

Skýrsluágrip Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins

Icelandic Fisheries Laboratories Report Summary



Titill	Þránun lýsis		
Höfundar	Margrét Bragadóttir, Snorri Þórisson, Baldur Hjaltason		
Rit Rf	32	Útgáfudagur	25. mars 1992
Verknr.	88.203		
Samstarfsaðili	Lýsi hf.		
Ágrip	Kannað var geymsluþol lifrar- og búklýsis og áhrif þráavarnarefna á geymsluþol þeirra, með áherslu á notkun náttúrulegra þráavarnarefna. Ennfremur var athugað hvaða áhrif þættir eins og vinnsla lýsis og hráefnigæði höfðu á þránun. Loks var leitast við að kynnast betur þeim aðferðum sem beitt er við að meta þráa, með það að markmiði að geta spáð fyrir um geymsluþol lýsis. Geymsluþolspróf voru notuð til þess að kanna geymsluþol lýsistegunda á mismunandi vinnslustigum og virkni mismunandi þráavarnarefna. Mæld var súrefnisupptaka í lýsissýnunum, en til samanburðar voru mæld peroxíð- og anisidingildi í lýsinu, auk skynmats. Alls voru 17 mismunandi þráavarnarefni prófuð. Um var að ræða bæði náttúruleg og efnaframleidd þráavarnarefni, svo og ýmsar blöndur þráavarnarefna. Niðurstöður þessara tilrauna sýndu mikinn mun milli einstakra þráavarnarefna, en almennt reyndust náttúruleg þráavarnarefni síðri en efnaframleidd þráavarnarefni til þess að lengja geymsluþol lýsis. Ennfremur kom í ljós að öll vinnsla lýsis dregur úr geymsluþoli þess. Hins vegar kom ekki fram bein fylgni milli hráefnisgæða loðnu og geymsluþols þess lýsis sem úr henni var unnið. Hvað varðar mæliaðferðir, þá sýndu bæði mælingar á peroxíð- og anisindingildi beina fylgni við skynmat á geymsluþolsprófi á þorskalýsi við 30°C. En geymsluþolspróf þar sem súrefnisupptaka er mæld í lýsinu er tvímælalaust einfaldasta og nákvæmasta aðferðin til þess að spá fyrir um geymsluþol lýsis.		
Stikkorð	Lýsi, þránun, geymsluþol, aðferðir, þráavarnarefni		

Efnisyfirlit

1. Inngangur.....	1
2. Efni og aðferðir	2
2.1. Mælingar og skynmat	3
2.1.1. Súrefnisupptaka.....	3
2.1.2. Efnamælingar	3
2.1.3. Skynmat	3
2.2. Áhrif vinnslu	4
2.3. Þráavarnarefni í lýsi	4
2.4. Samanburður á súrefnisupptöku og efnamælingum í þorskalýsi.....	4
2.5. Samanburður skynmats og efnamælinga í þorskalýsi	5
2.6. Samanburður skynmats, efnamælinga og mælinga á súrefnisupptöku í lýsi með þráavarnarefnum	5
2.7. Áhrif hráefnisgæða á stöðugleika lýsis	5
3. Niðurstöður og umræður.....	6
3.1. Áhrif vinnslu á stöðugleika lýsis	6
3.1.1. Þorskalýsi	6
3.1.2. Loðnulýsi	7
3.2. Þráavarnarefni í lýsi	8
3.2.1. Þráavarnarefni í loðnulýsi.....	8
3.2.2. Þráavarnarefni í mismunandi styrk í loðnulýsi	9
3.2.3. Þráavarnarefni í mismunandi styrk í þorskalýsi	9
3.3. Samanburður á súrefnisupptöku og efnamælingum í þorskalýsi.....	10
3.4. Samanburður skynmats og efnamælinga	11
3.5. Samanburður skynmats, efnamælinga og mælinga á súrefnisupptöku í þorskalýsi með þráavarnarefnum.....	11
3.6. Áhrif hráefnisgæða á stöðugleika loðnulýsis	13
4. Lokaorð	13
4.1 Geymslupól lýsis	13
4.2. Aðferðafræði.....	14
5. Þakkarorð	15
6. Heimildaskrá	16
7. Viðauki.....	19

1. Inngangur

Lýsi er auðugt af ómega-3 fjölómettuðum fitusýrum sem eru taldar mikilvægar fyrir heilsu manna og æskilegt er talið að auka neyslu þeirra á kostnað mettaðra fitusýra (Ackman, 1988; Barlow og Young, 1988). Ómettaðar fitusýrur hafa hinsvegar þann ókost að vera mjög viðkvæmar fyrir þránun. Þránun er í raun samheiti fyrir margþættar efnabreytingar á fitu sem allar draga úr gæðum. Þránun verður oftast vegna sjálfildunar (autoxidation) fitu þegar hún kemst í snertingu við súrefni en þá oxast ómettaðar fitusýrur, vítamín og önnur fituleysin næringarefni. Myndefni þránunar eru margvísleg og auk þess sem þau valda bæði ólykt og óbragði geta þau verið eitruð (Labuza, 1971; Jón Óttar Ragnarsson, 1981).

Þránun er einkum vandamál í lýsi og jurtaolíum sem hafa hátt hlutfall af fjölómettuðum fitusýrum og eru þ.a.l. fljótandi við stofuhita. Þránun hefur mikið verið rannsökuð í jurtaolíum (Labuza, 1971), en hinsvegar mun minna í lýsi og fáar rannsóknir hafa verið birtar hérlandis á þessu sviði.

Helsta aðferð sem beitt er til þess að hindra þránun og tryggja langt geymsluþol lýsis er að hreinsa það og herða. Þannig hentar það vel til notkunar í smjörlíki, en við hersluna mettast fjölómettuðu fitusýrurnar og verða stöðugri gagnvart þránun, en tapa jafnframt hollustugildi sínu. Annar valkostur sem ekki dregur úr næringargildi lýsis er að bæta út í það þráavarnarefnum í þeim tilgangi að lengja geymsluþol þess. Þannig má auka notagildi lýsis í matvælavinnslu og stuðla jafnframt að aukinni neyslu (Anon., 1990; Barlow og Young, 1988; Young 1990; Young o.fl., 1990).

Íslensk lýsisframleiðsla til manneldis samanstendur aðallega af þorsklifrarlýsi sem notað er sem heilsu- og vítamíngjafi og búklýsi loðnu sem er hert til notkunar í smjörlíki. Megintilgangur þeirra tilrauna sem hér verður lýst var að kanna geymsluþol þessara lýsistegunda og bera saman áhrif þráavarnarefna á geymsluþol þeirra, með áherslu á notkun náttúrulegra þráavarnarefna í þorskalýsi. Ennfremur að kanna hvaða áhrif þættir eins og vinnsla lýsis og hráefnisgæði hefðu á þránun og loks að kynnast betur þeim aðferðum sem beitt er við að meta þráa, með það að markmiði að geta spáð fyrir um geymsluþol lýsis. Í þessari rannsókn var þránun í lýsi metin með mælingum á súrefnisupptöku, efnamælingum og skynmati.

2. Efni og aðferðir

Öll lýsissýni voru fengin frá Lýsi hf. í Reykjavík. Sýnin voru geymd í brúnum lyfjaflöskum undir köfnunarefni við -25°C.

Þráavarnarefni sem notuð voru eru talin upp í töflu 1. Prófuð voru flest þráavarnarefni sem notuð eru í matvörur, bæði efnaframleidd (synthetísk) og náttúruleg þráavarnarefni, svo og eftirlíkingar þeirra. Einnig voru prófaðar ýmsar iðnaðarframleiddar blöndur þráavarnarefna.

Tafla 1. Listi yfir þau þráavarnarefni sem notuð voru í þessari rannsókn

gerð	heiti	innihald	framleiðandi	kemur fyrir á mynd
efnaframleidd	TENOX TBHQ	tertiary bútylhydrókvínón	Eastman Products	3a, 4a, 4b, 8b, 8e, 8f, 8g, 8h
	TENOX PG	própýl gallat	Eastman Products	3a, 4a
	TENOX BHA	blanda af 3-tert-bútyl-4-hýdroxýanisól og 2-tert-bútyl-hýdroxýanisól	Eastman Products	3a, 4c
	BHT	bútylhydroxítólúen	Sigma	3a, 4c
	EMBANOX-2	18% BHA/20% BHT í jurtaolíu	May & Baker	4c
	EMBANOX-101	20% TBHQ/10% sítrónusýra í própýlen glýkól	May & Baker	4b
	GRINDOX	askorbýl palmitat 7,5% própýl gallat 17,5% sítrónusýra 10% bindiefni (E 471) 35% í própýlen glýkól	Grinstead products	3d
	RONOXAN A	dl-alfa tókóferól 5% askorbýl palmitat 25% lesítín 70%	Roche	3c
	C vítamín	Ca-askorbat, fituhúðað 33%		3c
	HERBALOX type 0	rósmarín þykkni	Kalsec	3b, 5a, 8c, 8e, 8f, 8g, 8h
náttúruleg	EMBANOX-T70	náttúruleg tókóferól	May & Baker	3b
	TENOX GT2	blanda náttúrulegra tókóferóla 70% (þykkni úr olíufræjum)	Eastman Products	3d
	COVITOL F-1000	d-alfa tókóferól	Henkel	3d, 5d, 5f
	COVITOL 1100	d-alfa tókóferýl asetat	Henkel	3b, 5e, 5f
	COVIOX T-70	náttúruleg tókóferól 70%	Henkel	1b, 2b, 3d, 5c, 5f, 8d, 8e, 8f, 8g, 8h
eftirlíkingar náttúrulegra þráavarnarefna	TÓKÓFERÓL	dl-alfa tókóferól	Roche	3c
		dl-gamma tókóferól	Roche	3c, 5b, 5f

2.1. Mælingar og skynmat

2.1.1. Súrefnisupptaka

Súrefnisupptaka lýsissýna (5 g) var mæld með þrýstingsnemunum í Warburg tæki, series III (Townson and Mercer). Allar mælingar á Warburg tæki voru gerðar í tvísýni, við 30°C, í myrkri og við stöðugan hristing (Snorri Þórisson, 1987). Útreikningar á súrefnisupptöku voru samkvæmt Umbreit et. al. (1972). Afstæður stöðugleiki lýsissýna var fundinn út frá samanburði á svokölluðu hindrunartímabili þeirra. Þegar ferill súrefnisupptökunnar er skoðaður sjást tveir fasar súrefnisupptökuhraða, fyrst er súrefnisupptakan hæg en verður síðan hraðari. Hægari fasinn er svokallað hindrunartímabil og lengd þess er ákvörðuð af skurðpunkti lína sem dregnar eru samsíða báðum fösunum. Því lengra sem hindrunartímabilið er, því stöðugra er lýsið gagnvart þránun af völdum súrefnis, og yfirleitt lengja þráavarnarefni þetta tímabil.

Í einni tilraun (kafla 2.4) var súrefnisupptaka mæld í stærri sýnum (150 g). Þá voru þrýstingsnemar tengdir á kúluflooskur (1000 ml) og tilraunin framkvæmd við 30°C, án hristings.

2.1.2. Efnamælingar

Peroxíðgildi var mælt skv. AOAC Cd 8-53, en öll rúmmál voru höfð fimm sinnum minni til þess að hægt væri að mæla í minna sýni (1 g). Títur var með 0.01 N natríumbíósúlfat lausn.

Anisidingildi var mælt skv. IUPAC II.D.26. Mælt var á DMS 80 ljósgleypnimæli frá Varian.

TVN í loðnu var mælt skv. Antonacopoulos (1968).

2.1.3. Skynmat

Byrjað var á því að velja hæft fólk í skynmatshópinn með þríhyrningsprófi. Þetta próf byggir á samanburði þriggja sýna, þar sem tvö sýni eru eins en það þriðja er frábrugðið. Í þessu tilfelli var hver einstaklingur prófaður með ýmist tveimur óþráum sýnum og einu með vott af þráa, eða tveimur með vott af þráa og einu óþráu sýni. Valinn var hópur 14 einstaklinga sem með 95% vissu fundu staka sýnið með lyktarmati í alls 18 prófum. Skynmatshópurinn var síðan þjálfður í að nota eftirfarandi styrkleikaskala fyrir þráa; enginn=0, á mörkum=1/2, vottur=1, lítill=2, greinilegur=3 og mikill=4. Í hverju tilfelli fékk skynmatshópurinn viðmiðunarsýni sem átti að gefa einkunnina 0. Sýnin voru ávallt

lyktarmetin við herbergishita og við gult ljós. Við útreikninga á niðurstöðum fyrir hvert skipti var notað meðaltal hópsins.

2.2. Áhrif vinnslu

Notað var þorsklifrarlýsi úr mismunandi vinnslustigum, sem hér verður nefnt eftir lokaprepi hvers vinnslustigs (hrálýsi-afsýrt-kaldhreinsað-aflyktað) og einnig búklýsi loðnu úr mismunandi vinnslustigum (hrálýsi-afsýrt-bleikt-kaldhreinsað-aflyktað). Eingöngu var notað lýsi úr sömu framleiðslulotu. Í fyrstu var stöðugleiki loðnulýsis prófaður með mælingum á súrefnisupptöku, en seinna var stöðugleiki bæði loðnu- og þorskalýsis prófaður, með og án viðbótar náttúrulegra tókóferóla (1000 mg/kg Coviox).

2.3. Þráavarnarefni í lýsi

Öll þráavarnarefnin voru prófuð í 100 mg/kg styrk í afsýrðu og bleiktu loðnulýsi og þau þráavarnarefni sem reyndust virkust voru einnig prófuð í lægri styrkjum (20 mg/kg og 50 mg/kg). Náttúrulegu þráavarnarefnin og eftirlíkingar þeirra voru ennfremur prófuð í 100, 250, 500 og 1000 mg/kg styrk í aflyktaðu þorskalýsi. Virkni þráavarnarefnanna var borin saman með því að mæla súrefnisupptöku.

2.4. Samanburður á súrefnisupptöku og efnamælingum í þorskalýsi

Við könnun á sambandi milli efnamælinga og súrefnisupptöku í lýsi var framkvæmt geymsluþolspróf á kaldhreinsuðu þorskalýsi. Notuð voru 150 g af lýsi og sýni voru tekin af því reglulega til mælinga meðan á tilrauninni stóð. Sýni voru tekin til mælinga á anisidin- og peroxíðgildi ýmist á hverjum degi eða annan hvorn dag, og þá var einnig hrært í sýnaflöskunum. Leiðrétt var fyrir rúmmálsbreytingunni við hverja sýnatöku gagnvart útreikningum á súrefnisupptöku.

2.5. Samanburður skynmats og efnamælinga í þorskalýsi

Geymsluþolstilraun var gerð á annarsvegar kaldhreinsuðu og hinsvegar aflyktuðu þorskalýsi. Sýnin voru geymd í opinni erlenmayerflösku í hitaskáp við 22°C, í myrkri og við stöðugan hristing. Sýni voru tekin í skynmat og mælingu á peroxíðgildi á tveggja til þriggja daga fresti.

Fylgnistuðull var reiknaður út fyrir samband skynmats og mælinga á peroxíðgildi og síðan var marktækni fylgninnar fundin með t-prófi ($p \leq 0.05$) (Wilkinson, 1990).

2.6. Samanburður skynmats, efnamælinga og mælinga á súrefnisupptöku í lýsi með þráavarnarefnum

Geymsluþolstilraun var gerð á fjórum sýnum af aflyktuðu þorskalýsi; viðmiðun án þráavarnarefna (1), með 1000 mg/kg náttúrulegum tókóferólum (Coviox) (2), með 1000 mg/kg Herbalox (3) og loks með 20 mg/kg TBHQ (4). Geymsluþolsprófið fór fram við 30°C, í myrkri og við stöðugan hristing. Sýni voru tekin annan til þriðja hvern dag í skynmat og mælingar á anisidin- og peroxíðgildi. Meðaltöl voru reiknuð út fyrir hvert lýsissýni og "Tukey HSD multiple comparison" aðferð var notuð til þess að kanna hvort marktækur munur væri á milli meðaltalanna. Einnig var fylgnistuðull reiknaður út til þess að kanna fylgni milli skynmats annarsvegar og peroxíð- eða anisidingildis hinsvegar. Marktækni fylgnistuðuls var fundin með t-prófi ($p < 0.05$) (Wilkinson, 1990).

Á sambærilegum sýnum var framkvæmd mæling á súrefnisupptöku í Warburg-tæki.

2.7. Áhrif hráefnisgæða á stöðugleika lýsis

Athuganir á áhrifum hráefnisgæða á stöðugleika loðnulýsis voru gerðar á loðnu með 12% fituinnihaldi. Sjófryst loðna (u.þ.b. 20 kg) var þídd við 10°C í 24 klst. Loðnan var geymd við 0°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) í 17 daga og var sýni tekið annan til fimmta hvern dag. Sýnið (500 g) var hakkað og hluti þess (50 g) tekinn í TVN mælingu, en lýsið var einangrað úr afganginum á eftirfarandi hátt. Hakkið var hitað í sjóðandi vatnsbaði í 20 mín. Síðan var

hakkið kælt og skilið í 10 mín. við 16.000*g með GSA rotor í Sorwall RC-5B skilvindu frá Du Pont Instruments. Flotinu sem innihélt vatn og lýsi, var hellt í skiltrekt og vatninu hleypt undan, en lýsið var tekið og skilið aftur í WIFUG skilvindu við 4.500 rpm. í 10 mín. Að því loknu var tæru lýsinu fleytt ofan af grugginu og notað í mælingar á peroxíð- og anisidingildi, og einnig í mælingar á súrefnisupptöku. Fylgni milli TVN-gildis annarsvegar og peroxíð- eða anisidingildis hinsvegar var reiknuð út eins og áður hefur verið lýst.

3. Niðurstöður og umræður

3.1. Áhrif vinnslu á stöðugleika lýsis

3.1.1. Þorskalýsi

Mælingar á súrefnisupptöku í þorskalýsi úr mismunandi stigum sömu vinnslulotu benda til þess að stöðugleiki gagnvart þránun minnki við aukna vinnslu. Ef hindrunartímabil sýnanna eru borin saman (mynd 1a) má sjá að hrálýsið, sem er minnst unnið, hefur lengsta hindrunartímabilið, en afsýrða lýsið það skemmsta. Skýringin er e.t.v. sú að við aukna meðhöndlun kemst súrefni í meiri snertingu við lýsið, möguleikar á málmamengun aukast, en tvígildir málmar eins og t.d. kopar og járn hvata þránun. Ennfremur geta náttúruleg þráavarnarefni í lýsinu sjálfu, eins og t.d. tókóferól brotnað niður í vinnslunni með þeim afleiðingum að lýsið verður óstöðugra gagnvart þránun (Labuza, 1971; Patterson, 1989). En hvers vegna kaldhreinsað lýsi virðist stöðugra en lýsi sem einungis er afsýrt, er erfitt að skýra út, en munurinn á hindrunartímabilum þeirra er reyndar hverfandi. Aflyktaða þorskalýsið er mest unnið, en hefur hér ekki skemmsta hindrunartímabilið. Við aflyktun lýsis má búast við miklu tapi náttúrulegra þráavarnarefna, sem þó er háð aðstæðum (hita, gufluflæði og undirþrýstingi). Það sama gildir um niðurbrot peroxíða og fjarlægingu niðurbrotsefnanna. Þess vegna ætti að leitast við að hafa samband hita og tíma slíkt að sem minnst skemmist af náttúrulegum þráavarnarefnum, peroxíðgildi nálgist núll og magn niðurbrotsefna verði sem minnst eftir aflyktun (Dudrow, 1983; Young o.fl., 1986 og Chang, 1988). Það reyndist því miður ómögulegt að fá aflyktað lýsi úr sömu framleiðslulotu án þess að í

það hafi verið bætt 1000 mg/kg af náttúrulegu tókóferóli (Coviox) og þess vegna er ekki hægt að bera saman stöðugleika þess við hin vinnslusýnin í því skyni að sjá áhrif aflyktunar á stöðugleika þorskalýsis.

Viðbót náttúrulegs tókóferóls í 1000 mg/kg styrk í sömu sýni (alls 2000 mg/kg í aflyktuðu lýsi) dregur talsvert úr súrefnisupptöku (mynd 1b), en samt ekki fyrr en á seinni hluta þránunarferilsins, þ.e. að loknu hindrunartímabili viðmiðunarsýnanna. Súrefnisupptaka hrálýsisins er þannig í báðum tilfellum u.þ.b. 30-40 $\mu\text{mol/g}$ eftir 200 klst., en súrefnisupptaka hinna sýnanna er orðin 50 $\mu\text{mol/g}$ eftir u.þ.b. 170-190 klst. Hrálýsið er því enn stöðugast, en afsýrða lýsið og kaldhreinsaða lýsið eru nú álíka stöðug. Aflyktaða lýsið virðist hinsvegar hafa lítið eitt hraðari súrefnisupptöku en hin sýnin og vekur það athygli að 2000 mg/kg tókóferóls í aflyktuðu lýsi hefur ekki meiri áhrif en t.d. 1000 mg/kg í afsýrðu þorskalýsi.

3.1.2. Loðnulýsi

Á mynd 2a má sjá niðurstöður mælinga á súrefnisupptöku loðnulýsis á mismunandi vinnslustigum. Með samanburði á hindrunartímabilum lýsissýnanna má sjá að hindurnartímabilið styttist greinilega með aukinni vinnslu lýsisins. Þess ber að geta að í þessu tilfelli var ekki bætt tókóferóli í aflyktaða lýsið.

Þegar þessar mælingar voru endurteknar með nýjum loðnulýsisssýnum, fengust sambærilegar niðurstöður (mynd 2b). Hér sker þó aflyktaða lýsið sig úr, þar sem í það hefur verið bætt 1000 mg/kg af tókóferóli (Coviox) eins og í aflyktaða þorskalýsið. Hrálýsið er enn stöðugast, en afsýrða lýsið og bleikta loðnulýsið virðast vera álíka stöðug. Bleiking er vinnsluþrep sem ekki var notað fyrir þorskalýsið. Þar eru litarefni s.s. karóten efnasambönd, sem geta verið þráaverjandi, fjarlægð auk annara náttúrulega þráavarnarefna. Í þessu þrepi má einnig búast við fjarlægingu óhreininda s.s. sápu, málma og brennisteinssambanda, sem geta hvatað þránun. Búast má við að peroxíðgildi lækki vegna niðurbrots og einnig að annars stigs myndefni þránunar (aldehýð og ketónar) séu fjarlægð að einhverju marki (Young o.fl., 1986).

Viðbót 1000 mg/kg náttúrulegs tókóferóls í þessi sömu loðnulýsisssýni lengir hindrunartímabil allra sýnanna, en þó eru áhrifin minnst í aflyktaða lýsinu (mynd 2c), sem í raun inniheldur 2000 mg/kg Coviox.

3.2. Þráavarnarefni í lýsi

3.2.1. Þráavarnarefni í loðnulýsi

Virkni efnaframleiddra þráavarnarefna reynist vera mun meiri en náttúrulegra þráavarnarefna, þegar bornar eru saman niðurstöður mælinga á súrefnisupptöku í afsýrðu og bleiktu loðnulýsi með viðbót þráavarnarefna (100 mg/kg) (myndir 3a-3d). Á mynd 3a má sjá, að af efnaframleiddu þráavarnarefnunum TBHQ, PG, BHT og BHA í styrknum 100 mg/kg er TBHQ lang virkasta þráavarnarefnið í loðnulýsi, en PG er einnig mjög virkt. BHT er talsvert lakara en TBHQ og PG, en hefur samt töluverð áhrif í samanburði BHA sem hefur frekar lítil áhrif, sérstaklega á fyrri hluta súrefnisupptökuferilsins. Þessar niðurstöður eru teknar saman í töflu 2, þar sem virkni þráavarnarefnanna er metin sem lenging á hindrunartímabili viðmiðunarsýnis, sem er án þráavarnarefna.

Tafla 2. Áhrif þráavarnarefna (100 mg/kg)
á hindrunartímabil loðnulýsis

þráavarnarefni	lenging hindrunartímabils sem margfeldi af hindrunartímabili viðmiðunar
askorbat	<1,1
Ronoxan	<1,1
d-alfa tók. asetat	<1,1
d-alfa tókóferól	<1,1
dl-alfa tókóferól	<1,1
dl-gamma tókóferól	1,1
Coviox	1,1
Embanox-T 70	1,1
Tenox GT-2	1,1
Herbalox	1,2
BHA	1,3
Grindox	1,6
BHT	1,6
PG	3,3
TBHQ	6,0

Náttúruleg þráavarnarefni, bæði hrein efni og blöndur, svo og efnaframleiddar eftirlíkingar þeirra sýna tiltölulega litla virkni í afsýrðu og bleiktu loðnulýsi í 100 mg/kg styrk (myndir 3b, 3c og 3d). Blöndur þráavarnarefna eins og Grindox (sjá innihaldslýsingu í töflu 1) hafa þó greinileg áhrif og náttúrulegu þráavarnarefnin Herbalox og blöndur tókóferóla eins og Embanox-T 70, Tenox GT-2 og Coviox sýna einnig nokkra þráavarnarvirkni í þessum styrk. Áhrif þessara efna eru einnig sýnd í töflu 2.

3.2.2. Þráavarnarefni í mismunandi styrk í loðnulýsi

Samanburður á virkustu þráavarnarefnunum í mismunandi styrk í afsýrðu og bleiktu loðnulýsi sýnir greinilega að aukinn styrkur þessara þráavarnarefna gefur aukna þráavörn í loðnulýsi (mynd 4a). Niðurstöður mælinga með TBHQ og PG sýna ennfremur að 50 mg/kg af PG er álíka virkt og 20 mg/kg af TBHQ. Þess ber að geta að notkun TBHQ er leyfð í Bandaríkjunum en er víðast bönnuð í Evrópu, og samkvæmt íslenskum reglum um notkun aukefna (Hollustuvernd ríkisins, 1988) má ekki nota TBHQ í matvæli hérlandis og PG einungis í 50 mg/kg styrk í feitmeti.

Virkni TBHQ eykst einnig greinilega með viðbót sítrónusýru (mynd 4b). Sítrónusýra er dæmi um 2. gráðu þráavarnarefni, en þau eru talin virka þráaverjandi á þann hátt að binda málmjónir (Dziezat, 1986), sem eru til staðar í lýsinu í snefilmagni, en eins og áður hefur komið fram hvetja sumar málmjónir þránun. Flest önnur þráavarnarefni flokkast sem 1. gráðu þráavarnarefni, en þau efni geta gripið beint inn í hvarfgang þránunar, oftast með því að hvarfast við hydróperoxíð (Dziezat, 1986; Jón Óttar Ragnarsson, 1981).

Samanburður á mælingum á súrefnisupptöku loðnulýsis með BHA, BHT og blöndu þeirra (mynd 4c) sýnir að BHT er mun virkara þráavarnarefni en BHA í loðnulýsi. Einnig má sjá að með því að nota blöndu þessara efna, jafnvel í mjög lágum styrk, virðist nást betri þráavörn, þ.e. áhrif þessara efna magnast ef þau eru notuð saman.

3.2.3. Þráavarnarefni í mismunandi styrk í þorskalýsi

Fyrir náttúrulega þráavarnarefnið Herbalox (mynd 5a) og dl-gamma-tókóferól (mynd 5b) er greinilegt að við styrk á bilinu 100 til 1000 mg/kg í þorskalýsi gildir að súrefnisupptakan verður hægari með auknum styrk. Þetta virðist einnig gilda hvað varðar hindrunartímabil þorskalýsis með blöndu af náttúrulegum tókóferólum (Coviox) (mynd 5c). Samt er

súrefnisupptakan á hindrunartímabilinu lítið eitt hraðari fyrir 500 og 1000 mg/kg styrkina en fyrir viðmiðunarsýnið, sem er án þráavarnarefna. Þarna eru ef til vill farin að koma í ljós hvetjandi áhrif þráavarnarefnis í of háum styrk á súrefnisupptökuna, en þetta er þekkt fyrirbæri hjá þráavarnarefnum sem byggja virkni sína á fenólhópum. Dougherty (1988) segir að virkni tókóferóla minnki við hærri styrk (>500 mg/kg) og Kochhar (1988) fullyrðir að vegna hliðarhvarfa frá hinum hefðbundna hvarfgangi verði áhrif alfa-tókóferóls hvetjandi á þránun af völdum súrefnis, við styrk hærri en 1300 mg/kg. Hvetjandi áhrif d-alfa-tókóferóls í hærri styrk koma greinilega í ljós á mynd 5d. Þær niðurstöður sýna að þó svo súrefnisupptakan sé hraðari á hindrunartímabilinu lengist það jafnframt. Þess má geta að Löliger (1989) telur að dl-alfa-tókóferól hafi engin þráaverjandi áhrif í jurtaolíum. d-alfa-tókóferýl-asetat sýnir enga þráavarnarvirkni (mynd 5e) eins og búast mátti við, þar sem fenólhópsins nýtur ekki lengur við. Ef áður nefnd þráavarnarefni eru borin saman í 1000 mg/kg styrkleika í þorskalýsi (mynd 5f) raðast þau eftir virkni skv.; d-alfa-tókóferól < d-alfa-tókóferýl-asetat < náttúruleg tókóferól < dl-gamma-tókóferól < Herbalox.

3.3. Samanburður á súrefnisupptöku og efnamælingum í þorskalýsi

Niðurstöður geymslupólsprófs á kaldhreinsuðu þorskalýsi við 30°C má sjá á mynd 6. Þar kemur fram mjög stutt hindrunartímabil fyrir súrefnisupptöku og að peroxíðgildi fylgir súrefnisupptökunni vel eftir framan af, en anisidingildi hækkar hinsvegar seinna. Gera má ráð fyrir að beint samband sé á milli súrefnisupptöku og styrks peroxíða í lýsinu til að byrja með, þ.e. að fyrir hvert súrefnismólikúl sem lýsið tekur upp myndist eitt peroxíðmólikúl. En peroxíð eru mjög óstöðug efnasambönd og þegar líður á þránunarferlið kemur að því að þau sundrast hraðar en þau myndast, í þessu tilfelli eftir u.þ.b. 1000 klst. Anisidingildi er hinsvegar mælikvarði á annars stigs myndefni þránunar sem taka ekki að myndast að neinu ráði fyrr en með niðurbroti peroxíða.

3.4. Samanburður skynmats og efnamælinga

Niðurstöður forkönnunar á sambandi skynmats og efnamælinga á þráa í annarsvegar kaldhreinsuðu og hinsvegar í aflyktuðu þorskalýsi, sem jafnframt þjónaði þeim tilgangi að þjálfa skynmatshópinn, benda til þess að gott samband sé á milli skynmats og mælinga á peroxíðgildi í þorskalýsi sem geymt var við 22°C (myndir 7a og 7b). Fylgnistuðlar milli skynmatseinkunna og peroxíðgildis voru mjög háir, eða 0.97 fyrir aflyktaða lýsið og 0.90 fyrir kaldhreinsaða lýsið, en hvortveggja er marktæk fylgni. Hátt byrjunargildi skynmatseinkunna á kaldhreinsuðu þorskalýsi bendir til þess að skynmatshópurinn hafi þurft í byrjun að átta sig á muninum á "lýsislykt" og þráalykt, en kaldhreinsað þorskalýsi hefur sérstaka lykt á meðan aflyktað lýsi er nánast lyktarlaust. Eftir það má sjá að peroxíðgildið fylgir mjög vel einkunnum skynmatshópsins.

3.5. Samanburður skynmats, efnamælinga og mælinga á súrefnisupptöku í þorskalýsi með þráavarnarefnum

Niðurstöður geymsluþolsprófs á aflyktuðu þorskalýsi við 30°C sýna fram á mun skemmra geymsluþoli en við 22°C. Meðaltal skynmatseinkunnanna er t.d. komið upp í rúmlega 1 eftir 4 daga við 30°C (mynd 8a), en það tók 14 daga við 22°C. Niðurstöður gefa einnig til kynna að gott samband sé á milli skynmats og peroxíðgildis í aflyktuðu þorskalýsi geymdu við 30°C, hvort sem um er að ræða aflyktað þorskalýsi með eða án þráavarnarefna TBHQ (20 mg/kg), Herbalox (1000 mg/kg) eða náttúrulegra tókóferóla (Coviox)(1000 mg/kg) (myndir 8b-8d). Þegar skynmatseinkunnir fyrir þráa hækka, hækkar peroxíðgildið á sama tíma, en anisidingildið hækkar heldur seinna. Fylgni milli skynmats annarsvegar og anisidin- eða peroxíðgildis hinsvegar er í öllum tilfellum marktæk, og alltaf meiri fyrir samband skynmats og peroxíðgildis (tafla 3).

Tafla 3. Fylgnistuðlar milli skynmatseinkunna og efnamælinga á aflyktuðu lýsi

	Skynmat			
	Viðmiðun	TBHQ	Herbalox	Coviox
Peroxíðgildi	0,88	0,99	0,91	0,99
Anisidingildi	0,81	0,98	0,85	0,96

Þegar virkni þessara þráavarnarefna í aflyktuðu þorskalýsi er borin saman með mælingum á súrefnisupptöku (mynd 8e) kemur fram mikill munur á virkni einstakra þráavarnarefna, sem staðfestir það sem áður hefur komið fram um að TBHQ er mun virkara þráavarnarefni en náttúrulegu þráavarnarefnin, jafnvel í styrk sem er 50 falt lægri en náttúrulegu þráavarnarefnanna Herbalox og Coviox.

Með samanburði á skynmati (mynd 8f) kemur fram marktækur munur á geymsluþoli aflyktaðs þorskalýsis með viðbót TBHQ og viðmiðunarsýnis án þráavarnarefna. Viðbót náttúrulegra tókóferóla hefur engin marktæk áhrif samkvæmt skynmati og viðbót Herbalox ekki heldur, nema á 25. degi, þá er marktækur munur á Herbalox og viðmiðun. Skynmatshópurinn virðist almennt vera talsvert í vafa þegar dæma á þráa í lýsi með viðbót Herbalox, því þar sveiflast skynmatseinkunnirnar mest. Af þessum sökum var ákveðið að kanna hvort viðbót Herbalox hefði í för með sér aukalykt í aflyktuðu lýsi. Niðurstöður þríhyrningsprófs urðu þær, að ekki væri marktækur munur á aflyktuðu þorskalýsi með eða án Herbalox í 1000 mg/kg styrk ($p \leq 0.05$).

Þegar virkni þráavarnarefnanna er borin saman með mælingum á peroxíðgildi í sömu lýsissýnum, eru niðurstöður að mestu í samræmi við skynmatið (mynd 8g). Marktækur munur er á peroxíðgildi viðmiðunarsýnis og sýnis með TBHQ, og nú er einnig marktækur munur á viðmiðunarsýni og sýni með Herbalox og frá 18. degi er einnig marktækur munur á peroxíðgildi viðmiðunarsýnis og sýnis með tókóferólum. Þá kemur einnig fram marktækur munur á sýnunum innbyrðis, þannig er viðbót TBHQ allt frá 8. degi marktækt betri en hinna þráavarnarefnanna og viðbót Herbalox allt frá 8. degi marktækt betri en viðbót tókóferóla, þar til í lokin (29. dagur), en þá er munurinn ekki lengur marktækur.

Loks þegar virkni þráavarnarefnanna í aflyktuðu lýsi er borin saman með mælingu á anisidingildi (mynd 8h) er strax á 8. degi kominn fram marktækur munur á viðmiðunarsýninu og öllum sýnunum með þráavarnarefnum. Virkni TBHQ er einnig marktækt betri en hinna

þráavarnarefnanna frá og með 15. degi, en enginn marktækur munur er á viðbót Herbalox og tókóferóla innbyrðis fyrr en á lokadegi tilraunar.

3.6. Áhrif hráefnisgæða á stöðugleika loðnulýsis

Við geymslu á heilli loðnu við 0°C hækkar TVN gildi hægt fyrstu 10 dagana, eða upp í 20 mg N/100 g, en síðan ört eftir það og er komið í 90 mg N/100 g eftir 17 daga. Mælingar á peroxíðgildi og anisidingildi í lýsinu sýna mesta hækkun strax í byrjun. Anisidingildið stígur síðan jafnt og þétt eftir það, en peroxíðgildið sveiflast meira, en helst þó nokkuð hátt út geymslupóltilraunina (mynd 9a). Athuganir á sambandi TVN-gildis og peroxíðgildis annarsvegar og TVN-gildis og anisidingildis hinsvegar gáfu fylgnistuðla í báðum tilfellum undir 0.75, sem í hvorugu tilfelli er marktæk fylgni ($p \leq 0.05$). Þetta þýðir að ekki er um að ræða beint samband á milli TVN-gildis, þ.e. hráefnisgæða loðnu og peroxíð- eða anisidingildis, þ.e. gæða lýsisins sem úr loðnunni er unnið.

Mælingar á súrefnisupptöku í sömu lýsissýnum gefa samsvarandi niðurstöður og anisidin- og peroxíðmælingarnar, þ.e. mesta breytingin verður strax í byrjun. Lýsið sem dregið er út í byrjun hefur lengsta hindrunartímabilið, en öll þau lýsissýni sem dregin eru úr loðnunni seinna í geymslupólsprófinu reynast hafa mjög svipaðan stöðugleika í mælingum á súrefnisupptöku (mynd 9b). Þetta bendir til þess að ekki sé um að ræða samband á milli hráefnisgæða loðnu og geymslupóls þess lýsis sem úr henni er unnið.

4. Lokaorð

4.1 Geymslupól lýsis

Lýsi hefur reynst vera mjög viðkvæmt fyrir þránun og þá þorskalýsi frekar en loðnulýsi og kemur það ekki á óvart, vegna þess að þorskalýsi hefur herra hlutfall fjölmættaðra fitusýra en loðnulýsi, sem lýsir sér m.a. í hærri joðtölu. Það kom hinsvegar á óvart að hráefnisgæði loðnu virðast ekki skipta meginmáli varðandi gæði og geymslupól þess lýsis sem úr henni eru unnið. Hinsvegar hefur vinnsla lýsis greinilega þau áhrif að minnka

stöðugleika þess og eykur vinnsla því þörf fyrir þráavörn. Þráavarnarefni hafa staðfest gildi sitt í þessari tilraun, þar sem sýnt hefur verið fram á að hægt er að lengja geymsluþol lýsis verulega með viðbót þeirra. Margar tegundir þráavarnarefna hafa verið prófaðar og sumar þeirra í mörgum styrkjum og í fleiri en einni tegund af lýsi. Það hefur reyndar komið á daginn að það þráavarnarefni sem reyndist best er ekki leyft í matvæli hérlandis, nefnilega TBHQ, en önnur þráavarnarefni eins og própýl gallat og BHT reyndust einnig vel. Náttúruleg þráavarnarefni eins og blöndur tókóferóla og Herbalox höfðu einnig nokkur áhrif, en samt í verulega minna mæli en efnaframleiddu þráavarnarefnin. Greinilegt er að ekki er hægt að nota þráavarnarefni nema að vel athuguðu máli því að sýnt hefur verið fram á að t.d. tókóferól geta hvatað þránun þegar magn þeirra fer yfir ákveðin mörk.

4.2. Aðferðafræði

Hægt er að mæla þránun á ýmsa vegu og eru helstu aðferðirnar fjórar. Þar ber fyst að nefna mælingar á súrefnisupptöku, síðan mælingar á hydróperoxíðum, mælingar á rokgjörnum myndefnum þránunar og loks skynmat (Jón Ó. Ragnarsson, 1981). Peroxíðgildi er sennilega hvað best þekkta mælingin til þess að meta þránun. Mæld eru þau hydróperoxíð sem myndast í fitunni við þránun í nógu súrefni. Hydróperoxíð eru mjög óstöðug efnasambönd og sundrast því hraðar sem lengra gengur á þránunina. Loks kemur að því að sundrun þeirra verður hraðari en myndunin og peroxíðgildið fellur (mynd 6). Peroxíðgildi hentar því best til þess að meta hvenær þránun byrjar, en vegna þess hve hydróperoxíð sundrast greiðlega t.d. við hitun og aflyktun lýsis, er peroxíðmæling einungis mælikvarði á gæði lýsis ef forsaga þess er þekkt.

Mælingu á anisidingildi er hægt að nota með peroxímælingu eða í stað hennar, en hún bætir að nokkru leiti upp annmarka peroxíðmælinga. Anisidingildi er mælikvarði á annars stigs myndefni þránunar sem eru aðallega aldehyð og ketónefni. Þessi annars stigs myndefni þránunar myndast hægar en hydróperoxíðin á fyrri stigum þránunar og þau hverfa ekki eins greiðlega við aflyktun, nema aflyktunin sé framkvæmd við mjög hátt hitastig. Mæling á anisidingildi getur því hentað betur en peroxíðmæling þegar forsaga lýsisins er ekki þekkt. Niðurstöður þessarar tilraunar hafa þó sýnt fram á að peroxíðgildi er mun næmari aðferð en

anisidingildi til þess að meta þránun í lýsi, og hvað varðar fylgni við skynmat er hún hærri fyrir peroxíðgildi en anisidingildi.

Geymsluþolspróf eru sennilega tryggasti mælikvarðinn á stöðugleika lýsis og þar hafa mælingar á súrefnisupptöku með Warburg tæki reynst vel. Aðferðin, sem hefur ekki verið notuð áður við slíkar mælingar hér, er tiltölulega einföld og mjög næm til þess að meta þránun af völdum súrefnis í lýsi. Ennfremur er þetta sú aðferð sem hentar hvað best til þess að spá fyrir um geymsluþol lýsis, því mislöng hindrunartímabil lýsissýna segja til um afstætt geymsluþol þeirra. Aðferðin krefst hinsvegar biðlunda í nokkurn tíma eins og er um flestallar geymsluþolsathuganir. Til eru nokkrar útgáfur af geymsluþolsprófum sem líkt og Warburg tækið byggja á því að mæla súrefnisupptöku í fitu, en ólíkt því sem gert var í þessari tilraun er hitinn hafður talsvert hærri (60-120°C) til þess að flýta fyrir niðurstöðum. Það hefur hinsvegar verið gagnrýnt, þar sem virkjunarorka efnahvarfa þránunar er mishá, þannig að sjálfur hvarfgangur þránunarinnar gæti breyst, auk þess sem það gæti haft mismunandi áhrif á virkni þráavarnarefnanna að hækka hitastigið þetta mikið (Ragnarsson o.fl., 1977).

Skynmat er eina aðferðin sem beinlínis mælir þráa og á því fyllilega rétt á sér þegar meta á gæði lýsis. Engin önnur mæliaðferð er betri til þess að meta hvort lýsið er hæft til neyslu, nema þá að hún hafi fyrst verið borin saman við skynmat. Í þessari tilraun hefur verið sýnt fram á að skynmat getur reynst mjög vel til þess að meta þráa í lýsi. En til þess að vera viss um að fá áreiðanlegar niðurstöður þarf vel þjálfaðan skynmatshóp og það getur bæði verið tímafrekt og dýrt að standa að slíkri þjálfun. Ennfremur þarf hópurinn að vera af ákveðinni stærð og nota þarf tölfræðilega útreikninga til þess að meta hvort niðurstöður eru marktækar. Engu að síður er þarna um að ræða fullgilda aðferð, sem hefur m.a. þann kost að ekki er krafist flókins tækjabúnaðar eða rannsóknastofu.

5. Þakkarorð

Við viljum þakka Rannsóknasjóði Rannsóknaráðs ríkisins fyrir veittan stuðning við þetta verkefni. Ennfremur þökkum við Lýsi hf fyrir veittan stuðning og gott samstarf.

6. Heimildaskrá

Ackman, R.G. (1988): Concerns for utilization of marine lipids and oils. Food Technol. 5, 151-155.

Anon. (1990): New ideas for margarines. Inform 1, 174-184.

Antonacopoulos, N. (1968): Handbuch der Lebensmittelchemie, vol III/2. Springer Verlag, Berlin.

Barlow, S. og Young, V. (1988): New uses for fish oils. Food Manufact. 10, 75-78.

Cort, W.M. (1974): Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate and ascorbic acid and their mode of action. J. Am. Oil. Chem. Soc. 51, 321-325.

Chang, S.S. (1988): Changes of the deodorization of fish oil. n-3 News 3, 1-6.

Dougherty, M.E. Jr. (1988): Tocopherols as food antioxidants. Cereal Foods World 33, 222-223.

Dudrow, F.A. (1983): Deodorization of edible oils. J. Am. Oil. Chem. Soc. 60, 272-274.

Dziezat, J.D. (1986): Antioxidants : The ultimate answer to oxidation. Food Technol. 9, 94-102.

Fioriti, J.A., Kanuk, M.J. og Sims, R.J. (1974): Chemical and organoleptic properties of oxidized fats. J.Am.Oil.Chem.Soc. 51, 219-223.

Gray, J.I. (1978): Measurement of lipid oxidation: A review. J. Am. Oil Chem. Soc. 55, 539-546.

Hollustuvernd ríkisins, Heilbrigðis- og tryggingamálaráðuneytið (1988): Aukefnalisti: Reglur um notkun aukefna og merkingu neytendaumbúða fyrir matvæli og aðrar neysluvörur. Sérprentun úr Stjórnartíðindum B 54/1988.

"International union of pure and applied chemistry: Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives". (1979). 6. útg. Pergamon press, Oxford.

Jón Óttar Ragnarsson (1981): Efnafræði fæðunnar. 3. útg. Bóksala stúdenta, Háskóli Íslands.

Kochhar, S.P. (1988): Natural antioxidants: A literature survey. Scientific and technical surveys No 165, Leatherhead Food R.A.

Labuza, T.P. (1971): Kinetics of lipid oxidation in foods. CRC Crit. Rev. Food Technol. 2, 355-405.

Löliker, J., (1989): Natural antioxidants. 6. kafli. Í: Allen, J.C. og Hamilton, R.J. (ritstj.): Rancidity in foods. 2. útg. Elsevier, London.

"Official methods of analysis of the association of official analytical chemists". (1990). 15. útg. AOAC inc., Virginia.

Patterson, H.B.W. (1989). Employment of antioxidants. 24. kafli. Í: Handling and storage of oilseeds, oils, fats and meal. Elsevier, London.

Ragnarsson, J.O., Leick, D. og Labuza T.P. (1977): Accelerated temperature study of antioxidants. J. Food Sci. 42, 1536-1544.

Robards, K., Kerr, A.F. og Patsalides, E. (1988): Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods: A review. Analyst 113, 213-224.

Snorri Þórisson (1987): Antioxidant properties of ethoxyquin and some of its oxidation products, Ph D Thesis, bls. 71-74 og 148. United College of St Salvador and St Leonard, St Andrews.

Umbreit, W.W., Burris, R. H. og Stauffer, J. F. (1972): Manometric & biochemical techniques. Burgess publishing company, Minneapolis, Minnesota.

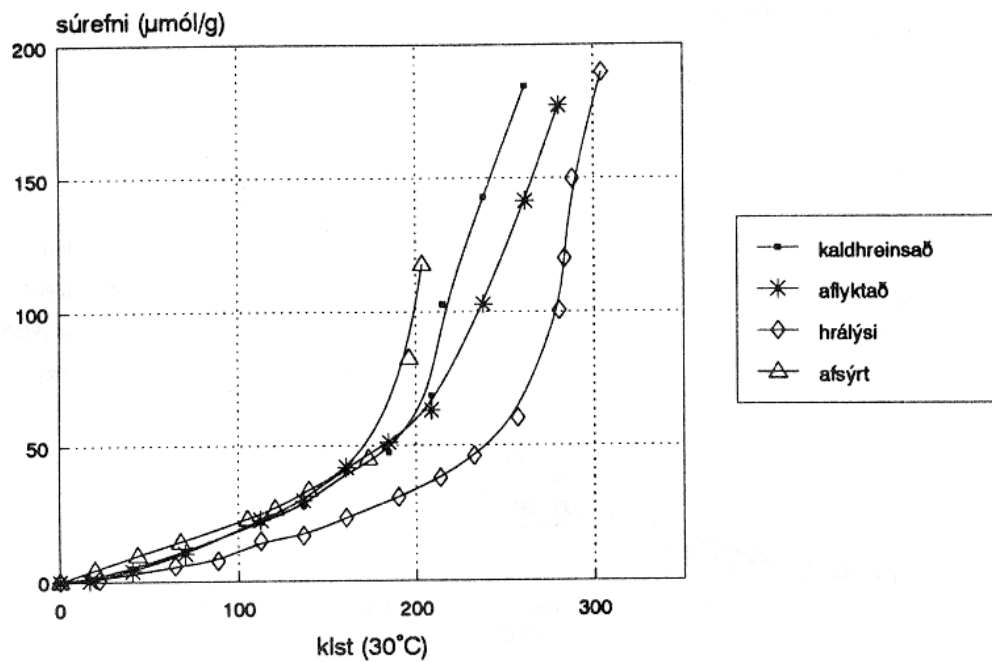
Wilkinson, L. (1990): SYSTAT : The system for statistics. Evanston, IL : SYSTAT, Inc.

Young, V (1990): The usage of fish oil in food. Lipid Technology 2, 7-10.

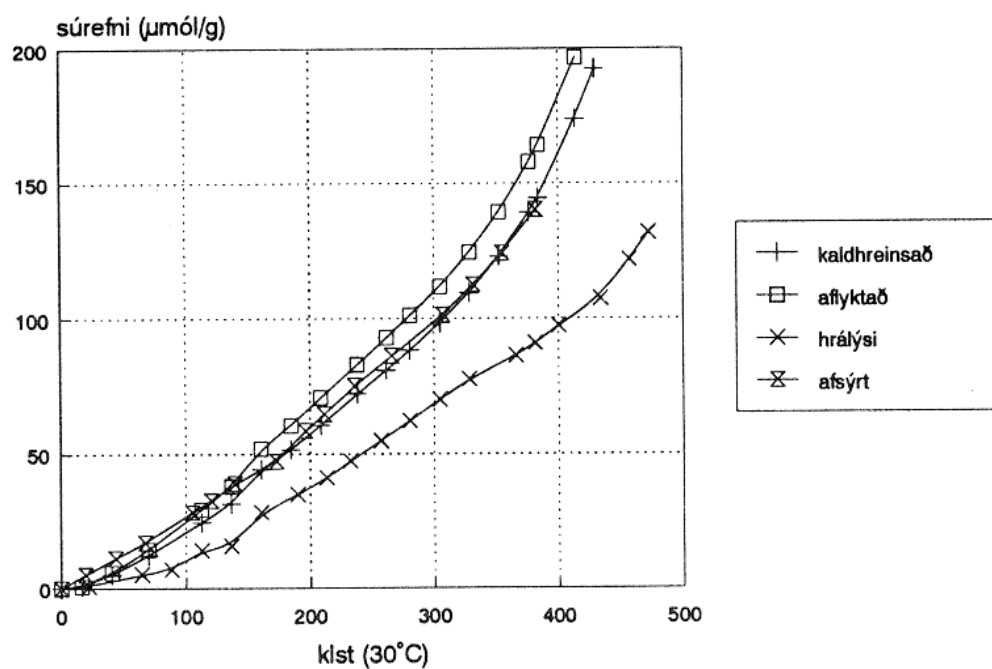
Young, V., Barlow, S.M. og Madsen, J. (1990): Using unhydrogenated fish oil in margarine. Inform 1, 731-741.

Young, V., Poot, C., Biernoth, E., Krog, N., O'Neill, L.A. og Davidson, N.G.J. (1986): Processing of fats and oils. 5. kafli. Í: Gunstone, F.D.G., Harwood, J.L. og Padley, F.B.(ritstj.): The lipid handbook. Chapman and Hall, London.

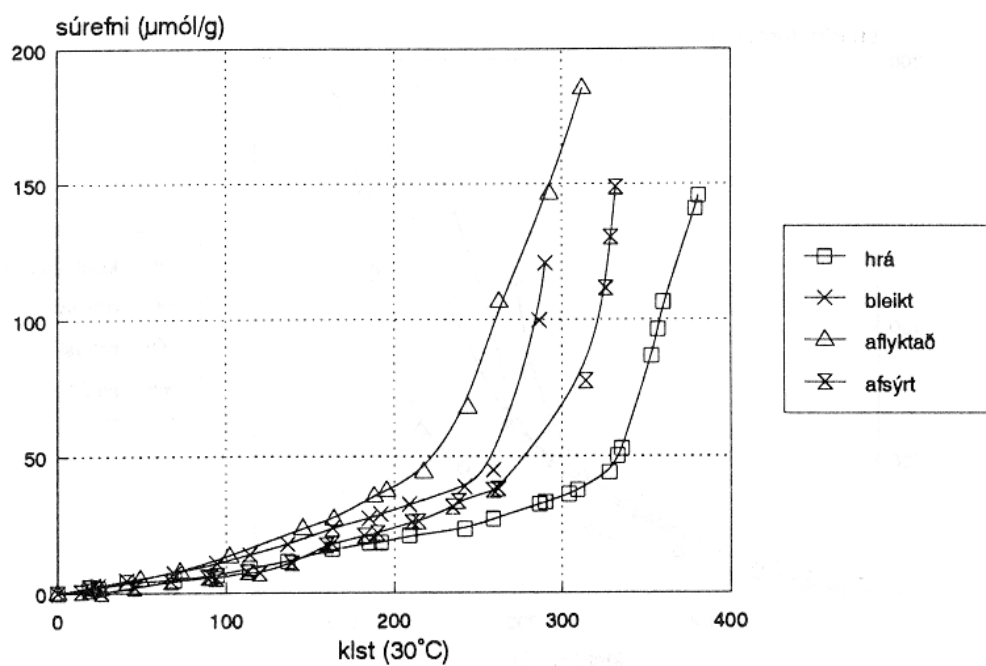
7. Viðauki.



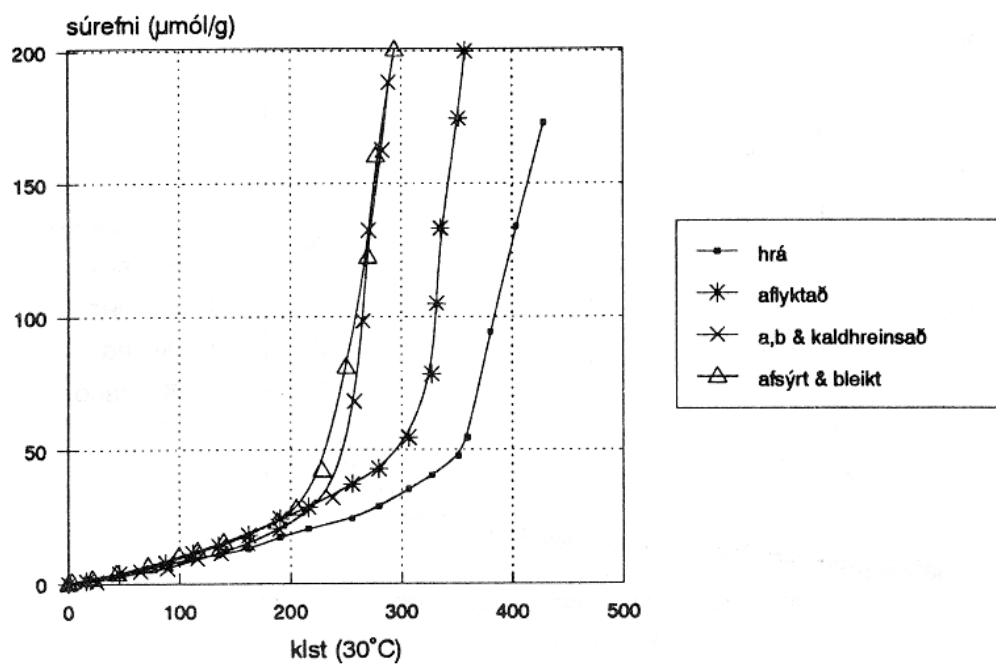
Mynd 1a. Áhrif vinnslu á súrefnisupptöku í þorskalýsi



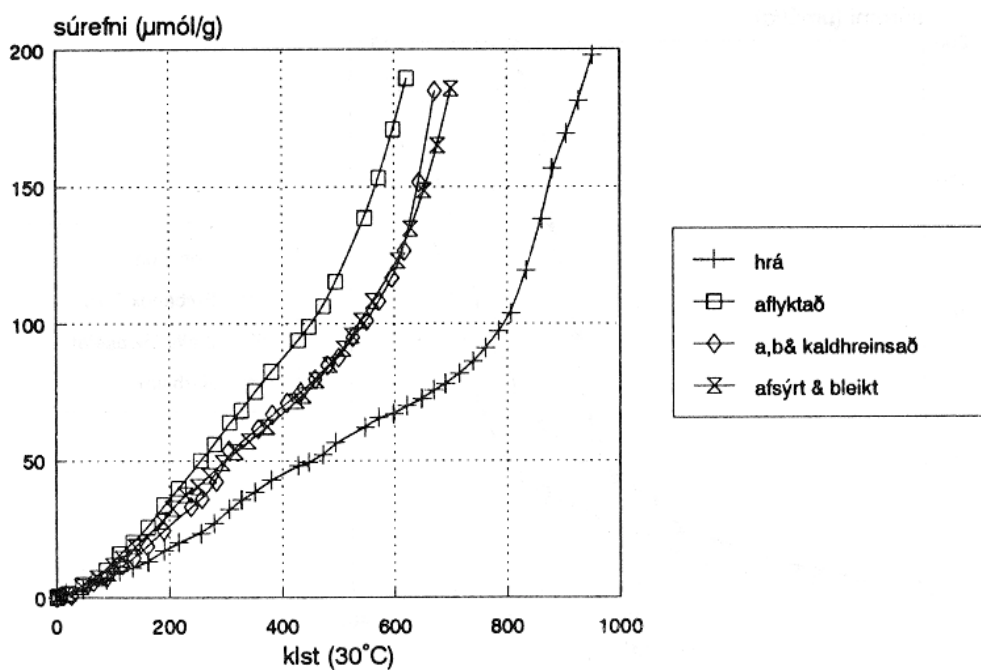
Mynd 1b. Áhrif vinnslu á súrefnisupptöku í þorskalýsi með Coviox (1000 mg/kg)



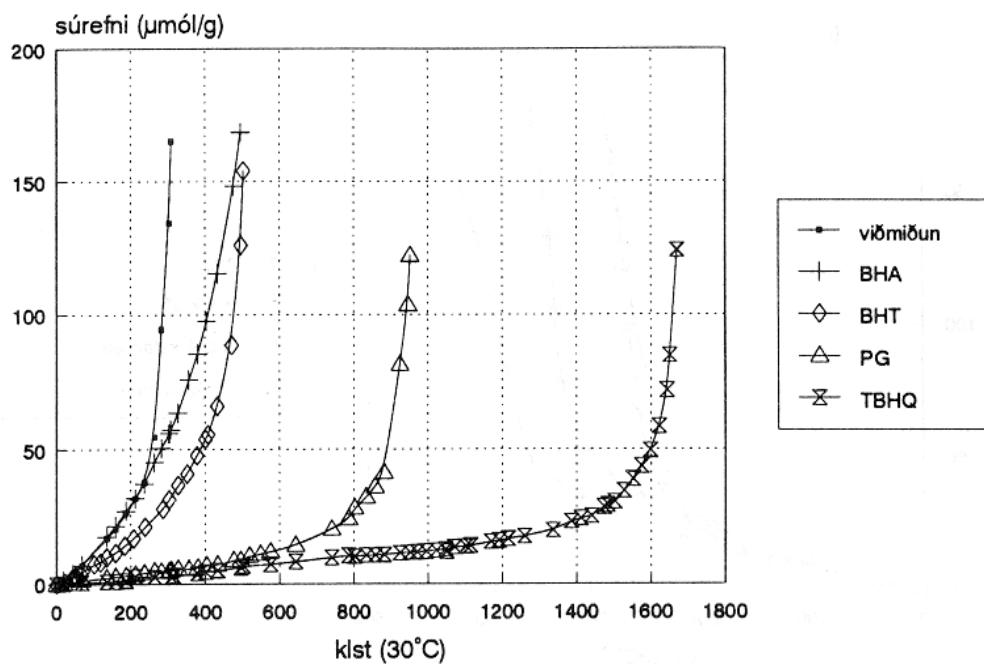
Mynd 2a. Áhrif vinnslu á súrefnisupptöku í loðnulýsi



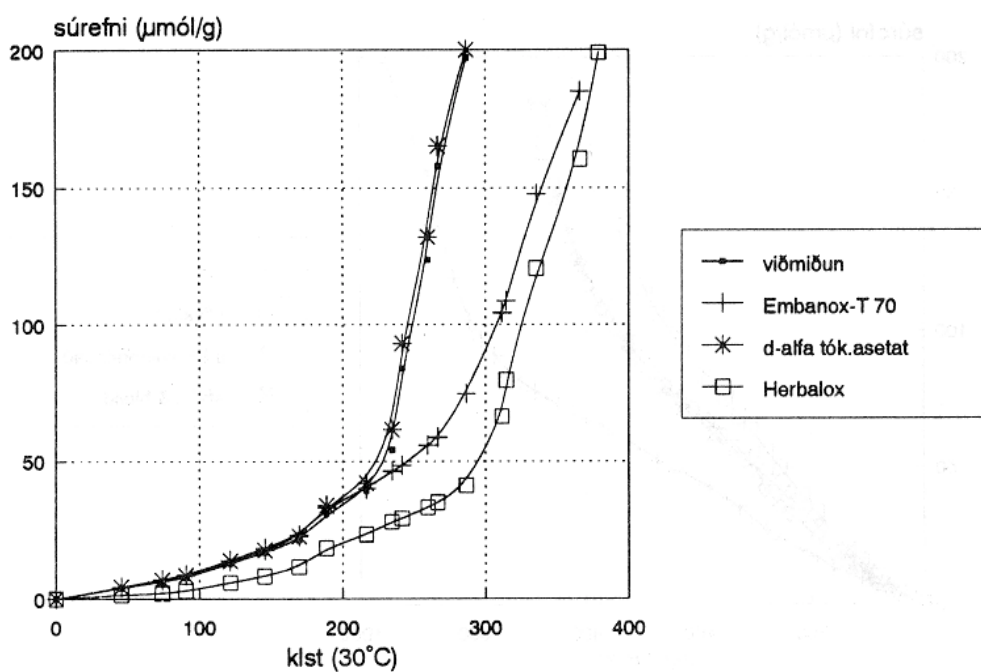
Mynd 2b. Áhrif vinnslu á súrefnisupptöku í loðnulýsi



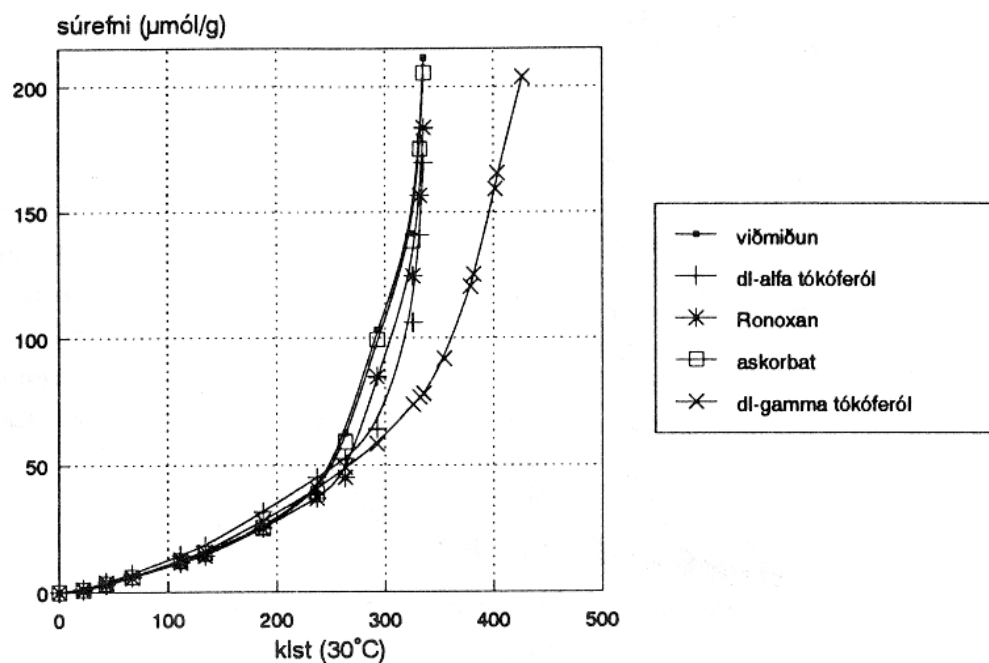
Mynd 2c. Áhrif vinnslu á súrefnisupptöku í loðnulýsi með Coviox (1000 mg/kg)



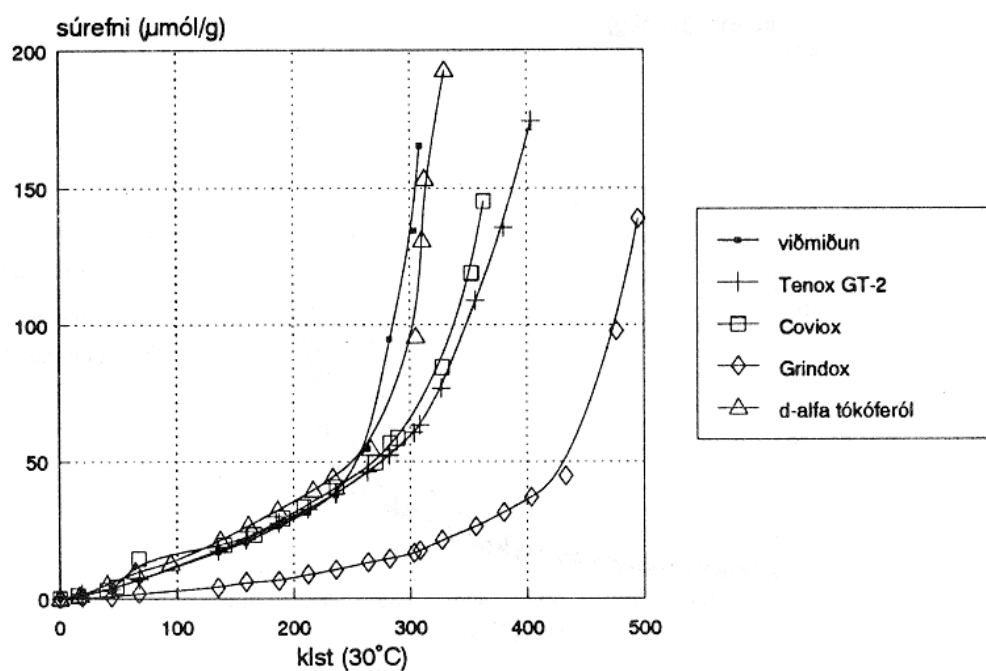
Mynd 3a. Áhrif þráavarnarefna (100mg/kg) á súrefnisupptöku í loðnulýsi



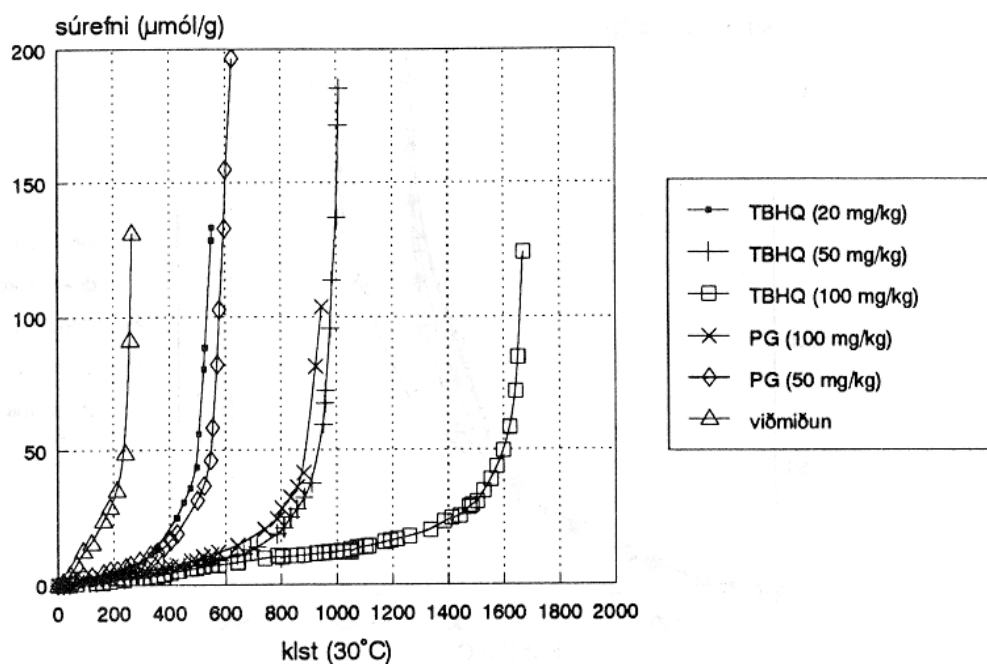
Mynd 3b. Áhrif þráavarnarefna (100mg/kg) á súrefnisupptöku í loðnulýsi



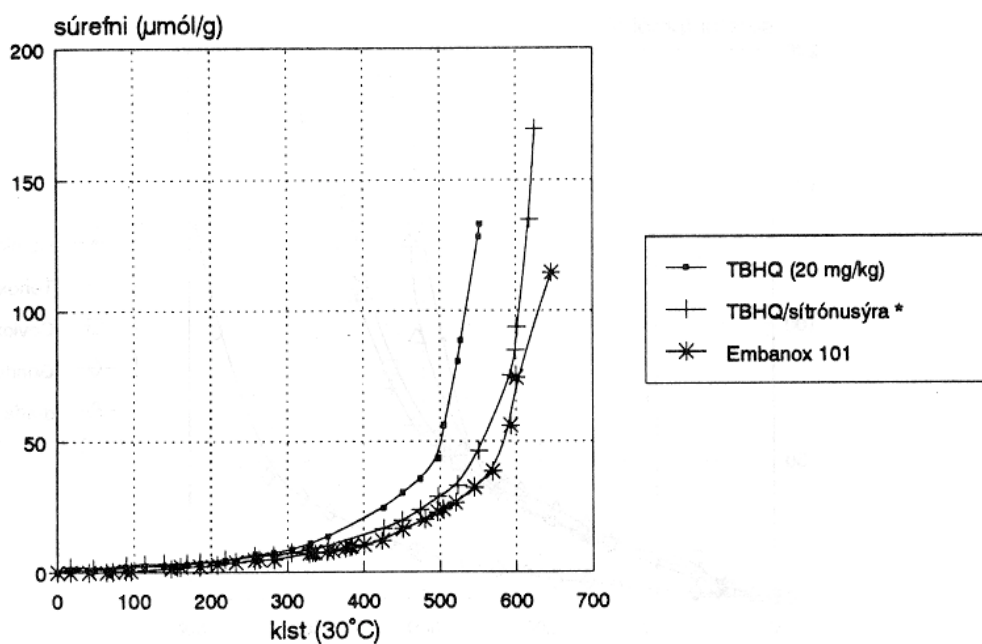
Mynd 3c. Áhrif þráavarnarefna (100mg/kg) á súrefnisupptöku í loðnulýsi



Mynd 3d. Áhrif þráavarnarefna (100mg/kg) á súrefnisupptöku í loðnulýsi

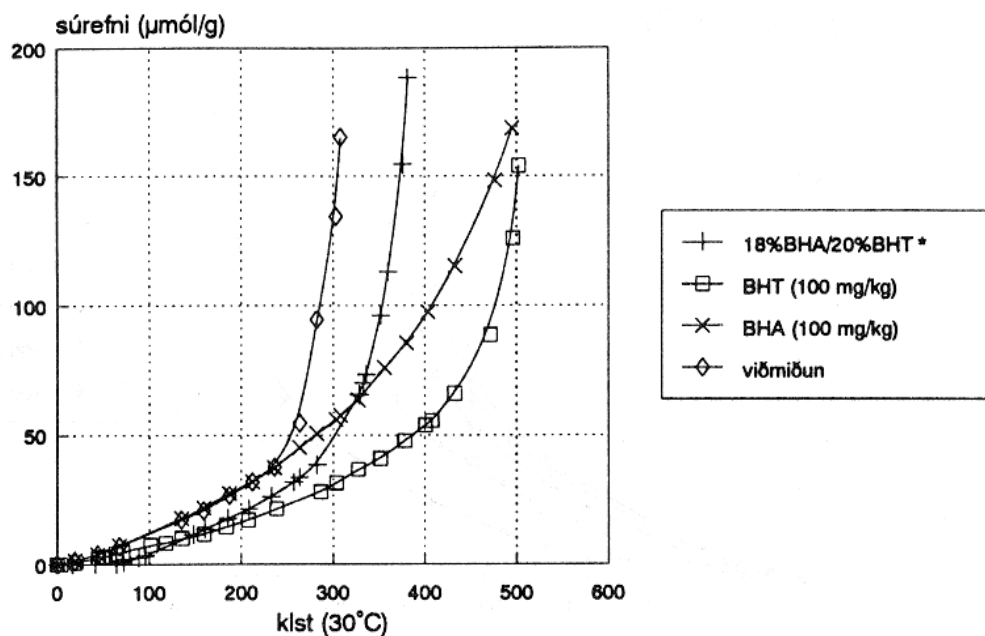


Mynd 4a. Áhrif TBHQ og PG á súrefnisupptöku í loðnulýsi



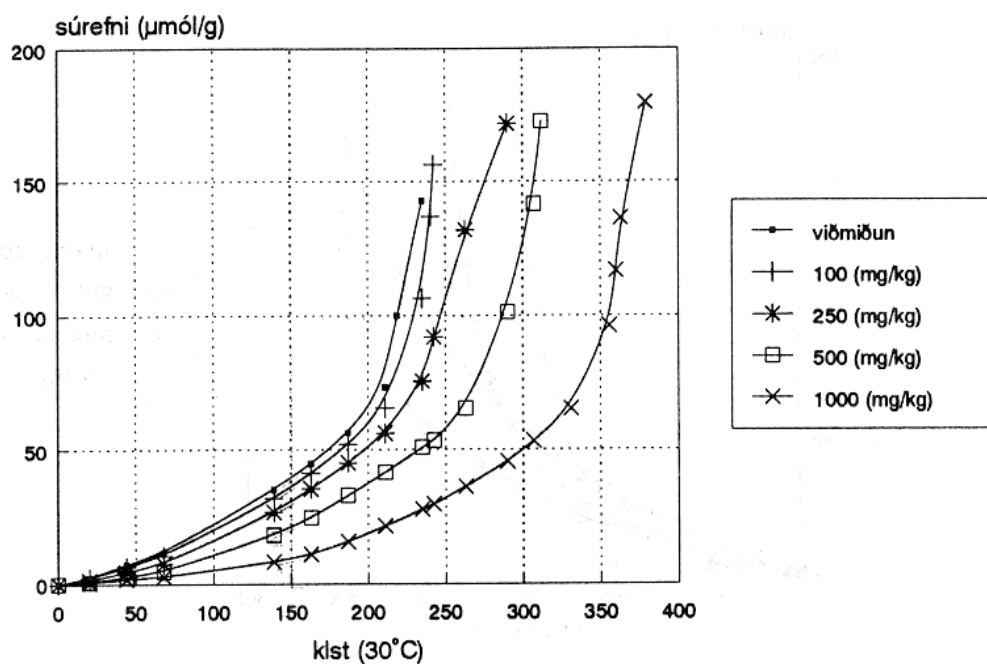
Mynd 4b. Áhrif sítónusýru með TBHQ á súrefnisupptöku í loðnulýsi

*(20 mg/kg TBHQ, 10 mg/kg sítónusýra)

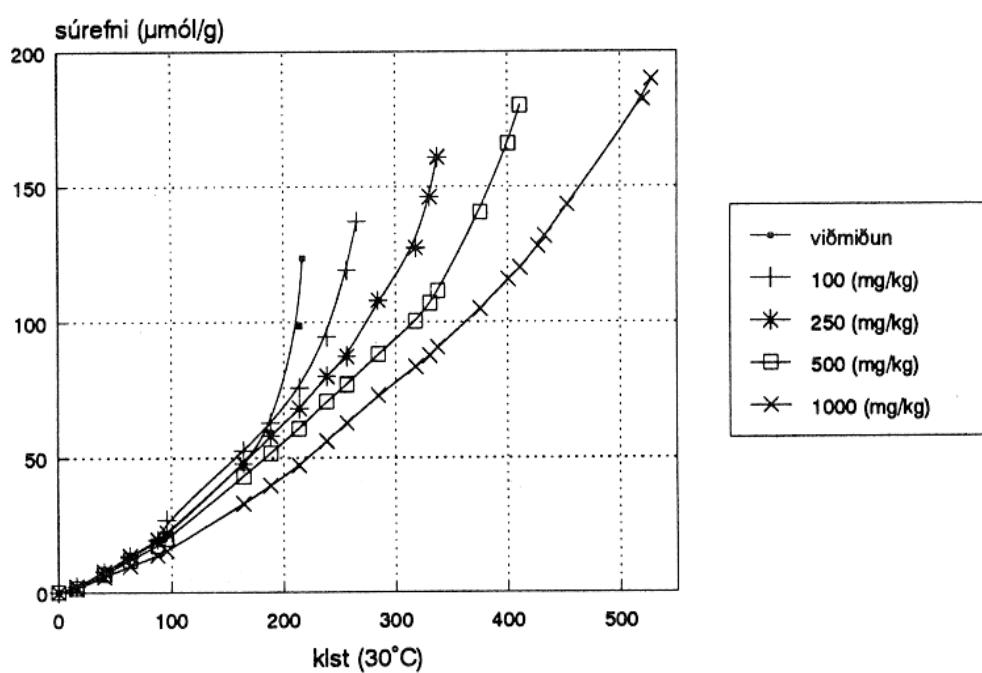


Mynd 4c. Áhrif BHA og BHT
á súrefnisupptöku í loðnulýsi

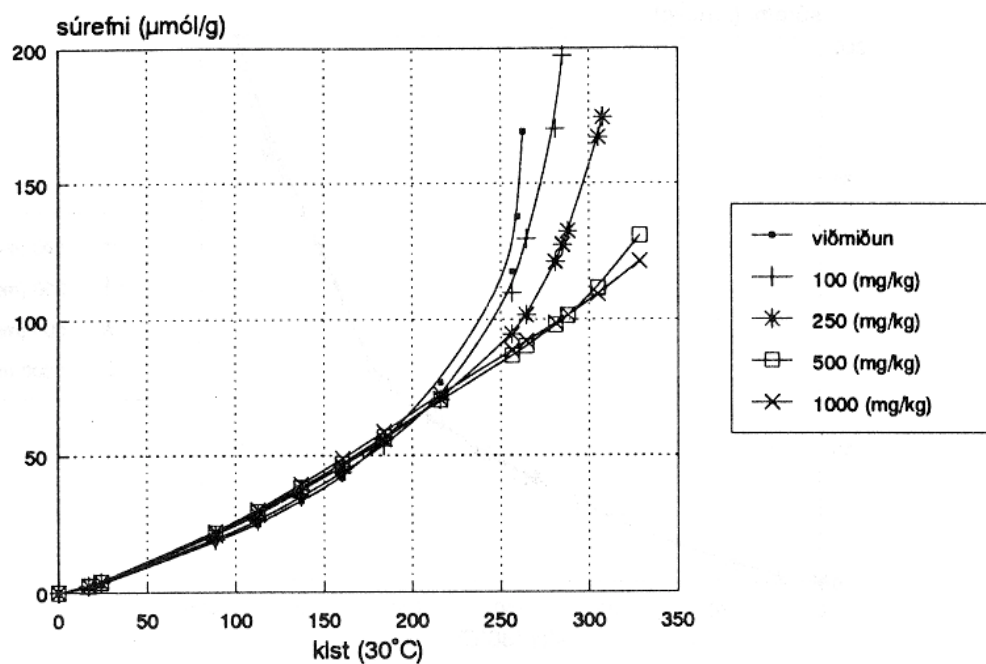
*(100 mg/kg)



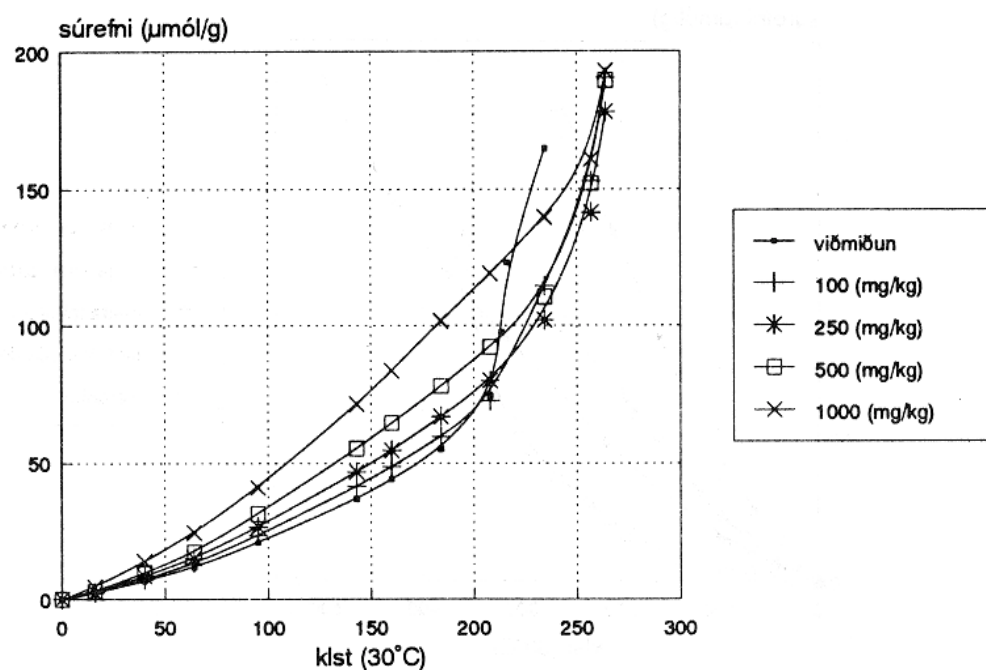
Mynd 5a. Áhrif Herbalox í mismunandi styrk á súrefnisupptöku í þorskalýsi



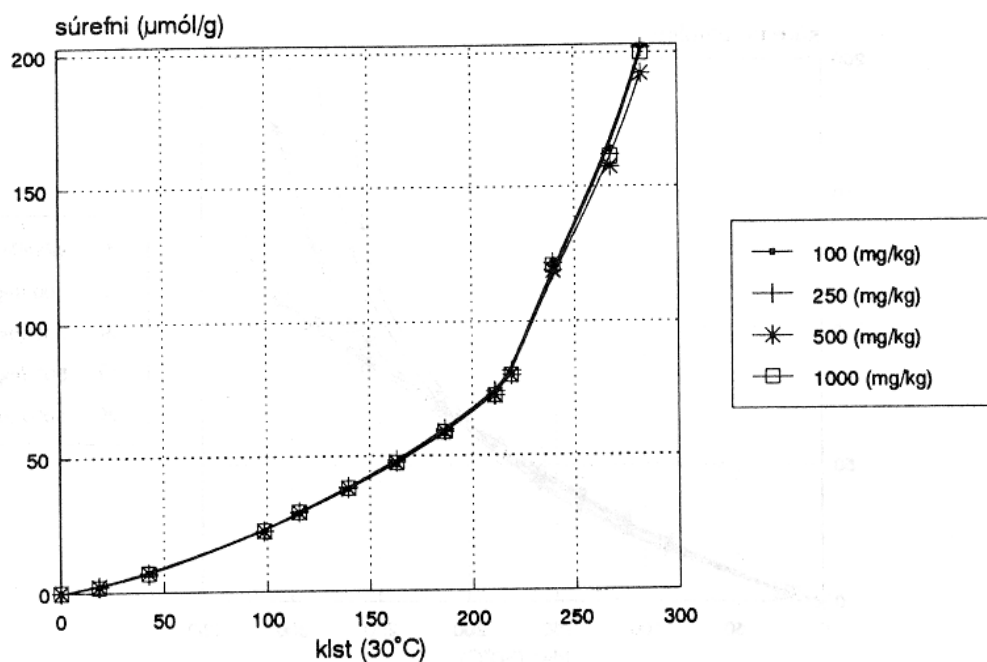
Mynd 5b. Áhrif dl-gamma tókóferóls á súrefnisupptöku í þorskalýsi



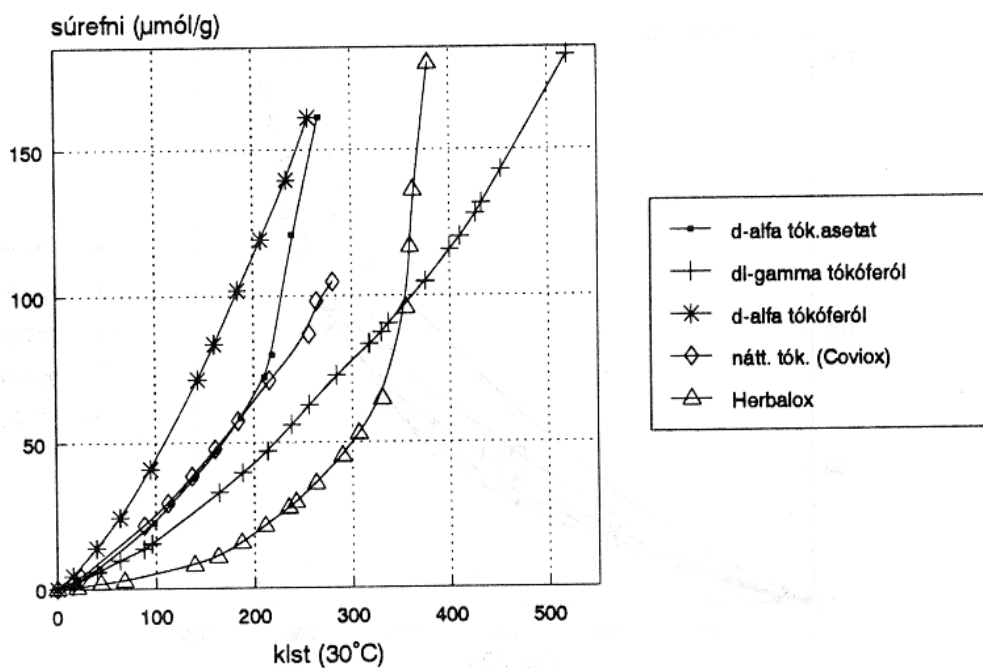
Mynd 5c. Áhrif náttúrulegra tókóferóla (Coviox) á súrefnisupptöku í þorskalýsi



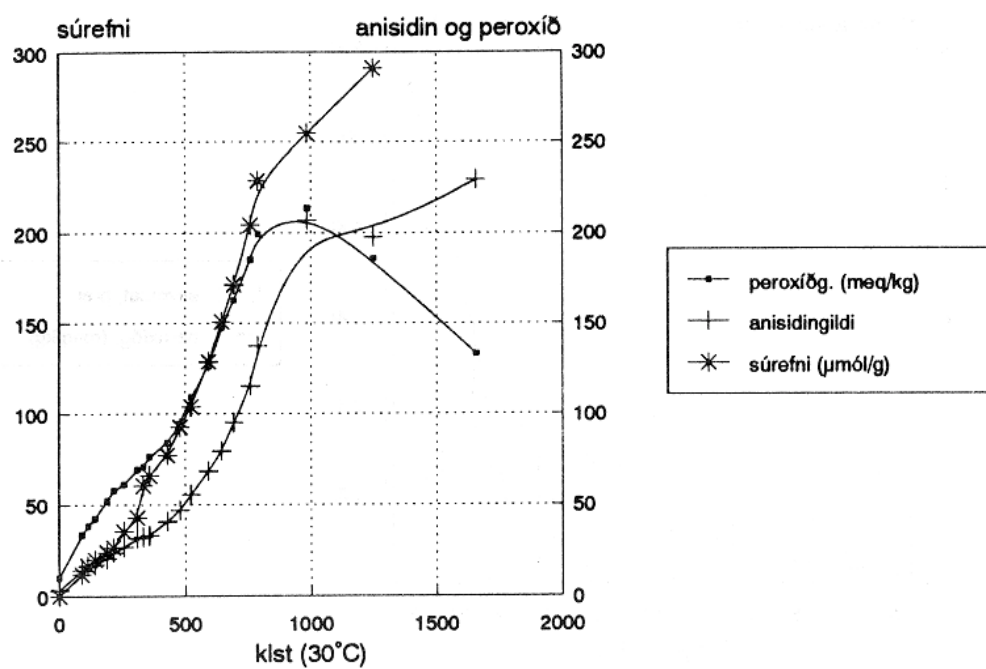
Mynd 5d. Áhrif d-alfa tókóferóls á súrefnisupptöku í þorskalýsi



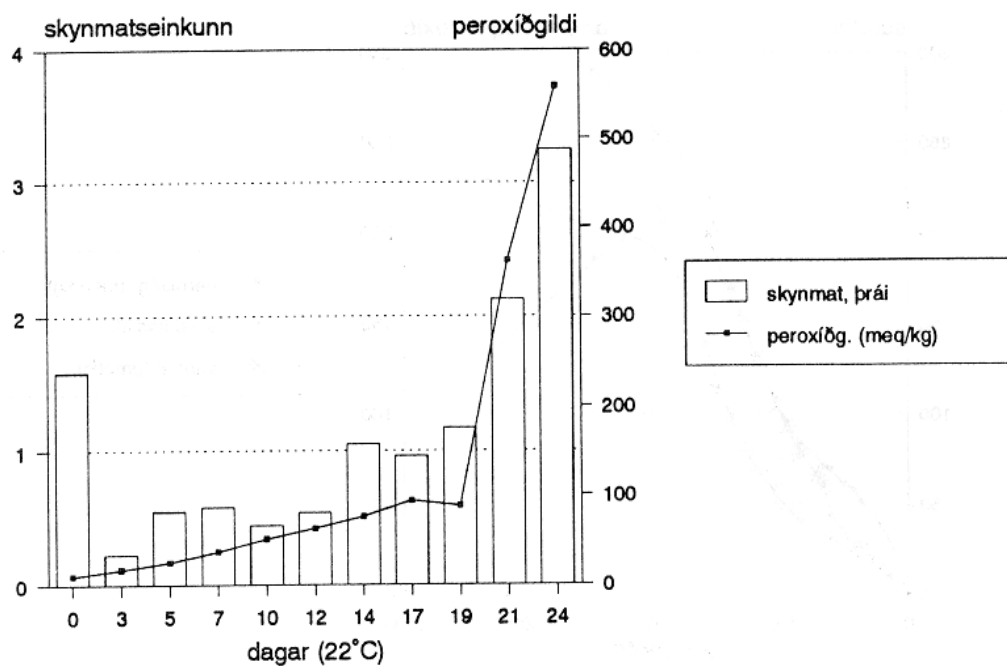
Mynd 5e. Áhrif d-alfa tókóferýl asetat á súrefnisupptöku í þorskalýsi



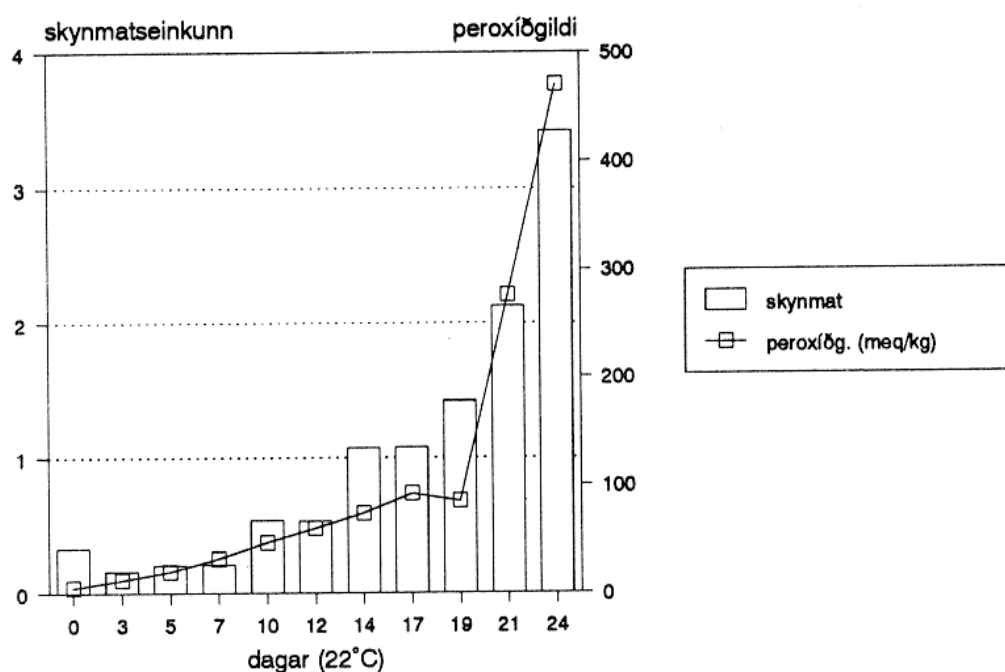
Mynd 5f. Áhrif þráavarnarefna 1000 mg/kg á súrefnisupptöku í þorskaýsi



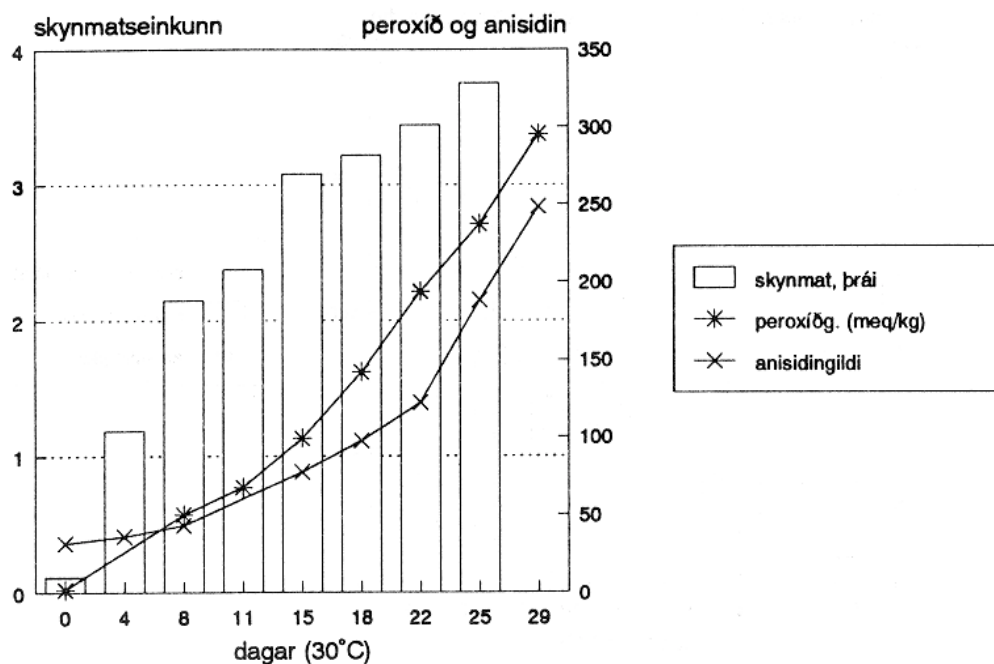
Mynd 6. Súrefnisupptaka og efnamælingar í þorskalýsi



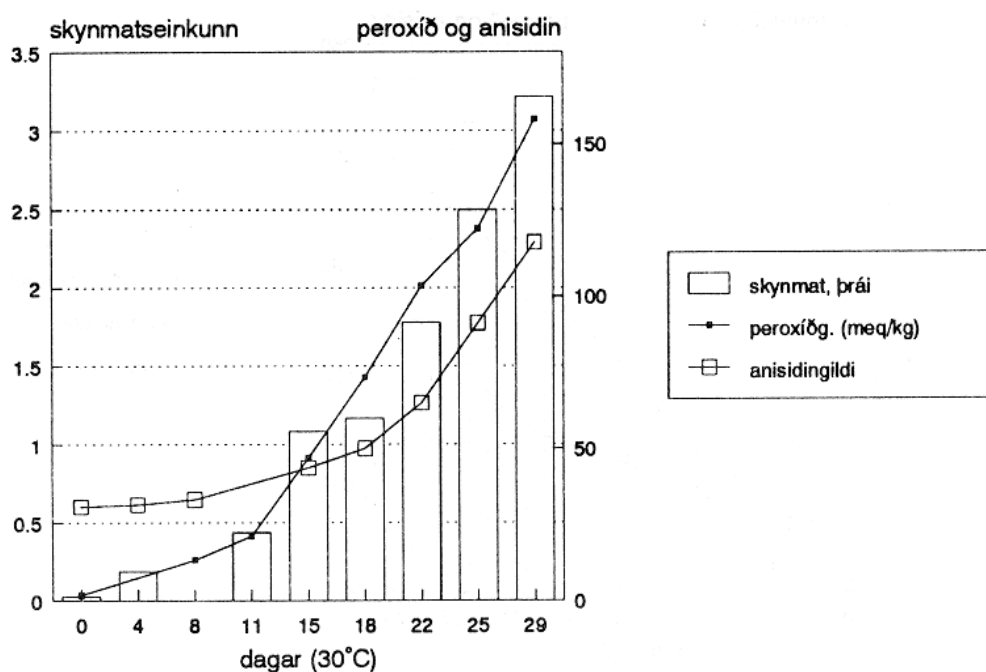
Mynd 7a. Skynmat og peroxíðgildi í kaldhreinsuðu þorskalýsi



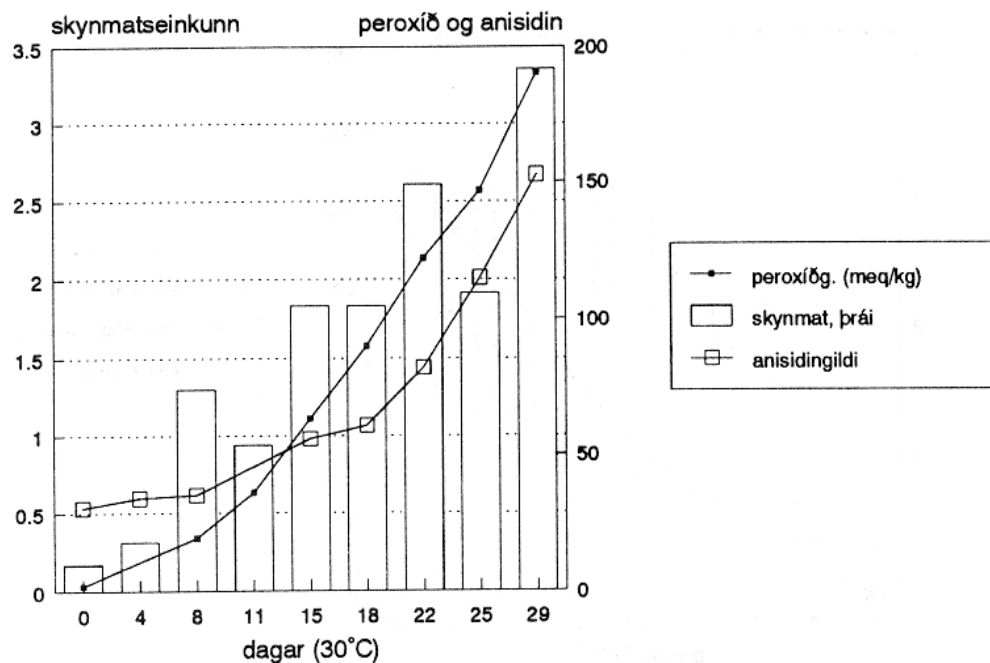
Mynd 7b. Skynmat og peroxíðgildi í aflyktuðu þorskalýsi



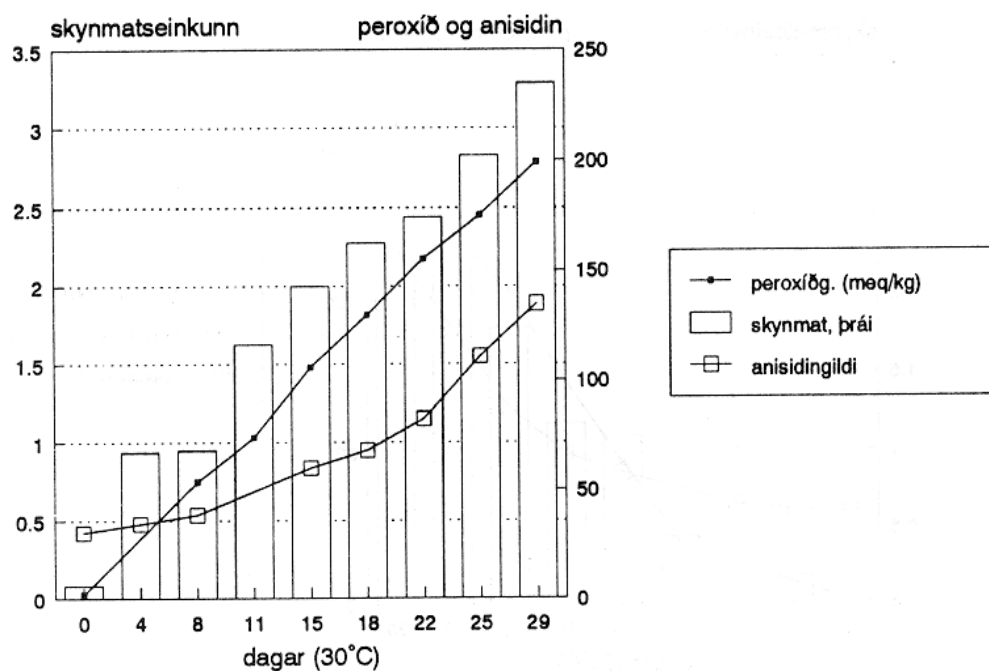
Mynd 8a. Skynmat og efnamælingar
í þorskalýsi - viðmiðun



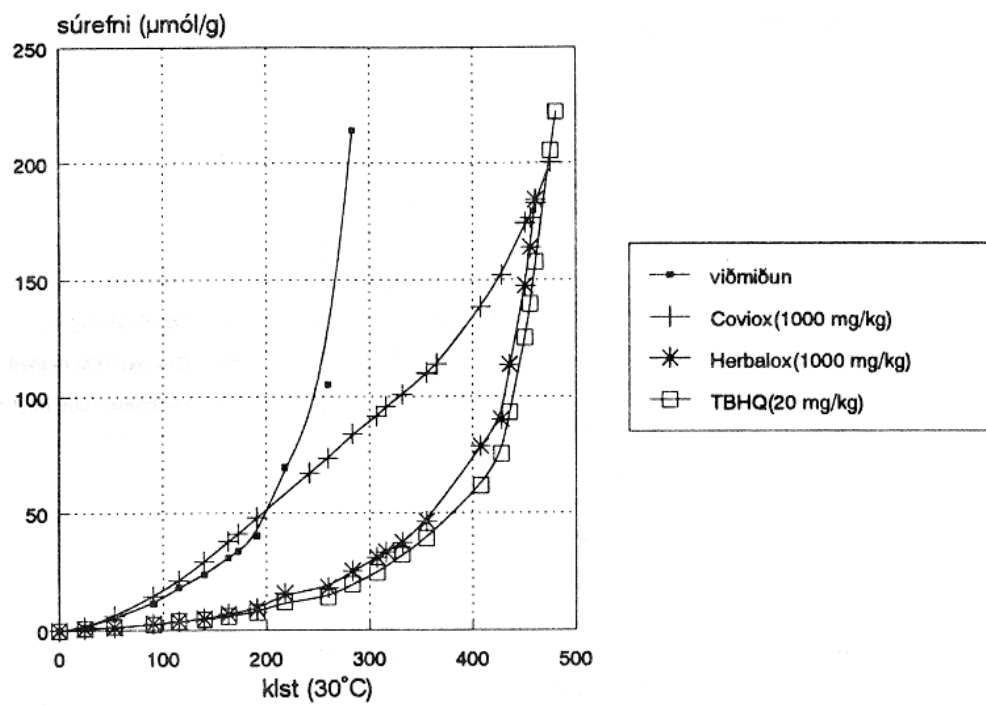
Mynd 8b. Skynmat og efnamælingar
í þorskalýsi með TBHQ (20 mg/kg)



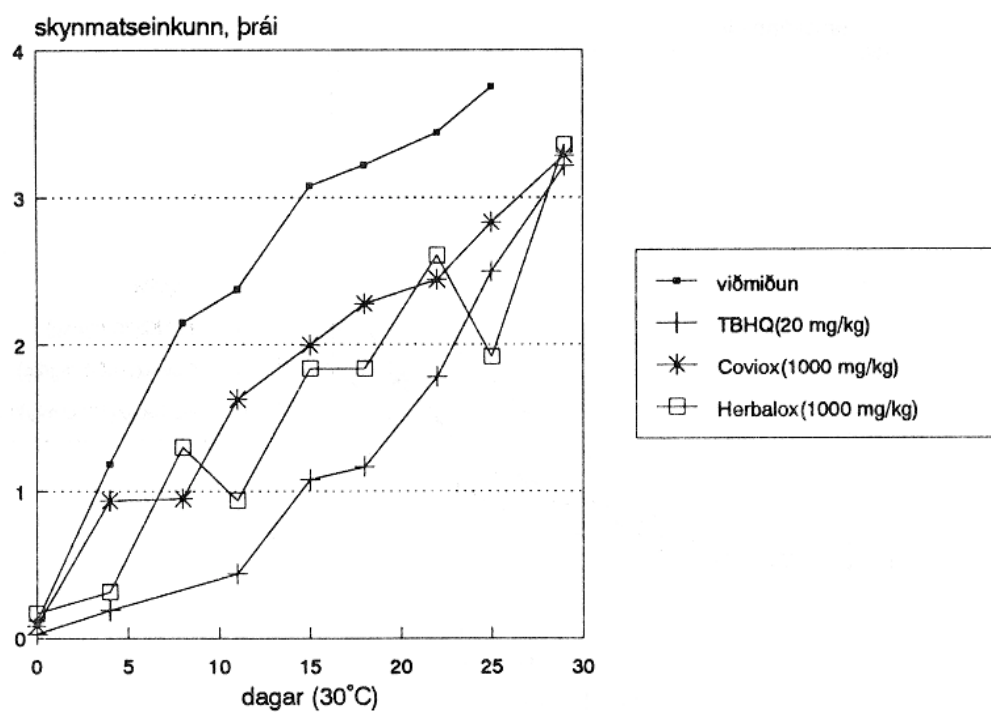
Mynd 8c. Skynmat og efnamælingar
í þorskalýsi með Herbalox (1000 mg/kg)



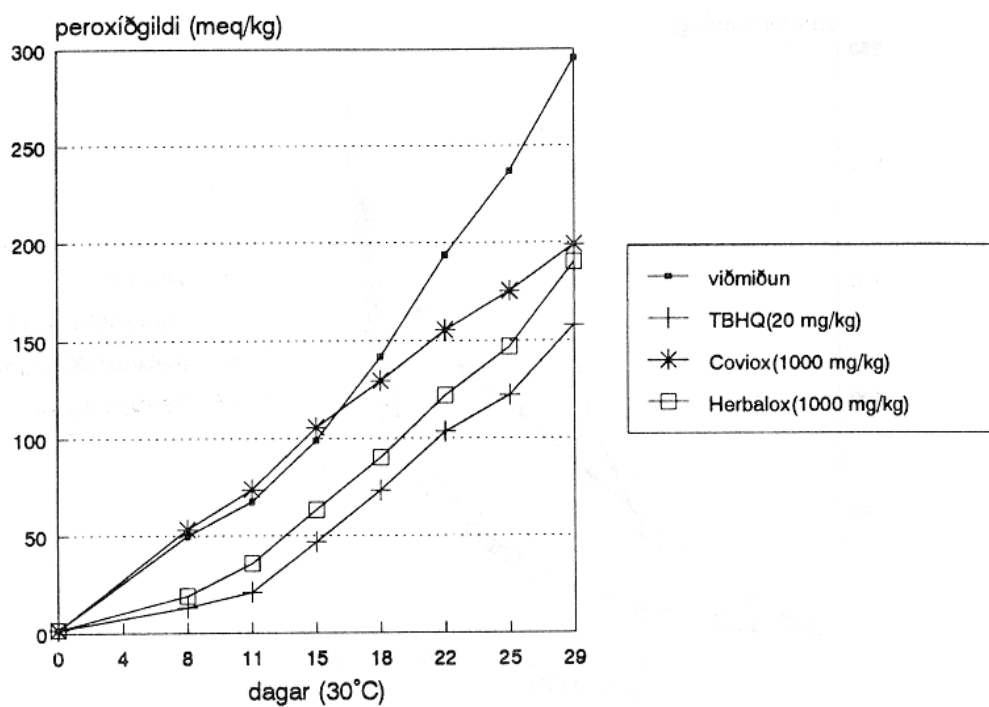
Mynd 8d. Skynmat og efnamælingar
í þorskalýsi með Coviox (1000 mg/kg)



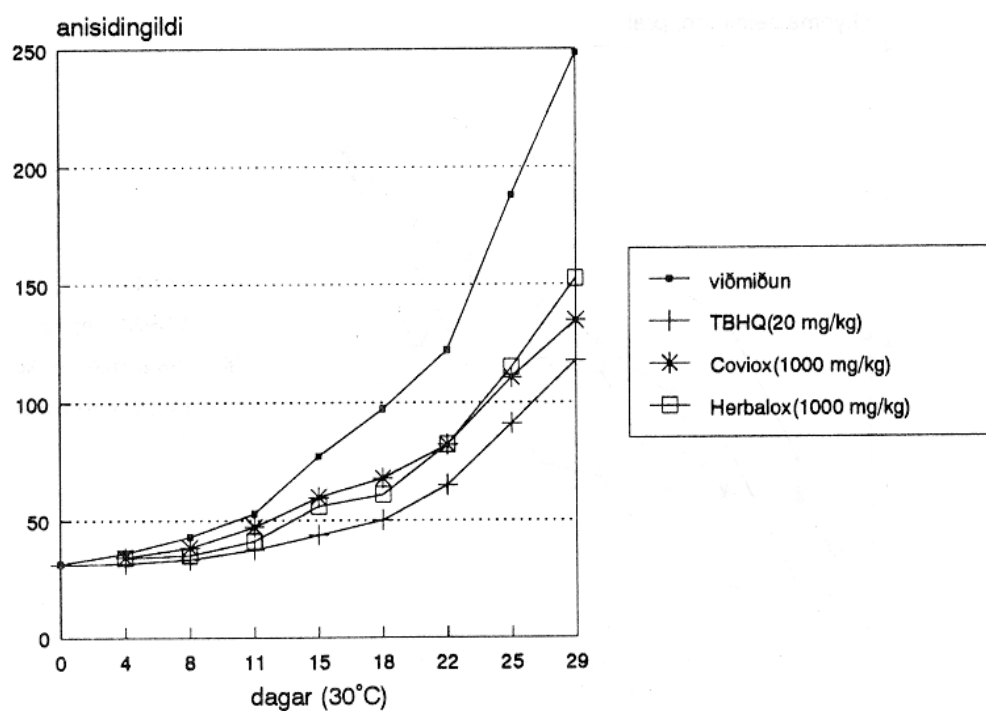
Mynd 8e. Súrefnisupptaka í þorskalýsi



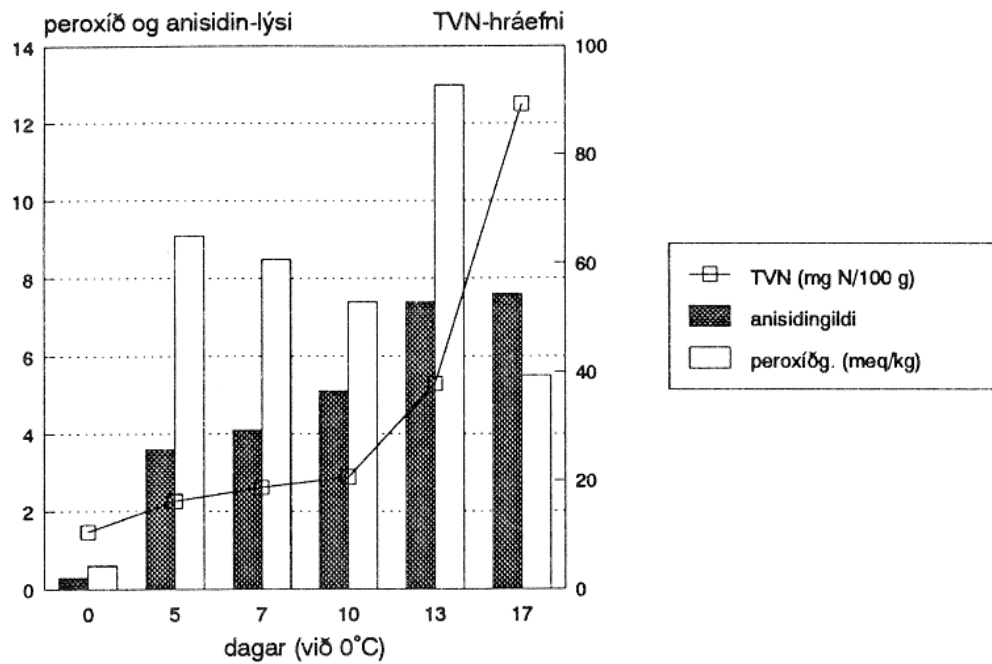
Mynd 8f. Skynmat á þorskalýsi



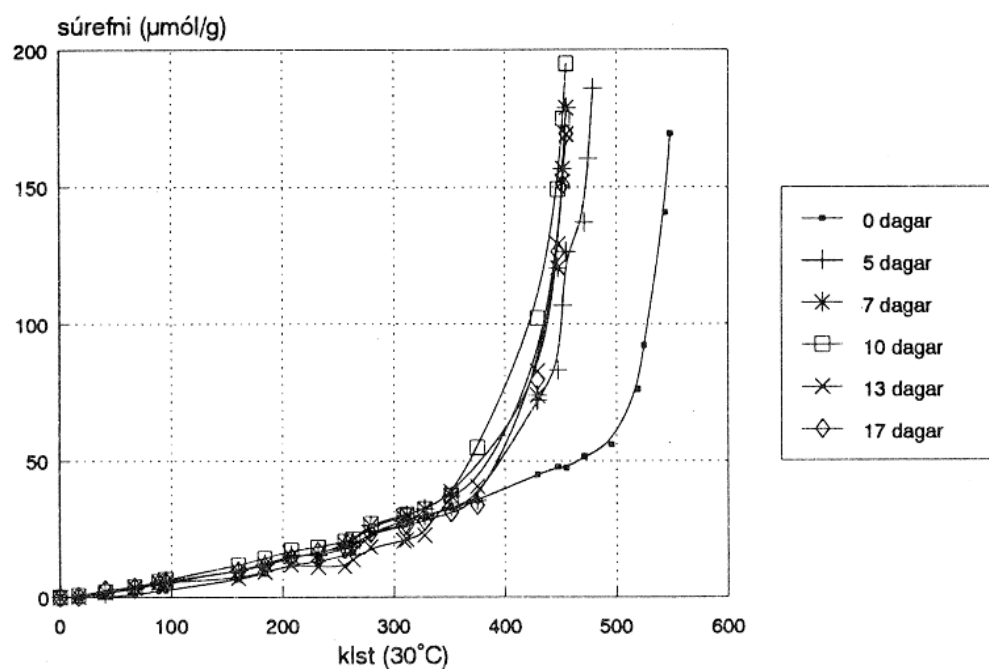
Mynd 8g. Peroxíðgildi í þorskalýsi



Mynd 8h. Anisidingildi í þorskalýsi



Mynd 9a. Geymslupólstilraun á loðnu efnamælingar í hráefni og lýsi



Mynd 9b. Súrefnisupptaka í loðnulýsi úr loðnu í geymslupólsprófi við 0°C