11	Stór þorskur P fergjaður	4700 ± 700	93.8 ± 1.0	90.3 ± 1.2	88.9 ± 1.2	82.7 ± 1.3



Mynd 18. Þyngdartap saltaðrar keilu og löngu yfir þurrkunartímabilið. Fiskurinn var sprautusaltaður með salti og Carnal fosfati, þæklun í sólarhring, þurrsaltaður (kenchsöltun) í 3 vikur (SSF).

Þegar þyngdartap á fergjuðum þorski var borið saman við ófergjaðan þorsk, kom í ljós að stór þorskur sem var tekinn út eftir 48 klst þurrkun og fergjaður í 44 klst. léttist mun hraðar en annar þorskur (Mynd 19). Röðun á hópum við mesta þyngdartap til minnsta þyngdartaps var eftirfarandi: SSF-fergjaður > P-fergjaður > P > SSF.



Mynd 19. Þyngdartap saltaðs þorsks yfir þurrkunartímabilið. **SSF** = Sprautusaltaður með salti og Carnal fosfati, þæklun í sólarhring, þurrsaltaður (kenchsöltun) í 3 vikur; **P** = Þæklun í sólarhring; þurrsaltaður (kench söltun) í 3 vikur.

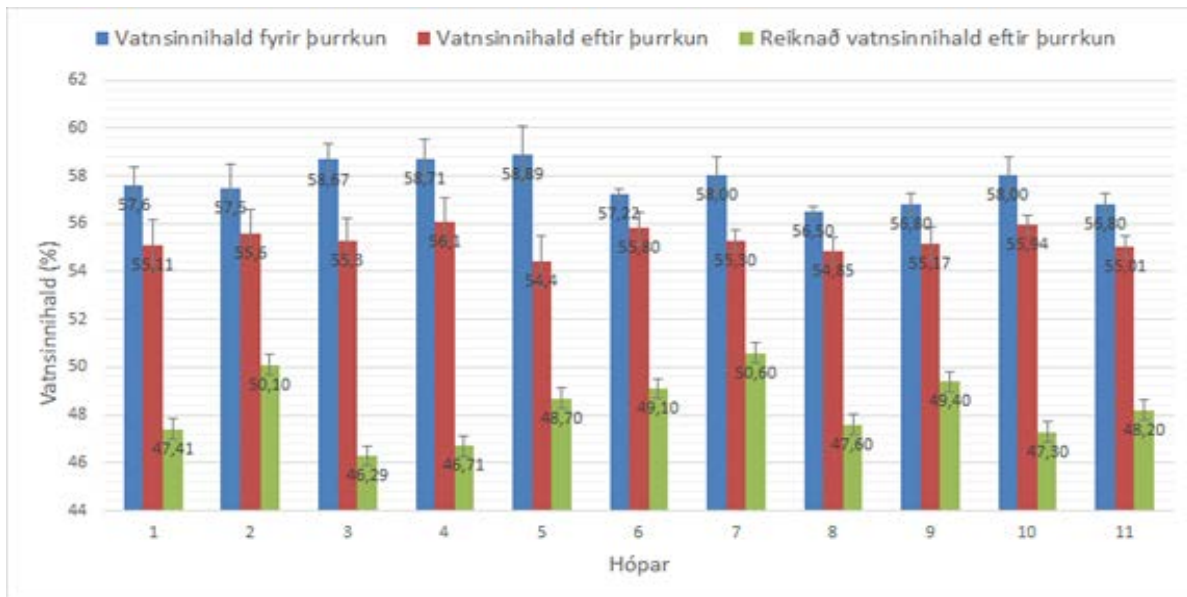
Í meginatriðum sýndu niðurstöður mælinga að lítil og stór langa þurrkaðist hraðar en þorskur og keila, með yfir 40% meira þyngdartap. Langan tapaði marktækt minni þyngd en keilan og þorskurinn ($p < 0.05$). Stærð fiska ræður þurrkhraðanum, því smærri fiskar því meiri þurrkhraði.

Mælingar á salt- og vatnsinnihaldi, ásamt vatnsheldni voru framkvæmdar á öllum hópum fyrir og eftir þurrkun.

Niðurstöður sýndu að vatnsinnihald saltfisks lækkaði um 2 % að meðaltali eftir þurrkun (Tafla 7 og Mynd 20). Lækkunin var mest í þurrkaðri löngu (Hópur 3 og 5). Saltinnihald eftir þurrkun var að meðaltali um 19 %. Tilgáta hefur verið um það að saltið í fiskholdinu kristallaðist eftir að búið væri að fjarlægja hluta af vatninu í þurrkuninni o.þ.a.l yrði styrkur salts hærri en fyrir þurrkun. Niðurstöður sýndu hins vegar lækkun á saltstyrk um 0,6-1 prósentustig eftir þurrkun.

Tafla 7. Efnainnihald saltfisks fyrir og eftir þurrkun (n=3, meðaltal ± std). Tölur sýna meðaltal úr 5 staðsetningum í hverjum fiski.

	Tegund	Fyrir þurrkun	Eftir þurrkun
Vatnsinnihald (%)	1 Lítil keila SSF	57.6 ± 0.8	55.1 ± 1.1
	2 Stór keila SSF	57.5 ± 0.97	55.6 ± 0.9
	3 Lítil langa SSF	58.7 ± 0.7	55.3 ± 1.0
	4 Stór langa SSF	58.7 ± 0.8	56.1 ± 0.9
	5 Extra stór langa SSF	58.9 ± 1.2	54.4 ± 0.6
	6 Lítil þorskur SSF	57.2 ± 0.1	55.8 ± 0.7
	7 Stór þorskur SSF	58.0 ± 0.8	55.4 ± 0.4
	8 Lítil þorskur P	56.5 ± 0.3	54.9 ± 0.6
	9 Stór þorskur P	56.8 ± 0.5	55.6 ± 0.7
	10 Stór þorskur SSF fergjaður	58.0 ± 0.8	55.9 ± 0.4
	11 Stór þorskur P fergjaður	56.8 ± 0.5	55.0 ± 0.5
Saltinnihald (%)	1 Lítil keila SSF	20.7 ± 0.3	19.5 ± 0.3
	2 Stór keila SSF	20.5 ± 0.7	19.5 ± 0.6
	3 Lítil langa SSF	21.0 ± 0.7	19.6 ± 0.4
	4 Stór langa SSF	21.2 ± 0.4	19.7 ± 0.4
	5 Extra stór langa SSF	21.3 ± 0.7	19.3 ± 0.3
	6 Lítil þorskur SSF	20.3 ± 0.1	19.9 ± 0.3
	7 Stór þorskur SSF	20.6 ± 0.3	19.5 ± 0.6
	8 Lítil þorskur P	20.3 ± 0.1	19.8 ± 0.7
	9 Stór þorskur P	20.1 ± 0.2	19.5 ± 0.1
	10 Stór þorskur SSF fergjaður	20.6 ± 0.3	19.6 ± 0.1
	11 Stór þorskur P fergjaður	20.1 ± 0.2	19.2 ± 0.2
Vatnsheldni (%)	1 Lítil keila SSF	73.7 ± 2.0	91.1 ± 2.4
	2 Stór keila SSF	76.3 ± 3.3	87.3 ± 2.0
	3 Lítil langa SSF	79.9 ± 3.9	95.7 ± 2.6
	4 Stór langa SSF	79.7 ± 5.0	94.9 ± 2.0
	5 Extra stór langa SSF	79.4 ± 3.3	98.5 ± 0.6
	6 Lítil þorskur SSF	83.4 ± 2.2	91.4 ± 2.5
	7 Stór þorskur SSF	84.6 ± 2.3	93.2 ± 0.5
	8 Lítil þorskur P	91.4 ± 2.3	95.1 ± 2.1
	9 Stór þorskur P	90.4 ± 1.7	95.2 ± 1.8
	10 Stór þorskur SSF fergjaður	84.6 ± 2.3	92.2 ± 0.1
	11 Stór þorskur P fergjaður	90.5 ± 1.7	95.8 ± 1.6

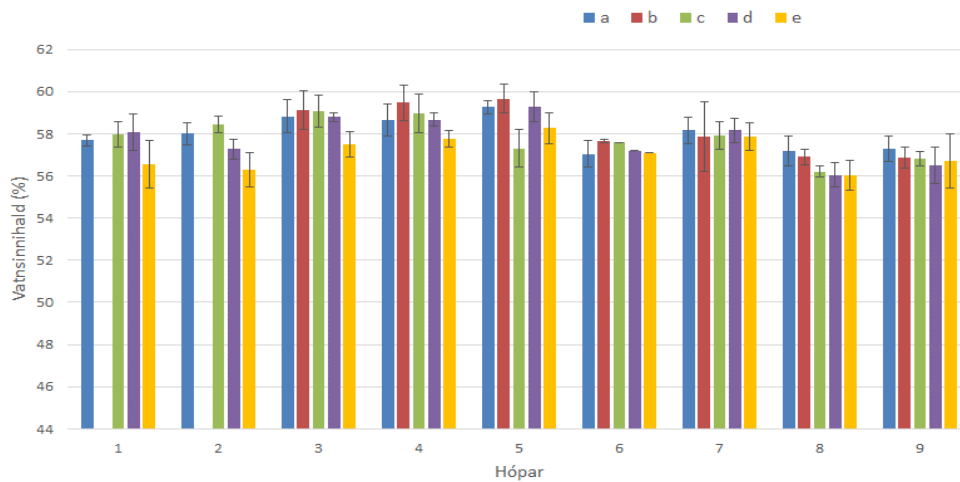


Mynd 20. Mælt vatnsinnihald fyrir og eftir þurrkun, ásamt reiknuðu vatnsinnihaldi eftir þurrkun. (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P; 10=Stór þorskur SSF fergjaður; 11=Stór þorskur P fergjaður).

Vatns- og saltinnihald ásamt vatnsheldni var mælt á mismunandi stöðum í flöttum fiski mismunandi tegunda, fyrir þurrkun. Staðsetning efnamælinga var eftirfarandi:

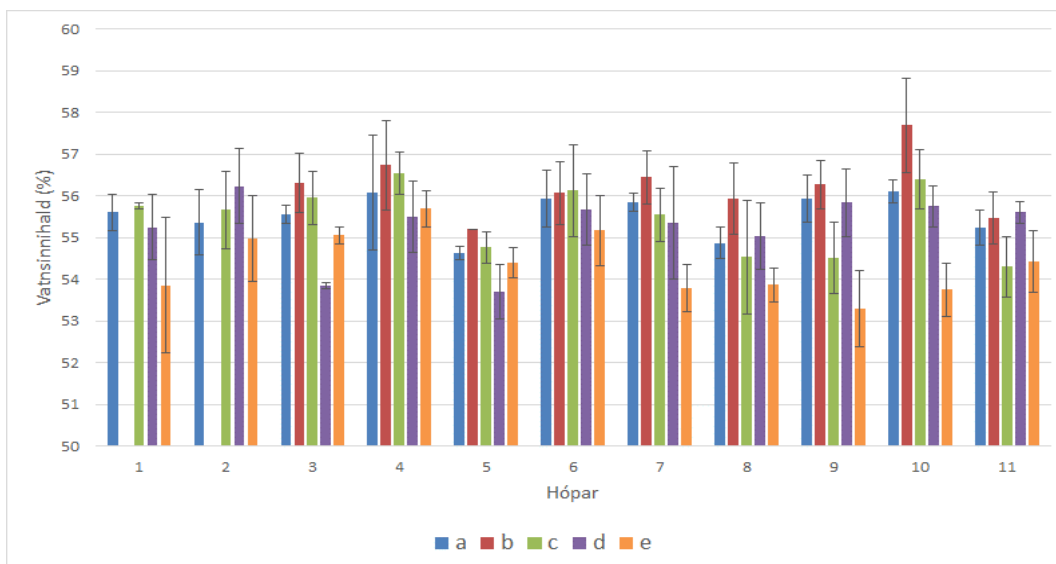
- 0,5-1,0 cm undir yfirborði hnakkastykkis
- Í miðju hnakkastykki
- Hnakkastykki við roð.
- Í miðju miðstykkis
- Í þykkasta hluta sporðs

Erfitt er að sjá mun á vatnsinnihaldi í vöðva fisksins miðað við staðsetningu, og milli tegunda og söltunaraðferða (Mynd 21). Í litlum þorski (2,7-4 kg) er lægra vatnsinnihald frá hnakkastykki að sporði að meðaltali, hvort sem hann er sprautusaltaður eða pæklaður. Ef hnakkastykkið er skoðað eitt og sér í stórum þorski (hópar 7 og 9; >4 kg) og litlum þorski (hópar 6 og 8; 2,7-4 kg) er hærra vatnsinnihald á yfirborði fisksins en í miðju og við roðið. Að meðaltali er lægsta vatnsinnihaldið í holdinu við roðið.



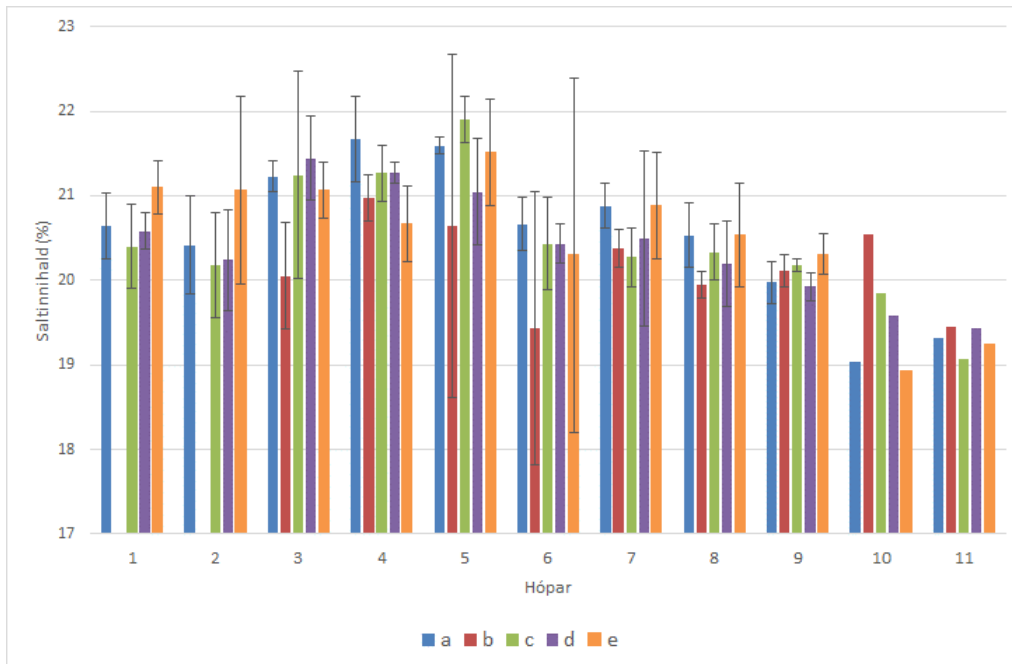
Mynd 21. Vatnsinnihald fyrir þurrkun á mismunandi stöðum (a, b, c, d, e) í fiskinum á milli hópa (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P).

Eftir þurrkun er vatnsinnihald í mjög stórri löngu marktækt lægri ($p < 0.05$), miðað við aðra hópa (Mynd 22). Niðurstöður sýna einnig hærra vatnsinnihald í þorski sem var sprautusaltaður og fergjaður, miðað við ófergjaðan þorsk.



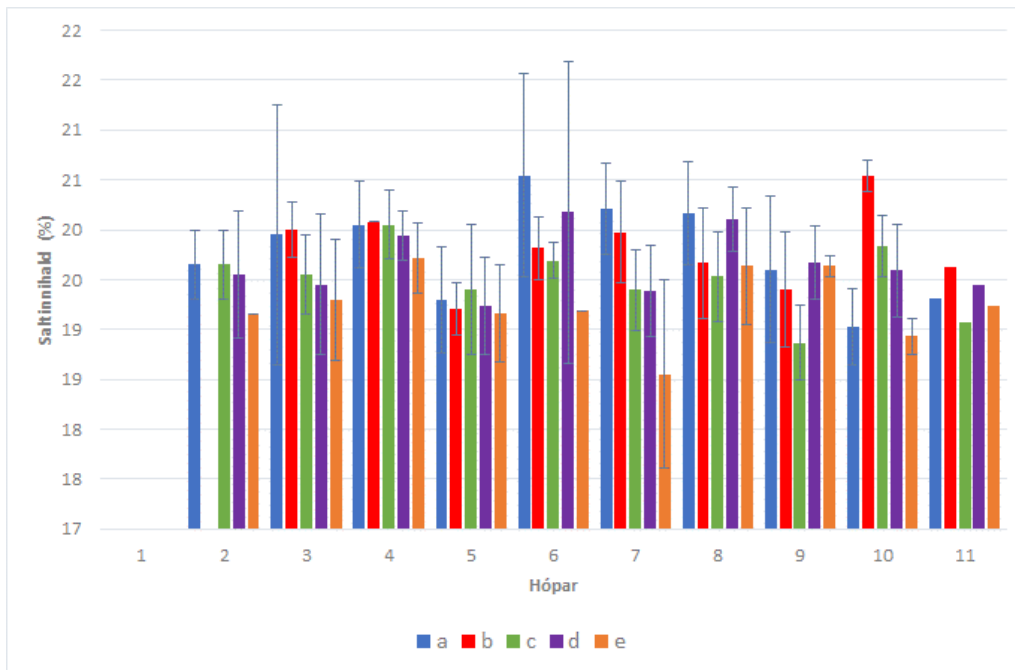
Mynd 22. Vatnsinnihald eftir þurrkun á mismunandi stöðum (a, b, c, d, e) í fiskinum á milli hópa (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P; 10=Stór þorskur SSF fergjaður; 11=Stór þorskur P fergjaður).

Ekki var marktækur munur ($p>0,05$) á saltinnihaldi á mismunandi stöðum í vöðva þorsks sem var sprautusaltaður (Hópar 6 og 7) (Mynd 23). Í þorski sem var ekki sprautusaltaður (Hópur 8 og 9), hærra saltinnihald í sporði (e) en í miðju hnakkastykki (b). Minna saltinnihald er í fergjuðu hópunum (10 og 11) miðað við aðra hópa.



Mynd 23. Saltinnihald fyrir þurrkun á mismunandi stöðum (a, b, c, d, e) í fiskinum á milli hópa. (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P; 10=Stór þorskur SSF fergjaður; 11=Stór þorskur P fergjaður).

Eftir þurrkun var munur á saltinnihaldi ekki eins áberandi milli einstakra tegunda og milli mismunandi staða í vöðva eins og fyrir þurrkun (Mynd 24).



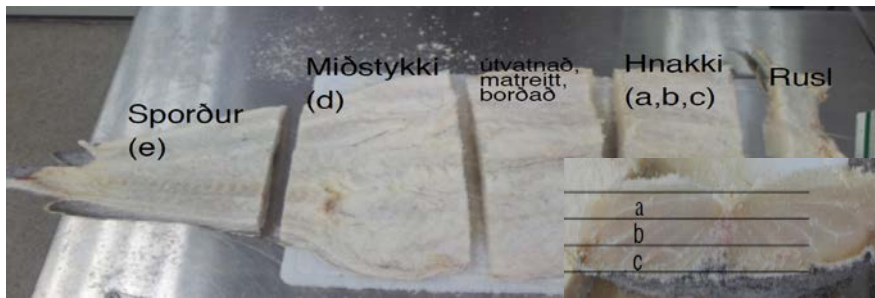
Mynd 24. Saltinnihald eftir þurrkun á mismunandi stöðum (a, b, c, d, e) í fiskinum í mismunandi hópum (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P; 10=Stór þorskur SSF fergjaður; 11=Stór þorskur P fergjaður).

Á yfirborði allra sýnanna var lag af salti sem hafði kristallast á yfirborðinu (Mynd 25). Svo virðist sem að saltið leiti upp á yfirborðið og kristallist þar en haldi sig ekki í fiskholdinu við þurrkunina. Til rökstuðnings má benda á það að styrkur salts í vatnsfasa (Z gildi) er mjög svipað eða við 26 % í öllum sýnunum, óháð hvar sýnin eru tekin í fiskinum (Tafla 8). Við þurrkun á þækilsöltuðum fiski kemst saltið ekki út á yfirborðið heldur safnast saman undir því, þar sem yfirborð fisksins hefur lokast við verkunina vegna bruna próteina í forsöltun í fullmettum þækli.



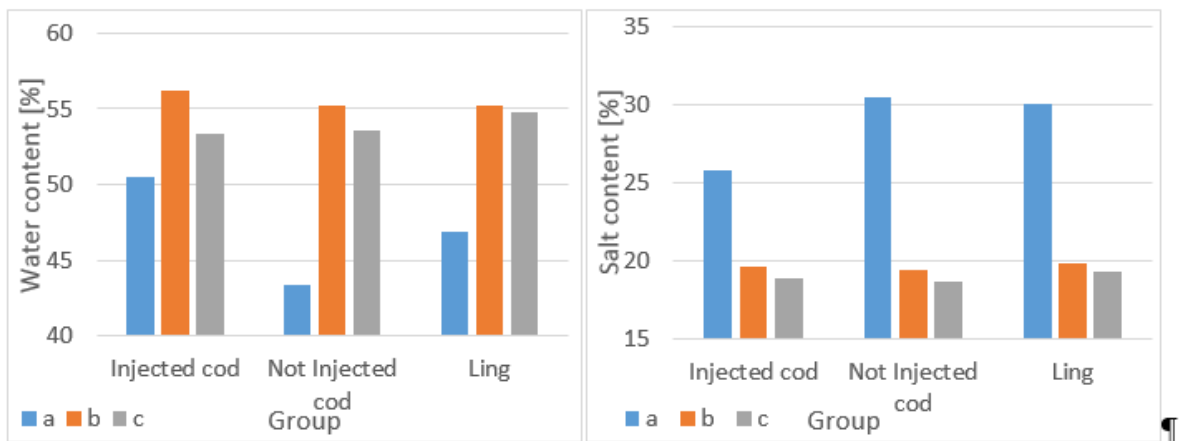
Mynd 25. Kristallað salt á yfirborði sýnis.

Var ákveðið að mæla vatns- og saltinnihald í nokkrum sýnum. Sýnin voru tekin úr þorski sem var sprautusaltaður og þæklaður og löngu sem var þækluð. Sýni voru tekin af yfirborði fisks (a), í miðju stykki (b) og við roðið (c). Niðurstöður sýndu greinilega mikið saltmagn á yfirborði vöðvans. Hins vegar var saltinnihald tiltölulega svipað í miðju vöðvans og við roðið (Mynd 26).



Tafla 8. Reiknað Z gildi á mismunandi stöðum í fiskinum (a=0,5-1,0 cm fremst undir yfirborði hnakkastykkis; b=í miðju hnakkastykkis; c=í hnakkastykki við roðið; d=í miðju miðstykkis; e=í þykkasta hluta sporðs) í mismunandi hópum.

Z gildi (%)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a	27,1	26,3	26,4	26,3	26,1	26,9	26,6	26,9	25,9	25,3	25,9
b	Em	Em	26,2	26,1	25,8	26,1	26,1	26,0	25,6	26,2	26,0
c	26,8	26,1	25,9	26,2	26,2	26,0	25,9	26,4	25,7	26,0	26,0
d	27,1	25,8	26,5	26,4	26,4	26,6	25,9	26,7	26,0	26,0	25,9
e	28,1	25,6	26,0	26,1	26,0	25,8	25,6	26,7	26,9	26,0	26,1



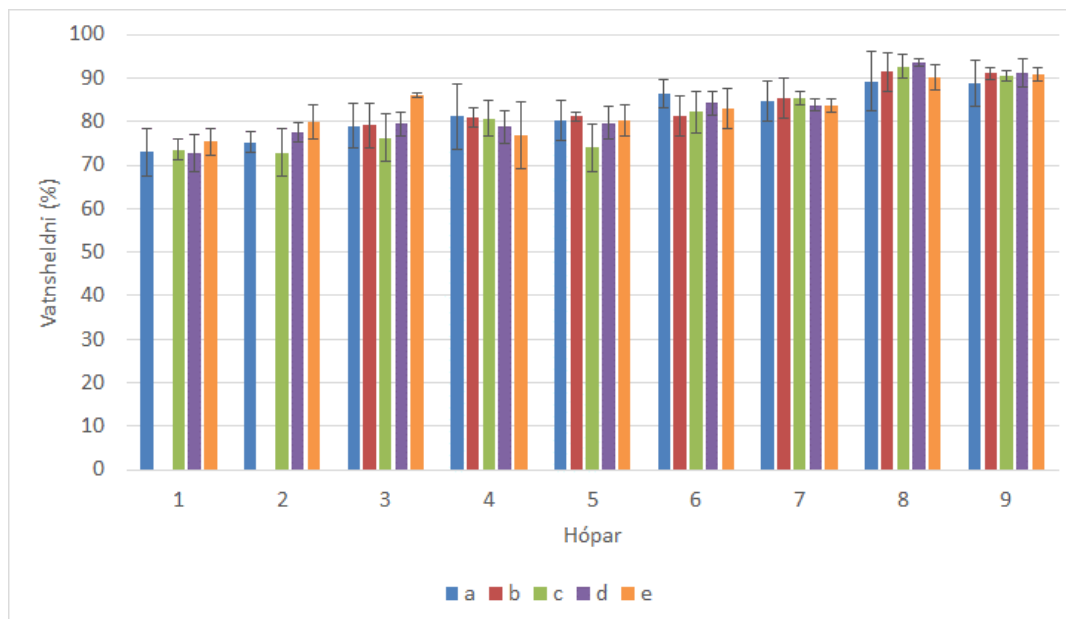
Mynd 26. Vatns- og saltinnihald í flöttum fiski, í vöðva við yfirborð, í miðju og við roðið. (a=0,5-1,0 cm fremst undir yfirborði hnakkastykkis; b=í miðju hnakkastykkis; c=í hnakkastykki við roðið).

Skoðuð voru áhrif þyngdarbreytinga á afurðir eftir þurrkun við geymslu við $3,6 \pm 0,6^\circ\text{C}$ og rakastig $78,8 \pm 0,6\%$ í 10 vikur (Tafla 9). Að meðaltali var þyngdarlækkun um 1%, með þeirri undantekningu að þyngd lítils þorsks pæklaður, jókst um 0,4%.

Tafla 9. Þyngdarbreytingar á afurð eftir þurrkun við geymslu við $3,6 \pm 0,6^\circ\text{C}$ og rakastig $78,8 \pm 0,6\%$ eftir þurrkun.

Hópur nr.	Afurð	Þyngdarbreyting (%)
1	Lítill keila SSF (<1,7 kg)	-0,5
2	Stór keila SSF (>1,7 kg)	-2,6
3	Lítill langa SSF (2-4 kg)	-0,6
4	Stór langa SSF (4-6 kg)	-1,1
5	Mjög stór langa SSF (>6 kg)	-1,6
6	Lítill þorskur SSF (2,7-4 kg)	-1,0
7	Stór þorskur SSF (>4 kg)	-2,2
8	Lítill þorskur P (2,7-4 kg)	0,4
9	Stór þorskur P (> 4 kg)	-0,6
10	Stór þorskur SSF fergjaður (> 4 kg)	-0,7
11	Stór þorskur P fergjaður (> 4 kg)	-0,4

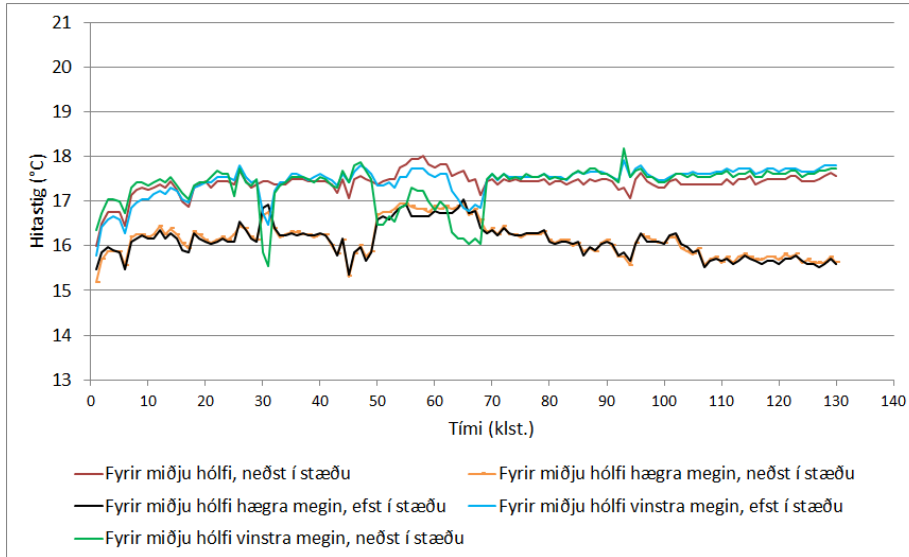
Ekki var marktækur munur á vatnsheldni milli hópa, en tilhneiging var að þorskur sem var þæklaður (Hópur 8 og 9) var með hærri vatnsheldni en aðrir hópar (Mynd 27).



Mynd 27. Vatnsheldni eftir þurrkun á mismunandi stöðum (a, b, c, d, e) í fiskinum á milli hópa. (1=Lítill keila SSF; 2=Stór keila SSF; 3=Lítill langa SSF; 4=Stór langa SSF; 5=Mjög stór langa SSF; 6=Lítill þorskur SSF; 7=Stór þorskur SSF; 8=Lítill þorskur P; 9=Stór þorskur P; 10=Stór þorskur SSF fergjaður; 11=Stór þorskur P fergjaður).

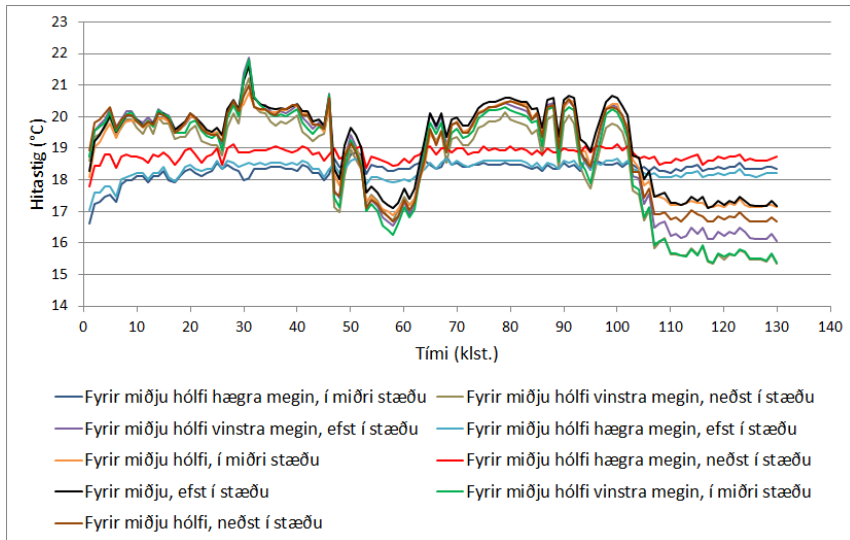
Hitastigsmunur í hólfi A er sýnilegur milli staðsetninga nemanna (Mynd 28). Hitanemar sem staðsettir eru vinstra megin í hólfi sýna hærri hitastig en namar hægra megin. Þegar 100 klst.

eru liðnar af þurrktímabilinu og eftir það er hitastig á bilinu 17-18°C vinstra megin í miðju hólfi A og 15-16°C hægra megin.



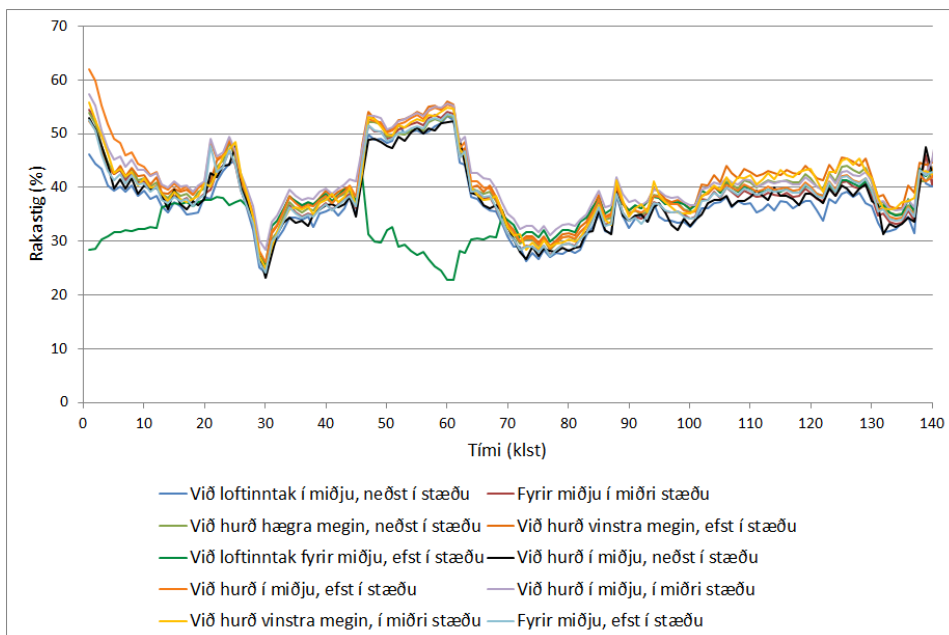
Mynd 28. Staðsetning hitanema fyrir miðju í hólfi A.

Hitastig í miðju hólfi B í stæðu hægra megin er mjög stöðugt (Mynd 29). Hitastigið sveiflaðist ekki nema um 1°C meðan á þurrkun stóð eða frá 18-19°C. Meiri sveifla á hitastigi var í stæðum vinstra megin í hólfinu og í miðju þess. En hitastig í hólfinu fyrir miðju var almennt á bilinu 17-20 °C fyrir utan einstaka toppa. Þegar 30 klst voru eftir af þurrktímanum, lækkaði hitastigið í stæðum sem voru vinstra megin og í miðju hólfsins verulega (15,5-17,3°C).



Mynd 29. Staðsetning hitanema í stæðum í miðju hólfi B.

Rakastig varð stöðugra er leið á þurrkunina í hólfi B (Mynd 30). Þegar 58 klst. voru eftir af þurrktímanum var rakastigið tiltölulega stöðugt eða á milli 30-40%.

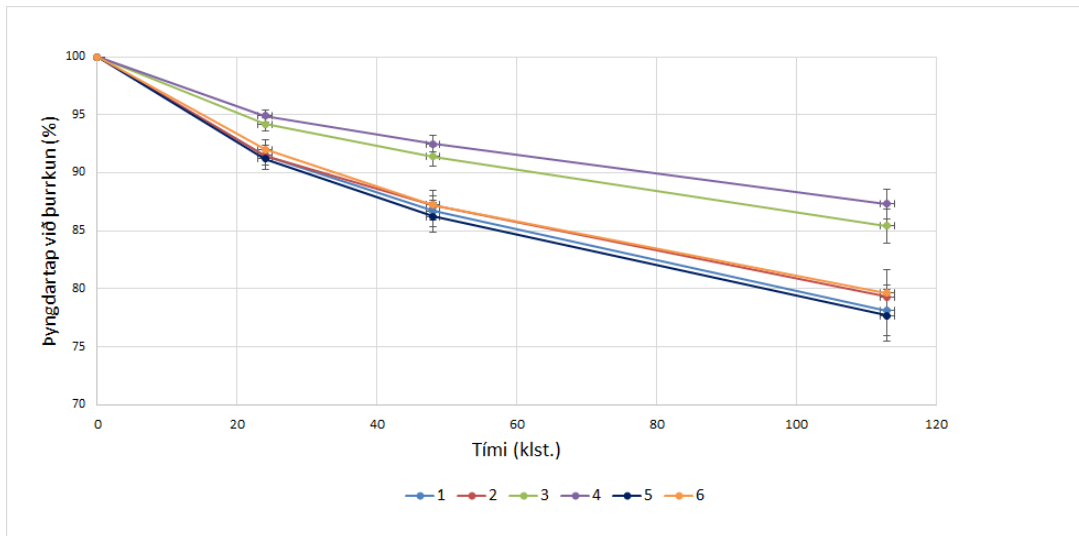


Mynd 30. Rakastig á mismunandi stöðum í hólfi B.

Þurrkaður saltfiskur sem var sendur út til Brasilíu til bragðprófunar, uppfylli óskir kaupenda um gæði en ekki verð. Skv. samtali við Svein Ara Guðjónsson hjá Vísi hf., taldi hann að þar sem Norðmenn ráði mestu um verðmyndunum á þessum mörkuðum, getum við aldrei keppt við þá um verð. Hins vegar eigum við forskot varðandi gæði afurðar.

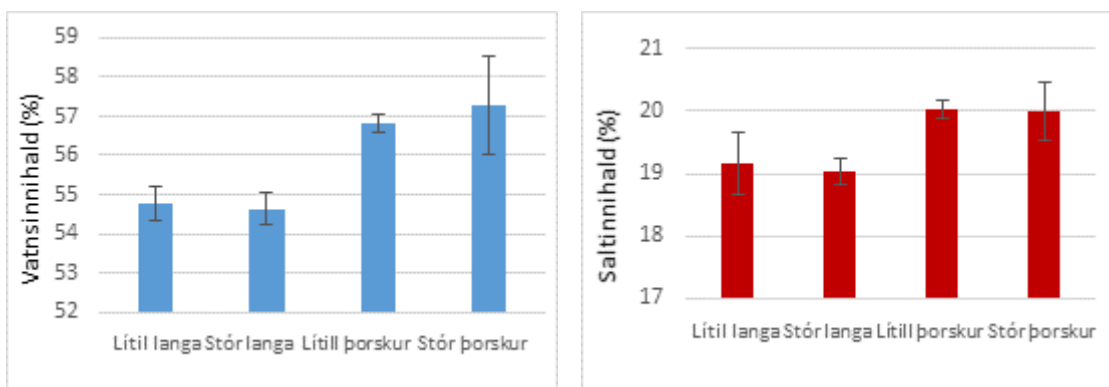
Tilraun 3

Samanburður á þurrkhraða löngu og þorsks var skoðaður í hólfi A og B, ásamt þyngdartapi eftir þurrkun (Mynd 31). Niðurstöður sýna marktækan mun ($p < 0.05$) á þyngdartapi löngu og þorsks við þurrkun þar sem langa léttist mun meira en þorskur, og virðist sá munur aukast þegar líður á þurrkunina. Lítil þorskur léttist einnig meira en stór þorskur, en sá munur er ekki marktækur ($p > 0,05$). Einnig sýna niðurstöður að stór langa í klefa B léttist meira en stór langa í klefa A.



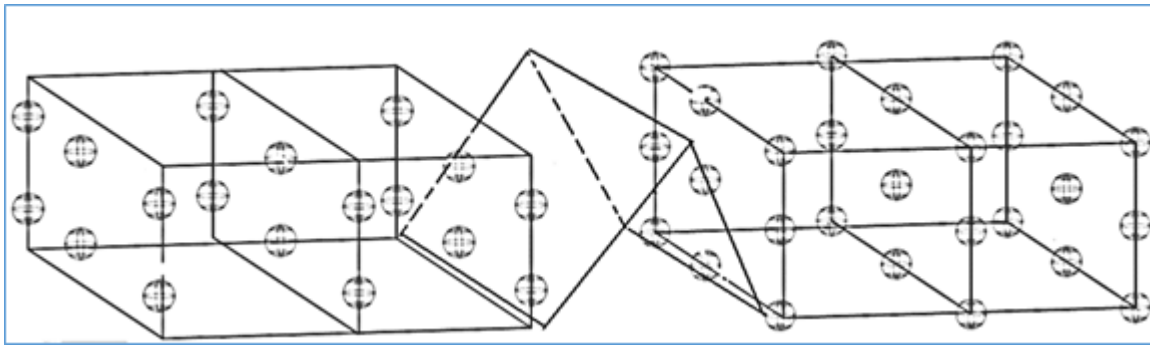
Mynd 31. Þyngdartap við þurrkun á löngu og þorski (1=Lítill langa í klefa B; 2=Stór langa í klefa B; 3=Lítill þorskur í klefa B; 4=Stór þorskur í klefa B; 5=Lítill langa í hólfi A; 6=Stór langa í klefa A).

Þar sem þurrkaðstæður voru álíka og í Tilraun 3, voru vatns- og saltmælingar ekki gerðar á löngu og þorski fyrir þurrkun. Eftir þurrkun var vatnsinnihald í þorski marktækt hærra ($p < 0.05$) en í löngu eftir þurrkun í 113 klst. auk þess var saltinnihald í þorski hærra en í löngu (Mynd 32).



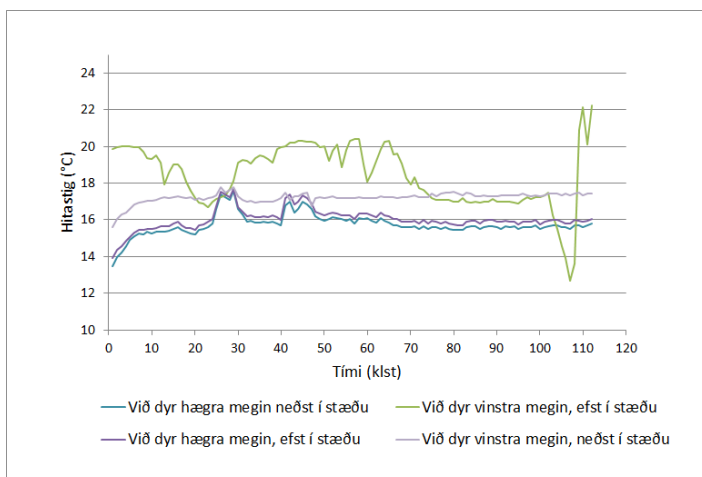
Mynd 32. Vatns- og saltinnihald í löngu og þorski fyrir þurrkun.

Hitanemar voru staðsettir á mismunandi stöðum í þurrklefanum í hólfi A og B (Mynd 33).

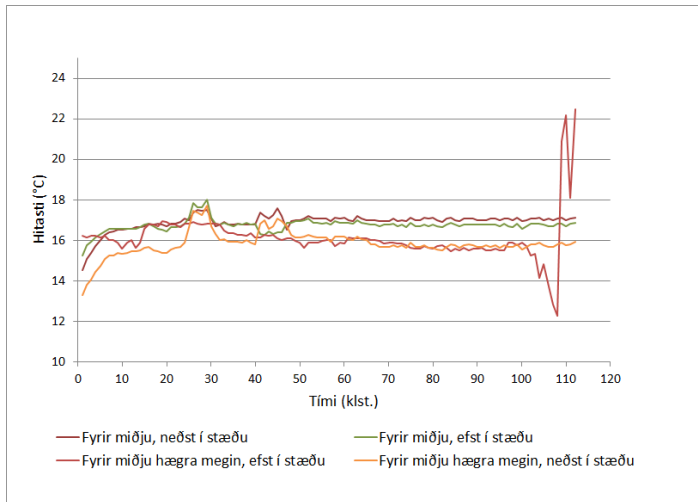


Mynd 33. Staðsetning hitanema í klefa (Hólf A vinstra megin, hólf B hægra megin).

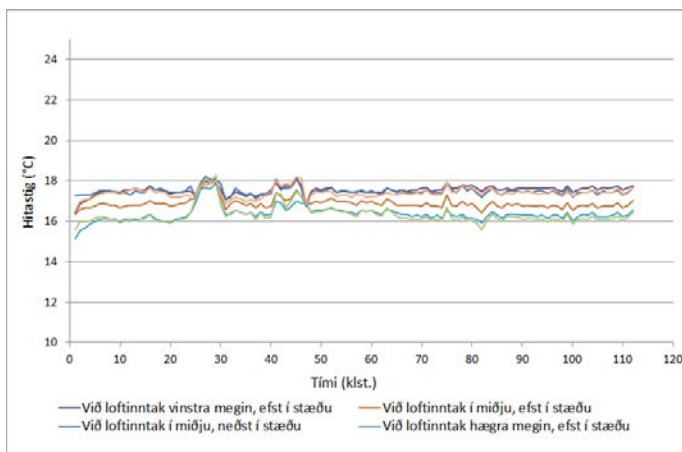
Hitastig í hólfi A hægra megin við dyrnar var lægra og stöðugra en hitastig við dyr vinstra megin í hólfinu eða um 16°C að meðaltali, á meðan hitastig í vinstra hólfi sveiflaðist verulega frá 16,5-20°C (Myndir 34-36). Hitastig í miðju hólfi A er stöðugra og ekki eins sveiflukennt og við dyrnar. Hitastig við loftinntak er mjög stöðugt eða á bilinu 16-18°C.



Mynd 34. Staðsetning hitanema við dyr í hólfi A.

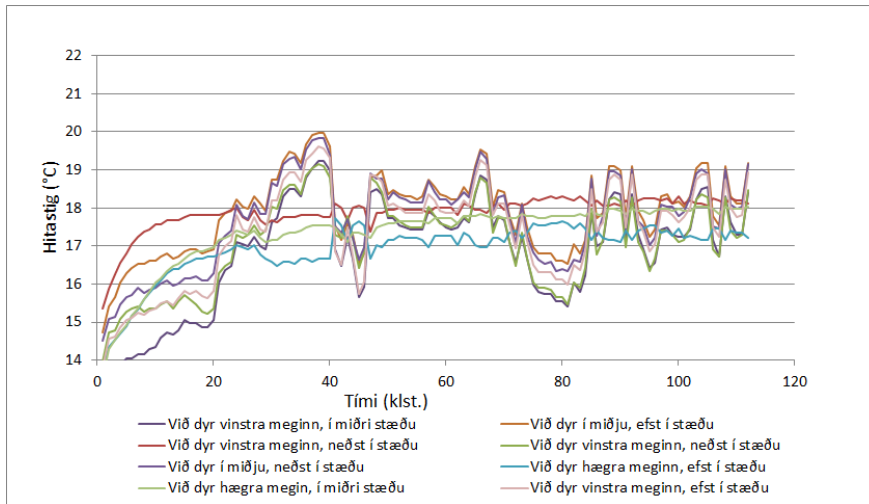


Mynd 35. Staðsetning hitanema í miðju hólfi A.

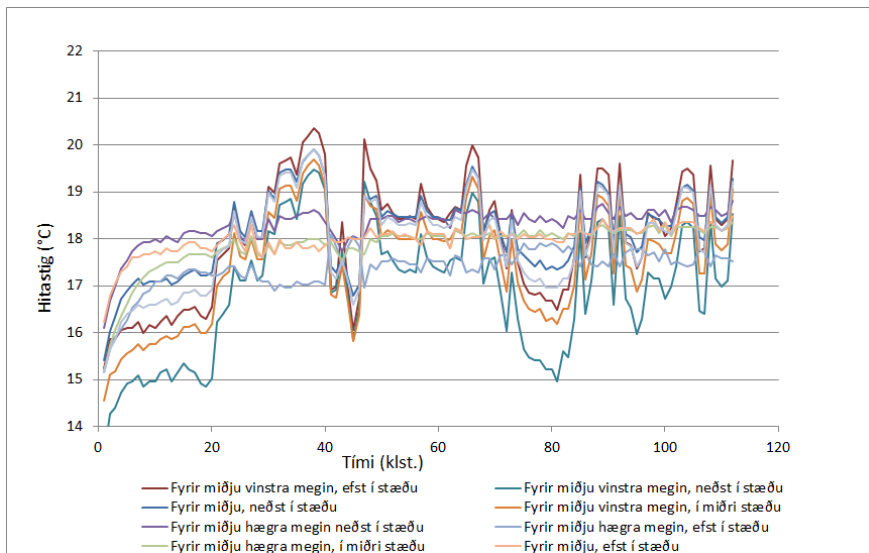


Mynd 36. Staðsetning hitanema við loftinntak í hólfi A.

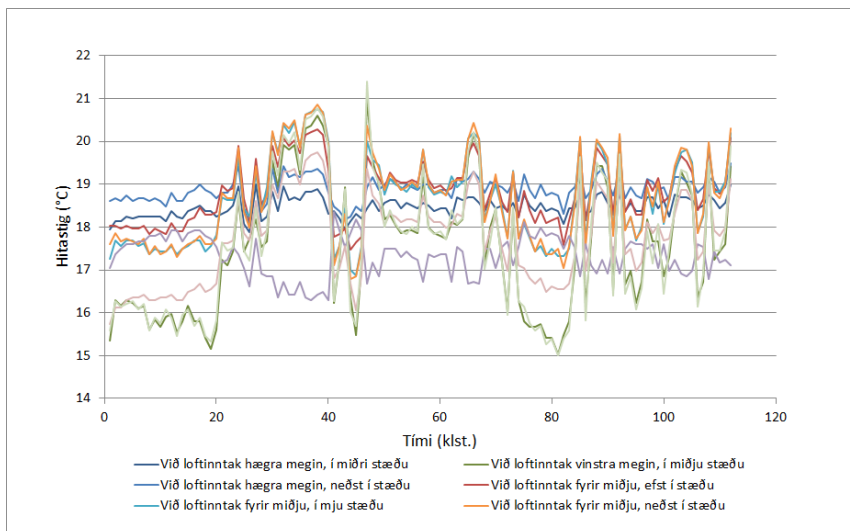
Í hólfi B var hitastig örlítið hærra en í hólfi A, megnið af þurrkunartímanum eða á bilinu 17-18 °C. Einnig var hitastig í hægra hólfi B (séð frá dyrum í hólfi B) stöðugra en í því vinstra og fyrir miðju (Myndir 37-39). **Vinstri hlið í hólfi B, samsvarar hægri hlið í hólfi A.**



Mynd 37. Staðsetning hitanema við dyr í hólfi B.

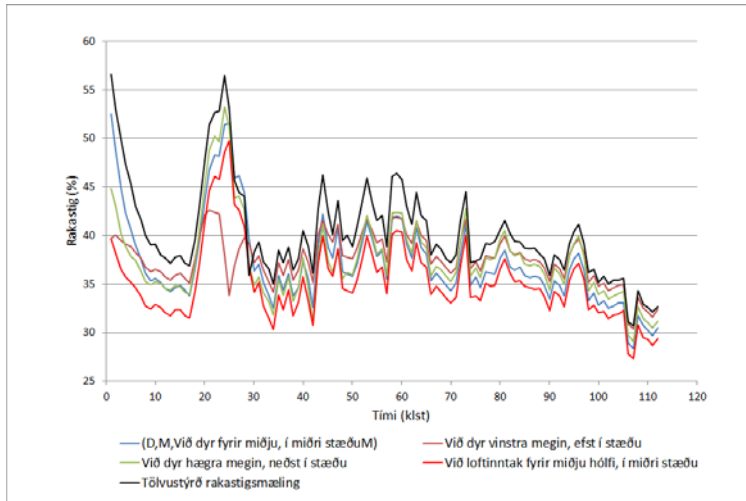


Mynd 38. Staðsetning hitanema í miðju hólfi B.

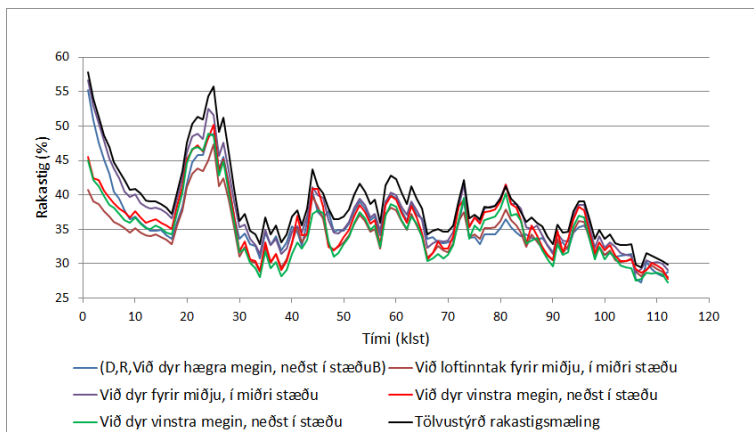


Mynd 39. Hitastigsmælingar við loftinntak í hólfi B.

Raki í hólfum A og B var svipaður og fyrstu 24 klst. Þegar þurrkhraði var sem mestur var raki í klefanum í hærra lagi. Eftir 30 klst. þurrkun var rakinn í báðum hólfum á bilinu 30-40% (Myndir 40 og 41).



Mynd 40. Rakastigsmælingar á mismunandi stöðum í hólf A.

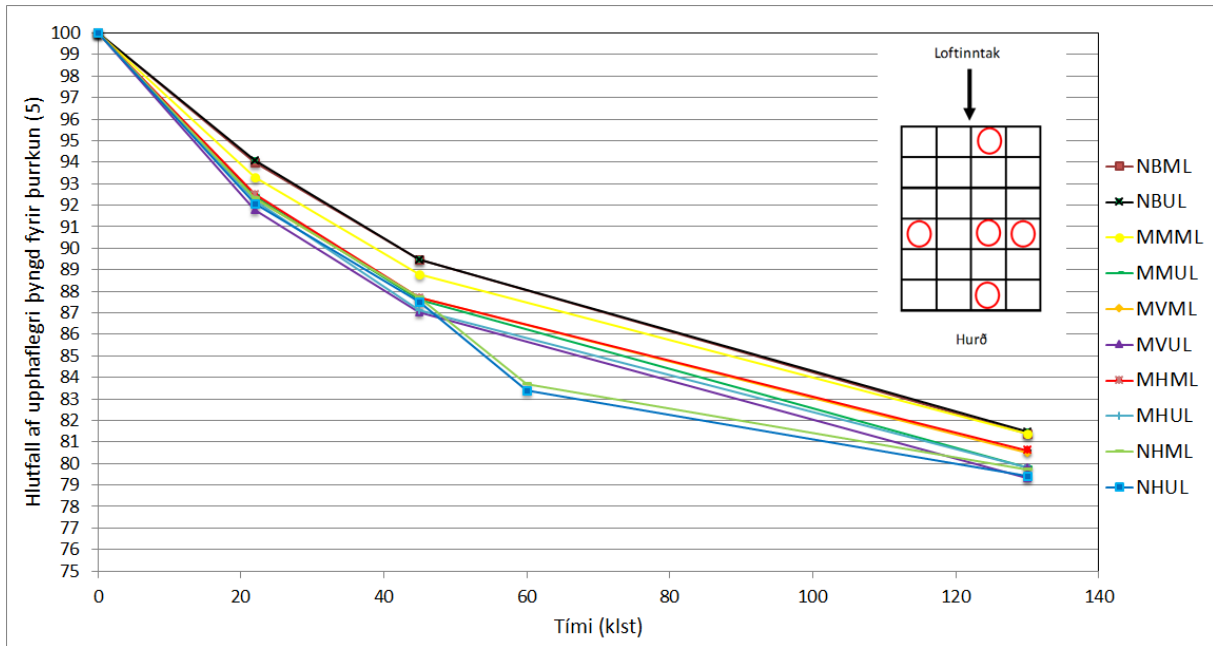


Mynd 41. Rakastigsmælingar á mismunandi stöðum í hólf B.

Tilraun 4

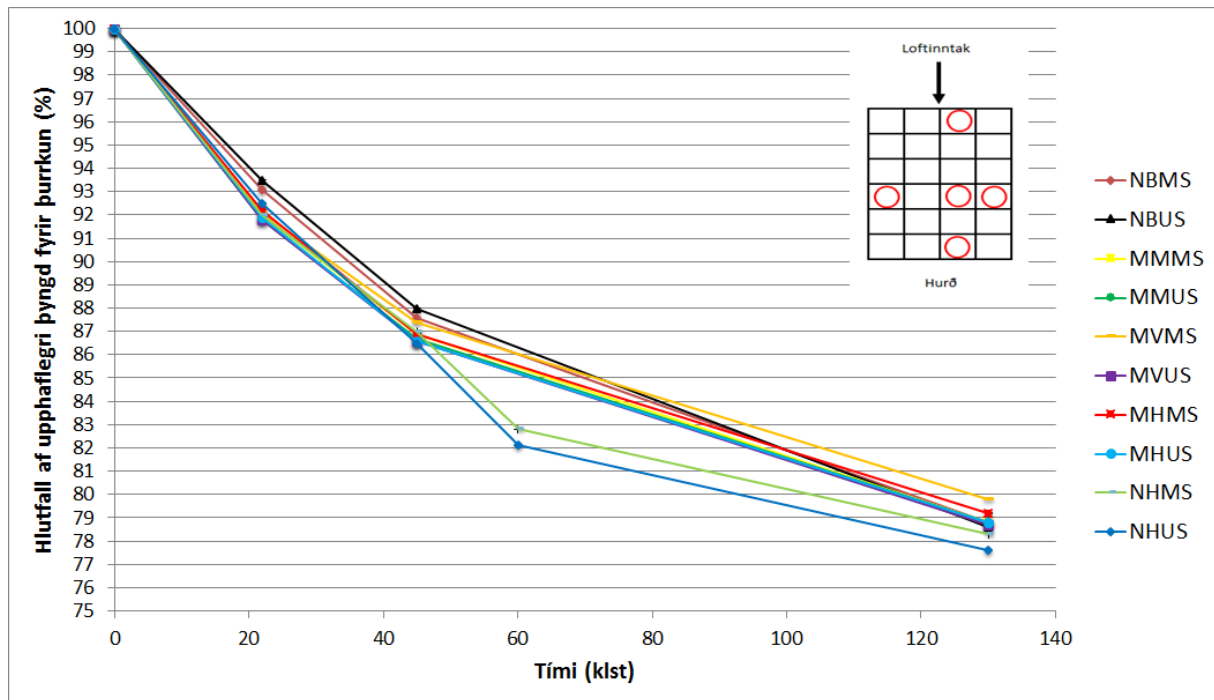
Í þessari tilraun var þyngdartap á saltaðri lítilli og stórrí löngu, staðsett á mismunandi stöðum í þurrklefanum rannsakað ásamt þurrkraða og lofthraða í klefanum á þurrktímabilinu.

Niðurstöður sýndu að stór langa, sem var staðsett efst í stæðu við loftinntak (Hópur NBUL) léttist marktækt hlutfallslega minna miðað við aðra hópa ($p < 0.05$) (Mynd 42). Í þessum hópi var líka þyngsti fiskurinn, og því eðlilegt að hann þurrkist hægar en minni fiskurinn.



Mynd 42. Þyngdartap á stórrí löngu (4-6 kg) við þurrkun, staðsett á mismunandi stöðum í þurrklefa (efst til hægri) (NBML=Langa við loftinntak, í miðri stæðu; NBUL=Langa við loftinntak, efst í stæðu; MMML=Langa í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MMUL=Langa í miðju þurrklefans, efst í stæðu; MVML=Langa vinstra megin í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MVUL=Langa vinstra megin í miðju þurrklefans, efst í stæðu; MHML=Langa hægra megin í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MHUL=Langa hægra megin í miðju þurrklefans, efst í stæðu; NHML=Langa næst hurð í þurrklefa, í miðri stæðu; NHUL=Langa næst hurð í þurrklefa, efst í stæðu).

Lítill langa efst í stæðu næst hurð (Hópur NHUS) léttist marktækt, hlutfallslega meira, miðað við aðra hópa ($p < 0.05$) (Mynd 43). Í heildina þurrkast langa sem er staðsett við loftinntak hraðar en langa sem staðsett er við hurð/loftútgang.



Mynd 43. Þyngdartap á lítilli löngu (2-4 kg) við þurrkun, staðsett á mismunandi stöðum í þurrklefa (NBMS=Langa við loftinntak, í miðri stæðu; NBUS=Langa við loftinntak, efst í stæðu; MMMS=Langa í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MMUS=Langa í miðju þurrklefans, efst í stæðu; MVMS=Langa vinstra megin í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MVUS=Langa vinstra megin í miðju þurrklefans, efst í stæðu; MHMS=Langa hægra megin í miðju þurrklefans, í miðri stæðu; MHUS=Langa hægra megin í miðju þurrklefans, efst í stæðu; NHMS=Langa næst hurð í þurrklefa, í miðri stæðu; NHUS=Langa næst hurð í þurrklefa, efst í stæðu).

Tilraun 5

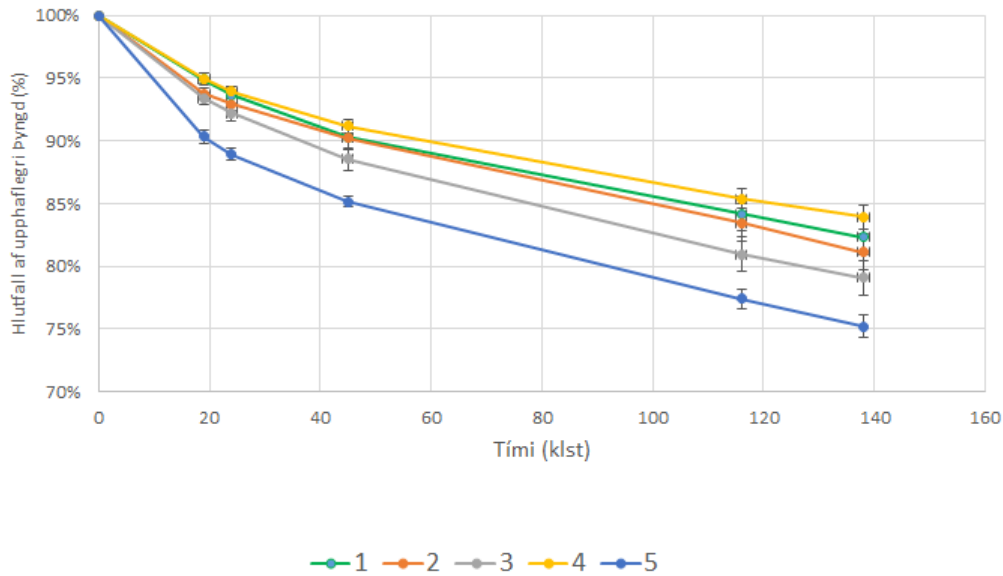
Þvottur á sprautu- og pækilsöltuðum þorski fyrir þurrkun var rannsakað, og áhrif þess á þurrkhraða, vatns- og saltinnihalds við þurrkun.

Upphafleg þyngd þorsks var mæld eftir þvott. Meðalþyngd hvers hóps fyrir þurrkun var eftirfarandi:

- Hópur 1=3,4 kg
- Hópur 2=3,6 kg
- Hópur 3=3,0 kg
- Hópur 4=4,8 kg
- Hópur 5=3,1 kg.

Mesta þyngdartap við þurrkun var í sprautusaltaða þorskinum sem var þveginn í 10 mín., eða um 24 % (Mynd 44). Minnsta þyngdartapið við þurrkun var í pækilsaltaða þorskinum, eða um 16 %. Ekki var marktækur munur á milli sprautusaltaðs þorsks sem var þveginn og ekki þveginn

($p > 0.05$). Þækilsaltaði þorskurinn (4) var stærri en þorskur í hinum hópunum sem gæti haft áhrif á þyngdartapið.



Mynd 44. Þyngdartap á söltuðum þorski við þurrkun. (1=Sprautusaltaður þorskur, ekki þveginn; 2=Sprautusaltaður þorskur, þveginn; 3=Pæklaður þorskur; 4=Pækilsaltaður þorskur; 5=Sprautusaltaður þorskur, þveginn í 10 mínútur).

Upphaflegt vatnsinnihald í hópunum fyrir þurrkun var 58,7 % . Lægsta vatnsinnihaldið eftir þurrkun var í stórri löngu sem staðsett var næst hurð klefans (54,4%). Hins vegar var hæsta vatnsinnihaldið í stórri löngu sem staðsett var næst loftinntaki, innst í klefa (56,%) (Tafla 10).

Tafla 10. Vatns- og saltinnihald þurrkaðri löngu sem var staðsett á mismunandi stöðum í þurrklefa, ásamt mælingum á þyngdartapi ásamt reiknuðu Z-gildi.

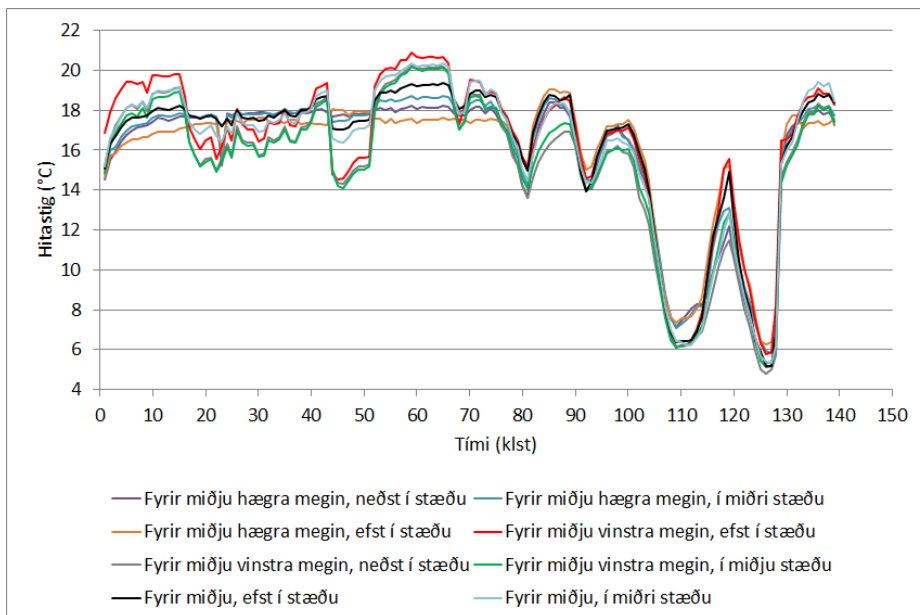
Hópur	Vatnsinnihald (%)	Saltinnihald (%)	Z gildi (%)	Þyngdartap (%)
Lítill langa næst hurð (NHS)	56 ± 0,3	19,5 ± 0,4	25,8	22,0 ± 0,8
Stór langa næst hurð (NHL)	54,4 ± 0,1	19,5 ± 0,3	26,4	20,4 ± 1,2
Lítill langa næst loftinntaki (NBS)	55,5 ± 0,7	19,5 ± 0,5	26,0	21,2 ± 0,9
Stór langa næst loftinntaki (NBL)	56,6 ± 0,3	19,9 ± 0,2	26,0	18,5 ± 1,4

Lofthraði var mældur eftir 24 klst. í þurrkun og svo eftir 48 klst. (Tafla 11). Minni lofthraði er hægra megin í klefanum, miðað við aðra staði.

Tafla 11. Lofthraði á mismunandi stöðum í þurrklefa

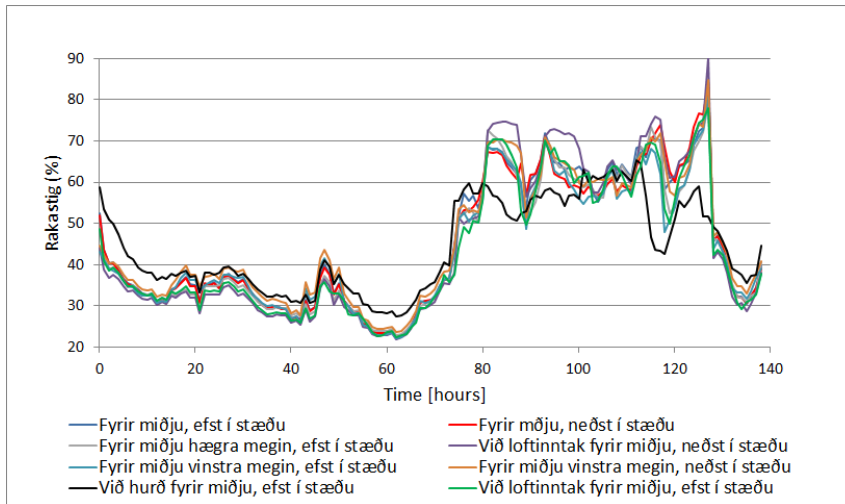
Staðsetning í stæðu	Vinstra megin í klefa	Í miðjum klefa	Hægra megin í klefa
Efst	1,8 ± 0,3	2,2 ± 0,2	1,6 ± 0,3
Í miðju	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,3	1,0 ± 0,3
Neðst	1,3 ± 0,4	1,5 ± 0,4	1,1 ± 0,3

Hitastig var tiltölulega stöðugt fyrstu 70 klst. af þurrktímanum en sveiflaðist verulega í enda þurrkunar (Mynd 45).



Mynd 45. Hitastigsmælingar í hólfi B.

Rakastig fyrstu 70 klst. er um 30-40 % en fellur niður í 20% eftir 60 klst. Rakastig hækkar síðan í 60% og minnkar síðan í 30-40% síðustu 12 klst. á þurrkunartímanum. Á þessum 12 klst. var slökkt á þurrklefanum og skýrir það lækkun á raka (Mynd 46).



Mynd 46. Rakastig í hólfi B.

3 Umræða og ályktanir

Þurrkhræði og þyngdartap við þurrkun

Fergjun við þurrkun hafði áhrif þurrkhræða saltaðs þorsks þannig að hann léttist meira við þurrkun, en sá þorskur sem var ekki fergjaður. Ljóst er að fergjun hálfþurr saltfisks getur stýtt þurrkunartímann. Ef borinn er saman sprautusaltaður fiskur með fosfati og þæklaður fiskur án fosfats, þá léttist síðarnefndi hópurinn meira (þurrkaðist hraðar). Þetta styður við samskonar rannsóknir er gerðar hafa verið hér á landi (Þórarinsdóttir *et al.*, 2007).

Sprautusaltaður saltfiskur með fosfati sem var þvegin og látinn liggja í 10 mínútur í vatni, léttist meira við þurrkun, miðað við aðra hópa. Búast má við að sprautusaltaði fiskurinn hafi tekið upp vatn og eitthvað salt skolast úr fiskinum við þvottinn og lést því meira við þurrkunina. Greiningar á vatnsinnihaldi milli hópanna sýndi ekki marktækan mun. Skýring liggur trúlega í því að við þurrkun færast saltið út á yfirborðið og fellur þar af og þess vegna mælist ekki mismunur í vatnsinnihaldi hópanna. Hins vegar við vötnun á sprautusaltaðri og þurrkaðri afurð var vatnsupptaka mun meiri, samanborið við aðra hópa. Í tilraun 2 var fylgst með hvað þækilsaltaður fiskur með og án fosfats léttist mikið. Niðurstöður sýndu engan mun á milli hópanna. Þetta má túlka þannig að fosfatið hafði ekki áhrif á þurrkhræðann.

Efnamælingar

Ekki var mikill munur á vatns- og saltinnihaldi á mismunandi stöðum í vöðva, þ.e. í hnakkastykki, miðhluta og í sporði á þurrkuðum saltfiski. Hins vegar kom í ljós að á yfirborð vöðvans höfðu myndast saltkristallar. Það styður okkar kenningar að þær söltunaraðferðir sem hafa verið þróaðar hér á landi og eru notaðar við söltun fara vel með próteinin og eru þau ekki eðlissvipt. Salt hefur greiðan aðgang að streyma inn í vöðva og binda próteinin betur og þess vegna fæst betri verkunarnýting við framleiðslu saltfisks. Við þurrkun saltfisks, sem hefur verið framleiddur með þessum aðferðum, streymir saltið greiðlega út á yfirborðið samanborið við þækilsöltun. Við þækilsöltun brennur yfirborðið og þess vegna streymir saltið ekki auðveldlega inn í fiskinn eða úr fisknum við þurrkun. Það er fullmettaður þækill (26 %) í vatnsfasanum og þess vegna breytist a_w ekki í þurrkuninni. Vatnsinnihald í sprautusöltuðum þorski fyrir og eftir þurrkun var svipað og í öðrum rannsóknum sem hafa verið framkvæmdar í Matís (Þórarinsdóttir *et al.*, 2007). Niðurstöður í þessari rannsókn sýndi einnig að vatnsinnihald í sprautusöltuðum þorski með fosfati var 1-2% hærra fyrir þurrkun, samanborið við þækilsaltaðan þorsk án fosfats.

Þurrkaðstæður í klefa

Í tilraun 5 var þyngdartap á þurrkuðum saltfiski meira en í tilraun 2 og 3. Þurrkaðstæður í þessum tilraunum voru mismunandi, þar sem hitastig var 18-20°C og rakastig var 50-60% í tilraun 5, í samanburði við 15-18°C hita og 30-45% raka í tilraun 2 og 3. Lofthraði í tilraun 5 var 2-3 m/s og í Tilraun 2 og 3 var lofthraði 1-2 m/s. Rannsóknir hafa sýnt að þurrkhraði eykst (léttist) hjá flöttum saltfiski við lækkandi loftraka, auknu hitastigi og auknum lofthraða (Arason, 2012). Niðurstöðurnar sýna að aukið hitastig og aukin lofthraði í tilraun 5 hafi leidd til aukins þurrkhraða, samanborið við tilraun 2 og 3. Aðrar rannsóknir frá Noregi hafa sýnt að hægt er að stytta þurrktímann um 30% fyrir saltaðan þorsk, með því að auka hitastigið úr 21,9°C í 26,5°C. Í sömu rannsókn er talið að hitastig á bilinu 26,5°C-27°C auki líkurnar á próteinbruna á yfirborði vöðvans, þ.e. yfirborðið þorni það mikið að það loki fyrir uppgufun vatns í vöðvanum (Jonassen og Walde, 2006c; Claussen og Magnusson, 2008).

Einnig má sjá í þessari rannsókn að munur á rakastigi við loftinntak og útblástur í þurrklefa, er mestur fyrstu 20 klst. í þurrkuninni, eftir það minnkar munurinn. Skýringin er sú að stærsti hlutinn af vatninu er fjarlægður úr vöðvanum á þessum tíma.

4 Lokaorð og samantekt

Augljós munur var á þyngdartapi löngu og þorsks, þar sem að langa léttist 30-60% meira en þorskur við þurrkun. Niðurstaðan er sú að langa þarf styttri þurrkunartíma en þorskur.

Marktækur munur var á þyngdartapi milli stórrar og lítillar löngu (4-6 kg; 2-4 kg), samanborið við mjög stóra löngu (>6 kg).

Miðað við 138 klst. þurrktíma við 40% rakastig, hitastig við 15-20°C og lofthraða 1,5 m/s, dugar það til að þurrka löngu sem er undir 6 kg, í 47% vatnsinnihald, það sama gildir fyrir þækilsaltaðan og þæklaðan þorski og smá keilu. Fergjun hálfþurrkaðs fisks hefur áhrif á þurrkun þannig að saltfiskurinn léttist hraðar og ætti því að stytta þurrkunartímann.

Niðurstöður verkefnisins sýndu að þær verkunaraðferðir sem eru notaðar í íslenskum saltfiskiðnaði eðlissviptar ekki vöðvapróteinin þess vegna streymir fullmettaður þækill út á yfirborðið fisksins við þurrkun og kristallast þar. Í vöðvanum er Z gildið (styrkur salts í vatnsfasa) mjög álíka í öllum tegundum, sem þurrkaðar voru. Þvottur hafði ekki teljandi áhrif á þurrkun.

5 Þakkarorð

Þakkir fær AVS – Rannsóknarsjóður í sjávarútvegi fyrir fjárhagslegan stuðning í þessu verkefni. Sömu leiðis fá saltfisk, framleiðendur þakkir fyrir að útvega hráefni til þurrkunar, ásamt starfsfólki Haustaks fyrir aðstoð við tilraunir notkun á þurrkaðstöðu yfir verkefnistímann.

6 Heimildir

AOAC (2000). 17th Ed. No. 976.18

Arason, S. (2012). Þurrkun. Fyrirlestur. Iðnaðarverkfræði, efnaverkfræði og tölvunarfræði. Háskóli Íslands-Matís, Reykjavík

Arason, S., og Árnason (1992). Utilization of geothermal energy for drying fish products. *Geothermics*, 21 (5-6), 745-757. Drying fish/food products in Iceland.

Brás, A., og Costa, R. (2010). Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species. *Journal of Food Engineering*, 100(3), 490-495.

Claussen, I.C., og Magnussen, O.M. (2008). Optimal Klippfisktorkning. SINTEF (útg.): SINTEF.

Eide, O, Borresen, T. Og Strom, T. (1982). Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. *Journal of Food Science*, 47, 347-349.

ISO 6496 (1999). Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content.

Jonassen, O., og Walde, P.M. (2006c). TRF6363 Styringsstrategi for tverrblást batchtorke for klippfisk. SINTEF (útg.). Trondheim, Norway: SINTEF.

Pálsson. P.G., Þórarinsdóttir, K.A., og Arason, S. (2012). *Saltfiskhandbókin – Fjölbreyttar og gagnlegar upplýsingar fyrir saltfiskframleiðendur* P.G. Pálsson (Ed.).

Waterman, J.J (1976). The production of dried fish FTP No 160. Retrieved from <http://www.archive.org/details/productionofrdrie034553mbp>. Visited 28.9.2015.

Þórarinsdóttir, K.A., Valsdóttir, Þ., Guðjónsdóttir, M., og Arason, S. (2007). Ferlastýring við veiði, vinnslu og verkun saltfisks – Áhrif mismunandi söltunaraðferða við verkun á flöttum fiski. Matís (útgf.). Reykjavík: Matís ohf.