

Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

Snorri Þórisson
Margrét Bragadóttir

1992

Rit Rf 34

Geymsluþol á frystum laxi

1. Ágrip.

Markmið verkefnisins var að rannsaka áhrif frystiaðferða, frystihitastigs, geymsluhitastigs, pakkninga o.fl. á geymsluþol heils lax. Einnig átti að rannsaka geymsluþol frystra flaka. Megintilgangur var að draga úr gæðarýrnun við frystingu og tryggja 12 mánaða geymsluþol heils lax og flaka.

Fyrir heilfrystan lax voru könnuð áhrif meðhöndlunar s.s. tvöfaldrar íshúðar, þökkunar í plast og mismunandi geymsluhitastigs. Lítil munur kom fram á milli hópa, en þó hafði sá hópur þar sem geymsluhitastigi var sveiflað áberandi styst geymsluþol. Engu munaði hvort geymsluhitastig var -26 eða -38°C . Vegna tæknilegra ástæðna reyndist ekki unnt að fá afnot af köfnunarefnisleifturfrysti þegar á þurfti, og varð því að sleppa þeim hópi. Mjög lítil munur kom fram á geymsluþoli kvía-, strandeldis- eða hafbeitarlax. Miðað við góða meðhöndlun má áætla geymsluþol heilfrysts lax allt að 8 mánuði.

Geymsluþol frystra laxaflaka var kannað. Þar voru m.a. könnuð áhrif loftdreginna umbúða og íblöndunar dextrósa og þráavarnarefnisins Herbalox P í íshúðunarvatn. Það kom í ljós að geymsluþol laxaflaka er verulega skert (3-4 mánn.) miðað við heilfrystan lax. Þökkun í venjulegar loftdregnar umbúðir hefur lítið að segja og einnig íblöndun Herbalox eða dextrósa.

Helstu breytingar sem áttu sér stað við geymslu voru litartap og myndun óbundinna fitusýra. Einnig minnkuðu gæði skv. skynmati jafnt og þétt, og greina mátti smávægilegar áferðarbreytingar. Þránun skv. skynmati og mæld sem peroxíð- og TBA-gildi mældist mjög lítil í heilfrystum laxi nema þar sem geymsluhitastigi var sveiflað. Efnabreytingar s.s. þránun voru mun hraðari í frystum flökum.

2. Markmið.

Eins og áður hefur komið fram var markmið verkefnisins að rannsaka áhrif frystiaðferða, frystihitastigs, geymsluhitastigs, pakkninga o.fl. á geymsluþol heils lax. Einnig átti að rannsaka geymsluþol frystra flaka. Meginmarkmið var að draga úr gæðarýrnun við frystingu og tryggja 12 mánaða geymsluþol heils lax og flaka.

Markmið verkefnisins breyttust ekki. Þó verður að geta þess að geymsluþol lax í frysti var styttra en búist var við. Miðað við það sem kalla mætti góða hefðbundna meðhöndlun tókst ekki að lengja geymsluþolið með þeim aðferðum sem prófaðar voru, en mikið af upplýsingum sem ekki lágu fyrir fengust um geymsluþol og gæðamat á frystum laxi.

3. Niðurstöður.

- a. Mörgum spurningum hefur verið svarað um geymsluþol afurðar sem margir framleiða, en litlar upplýsingar voru til um. Að okkar dómi er nauðsynlegt fyrir framleiðendur að framkvæma geymsluþolsathuganir sem þessar, ekki aðeins til þess að þekkja betur eigin framleiðslu en einnig til þess að geta svarað

- spurningum kaupenda. Þessar niðurstöður geta reynst mjög gagnlegar t.d. ef tekið er tillit til þess að erlendir framleiðendur eru að selja allt að 2 ára gamlan frystan lax, og verður að teljast hæpið að hann geti talist hæfur hvort sem er til neyslu eða frekari vinnslu. Hins vegar hefur vantað þekkingu á þessu sviði hérlandis og því verið erfitt að sýna kaupendum fram á mikilvægi þess að laxinn sé ekki of gamall.
- b. Eftir framkvæmd þessa verkefnis verður auðveldara að meta gæði lax, þar sem nú er betur þekkt hvaða þætti ber helst að skoða.
 - c. Þrátt fyrir að laxaflök hafi haft mjög takmarkað geymsluþol teljum við að svo miklar upplýsingar hafi fengist að í framhaldsverkefni sem sótt er um styrk fyrir 1992, "Frysting laxaflaka" muni takast að ná mun lengra geymsluþoli. Ef svo verður mun eiga sér stað mikil verðmætaaukning, þar sem að nokkuð víst þykir að markaður sé fyrir vörur eins og fryst flök eða flakabita í snyrtilegum neytendapakningum.
 - d. Nýjar aðferðir voru teknar upp á Rf vegna þessa verkefnis, t.d. mæling á TBA-gildi og lit og við meðhöndlun sýna. Allar þessar aðferðir munu nýtast í framtíðinni og eru þegar notaðar í tengslum við önnur rannsóknaverkefni og þjónustu. Skynmat á frystum laxi var hafið í tengslum við verkefnið. Hópur starfsmanna var þjálfaður í mati á laxi m.t.t. almennra gæða (geðjun), þránunar og áferðar. Þjálfun slíks hóps er umfangsmikil og illmöguleg nema í tengslum við verkefni sem þetta.
 - e. Það markmið að frysta lax með geymsluþol í allt að 12 mánuði, náðist ekki. Það kom í ljós að besta meðferðin sem við töldum okkar hafa tök á (tvöföld íshúð, plastpakning, geymsla við -38°C) gaf ekki lengra geymsluþol en "hefðbundin" góð meðferð (einföld íshúð, -26°C). Tilraunir með leifturfrystingu var ekki hægt að framkvæma vegna tæknilegra ástæðna þ.e. ekki reyndist unnt að fá afnot af frystiútbúnaði þegar það þurfti. Hugsanlegt er að frysting með þessari aðferð hefði gefið lengra geymsluþol, og þeirri spurningu verður vonandi svarað í áðurnefndu framhaldsverkefni.
 - f. Mjög gagnlegar upplýsingar hafa fengist um hvaða þætti ber að skoða m.t.t. geymsluþols og gæða frosins lax, og sýnt þykir að ekki er hægt að fá slíkar upplýsingar með mælingum á fáeinum sýnum eða gegnum erlendar vísindagreinar. Til dæmis var búist við hraðari þránun og meiri mælanlegum mun á milli hópa. Þetta teljum við sýna mikilvægi þess að tilraunir með því "einfalda" markmiði að rannsaka geymsluþolsferil þeirra afurða sem framleiddar eru hér á landi séu framkvæmdar, jafnvel þó að sambærilegar niðurstöður séu til erlendis frá.

4. Verklýsing.

Framkvæmd og framvinda verkefnisins fylgdi í meginráttum upphaflegri verklýsingu, og aðeins einn framkvæmdarliður féll út, þ.e. frysting í leifturfrysti. Vegna umfangs tölulegra gagna og úrvinnslu þeirra drógust skil lokaskýrslu talsvert, en ítarlegri framvinduskýrslu var skilað eftir framkvæmd u.þ.b. helmings verkefnisins, og einnig fengu samstarfsaðilar stutta samantekt að verkefni loknu.

Það sem við teljum að helst megi læra af framkvæmd verkefnisins er nauðsyn þess að framleiðendur vinni eða láti vinna fyrir sig frumrannsóknir á eðli framleiðslu sinnar, í þessu tilfalli athuganir á þeim þáttum sem takmarka geymslupól. Með því má komast hjá því að reynt sé að svara of mörgum spurningum í einu verkefni. Þess ber þó að gæta að með tilkomu fjárveitinga í forverkefni má búast við markvissari verkefnum.

Gagnlegt væri að jafnframt því sem Rannsóknaráð veitti styrki í verkefni tilnefndi það 2-3 aðila sem fylgdust með og gætu haft áhrif á framgang verkefna.

5. Hagnýting niðurstaðna, gagnsemi.

Það má telja öruggt að með þeirri þekkingu sem aflað var í þessu verkefni fjölgi möguleikum framleiðslu við vinnslu lax. Til dæmis er líklegt að farið verði út í tilraunir með framleiðslu og sölu á flökum eða flakabitum í neytendaumbúðum. Ef svo verður má búast við allt að tvöföldun á verðmæti afurðanna, og samsvarandi aukningu á atvinnu við vinnslu.

Vegna eðlis verkefnisins, og vegna þess að tveir af samstarfsaðilum eru sölusamtök sem starfa fyrir svo stóran hluta af framleiðendum, munu þeir ekki gera tilkall til þess að niðurstöður verði ekki birtar.

Verkefnið var kynnt í Rf Tíðindum (okt. 1991) og grein hefur verið skrifuð í Eldisfréttir en hún hefur enn ekki verið birt.

6. Tæki/búnaður.

Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins lagði til 200 þús. kr til kaupa á frystikistu.

7. Kostnaðaráætlun/raunkostnaður/fjármögnun.

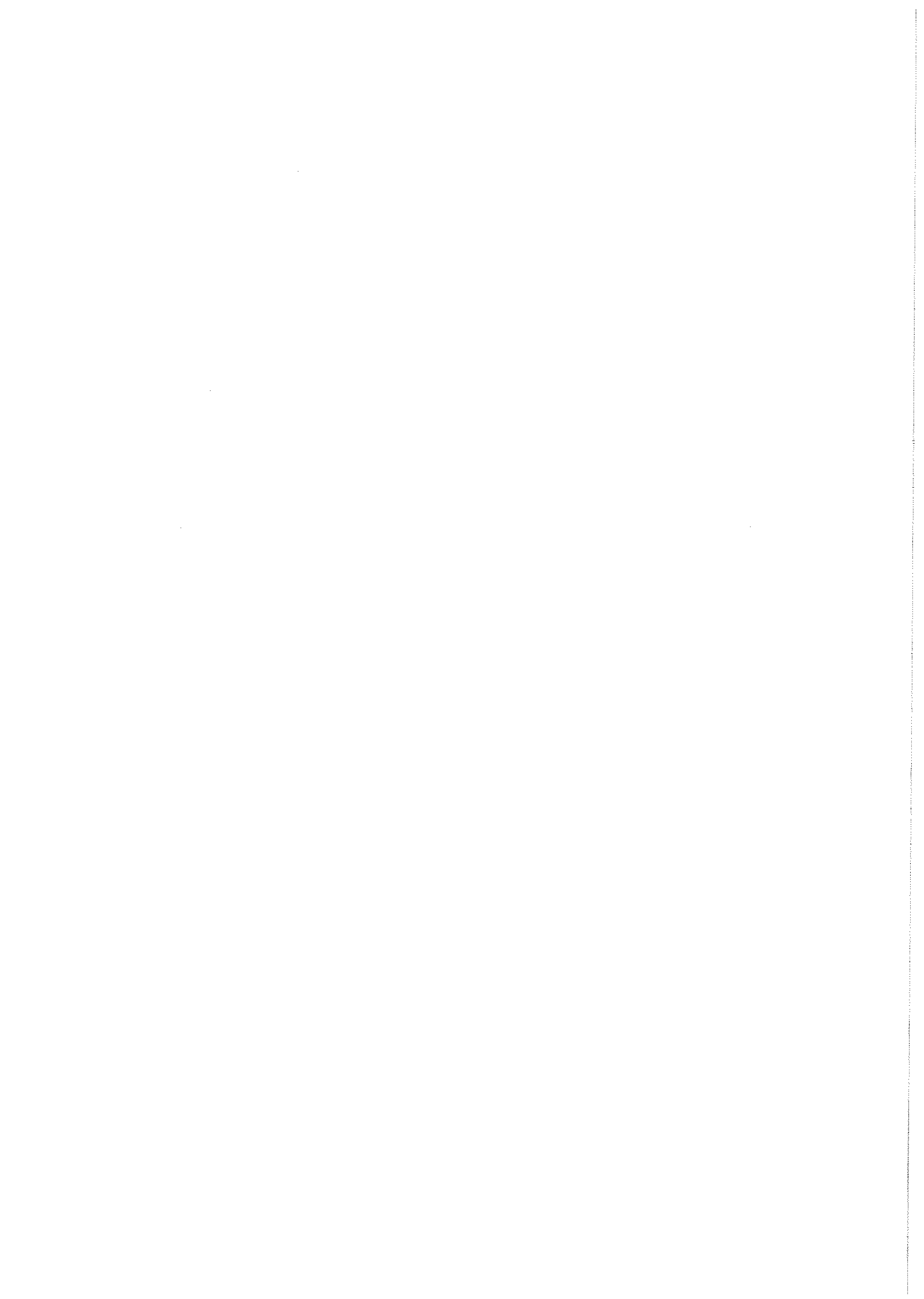
Stærsti kostnaðarliður verkefnisins var vinnuframlag þáttakenda. Aðrir liðir s.s. efni og aðstaða, hráefni o.fl. voru skv. áætlun, en vinnuframlag var frekar vanáætlað. Vinnuframlag fyrirtækja og tími aðstoðarsérfræðings hjá Rf voru skv. áætlun, en vinnuframlag sérfræðinga hjá Rf var rúmlega 30 vikur í stað u.þ.b. 20 sem áætlaðar voru. Þessi mismunur er vegna þess hversu miklu meiri tími fór í úrvinnslu gagna heldur en áætlað var. Samkvæmt þessu má áætla að kostnaður verkefnisins hafi farið u.þ.b. 700-800 þús. kr. fram úr áætlun.

Góð tengsl hafa skapast milli þáttakenda í verkefninu. Meðal annars má geta þess að nú hefur verið lögð inn umsókn um framhaldsrannsókn á þessu sviði, sem eingöngu miðar að því að gera frystingu laxaflaka að raunveruleika í framleiðslu.

9. Eins og áður hefur komið fram er öruggt að niðurstöður munu nýtast samstarfsaðilum. Hins vegar er einnig ljóst að þeir munu ekki geta haldið niðurstöðum sem þessum lokuðum, og því munu þeir ekki fara fram á að þær verði ekki birtar.

10. Sjá 5.

11. Tæknileg lokaskýrsla fylgir.



Geymsluþol á frystum laxi.

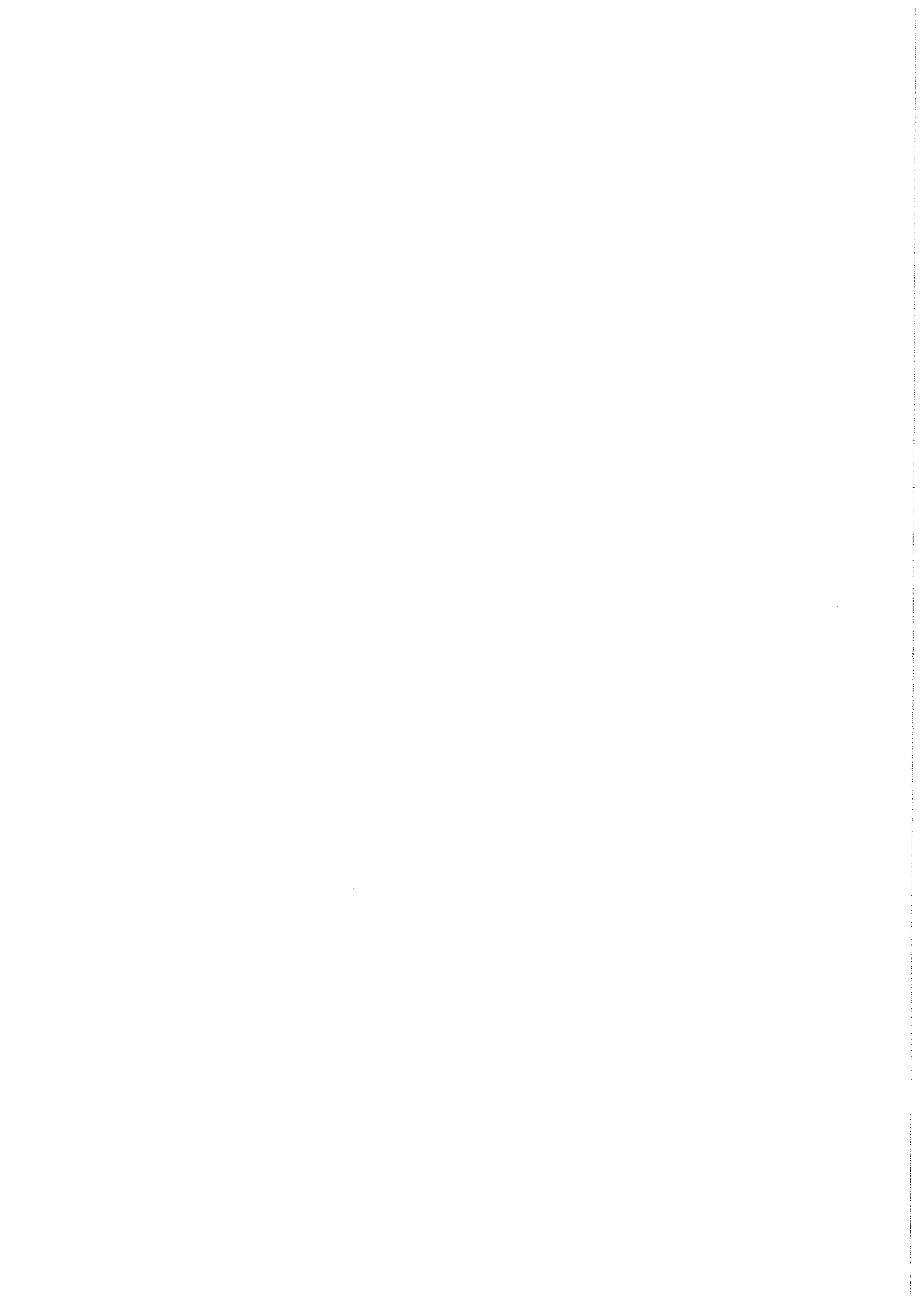
(Lokaskýrsla til Rannsóknaráðs ríkisins)

Snorri Þórisson

Margrét Bragadóttir

Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

1992

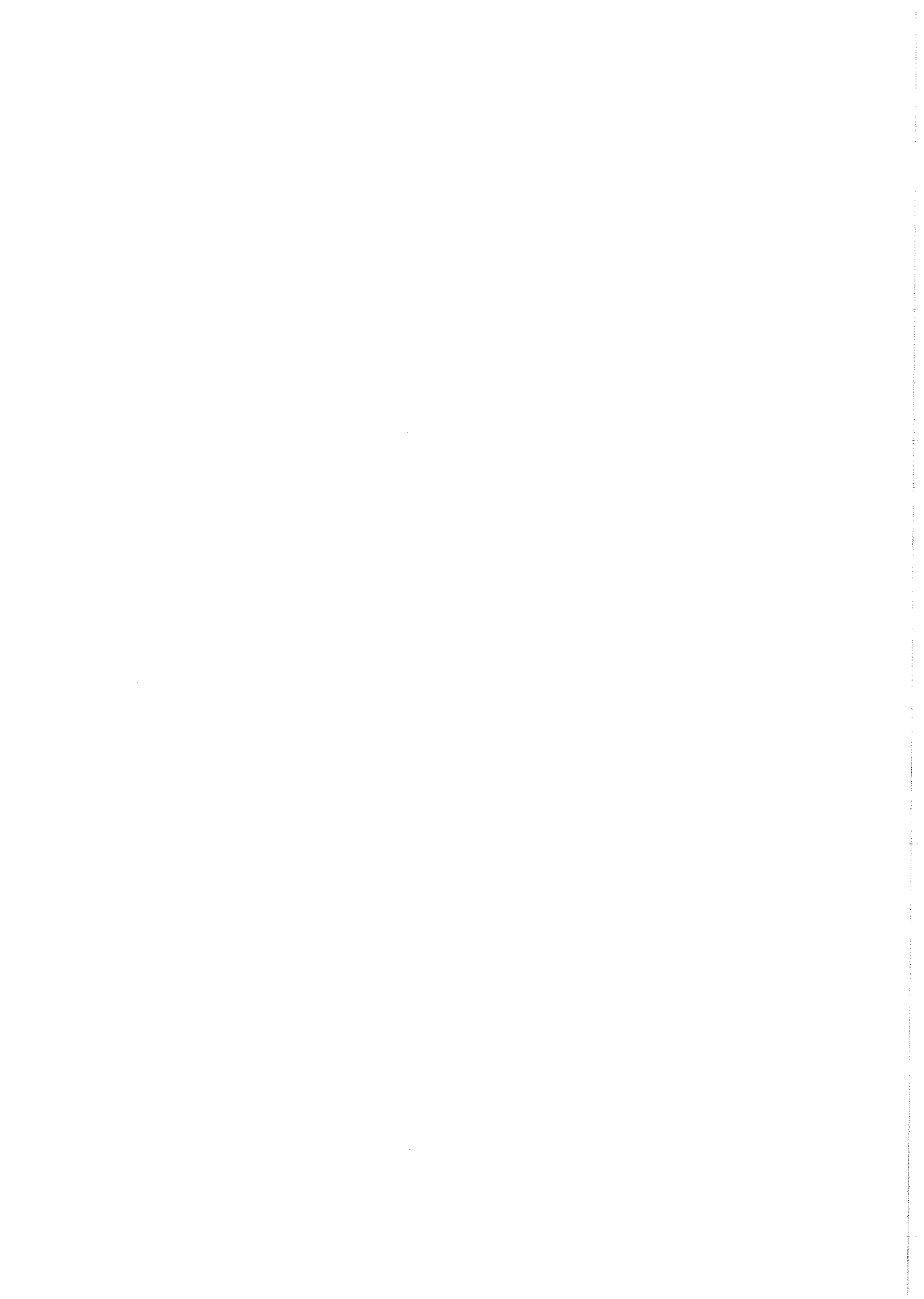


Ágrip: Samanburður var gerður á geymsluþoli hafbeitar-, kvíaeldis- og strandeldislax við -26°C . Einnig voru rannsökuð áhrif mismunandi meðhöndlunar á geymsluþol heilfrysts hafbeitarlax og flaka. Niðurstöður sýna að lítill munur er á geymsluþoli m.t.t. eldisaðferða eða þeirrar meðhöndlunar sem rannsökuð var. Þó þykir sýnt að ef geymsluhitastig sveiflast stýttist geymsluþol. Sá þáttur sem breyttist mest er litur en einnig rýrna gæði skv. skynmati og breytingar verða á gæðum fitu. Niðurstöður sýna að búast má við því að vel meðhöndlaður lax geymist í allt að 8 mánuði heilfrystur án þess að til verulegrar gæðarýrnunar komi. Fryst flök geymast skemur eða í u.þ.b. 4 mánuði miðað við sömu forsendur.



Efnisyfirlit.

1. Inngangur	1
2. Framkvæmd	2
2.1. Heilfrystur lax	2
2.1.1. Íshúðun	3
2.1.2. Efnasamsetning	3
2.1.3. Litarmæling	3
2.1.4. Peroxíðgildi og óbundnar fitusýrur	4
2.1.5. TBA-gildi	4
2.1.6. Drip við uppfíðingu og suðu	4
2.1.7. Skynmat	4
2.2. Fryst flök	4
2.2.1. Efnasamsetning	5
2.2.2. Litarmæling	5
2.2.3. Peroxíðgildi og óbundnar fitusýrur	5
2.2.4. TBA-gildi	5
2.2.5. Drip við uppfíðingu og suðu	5
2.2.6. Skynmat	6
2.3. Úrvinnsla gagna	6
3. Niðurstöður og umræða	6
3.1. Heilfrystur lax	6
3.1.1. Íshúðun	6
3.1.2. Efnasamsetning	6
3.1.3. Litarmæling	7
3.1.4. Peroxíðgildi og óbundnar fitusýrur	8
3.1.5. TBA-gildi	9
3.1.6. Drip við uppfíðingu og suðu	10
3.1.7. Skynmat	10
3.2. Fryst flök	11
3.2.1. Efnasamsetning	11
3.2.2. Litarmælingar	11
3.2.3. Peroxíðgildi og óbundnar fitusýrur	12
3.2.4. TBA-gildi	12
3.2.5. Drip	12
3.2.6. Skynmat	13
4. Lokaorð	13
5. Þakkarorð	16
6. Heimildir	17



1. Inngangur.

Í þessari skýrslu er lýst framkvæmd og niðurstöðum verkefnisins "Geymsluþol á frystum laxi". Verkefnið hófst í ágúst 1990 og lauk framkvæmd þess í október 1991. Hluti af þeim niðurstöðum sem hér eru birtar hafa þegar komið fram í áfangaskýrslu,¹ en mestur hluti niðurstaðna og tölfræðileg úrvinnsla í þessari skýrslu eru byggðar á mælingum yfir allt tímabil verkefnisins.

Frysting fiskafurða hefur verið stunduð á Íslandi í áratugi en með tilkomu laxeldis var talið nauðsynlegt að kanna sérstaklega geymsluþol lax í frysti og möguleika á lengingu þess. Það má eflaust færa fyrir því rök að best væri að selja lax ófrosinn, en því fylgir oft mikill kostnaður vegna flutninga t.d. með flugi. Einnig getur sú staða komið upp að markaðurinn geti ekki tekið við nema takmörkuðu magni og því getur reynst nauðsynlegt að geyma vöruna til lengri eða skemmri tíma. Þetta gildir sérstaklega fyrir hafbeitarlax þar sem að öll framleiðslan fer fram á stuttum tíma yfir sumarmánuðina. Það er vert að taka það fram hér, að hugtakið ferskt er oft notað fyrir ófrysta vöru, óháð ferskleika, en augljóslega geta gæði vel frystra afurða verið meiri en gæði nokkura daga gamallra ófrystra afurða.² Því má búast við að væntanlegur neytandi spyrji frekar að gæðum en því hvort varan hafi verið fryst.³

Í raun má lýsa frystingu sem vægri þurrkun þar sem vatn er bundið sem ís, en um leið hægist á eða stöðvast efnabreytingar og skemmdarferlar af völdum örvera. Þær efnabreytingar, sem líklegast er að eigi sér stað við geymslu í frysti, eru niðurbrot fituefna vegna ensímvirgni og oxunar, og áferðarbreytingar vegna eðlissviptingar próteina. Við -30°C er u.þ.b. 90% vatns í matvælum eins og fiski frosið, þannig að ennþá eru aðstæður fyrir hendi fyrir ensím s.s. lípasa til þess að kljúfa þrigliseríð eða fosfólípíða, og lípoxýgenasa sem geta brotið niður lítarefni. Engu að síður verða þessi efnahvörf hægari vegna lægra hitastigs. Við -40 til -60°C má búast við að þessar efnabreytingar stöðvist alveg.^{4,5} Lækkun hitastigs hægir einnig á oxun fitu af völdum súrefnis en í kerfi eins og t.d. fiskholdi getur þetta snúist við. Með því að binda hluta vatnsins getur aðgangur súrefnis orðið auðveldari auk þess sem styrkur oxunarhvetjandi efna í vatnsfasanum t.d. málmjóna eykst.⁶ Talið er að eðlissvipting próteina geti orsakast af svipuðum ástæðum

þ.e. auknum styrk ýmissa ólífrænna salta í vatnsfasanum. Einnig er líklegt að óbundnar fitusýrur og/eða niðurbrotsefni fitusýra komi þar við sögu.^{7,8} Lax er frekar feitur fiskur og getur hlutfall fjölmottaðra fitusýra orðið mjög hátt, eða allt að 20-30% af fitunni.^{9,10} Þar sem að fjölmottaðar fitusýrur eru mjög viðkvæmar fyrir oxun, má búast við að þránun geti takmarkað geymsluþol lax í frysti.

Ákveðið var að kanna breytingar á þeim þáttum sem líklegast var talið að gætu valdið gæðarýrnun á laxi í frysti, þ.e. lit, gæði fitu, geðjunarmati og áferð skv. skynmati. Tilraunir voru gerðar með geymslu á heilfrystum laxi og flökum. Einnig var kannað hvort munur kæmi fram á gæðum og geymsluþoli lax úr mismunandi eldi, þ.e. hafbeitar, kvía- og strandeldi.

2. Framkvæmd.

2.1. Heilfrystur lax.

Frysting og önnur vinnsla fór fram dagana 14. og 15. ágúst 1990. Hafbeitarlaxi (u.þ.b. 400 kg) frá Vogalaxi hf var slátrað að morgni 14. ágúst og fluttur í ísvatni til Hafgulls hf þar sem hann var slægður fyrir frystingu. Strandeldislax (u.þ.b. 60 kg) frá Íslandslaxi var fenginn slægður hjá Íslenskum matvælum hf og fluttur ísaður til Hafgulls hf. Kvíaeldislax (u.þ.b. 50 kg) var fenginn slægður hjá Íslenska fiskeldisfélaginu og fluttur ísaður til Hafgulls hf. Sýni af ófrystum laxi (3 stk.) voru tekin til efnamælinga og skynmats og hófust þær rannsóknir 15. ágúst en fram að því höfðu sýnin verið geymd við 0°C. Frysting á heilum laxi hófst eftir hádegi 14. ágúst og var fryst við u.þ.b. -40°C yfir nótt. Að morgni 15. ágúst var laxinn íshúðaður í u.þ.b. 4-6°C köldu vatni og skipt í eftirfarandi hópa:

1. Viðmiðunarhópur. Hafbeitarlax, tvöföld íshúðun og pökkun í plast, geymsla við -38°C í frystikistu.
2. Venjuleg meðhöndlun. Hafbeitarlax, einföld íshúðun, geymsla við -26°C.
3. Plastpakkning. Hafbeitarlax, einföld íshúðun, pakkað í plast, geymsla við -26°C.

4. Tvöföld ishúðun. Hafbeitarlax, tvöföld ishúðun, geymsla við -26°C .
5. Hitastigssveiflur. Hafbeitarlax, einföld ishúðun, geymsla við -20°C en færður í 0°C í 5 tíma á 10 daga fresti.
6. Strandeldislax. Einföld ishúðun, geymsla við -26°C .
7. Kvíaeldislax. Einföld ishúðun, geymsla við -26°C .

Allir hóparnir, nema hópur 1, voru geymdir í vaxbornum pappakössum (25 x 40 x 80 sm), u.þ.b. 10 stk. í kassa. Fyrir hópa 1 og 3 voru notaðir polyetílen pokar (0.6 mm).

2.1.1. Ishúðun.

Ishúðun var mæld með því að vigta alla laxa í hópi 4 fyrir og eftir báðar ishúðanir.

2.1.2. Efnasamsetning.

Efnasamsetning, þ.e. prótein, fita, vatn, salt og aska, var mæld fyrir frystingu í roðflettum flökum af hafbeitar-, kvíaeldis- og strandeldislaxi (3 laxar af hverjum hópi). Hópur 1 (3 laxar) var síðan mældur eftir eina viku og allir hópar (3 laxar) eftir 4 mánuði.

2.1.3. Litarmæling.

Á u.þ.b. 2 mánaða fresti voru sýni (3 laxar) tekin af hverjum hópi. Laxinn var látinn þiðna yfir nótt við u.þ.b. 15°C og síðan var hann flakaður og roðflettur. Öll flökin voru litarmæld af tveimur aðilum skv. litarkorti fyrir lax frá ROCHE undir stöðluðu ljósi ($R_a > 90$, litarhitastig $> 5000\text{ K}$).

2.1.4. Peroxiðgildi og óbundnar fitusýrur.

Annað flakið af hverjum laxi úr litarmælingum var hakkað og fitan einangruð skv. aðferð Bligh og Dyer,¹¹ með smávægilegum breytingum.¹² Peroxiðgildi og óbundnar fitusýrur voru mæld til þess að fylgjast með framgangi þránunar skv. AOCS.^{13 14} Í báðum aðferðum var þó notað minna magn sýnis og aðrir þættir voru minnkaðir í hlutfalli við það.

2.1.5. TBA-gildi.

TBA-gildi í holdi var mælt í sömu sýnum og í lið 2.1.4 skv. aðferð Tarladgis^{15,16}, með breytingum skv. Vyncke¹⁷, sem notar þráavarnarefni við sýnameðhöndlun.

2.1.6. Drip við uppþíðingu og suðu.

Drip við uppþíðingu var mælt með því að vigta laxinn fyrir og eftir þíðingu. Ekki var reynt að fjarlægja íshúðun fyrir þíðingu. Drip við suðu var mælt með því að vigta flökin fyrir og eftir suðu.

2.1.7. Skynmat.

Annað flakið af öllum lögum var skynmetið. Skynmatshópurinn var sérstaklega þjálfður áður en tilraunin hófst og var laxinn soðinn og metinn undir rauðu ljósi skv. meðfylgjandi einkunnarblaði (viðauki). Í hópnum voru að meðaltali 8 manns og fékk hver einstaklingur tvö sýni úr hverjum tilraunarhópi og eitt sýni af hóp 1 til viðmiðunar. Þannig var hvert flak metið af að meðaltali 5 - 6 manns.

2.2. Fryst flök.

Hafbeitarlaxi (220 kg) var slátrað í Hraunfirði að morgni 30. ágúst og hann fluttur samstundis ísaður til Reykjavíkur. Eftir hádegi var hann flakaður og flökin merkt þannig að hægt var að halda saman flökum af sama laxi. Flökin voru fryst (-36°C í u.þ.b. 2 tíma) í blástursfrysti á Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins en einum hópnum var pakkað í loftdregnar umbúðir fyrir frystingu. Eftir íshúðun var flökunum pakkað í vaxborna

pappakassa (25 x 40 x 80 sm) og þeir settir í geymslu við -26°C. Áhrif eftirfarandi meðhöndlunar á geymsluþol flakanna í frysti voru rannsökuð:

1. Tvöföld ishúðun, geymsla við -26°C.
2. Þökkun í loftdregnar umbúðir (Multilayer 159, 25*50 sm) fyrir frystingu og geymsla við -26°C.
3. Herbalox, ishúðað tvöfalt með þráavarnaefni (*Herbalox P*, Kalsec Inc., 0.10% í ishúðunarvatni). Geymsla við -26°C.
4. Dextrosi, ishúðað tvöfalt með polydextrósa (Pfizer, 8% í ishúðunarvatni). Geymsla við -26°C.

2.2.1. Efnasamsetning.

Efnasamsetning, skv. lið 2.1.2. var mæld fyrir frystingu í roðflettum flökum af 2 löxum.

2.2.2. Litarmæling.

Á u.þ.b. 2 mánaða fresti voru sýni (bæði flökin af 3 löxum) tekin af hverjum hóp. Flökin voru látin þiðna yfir nótt við u.þ.b. 15°C og síðan voru þau roðflett. Öll flökin voru litarmæld skv. lið 2.1.3.

2.2.3. Peroxiðgildi og óbundnar fitusýrur.

Peroxiðgildi og óbundnar fitusýrur voru mæld í öðru flakinu af hverjum laxi skv. lið 2.1.4.

2.2.4. TBA-gildi.

TBA-gildi í holdi var mælt í sömu sýnum og í lið 2.2.3. skv. lið 2.1.5.

2.2.5. Drip við uppþiðingu og suðu.

Drip við uppþiðingu og suðu var mælt skv. lið 2.1.6.

2.2.6. Skynmat.

Annað flakið af öllum lögum var skynmetið skv. lið 2.1.7.

2.3. Úrvinnsla gagna.

"Tuckey HSD multiple comparison" aðferð var notuð til þess að kanna hvort marktækur munur ($p \leq 0.05$) kæmi fram í mælingum á milli einstakra hópa á hverjum sýnatökupunkti.¹⁸

3. Niðurstöður og umræða.

3.1. Heilfrystur lax.

3.1.1. Íshúðun.

Samantekt á íshúðarmælingum er sýnd í töflu 1 í viðauka. Þar má sjá að íshúð er að meðaltali 1.31% af þyngd lax sem vegur að meðaltali 2.24 kg. Seinna íshúðarlagið er léttara, eða 1.14% að meðaltali. Heildarþyngd íshúðar eftir tvöfalda meðferð er að meðaltali 2.46% af þyngd fisksins.

3.1.2. Efnasamsetning.

Tafla 2 sýnir samanburð á efnasamsetningu hafbeitar-, kvíaeldis- og strandeldislax. Einungis eru sýndar mælingar á próteini, fitu og vatni, en salt er í öllum tilfellum 0.1% og aska 1.2-1.3%. Það sem einkennir þessar niðurstöður er hversu mikill mismunur er á fituinnihaldi milli einstaklinga úr hafbeit. Meðaltalið er 6.3%, en hæst mælist fituinnihald 8.6% og lægst 4.9%. Strand- og kvíaeldislaxinn reyndist mun feitari eða að meðaltali 12.6% og 10.8%, og var mismunur milli einstaklinga mun minni.

Það er athyglisvert að samtala fitu og vatns í hafbeitarfiski er mjög svipuð, þ.e. ef fita eykst lækkar vatnsinnihald að sama skapi. Þetta gildir hins vegar ekki í samanburði milli eldisforma og þannig minnkar vatn ekki í samræmi við aukið fituinnihald í strand- og kvíaeldislaxi. Prótein mælist því að meðaltali u.þ.b. 2.5% hærra í hafbeitarlaxi.

Í töflu 3 eru niðurstöður úr mælingum á efnasamsetningu allra hafbeitarhópanna eftir geymslu í frysti í 4 mánuði, auk mælinga fyrir viðmiðunarhóp eftir eina viku í frysti. Það er greinilegt að ef einhver munur væri milli hópa t.d. vegna þornunar yrði sá munur að vera mjög mikill til þess að greinast, vegna þess hve mikil dreifing er í efnasamsetningu milli einstaklinga.

3.1.3. Litarmæling.

Á mynd 1a í viðauka eru sýndar mælingar á lit á heilum laxi skv. litarkorti. Það er greinilegt að strand- og kvíaeldislax er talsvert dekkri (rauðari) en hafbeitarlax. Í upphafi munar u.þ.b. 1-1.5 einingum, sem er marktækur munur. Munurinn virðist svipaður við 62 og 117 daga, en mæligildi voru þá talsvert dreifðari og mældist því ekki marktækur munur milli hópanna. Eftir 244 daga er munurinn aðeins u.þ.b. 0.5 eining en eykst síðan aftur, og eftir 398 daga er munurinn orðinn tæpar 2 einingar og marktækur milli hafbeitarlax og hinna eldisformanna. Samkvæmt No og Storebakken¹⁹ er litur stöðugari við -20 og -80°C í regnbogasilungi sem fóðraður hefur verið með canthaxanthin frekar en astaxanthin. Tegund litarefna í kvía- og strandeldislaxinum í þessari tilraun er ekki þekkt, en hugsanlegt er að um sambærileg áhrif sé að ræða.

Hvað varðar áhrif geymslu á lit (mynd 1b), þá er marktækur munur á hóp 5 (hitastigssveiflur) og öllum hinum hópunum frá degi 181 til enda tilraunarinnar. Það er því ljóst að óstöðugt geymsluhitastig hraðar niðurbroti litarefnanna. Ekki kemur fram munur á stöðugleika litar vegna mismunandi geymsluhitastigs, en Harris et al.²⁰ telja að breytingar verði hraðari við -9 en við -40°C.

Mæling á lit með korti var fljótleg og nokkuð örugg aðferð og t.d. var staðalfrávik við 0 daga einungis tæplega 0.3 eining. Við samanburð á lit í hafbeitar- og kvíaeldislaxi sýndu Skrede og Storebakken²¹ að u.þ.b. 93% af litarefninu í eldislaxinum var canthaxanthin en yfir 90% astaxanthin í hafbeitarlaxi. Í því tilfalli reyndist hafbeitarfiskurinn dekkri og bar mælingum með litarkorti vel saman við mælingu á litarefni. Hins vegar kom þessi munur ekki fram þegar litur var mældur með litmæli. Niðurstöður Johnsen²² sýndu litla fylgni mælinga með litmæli eða korti við magn litarefnis. Hún bar saman mælingar með korti og litmæli á flökum við litarefnismælingu á laxi, sem gefið

hafði verið fóður með astaxanthin. Með því að hakka flökin fékkst þó mun betri fylgni.

3.1.4. Peroxiðgildi og óbundnar fitusýrur.

Á mynd 2a má sjá að lítil eða enginn munur kemur fram á milli eldisaðferða hvað varðar mælingu á peroxiðgildi í allt að 400 daga. Í öllum tilfellum dreifast gildin milli u.þ.b. 1 og 3 meq/kg og varla er hægt að segja að peroxiðgildin hækki við geymslu.

Svipaða sögu er að segja um mynd 2b, en þar má sjá áhrif mismunandi geymsluaðferða á peroxiðgildi. Þó er athyglisvert að hópur 5 (hitastigssveiflur) hefur lægri gildi en allir hinir hóparnir, og marktækt lægri en sumir þeirra í allt að 300 daga. Þá hækkar peroxiðgildi verulega hjá hóp 5 og er marktækt hærra en hjá öllum öðrum hópum.

Samkvæmt Pozo et al.²³ hækkar peroxiðgildi hraðar í regnbogasilungi í loftdregnum umbúðum við -12°C heldur en við -30°C. Þar kemur einnig fram að hægt sé að draga úr myndun peroxiða með auknu magni alfa-tókóferóls í fóðri. Hins vegar kom þessi munur ekki fram í skynmati og bendir því til þess að peroxiðgildi sé ekki heppileg leið til þess að fylgjast með þránun í laxfiskum.

Mynd 3a sýnir samanburð milli eldisaðferða m.t.t. myndunar óbundinna fitusýra. Við 0 daga er athyglisvert að marktækur munur kemur fram milli hafbeitar- og eldislax, en þessi munur helst ekki marktækur miðað við 95% öryggismörk, það sem eftir er tilraunarinnar. Þegar horft er á niðurstöðurnar á mynd 3a er þó sennilegt að munur sé á milli hópa 1 (viðmiðun) og 2 (hafbeit, venjul. meðh.) annars vegar og hópa 6 (kvíaeldi) og 7 (strandeldi) hins vegar. Mismunur milli einstaklinga í sama hóp, sérstaklega í hafbeitarhópunum, reyndist mjög mikill og því er tölfræðilegur munur milli einstakra hópa í hverjum sýnatökupunkti lítill. Hugsanlegt er að innan einstakra hópa sé myndun óbundinna fitusýra jafn hröð milli einstaklinga, en vegna mikils mismunar á fituinnihaldi komi fram munur á hlutfalli óbundinna fitusýra af heildarfitu.

Mikið hefur verið ritað um uppruna óbundinna fitusýra í fiski. Braddock og Dugan²⁴ komust að þeirri niðurstöðu að á einu ári við -20°C, yrði mjög lítið niðurbrot á þriggliseríðum í "Lake Michigan Coho" laxi, en myndun óbundinna fitusýra úr fosfólípíðum var umtalsverð. Það sem þeir sáu

einnig var að mest breyting varð á magni fitusýranna C16:0 og C18:1. Polvi et al.²⁵ segja að við -12°C sé myndun óbundinna fitusýra talsverð í laxaflökum, eða allt að 6.6%. Samkvæmt þeirra niðurstöðum er niðurbrotið jafnt í þrigliseríðum og í fosfólípiðum, en hins vegar er lang mest af fitusýrunni C22:6 sem losnar. De Koning et al.²⁶ komst að því að myndun óbundinna fitusýra stafar bæði frá fosfólípiðum og þrigliseríðum í lýsingshakki við -18°C, en aftur á móti hafa Hardy et al.²⁷ sýnt fram á að í þorski myndist óbundnar fitusýrur nær eingöngu úr fosfólípiðum.

Liklegt er að þegar fituinnihald er breytilegt milli einstaklinga, eins og hjá hafbeitarlaxinum, liggi mismunurinn í magni þrigliseríða en fosfólípiðamagn sé frekar stöðugt. Því er hugsanlegt að skýra megi mismun í magni óbundinna fitusýra með því að þær eigi að stórum hluta uppruna sinn að rekja til fosfólípiða og magnið sé því svipað milli einstaklinga. Þegar hins vegar magn óbundinna fitusýra er reiknað sem hlutfall af fitu kemur fram mismunur í hlutfalli við sveiflur í fituinnihaldi.

Á mynd 3b eru mismunandi geymsluaðferðir bornar saman m.t.t. myndunar óbundinna fitusýra. Eftir 117 daga er kominn marktækur munur milli hóps 5 (hitastigssveiflur) og allra annara hópa og helst sá munur í megindráttum til enda tilraunarinnar. Magn óbundinna fitusýra nær hámarki (15%) eftir 244 daga.

3.1.5. TBA-gildi.

TBA-gildi er aðallega mælikvarði á myndun malonaldehyðs og er því mælikvarði á niðurbrot peroxíða (annað stig þránunar). Annars stigs myndefni þránunar eru aðallega aldehýð- og ketonefni og þau eru að miklu leyti talin ábyrg fyrir bragð- og lyktareinkennum þránaðrar fitu. Þessi mæling er líklega algengasta aðferðin til þess að fylgjast með framgangi þránunar í matvælum.²⁸

Mynd 4a sýnir niðurstöður úr mælingum á laxi úr mismunandi eldi. Það er greinilega enginn munur fyrstu 244 dagana en síðan hækkar mæligildið marktækt fyrir hóp 7 (kvíaaeldi) miðað við hópa 1 og 2 (viðmiðun og hafbeit). Þessi munur minnkar síðan á síðasta sýnatökupunkti og er þá ekki marktækur. Til samanburðar má geta þess að talið er að TBA-gildi yfir 1 mg/kg sýni að þránun hafi átt sér stað í ferskum fiski,²⁹ en svona samanburður getur þó verið varhugaverður.

Þegar áhrif geymsluaðferða eru skoðuð (mynd 4b) kemur enginn munur fram fyrr en eftir 300 daga. Þá sker hópur 5 (hitastigssveiflur) sig úr með mun hærra gildi en hinir hóparnir, og eftir 398 daga hefur munurinn aukist enn frekar.

3.1.6. Drip við uppþiðingu og suðu.

Eins og sjá má á myndum 5a - 6b, þá sveiflast mælingar á dripi mjög mikið. Okkar niðurstaða er sú að til þess að sjá megi mun á hópum, ef einhver er, þá verði bæði að fjölga sýnum og staðla aðferðir betur. Það er þekkt að t.d. hitastigssveiflur í frystigeymslu valda skemmdum á fiski, sem m.a. getur leitt til aukins drips við uppþiðingu.³⁰ Hópur 5, sem hlaut verulega slæma meðferð, er ekki frábrugðinn hinum hópunum og bendir það til þess að fyrir lax verði geti þurft að þróa aðferðafræðina enn frekar.

3.1.7. Skynmat.

Mynd 7a sýnir samanburð á gæðum skv. geðjunarprófi á milli eldisaðferða. Í engu tilfalli er marktækur munur milli hópa en þó er meðaltalseinkunn fyrir kvíaeldislax lægst í flestum tilfellum. Eins og kemur fram í umræðu síðar um tölfræðilega úrvinnslu er hugsanlegt að aðrar aðferðir myndu sýna tölfræðilega marktækan mun. Hvað varðar samanburð milli geymsluaðferða (mynd 7b), þá kemur í ljós marktækur munur á hóp 5 (hitastigssveiflur) annars vegar og hóps 3 (plastpakkað) hins vegar eftir 244 daga. Einnig er munurinn milli hópa 5 og 4 (tvöföld ishúð) nálægt því að vera marktækur ($p \leq 0.054$). Eftir 300 daga er marktækur munur milli hóps 1 annars vegar og 4 og 5 hins vegar. Enginn marktækur munur kemur fram á geðjunarmati við lok tilraunar. Ekki er hægt að segja að greinilegur munur komi fram milli geymsluaðferða hvað varðar geðjunarmat, en á heildina litið má þó benda á að hópur 5 er alltaf með lægstu einkunn. Af myndunum má einnig sjá að í upphafi tilraunar er meðaleinkunn u.þ.b. 8 (mjög gott), en eftir 400 daga er hún milli 5-6 (hvorki gott né vont - sæmilega gott) fyrir flesta hópana.

Samanburður milli eldisaðferða hvað varðar skynmat á þráa (mynd 8a) sýnir engan marktækan mun. Samanburður milli geymsluaðferða (mynd 8b) sýnir að eftir 244 daga kemur fram marktækur munur milli hópa 4 og 5.

Marktækur munur er hins vegar ekki greinanlegur eftir 300 eða 398 daga. Þó er sjálfsagt að benda á að hópur 5 fær lakastar einkunnir á síðustu þremur sýnatökupunktunum, og við 400 daga er meðaltalseinkunn hans u.þ.b. 1, sem þýðir "vottur af þráa". Um hina hópana er tæpast hægt að segja að einkunnir hækki sem nokkru nemi yfir tímabil tilraunarinnar.

Myndir 9a - 10b eru samantekt á áferð skv. skynmati. Enginn marktækur munur kom fram milli hópa, en þó má benda á að skv. mynd 9a þá virðist hafbeitarlax vera lítið eitt þurrari heldur en kvía- og strandeldislax. Einnig virðist sem að einhver þornun komi fram á hópi 5 (hitastigssveiflur) (mynd 9b) og hann virðist einnig selgari skv. mynd 10b. Það er í samræmi við heimildir þar sem að myndun óbundinna fitusýra og herra TBA-gildi hafa áhrif á eðliseiginleika fiskpróteina.³¹

3.2. Fryst flök.

3.2.1. Efnasamsetning.

Í töflu 4 er sýnd efnasamsetning laxaflaka. Niðurstöðurnar eru svipaðar og fyrir þann lax sem notaður var í heilfrystingu. Þó virðist fituinnihald eitthvað lægra, en það gæti stafað af því hversu seint þessi hluti verkefnisins hófst.

3.2.2. Litarmælingar.

Mynd 11 sýnir litarmælingar á frystum flökum. Þar kemur fram að litill munur er á milli hópa fyrstu 250 dagana, en síðan virðist draga í sundur með þeim. Þó er allt að því marktækur munur ($p \leq 0.06$) milli flaka í loftdregnum umbúðum og flaka með tvöfaldri ishúðun án íblöndunarefna. Chen et al.²⁹ sýna að fjarlæging súrefnis eða þökkun í kolsýru við 1-2°C hefur engin áhrif eða jafnvel neikvæð áhrif á varðveislu litarefna í regnbogasilungi. Þetta er skýrt með því að niðurbrotið sé af völdum lípolygenasa en ekki oxunar af völdum súrefnis. Geymsla á flökum af regnbogasilungi í loftdregnum umbúðum við -80°C veldur minni breytingum á lit en geymsla við -20°C skv. mælingu með litmæli, en í hvorugu tilfalli kemur fram marktækur munur á litarefnamælingu.¹⁹ Samkvæmt Hansen et al.³² þá dregur íblöndun þráavarnarefnisins Ronoxan D-20 og/eða dextrósa í laxahakk úr breytingum á

lit í geymslu við -30°C. Það er líklegt að í þessu tilfelli hafi íblöndunarefnið meiri áhrif en með því að blanda þeim í íshúðunarvatn. Einnig er mögulegt að þarna sé aðeins um mismun milli þráavarnarefna að ræða, þ.e. að Ronoxan D-20 sé virkara til varnar litarefnum í laxi en Herbalox P.

Ef litartap flakanna er borið saman við breytingar á lit á heilfrystum laxi þá samsvarar breytingin u.þ.b. 2 stigum í báðum tilfellum.

3.2.3. Peroxíðgildi og óbundnar fitusýrur.

Mjög litill munur er á milli hópa hvað varðar peroxíðgildi (mynd 12), en fyrir alla hópana gildir að peroxíðgildi hækkar talsvert eftir u.þ.b. 200 daga. Til samanburðar má benda á að peroxíðgildi í heilum laxi er af svipaðri stærðargráðu.

Óbundnar fitusýrur (mynd 13) hækka mjög hratt í byrjun, en eftir u.þ.b. 100 daga hægist aftur á myndun þeirra. Marktækur munur milli hópa kemur hvergi fram enda er staðalfrávik innan hópa nokkuð hátt. Það er athyglisvert að hlutfall óbundinna fitusýra er talsvert hærra í flökum heldur en í heilfrystum laxi.

3.2.4. TBA-gildi.

Marktækur munur kemur ekki fram milli hópa í mælingu á TBA gildi (mynd 14). Meðalgildi hópanna er aðeins hærra heldur en hjá heilfrystum laxi, og það virðist sem að hópur 4 (dextrósi) mælist lítið eitt hærra en hinir hóparnir eftir u.þ.b. 200 daga.

3.2.5. Drip.

Eins og áður hefur hefur komið fram þá virðist sem að einstaklingsmunur sé það mikill innan hópa, að miðað við sýnaþjölda og aðferðir sem notaðar voru sé lítil von um að sjá mun milli hópa skv. myndum 15 og 16. Einn hópur er með áberandi lægst drip við uppþiðingu en það eru flök sem pakkað var í loftdregnar umbúðir. Þau flök voru ekki íshúðuð og skýrir það hversu lítið drip kemur fram. Sá munur sem kemur fram milli hópa 3 og 4 annars vegar og hóps 1 hins vegar kemur mjög á óvart þar sem að um tvöfalda íshúðun var að ræða í báðum tilfellum. Engin skýring hefur

fundist á þessum mun, en ástæða er til þess að kanna þetta nánar. Lítil eða enginn munur kemur fram milli hópa vegna drips við suðu og mælist það á bilinu 6-11%.

3.2.6. Skynmat.

Skynmat á laxaflökum (myndir 17-20) var svipað fyrir alla hópana. Geðjun fellur frá u.þ.b. 7.5 í u.þ.b. 6.5, þrái eykst lítið eða ekkert og áferðarbreytingar eru engar. Það er athyglisvert að flökin sýna ekki frekar merki um þránun en heilfrystur lax, og ekki virðist muna miklu á geðjunarmati. Samkvæmt Hansen et al.³² þá kemur fram þráabragð í flökum eftir u.þ.b. 2 mánuði við -30°C, en hægar ef notaðar voru loftdregnar umbúðir. Í þeirra tilraun voru flökin ekki íshúðuð, og gæti það skýrt hversu fljótt þránun kemur fram.

4. Lokaorð.

Af niðurstöðum þessara tilrauna má sjá að ef vel er að vinnslu staðið er hægt að geyma lax í frysti í allt að 12 mánuði án þess að hann teljist óhæfur til neyslu. Það geta þó varla talist fullnægjandi kröfur og því verður að gera ráð fyrir eitthvað styttri tíma. Almennt má segja að mjög lítil munur á geymsluþoli hafi komið fram milli hópa. Geymsla við -38°C eða t.d. pökkun í plast virðast ekki lengja geymsluþol.

Sá þáttur sem tekur einna mestum breytingum er litur. Hafbeitarlax er talsvert ljósari en strand- og kvíaeldislax, auk þess sem munur milli einstaklinga er þar meiri. Niðurstöður benda einnig til þess að litarbreytingar séu hraðari hjá hafbeitarlaxi miðað við hina hópana. Geymsluaðferðir hafa lítið að segja, en þó er greinilegt að hitastigssveiflur valda hraðari niðurbroti litarefna.

Litarbreytingar eru ekki hraðari í laxaflökum en í heilfrystum laxi, og lítil munur kemur fram á milli hópa. Þó virðist sem pökkun í loftdregnar umbúðir dragi heldur úr hraða breytinganna í seinni hluta tilraunarinnar.

Þó að litarmæling með korti hafi reynst ágætlega í þessari tilraun byggir sú aðferð á því að notað sé staðlað ljós og helst þurfa umhverfisáhrif s.s. aðrir ljósgjafar að vera útilokuð. Mögulegt er að notkun litarmælis geti gefið

betri upplýsingar, og jafnvel að nota báðar aðferðir í einu, en nauðsynlegt er að staðla mælingar með litmæli t.d. hvað varðar mælingafjölda á sama stykki, sýnatöku þ.e. skurð o.fl.^{33 34}

Mælingar á peroxíð- og TBA-gildi, sem gefa til kynna þránun af völdum sürefnis, sýna lítinn mun á milli hópa, bæði hvað varðar tegundir eldislax og geymsluaðferðir. Þetta kemur að vissu leyti á óvart því áður en þetta verkefni hófst voru mæld sýni af frystum laxi á Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, og mældist peroxíðgildi í þeim yfir 50 meq/kg. Það bendir því til þess að sá lax hafi fengið verulega slæma meðhöndlun miðað við geymsluaðferðir í þessu verkefni. Einn hópur, þ.e. sá hópur sem geymdur var við breytilegt hitastig, sker sig þó úr með talsvert hærri TBA- og peroxíðgildi. Íblöndun aukaefna í ishúðunarvatn hafði ekkert að segja, og þökkun í loftdregnar umbúðir ekki heldur. Samkvæmt Hardy et al.³⁵ kom í ljós að þökkun á þorski og ýsu í loftdregnar umbúðir stöðvaði ekki myndun peroxíða og drógu þeir þá ályktun að sürefnisleifar í pakkningunum væru nægjanlegar til þess að valda þránun.

Vitað er að hluti af þránunarferli matvæla er myndun óbundinna fitusýra.³⁶ Töluverður munur virðist vera á magni óbundinna fitusýra milli annars vegar hafbeitar- og hins vegar strand- og kvíaeldislax. Eins og áður sagði er mögulegt að þessi munur stafi af mismunandi samsetningu fitunnar, en þeim spurningum verður ekki svarað nema með fituflokkagreiningu og fitumælingu einstaklinga. Munur milli geymsluaðferða er ekki afgerandi, en eins og áður sker sá hópur sem geymdur er við breytilegt hitastig sig úr. Svipaða sögu má segja um flakahópa, en það skal itrekað að mismunur milli einstaklinga var mjög mikill, sem leiðir til þess að tölfræðileg marktækni mismunar milli hópa minnkar.

Skynmat sýndi að gæði lax í frysti minnka jafnt og þétt, og eftir u.þ.b. 400 daga fá allir hópar einkunn milli 5 og 7. Með því að skoða myndir 7b og 17, og miða við lágmarkseinkunn 7 (gott), mætti áætla geymsluþol á heilfrystum laxi, miðað við bestu meðhöndlun, í u.þ.b. 7-8 mánuði og geymsluþol laxaflaka í 3-4 mánuði. Eini hópurinn sem sýndi merki um greinilega þránun var hópur, sem geymdur var við breytilegt hitastig. Það vekur athygli hversu lítill munur kemur fram í áferðar- og geðjunarmati milli eldisforma.

Um mæliaðferðir þær sem notaðar voru í verkefninu má segja að einna vænlegasta leiðin til þess að meta hvort um þránun sé að ræða sé TBA-gildi. Líklegt er að óbundnar fitusýrur geti nýst til þess að meta meðferð á frystum

laxi, en mælingar á peroxíðgildi og óbundnum fitusýrum eru mjög tímafrekar þar sem einangra þarf fituna úr sýninu. Peroxíðgildi virðist gefa mjög takmarkaðar upplýsingar. Skynmat með vel þjálfuðum hópi getur reynst mjög öflugt í gæðamati, enda má segja að skynmat sé sú aðferð sem endanlega segir til um gæði vöru til manneðis. Mælingar á dripi við þiðingu og suðu gáfu mjög takmarkaðar upplýsingar, en örugglega mætti þar þróa nákvæmari aðferðafræði. Um litarmælingar hefur þegar verið fjallað. Almennt má segja að lítill munur hafi fengist milli hópa með öllum þessum mælingum. Einn hópur (hitastigssveiflur) fær þó í flestum tilfellum afgerandi verstar niðurstöður.

Tölfræðileg úrvinnsla er mjög vandasöm og flókin úr gögnum sem þessum. Sú leið sem valin var sýnir hvort um marktækan mun er að ræða milli einstakra hópa á ákveðnum tímapunkti. Á mörgum myndanna má sjá niðurstöður þar sem meðaltal hóps er í flestum eða öllum tilfellum frábrugðið meðaltali hinna hópanna, jafnvel þó að sá munur mælist ekki marktækur. Líklegt þykir að nota megi aðrar aðferðir við úrvinnslu gagnanna, sem frekar geti sýnt fram á mismun milli hópa, ef hann er til staðar.

Þrátt fyrir að ekki hafi verið sýnt fram á mikinn mismun hópa, og ekki sé hægt að benda á eina geymsluaðferð sem örugglega sé best, eiga þau gögn sem hér hefur verið lýst eftir að koma að notum t.d. til viðmiðunar fyrir frekari rannsóknir og mælingar.

Eftir rannsóknir sem þessar koma oft fram fleiri spurningar en svarað er í sjálfu verkefninu. Þætti sem ætti að skoða nánar með hliðsjón af þeim niðurstöðum sem hér hafa verið kynntar eru m.a.:

- a. Kanna betur möguleika á þökkun í loftdregnar umbúðir, þar sem tryggt er að allt súrefni sé fjarlæggt og að þakkingin sé fullkomlega súrefnisheld. Mögulegt er einnig að nota loftskiptar umbúðir.
- b. Notkun annara þráavarnarefna er möguleg, og eins þyrfti að kanna mismunandi leiðir til íblöndunar þeirra. Til dæmis er mögulegt að dýfa flökum í þráaverjandi efni fyrir frystingu. Í tilraun þar sem makrílflökum var dýft í lausn af askorbinsýru fyrir frystingu virtist sem askorbinsýran hægði á niðurbroti fjölómattaðra fitusýra³⁷. Mögulegt er að nota hliðstæða aðferð við lax og jafnvel með þökkun í loftdregnar umbúðir.
- c. Rannsóknir og stöðlun á litarmælingum.

- d. Nákvæmari rannsóknir á fitusamsetningu, m.a. í tengslum við mismun á einstaklingum og myndun óbundinna fitusýra.
- e. Áhrif efna s.s. E-vítamíns í fóðri á geymsluþol. Talsverðar rannsóknir hafa farið fram á þessu sviði³⁸⁻⁴⁰ og sýnt hefur verið fram á að E-vítamín lengir geymsluþol laxfiska.

5. Þakkarorð.

Við þökkum samstarfsaðilum fyrir gott samstarf og framlag þeirra í verkefnið.

6. Heimildir:

1. Snorri Þórisson og Margrét Bragadóttir (1990). Geymsluþol á frystum laxi. Áfangaskýrsla. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.
2. Guðjón B. Ólafsson (1985). Fresh vs frozen. Infofish marketing digest, 2, 25-26.
3. R.E. Arnold (1990). Laks- og produktutvikling for "konsern"-markedet. Havbruk, 1, 9-12.
4. J.J. Connell (1990). Control of Fish Quality, kafli 4.2, 3. útgáfa. Fishing News Books Ltd., London.
5. K.L. Simpson (1982). Carotenoid pigments in seafood. Í: Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products, ritstýrt af R.E. Martin o.fl. AVI Publishing Comp., Westport, Connecticut.
6. R. Hardy (1980). Fish lipids. Part 2. Í: Advances in Fish Science and Technology, ritstýrt af J.J. Connell o.fl. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England.
7. J.J. Connell (1964). Fish muscle proteins and some effects on them of processing. Í: Symposium on Foods: Proteins and Their Reactions, ritstýrt af H.W. Schultz og A.F. Anglemier. Avi Publishing Comp., Westport, Connecticut.
8. J.W. Slavin (1968). Frozen fish: Characteristics and factors affecting quality during freezing and storage. Í: The Freezing Preservation of Foods, vol. 2, 4. útgáfa, ritstýrt af D.T. Tressler o.fl. Avi Publishing Comp., Westport, Connecticut.
9. R.W. Hardy og I.B. King (1989). Variation in n-3 fatty acid content of fresh and frozen salmon. Omega 3 News, 4, 1-4.

10. Ásbjörn Jónsson (1991). Mælingar á fitusýrusamsetningu í íslenskum hafbeitarlaxi. Háskóli Íslands, sérverkefni í Matvælafræði, leiðbeinendur Kristberg Kristbergsson og Heiða Pálmadóttir.
11. E.G. Bligh og W.J. Dyer (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
12. W.W. Christie (1982). *Lipid Analysis*, 2. útgáfa, bls. 22. Pergamon Press, Oxford.
13. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4. útg. 1990. Aðferð Cd 8-53.
14. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4. útg. 1990. Aðferð Ca 5a-40.
15. B.G. Tarladgis, B.M. Watts, M.T. Younathan og L. Dugan Jr. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37, 44-48.
16. H. Egan, R.S. Kirk og R. Sawyer (1981). *Pearson's Chemical Analysis of Foods*, 8. útgáfa, bls. 537. Churchill Livingstone, Edinburgh.
17. W. Vyncke (1975). Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Fette, Seifen Anstr.*, 77, 239-240.
18. L. Wilkinson (1990). *SYSTAT: The system for statistics*. Evanston, IL: SYSTAT, Inc.
19. H.K. No og T. Storebakken (1991). Color stability of rainbow trout fillets during frozen storage. *J. Food Sci.*, 56, 969-984.
20. P. Harris, K.J. Davis og K. Povey (1990). Colour measurement of frozen stored salmon. Í: *Chilling and freezing of new fish products - Proceedings*

- of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 301-304. International Institute of Refrigeration, Paris.
21. G. Skrede og T. Storebakken (1986). Characteristics of color in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic salmon. *J. Food Sci.*, 51, 804-808.
 22. G. Johnsen (1990). Colour measurements in farmed salmon and trout. I: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 235-241. International Institute of Refrigeration, Paris.
 23. R. Pozo, J. Lavety og R.M. Love (1988). The role of dietary alfa-tocopherol (vitamin E) in stabilising the cantaxanthin and lipids of rainbow trout muscle. *Aquaculture*, 73, 165-175.
 24. R.J. Braddock og L.R. Dugan Jr. (1972). Phospholipid changes in muscle from frozen stored Lake Michigan Coho salmon. *J. Food Sci.*, 37, 426-429.
 25. S.M. Polvi, R.G. Ackman, S.P. Lall og R.L. Saunders (1991). Stability of lipids and omega-3 fatty acids during frozen storage of Atlantic salmon. *J. Food Proc. Preserv.*, 15, 167-181.
 26. A.J. de Koning, S. Milkovitch og T.H. Mol (1987). The origin of free fatty acids formed in frozen Cape hake mince (*Merluccius capensis*, Castelnau) during cold storage at -18°C. *J. Sci. Food Agric.*, 39, 79- 84.
 27. R. Hardy, A.S. McGill og F.D. Gunstone (1979). Lipid and autoxidative changes in cold stored cod (*Gadus morhua*). *J. Sci. Food Agric.*, 30, 999-1006.
 28. S.L. Melton (1983). Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technol.*, 105-111.

29. H.M. Chen, S.P. Meyers, R.W. Hardy og S.L. Biede (1984). Color stability of astaxanthin pigmented rainbow trout under various packaging conditions. *J. Food Sci.*, 49, 1337-1340.
30. N.N. Potter (1978). *Food Science*, kafli 9, 3. útg. Avi Publishing Comp. Inc., Westport, Connecticut.
31. L. Knudsen, J. Nielsen og T. Børresen (1990). The effect of lipid-oxidation and -hydrolysis on functional properties in frozen cod mince. Í: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 323-331. International Institute of Refrigeration, Paris.
32. G.T. Hansen, T.E. Nyvold, T. Solberg og R. Ofstad (1990). Frozen storage of various semi-processed products of Atlantic salmon. Í: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 211-217. International Institute of Refrigeration, Paris.
33. G. Skrede, E. Risvik, M. Huber, G. Enersen og L. Blumlein (1990). Developing a color card for raw flesh of astaxanthin-fed salmon. *J. Food Sci.*, 55, 361-363.
34. J.N. Bird og G.P. Savage (1990). The use of CIE (1976) $L^*a^*b^*$ colorimetric values for the determination of fillet colour of eviscerated farmed chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Í: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 219-229. International Institute of Refrigeration, Paris.
35. R. Hardy og A.S. McGill (1990). The influence of cold-storage dehydration on the oxidation of white fish. Í: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 289-295. International Institute of Refrigeration, Paris.

36. R.J. Hamilton (1989). The chemistry of rancidity in foods. Í: Rancidity in Foods, 2. útg., Elsevier Applied Science, London.
37. T. Skaara og J.M. Regenstein (1990). Frozen storage changes in mackerel.. Í: Chilling and freezing of new fish products - Proceedings of the meeting of Commission C2, Sept. 18-20, bls. 311-316. International Institute of Refrigeration, Paris.
38. T.M. O'Keefe og R.L. Noble (1978). Storage stability of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in relation to dietary level of alfa-tocopherol. J: Fish. Res. Board Can., 35, 457-460.
39. S.M. Boggio, R.W. Hardy, J.K. Babbitt og E.L. Brannon (1985). The influence of dietary lipid source and alpha-tocopheryl acetate level on product quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 51, 13-24.
40. M. Frigg, A.L. Prabucki og E.U. Ruhdel (1990). Effect of dietary vitamin E levels on oxidative stability of trout fillets. Aquaculture, 84, 145-158.



L A X

GEDJUNARPRÓF: Bragð

- 9 Afskaplega gott
- 8 Mjög gott
- 7 Gott
- 6 Sæmilega gott
- 5 Hvorki gott né vont
- 4 Héldur vont
- 3 Vont
- 2 Mjög vont
- 1 Hræðilega vont

Sýni nr.				
Bragð				

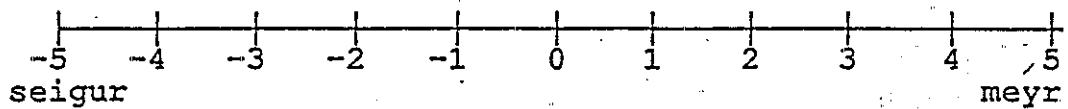
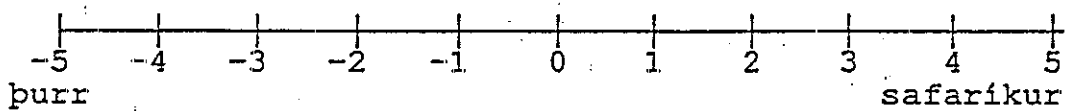
ÞRÁI, bragð og lykt

- 0 Enginn
- 1/2 Á mörkum
- 1 Vottur
- 2 Lítil
- 3 Töluverður
- 4 Mikill

Sýni nr.				
Þrái				

ÁFERÐ, þurr/safaríkur og seigur/meyr

merkið númer sýnanna á línuna



Nafn: _____ Dags: _____



VIÐAUKI II

Tafla 1. Íshúðunarmælingar á laxi

	Þyngd (kg)	Þyngd m. Íshúð 1 (kg)	Íshúð 1 (kg)	Íshúð 1 (%)	Þyngd m. Íshúð 2 (kg)	Íshúð 2 (kg)	Íshúð 2 (%)	Heildaríshúð (%)
	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	(%)
	2.06	2.08	0.02	0.97	2.10	0.02	0.96	1.94
	2.44	2.46	0.02	0.82	2.50	0.04	1.63	2.46
	2.04	2.06	0.02	0.98	2.08	0.02	0.97	1.96
	1.96	2.00	0.04	2.04	2.02	0.02	1.00	3.06
	2.00	2.02	0.02	1.00	2.06	0.04	1.98	3.00
	2.18	2.22	0.04	1.83	2.24	0.02	0.90	2.75
	2.30	2.34	0.04	1.74	2.36	0.02	0.85	2.61
	2.26	2.28	0.02	0.88	2.30	0.02	0.88	1.77
	2.24	2.26	0.02	0.89	2.30	0.04	1.77	2.68
	2.10	2.14	0.04	1.90	2.16	0.02	0.93	2.86
	2.06	2.10	0.04	1.94	2.12	0.02	0.95	2.91
	2.16	2.18	0.02	0.93	2.20	0.02	0.92	1.85
	2.06	2.10	0.04	1.94	2.12	0.02	0.95	2.91
	2.82	2.86	0.04	1.42	2.90	0.04	1.40	2.84
	2.16	2.18	0.02	0.93	2.20	0.02	0.92	1.85
	2.44	2.46	0.02	0.82	2.48	0.02	0.81	1.64
	2.56	2.58	0.02	0.78	2.62	0.04	1.55	2.34
	2.28	2.30	0.02	0.88	2.34	0.04	1.74	2.63
	2.38	2.42	0.04	1.68	2.44	0.02	0.83	2.52
	2.30	2.34	0.04	1.74	2.36	0.02	0.85	2.61
Meðaltal	2.24	2.27	0.03	1.31	2.30	0.03	1.14	2.46
Staðal- frávik s	0.21	0.21	0.01	0.48	0.22	0.01	0.38	0.46

Tafla 2. Efnasamsetning lax

Sýni	Prótein (%)	Meðalt. (%)	Fita (%)	Meðalt. (%)	Vatn (%)	Meðalt. (%)
Hafbeit	22.1	22.2	8.6	6.3	68.1	70.2
	22.1		4.9		71.7	
	22.5		5.4		70.8	
Kvfaeldi	19.4	19.7	11.0	10.8	68.3	68.1
	20.4		10.2		68.0	
	19.4		11.3		67.9	
Strandeldi	19.4	19.5	13.8	12.6	65.5	66.6
	19.6		11.5		67.7	
	19.5		12.6		66.7	

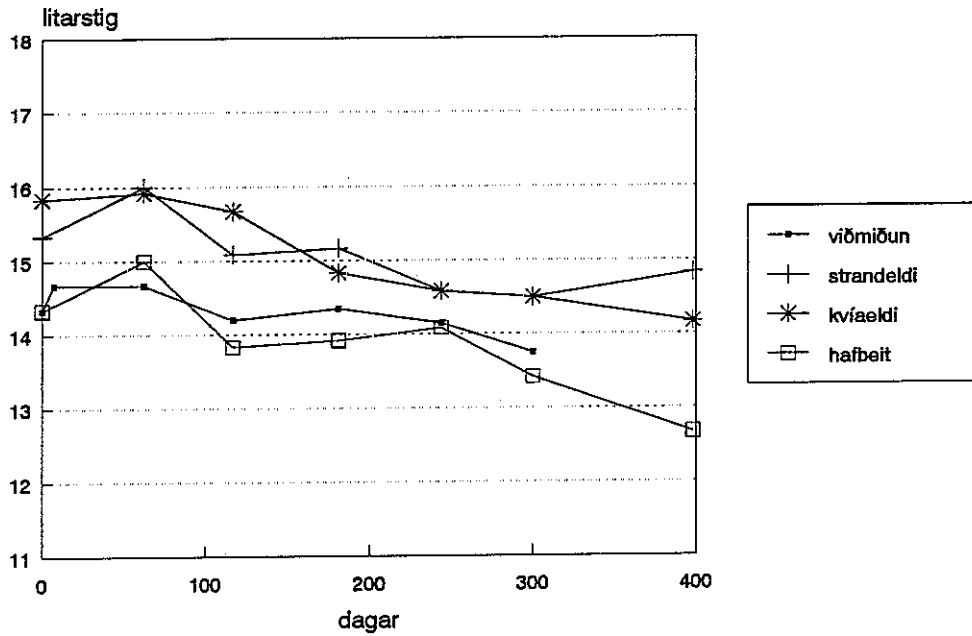
Tafla 3. Efnasamsetning lax eftir geymslu í frysti
(1-a er eftir 1 viku en aðrir hópar eftir 4. mán.)

Hópur	Prótein (%)	Meðalt. (%)	Fita (%)	Meðalt. (%)	Vatn (%)	Meðalt. (%)
1-a	21.0	21.2	7.0	7.1	70.8	70.5
	21.2		4.5		73.0	
	21.3		9.8		67.6	
1-b	20.5	21.5	11.8	7.2	67.0	70.4
	22.2		4.2		72.8	
	21.9		5.6		71.5	
2	22.2	22.0	9.7	7.5	67.4	69.7
	22.0		7.7		69.5	
	21.9		5.0		72.3	
3	21.4	21.8	9.6	9.5	68.1	67.9
	21.7		12.2		65.4	
	22.4		6.7		70.2	
4	22.4	21.3	5.1	7.7	71.5	70.0
	20.9		7.7		70.4	
	20.7		10.2		68.1	
5	22.2	22.5	6.3	5.2	70.5	71.3
	22.5		5.3		71.1	
	22.8		4.1		72.3	

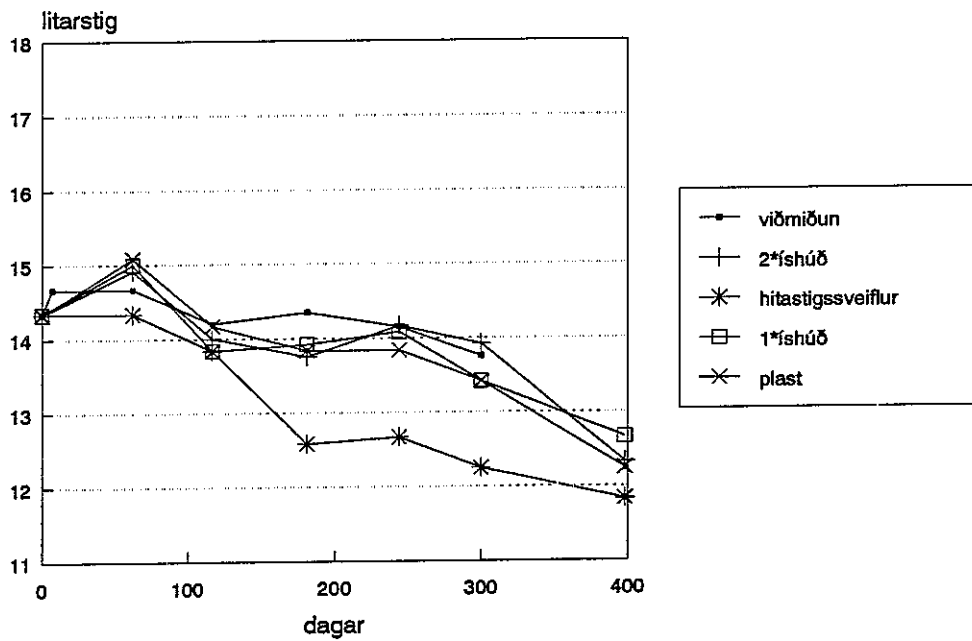
Tafla 4. Efnasamsetning laxaflaka

Sýni	Prótein (%)	Fita (%)	Vatn (%)
1	22.1	3.8	72.8
2	22.0	4.4	72.3

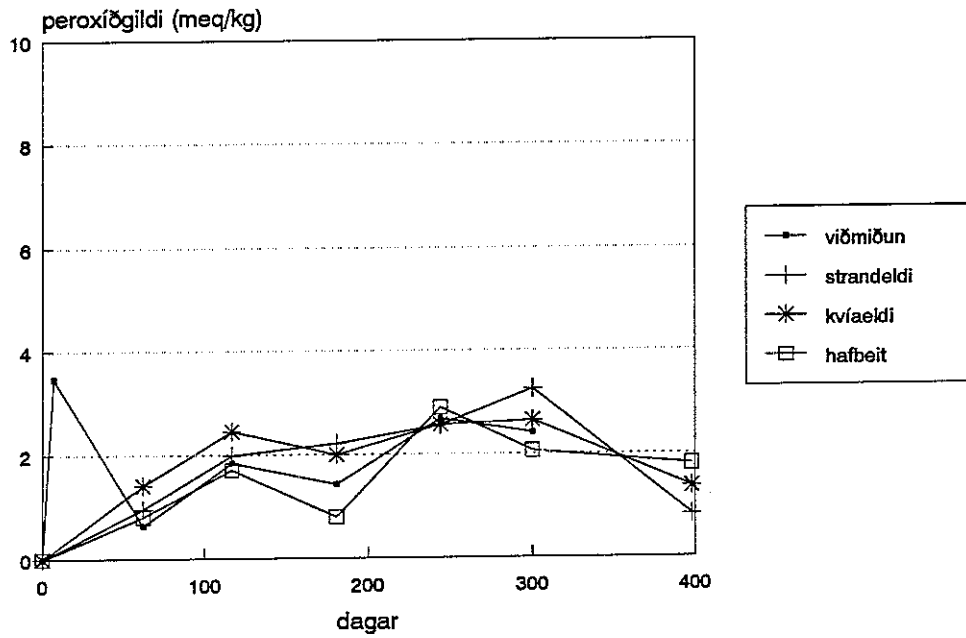
VIÐAUKI III



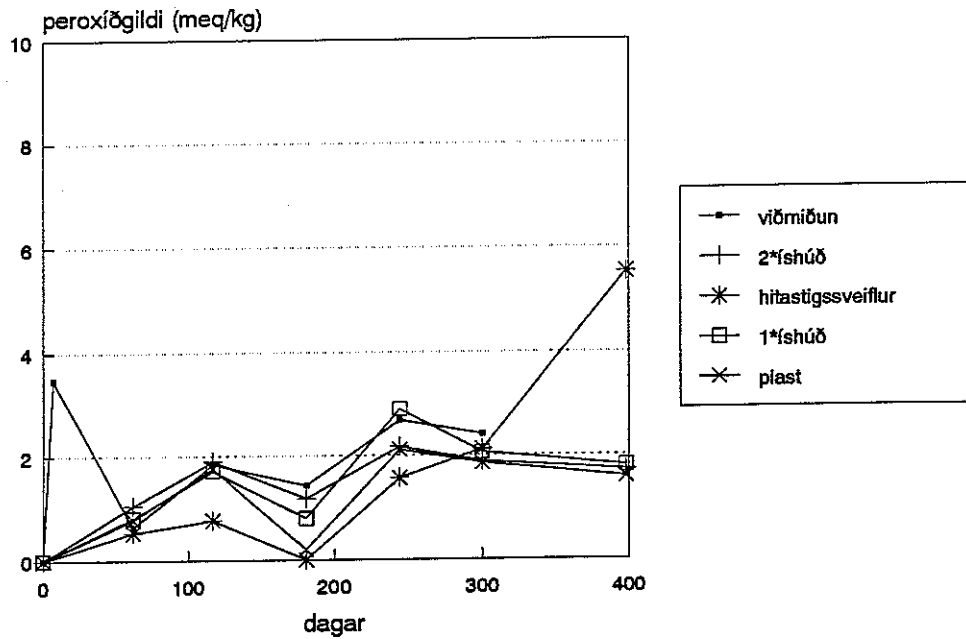
Mynd 1a. Litarmælingar á heilum laxi Eldisaðferðir



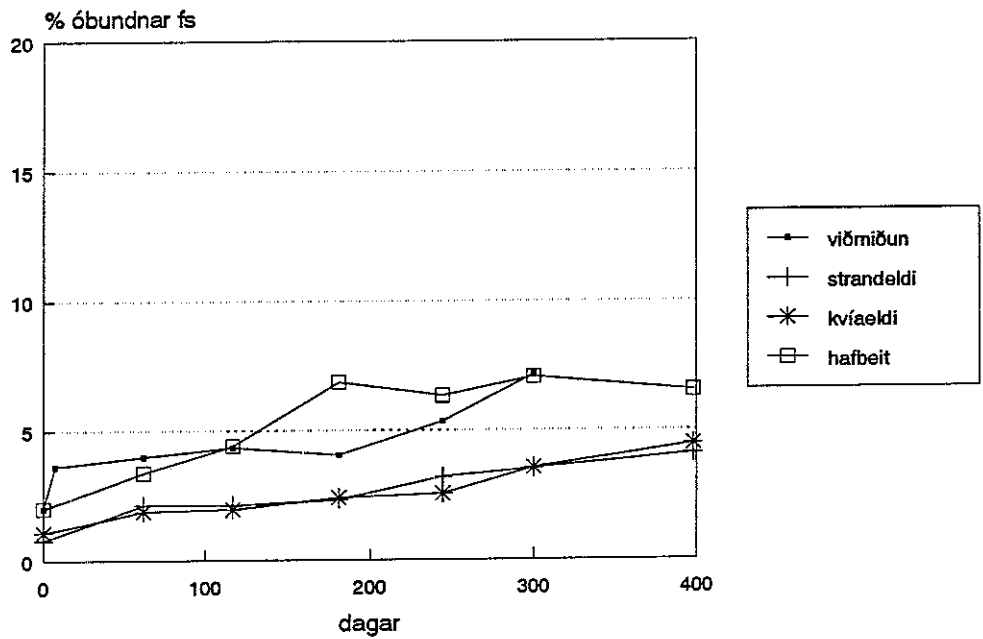
Mynd 1b. Litarmælingar á heilum laxi Geymsluaðferðir



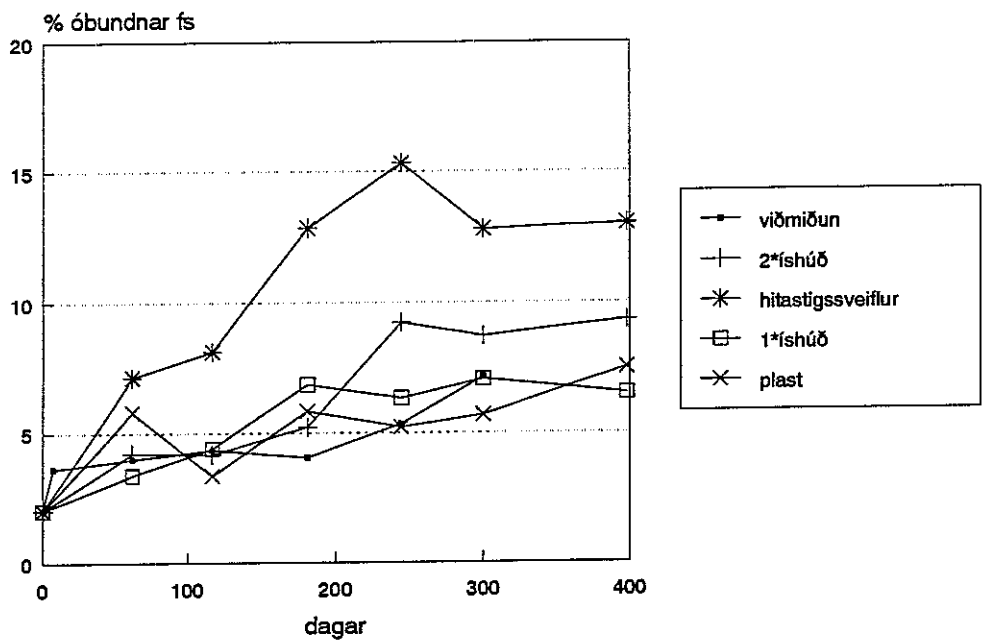
Mynd 2a. Peroxíðgildi í heilum laxi Eldisaðferðir



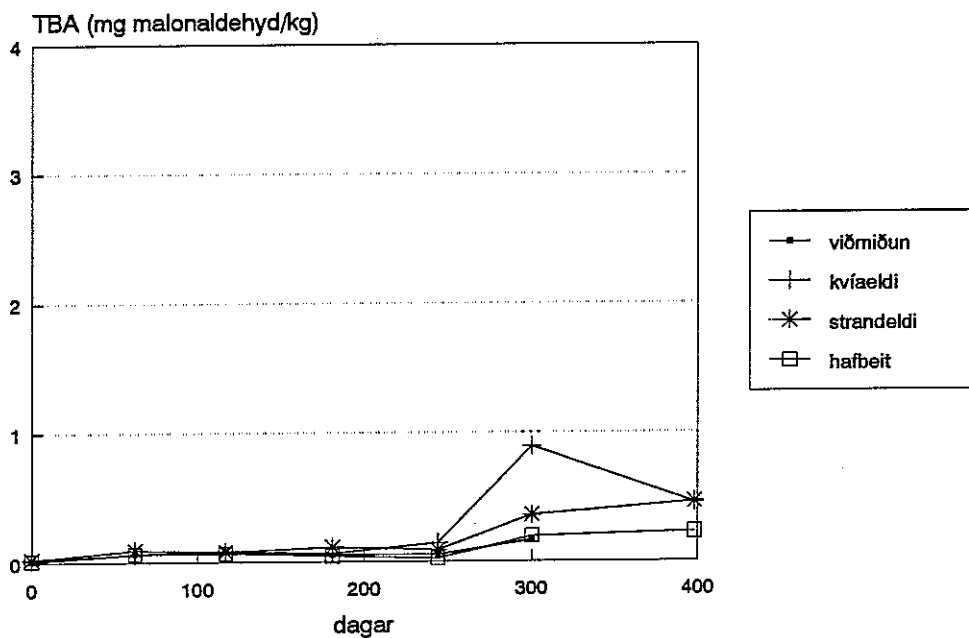
Mynd 2b. Peroxíðgildi í heilum laxi Geymsluaðferðir



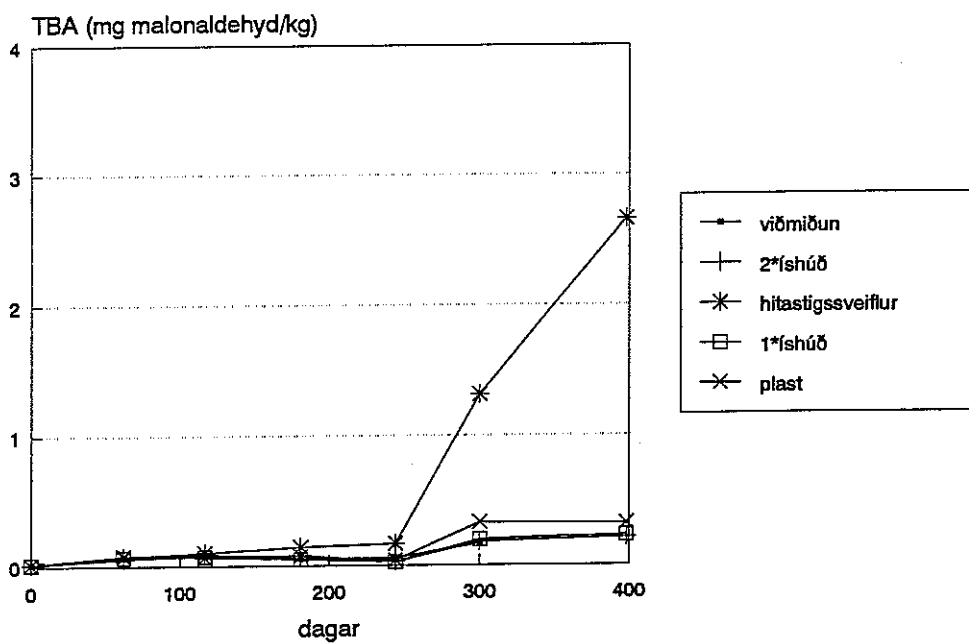
Mynd 3a. Óbundnar fitusýrur í heilum laxi. Eldisaðferðir



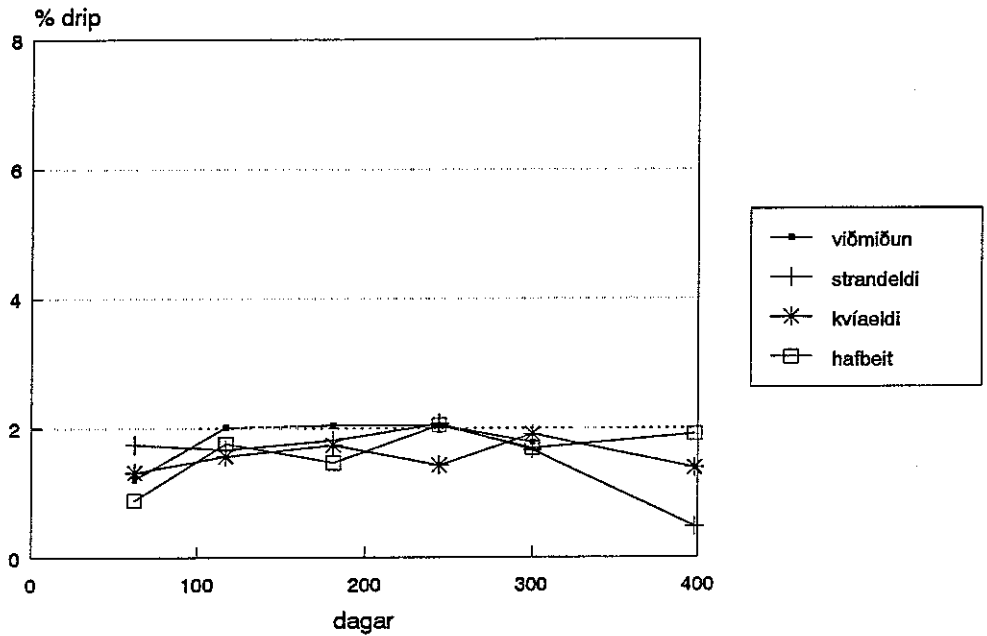
Mynd 3b. Óbundnar fitusýrur í heilum laxi. Geymsluaðferðir



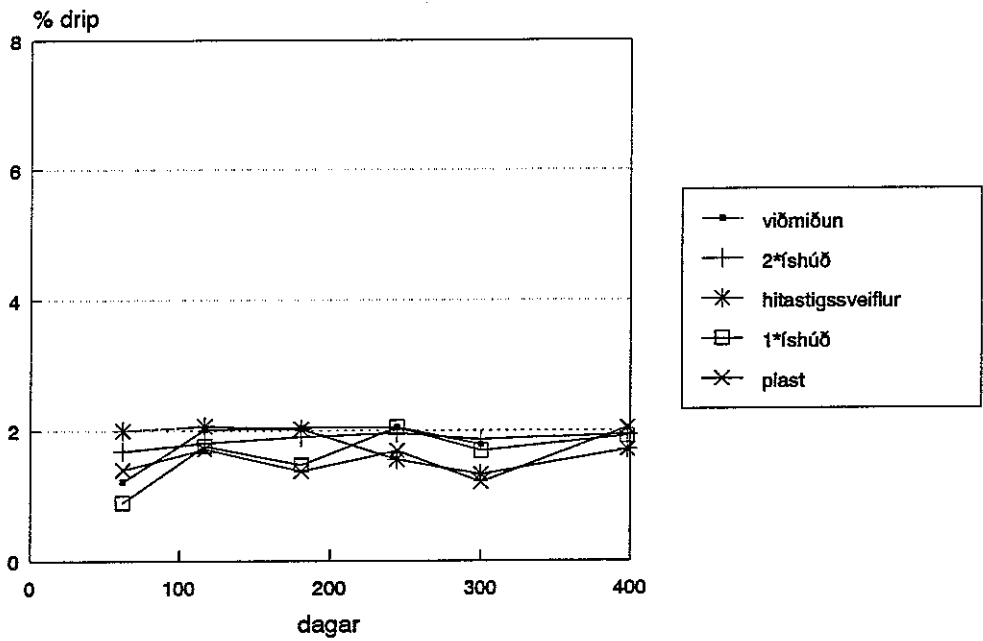
Mynd 4a. TBA-gildi í heilum laxi
Eldisaðferðir



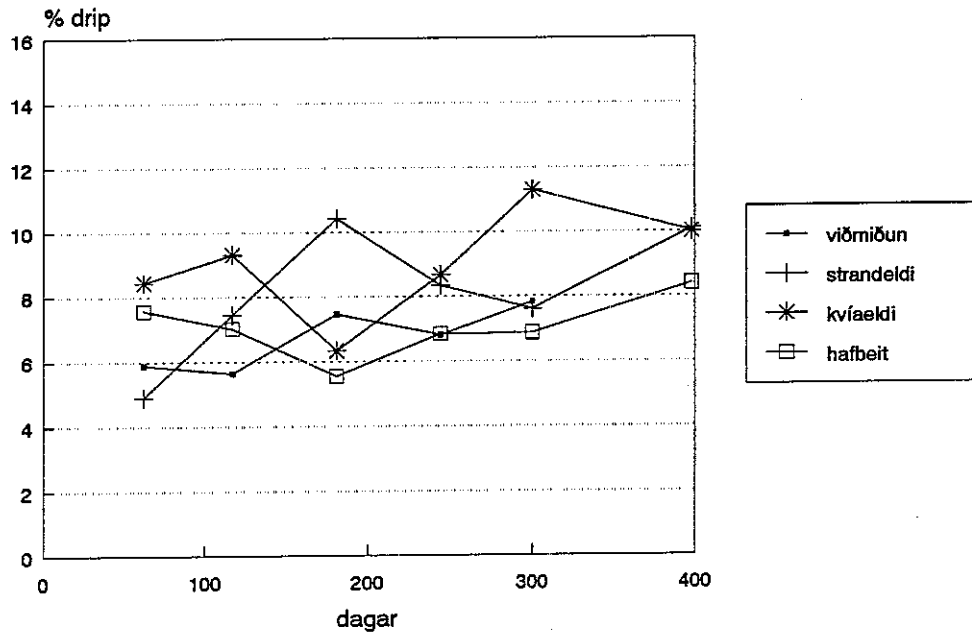
Mynd 4b. TBA-gildi í heilum laxi
Geymsluaðferðir



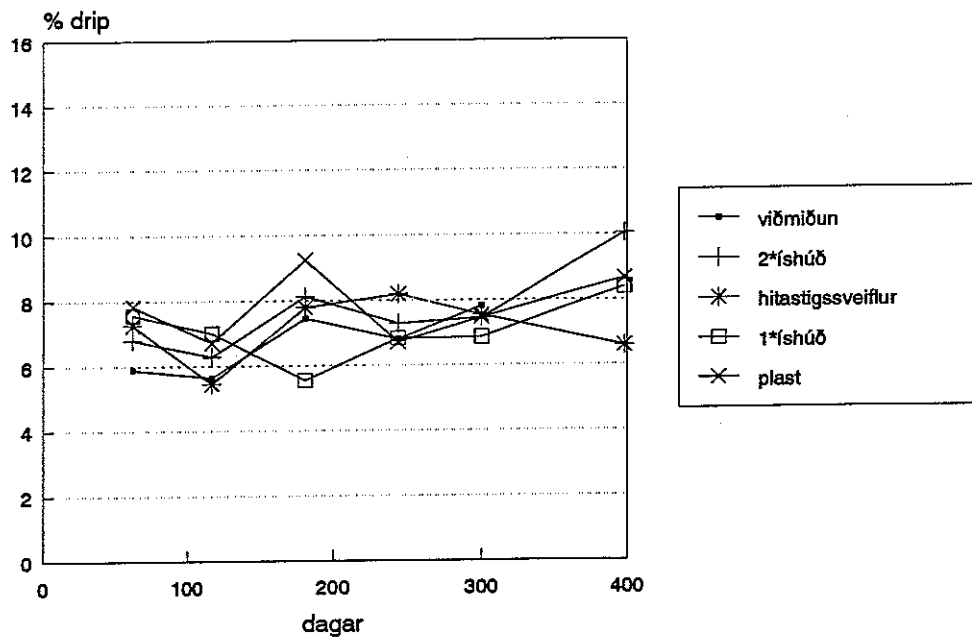
Mynd 5a. Drip við uppþíðingu á heilum laxi. Eldisaðferðir



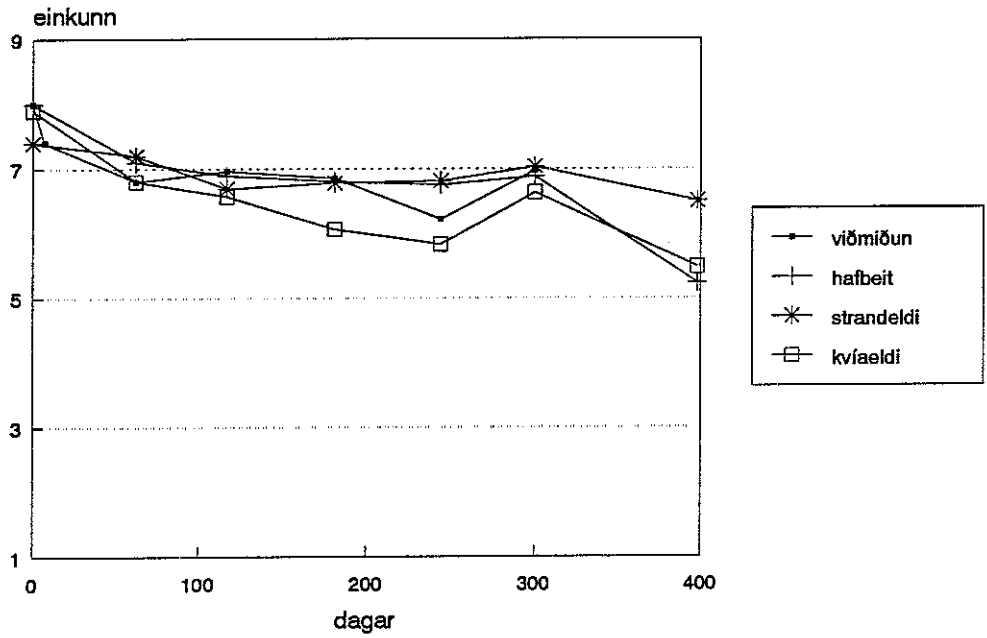
Mynd 5b. Drip við uppþíðingu á heilum laxi. Geymsluaðferðir



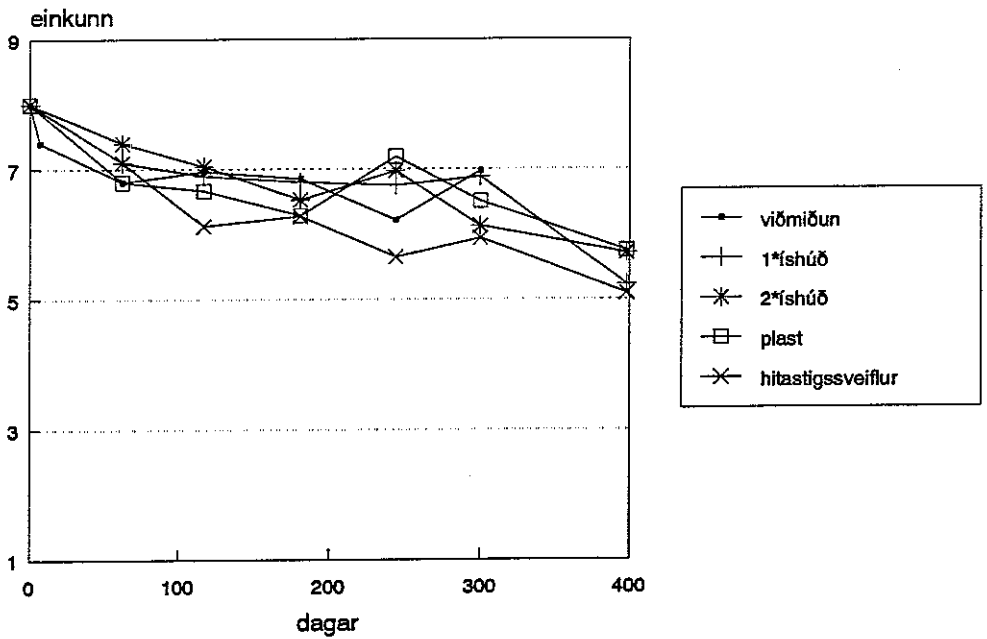
Mynd 6a. Drip við suðu á heilum laxi
Eldisaðferðir



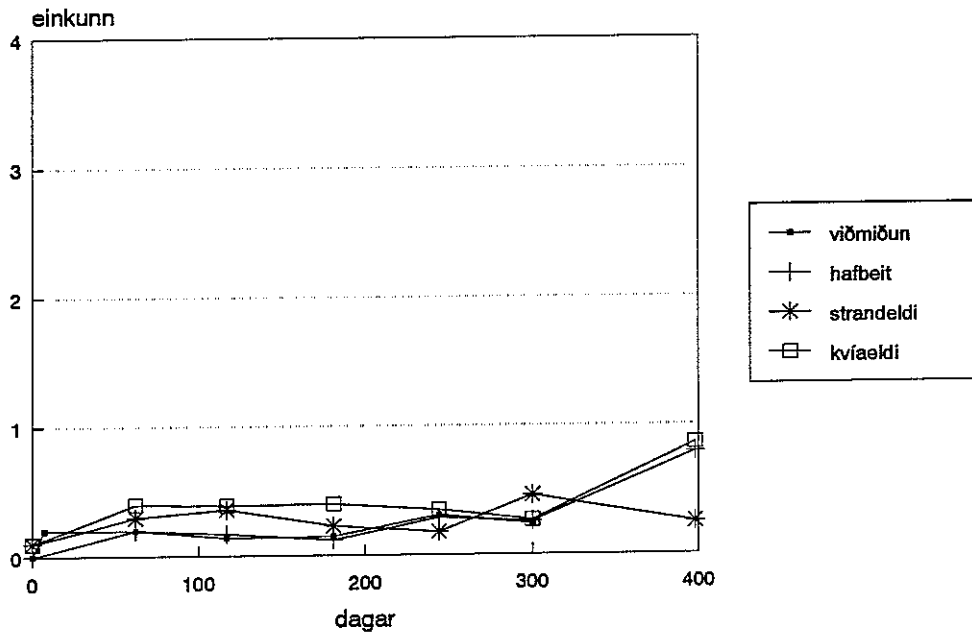
Mynd 6b. Drip við suðu á heilum laxi
Geymsluaðferðir



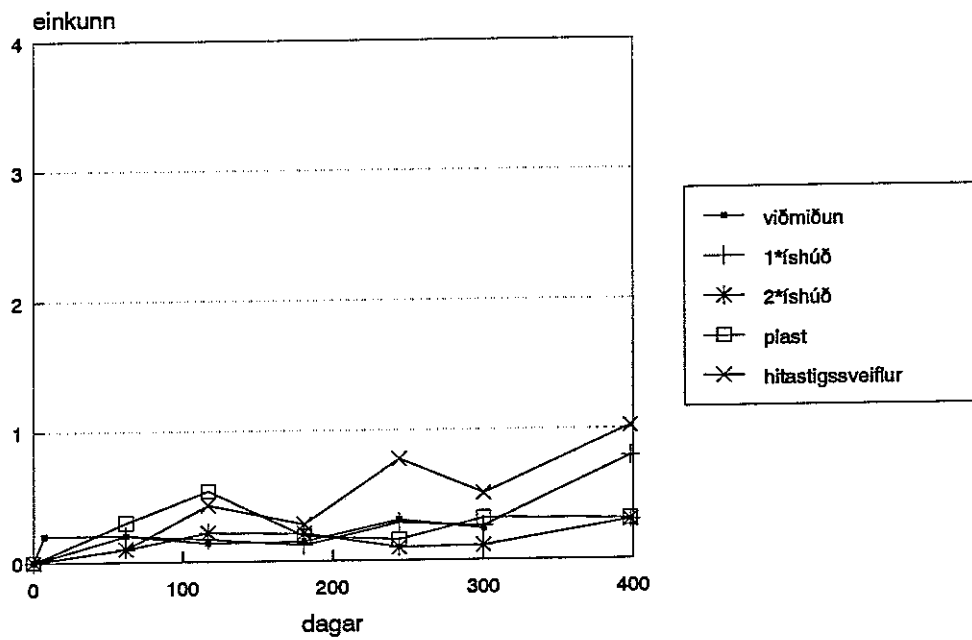
Mynd 7a. Skynmat á heilum laxi
Eiðisaðferðir - geðjun



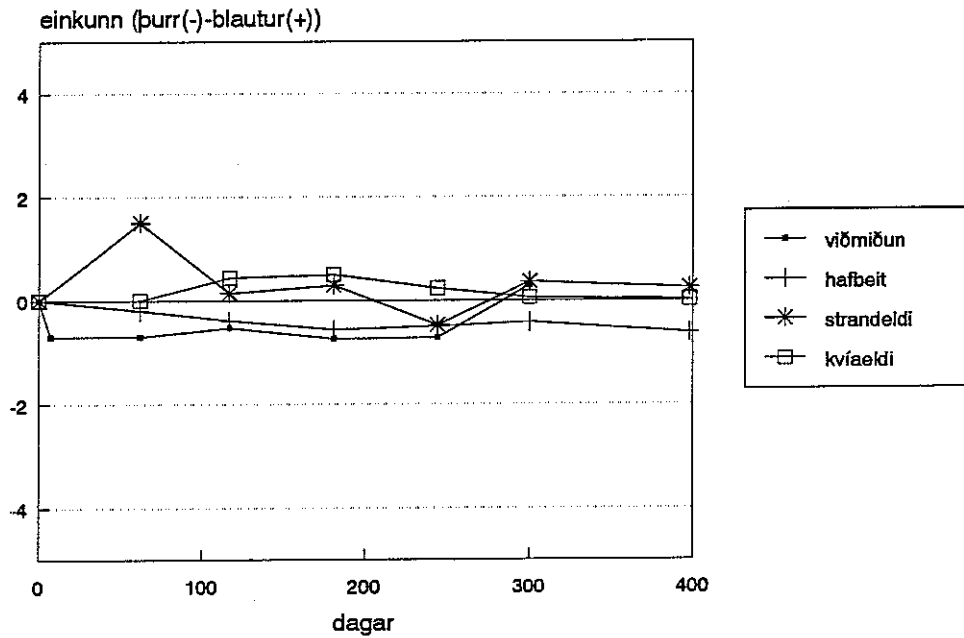
Mynd 7b. Skynmat á heilum laxi
Geymsluaðferðir - geðjun



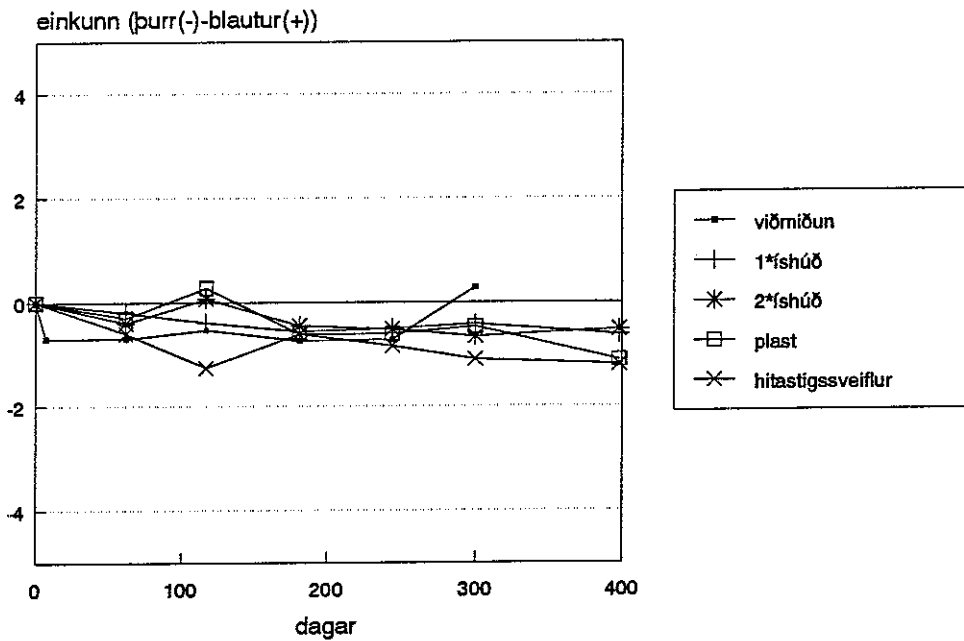
Mynd 8a. Skynmat á heilum laxi
Eldisaðferðir - þrái



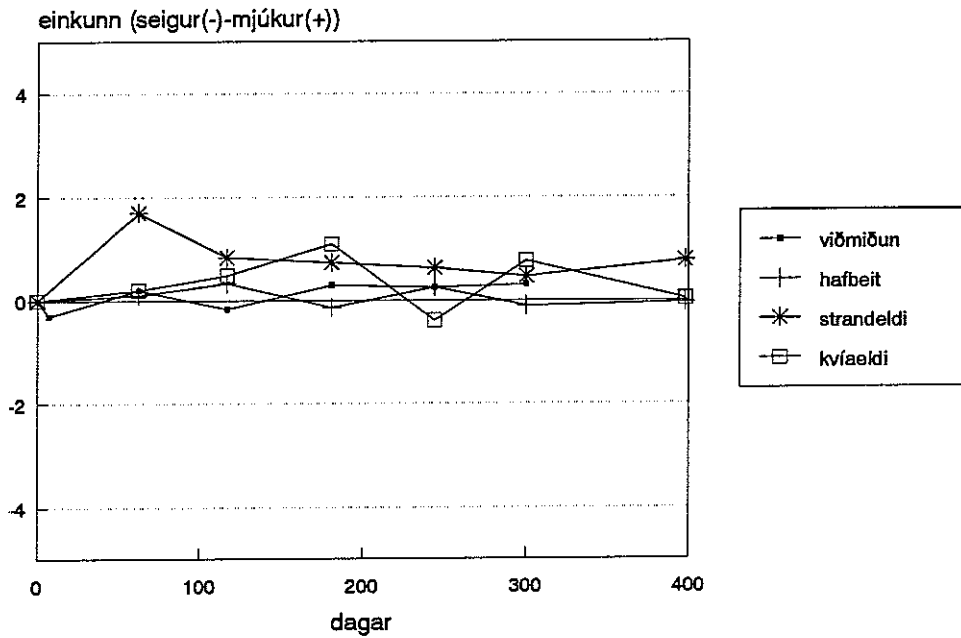
Mynd 8b. Skynmat á heilum laxi
Geymsluaðferðir - þrái



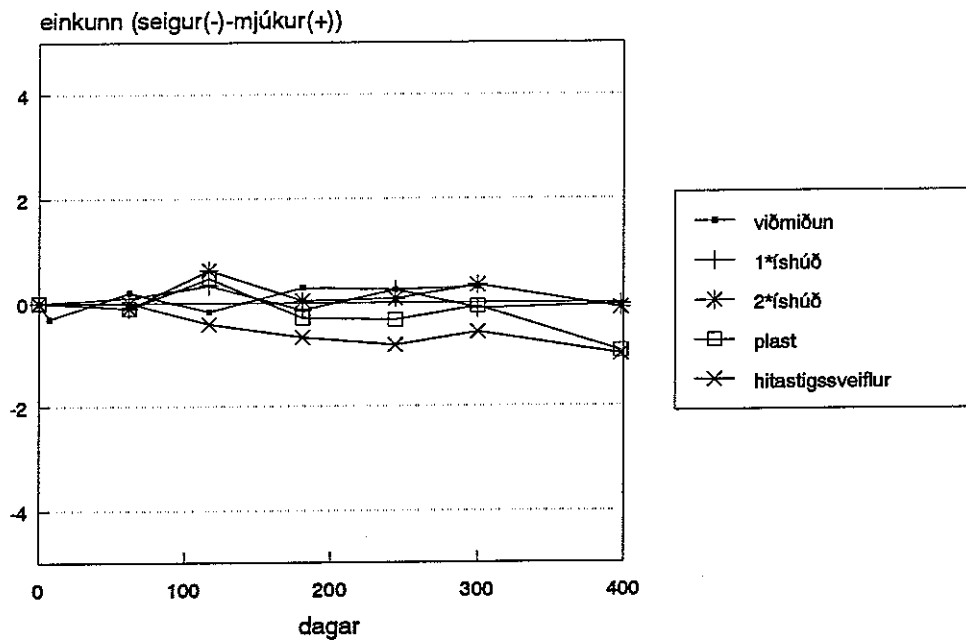
Mynd 9a. Skynmat á heilum laxi
Eldisaðferðir - áferð (purr-blautur)



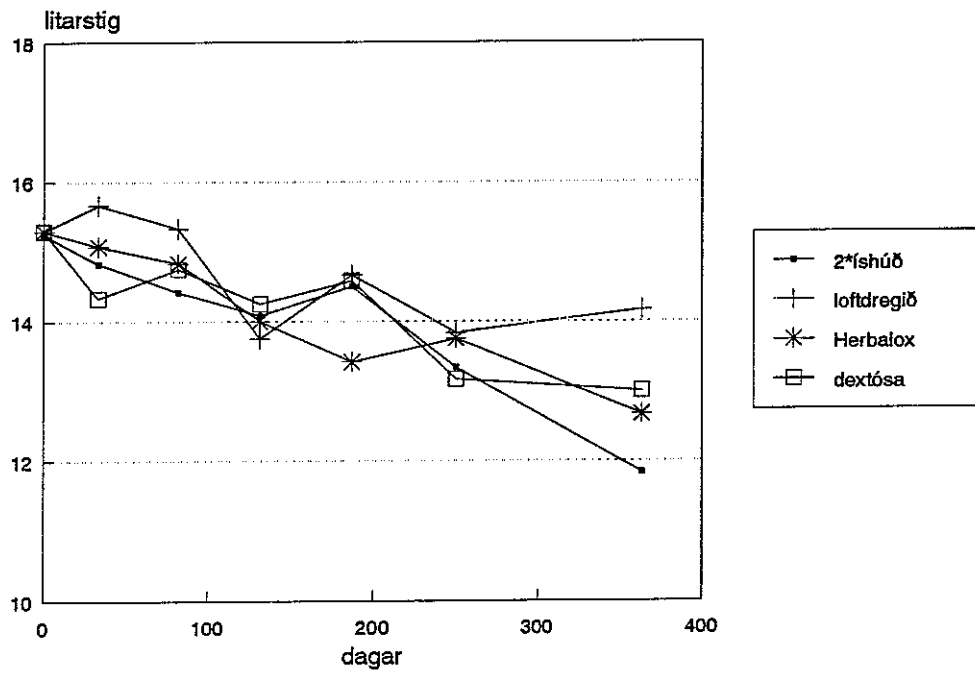
Mynd 9b. Skynmat á heilum laxi
Geymsluaðferðir - áferð (purr-blautur)



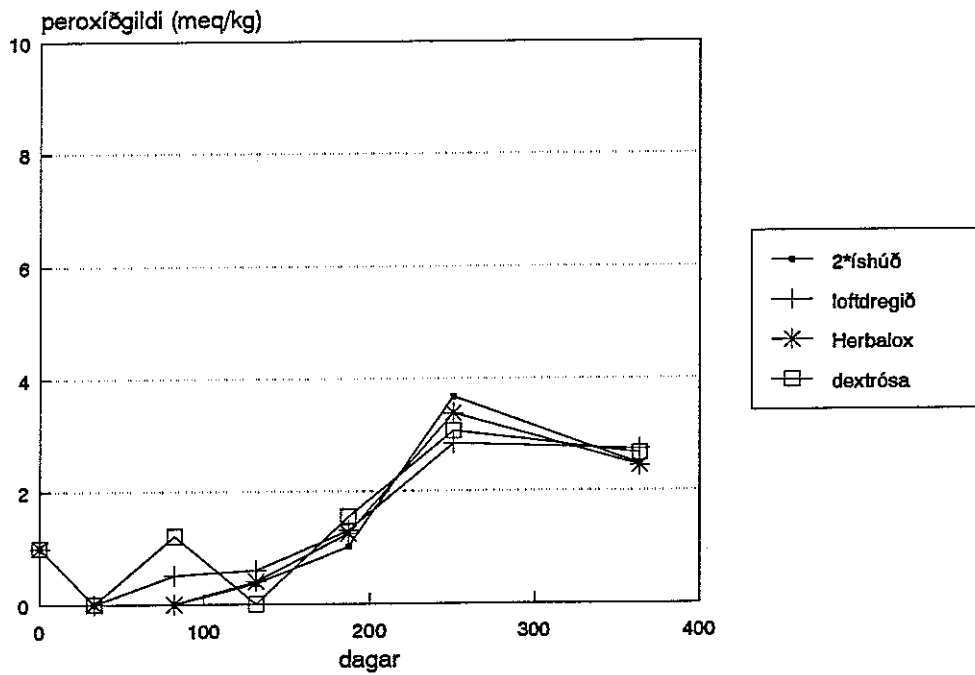
Mynd 10a. Skynmat á heilum laxi
Eldisaðferðir - áferð (seigur-mjúkur)



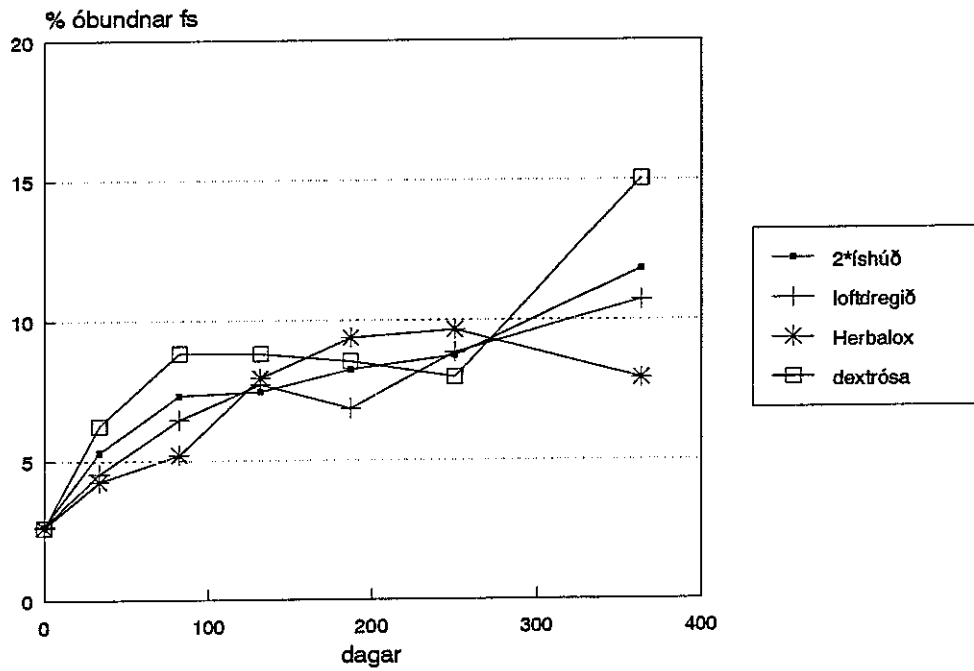
Mynd 10b. Skynmat á heilum laxi
Geymsluaðferðir - áferð (seigur-mjúkur)



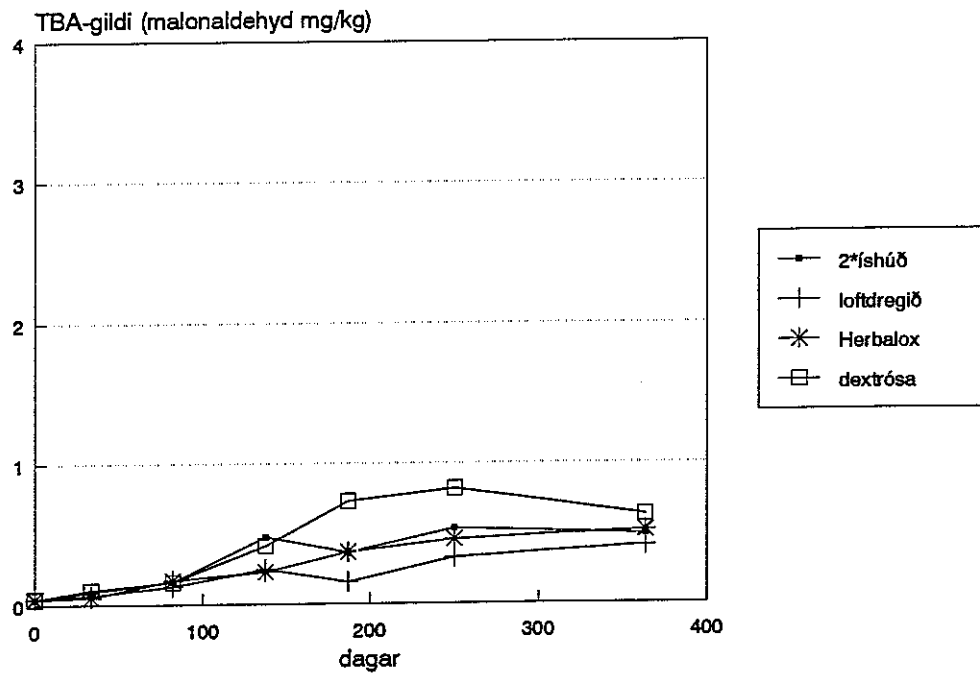
Mynd 11. Litarmælingar á laxaflökum



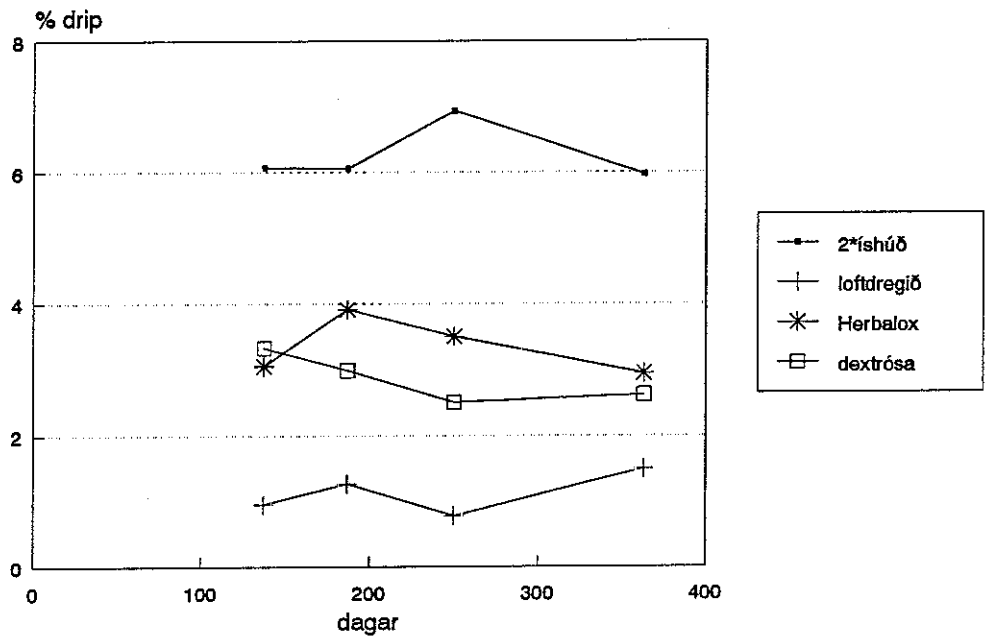
Mynd 12. Peroxíðgildi í laxaflökum



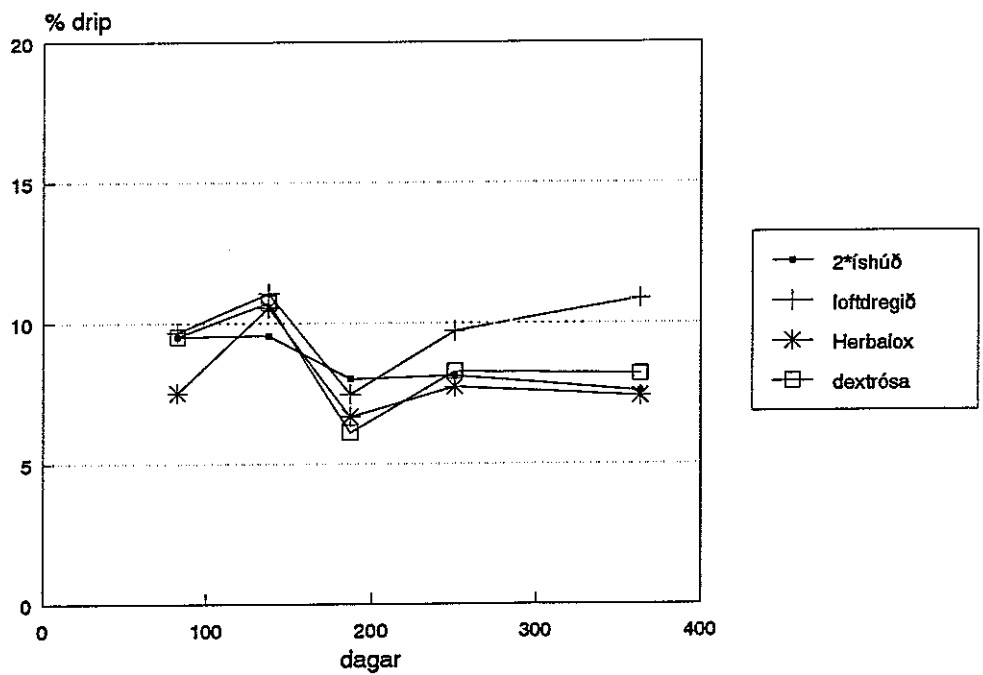
Mynd 13. Óbundnar fitusýrur í laxaflökum



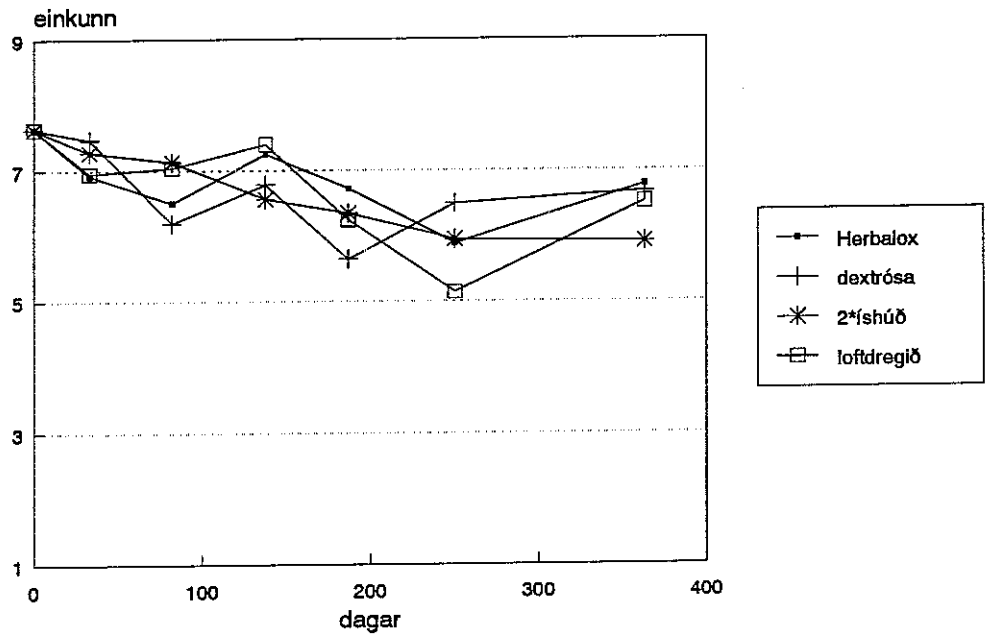
Mynd 14. TBA-gildi í laxaflökum



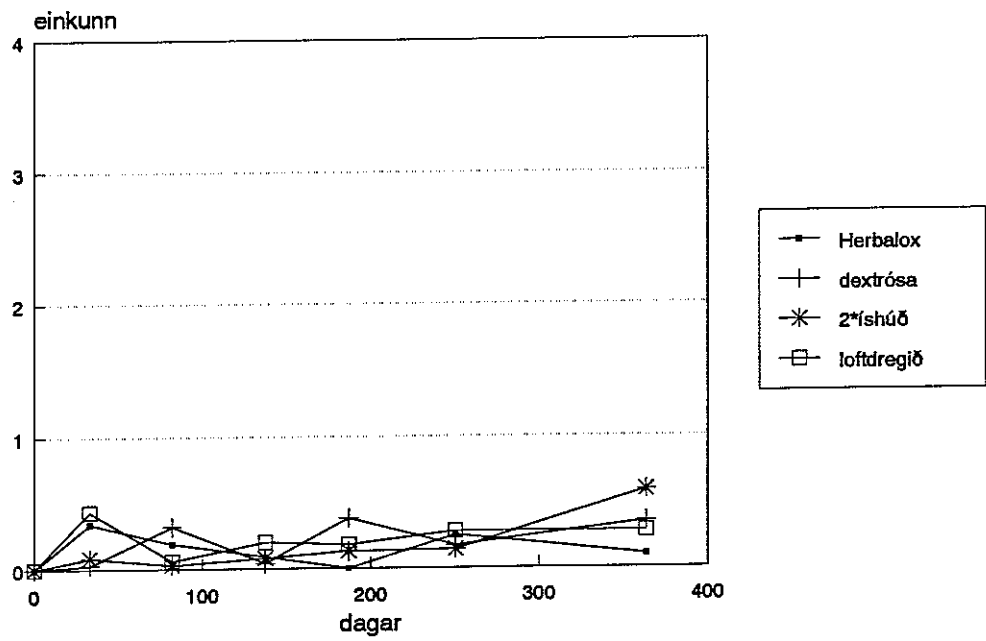
Mynd 15. Drip við uppiðingu á laxafloekum



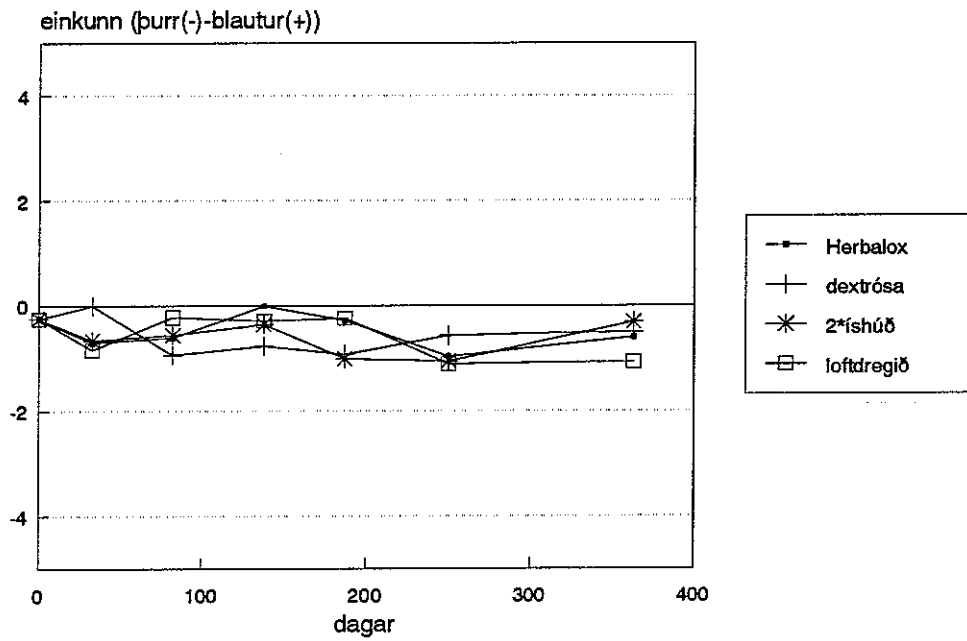
Mynd 16. Drip við suðu á laxafloekum



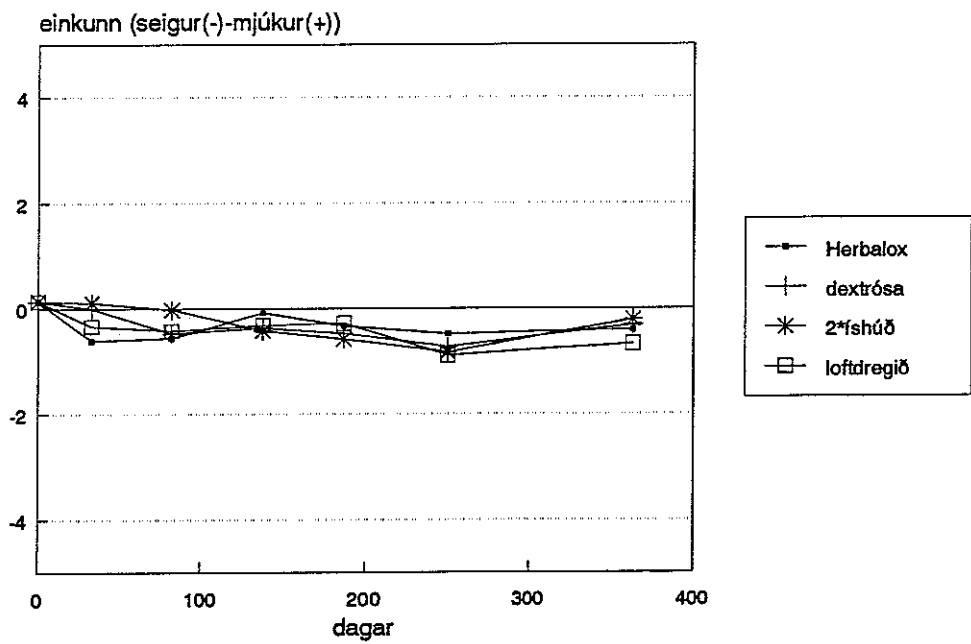
Mynd 17. Skynmat á laxaflökum
Geðjun



Mynd 18. Skynmat á laxaflökum
Prái



Mynd 19. Skynmat á laxaflökum
Áferð (þurr-blautur)



Mynd 20. Skynmat á laxaflökum
Áferð (seigur-mjúkur)

