



Titill:	Tvífrysting - vinnsla á frystu hráefni	
Höfundar:	Sigurjón Arason	
Rit Rf númer:	41	Útgáfudagur: 13. febrúar 1995
Verknúmer:	1043	Blaðsíðufjöldi: 34
Styrktaraðilar:	Aflanýtingarnefnd	
Ágrip á íslensku:	Tvífrysting fisks hefur verið stunduð frá miðjum sjöunda áratugnum í Kanada, Noregi, Danmörku, Bretlandi og víðar. Aðallega er um að ræða bolfisk sem frystur er heill eða flakaður um borð í frysti- eða verksmiðjutogurum. Þíðing hráefnisins og frekari vinnsla er síðan framkvæmd í landi. Megintilgangur verkefnisins var að komast sem næst bestu aðferðinni við að vinna frosið hráefni til að ná hámarks rekstrarafkomu. Þá almennu ályktun má draga af rannsóknum á tvífrystingu og gæði, að eingöngu er hægt að nota gott hráefni til slíkrar vinnslu. Hráefni með takmörkuð gæði getur eingöngu versnað í vinnslu á tvífrystu hráefni. Lítil sem engin rýrnun verður á gæðum við tvífrystingu úr góðu hráefni saman borið við einfrost. Niðurstöður hafa leitt í ljós að best er að þíða heilan fisk í vatnsbaði en flök í rakamettuðu lofti. Með því að vanda sig á öllum stöðum við flakavinnslu á tvífrystu hráefni er hægt að reikna með nýtingu sem er 0,5 - 1,5% lakari en búast má við ef unnið er úr fersku hráefni. Ef polyfosfat er notað í fiskinn mun nýtingin verða nærri því jafn góð og úr einfrostu hráefni og polyfosfatið mun einnig binda vatnið betur í fiskholdinu í vinnslu og við geymslu.	
Lykilorð á íslensku:	Tvífrysting, frysting, þíðing, dauðastirðnun, gæði.	
Summary in English:	The aim of this project is to find the best method for processing of frozen fish in order to maximise operating result. Double-freezing of fish has been practised since middle sixties in e.g. Canada, Norway, Denmark and UK. This has mainly been applied for whole or filleted groundfish onboard freezer- and factory trawlers. Thawing and further processing has been done on shore. For the hole fish is best to use water bath and for the fillets humidity air. Results indicate that only good raw material is suited for double-freezing. Loss of quality of double-frozen fish is minor if any when good raw material is used compared to single-frozen fish. If proper filleting procedures are carried out during processing of double-frozen fish one can expect 0.5 - 1.5% lesser utilization than for single-frozen fish. By using polyphosphates the utilization becomes almost as good for double-frozen fish as for single-frozen fish.	
English keywords:	Double-freezing, freezing, thawing, rigor, quality.	

EFNISYFIRLIT

1.	INNGANGUR.....	2
2.	ÞÆTTIR SEM HAFA ÁHRIF Á GÆÐI.....	4
2.1.	Ástand fisks í sjónum.....	4
2.2.	Veiðiaðferðir.....	4
2.3.	Dauðastirðnun.....	5
2.4.	Eðlisbreytingar í fiskholdi.....	6
2.5.	Áhrif á bragð og lykt.....	7
3.	BLÓÐGUN OG GEYMSLA FYRIR FRYSTINGU.....	8
4.	MEÐFERÐ, FRYSTING OG FROSTGEYMSLA.....	8
5.	ÞÍÐING.....	16
5.1.	Fræðilegur grunnur þíðingar.....	16
5.2.	Aðferðir við að þíða fisk.....	22
6.	VINNSLA.....	27
7.	ÁLYKTANIR.....	28
8.	HEIMILDIR.....	30
VIÐAUKAR:		
1.	Þíðingarferli fyrir Rússaporsk.....	32
2.	Vinnsluferlar fyrir tvífryst hráefni.....	33
3.	Þíðingartímar fyrir nokkrar fisktegundir með mismunandi aðferðum.....	34

1. INNGANGUR

Frysting matvæla er geymsluaðferð sem hefur þekkt lengi. Við frystingu hægist á eða stöðvast skemmdarferli sem á sér stað við geymslu fisks í ís. Bolfiskur sem bíður vinnslu um borð í veiðiskipi og síðar í vinnslustöð geymist nokkra daga í kæli en frosinn fiskur í nokkra mánuði. Þessi staðreynd er meginástæðan fyrir áhuga manna á tvífrystingu. Frysting afla á sjó, fáum tímum eftir að fiskurinn kemur um borð, tryggir að hráefnið er eins gott og mögulegt er ef það hefur fengið rétta meðhöndlun strax og fiskurinn kemur í veiðarfærin.

Með jafnara aðstreymi hráefnis fæst betri nýting á vinnslubúnaði. Afkastageta vinnslu í landi þarf ekki að vera jafn mikil og hráefnisaðstreymið, þar sem hráefnið er geymt í frystigeymslu og vinna landverkafólks verður jafnari yfir árið. Einnig verður auðveldara að stýra vinnslu eftir framboði vinnuafls á hverjum tíma og nýting vinnuafls verður því betri.

Eitt af mikilvægustu atriðunum við að stunda tvífrystingu er að jafna út þær sveiflur sem eru í fiskveiðum. Aflinn er frystur um borð í veiðiskipi eða strax við löndun.

Tvífrysting á fiski er ekki ný hugmynd, en hún felur í sér að afli er frystur tvívegis á leiðinni frá veiðum til neyslu. Við tvífrystingu bætast 3 þrep við hefðbundna vinnslu, þ.e. frysting, frostgeymsla og þiðnun, og koma þessi þrep í stað kæligeymslu í veiðiskipi og vinnslustöð.

Tvífrysting bolfisks var fyrst rannsökuð í Bandaríkjunum fyrir rúmum 50 árum. Niðurstöður úr þessum rannsóknum bentu til þess að það gæti verið réttlætandi að frysta heilan fisk á sjó og þíða í landi til frekari vinnslu. Þessi vinnsluaðferð hefur verið stunduð í Bandaríkjunum síðan niðurstöðurnar lágu fyrir.

Fyrir um 30 árum varð mikill áhugi á tvífrystingu í Bretlandi, Norðurlöndunum, Kanada og öðrum nágrannalöndum en þá voru frystitogarar farnir að ryðja sér til rúms (Möller, 1985). Á þeim tíma voru gerðar ítarlegar rannsóknir til að kanna áhrif tvífrystingar á gæði og nýtingu í vinnslu aðallega á þorski en athyglin beindist einnig að öðrum tegundum. Á sama tíma var lagt mat á afköst og kostnað við þær helstu aðferðir sem koma til greina. Áhugi á tvífrystingu hér á landi er byggður á sama grunni. Frystitogurum hefur fjölgað ört og viðskipti milli landa með frystan fisk til frekari vinnslu hefur aukist stórlega. Sáu menn þá sem nú möguleikana í því að þíða sjófrystan fisk til frekari vinnslu í landi til að ná jafnari afköstum og jöfnum gæðum.

Aflasamdráttur, atvinnuleysi og kvótakerfi hafa einnig hvatt til frekari vinnslu á frosnu hráefni. Á síðustu árum hefur innflutningur á frosnum fiski til frekari vinnslu í landi aukist til muna hér á landi, tölur úr Útvegi 1993 sýna eftirfarandi:

	<u>1992</u>	<u>1993</u>
Frosinn fiskur	8.704	13.825
Frosin rækja	3.790	3.707

Tvífrysting getur m.a. komið til álita við eftirfarandi :

- I. Frysting bolfisks um borð í veiðiskipi til síðari flökunar og frystingar í landi.
- II. Frysting flaka um borð í veiðiskipi til síðari vinnslu og frystingar í landi.
- III. Frysting fisks og annars sjávarfangs við löndun til síðari flökunar og frystingar.
- IV. Frysting á rækju í veiðiskipi til síðari pillunar og frystingar í landi.

Skemmst er frá að segja að tvífrysting fisks hefur verið stunduð frá miðjum sjöunda áratugnum í Kanada, Noregi, Danmörku, Bretlandi og víðar. Aðallega er um að ræða bolfisk sem frystur er heill eða flakaður um borð í frysti- eða verksmiðjutogurum. Þíðing hráefnisins og frekari vinnsla er síðan framkvæmd í landi.

Ef einhverja almenna ályktun má draga af rannsóknum um tvífrystingu og gæði er hún sú að eingöngu er hægt að nota gott hráefni til slíkrar vinnslu. Hráefni með takmörkuð gæði getur eingöngu versnað í vinnslu á tvífrystu hráefni. Lítil sem engin rýrnun á gæðum verður við tvífrystingu úr góðu hráefni saman borið við einfryst.

Það er því raunhæfur möguleiki að tvífrysting geti skilað afurð af sambærilegum gæðum og einfrysting. Það er við þau skilyrði sem ekki eru óalgeng hér á landi, eins og þegar mikið hráefni berst á land á sama tíma og vinnsla hefur ekki undan og markaðsverð er lágt fyrir ófrosið hráefni. Hráefni sem er fryst á meðan það heldur mestum gæðum og síðan unnið og fryst aftur gefur betri afurð en einfryst vara ef hráefnið hefur beðið í nokkra daga fyrir vinnslu (Magnussen, 1988).

2. ÞÆTTIR SEM Hafa ÁHRIF Á GÆÐI

Fiskvinnsla er eilíf barátta við gæðatap. Fiskur er lífrænt hráefni með innbyggð skemmdarferli og ytri þættir, t.d. gerlar og meðferð, hafa veruleg áhrif á gæðin. Þess vegna miðast öll meðhöndlun að því að varðveita ferskleika hans og koma í veg fyrir skemmdir.

2.1. Ástand fisks í sjónum.

Það er vel þekkt meðal þeirra sem vinna í frystihúsum að nýtingin breytist eftir ástandi fisksins, sem er árstíðabundið, og ræðst af æti í sjónum og kynþroska. Hjá fiski sem hefur nóg æti er eins og innri melting eigi sér stað og um leið er fiskvöðvinn mjög viðkvæmur og mikil hætta er á myndun loss. Holdarfar fisksins er auk þess slæmt stuttu eftir hrygningu og ef fiskurinn hefur ekki fituforða á því tímabili mælist hann próteinsnauðari og vatnsmeiri.

Gæði hráfnis eru breytileg eftir fisktegundum og veiðasvæðum, þannig er mismunandi kjörtími fyrir ólíkar fisktegundir og mismunandi veiðasvæði. Ferskt hráefni sem vinnst illa ófrosið hentar illa til tvífrystingar og er nauðsynlegt að hafa það í huga að eingöngu hráefni að miklum gæðum hentar til frystingar og framhaldsvinnslu. Náttúrulegar sveiflur í holdarfari fisks geta haft veruleg áhrif á nýtingu og afkomu fiskvinnslufyrirtækis sem endurvinnur frosið hráefni.

Til þess að ná sem bestum árangri við frystingu, hvort sem það er ein- eða tvífrysting, er rétt að veiða fiskinn á þeim tíma sem hann er í besta ástandi. Hvaða tími það er fer nokkuð eftir tegundum en þorsk er heppilegast að veiða seinni hluta ársins, þ.e. frá júní til desember og jafnvel eitthvað fram í mars.

2.2. Veiðiaðferð.

Veiðarfærin hafa áhrif á gæði hráfnis og þarf að hafa gát á því að þau fari sem best með hráefnið. Aðalreglan fyrir þá sem ætla að nýta sér frosið hráefni í vinnslu er að staðið hafi verið vel að veiðum fisksins og að gæði hráfnisins séu mjög mikil og er það eina leiðin fyrir framleiðandann til að ná góðri nýtingu úr hráefninu og framleiða hágæða afurð.

Mismunandi veiðarfæri hafa mismunandi áhrif á gæðaeiginleika fisks. Ef mikill afli fæst í botnvörpu (eða aðrar vörpur) er hætta á því að fiskurinn merjist við veiðar og að blóðgallar komi fram. Einnig skiptir máli hvort veiðarfærin eru "stressandi" fyrir fiskinn. Ef fiskur brýst mikið um í veiðarfærinu gengur hann á orkuforða sinn og fer fyrir í dauðastirðnun og hún tekur mun skemmri tíma. Slíkt minnkar líkur á því að hægt sé að frysta fiskinn áður en hann fer gegnum dauðastirðnun.

Sem dæmi um áhrif mismunandi veiðarfæra á dauðastirðnun má nefna að þorskur sem veiddur er í botnvörpu og geymdur er við 0°C er 2-8 klst. að fara í dauðastirðnun og fer í gegnum hana á 18-57 tímum en þorskur veiddur úr fiskabúri og geymdur við 3°C fer í dauðastirðnun eftir 22 klst. og fer í gegnum hana á 72-96 klst. (Arason o.fl., 1994).

Því er nauðsynlegt að stilla togtíma í hóf og fylgjast vel með magni í poka eða nota veiðarfæri sem fara sérstaklega vel með fiskinn eins og línu eða gildrur. Gildrur væru líklega heppilegastar en ekki víst að þær geti skilað þeim afköstum sem óskað er eftir.

2.3. Dauðastirðnun

Dauðastirðnun gegnir lykilhlutverki í því hvernig til tekst með tvífrystan fisk. Mikilvægt er að frysta fiskinn áður en hann fer í dauðastirðnun og miðast mörg þeirra atriða sem nefnd verða hér á eftir við að lengja tíma að dauðastirðnun eftir að fiskurinn hefur verið veiddur. Sé fiskurinn frystur í dauðastirðnun eða á eftir minnkar flakanýting, snyrting er tímafrekari og vatnslosun er meiri eftir tvífrystingu, (Magnussen, 1988).

Fiskur er misjafnlega á sig kominn við veiði. Næringarástand hans stjórnast aðallega af lífeðlisfræðilegum þáttum og æti. Fiskur er oftast illa haldinn rétt eftir hrygningu. Feitur fiskur svo sem síld og loðna ganga þá á fituforðann en magur fiskur eins og þorskur hefur af litlu að taka en mælist þó próteinrýrari og vatnsmeiri síðla vors. Glykogen er orkuforði í vöðvum dýra og er til þess gripið við áreynslu; við það myndast mjólkursýra í vefjum og kemur það fram í lækkun pH gildis við mælingar. Önnur orkurík efni í vöðvunum eru m.a. kreatínsfosfat og ATP. Strax eftir veiði fisks gengur á öll þessi orkuefni, þau brotna niður og dauðastirðnun (rigor) hefst, þegar efnið ATP nær ekki lengur að halda trefjapróteinum slökum. Við stirðnun skreppur holdið saman og fiskurinn verður stífur.

Strax eftir dauða fisks eru fiskvöðvarnir mjúkir og teygjanlegir. Þetta ástand getur staðið í nokkrar klukkustundir og kallast það "pre-rigor". Fiskvöðvarnir fara síðan í gegnum

samdrátt og um leið stirðnar búkurinn. Þessi stirðnun er kölluð dauðastirðnun (rigor eða rigor mortis). Þegar fiskur deyr stöðvast blóðrásin og súrefni í vöðvanum gengur til þurrðar strax. Vöðvafrumurnar ganga á fljótfengna orku og hún klárast en einnig er gengið á annan orkuforða (ATP) til að halda vöðvunum slökum. Samtímis hefjast loftfirrð loftskipti (glykólýsa) þar sem gengið er á kolvetnisforðann (glykogen) og þannig fæst lítið eitt af orku á réttu formi (ATP), en þó í mun minna magni en við öndun. Efni sem myndast við loftfirrð efnaskipti er mjólkursýra og lækkar hún sýrustig vöðvans úr 7 eða hlutlausu í létt súrt þ.e. á bilinu 6,2 - 6,8. Sú litla orka sem myndast við loftfirrð loftskipti endist stutt. Þegar orkan er upp urin í vöðvunum þá læsast vöðvaþræðirnir (aktín og mýósin) í kröftugum samdrætti og fiskurinn stirðnar. Þegar vöðvarnir eru slakir eru próteinin ekki tengd saman (aktín og mýósin) og við orkuskortinn flæða efni inn í vöðvafrumurnar og valda samdrætti og um leið tengingu próteinanna (aktín og mýósin), en það veldur stirðnun fisksins.

Ef fiskur brýst um við veiði hefst stirðnunin fyrr. Því hærri sem umhverfishitunin er þeim mun fyrr ganga þessar breytingar. Stirðnun í togaraborski við 0°C hefst 2-8 tímum eftir dauða og lýkur 20-65 tímum frá dauða. Við 10°C hefst stirðnun eftir 1 tíma og lýkur á 20 - 30 tímum. Almennt gildir að heppilegast er að fiskur fari í stirðnun vel kældur vegna þess að eftir því sem fiskurinn er heitari aukast líkur á holdsprungum - losi, í fiskvöðvanum, þegar hann slaknar aftur, (Arason ofl. 1995, Jason, 1982).

2.4. Eðlisbreytingar í fiskholdi.

Vatnsheldni fiskholdsins minnkar við lækkun pH-gildis, (Möller, 1985). Fiskur sem er vel á sig kominn við veiði nær lægra pH-gildi vegna mjólkursýrumyndunar en fiskur sem er illa nærður og með lítinn glykogenforða. Lágt pH-gildi við frystingu er því líklegt til að leiða til aukins vatnstaps við þiðnun vegna lítillar vatnsheldni í holdinu. Þetta hefur síðan áhrif á áferð fisksins þegar hans er neytt, þannig að fiskur með lægra pH-gildi er metinn þurrari og stífari en fiskur með herra pH-gildi, sem var þá annað hvort verr nærður við veiði eða beið þeim mun skemur fyrir frystingu (var frystur vel fyrir stirðnun), (Möller, 1985, Stefánsson, 1994).

Máli skiptir hvort fiskur stirðnar heill eða flakaður. Í heilum fiski heldur beinagrind fisksins aftur af áhrifum stirðnunar og varnar herpingi fiskholdsins. Fiskflökum einum sér hættir hins vegar til að herpast saman og jafnvel styttast verulega við stirðnun og ná ekki fyrri lögun eftir að stirðnun lýkur.

Fiskur sem frystur er rétt fyrir stirðnun getur hlaupið í stirðnun við þíðingu. Í heilum fiski er þetta ekki talið skipta máli en þídd flök fá stinnari áferð og þurrari. Heimildir geta þess þó, að við nokkra geymslu gangi fiskur sem frystur er fyrir stirðnun gegnum hægfara efnabreytingar er líkjast stirðnun þannig að við þíðingu helst holdið mjúkt, t.d. geymsla við -29°C í 8 vikur og 6 vikur við -24°C , (Arason o.fl. 1995, Stroud, 1969).

Margir hafa orðið varir við grálitan blæ og hrjúft yfirborð fiskholdsins ef flakað er fyrir stirðnun. Einkum hefur þetta þótt rýra gæði fiskflaka til reykingar. Hætta er einnig á, að meira verði um roða og blóðbletti í fiskholdi, ef fryst er fyrir stirðnun því að nú er vitað að stirðnunin er virkust í að þrýsta blóði úr æðum fisksins og minnka þannig líkur á blóðlitu holdi.

Áður var minnst á, að hröð og mikil stirðnun valdi sprungum í fiskholdi við slökun. Einnig er hætt við losi í fiski, sem óvarlega er meðhöndlaður í stirðnun t.d. ef hann er settur heill í plötufrysta en rúmast illa án þvingunar. Los myndast einnig í fiski við geymslu í ís og er eitt einkenni hráefnisskemmda ef of lengi er geymt. Sumum fisktegundum, t.d. ýsu, er að "eðlisfari" hætara en öðrum við losi (Möller, 1985).

Þær efna- og eðlisbreytingar sem hér hefur verið lýst tengjast tvífrystingunni sjálfri óbeint en þær skipta miklu máli í meðferð fisks um borð í frystiskipum og einnig eins og síðar verður lýst hefur öll meðferð fisks eftir veiði afgerandi áhrif á neyslugæði sjófrysta fisksins hvort sem hann er síðar þíddur og unnin frekar eða ekki.

2.5. Áhrif á bragð og lykt.

Bragð og lykt af nýþíddum fiski er í aðalatriðum hið sama og af ófrystum fiski, nema ef frysti fiskurinn hefur verið geymdur óhæfilega lengi eða við óæskilegar aðstæður. Því er ljóst að með frystingu skapast aðstæður til að vernda ferskleikaeinkennin mun betur en við langa geymslu í ís.

Loks þarf að minna á, að við langa geymslu í frosti verða óhjákvæmilega breytingar á neyslugæðum fisks. Holdið verður smám saman seigt og þurrt vegna próteinbreytinga og í feitum fiski verður þráamyndun. Þessar breytingar má tefja verulega með góðu og stöðugu frosti og þéttum umbúðum.

3. BLÓÐGUN OG GEYMSLA FYRIR FRYSTINGU

Meðferð fisks fyrst eftir veiði og fram að frystingu hefur afgerandi áhrif á gæði fisksins þegar fram líða stundir. Mikilvægt er kæling sé góð í móttöku og að fiskurinn sé blóðgaður innan við klukkustund eftir að hann kemur um borð og látinn blæða út í sjó. Ef fiskurinn er blóðgaður lifandi og honum látið blæða út í sjó í u.þ.b. 15 mín. skiptir ekki máli hvort slægingin fer fram fyrir eða eftir að honum blæðir út. Dauðblóðgaður fiskur gefur, m.a. fleiri blóðgalla sem leiðir til meiri afskurðar við snyrtingu og þar með verri flakanýtingar.

Eftirfarandi verklag er því nauðsynlegt frá veiðum að frystingu:

- Kæla fiskinn vel í móttöku, helst sem næst 0°C.
- Blóðga fiskinn lifandi og láta hann blæða út í sjó í u.þ.b. 10 mín. Æskilegt er að blóðga og slægja fiskinn um leið svo framarlega sem það er ekki of tímafrekt þannig að hluti aflans verði dauðblóðgaður.
- Þvo fiskinn vel eftir blóðgun.
- Geyma fiskinn við 0°C fram að frystingu, þó ekki svo lengi að hann fari í dauðastirðnun (rigor).

4. MEÐFERÐ, FRYSTING OG FROSTGEYMSLA

Galli sem fiskurinn fær í meðhöndlunni áður en hann er frystur magnast upp við frystingu og þíðingu. Þetta gildir fyrir illa blóðgaðan fisk, blóðugan fisk eftir slæman þvott og marbletti sem hafa myndast vegna hnjasks. Þessa bletti verður að fjarlægja og þá tapast þó nokkuð af fiskholdi sem skerst frá og fer í marning eða í bræðslu.

Mikið hnjask á hráefnið fyrir frystingu skiptir miklu máli fyrir gæði afurða eftir vinnslu. Þess vegna er mikilvægt að vanda allan frágang og draga þannig úr gæðarýrnun. Geymslupól fersks fisks er lítið og gæðum hans hrakar fljótt. Þess vegna er nauðsynlegt að frystingin eigi sér stað eins fljótt og auðið er eftir veiði.

Reynsla erlendra aðila (Magnussen, 1988) sýnir að skip með slæma hönnun á vinnslufyrirkomulagi og slæmar vinnuaðferðir frá veiðum og að frystingu valda því að

fiskurinn gefur lélega nýtingu í vinnslu og meiri vinna fer í að snyrta fiskflökin. Það er mikilvægt að áhafnir skipa séu vel meðvitaðar um hvaða áhrif meðferð fisksins hefur á hráefni sem er tvífryst.

Frysting hefur áhrif á eðliseiginleika fiskholdsins en venjulega lítil áhrif á þá eiginleika sem stýra bragði, lykt og útliti (Sigurjón Arason og Lárus Ásgeirsson 1984).

Við mjög hæga frystingu myndast ískristallarnir utan frumnanna og draga vatn úr þeim og við það myndast ískristallar milli frumnanna sem losar um þær. Við það bindur fiskholdið vatnið verr og missir það þegar það þiðnar aftur (vatnslosun eða drip). Dauðastirðnun hefur einnig áhrif á vatnslosun því að stærri ískristallar myndast í fiski sem frystur er í dauðastirðnun. Það veldur lélegri vatnsbindingu og aukinni vatnslosun við þíðingu. Við hæga frystingu er fiskholdið lengur við það hitastig sem skemmdarferli eru virk og því aukast líkur á gæðatapi.

Þrátt fyrir að mjög hæg frysting valdi gæðatapi þýðir það ekki að best sé að frysta sem hraðast. Ef frystitíminn er innan ákveðinna marka virðist niðurstaðan mjög svipuð hvað varðar gæði ein- og tvífrýstra afurða. Því er ekkert kappsmál að hafa frystitímann sem stýstan, (Magnussen, 1988). Mun mikilvægara er að frysta fiskinn sem fyrst eftir að hann er veiddur, áður en hann fer í dauðastirðnun.

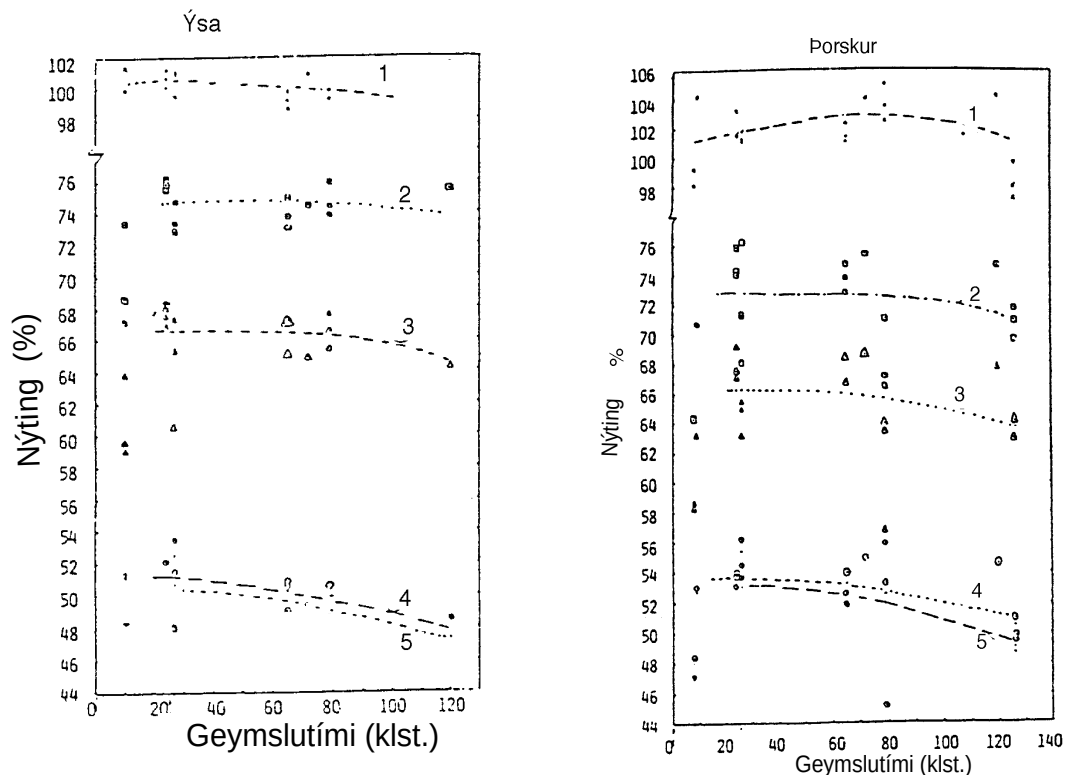
Nokkrir þættir hafa áhrif á frystihraða (frystitíma). Þeir eru helstir: Stærð og lögun pakkningar, varmaleiðni fiskholdsins (hversu vel það ber varma út að yfirborðinu), upphafs- og lokahitastig fiskholdsins, varmaflutningur frá fiskholdinu yfir í kælimiðilinn og hitastig kælimiðilsins. Til þess að fá sem mestan frystihraða þarf pakkningin að vera sem köntuðust, varmaleiðnin sem mest, upphafshitastig sem næst frostmarki, góð varmaskipti við kælimiðil og sem mestur hitastigsmunur milli fiskholds og kælimiðils. Reyndar má hitastigsmunur milli fiskholds og kælimiðils ekki vera of mikill miðað við varmaleiðni og varmaflutning því að þá kemst varminn ekki nógu hratt frá fiskinum og ysta lagið þornar.

Nauðsynlegt er að lokahiti fisks við frystingu sé sem næstur því hitastigi sem hann á að geyma á hann við því annars tekur það hann vikur eða mánuði að ná hitastigi í frystigeymslunni og um leið er frystihraði mjög hægur.

Ef hráefnið hefur verið fryst fyrir dauðastirðnun gengur það í gegnum hana frosið. Það ferli gerist mjög hægt, tekur um 40 daga við -24°C . Dauðastirðnunin veldur í því tilfelli mjög litlu gæðatapi en mikilvægt er að geyma hráefnið nógu lengi áður en það er þíðið.

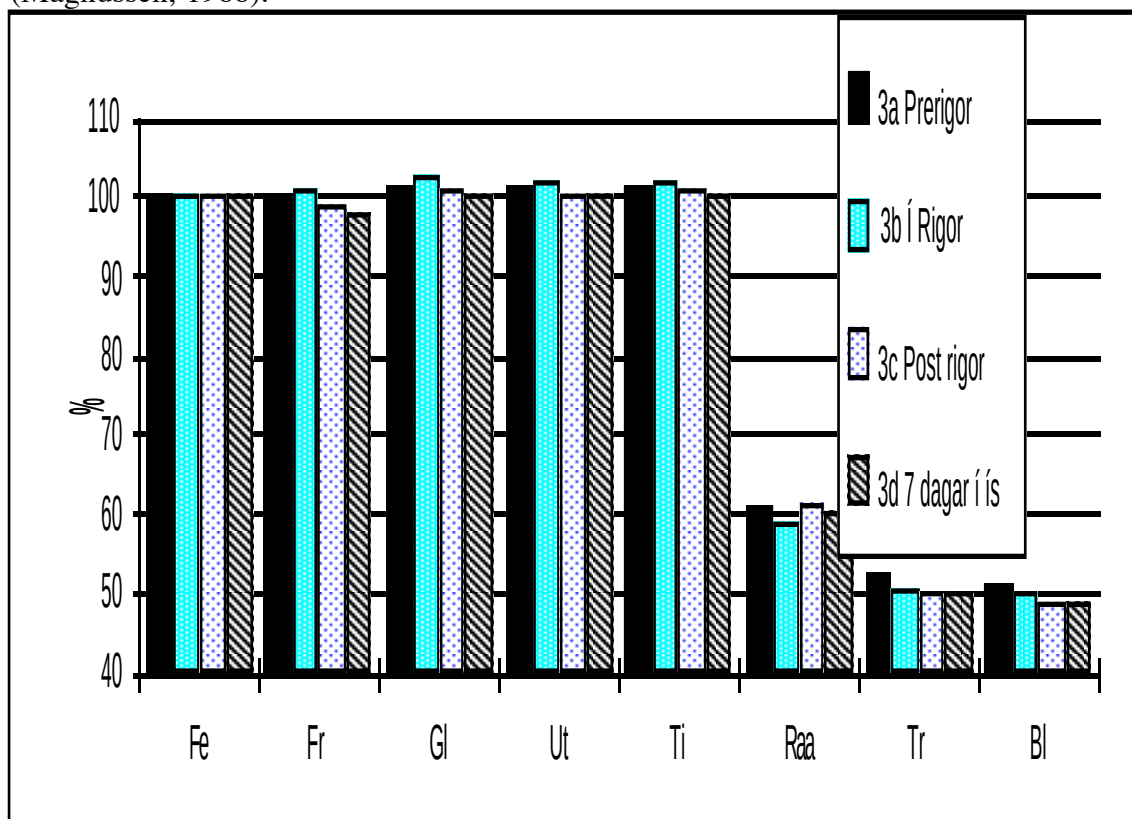
Stærsti hluti hráefnis sem er endurunnið eftir frystingu er fryst í lóðréttum plötufrystum. Samanborið við lausfrystingu, loftfrysti, frýs fiskurinn hraðar í plötufrysti, fær minni meðhöndlun, er betur pakkað og blokkirnar staflast betur. Ókostur við plötufrysti er að fiskurinn er undir miklum þrýstingi við frystingu, sem má rekja til þenslu vegna fasabreytingar vatns í ís eða þess að fiskurinn er illa lagður í frystinn. Nauðsynlegt er að fiskurinn sé lagður rétt í frystibúnaðinn, þannig að litlar líkur séu á því að hann kremjist eða merjist á milli frystiplatnanna. Þrýstingurinn hefur slæm áhrif á fiskholdið og getur framkallað áberandi marbletti.

Erlendis hefur það tíðkast að frysta nýveiddan fisk eftir að honum hefur verið landað og þá hefur oftast verið um dagsgamlan fisk að ræða, (Magnussen, 1988). Þorskur sem er veiddur á línu fer fljótt í dauðastirnun og þess vegna er slíkur fiskur ekki frystur fyrir dauðastirnun. Þorskur geymdur í krpagámi þyngdist lítið við geymsluna áður en hann var frystur. Fylgst var með nýtingu á þíddum fiski, sem hafði verið geymdur mislengi í krpa fyrir frystingu, í hverju vinnsluþrepi. Niðurstöðurnar eru þær að nýtingin minnkaði í réttu hlutfalli við aldur hráefnis fyrir frystingu (sjá mynd 1), (Magnussen, 1988).



Mynd 1: Nýtingin er mæld á mismunandi gömlu hráefni áður en það er fryst og miðast við þyngd í móttöku (slægt og hauseð). Merkingar þýða: 1) eftir þíðingu, 2) eftir flökun, 3) eftir roðflettingu, 4) eftir snyrtingu, 5) eftir frystingu (Magnussen, 1988).

Til þess að átta sig betur á áhrifum aldurs hráefnis á gæði vörunnar var fiskur (ufsi) tekinn beint úr fiskeldiskví og slátrað rétt fyrir frystingu, þannig fékkst fiskur á mismunandi stigum dauðastirunnar, þ.e. í "pre rigor", "rigor", "post rigor", og fiskur sem var geymdur í eina viku áður en hann var frystur, sjá mynd 2. Fiskurinn var meðhöndlaður eins í öllum tilfellum og var sama þíðingaraðferðin notuð í öllum tilvikum. Eftir þíðingu var fiskurinn settur í ísbað og hitinn jafnaðist út í köldu umhverfi. Fiskur sem var frystur í dauðastirun flakaðist illa þar sem hann var "harður". Aðalályktunin úr þessum tilraunum er að mikilvægt er að frysta fiskinn svo fljótt sem auðið er, (Magnussen, 1988).



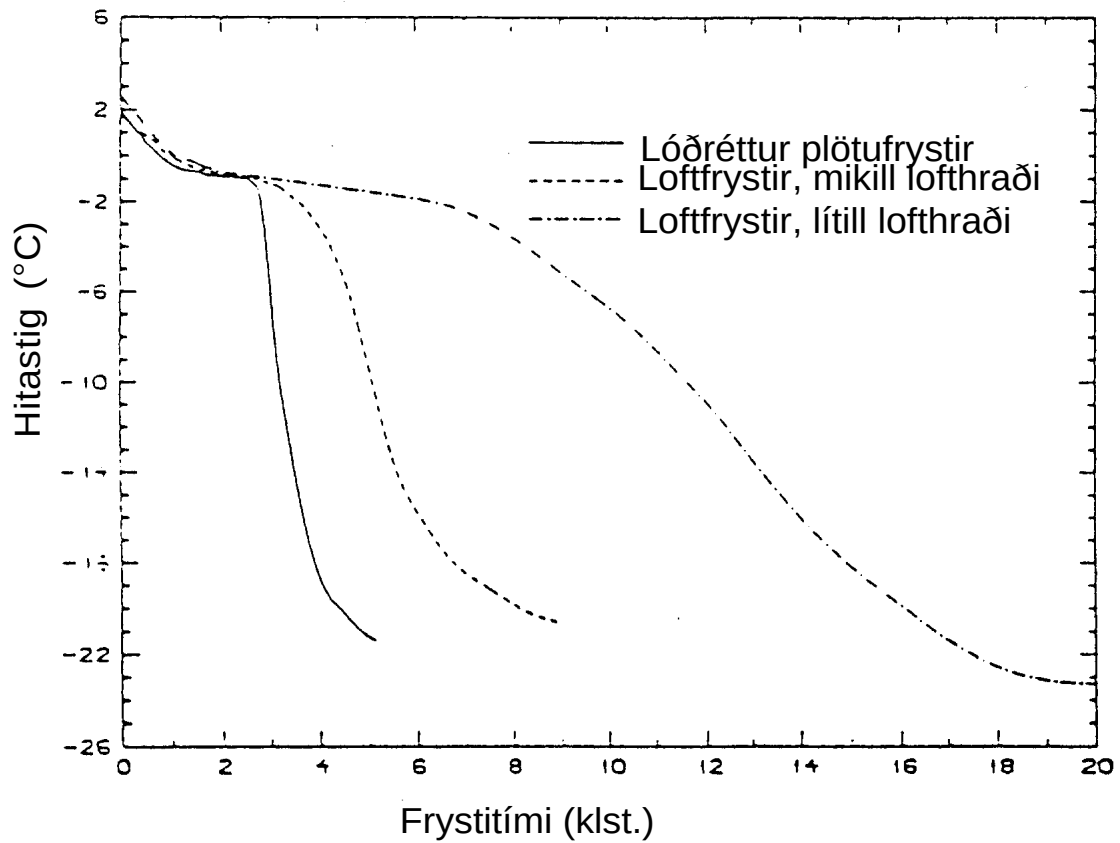
Mynd 2: Þyngdarbreytingar við vinnslu á tvífrystum ufsa og er verið að kanna áhrif aldurs hráefnis áður en það er fryst í fyrsta skipti. Skammstafanir þýða: Fe: ferskt hráefni, Fr: frosið, Gl: íshúdað, Ut: tekið út úr frystinum, Ti: þítt, Raa: flök, Tr: snyrt flök, Bl: frosin blokk (Magnussen, 1988).

Matsmenn voru fengnir til þess að meta þíddan fisk, án þeirra vitundar, sem var notaður í þessa tilraun en matsmennirnir vissu ekki hvaða fisk þeir voru að meta. Niðurstaðan úr þessu mati var að fiskur sem var frystur fyrir dauðastirun var mjög góður, fiskur frystur í dauðastirun og nýkominn úr dauðastirun var talinn góður, en fiskur sem var geymdur ísaður í eina viku áður en hann var frystur fékk slæman dóm og vart talinn vinnsluhæfur, (Magnussen, 1988).

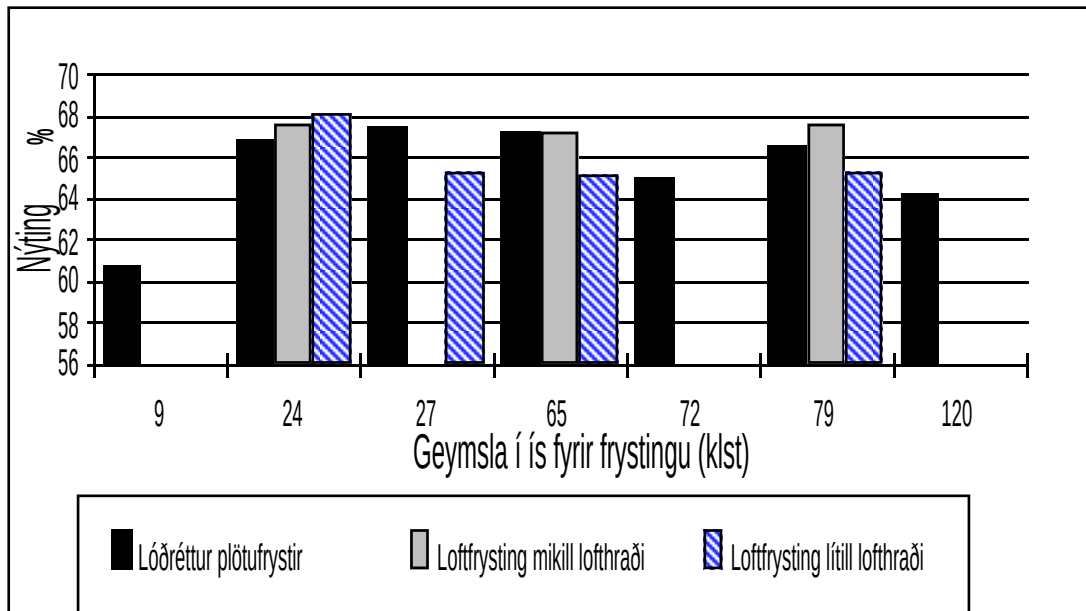
Mikilvægt er að dvalartími fisksins í vinnsluferlinum sé sem stystur þannig að hann dveljist stutt frá innvigtun og að pökkun/frystingu þar sem vatn vill renna af fiskinum og jafnvel er hætt á því að pakkningarnar séu með undirvigt. Ástæðan er sú að vatn sem liggur á yfirborði flakanna rennur af við pökkun eða úr umbúðunum fyrir framan frystana. Niðurstöður þessara athugana sýna að vinnslan þarf að vera hröð og hitinn þarf að vera sem lægstur, einnig þarf að gæta þess að þrýstingur í plötufrystinum sé jafn.

Það eru fátt sem hefur fengið eins mikla umfjöllun í fræðunum og frysting, frystihraði, ískristalstærð og staðsetning þeirra í fiskholdi. Frystibúnaður sem er notaður í fiskvinnslu er það góður að ískristalarnir eru jafndreifðir um fiskinn. Frystingin hefur þess vegna lítil áhrif á gæðin og nýtingu, (Magnussen, 1988).

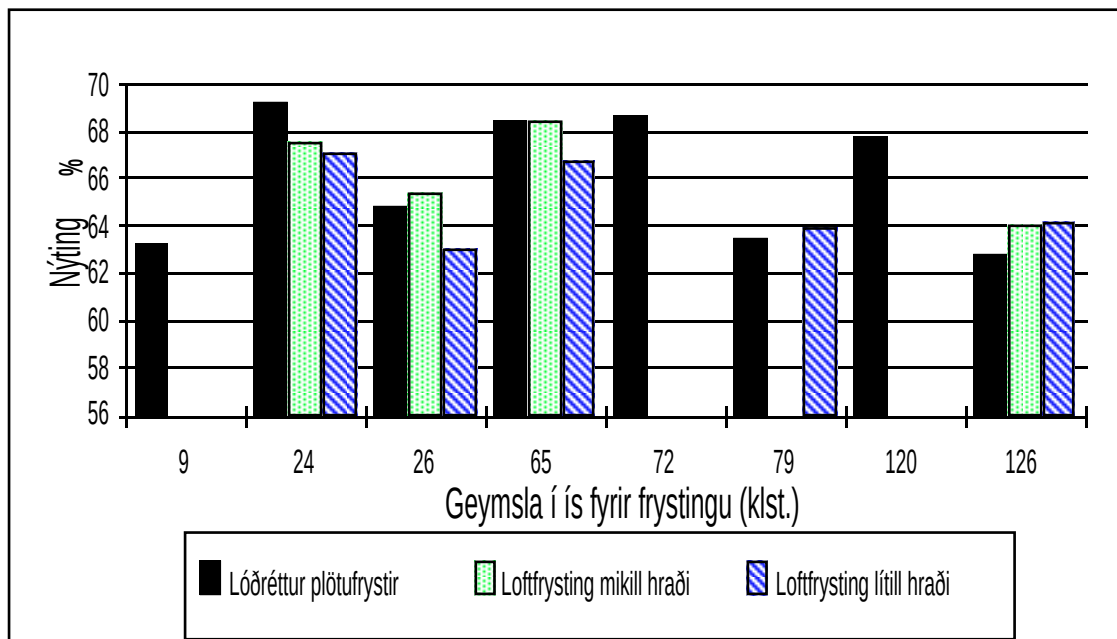
Til þess að kanna áhrif frystingar á nýtingu og gæði var þorskur og ýsa fryst í plötufrysti og blásturfrysti með annars vegar litlum blæstri og hins vegar miklum blæstri. Eins og sést á mynd 3 þá spannar þessi frysting þær helstu aðferðir sem eru notaðar í fiskvinnslu. Einnig voru könnuð áhrif geymslu fisks í ís fyrir frystingu. Niðurstöðurnar sýndu að nýtingin minnkar við að fiskurinn var geymdur í ís fyrir frystingu með þeirri undantekningu að fiskurinn sem var frystur alveg nýr skilar lakari nýtingu, sjá mynd 4 og 5. Skýringin á þessu liggur í því að fiskur sem frystur er mjög ferskur, geymdur stutt í frystigeymslu og þíddur hratt fyrir vinnslu er ennþá í dauðastirnun þegar hann fer í framhaldsvinnslu. Ekki er neinn mælanlegur munur á nýtingu eftir því hvaða frystiaðferð er notuð, (Magnussen, 1988).



Mynd 3: Mælingar á hitastigi í fiskblokk við mismunandi frystingu (Magnussen, 1988).

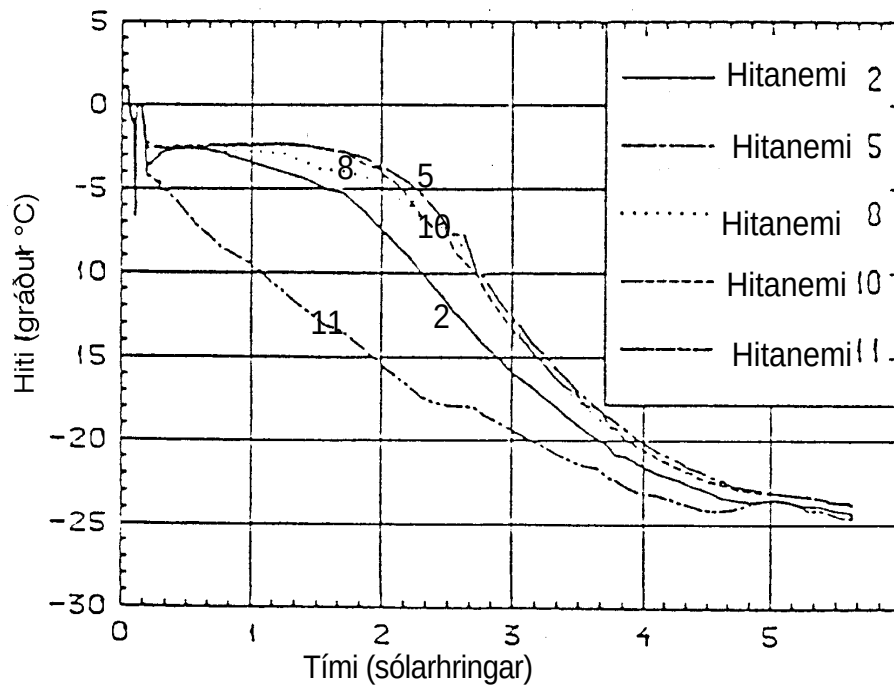


Mynd 4: Vinnslunýting á roðflettum flökum sem eru unnin úr frosinni ýsu, slægðri og hauseðri (Magnussen, 1988).



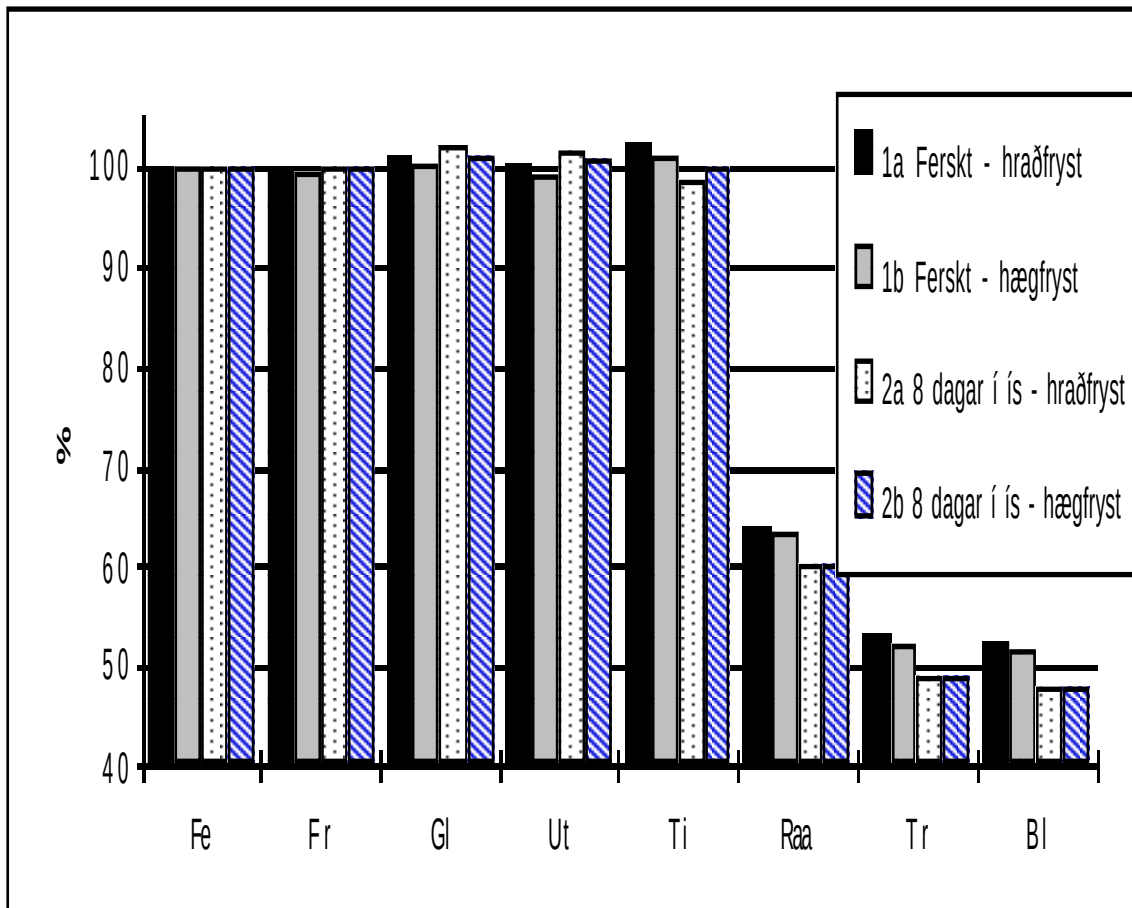
Mynd 5: Vinnslunýting á roðflettum flökum unnið úr frosnum, slægðum og hausuðum þorski (Magnussen, 1988).

Til þess að kanna betur áhrif frystingar og geymslu fyrir frystingu var lagt út í enn þá stærri tilraun til þess að kanna áhrif tvífrystingar. Hráefnið var þorskur sem var veiddur af ísfiskitogara og slægður, hausaður og ísaður um borð. Fiskinum var skipt í tvo flokka og voru 2 tonn í hvorum. Annar flokkurinn var frystur strax eftir löndun, þ.e. 38 klst. eftir veiði og hinn helmingurinn var geymdur í 8 daga áður en hann var frystur. Ferskfiskmatsmenn mátu fiskinn og dæmdist fyrri helmingurinn mjög góður en eftir 8 daga geymslu dæmdist hann góður. Hvorum helmingi var skipt upp í tvennt og annar helmingurinn (1 tonn) var frystur í lóðréttum plötufrysti þannig að kjarnhitinn var -30°C á 3,5 klst. Hinn helmingurinn var tekinn út úr frystinum áður en fiskurinn var gegnfrosinn og var þannig líkt eftir því sem getur gerst um borð eða í landi þegar mikið berst að landi af afla. Fiskinum var staflað á bretti á venjulegan hátt og komið fyrir í frystigeymslu. Stærsti hluti vatnsins var orðinn að ís þegar fiskurinn fór inn í frostgeymluna. Hitinn í blokkinni var lengi á bilinu -2°C – -10°C , sjá mynd 6.



Mynd 6: Hitabreytingar í fiskblokkum sem er staflað á bretti og settar í frystilest hálfrosnar. Hitanemunum er komið fyrir á mismunandi stöðum í fiskblokkum á bretti, þannig eru hitanemar 2 og 11 utarlega á brettinu en hinir þrír eru innarlega (Magnussen, 1988).

Fiskurinn var geymdur í 8 mánuði við -25°C - -30°C . Aðalniðurstaðan úr þessari tilraun er að lítill munur er á milli nýtingar úr fiski sem er annars vegar frystur við bestu aðstæður og hins vegar við slæmar aðstæður, en í þeim tilvikum sem einhver munur kom fram þá var hann hraðfrystingunni í hag. Greinilegur munur er á milli fisks sem er geymdur mislengi í ís fyrir frystingu og í þessari tilraun er $1\frac{1}{2}$ daga gamall fiskur mun betri en 8 daga gamall fiskur. Enginn munur finnst á snyrtingu fisksins eftir frystiaðferð en allverulegur munur finnst á flökunum eftir geymslutíma hráefnisins fyrir frystingu, sjá mynd 7. Fiskur sem var unninn úr sama hráefni og notað var í þessa tilraun gaf um 1,5% betri nýtingu en ferskur, hraðfrystur og tvífrystur fiskur.



Mynd 7: Þyngdarbreytingar við vinnslu á tvífrystum þorski. Verið er að kanna áhrif aldurs hráefnis, áður en það er fryst í fyrsta skipti, og frystihraðann. Skammstafanir þýða: Fe: ferskt hráefni, Fr: frosið, Gl: íshúðað, Ut: tekið út úr frystinum, Ti: þítt, Raa: flök, Tr: snyrt flök, Bl: frosin blokk (Magnussen, 1988).

Í þessari tilraun á sér einnig stað vatnstap hjá fiski við geymslu fyrir frystingu og í frystingu en í þeim tilvikum sem ekkert vatnstap varð þá var það hjá fiski sem er frystur nýveiddur með góðri frystiaðferð. Með fosfatmeðhöndlun fæst þyngdaraukning og er þyngdaraukningin meiri hjá fiski sem er illa meðhöndlaður. Fosfatmeðhöndlaður fiskur tapar ekki vatni fyrir frystingu eða við geymslu, (Magnussen, 1988).

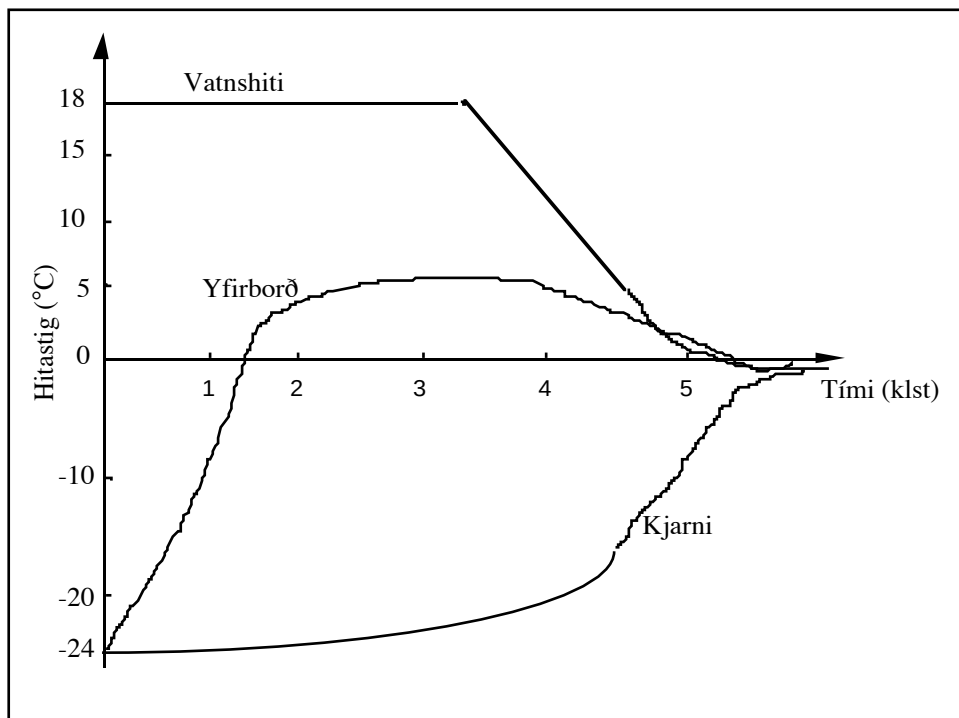
5. ÞÍÐING.

5.1. Fræðilegur grunnur þíðingar

Þó svo að þíðing sé andhverfa frystingar er þíðingin viðkvæmara ferli og tekur lengri tíma. Það er vegna þess að varmaleiðni ófrosins fiskholds er $1/4$ - $1/3$ af varmaleiðni frosins fiskholds auk þess sem að hitastigsmunur milli fiskholds og varmamiðils má

ekki vera of mikill vegna hættu á að ysta lagið ofhitni eða sjóði. Ysti hluti fiskholdsins er einnig viðkvæmari fyrir skemmdarferlum eftir að hiti hefur hækkað.

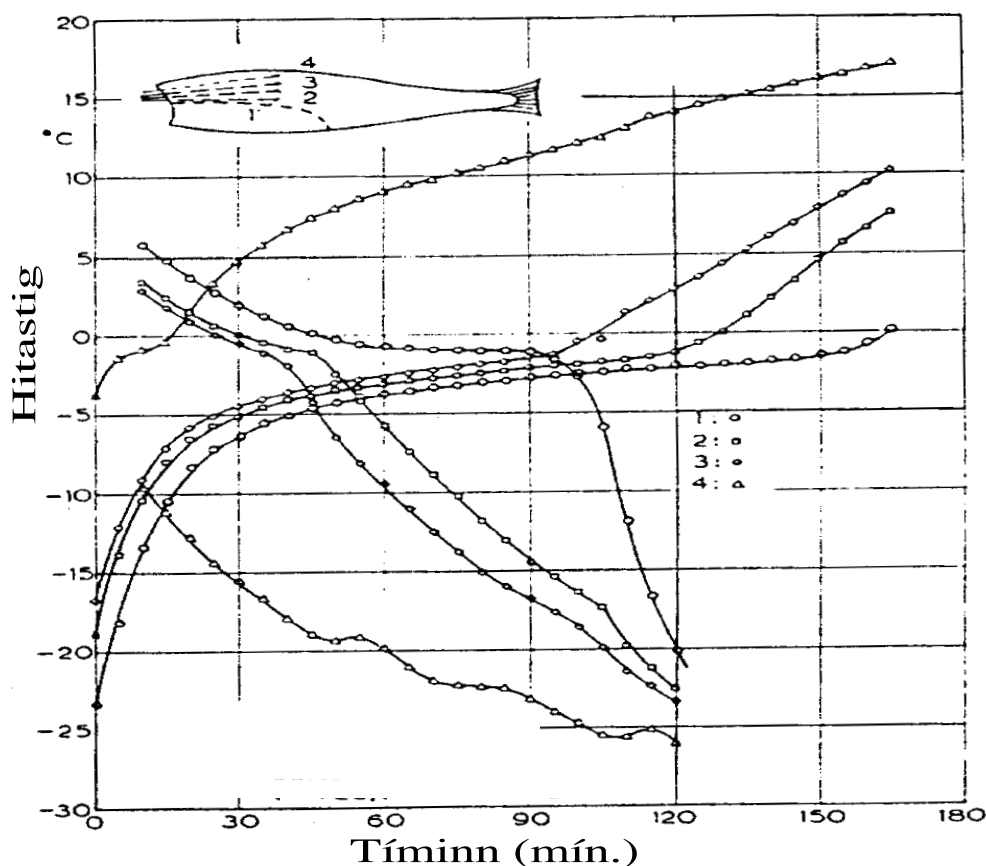
Besta nýtingin fæst ef hráefnið er sem kaldast eftir þíðinguna og það má jafnvel vera hálfþfrosið inn við hrygginn.



Mynd 8: Æskilegir hitaferlar við vatnsþíðingu á þorskblokk.

Mælt er með að hitastigsferlar séu svipaðir og sjást á mynd 8. Í forskriftinni sem er sýnd á myndinni lækkar hitastig varmamiðils stöðugt meðan á þíðingunni stendur og er það gert til þess að yfirborð fisksins ofhitni ekki. Í lok þíðingar er fiskurinn kældur að 0°C.

Jafnvel er heppilegt að geyma fiskinn í söltu (0,2-0,5%) krapavatni í nokkrar klukkustundir, en við það fær hann nokkuð af sínu náttúrulega útliti aftur.



Mynd 9: Hitabreytingar við frystingu og þíðingu í lofti. Þyngd fisks er 1,623 kg. Frystingin er loftfrystir með -30.7°C og lofthraðinn er 4 m/s . Þíðingin á sér stað í lofti með lofthraða 6 m/s , hitinn er 20°C og loftrakinn er 95% (Lorentzen o.fl. 1966).

Við þíðingu þarf varma til að hækka hitann að bræðslumarki og síðan þarf varma til að bræða ísinn. Út frá varmafræðinni er þessi ferill öfugur við frystingu og eru um sömu varmafræðilegu vandamálin að ræða hér og í frystingu, sjá mynd 9. Að viðbættum varmaflutningi til yfirborðsins og varmaleiðni í vörunni þá getur varminn einnig borist inn í vöruna með rafsegulbylgjum og örbylgjum. Þessar aðferðir eru sem stendur dýrar og erfitt er að stýra þeim þannig að afurðirnar ofhitni ekki. Fiskur er yfirleitt þíddur með volgu, röku lofti eða í vatni.

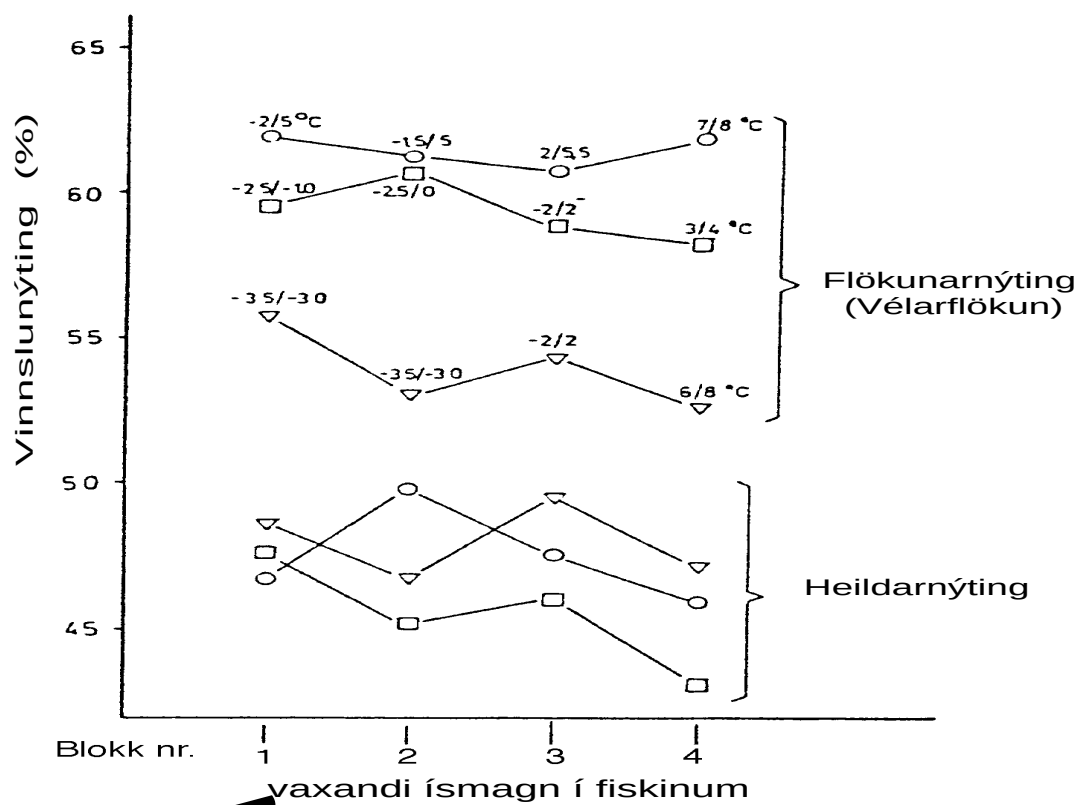
Ekki er hægt að sýna áhrif tvífrystingar á gæði hráefnis án þess að vita hvernig hráefnið var meðhöndlað. Með venjulegum þíðingaraðferðum er ekki hægt að fá hraðþíðingu á fiski. Ástæðurnar fyrir því eru m.a. þær að varmaleiðni ófrosins fisks er $1/3$ til $1/4$ af varmaleiðni frosins fisks og að hitamunurinn á milli fisksins og varmagjafans má ekki vera það mikill að eiginleikar fiskholdsins breytist og vatnsbindni þess minnki. Þar sem varmaleiðnin er háð hitamun milli yfirborðsins og þíðunarstaðarins, þá er hætta á því að gelagróður fari að stað og valdi skemmdum á fiskinum. Það er mikilvægt að finna

réttustu aðferðina sem gefur hagstæðustu hitastigsbreytingarnar fyrir gæði fisksins. Erfitt er að finna þessa aðferð nema að þekkja allan vinnsluferilinn og forsögu hráefnisins. Við þíðingu á fiski er yfirleitt notast við hita á bilinu 10° - 18°C.

Vinnsluhitinn er mikilvægur og ekki síður er mikilvægt að geta mælt og stjórnað hitanum við þíðingu. Rétt val á búnaði skiptir miklu máli og því þarf að vanda valið. Einnig er rétt stýring nauðsynleg til þess að ná hámarksnýtingu úr hráefninu og tryggja að afurðin haldi gæðunum. Vatnsþíðingin er mest notuð og ein útgáfan er sú að setja rétt hlutfall af vatni og fiski í ker þannig að vatnið hiti fiskinn það mikið að lokahitinn sé nálægt 0°C. Það verður að gæta þess að hitinn í fiskinum fari ekki yfir suðumark og að fiskprótein breytist ekki. Auðvelt er að stjórna hitanum í fiskinum með þessari aðferð. Annar kostur við vatnsþíðingu er sá að blóð og annað skolast úr fiskholdinu og holdið verður ljósara, sérstaklega hnakkastykkið, en ókosturinn er sá að gerlar dreifast auðveldlega um fiskinn.

Við þíðingu í röku lofti er varmi loftsins það lítill að nauðsynlegt er að bæta við varma. Loftið kólnar þegar því er blásið yfir kalt yfirborð fisksins og er mikilvægt að fylgjast vel með hitanum og forðast það að þíðingin gangi mishratt, þannig að hluti fisksins sé löngu þíddur áður en allur fiskurinn er tilbúinn. Þessi aðferð er auðveld í stjórnun og er hægt að stjórna bæði tíma og yfirborðshita og fá þannig jafna þíðingu sem er jákvæð bæði fyrir nýtingu og gæði afurða. Loftþíðing er heppileg fyrir fiskverkendur og þarf kerfið lítið pláss, það er hagkvæmt í rekstri og hentar sérlega vel fyrir verkendur sem vinna frosin flök.

Reynslan sýnir að yfirþíðing og hár hiti við vinnsluna hafa í för með sér lélegri nýtingu í vinnslu. Mikilvægt er að fiskurinn sé ekki yfirþíddur og er frekar ætlast til þess að hluti íssins sé eftir í þykkasta hluta fisksins þegar þíðingu er lokið. Tilraunir sýna að nýtingin er góð þó að stór hluti vatnsins í fiskholdinu sé ennþá ís svo fremi að nýtingin sé góð úr flökunarvélunum, sjá mynd 10. Úr umfangsmiklum tilraunum sem gerðar voru í Noregi kom í ljós að best var nota sem lægstan hita við vinnsluna.



Mynd 10: Nýtingin er háð hita og ísmagn í fiskinum við flökun. Tölurnar gefa mælt hitastigsbil (Magnussen, 1988).

Það hefur sýnt sig að í fullri vinnslu hefur verið erfitt að fá góða stjórnun á þíðingunni. Þess vegna er gott að kæla fiskinn eftir þíðingu og áður en hann fer í vinnslu og auka gæði fisksins á þann máta. Hugsanlegar kæliaðferðir eru ísun og/eða krapí. Auðvelt er að kæla fisk í vatnsþíðingarbúnaði með því að bæta ís út í vatnskerið í lok þíðingar og fá þannig snöggkælingu og geymslu í krapakeri áður en fiskurinn fer í vinnslu. Þessi útfærsla er ódýr og ef sömu kerin eru notuð við þíðingu og geymslu er hvorki þörf á mikilli tilfærslu á hráefninu né miklum mannskap.

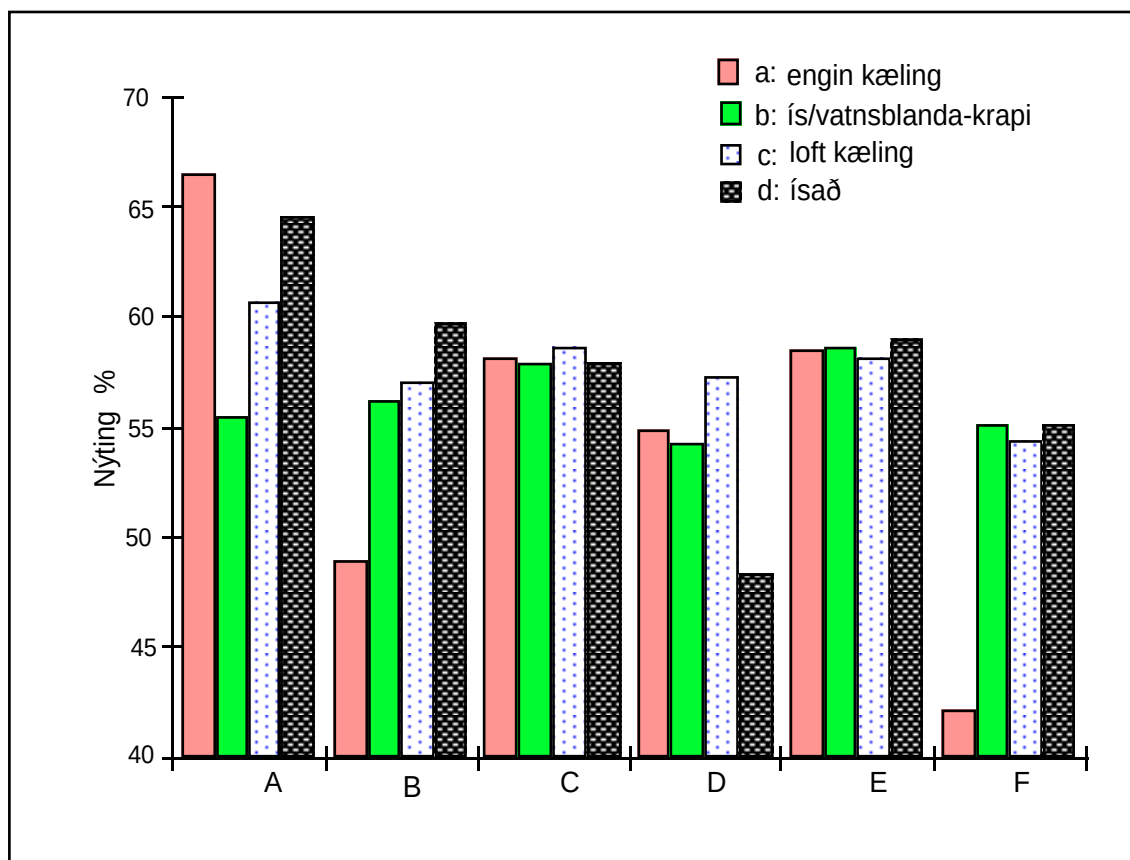
Búnað, sem á að skila miklum afköstum með sem minnstum kostnaði, er hægt að útfæra þannig að blokkunum er staflað í hillur og sökkt í stórt vatnsker og er vatnið notað sem hitagjafi í þíðingunni. Þegar þíðingu lýkur er vatnið kælt og notað til að kæla fiskinn fyrir vinnslu. Þessi útfærsla er mikið notuð í stærri vinnslustöðvum erlendis og er ódýr í rekstri.

Ítarlegar tilraunir voru gerðar á vatnsþíðingarbúnaði með hillu og voru bæði könnuð áhrif hita við þíðingu og kæliaðferða eftir þíðingu og hitinn var skráður í vatnskerinu. Sex ólíkir hópar voru þíddir og aðstæður í hverju tilviki eru gefnar upp á næstu síðu.

Aðstæður við þíðingu á þorski eru eftirfarandi:

Merkingar	Meðalhitinn í þíðingu (°C)	Vatnsmagn
A	~15	mikið
B	~12	lítið
C	~9	mikið
D	~9	lítið
E	~5	mikið
F	~5	lítið

Eftir þíðingu var hópunum skipt upp í 4 undirhópa og var einn af þeim tekinn beint í vinnslu. Hinir þrír hóparnir voru kældir á 3 mismunandi vegu og hitinn í fiskholdinu jafnaður út áður en hann fór í vinnslu. Fiskurinn var kældur strax um morguninn og vinnsla fór fram síðdegis sama dag. Flokkarnir voru a) engin kæling, b) kæling í krapablöndu, c) kæling í köldu lofti, d) kæling í ís.



Mynd 11: Heildarvinnslunýting þorsks eftir að hafa verið þíddur í vatni og kældur eftir þíðingu á mismunandi hátt (Magnussen, 1988).

Heildarvinnslunýtingin úr þessum flokkum er sýnd á mynd 11. Það sést að vinnslunýtingin sveiflast mikið hjá þeim fiski sem ekki er kældur eftir þíðingu og algengt er að fiskverkandinn tapi mikið á vinnslunni ef engin kæling á sér stað eftir þíðingu. Það kemur nokkuð á óvart hvað sveiflukenndur munur er á milli hópanna.

Niðurstaðan sýnir að vinnslunýtingin er meiri hjá fiski eftir því sem hann er kaldari þegar hann fer í vinnsluna og ekki er verra að eitthvað sé eftir af frosnu vatni innst inni við beinin. Á meðan fiskurinn er stífur þá tætist hann ekki svo létt. Til þess að ná jafnri hitadreifingu í fiskinum er best að hætta þíðingu rétt áður en fiskurinn er fullþíðinn eða að kæla fiskinn eftir þíðingu. Í fyrra tilvikinu er erfitt að stoppa þíðingu á réttum stað þannig að hráefnið sé með jafna hitadreifingu og vinnist allt jafn vel. Misheitt hráefni er mismjúkt og vinnslunýtingin er mjög breytileg eftir hita hráefnis. Úr þessum tilraunum fáum við ekki vísbendingu um hvaða kælingaraðferð eftir þíðingu er best, en þó kemur ísúnin einna best út og þá sérstaklega ef hitinn í þíðingunni hefur hækkað of mikið.

5.2. Aðferðir við að þíða fisk.

Hægt er að skipta þíðnun upp í tvennt, þ.e.:

Þíðnun -Lægsta hitastig -1°C , ekkert frosið vatn eftir, fullþíðnun.

Hálþíðnun ("tempering") - lægsta hitastig -2°C til -7°C , hluti vatnsins er frosið. Hálþíðnun tekur mun minni orku en alger þíðnun.

Hálþíðnun er oftast notuð þegar framleiða á skurðbita, kökur, stauta o.s.frv. úr flakablokk án roðs og beina. Freðinn fisk, sem á að flaka og roðfletta, þarf að þíða alveg til að fá bestu nýtingu en hafa verður í huga að hitinn í honum verði sem lægstur og jafnvel undir frostmarki.

Þegar valin er aðferð og búnaður til að þíða fisk er mikilvægt að hraði þíðnunar sé nægur til að ná sem mestum afköstum og gæðum. Hins vegar má hitinn ekki verða það mikill að fiskurinn soðni.

Ýmsar aðferðir hafa verið prófaðar til þíðingar, en þær hafa gefist misvel. Í raun er ýmist notað volgt vatn sem úðað er yfir fiskinn eða volgt, rakt loft sem blásið er á hann. Við hálþíðnun hefur notkun örbylgna aukist, (sjá viðauka 3, bls. 34)

Hægt er að flokka aðferðir við þiðnun frosinna matvæla eftir því hvernig varmaflutningur á sér stað milli hitagjafa og matvæla.

I Leiðni

Logn	náttúruleg þiðnun
Blástur	rakt eða rakamettað loft við hámark 20 °C.
Vatnsbað	volgt vatn við 20 °C hámark
Vatnsúði	volgt vatn við 20 °C hámark
Plötur	blokk milli platna með hitamiðli
Gufuhitun	hitun við undirþrýsting, mettuð gufa

II Geislun

IR geislar

III Torleiðni

Hátíðni

Örbylgjur

IV Viðnám

Rafstraumur 50 Hz, stillanleg spennan

V Samsett

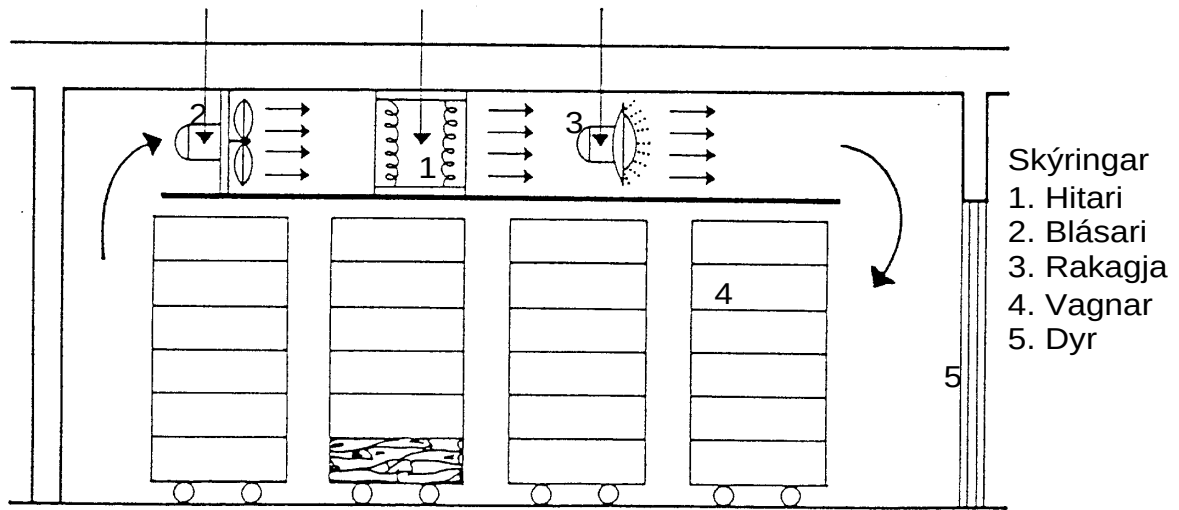
Samsett úr einhverju ofangreindum aðferðum

Tvífrystingin gerir enn strangari og jafnframt sérhæfðari kröfur til ástands og meðferðar hráefnisins heldur en hefðbundin vinnsla gerir. Þær kröfur taka til hráfnis strax við veiði.

Til varðveislu hráefnismæða er best að hratt sé þítt en allar aðferðir hafa þó einhverja ókosti. Þíðingaraðferðir eru einkum þessar:

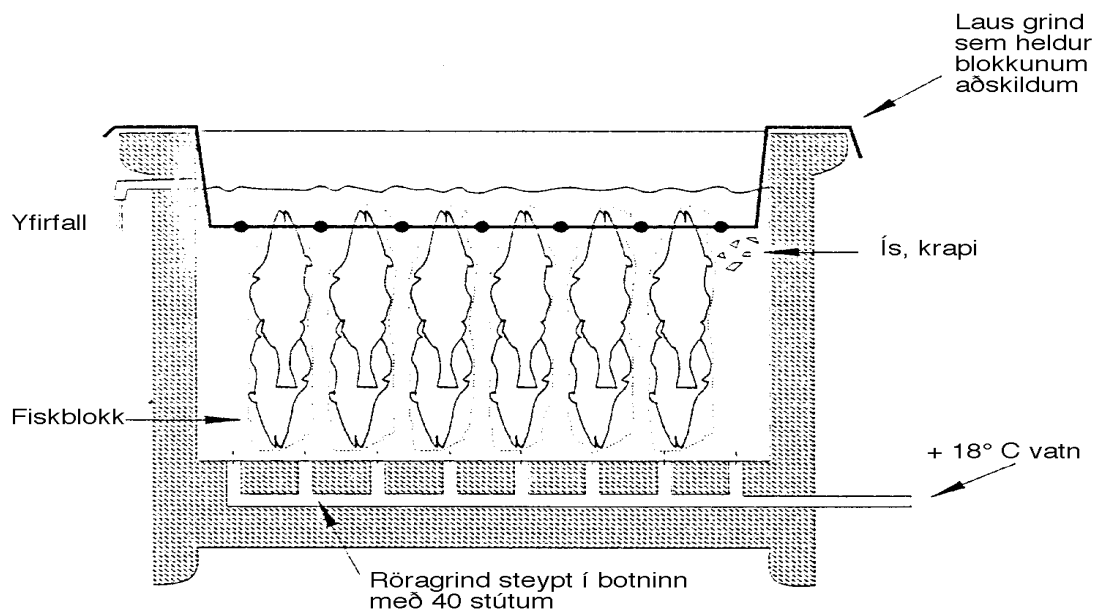
- Þíðing í kyrru lofti.** Fer fram við 15 - 20° C. Forðast þarf þornun yfirborðs, fiskurinn tekur mikið pláss, 10 cm blokk tekur um 20 tíma að þiðna til fulls, en stakir fiskar um 8-10 tíma.
- Þíðing í loftblæstri.** Gengur mun hraðar en í kyrru lofti. Fiskblokkum er raðað í hillur á vögnum sem er ekið inn í klefa, lofthitinn er oft hafður um 20°C og lofthraði 2 - 8m/s. Það hefur reynst best að loftið sé sem næst rakamettað til að auðvelda varmaflutninginn og flýta fyrir þiðnun, en loftraki þéttist á yfirborði fisksins. Vatni er úðað í hlýtt loftið áður en það berst að fiskinum, sjá mynd 12.

10 cm blokk þiðnar við ofangreindar aðstæður á 4-5 tímum. Þiðnun með þessu móti má ýmist gera í lotum (batch thawing) eða í samfeldri þiðnun (continuous thawing).

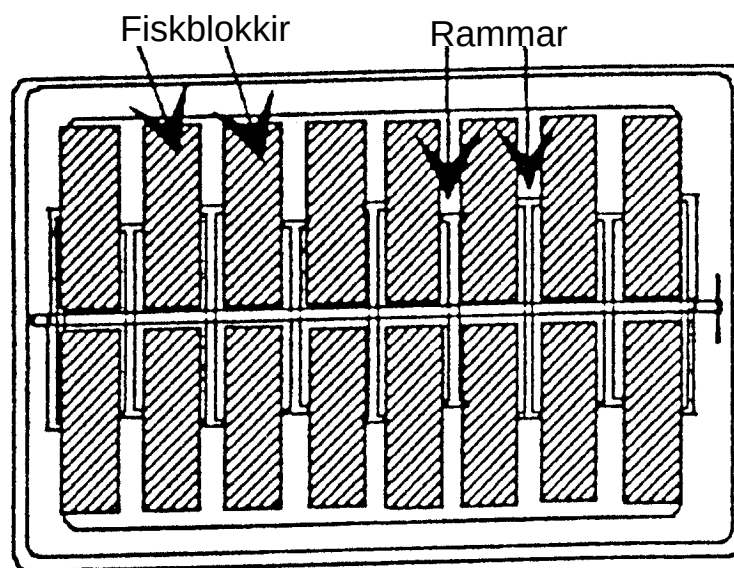


Mynd 12: Klefi til þess að þíða í lofti við stýranlegar aðstæður (Pedersen 1980).

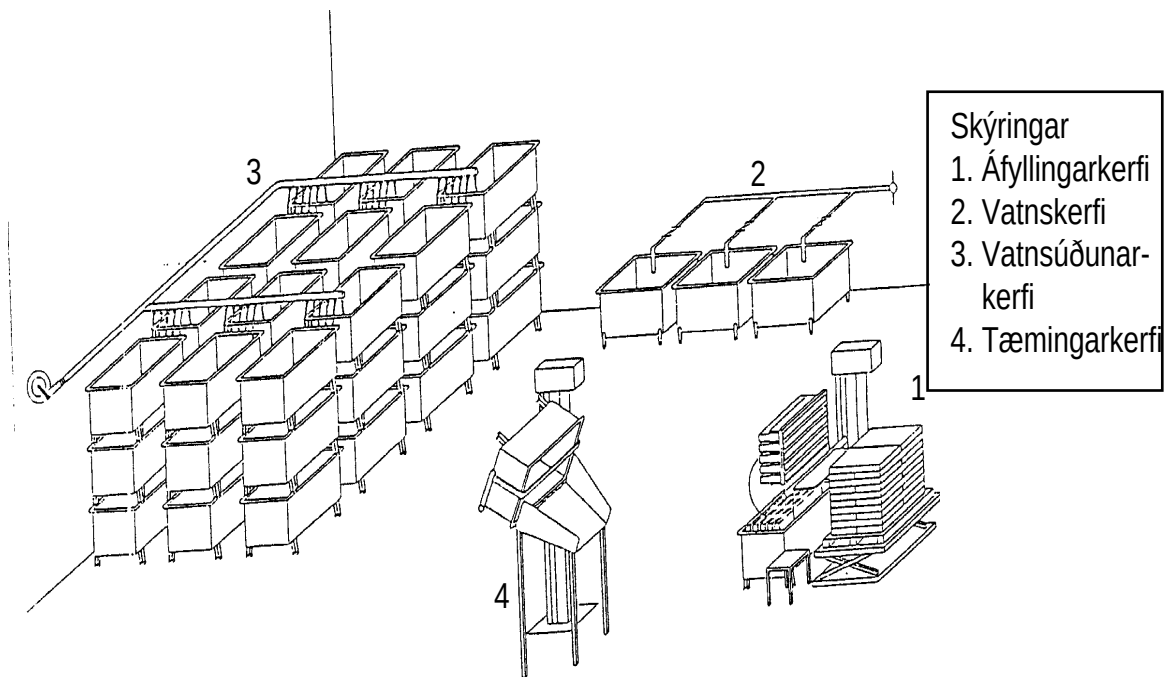
3) Þíðing í vatni. Er ódýr og auðveld, ef nóg vatn er á staðnum. Blokkum er þá ýmist dýft í vatn eða vatni úðað yfir þær, sjá myndir 13 -16. Flök er ekki hægt að þíða á þenna hátt, þau tapa verulega bragði og verða vatnsósa. Heilan fisk má þíða á þennan hátt, bæði fisk með haus og hausaðan, en hnakkaholdið getur litast ef óhreint vatn er notað. Fiskurinn þyngist lítillega en vatnið tapast aftur eftir flökun. Vatnið má ekki vera heitara en 18°C og streymi þess minnst 5 mm/sek. 10 cm blokkir þiðna á 4 tíma. Einföld leiðbeining er að finna í viðauka 1, bls. 32.



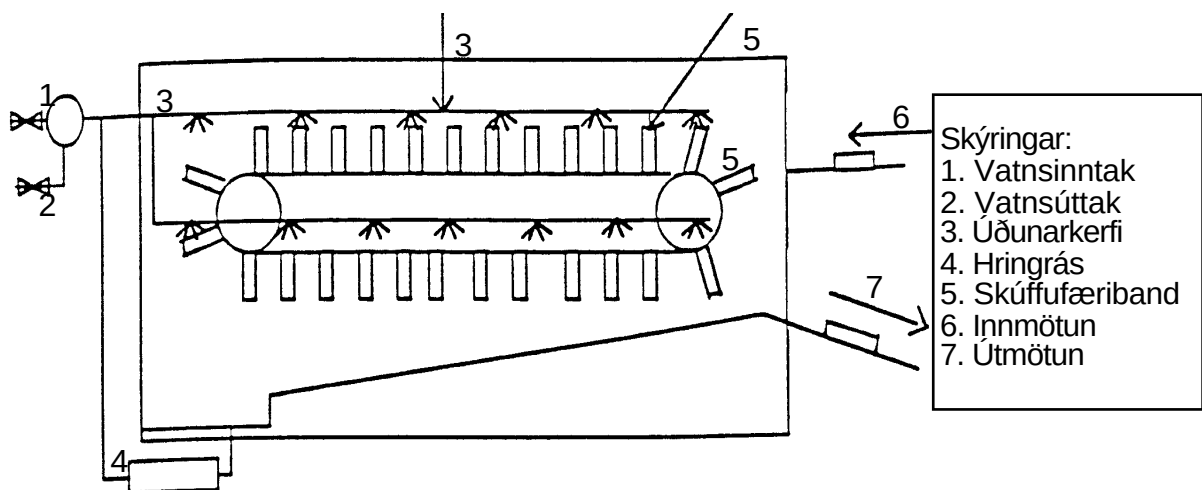
Mynd 13: Ein útfærsla á kerfi fyrir þíðingu í vatni á heilum fiski, séð á hlið (Friðgeirsson 1992).



Mynd 14: Séð ofaná þíðingarker fyrir vatnsþíðingu, blokkunum er raðað upp á rönd og ramminn heldur blokkunum í sundur.



Mynd 15: Fyrirkomulag á kerfi fyrir þíðingu með vatnskerjum (Carnitech).



Mynd 16: Færibandabúnaður með vatnsúða fyrir þíðingu á frosnum blokkum (Jacobsen 1992).

- 4) **Þíðing við undirþrýsting og raka.** Þessi aðferð byggist á því að nota klefa sem hægt er að setja á undirþrýsting og rakt loft. Hitinn getur verið hár í byrjun. Þessi aðferð getur haft slæm áhrif á fiskinn, þá sérstaklega ef hann er í dauðastirnun. Blokk þíðnar á 1-2 klst.

- 5) Þíðing með rafmagni.** Þíðingarhraði aðferða 1-4 takmarkast af varmaleiðni gegnum fiskholdið en í rafsviði má þíða fiskinn óháð því, annað hvort með notkun síbreytilegs sviðs (dielectric heating, 5 kv og 80 MHz) eða með viðnámshitun (resistance heating) Hvort tveggja er hraðvirk en dýrt, og viss hættu er á yfirhitun sums staðar í blokkum. Fiskur í dauðastirnun getur farið illa í svo hraðri þíðingu.
- 6) Þíðing með örbylgjum.** Þessi aðferð er sú hraðvirkasta af þessum aðferðum, en veruleg hættu er á að yfirborðið soðni og aðferðin er mjög dýr. Fiskur í dauðastirnun getur farið illa í svo hraðri þíðingu.

Af þessari lauslegu samantekt virðist ljóst að hagkvæmast muni að þíða fisk í rökum loftblæstri, með vatnsúða eða í vatnskari.

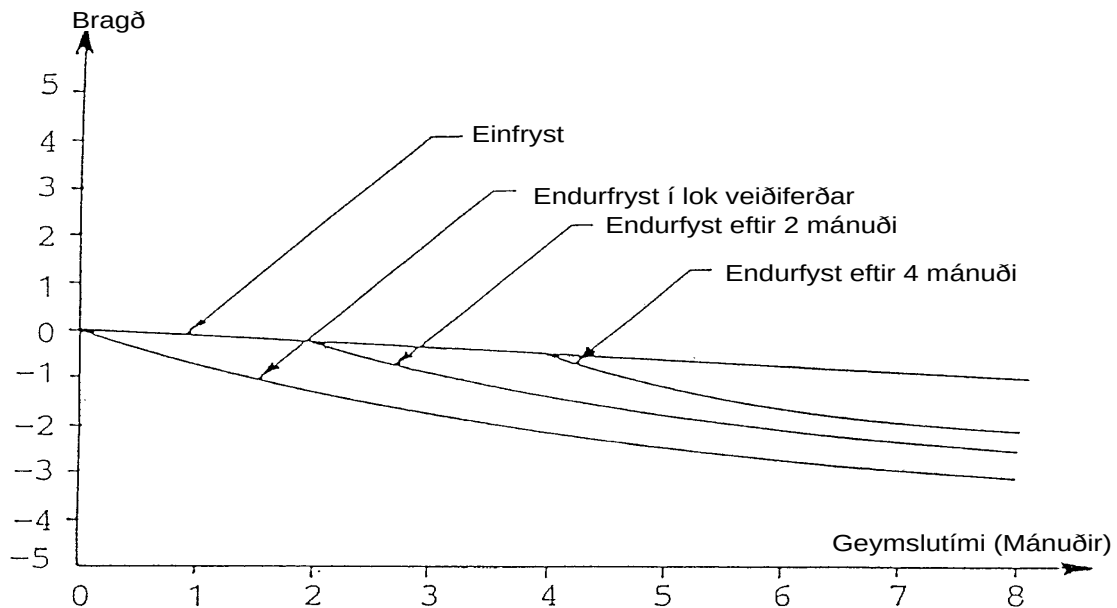
6. VINNSLA

Í vinnslu gilda sömu lögmál og fyrir einfrystan fisk þannig að ekki er farið sérstaklega út í það herna, (sjá viðauka 2, bls. 33). Þó er sérstaklega mikilvægt að halda hráefninu og afurðunum eins köldum og unnt er og hraða vinnslu þar sem fiskholdið er viðkvæmara eftir að hafa verið fryst einu sinni. Fiskurinn er sérstaklega viðkvæmur fyrir þrýstingsálagi en það eykur vatnslosun (rýrnun) í vinnslunni. Þessi aukna viðkvæmni skýrist af þeim eðlisbreytingum sem fiskurinn hefur farið í gegnum við frystingu.

Gerðar hafa verið tilraunir til þess að minnka vatnslosun og bæta útlit með því að dýfa flökunum ofan í polyfosfat lausn. Áhrifin eru mest þegar hráefnið er sem lélegast.

Við frekari frystingu og geymslu er, eins og í fyrri frystingunni, nauðsynlegt að hafa frystitímann nógu stuttan til þess að koma í veg fyrir óeðlilega kristallamyndun og kæla fiskinn niður í geymsluhitastig. Heppilegt geymsluhitastig er það sama og fyrir einfrystan fisk ($<-24^{\circ}\text{C}$).

Geymslupól tvífrysts fisks er skemmra en geymslupól einfrysfs fisks (sjá mynd 17). Því er mikilvægt að þíða fiskinn og vinna hann sem næst sóludegi.



Mynd 17: Gæðarýrnun við þíðnun, flökun og endurfyrstingu þorsks. Breytingin á sér stað fyrst eftir endurfyrstingu. Síðan eiga breytingarnar sér stað hjá fiskinum með sama hraða og hjá einfrystum fiski (Andersen o.fl. 1966).

7. ÁLYKTANIR

Vinnsla tvífrysts hráefnis krefst aukavinnslubúnaðar og vinnu umfram það sem þarf við vinnslu á fersku hráefni. Líklegt er að gæðin verði minni á tvífrystum fiski í samanburði við ferskt hráefni, sem er unnið við sömu skilyrði. Þar að auki er hætta á því að þíddur fiskur tapi vatni í vinnslunni og einnig í frystitækjunum vegna þrýstings. Til þess að forðast rýrnun í hráefninu og minni gæði er mikilvægt að hafa eftirfarandi í huga:

- a. Hráefnið fái góða meðhöndlun í veiðarfærum, við blóðgun, slægingu og þvott, og jafnvel þarf að huga að kælingu fyrir frystingu.
- b. Fiskurinn sé frystur eins fljótt eftir veiði og hægt er án þess að hann verði fyrir hnjaski eða lendi undir þrýstingi.
- c. Frysta hráefnið sé íshúðað/pakkað strax eftir frystingu og geymt við jafnt og lágt hitastig.
- d. Við þíðingu á hitinn að haldast lágur í fiskinum og fiskurinn má ekki yfirþiðna eða hitna.
- e. Eftir þíðingu er fiskurinn kældur fyrir vinnslu og í vinnslunni er fiskinum haldið köldum.
- f. Öll vinnsla á að ganga hratt og greiðlega, þannig að fiskurinn sé aldrei geymdur flakaður eða niðurskorinn í vinnsluferlinum.

Mikilvægt að hafa það hugfast að mistök og slæm meðhöndlun magnast upp og trassaskapur á mörgum stöðum mun gefa lélegan árangur í vinnslu. Með því að vanda sig á öllum stöðum við flakavinnslu á tvífrystu hráefni er hægt að reikna með nýtingu sem er 0,5 - 1,5% lakari en búast má við ef unnið er úr fersku hráefni. Með því að nota polyfosfat í fiskinn mun nýtingin verða nærri því jafn góð og úr einfrystu hráefni og polyfosfatið mun einnig binda vatnið betur í fiskholdinu í vinnslu og við geymslu.

Við mat á gæðum afurða eftir tvífrystingu er mikilvægt að hafa hugfast að þegar borið er saman við afurð úr einfrystum fiski er þar oftast um að ræða nýtt og mjög ferskt hráefni. En raunin er oft önnur þegar unnið er úr nokkurra daga gömlu hráefni sem jafnvel hefur verið geymt í lélegum kæligeymslum við mismunandi aðstæður. Við það að bera saman hráefni sem hefur verið frosið og ísað hráefni sem búið er að geyma í nokkra daga, kemur tvífryst afurð oftast mun betur út.

8. HEIMILDIR

Andersen, P.E., Jul, M. & Riemann, H.1966. Industriell Levnedsmiddelkonservering. Vol. II. Teknisk Forlag, København.

Arason, S. og Ásgeirsson, L.(1984). "Um frystingu sjávarafurða". Tæknitíðindi nr. 157. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

Arason, S., Nielsen, J. og Sørensen, N.Kr. 1995. Rigor i fisk. Skýrsla frá Nordisk Ministerråd.

Carnitech. (1994). Sölubæklingar frá Carnitech a/s, Sørup, Danmark.

Davíðsson, K. P.(1987). "Dobbelbfrysning av fisk". Kandidatoppgave við Institutt for Fiskerifag, Universitetet i Tromsø, Noregi.

Friðgeirsson, P. (1992)."Þýðing þess að þíða rétt". Fréttabréf R.s., 7. árg., 7.tbl., 8-9.

Guðmundsson, B.(1991). Dauðastirnun fisks. Ægir, febrúar, 2.tbl., 82-83.

Huss, H.H. (1983). "Fersk fisk. Kvalitet og holdbarhed". Bók gefin út af F.F. í Lyngby, Danmörk.

Jacobsen, M. og Magnussen, M.P. (1992). "Optøning og produktion af frossen råfisk. En sammenligning af to metoder. Skýrsla frá Heislufurðiliga Starvsstovan, Þórshöfn.

James, S.J. og Bailey, C, (1984). The Theory and Practice of Food Thawing. I Zeuthen, P. o.fl. red. Thermal Processing and Quality of Foods. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London, síður 566-578.

Jason, A.C. (1982). "Fish handling and Processing". Ritstj. Aitken ofl. Útg. Min. of Agric. Fish. & Food og Torry Res. Station. Bls. 88-97.

Lorentzen, G. (1969) "Tinning av fisk og dobbelfrysing". Køleteknikk og fryserinæring, nr. 1.

Lorentzen, G. og Pettersen, R.T.(1966). "Tinemetodens innflyttelse ved "dobbelbfrysning" av torsk. Tinetidens betydning for kvalitet". Køleteknikk og fryserinæring, nr. 1, 3-11.

Magnussen, O. M. (1988). "Dobbelbfrysning - Prosess - og Utbytteforhold". Bls. 127 - 140. Fiskmassa - afsluttende projektrapport. Kaupmannahöfn.

Möller, A.(1985). Tvífrysting og áhrif hennar á gæði fisks. Skýrsla, Rannsóknastofnunnar fiskiðnaðarins.

Nilsson, K. & Ekstrand, B. (1993): The effect of storage on ice and various freezing treatments on enzyme leakage in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Z. Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 197:3-7.

Nilsson, K. & Ekstrand, B. (1994): Enzyme leakage in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) related to various thawing treatments. Z. Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 198:253-257.

Stefánsson, G. (1994). Efnafræði sjávarfangs. Kennsluefni í sjávarútvegsfræðum við Endurmenntunastofnun Háskóla Íslands.

Stroud G.D. (1969). "Rigor in Fish, the Effect on Quality". Torry Advisory Note nr. 36.

Sæmundsson, R. J.(1994). Tvífrysting. Skýrsla úr námskeiðinu Fiskiðnaðartækni II við Háskóla Íslands.

Sørensen, N., (1986). "Dobbelfrysing av fisk. Litteraturstudie og erfaringer fra inn- og utland". Skýrsla frá Fiskeriforskning, Tromsø, Noreigur. Rapportnummer 673.53-I.

Toftegård, K., Rasmussen, O., Magnussen, M.P. og Villadsen, A., (1989). Anvendelse af frossen råvare i fiskeindustrien. Skýrsla frá Vestnorden, Þórshöfn í Færeyjum.

Þíðingarferli fyrir Rússaporsk

Þrep þíðingar:

Tími og hitastig

I:

Bretti í vatnskeri

1,5 klst. 18 °C

Leysa í sundur

II:

Laus fiskur í vatnskeri

1,5 klst. 18 °C

III:

Kæling í ís

0°C

Geymsla í krapa eða í ís

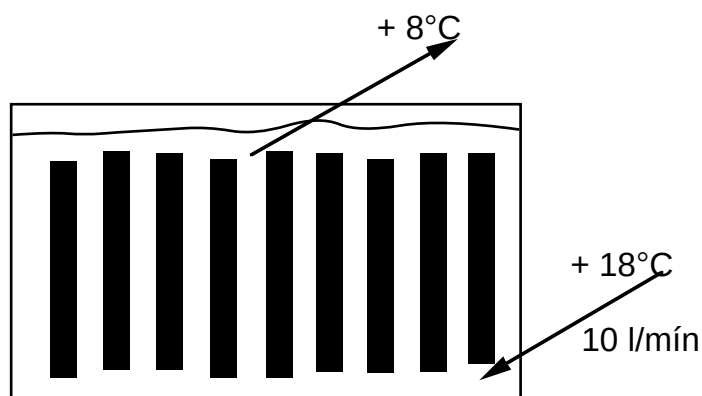
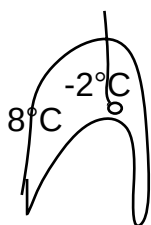
< 24 klst. 0°C

Vatnið tappað af kerinu

1 - 2 klst. áður en
vinnsla hefst

Vinnslunýting er svipuð og gerist hjá fersk fiski. Tvífrystur fiskur fer í allar pakningar.

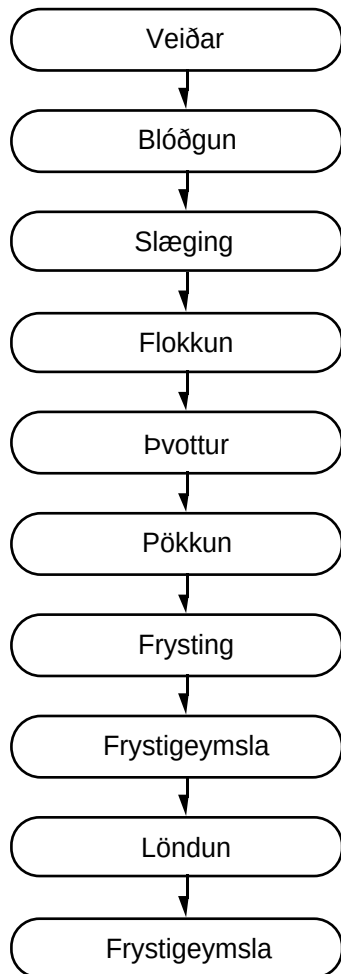
Í hvert ker er sett 270 -310 kíló af fiski og er notað 10 l/mín af 18°C heitu vatni en það fer út við 8 °C. Orkan sem fæst úr vatninu er $10 \cdot 1 \cdot (60 \cdot 10) = 6000$ kcal/klst eða 18.000 kcal á 3klst. Ef það á að þíða allan fiskinn þá þarf $300 \cdot 65 = 19.500$ kcal. Tíminn má styttest um 1 - ,5 klst þannig verður nokkuð eftir af ísnum inni í fiskinum. Í lok þíðingar er hitinn í kjarna fisksins - 2°C og yfirborðshitinn er +8°C.



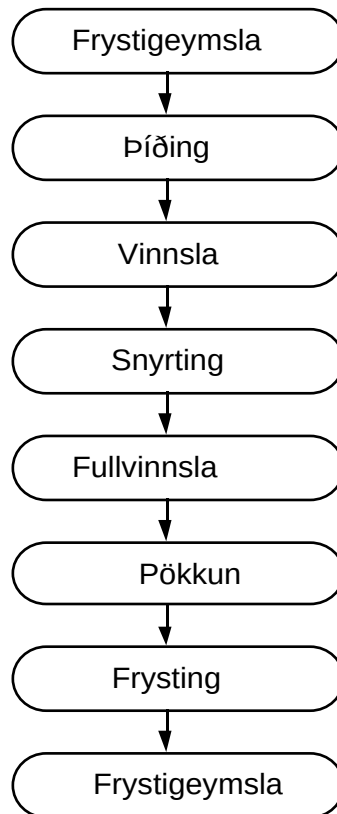
Viðauki 2

Vinnsluferlar fyrir tvífryst hráefni, a) um borð og b) í landi

a) Flæðirit fyrir tvífryst hráefni



b) Vinnsluferli í landi



Viðauki 3

Þíðingartími fyrir nokkrar fisktegundir með mismunandi þíðingaraðferðum. James o.fl (1984)

<i>Aðferð</i>	<i>Fisktegund</i>	<i>Þykkt sm</i>	<i>Hiti °C</i>	<i>Hraði m/s</i>	<i>Tími klst</i>
Loft	Porskur	11,4	16	7,6	5,9
	Porskur	11,4	24	7,6	4,4
	Sardínur	10	4	0	72
	Sardínur	10	20	2	8
Vatn	Porskur	11,4	16	0,02	5,3
	Porskur	11,4	27	0,02	3,4
	Sardínur	7,5	5	1	1,2
	Sardínur	7,5	25	1	0,3
Undirþrýstingur	Porskur	10	15		6,6
	Porskur	10	30		4,5
	Túnfiskur	10	10		3,8
	Túnfiskur	10	25		2,2
Rafsvið	Hake	5,8	0,75kW,40MHz		0,8
	Síld	8,3	1,5kW,40MHz		0,2
Orbylgjur	Porskur	7,5	20 kW,245 MHz		0,2-0,25
	Síld	7,5	20 kW,245 MHz		0,2-0,25