

Nr. 157

1. september 1984

Um frystingu sjávarafurða.

Skýrsluna í heild má panta í síma 20240.

UM FRYSTINGU SJÁVARAFURÐA

Sigurjón Arason

Lárus Ásgeirsson

ÚTDRÁTTUR

Í þessum tæknitíðindum er fjallað um skilgreiningar hugtaka við frystingu og nokkur atriði sem varða frystingu og frostgeymslu. Þessar upplýsingar eru ætlaðar þeim sem vinna við frystingu og geymslu á sjávarafurðum og einnig þeim sem vinna við hönnun á frystibúnaði.

Byrjað er á því að skilgreina nokkur hugtök s.s. kjarnhitastig, staðalfrystitíma, raunfrystitíma og frystihraða. Frystingu er lýst og eru þau atriði sem ber að varast talin upp. Fjallað er um eðlisbreytingar fiskholdsins við frystingu og einnig varmafræðileg atriði m.a. varmaleiðni og varmaflutning.

Kröfum um frystingu eru gerð skil og er þar vitnað í alþjóðlegar reglur um frystihraða sem Alþjóðakælistofnunin (I.I.R.) hefur mælt með.

Frystitími matvæla ákvarðast af mörgum þáttum, bæði eðlis-eiginleikum þeirra og þeim búnaði sem notaður er. Helstu áhrifaþættirnir eru taldir upp.

Geymsluþol nokkurra sjávarafurða í frostgeymslu er gefið við þrjú geymsluhitastig. Fjallað er um geymsluhitastig í frostgeymslum.

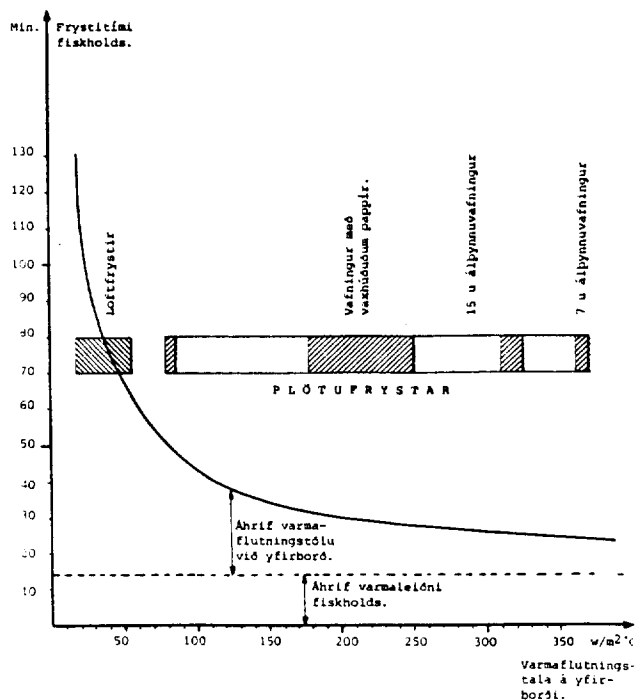
Fjallað er um nokkrar grundvallarforsendur við hönnun og rekstur frostklefa og frysta. Reynt er að benda á helstu atriði sem þarf að athuga við hönnun slíkra vinnslueininga. Fjallað er um frostgeymslur, plötufrysti og loftfrysta.

EFNISYFIRLIT

BLS.

1. INNGANGUR	1
2. SKILGREININGAR	1
3. FRYSTING	2
4. KRÖFUR I.I.R. UM FRYSTINGU	5
5. ÁHRIFADÆTTIR Í FRYSTINGU	6
6. FROSTGEYMSLA	13
7. HÖNNUNARFORSENDUR FROSTKLEFA OG FRYSTA	17
8. LOKAORÐ	24
9. HEIMILDIR	25

Mynd Frystitími 12 mm fiskblokkar sem fall af varmaflutningstölu við yfirborð fiskblokkar. Einnig sést jami um tegundir frysta og áhrif \rightarrow úða.



1. INNGANGUR

Í þessum tæknitíðindum er ætlunin að fjalla um skilgreiningar og þekkt atriði sem lúta að frystingu. Undanfarið hefur verið mikið skrifað og talað um frystingu og þar hefur komið í ljós að margt virðist vera þar á reiki.

Margir nýliðar í frystingu eru að hefja vinnslu og hafa þeir kvartað mikið yfir því að það vanti einhverjar handbærar upplýsingar. Vonandi getur þessi skýrsla orðið þeim að einhverju gagni. Í kjölfar þessarar skýrslu má búast við fleiri tæknitíðindum á þessu sviði og þá fleiri niðurstöður úr okkar eigin mælingum.

2. SKILGREININGAR

Til að koma í veg fyrir misskilning er nauðsynlegt að skilgreina nokkur atriði við frystinguna. Matvara er sögð frosin þegar megnið (75%) af frjósanlegu vatni í matvörunni hefur breyst í ís. Tilgangur frystingarinnar er að varðveita matvöruna þ.e. að eðlis-, lífefna- og örverufræðilegar breytingar haldist í lágmarki, bæði meðan á frystingu stendur svo og í frostgeymslu.

Þegar vara er kölluð hraðfryst (quick frozen) eða djúpfryst (deep frozen) er almennt átt við að hún verði fryst og varðveitt á eftirfarandi hátt:

- Frysting/kæling er hröð á hitastigsbilinu -1 -
-5°C, þegar mesta ískristalsmyndunin á sér stað og varan er frosin þegar hitastig í kjarna er 10°C undir frostmarki. Frystingu er endanlega lokið þegar varan hefur náð a.m.k. -18°C.
- Varan er geymd við a.m.k. -18°C og hitastigs-sveiflum í geymslu og flutningi er haldið í lágmarki.

Kjarnhitastig (thermal center)

Kjarnhitastig er hæsta hitastigið í vörunni þegar frystingu er lokið. Oftast er það miðjan í þykkasta hluta vörunnar.

Staðalfrystitími (nominal freezing time).

Staðalfrystitími tiltekinnar vöru, sem í upphafi er 0°C í kjarna, er sá tími, sem það tekur kjarnhitastig vörunnar að ná hitastigi 10°C undir frostmarki vörunnar.

Raunfrystitími (effective freezing time).

Raunfrystitími er sá tími sem krafist er til að lækka hitastigið í kjarna afurðarinnar frá upphafshitastigi til tiltekins lokahitastigs. Er þá miðað við 10°C undir frostmarki.

Frystihraði

Frystihraði vöru er skilgreindur sem hlutfall milli minnstu fjarlægðar frá yfirborði að kjarna og þess tíma sem líður frá því að yfirborð er 0°C og þar til hitastig í kjarna er 10°C lægra en það hitastig, þegar fyrstu ískristallar myndast í kjarna. Fjarlægðin er mæld í cm og tíminn í klukkustundum og mælieiningin er þá cm/klst.

3. FRYSTING

Kæling og frysting hafa það meginmarkmið að minnka örveruvirkni og ensímavirkni matvæla. Við lágt hitastig hægir mjög á vexti allra örvera sem kynnu að vera í matvælunum. Eftir því sem hitastig er lægra en kjörhitastig örverunnar því minni er virkni hennar. Eyðilegging matvöru af völdum örvera er ekki alltaf eitrun heldur miklu oftast annars konar skemmdir eins og t.d. bragðskemmdir, próteinniðurbrot o.fl. sem gera matvöru mjög ólystuga. Ensím geta valdið skemmdum í fiski. Virkni ensíma minnkar til muna við kælingu og frystingu.

Við hæga frystingu myndast stórir ískristallar og verða þeir oft það stórir að þeir sjást með berum augum. Stórir ískristallar eyðileggja meira en þeir smærri.

Við hraða frystingu nær vatnið ekki að streyma úr frumunum áður en það frýs og hefst þá ísmyndunin í frumunum sjálfum. Lögun fiskvöðvans helst þá næstum óbreytt og verður þá um mjög litla eyðileggingu að ræða.

Við hæga frystingu streymir hluti af vatni fruma út á milli frumanna og myndast ískristallar á milli frumanna og losa um frumurnar. Einnig myndast ískristallarnir mjög hægt og verði þeir stórir hefur vökvinn möguleika á að sjúga vatn úr frumum vegna þrýstings sem myndast yfir frumuveggina vegna mismikils styrks uppleystra agna í lausninni beggja vegna veggjarins.

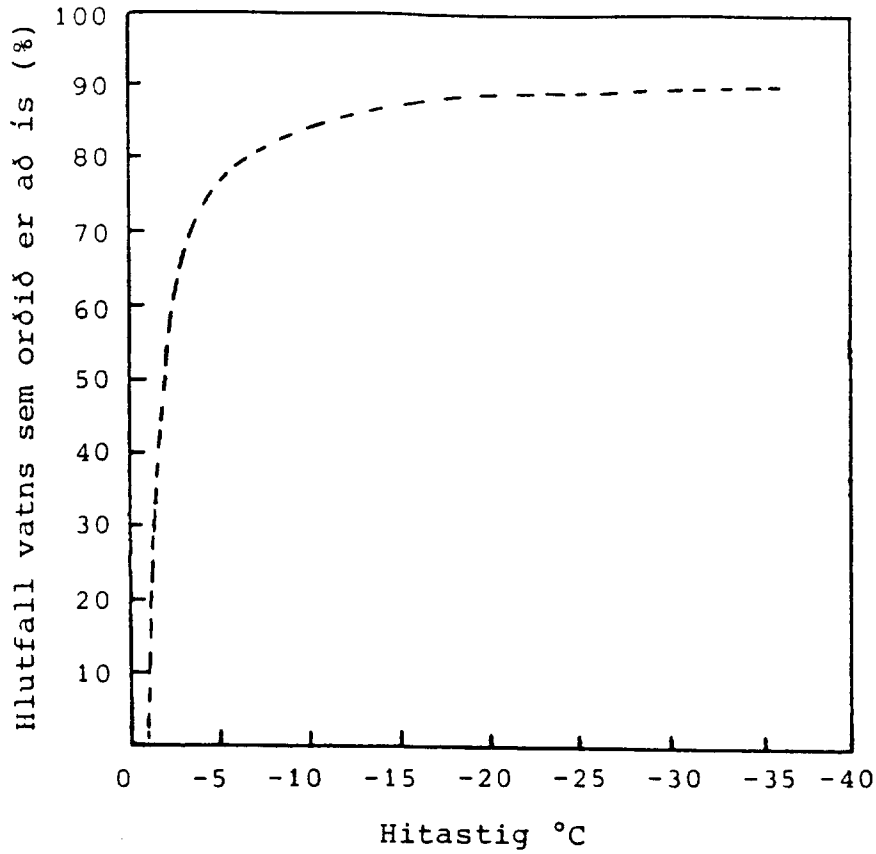
Við ískristalsmyndunina verður styrkur uppleystra efna meiri og getur hann flýtt fyrir niðurbroti ýmissa efna. Uppleystu efnin virka sem hvatar þar til að þau storkna sjálf. Hæg ískristalsmyndun hefur áhrif á vatnsbindieiginleika fiskholdsins og það hefur sýnt sig að mikið hrip ("drip") kemur úr fiski sem hefur verið hægfrystur.

Í heimildum skjóta eftirfarandi fullyrðingar oft upp kollinum: "Því hraðari frysting því betri verða gæði afurðarinnar" og enn fremur "frysting hefur engin áhrif á gæðin". Við frystingu í mismunandi frystibúnaði hefur ekki fundist neinn mismunur á gæðum. T.d. voru hörpuðiskur, rækja og koli fryst í freonfrysti, plötufrysti og loftfrysti og voru áhrifin metin með skynmati og mælingum á hripi. Niðurstaðan var sú, að enginn marktækur mismunur fannst á afurðunum eftir frystinguna.

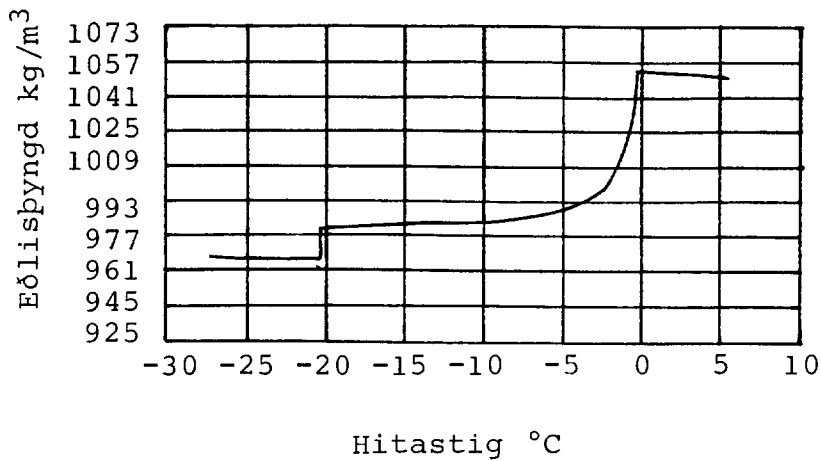
Venjulega hefur frystingin áhrif á eðliseiginleika afurða en lítil áhrif á þá eiginleika sem stýra bragði, lykt og útliti.

Ástand fiskvöðvans getur haft allveruleg áhrif á frystihraða fisks og er nauðsynlegt að vita hvort fiskurinn er í dauðastirðnun eða ekki. Ekki er hægt að meta frosthraðann hvort hann hafi verið hægur eða hraður út frá kristallastærðinni eða staðsetningu þeirra án þess að vita um ástand fiskvöðvans fyrir frystingu, þ.e. dauðastirðnun.

Við frystingu á fiski er erfitt að segja fyrir um hitastigsbreytingar vegna breytanleika í þurrefni, fitu og mismunandi lögun vöðva. Uppleystu efnin í vökva fiskvöðvans hafa áhrif á ísmyndun vatnsins og einnig sá hluti vatnsins sem er bundinn próteinum. Á mynd 1 sést hve stór hluti vatnsins er frosinn við hvert hitastig. Eðlisþyngd þorskvöðva breytist með hitastiginu og sést það vel á mynd 2.



Mynd 1. Íshluti vatns í þorski sem fall af hitastigi, $(\frac{\text{ís kg}}{\text{ís kg} + \text{vatn kg}} \times 100)$



Mynd 2. Eðlisþyngd þorskvöðva.

Með blæstri fæst mun meiri frystihraði en í kyrru lofti. Varma-
streymi í afurðinni gerist með leiðni. Aukið loftstreymi
(blástur) um afurð hraðar brottflutningi á upphituðu lofti
sem er næst afurðinni. Þannig nær kaldasta loftið að streyma
um afurðina og varmaflutningur frá henni því meiri.

4. KRÖFUR IIR UM FRYSTINGU.

Eins og fram hefur komið þá er nauðsynlegt að frysting í
fiskholdi gangi fljótt fyrir sig. Erlendis eru ákveðnar við-
miðunarreglur í heiðri hafðar við skilgreiningu á frystihraða.
Þessar reglur eru ekki settar fram í alþjóðastöðlun, heldur
hafa þær verið notaðar í almennum viðskiptum til að greina
á milli frystihraða (commercial practice). Alþjóðakælistofn-
unin (IIR) hefur mælt með alþjóðlegum reglum. Í þeim er gert
ráð fyrir að frystihraði geti verið frá 0.1 - 100 cm/klst og
gildi þá eftirfarandi:

- 0.1 - 0.5 sm/klst : Hæg frysting (slow freezing) er
frysting í lélegum loftfrysti og
frysting í frostgeymslum.
- 0.5 - 3.0 sm/klst : Hraðfrysting (quick freezing).
Gildir um frystingu á matvælum í
loft- eða plötufrysti.
- 5.0 - 10 sm/klst : Snögg frysting. Næst við fryst-
ingu á litlum einingum í plötu-
frysti eða loftfrysti við mjög
mikinn lofthraða.
- 10.0 - 100 sm/klst : Leifturfrysting. Þessum frysti-
hraða er náð með úðun eða ídýfu í
fljótandi köfnunarefni eða freon.

Ofangreindar skilgreiningar eru settar fram af IIR eins og
greint er frá að ofan. Hins vegar geta aðilar gert samninga
sín á milli um aðrar kröfur við frystingu.

5. ÁHRIFAÐETTIR Í FRYSTINGU

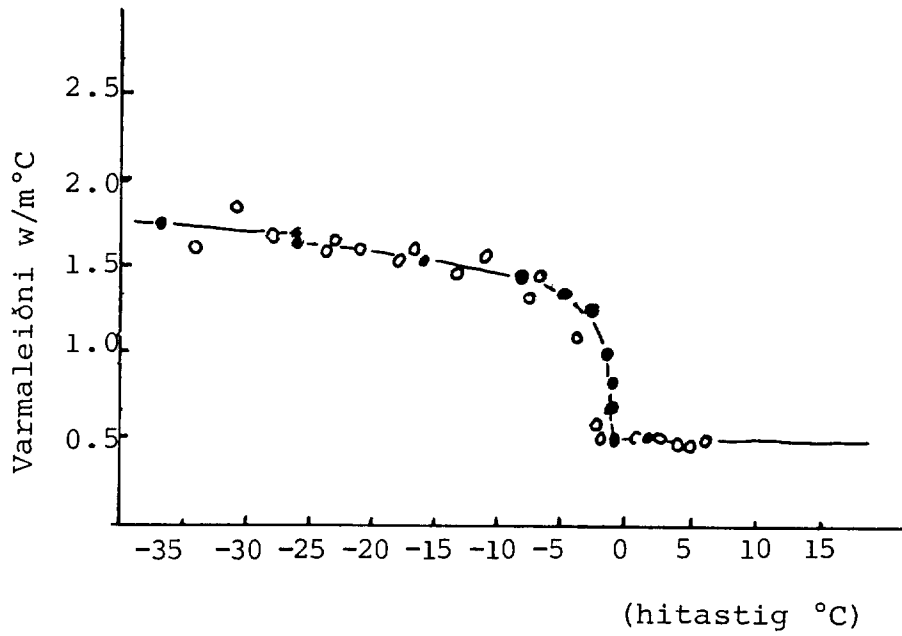
Frystitími vöru ákvarðast af mörgum þáttum, bæði eðliseiginleikum hennar og þeim búnaði sem notaður er. Helstu áhrifaþættirnir eru:

- a) Starð og lögun hlutarins. Þykkt hans ræður miklu um frystitíma. Dæmi um slíkt sést í mynd sem sýnir hitastigsbreytingu í misþykkum flökum hjá einu fyrirtæki sem framleiðir lausfryst flök. Þykkasta flakið þarf lengsta tímann, en hið þynnsta stystan. Einnig koma þessi áhrif vel fram á mynd 6 og mynd 10.
- b) Varmaleiðni efna. Varmaleiðni segir til um hversu mikil varmaorka flyst á tímaeiningu ákveðna vegalengd ef hitastigsmunur er 1°C. Járn hefur háa varmaleiðni en einangruð efni lágan. Varmaleiðni nokkurra efna kemur fram í töflu 1. og varmaleiðni þorskvöðva er sýnd á mynd 3.

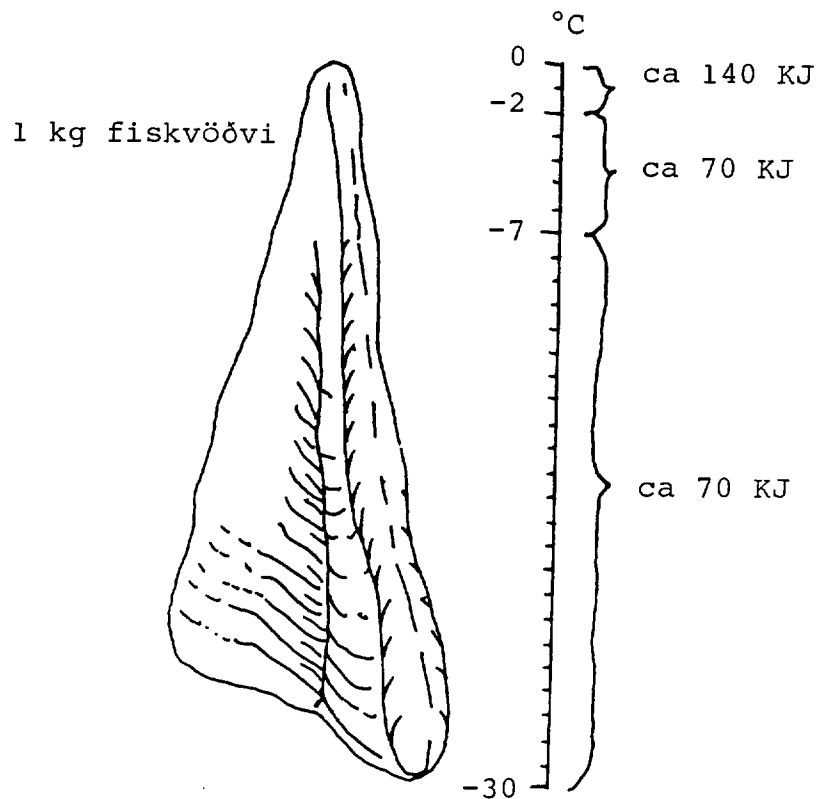
Tafla 1. Varmaleiðni nokkurra efna.

<u>Efni</u>	<u>Mælihitastig</u>	<u>k(w/m.°k)</u>
Vatn	0°C	0.602
	20°C	0.569
ís	0°C	2.25
	-20°C	2.42
lax (12.6% fita)	-20°C	1.24
þorskur	0°C	0.43
	-10°C	1.22
lifrarlýsi	34°C	0.167

Frosinn fiskur hefur lága varmarýmd og þokkalega varmaleiðni, því er sjálfsagt að kæla hann í frystitækinu niður í geymsluhitastig. Það tekur stuttan tíma borið saman við þann tíma sem það tekur að frysta fiskinn en það tæki mjög langan tíma að kæla hann í frostgeymslu niður í geymsluhitastig. Varmi sem þarf að fjarlægja við frystingu sést á mynd 4.



Mynd 3. Varmaleiðni fiskvöðva sem fall af hitastigi.



Mynd 4. Varmi sem þarf að fjarlægja við frystingu og varmi sem þarf við þiðnun.

- c) Upphafs og lokahitastig. Miklu máli skiptir hvert hitastig vöru er þegar hún er sett í frystitæki. Því herra sem það er því lengri frystitími. Það þarf um eina kcal orku til að kæla 1 kg af ófrosinni vöru um 1°C en aftur á móti 1/2 kcal til að kæla 1 kg um 1°C af frosinni vöru. Því ætti aldrei að taka út vöru úr frysti fyrr en geymsluhitastigi er náð. Einnig er það mikilvægt að halda fiskinum við eins lágt hitastig í vinnslu og kostur er bæði til að stytta frystitímann svo og til að minnka hættu á að fiskur spillist vegna örvera. Því ber að forðast að láta fiskinn standa tilbúinn til frystingar óvarinn fyrir framan frystitæki eða lausfrysti í langan tíma, það orsakar hækkun hitastigs í fiskholdinu.
- d) Varmaflutningur. Mjög þýðingarmikið atriði við frystingu er að halda varmaflutningum eins miklum og kostur er. Sem mælikvarði á hann er svokölluð varmaflutningstala. Sú tala segir einfaldlega hversu mikla orku er hægt að flytja á tímaeiningu á hvern m² ef hitastigsmunur er 1°C. Ef þessi tala er há þá þýðir það að mikill varmi flyst frá heitari hluta til hins kalda. Hægt er að hafa áhrif á þessa tölu á margan hátt og verður nokkurra atriða getið hér að neðan.
- Pakkningar eða umbúðir hefta varmaflutning. Efnið, sem notað er í umbúðirnar leiðir oftast illa varma og einnig er alltaf loftbil á milli umbúða eða pakkninga og fisksins sem tefur varmaflutning. Í plötufrystitækjum er nauðsynlegt að halda varmaskiptaflötum eins hreinum og nokkur kostur er.
- Í lausfrystum og færibandsfrystum þá er varmaflutningurinn fyrst og fremst háður lofthraðanum. Í töflu 2 sjást jöfnur fyrir varmaflutningstölur fyrir mismunandi lofthraða.

Tafla 2. Varmaflutningstölur fyrir mismunandi lofthraða í lausfrysti.

$$h = 21 + 14 \cdot U \frac{\text{kJoule}}{\text{m}^2 \cdot \text{klst} \cdot ^\circ\text{C}} ; U \text{ minna en } 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$h = 25 \cdot U^{0.8} \frac{\text{kJoule}}{\text{m}^2 \cdot \text{klst} \cdot ^\circ\text{C}} ; U \text{ á bilinu } 5 \text{ til } 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

h = varmaflutningstala

U = lofthraði, m/s

Jöfnurnar gilda fyrir blástur þvert yfir afurðir með slétt yfirborð.

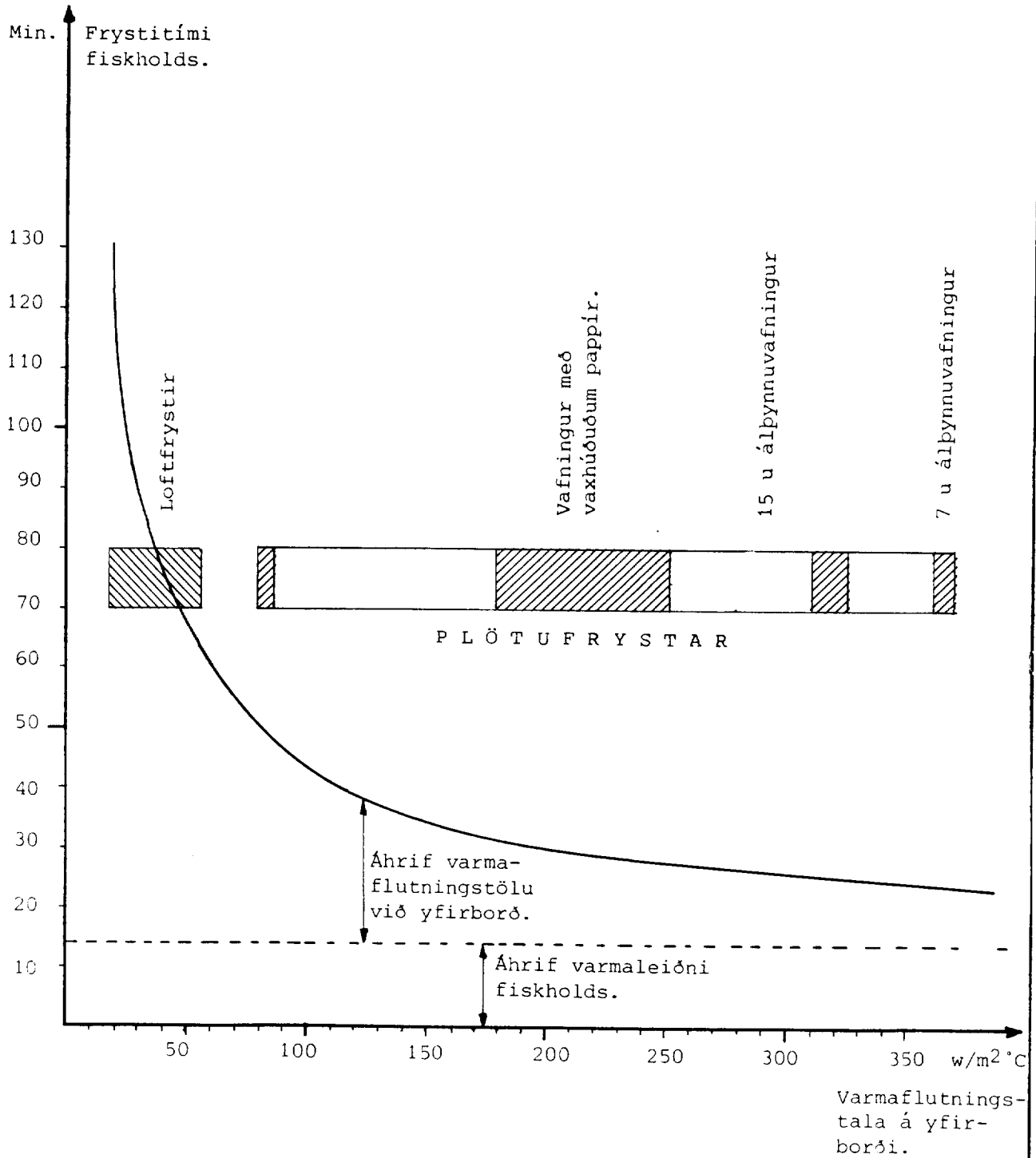
Á mynd 5. sést hvernig frystitími er háður varmaflutningstölunni. Fyrir lágt gildi er langur frystitími, en snarstyttist þegar varmaflutningsstuðull hækkar. Að lokum er svo komið að varmaleiðni efnis, sem ræður lengd frystitíma þ.e. varmaflutningur er orðinn jafnmikill og varmi sá, sem flyst í efninu upp að yfirborðinu. Þegar því marki er náð ræðst tíminn nær eingöngu af varmaleiðni efnisins.

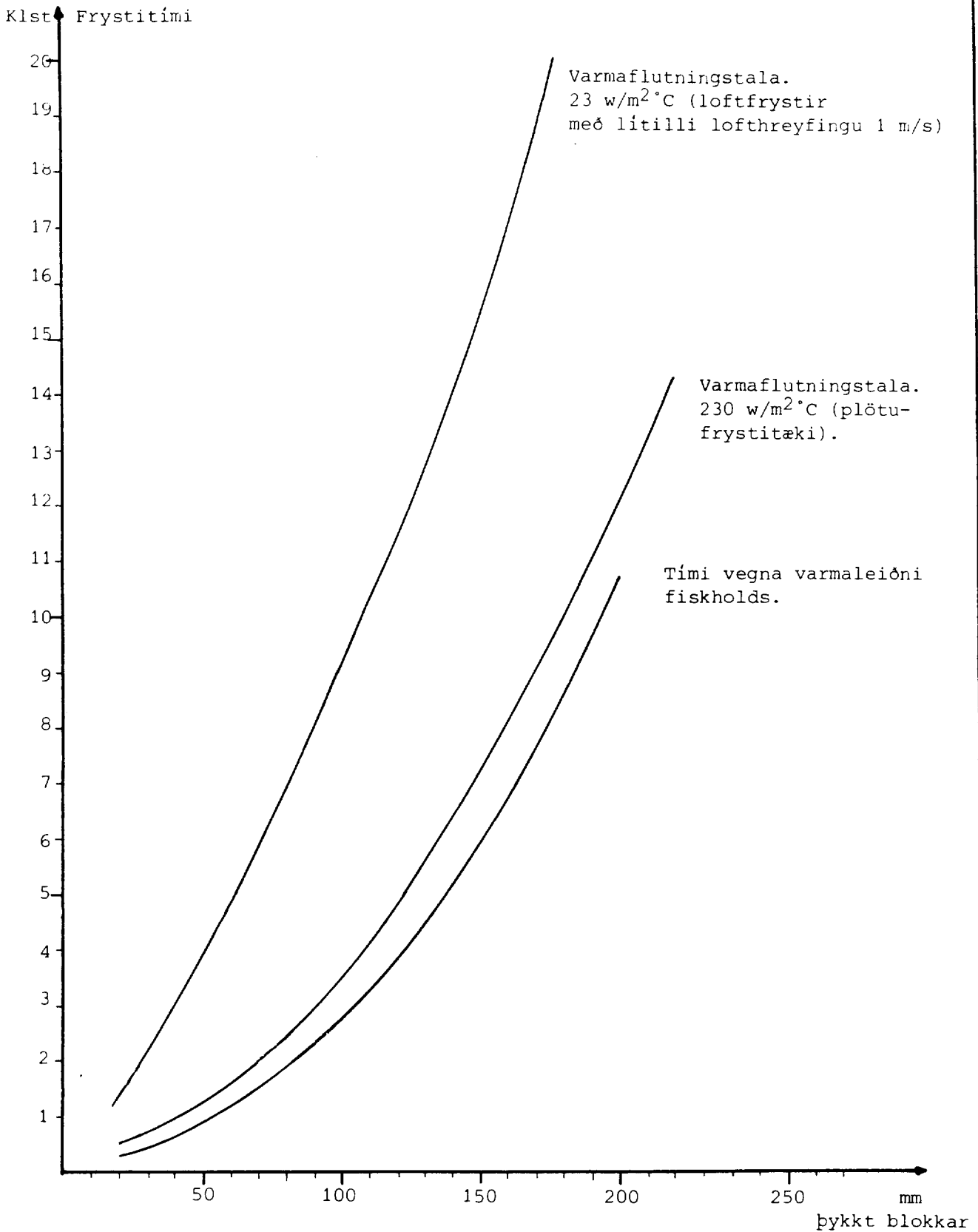
Á myndinni er sýnt dæmi fyrir frystingu á 32 mm fiskflakablokk. Á myndinni eru sýnd áhrif varmaleiðni og varmaflutningstölu á lengd frystitíma og greinarmunur gerður þar á. Einnig er sýnt svæðið sem varmaflutningstala í lausfrystum liggur á. Loks kemur fram svæðið sem plötufrystar liggja og dæmi tekin um áhrif umbúða á varmaflutningstölur og þar með á lengd frystitíma. Þar sést að verulegur munur er á því hvort fiskinum er pakkað í pappaöskju eða vafinn í vaxborinn pappír eða álfilmu og verður því að hægja á vinnubrögðum við frystingu í samræmi við það.

Loks kemur fram á mynd 6. hvernig frystitími breytist eftir þykkt fiskblokka fyrir tvö gildi á varmaflutningstölu. Myndin sýnir hvernig frystitími í loftfrysti með lágan lofthraða (1 m/s) og plötufrysti hegðar sér við aukna þykkt vöru. Einnig má greina hversu mikil áhrif varmaleiðni efnisins hefur á frystitímamann. Í plötufrysti ræður slík tegund af varmaflutningi nær eingöngu lengd frystingar en áhrif varmaleiðni fyrir loftfrystingu eru mun minni.

Mynd 5.

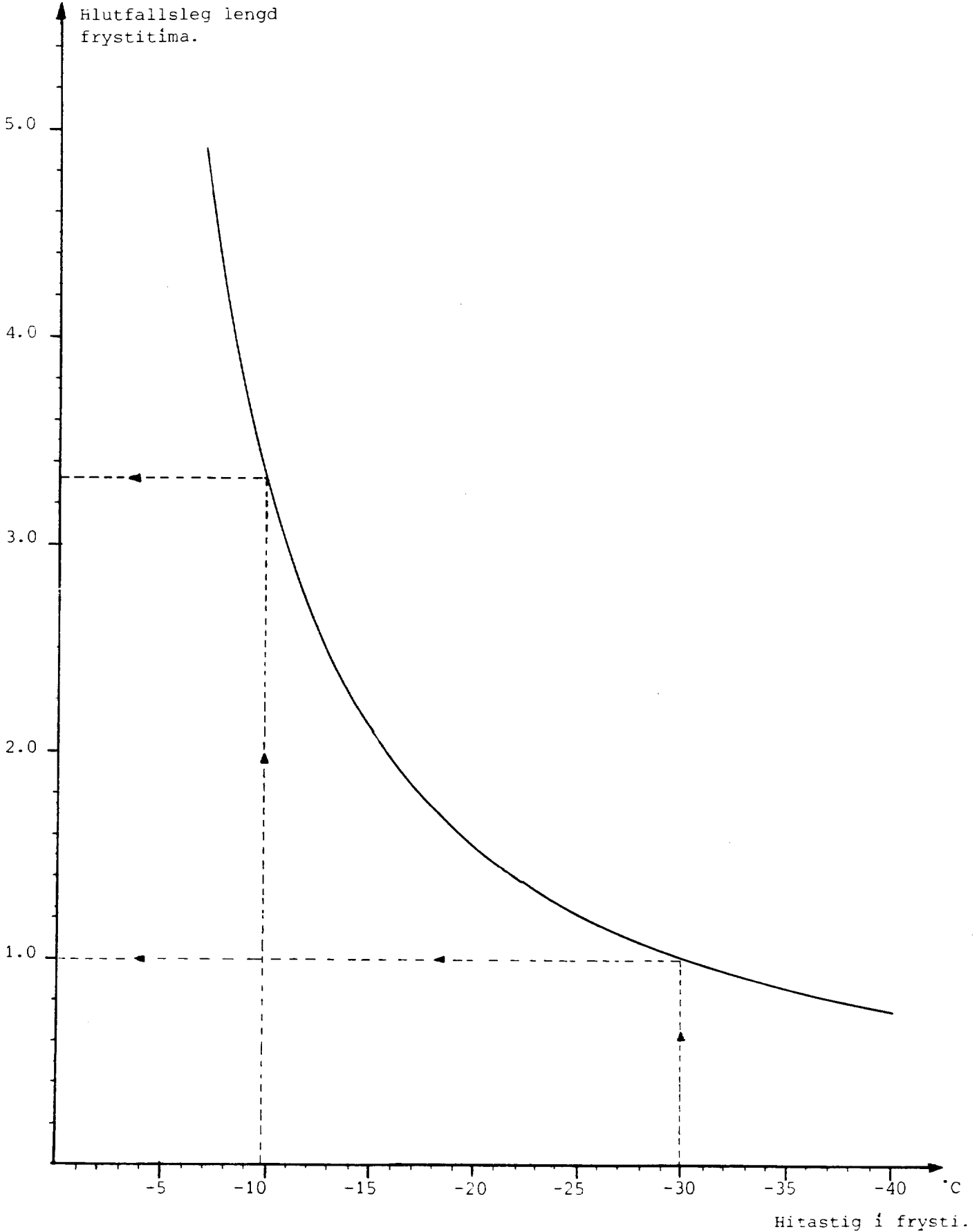
Frystitími 32 mm fiskblokkar sem fall af varmaflutningstölu við yfirborð fiskblokkar. Einnig sést dæmi um tegundir frysta og áhrif umbúða.





Mynd 6. sýnir hversu langur frystitími er fyrir misþykkar fiskblokkir miðað við tvær tegundir af frystum, þ.e. plötufrysti og loftfrysti. Einnig sjást áhrif varmaleiðni fiskholds. Gert er ráð fyrir -30°C umhverfishitastigi og varmaflutningi báðum megin frá. Fiskblokkin er talin frosin við kjarnhitastig -15°C.

Mynd 7. Myndin sýnir hvernig frystitími breytist eftir hitastigi í frystitæki eða loftfrysti. Ef hitastigið er -10°C þá tekur 3.3 sinnum lengri tíma að frysta heldur en við -30°C .



e) Hitastig kælmiðils. Í frystitækjum er varminn fjarlægður á þann hátt að kælmiðill gufar upp (sýður) og tekur til sín varma úr umhverfinu. Því lægra sem þetta suðumark er þeim mun lægra er umhverfishitastig og það hefur aftur í för með sér styttri frystitíma. Frystitími er háður hitastigsmun milli fiskholds og umhverfis, því meiri sem þessi munur er, þeim mun styttri frystitími. Á mynd 7. sést hvernig frystitími breytist sem fall af hitastigi umhverfis (snertiflata í frystitækjum eða lofti í lausfrystingu). Ef afköst frystipjöppu eru ekki nægjanleg þá lækkar umhverfishitastig, sem veldur samsvarandi lengingu á frystitíma. Því er nauðsynlegt að haga frystingu þannig að búnaður ráði við það magn sem frysta á.

6. FROSTGEYMSLA

Gæði hráefnisins fyrir frystingu hafa mikil áhrif á geymsluþol afurðarinnar. Aðalbreytingar á frosnu sjávarfangi verða í frystigeymslunni og eru þær mjög háðar hitastigi og geymslutíma.

Venjulega er þess krafist að frystar vörur hafi að meðaltali náð hitastigi þeirrar geymslu sem þær eru settar í við lok frystingar svo að ekki þurfi viðbótarkælingu vöru í geymslu. Ef hitastig í afurð er mikið herra en hitastig frostgeymslu og afurðin er pökkuð í miklar umbúðir þá er mikil hætt á ferðinni. Hitastig afurðarinnar lækkar mjög hægt og geta liðið nokkrar vikur þar til hitastigið hefur náð geymsluhitastiginu.

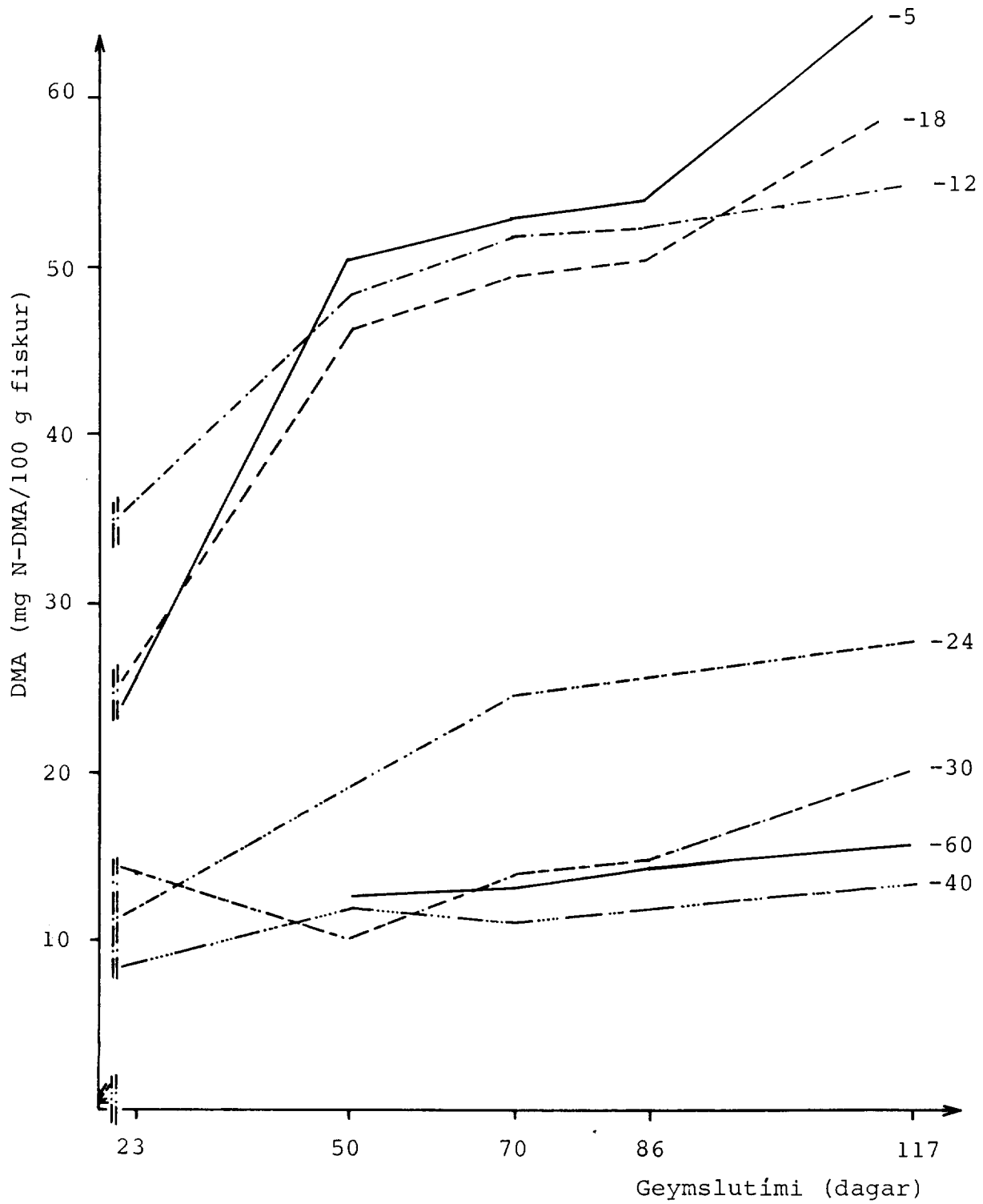
Breytingar í afurðinni af völdum örvera eru engar við hitastig undir -15°C en eðlis- og efnabreytingar í afurð eiga sér stað við mjög lágt hitastig. Í flestum tilfellum hægir á öllum breytingum við lakkun á hitastigi, en virkni sumra ensíma er mjög mikil á ákveðnu hitastigsbili, t.d. niðurbrots ensím fyrir TMAO er mjög virkt niður að storknunarhitastigi salts (NaCl) en það er -21.6°C (eutetisk hitastig NaCl). Styrkur saltsins í upplausn eykst með lakkandi hitastigi og vegur að einhverju leyti upp minnkandi virkni vegna lakkandi hitastigs. Niðurbrotsefni TMAO í frosnum fiski eru formaldehyd (FA) og

dimethylamine (DMA). Formaldehyd er mjög virkt efni og fjöl-
tengir það protein og er hætt við seigjumyndun. Þessi ensím
eru í blóði sumra fisktegunda og eru þau háð hitastigi og
styrk uppleystra efna í fiskholdi. Þetta kemur vel fram á
myndum 8 og 9, en þessar mælingar voru gerðar á hökkuðum
þorskflökum og var nýrnablóð haft með en í litlum mæli.

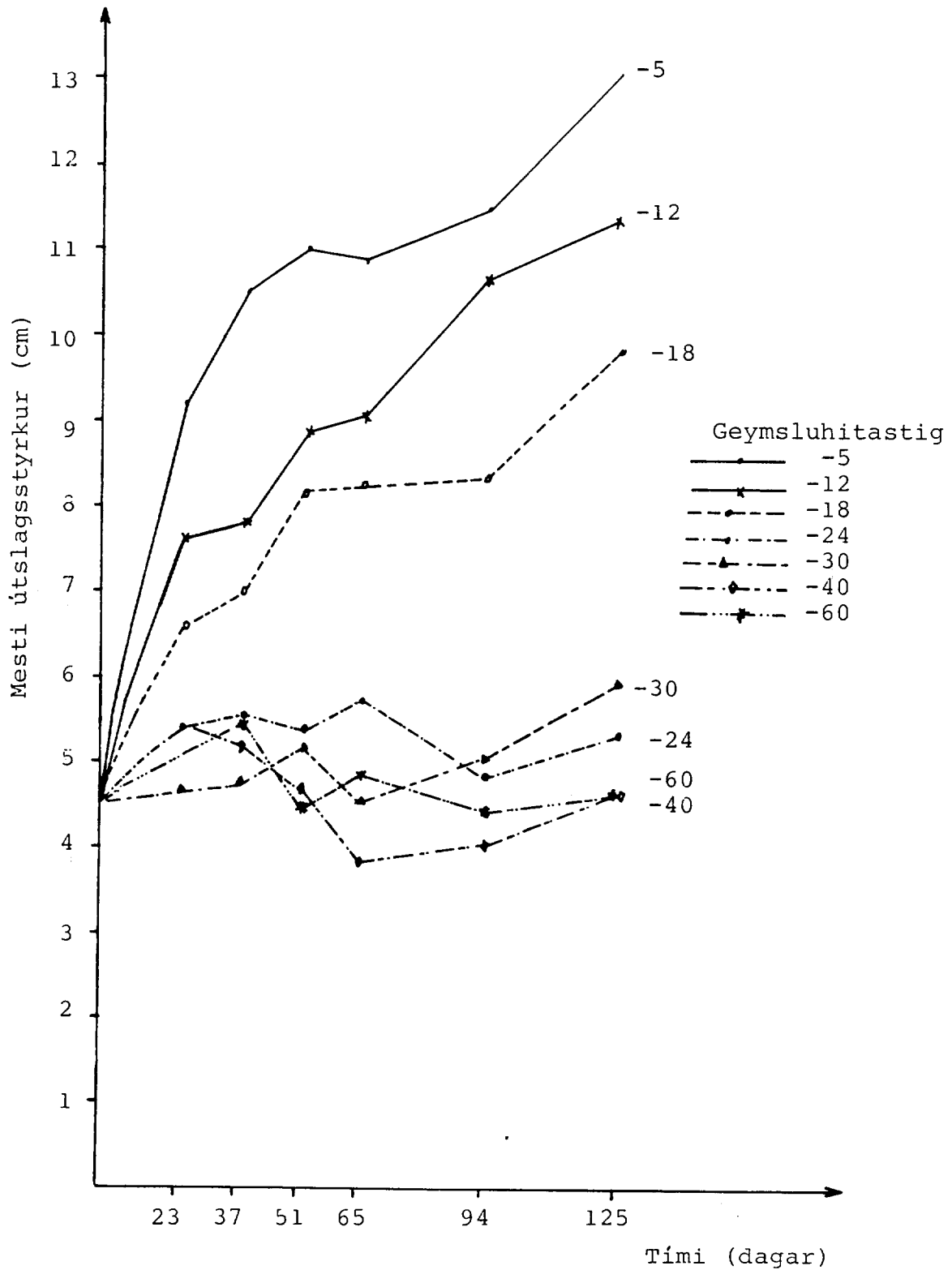
Alþjóðakælistofnunin (IIR) gefur upp eftirfarandi geymsluþol
sjávarafurða:

	<u>Geymsluþol(mán.) við mismunandi geymsluhitastig</u>		
	<u>-18°C</u>	<u>-25°C</u>	<u>-30°C</u>
Þorskur, ýsa	8	18	24
Karfi, lax	4	8	12
Lúða, koli	10	24	24
Humar	6	12	15
Rækja, pilluð	6	12	12
Rækja, pilluð og vacuum-pökkuð	12	15	18

Af þessum forsendum má draga þá ályktun að heppilegasta hita-
stig í frostgeymslu verði að liggja á bilinu -25°C - -28°C.



Mynd 8. Dimethylamin-myndun í porskhakki sem fall af geymslutíma



Mynd 9. Seigjumyndun í þorskhakki á móti geymslutíma, mótstöðumælir (Instron) er notaður og er stærsti útslagstoppur mældur.

7. HÖNNUNARFORSENDUR FROSTKLEFA OG FRYSTA.

Í þessum kafla verður fjallað um nokkrar grundvallarforsendur við hönnun og rekstur frostklefa og frysta. Reynt verður að benda á helstu atriði sem athuga þarf við hönnun slíkra vinnslueininga. Fjallað verður um frostgeymslur, plötufrysti og loftfrysta.

7.1. Frostgeymslur.

Hlutverk frostgeymsla er að viðhalda ákveðnu hitastigi í vöru. Þetta hitastig er misjafnt og fer eftir samsetningu vörunnar t.d. fitu, próteini og vatnsinnihaldi. Við uppsetningu á frostgeymslu þarf að gera sér grein fyrir hversu mikinn varma þarf að fjarlægja á tiltekinni tímaeiningu. Yfirleitt er gert ráð fyrir að vara hafi náð geymsluhitastigi þegar hún kemur inn í geymsluna, þannig að engin kæling eða frysting á sér stað í frostgeymslu. Sá varmi sem fjarlægja þarf er því nær eingöngu vegna umhverfisþátta. Helstu varmatöpin eru:

1. Varmatap í gegnum gólf, vegg og loft. Veggir úr þykku, einangrandi efni lækka mjög þennan varmaflutning.
2. Varmatap vegna loftskipta. Þegar hurðir eru opnaðar þá leitar kalda loftið út og samsvarandi magn af heitu lofti fer þá inn. Þetta loft þarf að kæla niður í hitastig í geymslu.
3. Varmi frá mótorum. Til að jafna hitastig í frostgeymslu eru notaðar viftur. Þann varma sem kemur frá mótorum viftanna þarf að fjarlægja. Einnig kemur varmi frá lyftara við vinnu í geymslunni.
4. Varmi frá fólki. Fólk sem dvelur í klefa gefur frá sér varma sem þarf að fjarlægja.
5. Öndunarvarmi. Lífræn efnahvörf (öndun) eiga sér oft stað í geymslunni og losnar þá varmi sem taka verður tillit til.

Af þessum atriðum sem nefnd hafa verið vegur hið fyrsta mest í heildarvarmatapi og næst kemur atriði númer 2. Hin atriðin í upptalningunum vega mun minna, en ráðlegt er að reikna með þeim.

7.2. Plötufrysting.

Plötufrystar í einföldustu mynd eru að stofni til úr tveimur plötum, kældum með gufunarpípum. Vörunni sem frysta á er komið fyrir á málmbakka á milli þeirra. Plötunum er þrýst saman með vökvabúnaði og þrýstingi haldið meðar frysting fer fram til að fá sem nánasta snertingu kæliflatanna við vöruna.

Plötufrystar eru oftast nær keyptir tilbúnir til notkunar þannig að notendur þeirra eiga að fara í einu og öllu eftir leiðbeiningum framleiðenda til að geta nýtt sér sem best þá möguleika sem þeir bjóða upp á.

Við rekstur plötufrysta verður að hafa eftirfarandi í huga:

1. Halda kæliflötum eins hreinum og kostur er. Sérhver óhreinindi eða hrím á þeim heftir varmaflutning, sem þýðir lengri frystitíma.
2. Þekkja vel eiginleika vörunnar og geta þar með áætlað frystitímann ef blokkarþykkt er þekkt og hitastig kælimiðils. Með því væri hægt að fá fram góða nýtingu á tækjunum (ekki of lengi í þeim) og koma í veg fyrir frystigalla (fiskur of stutt í þeim).
3. Hlaða jafnt í frystitækin þannig að kælþjöppur hafi vel undan. Með því að fylla öll frystitæki í einu myndi uppgufunarhitastig kælimiðils að öllum líkindum hækka og lengja þar með frystitíma.
4. Sjálfsagt er að hafa tækin í skápum þannig að þau þurfi ekki að kæla umhverfi sitt, en það dregur úr afköstum þeirra.
5. Fylgjast skal vel með frystitækjabúnaði þannig að bilun í einstökum hlutum hans trufla ekki vinnsluna.

Lóðréttir plötufrystar eru oftast opnir enda þjóna þeir öðrum tilgangi heldur en þeir lárétu. Notkun þeirra fer sífellt vaxandi hér á landi með tilkomu verksmiðjuskipa og fóðurframleiðslu fyrir loðdýr.

Um rekstur þeirra gilda að öðru leyti sömu reglur og fjallað var um hér áður.

7.3. Loftfrystar.

Loftfrystar eru hér nefndir þeir frystar sem hafa kalt loft til að fjarlægja varma úr þeirri vöru sem frysta á. Dæmi um slíka frysta eru:

1. Færibandafrystar. Vörur fluttar á netfæribandi í gegnum einangraðan skáp og kröftugum loftblástri blásið í gegnum bandið. Færibandið getur verið einnar eða fleiri hæða. Með slíkum búnaði er hægt að vinna samfelld.
2. Frystigöng (tunnel freezer). Í slíkum frysti eru vörur settar á bakka eða grindur sem staðsettar eru í göngum eða klefa og lofti blásið í gegn. Ekki er hægt að vinna samfelld í frystigöngum.
3. Gírafrystar. Þessir frystar vinna á samfelldan hátt þannig að varan er sett inn í þá að neðan og flyst eftir netbandi upp á við í hring þannig að loftblástur fer í gegnum bandið og umleikur vöruna þar til varan fer út að ofan.
4. Sviffrystar (fluidized bed freezer). Þessi tegund af frysti er svipuð að gerð og færibandafrystir nema að mun öflugri loftblástri er beitt, svo öflugum að varan sem frysta á er í lausu lofti yfir bandinu vegna uppdrifskrafts loftsins. Með þessu móti fæst mjög há varmaflutningstala sem stytting mjög frystitímans.

Loftfrystar hafa rutt sér mjög til rúms hér á landi að undanförunu og hafa þeir margir hverjir verið smíðaðir hér á landi. Nokkuð hefur vantað upp á að sumir þeirra uppfylltu þær kröfur

sem gerðar voru til þeirra í upphafi. Er því fyllsta ástæða til að menn athugi gaumgæfilega alla hönnunarbætti við val á loftfrystum. Þeir helstu eru eftirfarandi:

1. Afköst kælibúnaðar þurfa að sjálfsögðu að anna því að kæla, frysta og niðurfrysta í geymsluhitastig vörunnar. Í loftfrystum er mjög mikið álag frá mótorum viftanna sem knýja loftbreytinguna. Varmagjöfin getur numið allt að helmingnum af þeim varma sem fjarlægja á. Því er mjög áhugavert að kanna hvort ekki sé hægt að setja mótora fyrir utan klefann og leiða snúningsás-viftu í gegnum hinn einangraða vegg. Með því móti mætti lækka afköst kælibúnaðar sem því næmi.
2. Mjög brýnt er að kanna hvernig varmaflutningum er háttað við frystinguna. Ekki er nóg að hafa nógu afkastamikinn kælibúnað þegar ekki eru aðstæður fyrir hendi til að flytja varmann úr fiskholdinu. Hægt er að hafa áhrif á varmaflutninginn á eftirfarandi hátt að því tilskildu að rétt (nægjanlega lágt) lofthitastig sé í klefanum.
 - a) Hafa eins mikinn lofthraða og kostur er á.
 - b) Beina loftblástrinum yfir stæðurnar eða í gegnum netband og skerma dauð svæði ein og t.d. hliðar og bil milli efstu grindar/færibands og lofts.
 - c) Koma í veg fyrir að nokkuð hindri loftstrauminn í að leika um vöruna. Óæskilegt er að frysta í umbúðum eða í kössum, en ef það er gert þá skal hafa öskjurnar þunnar og vel fullar. Ef umbúðir eða kassar eru ekki fyllt upp að brún kemst hinn kalda loftstraumur ekki að öllum fiskunum.
 - d) Sjá svo um að loftstraumur dreifist jafnt yfir stæðurnar eða netbandið, sem fiskur er fluttur á. Í frystigöngum er þetta sérstaklega mikilvægt og verður að staðsetja blásara fyrir miðjum

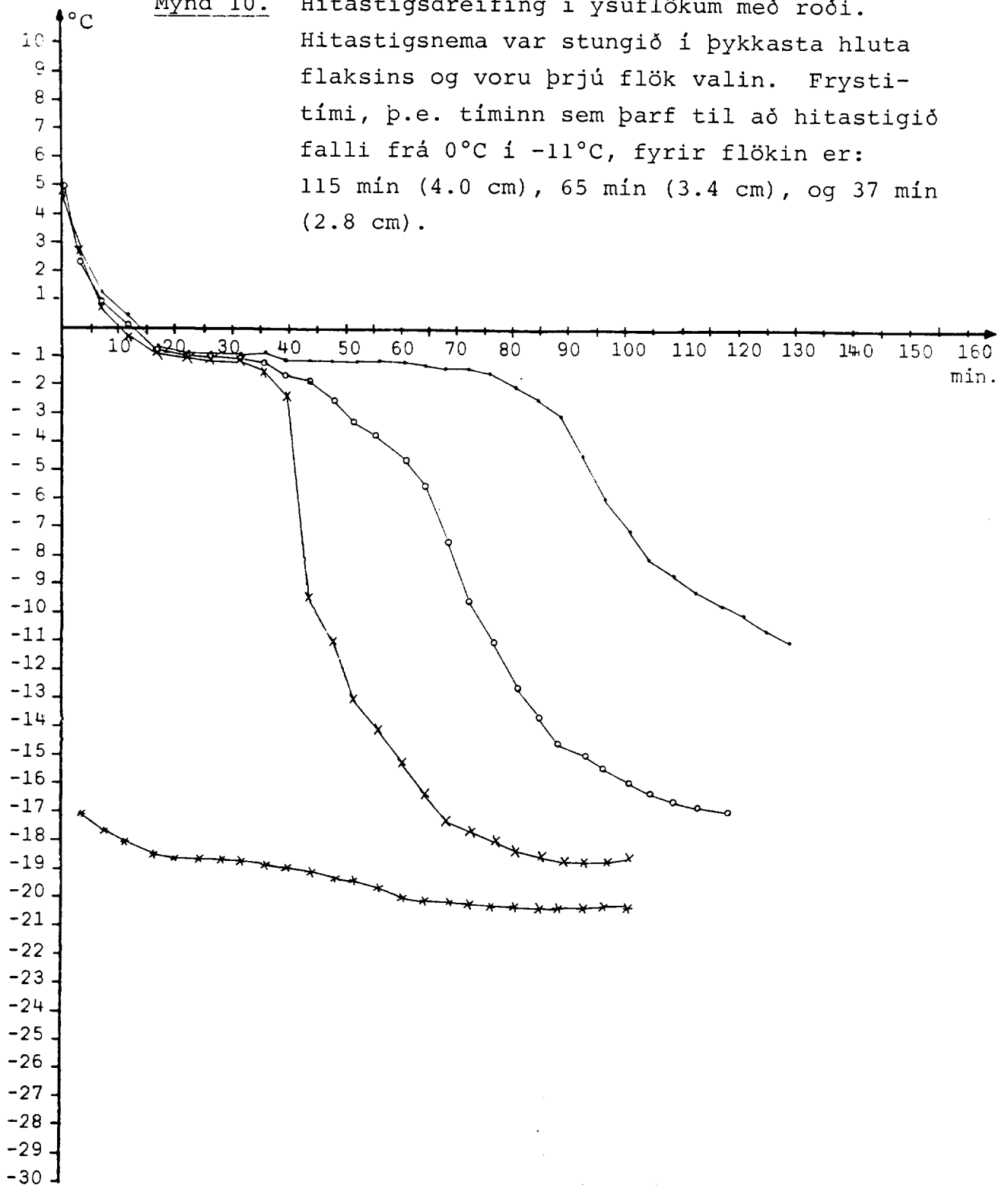
klefa, en grindurnar í fremstu stæðunni dreifa vel loftstraumnum þannig að þökkaleg dreifing fæst í slíkum tilvikum. Ef blásarar eru t.d. ofarlega í klefanum fer mestur hluti loftsins í gegnum efstu grindurnar og minnkar þegar neðar dregur.

- e) Draga loftið að blásurunum í gegnum falskt loft eða falskan vegg. Þessi tilhögun er mjög nauðsynleg ef jafn blástur í gegnum stæðurnar á að nást. Ef slík tilhögun er ekki notuð þá flyst kalt loft í gegnum hluta af stæðunni og hitnar, síðan skellur það á vegginn, snýr við og flyst til baka að blásurunum í gegnum hinn hlutann af stæðunni og hitnar ennþá meira. Þessi tilhögun hefur marga ókosti eins og að fiskur frýs mishratt vegna hitastigsmunar á lofti frá og að blásara og mótþrýstingur er hár sem minnkar lofthraða í klefanum. Þegar klefi er útbúinn með fölsku lofti eða fölskum vegg er loftið sogað að blásurum eftir bilinu sem þá skapast. Á þennan hátt fæst jafnari loftdreifing og meiri lofthraði sem hvort tveggja styttrir frystitíma vörunnar. Myndir 10 og 11 sýna mælingar í frystiklefa og uppbyggingu tveggja frystiklefa.
- f) Halda loftskiptum í lágmarki. Við rekstur frystiganga þá er mjög brýnt að halda loftskiptum í klefa í lágmarki t.d. með því að opna ekki klefann meðan á frýstingu stendur nema nauðsynlegt sé.

Að örrðu leyti verður að reka kælibúnaðinn þannig að hann skili því sem honum er ætlað að skila.

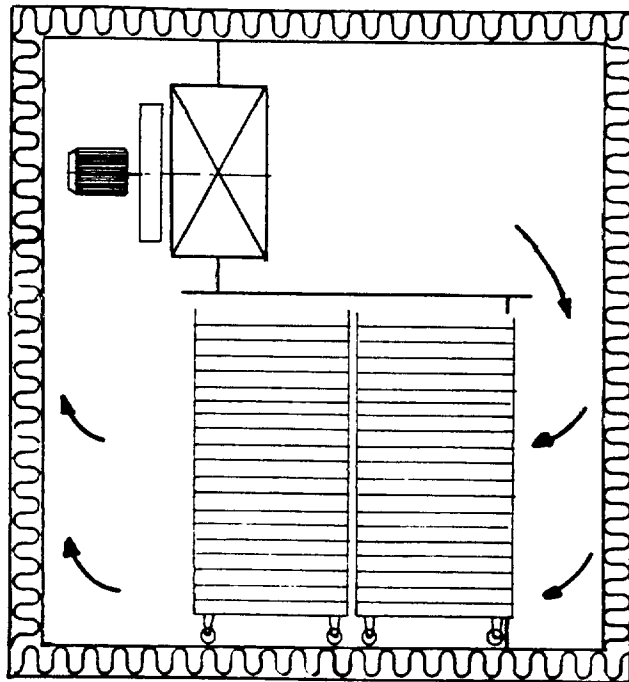
Mynd 10. Hitastigsdreifing í ýsuflökum með roði.

Hitastignema var stungið í þykkasta hluta flaksins og voru þrjú flök valin. Frystitími, þ.e. tíminn sem þarf til að hitastigið falli frá 0°C í -11°C, fyrir flökin er: 115 mín (4.0 cm), 65 mín (3.4 cm), og 37 mín (2.8 cm).

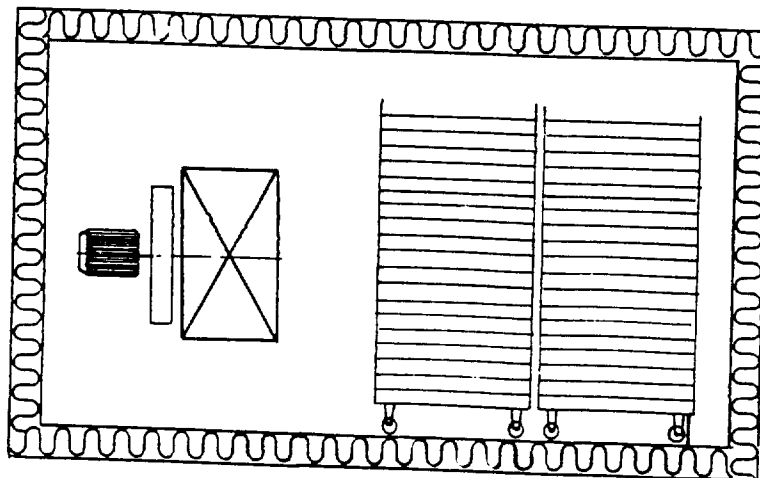


... 4.0 cm flak
ooo 3.4 cm flak
xxx 2.8 cm flak
*** lofthitastig í klefa

Mynd 11. Þverskurðarmynd af frystiklefum



a. Hér fæst jöfn dreifing á loftinu og lítil hætta á mislangri frystingu.



b. Í þessum klefa er ójöfn dreifing á loftinu og mikil hætta á vanfrystingu.

8. LOKAORÐ

Frysting á sjávarafurðum er mjög mikilvæg vinnslugrein í fiskiðnaði og sést það best af því að á síðasta ári námu frystar sjávarafurðir um 60% af verðmæti útfluttra sjávarafurða. Frystingin er yngsta vinnslugreinin. Mikilvægt er að allir þeir sem vinna við frystingu hafi staðgóða þekkingu á þessu sviði.

Hörð samkeppni er á mörkuðum frystra sjávarafurða og er mikilvægt að framleiðendur viti hvað sé átt við þegar talað er um hraðfrystingu og rétt geymsluhitastig í frostgeymslu. Frysting bætir ekki lélegt hráefni, þannig að mikilvægt er að hráefnið sé gott áður en frysting á sér stað.

Í framtíðinni má búast við örri þróun í frystihúsum og einnig hvað snertir frystibúnað. Við verðum að fylgjast vel með á þessu sviði og helst að vera á undan okkar keppinautum á mörkuðunum. Íslendingar ættu að huga meira að því að smíða frystibúnað sjálfir og þekkingin er til staðar í landinu en það þarf að virkja hana.

9. HEIMILDIR

Nuri N. Mohsenin, Thermal properties of foods and agricultural materials, Gordon and Breach, U.S.A., 1980

Poul E. Andersen og J. Risum, Introduktion til Levnedsmiddel-Teknologien, Polyteknisk forlag, Danmörk, 1982.

Recommendations for the processing and handling of frozen foods, International institute of refrigeration, Paris, 1971.

Sigurjón Arason, Indfrysning og frysnelagering af marine produkter, Lokaverkefni í DTH, 1977.

Tor Aurell, Erla Salómons dóttir og Björn Dagbjartsson, Gæða-prófanir á rækju, hörpuðiski og kola, sem lausfryst voru með þrem aðferðum, Tæknitíðindi nr. 61, júní 1975.