



RANNSÓKNASTOFNUN
FISKIÐNAÐARINS

12. RIT

REYKJAVÍK NÓVEMBER 1987

SJÁLFBIRK FERSKLEIKAMÆLING Á FISKI MEÐ RT GÆÐAFLOKKARA

EMILÍA MARTINSDÓTTIR
FRÍÐRIK BLOMSTERBERG

12. RIT

REYKJAVÍK NÓVEMBER 1987

SJÁLFBVIRK FERSKLEIKAMÆLING Á FISKI MEÐ RT GÆÐAFLOKKARA

EMILÍA MARTINSDÓTTIR
FRÍÐRIK BLOMSTERBERG

ÁGRIP

Hér er lýst tilraunum með ferskleikamat á þorski og karfa með sjálfvirku raf-eindatæki, svonefndum RT-gæðaflokkara. Eftir þessar tilraunir er unnt að segja að ferskleikamæling með RT-gæðaflokkara beri vel saman við aðrar aðferðir sem gefa til kynna ferskleika fisks eins og lyktarmat, mælingu á trimetylamíni (TMA) og geymslutíma í ís. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins gerði alls þrjár geymslupól-tilraunir á línuborski í nóvember og desember 1985 og alls þrjár á netaborski í apríl og maí 1986. Einnig voru gerðar tvær geymslupólstilraunir á karfa í júní og júlí 1987. Tvær ferskleikaflokkunarvélur Rafagnatækni, TMA-mælingar og skynmat var notað til að meta ferskleika og geymslupól fisksins miðað við geymslutíma. Á 2-3 daga fresti í u.þ.b. þrjár vikur frá veiði fisksins voru 10 fiskar mældir í RT-vélum, skynmetnir og mælt í þeim TMA. Í hverri tilraun voru 90 fiskar. Sambandi RT-mælinga og geymslutíma í ís má lýsa sem línulegu og voru fylgnistuðlar mjög háir eða á bilinu -0.91 til -0.93. Sambandi TMA-mælinga og geymslutíma í ís má lýsa sem línulegu, ef notaður var $\log 1/TMA$ á móti dögum í ís og voru fylgnistuðlar þá mjög háir eða frá -0.93 til -0.95. Sömuleiðis var há fylgni milli RT-mælinga og TMA-mælinga. Fylgnistuðlar milli lyktarmats á flökum (meðaltal þriggja eða fimm matsmanna) og geymslutíma í ís voru frá 0.83 til 0.90 en á milli lyktarmats og RT-mælinga frá -0.81 til -0.89. Marktækur munur var á niðurstöðum bæði RT-mælinga og TMA-mælinga eftir árstíma. Þó að línulegar líkingar lýsi sambandi hinna mismunandi aðferða mjög vel, var töluverð dreifing niðurstaðna um línurnar. Í skýrslunni er sýnt fram á hvað þessi dreifing þýðir með því að lýsa gildi hinna mismunandi aðferða við að dæma vinnsluhæfni fisksins.

EFNISYFIRLIT.

Bls.

1. INNGANGUR.....	1
2. FRAMKVÆMD.....	3
2.1. Hráefni.....	3
2.1.1. Línþorskur.....	3
2.1.2. Netþorskur.....	3
2.1.3. Karfi.....	3
2.2. Aðferðir.....	3
2.2.1. RT-mælingar.....	3
2.2.2. Skynmat.....	3
2.2.3. TMA mælingar.....	4
2.2.4. Gerlatalningar.....	5
2.2.5. Úrvinnsla gagna.....	5
3. NIÐURSTÖÐUR.....	6
3.1. Vigtun og ferskleikamæling með RT-gæða- flokkurum á nýjum fiski.....	6
3.2. Samanburður á milli RT3 og RT4.....	7
3.2.1. Línþorskur.....	7
3.2.2. Netþorskur.....	7
3.3. Aðhvarfsgreiningar (regression) á niðurstöðum.....	7
3.3.1. Samband RT-mælinga og geymslu- tíma í ís.....	8
3.3.2. Samband TMA-mælinga og geymslu- tíma í ís.....	10
3.3.3. Samband RT-mælinga og TMA-mælinga.....	12
3.3.4. Samband lyktarmats og annarra aðferða.....	17
3.4. Mörk vinnsluhæfni og samanburður milli aðferða.....	18
3.5. RT-mælingar sömu fiska eftir mislanga geymslu í ís.....	25
3.6. Gerlatalningar á þorski og karfa.....	26
4. UMRÆÐUR.....	28
5. ÞAKKARORÐ.....	30
6. HEIMILDIR.....	30

1. INNGANGUR.

Fyrirtækið Rafagnatækni hefur um skeið unnið að þróun og smíði vélar, sem nota mætti til að flokka fisk eftir ferskleika hans. Vél þessi byggir á svipuðum mæli- aðferðum á ferskleika og svonefndur Torrymælir (2), en hann nemur breytingar á raffræðilegum eiginleikum, rafleiðni og rýmdarstuðli, sem verða eftir að fiskur drepst og skemmdarferlið hefst.

Skynmat á gæðum fisks er að sjálfsögðu ekki einungis mat á ferskleika eins og lykt heldur fleiri þáttum eins og lit, blóðæðum, losi og síðan margvíslegum meðferðar- göllum. Smíði ferskleikaflokkunarvélar beindist að því að fiskur verði flokkaður eftir "ferskleika", sem tengist efna- og gerlafræðilegum skemmdum í fiskinum. Í skýrslum frá Torry Research Station (2) má sjá góða fylgni milli geymslutíma í ís og aflesturs af Torrymæli. Einnig er gefin upp góð fylgni á milli lyktarmats af ósoðnum fiski, bragðmats af soðnum fiski og Torrymælinga. Að vísu er dreifing niðurstaðna allmikil. Sömuleiðis hefur reynsla Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins á námskeiðum fyrir matsmenn sölusamtaka sýnt góða fylgni milli lyktarmats og Torrymælinga en töluvert mikla dreifingu niðurstaðna. Vitað er að skynmat þ.e. lyktarmat á ferskum fiski og bragð og lykt af soðnum fiski sýnir góða fylgni við geymslutíma í ís. Einnig eru til efnafræðilegar aðferðir sem mæla niðurbrot á fiskinum. Hér á landi er einkum stuðst við mælingar á efninu trimetylamíni (TMA) sem myndast úr efninu trimetylamínóxiði (TMAO) og er ein mikilvægasta efnabreytingin, sem gerlar valda í fiski. TMA vex hægt fyrstu dagana við geymslu í ís en síðan hraðar. Samræmi hefur reynst gott milli lyktarmats og TMA-mælinga.

Í nóvember 1985 fékk Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins tvær frumgerðir af ferskleikaflokkunarvél Rafagnatækni, RT-gæðaflokkara gerð 3 og 4 til tilrauna. Vélarinnar verða nefndar RT3 og RT4 í skýrslunni. Nýrri vélin er RT4. Ekki hafa verið gerðar breytingar á mæliaðferðum við ferskleikamælinguna milli vélanna. Á RT4 er vigtunarbúnaður, sem vigtar hvern fisk og hún getur flokkað fiskinn í þrennt bæði eftir ferskleika og/eða vigt. Á árinu 1987 voru gerðar endurbætur á skautum RT4 vélarinnar þannig að þau urðu sjálfhreinsandi og slím og óhreinindi setjast síður á þau. Tilraunir voru fyrst gerðar á þorski veiddum á línu í nóvember 1985 og síðan á þorski veiddum í net í apríl 1986. Í júní 1987 hófust síðan tilraunir með karfa. Í eftirfarandi skýrslu eru teknar saman niðurstöður allra rannsókna þ.e. á línu- og netaþorski og karfa.

Tilgangur tilraunanna var að sýna fram á eiginleika gæðaflokkaranna til að meta ferskleika þorsks og karfa með því að bera saman aldur fisks í is frá veiðidegi, ferskleikamælingar tveggja gæðaflokkara, skynmat og efnagreiningar á TMA.

2. FRAMKVÆMD.

2.1. Hráefni.

2.1.1. Línuborskur. Í nóvember og desember 1985 voru gerðar alls þrjár geymslupólstilraunir, sem hófust með um viku millibili. Í hverja tilraun voru fengnir 90 glænýir línuborskar, sem voru slægðir, þegar þeir komu í land á Suðurnesjum. Fiskurinn var merktur, settur í kassa og ísaður og þannig geymdur í kæligeymslu stofnunarinnar við 1-2⁰ C, meðan á geymslutilraun stóð. Ís var bætt á fiskinn eftir þörfum.

2.1.2. Netaborskur. Síðari þrjár þorsktilraunirnar voru gerðar í apríl og maí 1986 og hófust þær einnig með viku millibili. Í hverja tilraun voru fengnir 90 lifandi blóðgaðir netaborskar, sem voru slægðir, þegar þeir komu land á Suðurnesjum. Fiskurinn var fluttur á R.f., merktur, settur í kassa og ísaður og geymdur í kæligeymslu þar við 1-2⁰ C, meðan á geymslutilraun stóð. Ís var bætt á fiskinn eftir þörfum.

2.1.3. Karfi. Tvær tilraunir voru gerðar með karfa í júní og júlí 1987. Í hvora tilraun voru fengnir 100 fiskar u.þ.b. sólarhring frá veiði. Karfinn var merktur, settur í kassa og ísaður og geymdur í kæligeymslu R.f. við 1-2⁰ C, meðan á geymslutilraun stóð. Ís var bætt á fiskinn eftir þörfum.

2.2. Aðferðir.

2.2.1. RT-mælingar. Allur þorskurinn var mældur með báðum vélum RT3 og RT4 í upphafi tilrauna. Karfinn var einungis mældur með nýrri vélinni. Þessar mælingar voru gerðar eftir 1 dag frá veiði í tveimur fyrri tilraunum með línufisk þ.e. tilraun 1 og 2 og í karfatilraunum en eftir tvo daga frá veiði í tilraun 3. Sams konar mælingar voru gerðar í öllum þremur tilraunum með netafisk þ.e. tilraun 4, 5 og 6 eftir tvo daga frá veiði. Síðan voru mældir 10 fiskar í einu á 2-3 daga fresti þar til þremur vikum frá veiði, er tilraun lauk.

2.2.2. Skynmat.

a) Skynmat á línuborski.

Þrír starfandi ferskfiskmatsmenn hjá Ríkismati sjávarafurða mátu fiskinn óháð hver öðrum. Aðaláhersla var lögð á lyktarmat á flökum, sem verður að teljast raunhæfasti samanburður við þá eiginleika sem RT-vélarnar mæla. Í töflu 1 eru sýndar þær lýsingar á lykt sem notaðar voru við matið og stigagjöf sú sem notuð var við útreikninga. Við útreikninga er hér notuð línuleg stigagjöf, enda sýndi hún hæsta

fylgni við geymslutíma í ís. Við úrvinnslu niðurstaðna skynmats var alltaf notað meðaltal skynmats þriggja matsmanna.

b) Skynmat á netaborski.

Þrjú matsmenn, einn frá Ríkismati sjávarafurða, einn frá Sölumiðstöð hraðfrystihúsanna og einn frá Sjávarafurðadeild S.Í.S. mátu fiskinn óháð hver öðrum. Lyktarmat fór fram á sama hátt og lýst hér að framan og er sýnt í töflu 1.

Við úrvinnslu niðurstaðna skynmats var alltaf notað meðaltal skynmats þriggja matsmanna.

c) Skynmat á karfa.

Fimm starfsmenn R.f. tóku þátt í skynmati. Lyktarmat fór fram eins og hér að framan og sýnt er í töflu 1. Við úrvinnslu niðurstaðna skynmats var alltaf notað meðaltal skynmats fimm matsmanna.

Tafla 1. Lykt af flökum.

<u>Einkunn</u>	<u>Lýsing</u>	<u>Stig</u>
ÁGÆTT	Mjög fersk(sjávar-)lykt	1
GOTT	Fersk, eðlileg lykt	2
SÆMILEGT	Dauf fisklykt, engin óeðlileg lykt.	3
VARHUGAVERT	Farin að finnast óeðlileg lykt eins og af signum fiski.	4
ÓHÆFT	Vottur af súr, ýldu,þráa súr eða ýlda,þrái.	5

2.2.3. TMA-mælingar. TMA var mælt eftir Dyers aðferð með þeirri breytingu að í stað K_2CO_3 er notað KOH (1).

2.2.4. Gerlatalningar. Gerlatalningar voru gerðar í einni af þremur tilraunum á línuborski í nóvember og netaborski í apríl. Gerlatalningar voru einnig gerðar í annarri karfatilrauninni. Um 20 fiskar voru ísaðir sér í kassa og geymdir við 0° C og tekin sýni á nokkurra daga fresti til gerlatalninga.

Þrjú roðsýni, 7.5 cm^2 hvert, voru tekin af hverjum þorski á eftirtöldum stöðum:

- Rétt aftan við tálknin við hliðarlínu.
- Um miðbik bolsins við hliðarlínu.
- Á sporðstykki við hliðarlínu.

Tvö sýni voru tekin af karfa á stöðum a) og c). Alls voru þannig sýni tekin af þremur fiskum. Roðsýnin voru tekin með gerileyddum skurðarhníf, og reynt að skera sem næst roðinu þannig að sem minnst hold væri með sýninu. Roðflíparnir þrír (tveir af karfa), sem skornir voru af hverjum fiski voru settir í poka og síðan var 60 (50 fyrir karfa) ml af Butterfield's buffer þynningarvatni bætt saman við. Blöndun var gerð í "maga" (stomacher) í 1 mín.. Heildarflatarmál roðs á hverjum þorski, sem tekið var til gerlarannsóknar var því 22.5 cm^2 en 15 cm^2 á karfa.

b) Sýnataka á holdi til gerlarannsóknar.

Holdisýni voru tekin af þremur fiskum alls. Hvert sýni fyrir sig var rannsakað með tilliti til gerlafjölda. Til þess að fjarlægja slím á yfirborði fisksins var notað 70% etanol. Roð var nú fjarlægt eftir endilöngum bolnum með skurðarhníf og síðan var holdið skorið frá. Holdisýnin voru sett í gerileyddan bikar, hökkuð og að lokum voru 25 g vigtuð út í 225 ml af Butterfield's buffer þynningarvatni. Blöndun var framkvæmd í "maga" (stomacher) í 1 mín.

c) Ákvörðun á gerlafjölda roð- og holdsýna.

Sýnum var pípetterað á skálar í þeim þynningum, sem við átti og næringaragar (plate count agar) blandað saman við sýnin. Ræktun sýna fór fram við 22° C í 72 klst. Niðurstöður gerlatalninga (meðaltöl þriggja talninga) á roðsýnum eru birtar sem log fjöldi gerla/ cm^2 og á holdsýnum sem log fjöldi gerla/g.

2.2.5. Úrvinnsla gagna.

Við úrvinnslu gagna var reiknaður fylgnistuðull r (correlation coefficient) milli hinna ýmsu aðferða við ferskleikamat á þorski. Einnig var fundin jafna bestu línu milli hinna einstöku aðferða ásamt útskýrðum breytileika R^2 (explained variation). Athugað var hvort fylgni, fastar og hallatölur línanna væru marktæk með t -prófunum.

Fjölpátta aðhvarfsgreining (multiple regression) var gerð til að athuga, hvort þyngd fisks hefði áhrif á ferskleikamælingar.

3. NIÐURSTÖÐUR.

3.1. Vigtun og ferskleikamæling með RT-gæðaflokkurum á nýjum fiski.

Niðurstöður vigtana og ferskleikamælinga á eins (tilraun 1 og 2) og tveggja (tilraun 3, 4, 5 og 6) daga þorski eru í töflu 2. Niðurstöður vigtana og ferskleikamælinga á eins dags karfa (tilraun 7 og 8) eru í töflu 2.

Tafla 2. Ferskleikamæling og vigtun með RT-vélum.

RT3	RT4		Meðalbygnd			
	Meðaltal	SD%	Meðaltal	SD%	kg	SD
Tilraun 1	11.90	11.3	12.19	9.7	4.64	1.4
Tilraun 2	11.34	8.8	11.61	8.5	3.20	0.8
Tilraun 3	11.51	8.4	12.05	6.3	2.43	0.8
<u>Tilr. 1+2+3</u>	<u>11.58</u>	<u>9.8</u>	<u>11.95</u>	<u>8.5</u>	<u>3.40</u>	<u>1.4</u>
Tilraun 4	12.59	5.2	12.65	4.5	3.25	0.5
Tilraun 5	12.11	5.5	12.23	5.5	3.14	0.6
Tilraun 6	11.91	6.1	12.34	4.7	2.79	0.5
<u>Tilr. 4+5+6</u>	<u>12.20</u>	<u>6.1</u>	<u>12.41</u>	<u>5.1</u>	<u>3.06</u>	<u>0.6</u>
Tilraun 7			10.96	6.7	0.81	0.2
Tilraun 8			11.13	5.4	0.7	0.2
<u>Tilraun 7+8</u>			<u>11.04</u>	<u>6.1</u>	<u>0.76</u>	<u>0.2</u>

Staðalfrávik (SD) margra mælinga á sama fiski er um 2% samkvæmt fyrri mælingum (óbirt skýrsla til Rafagnatækni apríl 1985). Staðalfrávik mælinga á eins til tveggja daga línuborski er 8-11% en 4.5-6% á tveggja daga netaborski. Staðalfrávik mælinga á eins dags gömlum karfa er að meðaltali 6.1%.

Ferskleikamælingar á nýjum þorski veiddum í apríl eru að meðaltali hærri en á þorski veiddum í nóvember og er um marktækan mun að ræða. Í skýrslu um Torrymælinn (2) er sagt að mæligildi á nýjum þorski með Torrymæli breytist töluvert með árstíðum og nái hámarki tvisvar á ári, fyrst í apríl-maí og síðan í desember-janúar, en lágmarki nái þau í janúar-febrúar og ágúst-september. Hér gæti verið um samskonar fyrirbrigði að ræða fremur en að um mun vegna veiðarfæra sé að ræða. Í sömu skýrslu er ekki getið um neinn mun vegna veiðiaðferðar, ef um samsamlega

eðlilega meðferð er að ræða og ekki er talinn munur á niðurstöðum mælinga á dauðblóðguðum netafiski og lifandi blóðguðum.

3.2. Samanburður á milli RT3 og RT4.

3.2.1. Línuborskur. Ef bornar voru saman niðurstöður mælinga á nýjum línuborski með báðum gæðaflokkurum fengust að meðaltali hærri mælingar í RT4 eða um 0.3 úr tilraun 1 og 2 og 0.5 í tilraun 3. Í öllum tilraunum er um marktækan mun að ræða. Ef bornar eru saman niðurstöður mælinga vélanna tveggja yfir geymslutímann úr öllum þremur tilraunum fékkst að fylgnistuðull milli niðurstaðna úr RT4 og RT3 var 0.94. Með því að skoða niðurstöður nánar kom í ljós að það var einkum á mjög skemmdum fiski, sem var verulegur munur milli mælanna enda er hlutfallslegt staðalfrávik mælinga á jafngömlum fiski orðið mjög hátt á því bili eins og mun koma fram síðar í skýrslunni.

3.2.2. Netaborskur. Mælingar á nýjum netaborski voru sömuleiðis hærri í RT4 en í RT3 en ekki var um marktækan mun að ræða nema í einni tilraun. Við samanburð á niðurstöðum mælinga vélanna tveggja allan geymslutímann fékkst fylgnistuðull milli vélanna um 0.90. Fylgnistuðull var lægstur í fyrstu tilrauninni eða 0.88 en hærri í tveimur síðari. Skýring á því er sú að í síðari tilraununum tókst ekki að mæla elsta fiskinn vegna bilunar í RT3 og það er einkum á mjög skemmdum fiski, sem verulegur munur kom fram á mælunum eins og áður sagði.

3.3. Aðhvarfsgreiningar (regression) á niðurstöðum.

Í töflu 3 eru sýndir fylgnistuðlar (correlation coefficients) r hinna mismunandi mælinganiðurstaðna.

Tafla 3. Fylgnistuðlar r.

Fylgnistuðlar r				
Fiskteg.	Aðferð	Dagar í is	RT	LOG 1/TMA
Línub.		-0.91		
Netap.	RT	-0.93		
Karfi		-0.91		
Línub.		-0.93	0.90	
Netap.	LOG 1/TMA	-0.94	0.91	
Karfi		-0.95	0.87	
Línub.		0.88	-0.86	-0.89
Netap.	LYKT	0.90	-0.89	-0.91
Karfi		0.83	-0.81	-0.83

Tölfræðileg prófun (t-próf fyrir r) sýndi að marktæk fylgni var á milli ofangreindra þátta ($\alpha=0.01$). Fylgnistuðlar milli TMA-mælinga (eða log 1/TMA) og RT-mælinga og geymslutíma í is eru mjög háir en fylgnistuðlar lyktarmats við daga í is TMA- og RT-mælingar eru aðeins lægri. Í köflunum hér á eftir er gert ráð fyrir línulegum samböndum hinna ýmsu mæliaðferða og sýndar líkingar, sem lýsa þeim. t-próf á fasta og hallatölur í þessum líkingum eru alltaf marktæk.

3.3.1. Samband RT-mælinga og geymslutíma í is. Með því að gera ráð fyrir línulegu sambandi milli RT-mælinga og geymslutíma í is fengust eftirfarandi líkingar:

(1) fyrir línufisk:

$$RT_4 = 12.8 - 0.514 \text{ dagar í is}$$

$$R^2 = 82.5\%$$

(2) fyrir netafisk:

$$RT_4 = 14.1 - 0.565 \text{ dagar í is}$$

$$R^2 = 87.1\%$$

(3) fyrir karfa:

$$RT4 = 12.3 - 0.369 \text{ dagar í ís}$$

$$R^2 = 83.3\%$$

Til að reikna út líkingarnar voru notaðar niðurstöður allra þriggja(tveggja) tilraunanna í hverju tilfalli. Ef reiknaðar eru út líkingar fyrir hverja tilraun fyrir sig var nokkur munur í stuðlum einkum fyrir línufiskinn.

Athugað var því hvort marktækur munur væri á milli tilrauna með línufisk með því að reikna út fervikahlutfall F á ákveðinn hátt. F var reiknað 14.23 fyrir þessar tilraunir og það þýðir marktækan mun á milli tilrauna (F borið saman við 2.40 $\alpha=0.05$). Tilraunirnar þrjár áttu að vera alveg sambærilegar en að vísu var nokkur munur á meðalstærð fiska. Fjölpátta aðhvarfsgreining var gerð til að vita hvort þyngd fisks hefði marktæk áhrif á RT-mælingar. Þá fékkst líkingin:

(4) fyrir línufisk

$$RT4 = 11.6 - 0.51 \text{ dagar í ís} + 0.33 \text{ þyngd fisks (kg)}$$

$$R^2 = 84.2\%$$

Hér má sjá að útskýrður breytileiki hækkaði ef þyngd var tekin með í líkinguna. Við að reikna nú F á sama hátt og hér að framan fæst nú $F = 7.52$, sem sýnir enn marktækan mun á milli tilrauna, þó að hann sé ekki eins mikill. Þyngdin útskýrir þannig eitthvað af mismun milli tilrauna.

Athugað var á sama hátt hvort marktækur munur væri á milli tilrauna með netafisk og fékkst $F=2.17$, sem er ekki marktækt ($\alpha=0.05$). Fjölpátta aðhvarfsgreining var gerð til að vita hvort þyngd fisks hefði marktæk áhrif á RT-mælingar.

(5) fyrir netafisk:

$$RT4 = 14.0 - 0.56 \text{ dagar í ís} + 0.039 \text{ þyngd fisks (kg)}$$

$$R^2 = 87.1\%$$

Þyngdin hafði hér ekki marktæk áhrif á RT-mælingar. Hugsanleg skýring á þessum niðurstöðum er sú að línufiskurinn einkum í fyrstu tilrauninni var mun stærri en í

hinum og mjög misstór og hugsanlega hafi stærð hans, þ.e. þá vegna lögunar fisksins, haft einhver áhrif á RT-mælingar.

Á sama hátt fékkst fyrir karfa að $F = 7.61$, sem þýðir að marktækur munur var á milli tilraunanna tveggja. Fjölpátta aðhvarfsgreining var gerð til þess að vita hvort þyngd hefði marktæk áhrif og fékkst þá líkingin

(6) fyrir karfa:

$$RT4=12.1-0.37\text{dagar í is} + 0.249\text{ þyngd fisks (kg)}$$

$$R^2 = 83.2\%$$

Þyngd karfa hafði hér ekki marktæk áhrif á niðurstöður RT-mælinga.

3.3.2. Samband TMA-mælinga og geymslutíma í is. TMA hækkar mjög lítið í fiski fyrstu dagana í is en hækkar síðan mun hraðar. Mun hærri fylgnistuðull fæst við daga í is, ef lítið er á $\log 1/TMA$ í stað TMA. Með því að gera ráð fyrir línulegu sambandi milli $\log 1/TMA$ og geymslutíma í is fékkst eftirfarandi líking. Niðurstöður allra tilraunanna voru teknar með.

(7) fyrir línufisk:

$$\log 1/TMA = 0.65 - 0.10\text{ dagar í is}$$

$$R^2 = 87.2\%$$

Athugað var hvort marktækur munur væri á milli tilrauna og reiknað út F-gildi á sama hátt og í 3.3.1. og fékkst $F = 2.95$ sem sýnir marktækan mun ($\alpha = 0.05$) á milli tilrauna. Ef þyngd fisks var tekin til greina fékkst eftirfarandi líking.

(8) fyrir línufisk:

$$\log 1/TMA = 0.55 - 0.10\text{ dagar í is} + 0.03\text{ þyngd fisks}$$

$$R^2 = 87.5\%$$

Hér má sjá að útskýrður breytileiki hefur aðeins hækkað við að taka þyngd með í líkingunni. Útreiknað F verður nú 1.54 sem sýnir að ekki er marktækur munur á

milli tilrauna, ef þyngd er tekin með í líkinguna. Það virðist því sem fiskurinn skemmist eitthvað mishratt eftir því hversu stór hann er.

(9) fyrir netafisk:

$$\log 1/TMA = 0.71 - 0.125 \text{ dagar í ís}$$

$$R^2 = 87.2\%$$

Reiknað F-gildi fékkst $F=4.76$, sem sýndi marktækan mun á milli tilrauna. Ef þyngd fisks var sett inn í líkinguna á sama hátt og hér að ofan fékkst eftirfarandi líking:

(10) fyrir netafisk:

$$\log 1/TMA = 0.57 - 0.12 \text{ dagar í ís} + 0.04 \text{ þyngd fisks}$$

$$R^2 = 90.2\%$$

Útreiknað F verður nú 3.52, sem sýnir enn aðeins marktækan mun milli tilrauna, þó að hann hafi minnkað. Netafiskurinn hefur því skemmst eitthvað mishratt í tilraununum þremur, þó að reynt væri að staðla öll geymsluskilyrði.

(11) fyrir karfa:

$$\log 1/TMA = 0.87 - 0.116 \text{ dagar í ís}$$

$$R^2 = 89.7\%$$

Reiknað F-gildi fékkst 6.32, sem sýnir marktækan mun á milli tilrauna. Ef þyngd var tekin til greina fékkst eftirfarandi líking:

(12) fyrir karfa:

$$\log 1/TMA = 0.92 - 0.116 \text{ dagar í ís} - 0.063 \text{ þyngd}$$

$$R^2 = 89.6\%$$

Útskýrður breytileiki hækkar ekki þó þyngd sé tekin til greina. Karfinn hefur því skemmt eitthvað mishratt í þessum tilraunum, þó að reynt væri að staðla öll geymsluskilyrði.

Þegar litið er nánar á niðurstöður TMA-mælinga kemur í ljós að þrátt fyrir mjög góða fylgni við daga í ís hækkar TMA í línufiskinum ekki eins mikið og búast mátti við eftir svo langa geymslu í ís. Venjulega er miðað við TMA=10 mg N/100g sem mörk vinnsluhæfni. Ef TMA=10 er sett inn í líkingar (7), (9) og (11) hér að framan fékkst að TMA í línufiski náði 10 eftir 16 1/2 dag í ís en í netafiski eftir tæplega 14 daga í ís að meðaltali. Í karfa náði TMA 10 eftir 16 daga í ís. Í erlendum heimildum (4) er getið um að TMAO í fiski geti verið mismunandi eftir stærð, aldri fisks, veiðisvæði og árstíma. Mælingar á TMAO voru gerðar á þorsksýnum í nóvember og í apríl og fengust niðurstöður, sem sýndar eru í töflu 4:

Tafla 4. Mælingar á trimetylaminoxíði TMAO.

<u>Fiskteg.veiðitími</u>	<u>TMAO mg N/100 g</u>	<u>Fjöldi sýna</u>
Þorskur, nóvember	55-60	20
Þorskur, apríl	80-85	12
Karfi, júní	80-85	10

Þessi munur á TMAO gæti útskýrt að einhverju leyti hæga TMA-myndun í nóvember. Einnig getur örveruflóra í fiski verið mismunandi eftir árstíma.

3.3.3. Samband RT-mælinga og TMA mælinga. Með því að gera ráð fyrir línulegu sambandi log 1/TMA og RT-mælinga fást eftirfarandi líkingar:

(13) fyrir línufisk

$$\log 1/TMA = -1.66 + 0.17 RT^4$$

$$R^2 = 81.4\%$$

(14) fyrir netafisk

$$\log 1/TMA = -2.20 + 0.20 RT^4$$

$$R^2 = 83.6\%$$

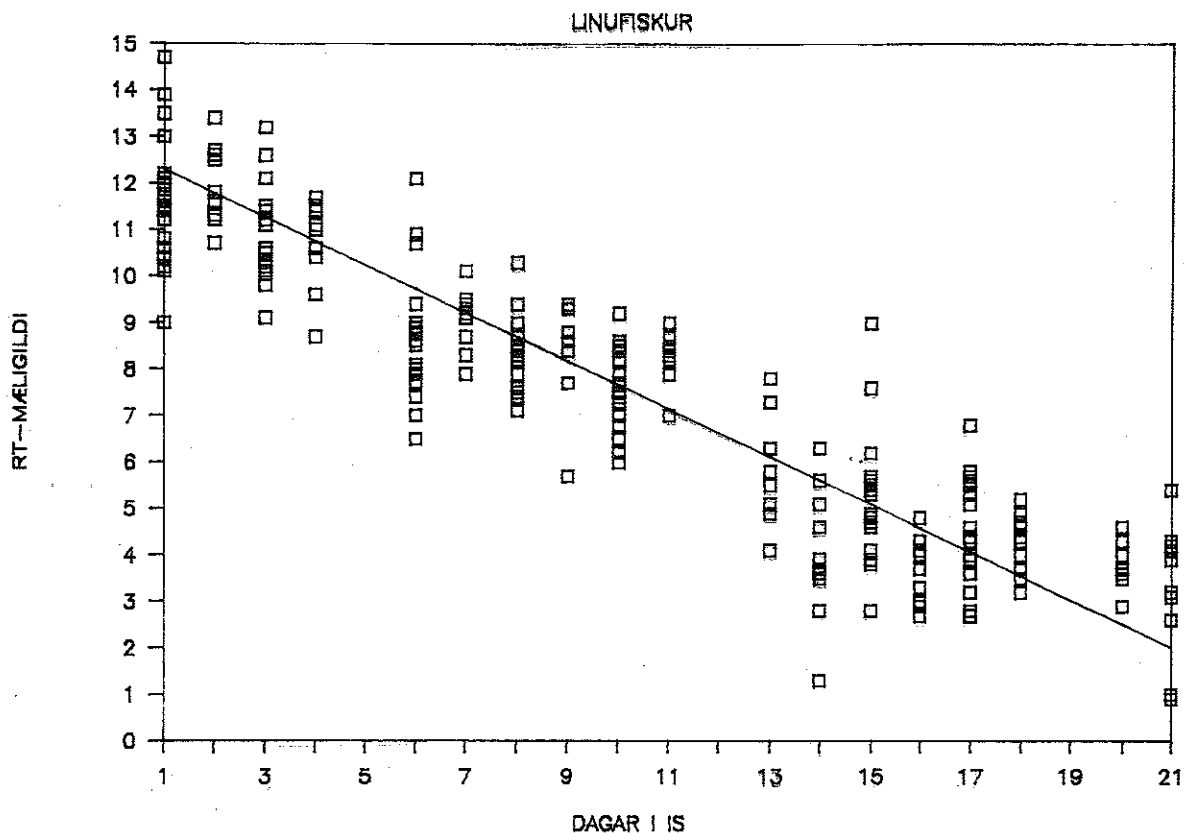
(15) fyrir karfa

$$\log 1/TMA = -2.57 + 0.26RT4$$

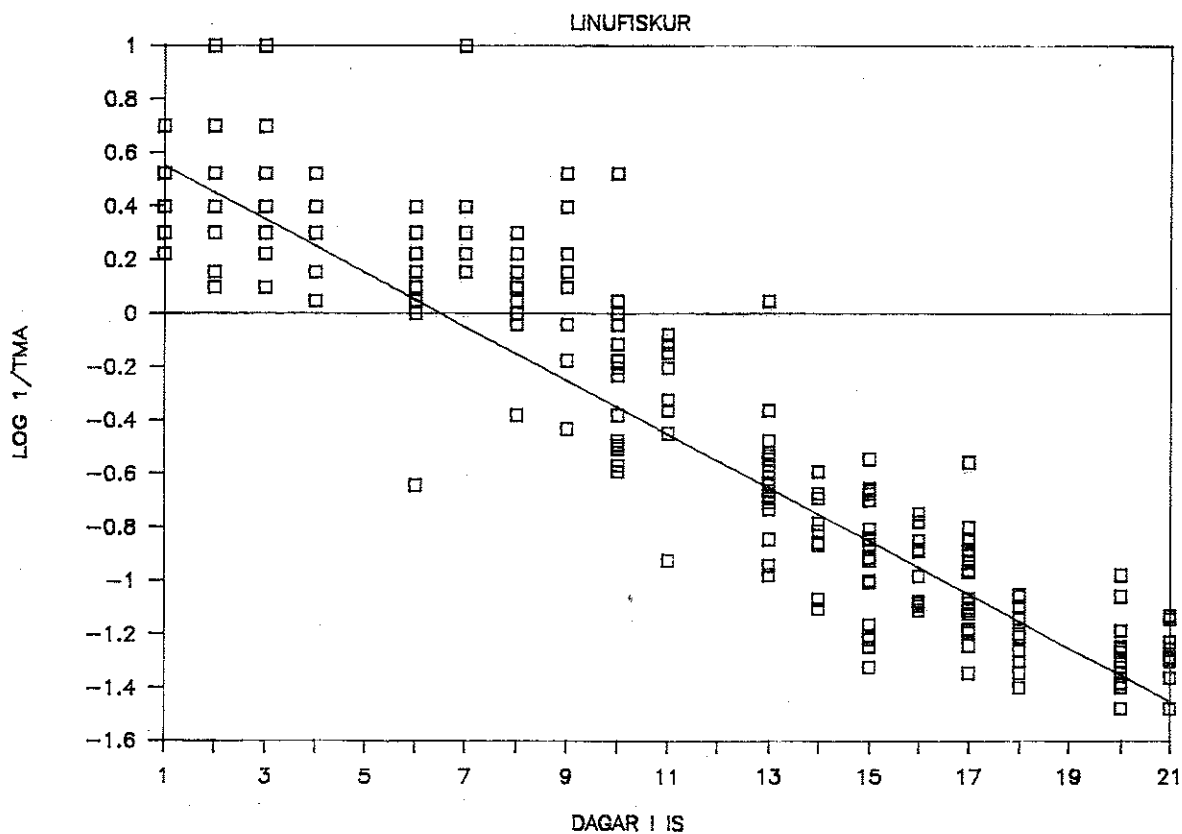
$$R^2 = 75.2\%$$

Á myndum 1- 6 eru sýndar niðurstöður RT-mælinga og TMA-mælinga á móti dögum í ís og línur líkinganna hér að framan (1),(2),(3) og (7),(9),(11).

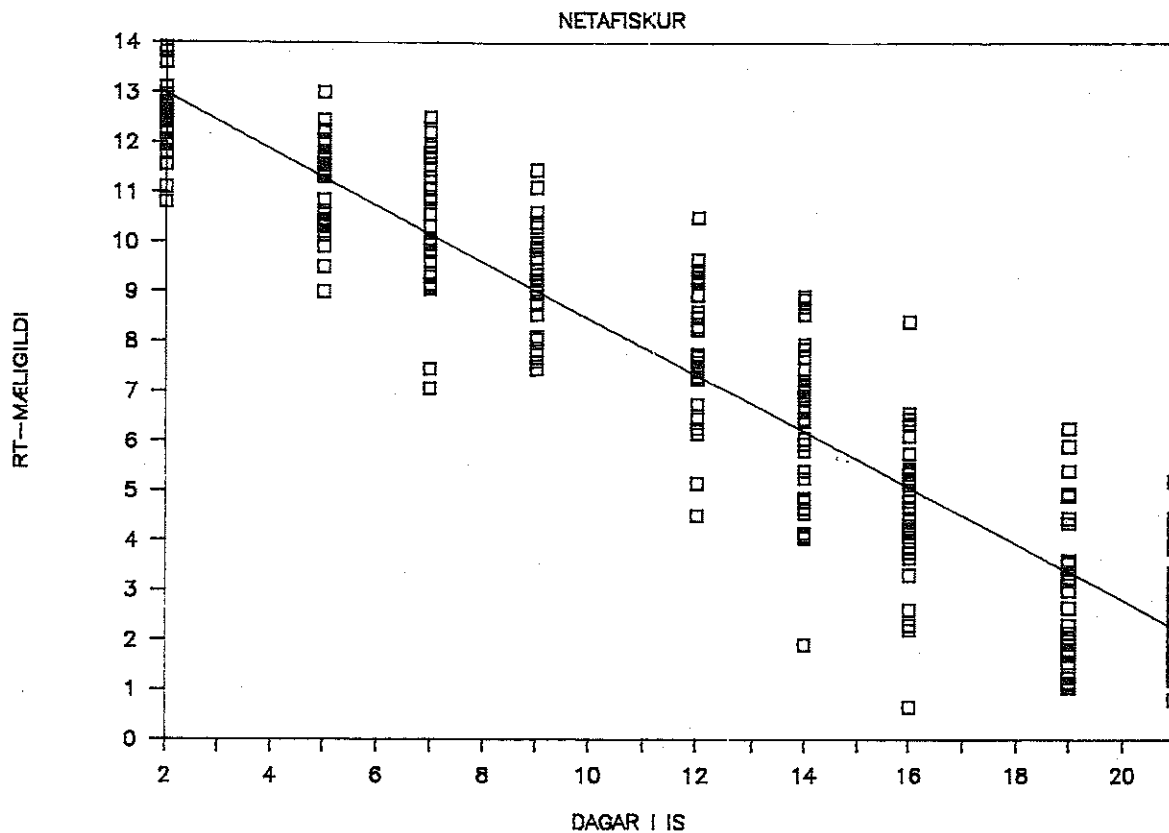
MYND 1. SAMBAND RT-MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



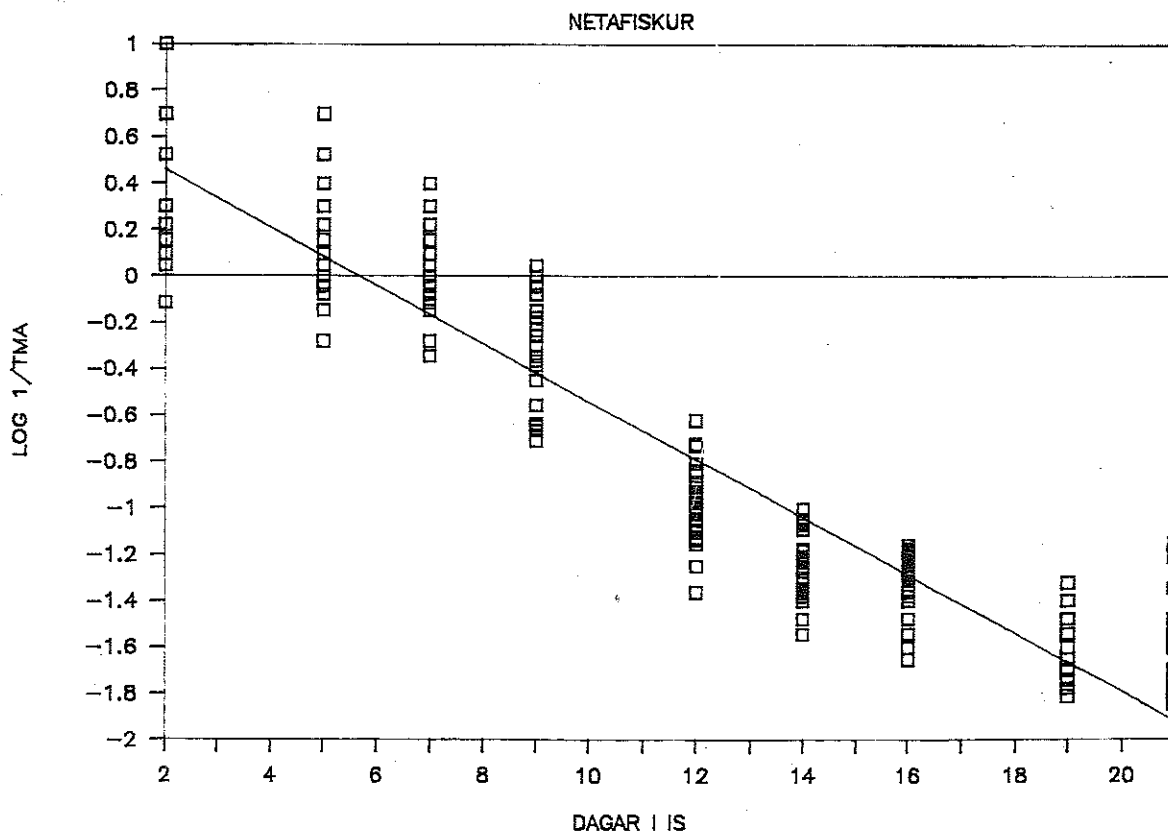
MYND 2. SAMBAND TMA-MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



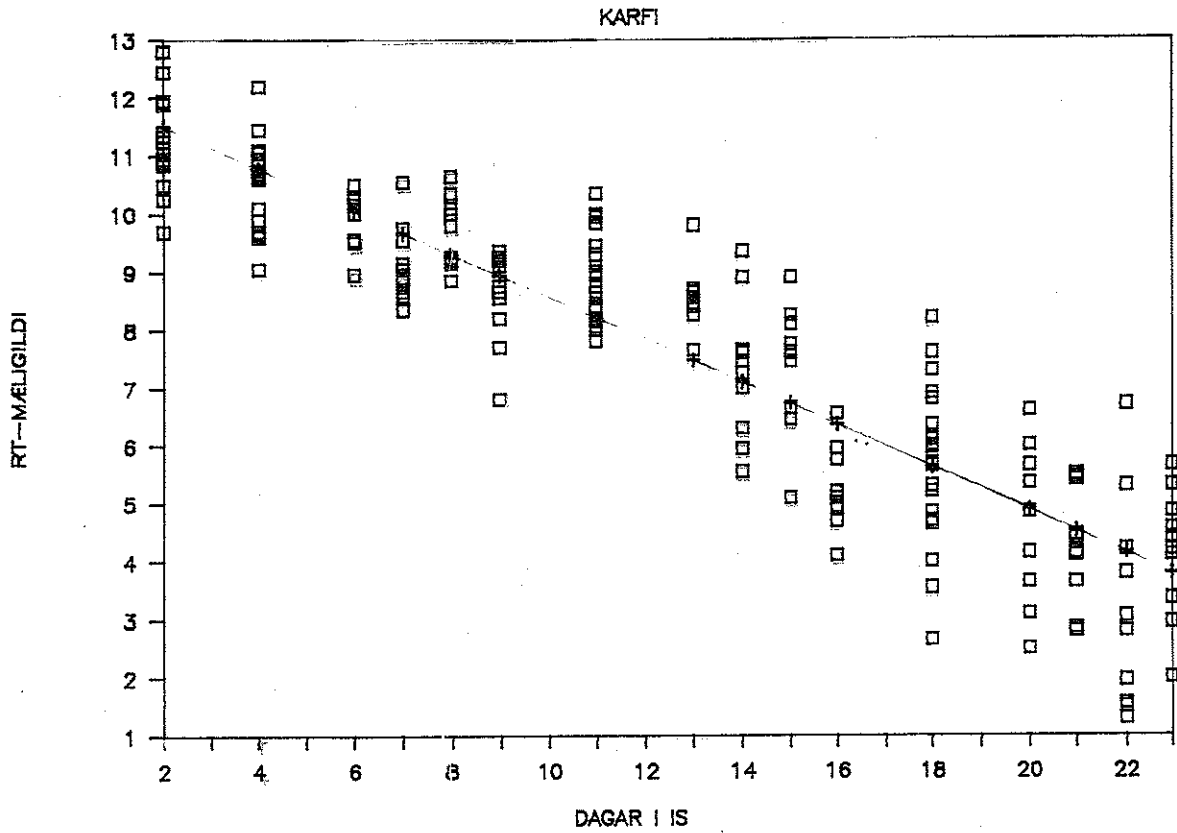
MYND 3. SAMBAND RT-MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



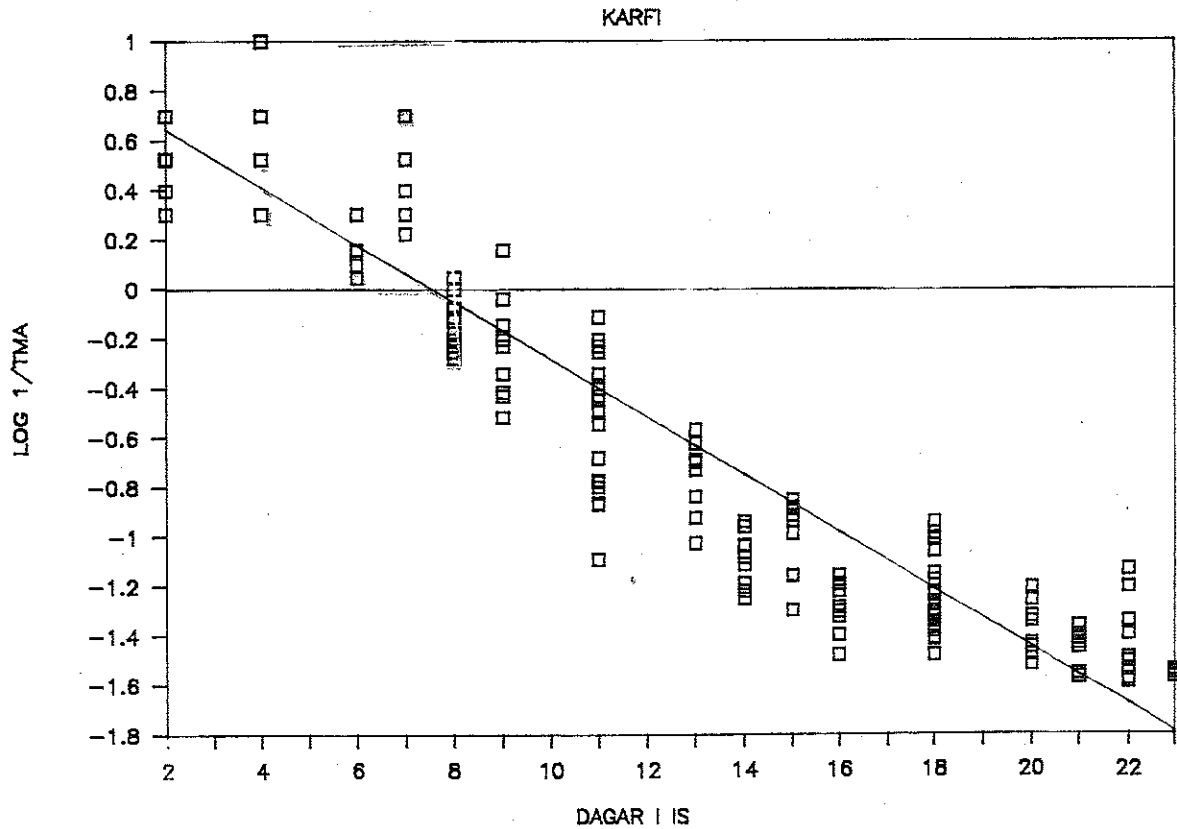
MYND 4. SAMBAND TMA-MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



MYND 5. SAMBAND RT-MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



MYND 6. SAMBAND TMA--MÆLINGA OG GEYMSLUTIMA I IS



3.3.4. Samband lyktarmats og annarra aðferða. Í töflu 5 eru sýndar hallatölur og fastar í líkingum fyrir línuleg sambönd milli geymslutíma í ís og skynmats.

Tafla 5. Línulegt samband lyktarmats og daga í ís.

$$y = a + b \text{ dagar í ís}$$

	a	b	R ²
Lykt línufiskur	1.59	0.189	77.8%
Lykt netafiskur	1.83	0.159	81.1%
Lykt karfi	2.01	0.120	69.7%

Einkunn 4 í lykt þýðir óeðlilega lykt af flökum. Með því að setja 4 inn í líkingarnar í töflu 5 fæst því algjör hámarksgeymslutími í ís eftir skynmati. Eftir lyktardómi á línufiski er þá hámarksgeymslutími 12.8 dagar en á netafiski 13.6 dagar en á karfa 16.6 dagar. Línulegt samband lyktar og daga í ís útskýrir aðeins milli 70 og 80 % breytileikans og er það nokkru lægra en í sambandi geymslutíma í ís við RT- og TMA-mælingar.

Í töflum 6 og 7 eru sýndar hallatölur, fastar og útskýrður breytileiki fyrir línuleg sambönd lyktarmats annars vegar og TMA og RT-mælinga hins vegar.

Tafla 6. Samband RT-mælinga og skynmats.

$$y = a + b \text{ RT4}$$

	a	b	R ²
Lykt línufiskur	4.97	-0.32	74.0
Lykt netafiskur	4.61	-0.26	77.1
Lykt karfi	5.71	-0.29	65.3

Tafla 7. Samband TMA-mælinga og skynmats.

$$y = a + b \log 1 / TMA$$

	a	b	R ²
Lykt línufiskur	2.86	-1.78	79.2
Lykt netafiskur	2.76	-1.26	83.5
Lykt karfi	1.90	-0.70	68.5

3.4. Mörk vinnsluhæfni og samanburður milli aðferða.

Áður hefur verið lýst mikilli fylgni hinna ýmsu aðferða við geymslutíma í ís og hver við aðra en eins og sjá má á myndum 1-6 er töluverð dreifing niðurstaðna.

Til að reyna að fá fram hvað þessi dreifing þýðir raunverulega verður nú sýnt á myndum 7-15 hvernig hinum ýmsu mæliaðferðum ber saman um vinnsluhæfni þorsks og karfa. Benda verður á að ekki er hægt að segja að ein þeirra sé algjörlega rétt og nota hana sem viðmiðun. Þá er að ákveða mörk vinnsluhæfni.

a) Línufiskur. Eins og bent var á í 3.3.2. er ekki hægt að nota TMA=10 sem mörk, því að það er of hátt í þessum tilraunum. Með því að skoða niðurstöður mælinganna kemur í ljós að á 11. degi eru langflestir fiskar enn taldir hæfir eftir skynmati en á 13. degi teljast allir óhæfir. Með því að velja 10-12 daga í ís sem mörk vinnsluhæfni og setja inn í líkingarnar í kafla 3.3.1. - 3.3.4. hér að framan fást ákveðin mörk fyrir hinar aðferðirnar. Síðan þegar þau mörk eru fundin var talið hversu mörg % fiska töldust hæfir eftir hverri aðferð fyrir sig.

Fiskinum var skipt niður eftir geymslutíma. Talið var raunhæfara að sýna niðurstöðurnar þannig þar sem óraunhæft er að mjög misgamall fiskur sé unninn samtímis. Niðurstöður eru sýndar í myndum 7,8 og 9.

Ef mörk frystingarhæfni eru sett 7.66 á RT mæli ber mælinum mjög vel saman við lyktarmatið eins og sjá má á mynd 7. Þegar mörk RT-gæðaflokkara eru 7.15 og 6.63 ber þeim ekki eins vel saman þegar mældur er fiskur eldri en 9 daga. Þess vegna væri skynsamlegt að velja 7.7 sem mörk vinnsluhæfni fyrir línuborsk.

b) Netafiskur.

Með því að setja TMA=10 sem mörk vinnsluhæfni fékkst hámarksgeymslutími í ís 13.7 dagar. Þegar niðurstöður mælinganna eru skoðaðar kemur í ljós að meiri hluti af 12 daga fiskinum telst hæfur samkvæmt skynmati en 14 daga fiskurinn telst yfirleitt óhæfur. Með því að setja TMA=10 inn í líkingarnar fengust ákveðin mörk fyrir

hinar aðferðirnar. Síðan er á sama hátt og fyrir línufiskinn talið hversu mörg % fiska töldust hæfir eftir hverri aðferð (sjá myndir 10). Einnig eru sýndir 12 og 13 dagar í ís sem mörk vinnsluhæfni í myndum 11 og 12.

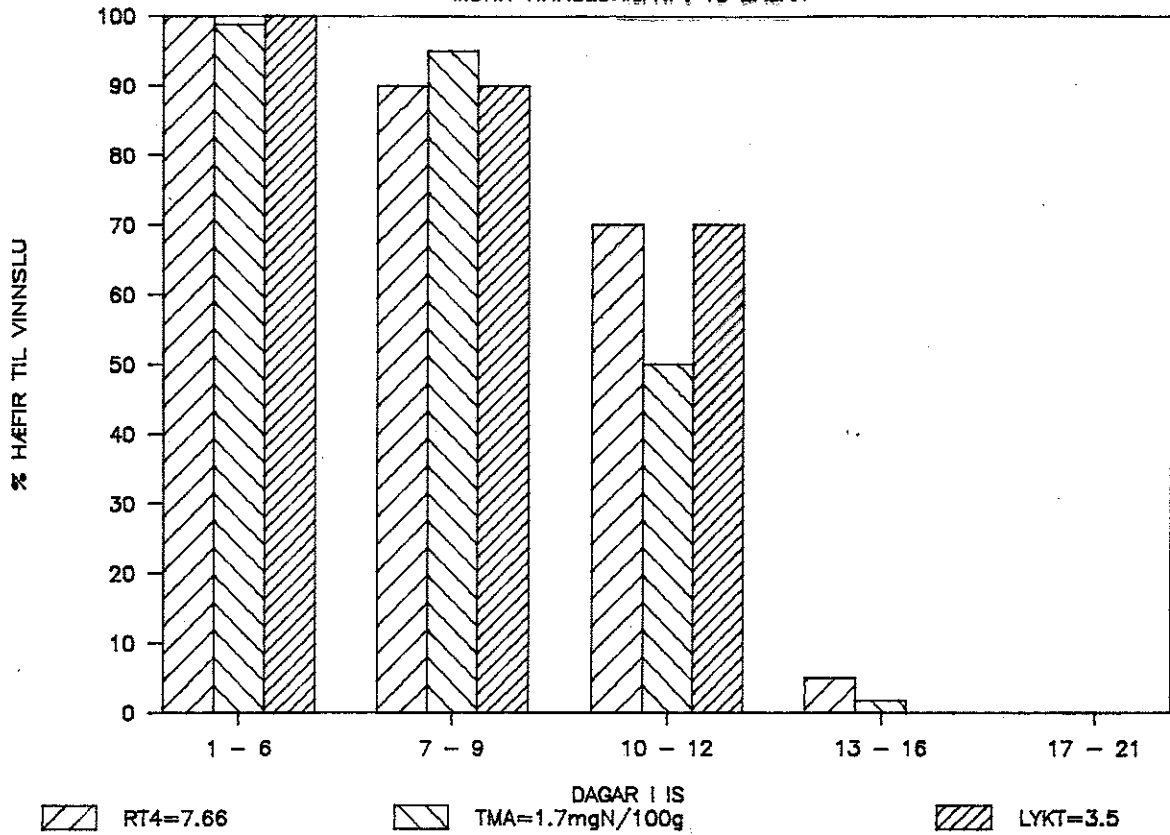
Ef mörk vinnsluhæfni eru sett 7.32 á RT mæli má sjá að RT-mælingum ber mjög vel saman við lyktarmatið og betur en ef mörk vinnsluhæfni eru sett 6.42.

c) Karfi.

Niðurstöður skynmats á karfa gáfu til kynna að mörk vinnsluhæfni væru á milli 14 og 16 daga frá veiði og TMA náði 10 eftir u. þ. b. 16 daga frá veiði. Á myndum 13-15 eru 14 og 15 dagar og TMA = 10 sýnd sem mörk vinnsluhæfni. Á myndunum má sjá töluvert ósamræmi hinna mismunandi aðferða við mat á 13 til 15 daga fiski. Hér er um mun meira ósamræmi að ræða en í þorskilraununum. Þó verður að teljast minnst ósamræmi á milli RT-gæðaflokkara og lyktarmats, þegar mörk vinnsluhæfni eru 15 dagar og mörk RT-gæðaflokkara 6.71. Á mynd 14 má sjá að RT-gæðaflokkarinn telur þarna 80% af fiskinum hæfan en lyktarmatið um 40% af fiskinum hæfan. Mjög erfitt er að úrskurða þarna aðra aðferðina réttari en hina. Á þessu skemmdarstigi þegar fiskur er orðinn varhugaverður er erfiðast að meta hann og þegar línulegt samband lyktarmats og daga í ís var skoðað var mun minna hægt að útskýra af breytileikanum þegar um karfa var að ræða en þorsk. Samræmi milli lyktarmats og RT-mælinga er hins vegar mjög gott á nýrri fiski en 13 daga og síðan á fiski eldri en 15 daga.

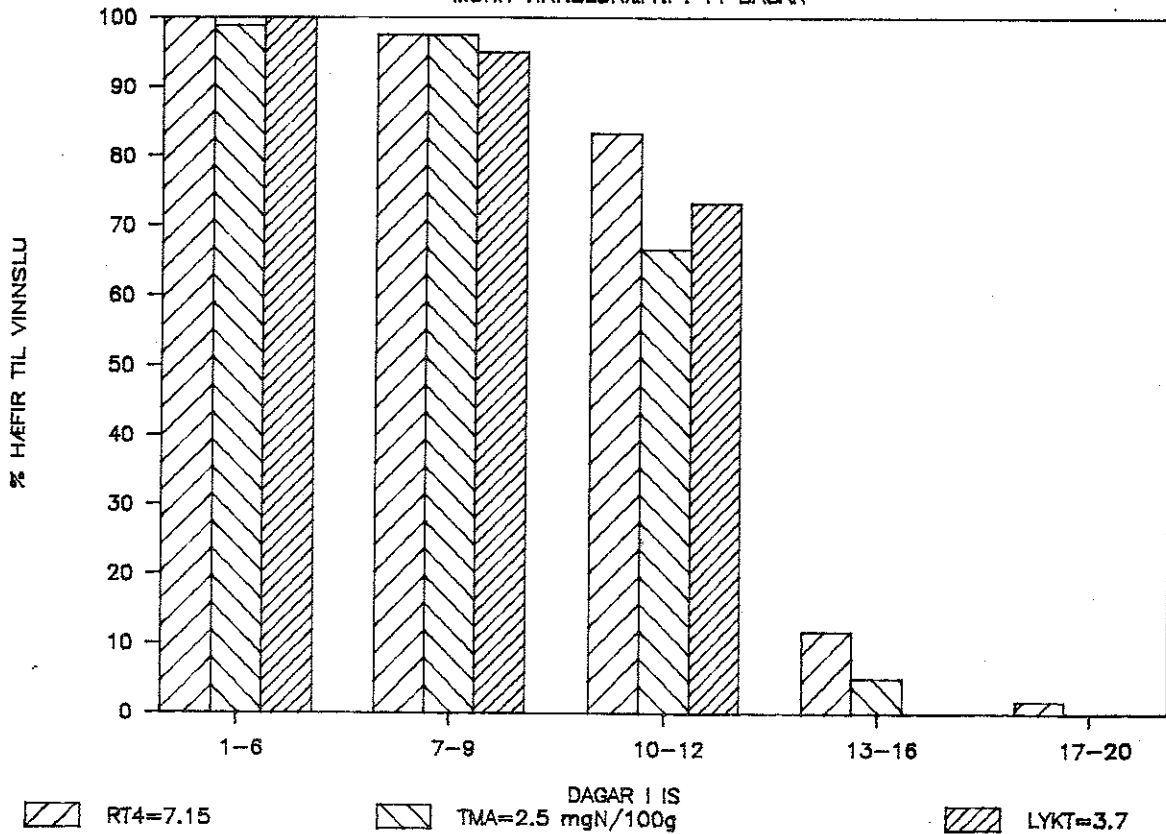
MYND 7. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, LINUFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 10 DAGAR



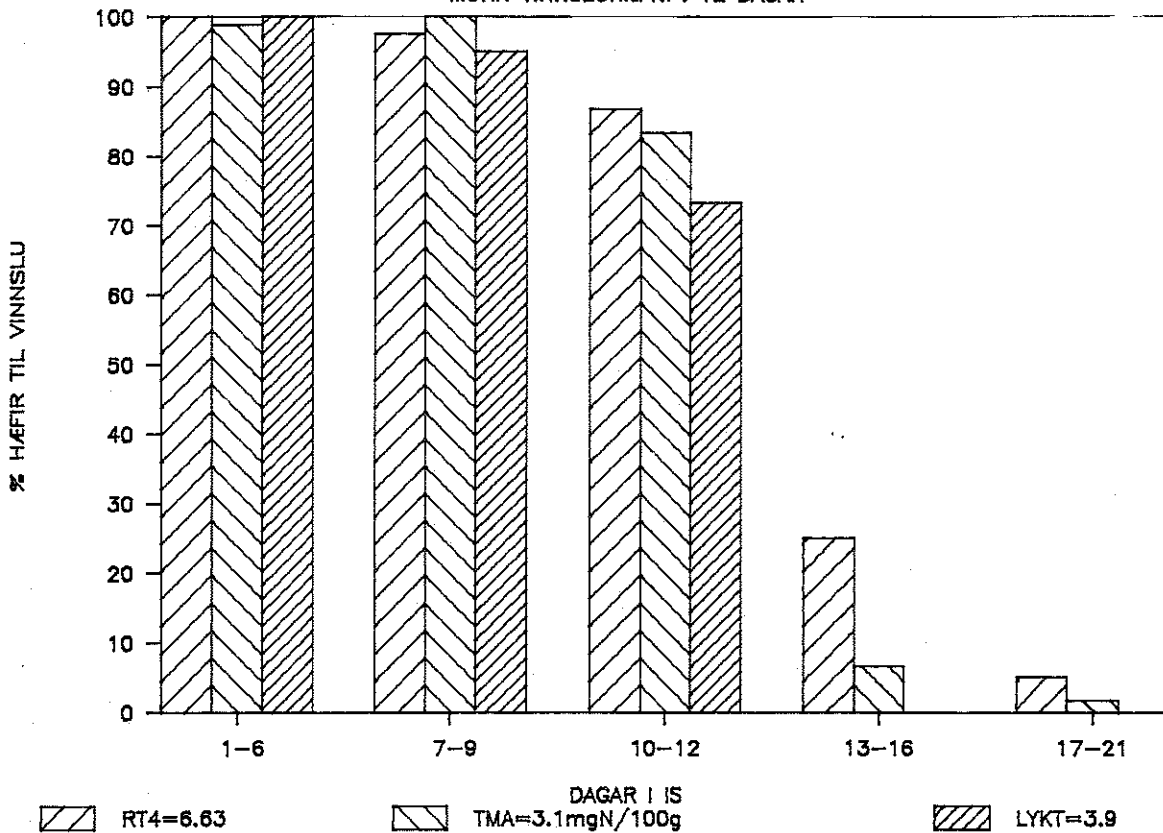
MYND 8. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, LINUFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 11 DAGAR



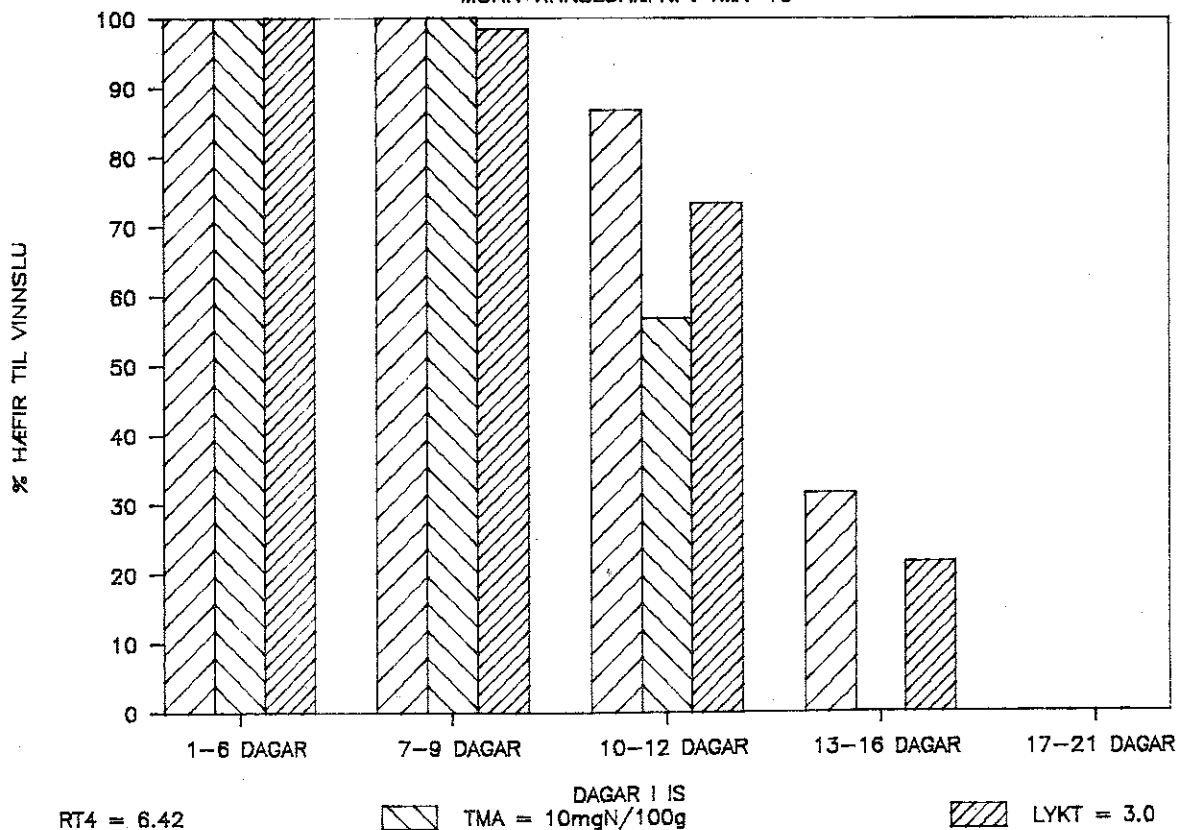
MYND 9. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, LINUFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 12 DAGAR



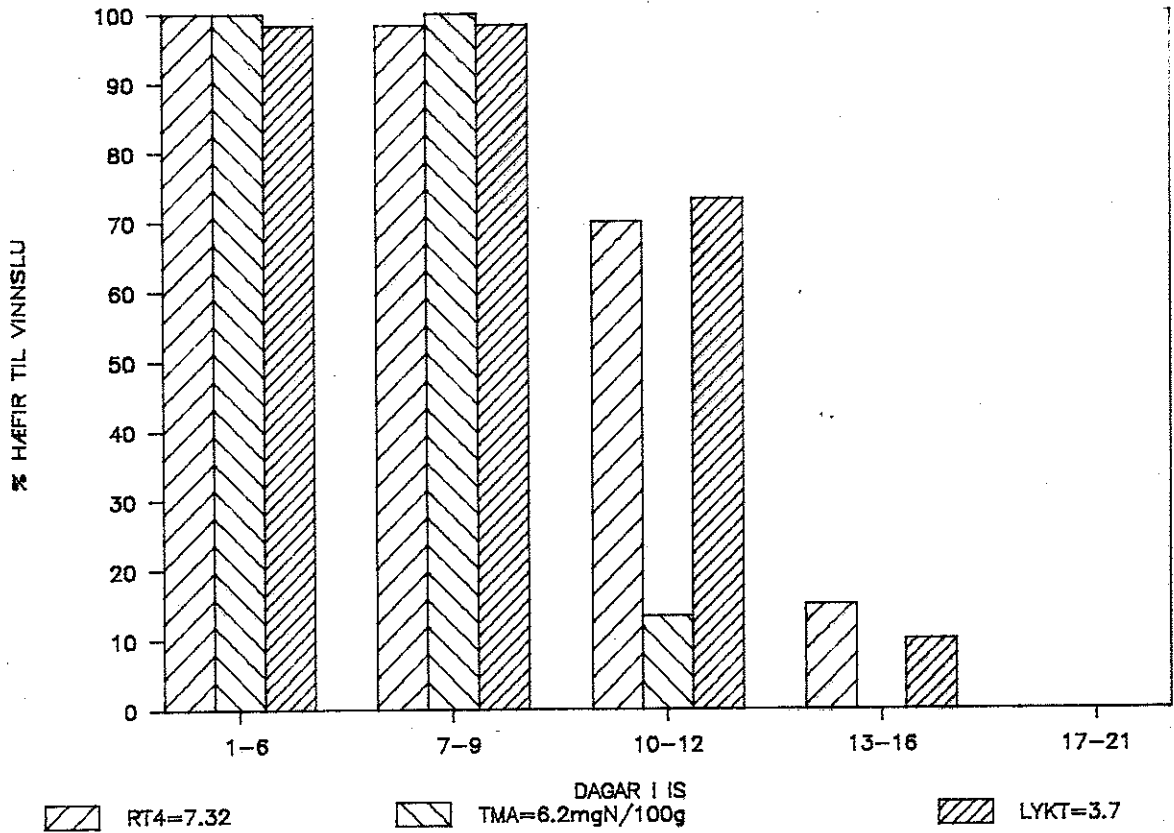
MYND 10. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, NETAFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : TMA=10



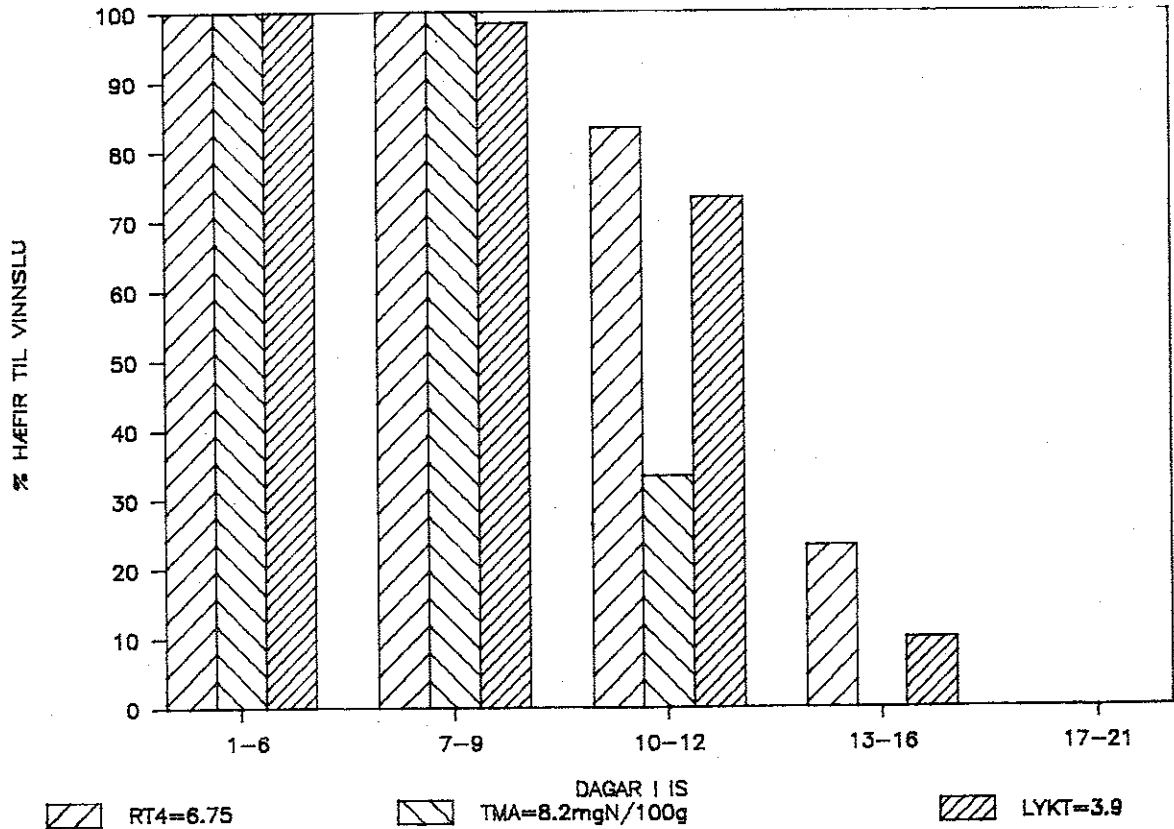
MYND 11. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, NETAFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 12 DAGAR



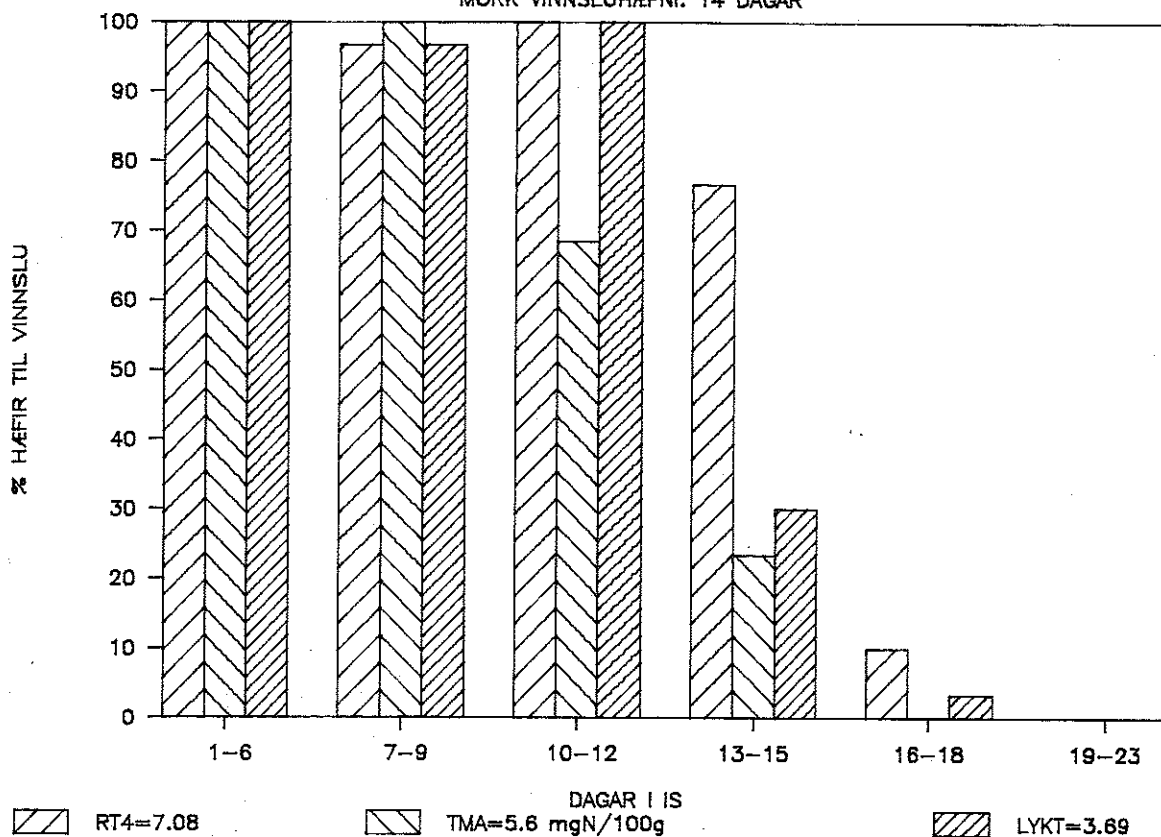
MYND 12. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, NETAFISKUR

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 13 DAGAR



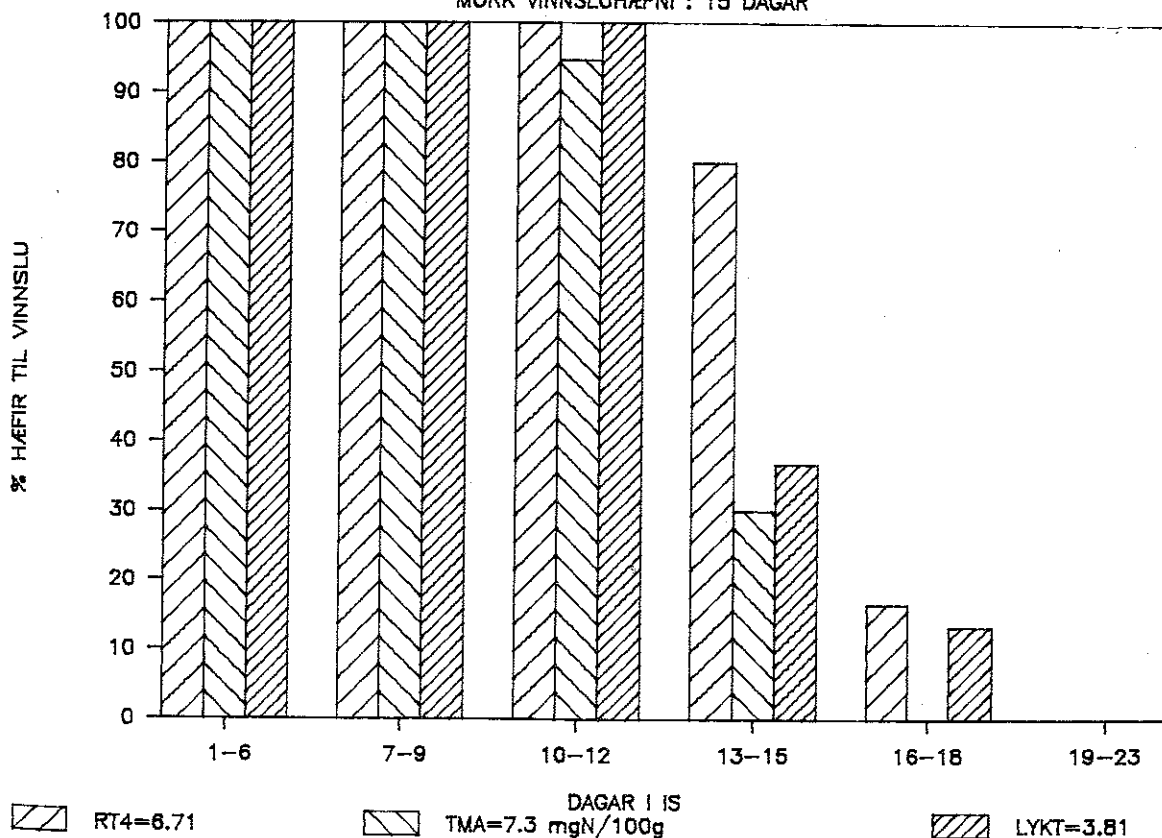
MYND 13. %FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, KARFI

MÖRK VINNSLUHÆFNI: 14 DAGAR



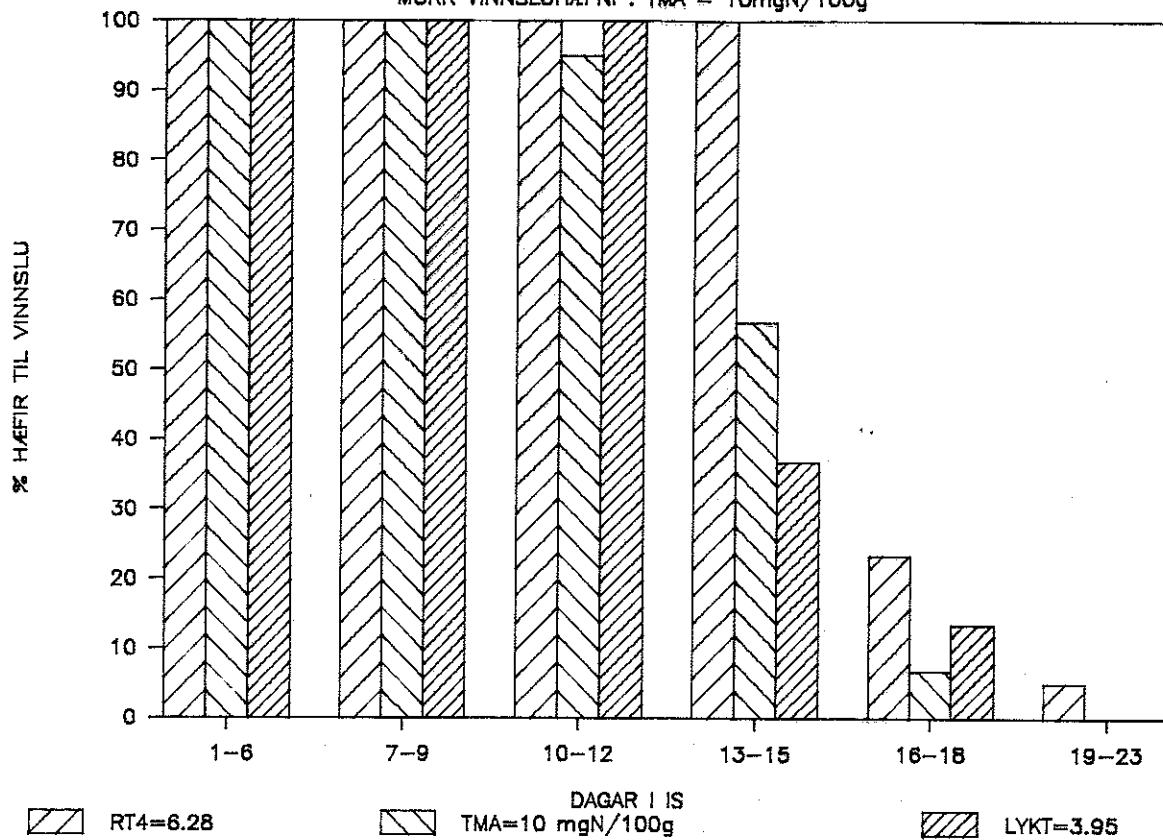
MYND 14. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, KARFI

MÖRK VINNSLUHÆFNI : 15 DAGAR



MYND 15. % FISKA HÆFIR TIL VINNSLU, KARFI

MÖRK VINNSLUHÆFNI : TMA = 10mgN/100g



3.5. RT-mælingar sömu fiska eftir mislanga geymslu í ís.

Hver fiskur var mældur í upphafi tilraunar eða eftir 1 til 2 daga í ís og síðan aftur eftir mislanga geymslu í ís. Niðurstöður RT-mælinga sömu fiska eru sýndir í töflu 8 og 9. Hér er einungis sýndar niðurstöður úr tilraun 2 og tilraun 5 en niðurstöður komu svipað út í öllum tilraunum.

Tafla 8. RT-mælingar sömu fiska eftir mislanga geymslu í Niðurstöður úr tilraun 2 með línufisk.

*RT_0	SD	Dagar í ís	RT4	SD	Lækkun á dag
11.8	0.4	3	10.3	0.7	-0.7
11.2	1.0	6	9.3	0.9	-0.4
12.3	0.8	8	8.7	1.1	-0.5
11.9	0.6	10	7.5	0.8	-0.5
12.0	0.5	13	5.4	1.5	-0.6
11.7	0.8	15	3.9	1.7	-0.6
11.5	1.2	17	3.0	1.1	-0.5
11.0	1.7	20	1.9	1.0	-0.5

* RT_0 eru niðurstöður mælinga í upphafi tilrauna. SD er staðalfrávik.

Lækkun á dag þýðir lækkun RT-mælinga á dag. RT_0 á við mælingar í upphafi tilraunar þ.e. eftir 1 dag í ís. Fall mælisins á dag er nokkuð reglulegt eftir fyrstu dagana eða 0.4-0.6 einingar.

Tafla 9. RT-mælingar sömu fiska eftir mislanga geymslu í ís. Niðurstöður úr tilraun 5 með netafisk.

*RT_0	SD	Dagar í ís	RT4	SD	Lækkun á dag
12.7	0.4	2	12.4	0.4	-0.3
12.6	0.3	5	10.5	1.1	-0.4
12.8	0.2	7	10.8	0.9	-0.3
12.8	0.5	9	9.1	0.9	-0.5
12.5	0.3	12	7.5	1.8	-0.5
12.9	0.7	14	6.9	2.0	-0.5
13.1	0.5	16	3.4	1.3	-0.5
12.3	0.6	19	2.4	1.6	-0.6

* sjá töflu 8

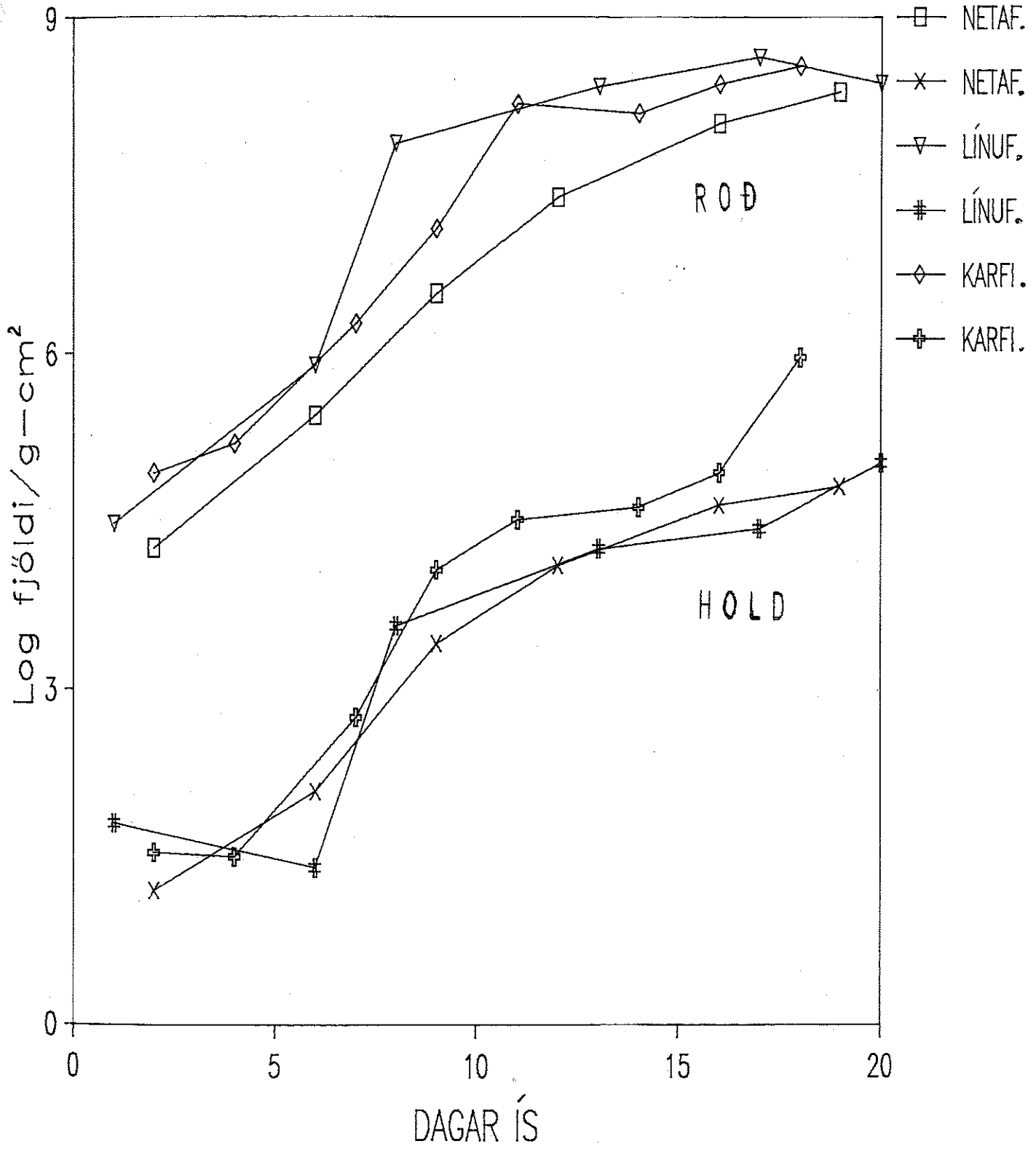
Staðalfrávik tíu fiska sem geymdir hafa verið jafnlengi í ís breytist ekki að meðaltali með geymslutíma en verður að visu hlutfallslega mun hærra þegar fiskurinn er orðinn mjög skemmdur enda eru mæligildin þá orðin svo lág. Þessi fiskur er yfirleitt orðinn óhæfur þannig að það kemur minna að sök.

3.6. Gerlatalningar á þorski og karfa.

Á mynd 16 eru sýndar niðurstöður gerlatalninga. Ekki virðist neinn verulegur munur á gerlafjölda í þorskholdi eftir jafnlanga geymslu í ís. Um miðbik geymslutímans er töluvert meiri gerlafjöldi á roði á fiski veiddum í nóvember en taka verður fram að við lok geymslutímans er gerlafjöldi svipaður. Þegar TMA náði 10, þ.e. eftir 16 1/2 dag í ís í nóvember var heildargerlafjöldi á roði u.þ.b. 350.000.000 per cm^2 og 35.000 per g af holdi. Þegar TMA náði 10 eftir 13.7 daga geymslu í ís í apríl var heildargerlafjöldi á roði u.þ.b. 35.000.000 per cm^2 roð og 20.000 per g af holdi.

Þegar TMA í karfa náði 10 eftir 16 daga geymslu í ís var heildargerlafjöldi á karfaroði 250.000.000 per cm^2 og í holdi u.þ.b. 85.000 per g.

MYND 16. GERLATALNINGAR Á ÞORSKI OG KARFA



4. UMRÆÐUR.

Enginn algildur mælikvarði er til á ferskleika og geymslupól fisks en í tilraunum þeim sem hér hefur verið lýst eru notaðar fjórar mismunandi aðferðir, sem allar lýsa á sinn hátt ferskleika fisksins. Reynt er að bera þessar aðferðir saman. Í tilraunum sem þessum, þar sem unnt er að staðla allar aðstæður, er geymslutími í ís mjög raunhæfur mælikvarði til að lýsa ástandi fisks. Í skýrslunni er því að miklu leyti gengið út frá geymslutíma í ís þegar aðferðir eru bornar saman. Að vísu kom í ljós, að stærð þorsksins hefur einhver áhrif á hversu hratt hann skemmist.

RT-mælingar sýndu háa fylgni við geymslutíma í ís, aðeins lægri en TMA-mælingar en nokkuð hærri en lyktarmat.

Sambandi RT-mælinga og geymslutíma í ís er hægt að lýsa línulega. Að vísu kom fram marktækur munur milli þriggja tilrauna á línufiskinum en hann minnkaði ef þyngd fisksins var notuð með í líkinguna, sem lýsir þessu sambandi. Á netafiski kom ekki fram marktækur munur á milli tilrauna. Marktækur munur kom fram á milli tilrauna á karfa, en þyngd fisks hafði ekki áhrif.

Sambandi TMA-mælinga og geymslutíma í ís má lýsa sem línulegu sambandi milli $\log 1/TMA$ og geymslutíma. Ekki kom fram marktækur munur milli tilrauna á línufiski ef stærð fisksins var sett í líkinguna, sem lýsir þessu sambandi en nokkur munur var á milli tilrauna á netafiski. Þyngd fisks hafði ekki áhrif á mun milli karfatilrauna. Þó að TMA hækkaði yfir geymslutímann, hækkaði það mun minna en búast mátti við í línufiski og fór TMA ekki yfir 10 mg N/100g fyrr en u.þ.b. 16 1/2 dögum frá veiði. Hins vegar sagði skynmat hann óhæfan til vinnslu 11-12 dögum frá veiði. Þess vegna voru dagar í ís og skynmat látið ráða þegar dregin voru mörk vinnsluhæfni. Í netafiskinum fór TMA yfir 10 mg N/100g að meðaltali eftir tæplega 14 daga frá veiði og var það í nokkuð góðu samræmi við skynmatið. TMA í karfa náði 10 á rúmlega 16 dögum og var það í samræmi við skynmat. Mælingar á TMAO í þorskinum voru töluvert lægri í nóvember en í apríl og gæti lágt TMAO innihald þorsksins þá útskýrt hæga TMA myndun í línuborskinum.

Fylgni milli RT-mælinga og TMA-mælinga er einnig mjög há. Þó að línulegar líkingar lýsi sambandi þessara aðferða innbyrðis og við geymslutíma í ís mjög vel þá er nokkur dreifing niðurstaðna um línurnar.

Í skýrslunni var sýnt hvað þessi dreifing þýddi með því að lýsa ágreiningi milli aðferða í dómum um vinnsluhæfni fisksins. Síðan voru valin þau mörk vinnsluhæfni þar sem myndin sýnir minnst ósamræmi milli RT-gæðaflokkara, TMA-mælinga og

skynmats. Með því að gera þetta kom í ljós að mæligildið 7.7 á RT-gæðaflokkaranum fyrir línuborsk, 7.3 fyrir netaborsk og 6.7 fyrir karfa gáfu minnst ósamræmi við lyktarmatið. Reynsla manna í notkun mælisins verður síðan að kenna þeim, hvar þeir setja mörkin.

Rannsóknir þessar gáfu miklar upplýsingar um geymslupól þorsks og karfa ísuðum í kassa við bestu aðstæður. Í ljós kom að hámarksgeymslutími þorsks var 13 til 14 dagar en karfa 16 dagar.

Í skýrslu Torry Research Station (2) er greint frá mælingum með handvirkum Torrymæli á um 2000 fiskum og aðallega frá 5 fisktegundum af mögrum fiski á mismunandi árstíma. Þar kom fram munur á fisktegundum og veiðitíma en ekki hvort fiskur var lifandi eða dauðblóðgaður. Einnig kom fram að meðferð hefði ekki áhrif á aflestur mælisins, ef fiskur væri sæmilega meðhöndlaður. Greint var frá að hitastigshækkun í nokkrar klst. á fiski eftir dauðastirðnun og fyrir ísun gæti lækkað mæliaflestur. Ekkert bendir til annars en þessi sjálfvirka vél gefi jafngóðar niðurstöður og handvirki Torrymælirinn.

Óhætt er að fullyrða að RT-gæðaflokkari lofar mjög góðu hvað varðar ferskleikamælingar á þorski og þá öðrum mögrum fisktegundum. Einnig sýna niðurstöður tilrauna með karfa að RT-gæðaflokkarinn kemur að góðum notum við ferskleikamælingar á karfa. Meginkostur RT-gæðaflokkaranna er hversu hratt þeir vinna, mæla um 60-70 fiska á mínútu og skemma ekki fiskinn og krefjast ekki þjálfaðs starfsfólks.

Eins og bent var á í Inngangi flokkar RT-gæðaflokkarinn eftir ferskleika, sem tengist efna- og gerlafræðilegum skemmdum í fiskinum en ekki blóðskemmdum, losi og margvislegum meðferðargöllum. Þessar tilraunir sýndu að árstíðabundnar sveiflur verða bæði í niðurstöðum TMA-mælinga og RT-mælinga og verður að taka tillit til þeirra.

5. ÞAKKARORÐ.

Kærar þakkir til eftirtalinna:

Starfsmanna Ríkismats sjávarafurða, Sjávarafurðadeildar S.Í.S. og Sölumiðstöðvar hraðfrystihúsanna fyrir þátttöku í skynmati,

Starfsmanna Rafagnatækni fyrir samstarfið.

Samstarfsmanna á R.f. fyrir veitta aðstoð við framkvæmd verkefnisins bæði varðandi skynmat og efnagreiningar.

Sérstakar þakkir til Hannesar Magnússonar deildarstjóra örverudeildar fyrir þátt hans í kaflanum um örverur, dr. Öldu Möller m.a. fyrir enska þýðingu á skýrslu um þessar tilraunir og dr. Gunnars Stefánssonar deildarstjóra á Hafrannsóknastofnuninni fyrir ráðleggingar varðandi tölfræðiúrvinnslu.

6. HEIMILDIR.

1. Hashimoto and Okaichi (1957). A modification of the Dyer method. Bull. Jap. Loc. Sci. Fish. 23, 269-272.
2. Torry Research Station. Estimation of fish freshness by dielectric measurement 1971. Department of Trade and Industry.
3. Connell, J.J. Control of fish quality, Farnham: Fishing news (books), 1980.
4. Dyer, J.W. Amines in fish muscle. TMAO content of fish and marine invertebrates. J. Fish. Res. Bd. Can., 8 (5) 1952, 314-324.
5. Martinsdóttir, E. Rannsóknir á geymslupoli þorsks með RT-gæðaflokkurum, mælingum á TMA og skynmati, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins 1986.

