



Titill / Title	Áhrif kolsýrusnjós (þurrís) á fersk þorskflök		
Höfundar / Authors	Kári P. Ólafsson		
Skýrsla Rf / IFL report	13-99	Útgáfudagur / Date:	október 1999
Verknr. / project no.	1436		
Styrktaraðilar / funding:			
Ágríp á íslensku:	<p>Útflutningur á ferskum fiski með flugi hefur færst í aukana á allra síðustu árum. Síðastliðið ár var til dæmis meira flutt út af fiski með flugi heldur en í gámum.</p> <p>Þessu samstarfsverkefni Rf og Ísaga ehf var ætlað að kanna hvort unnt væri að nýta kolsýrusnjó, bæði sem kælimiðil og sem kolsýruloftsgjafa, innan í 10 kg flakakassa og athuga hvaða áhrif hann hefði á þorskflök.</p> <p>Helstu niðurstöður voru þær að kolsýrusnjórinn hægði á vexti örvera með því að kæla flökin bæði hraðar og lengur en hefðbundin pökkun (pökkun með ísmottu og pökkun án innri kælingar). Þá er líklegt að mikill styrkur kolsýrulofts (yfir 90% í um 1 klst) innan í kassanum gæti einnig haft áhrif á örveruflórana.</p> <p>Lengra geymsluþol fékkst í kolsýrukældum flökum heldur en í flökum kældum með kælimottum og flökum án innri kælingar í kassa.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>þorskflök, fersk, þurrís, kolsýrusnjór, kæling, gaspökkun</i>		
Summary in English:	<p>The export of fresh fish fillets by flight has increased substantially over the past few years.</p> <p>This project was a collaboration between Rf and Isaga ehf and the main task was to investigate whether it would be possible to use solid carbon dioxide as a cooling medium and also to modify the atmosphere inside a 10 kg styrofoam box which contained cod fillets.</p> <p>The result showed that the growth of micro organisms was much slower in the carbon dioxide treated fillet and that led to longer shelf life. The reason is probably due to much faster cooling rate and longer cooling effect of the carbon dioxide snow than regular ice. In addition, a part of the reason may lie in the high amount of gaseous carbon dioxide (over 90%) in the box for a small period of time (about 1 hr).</p> <p>The overall result was a longer shelf life in carbon dioxide treated fillets than in fillets cooled with watericemat or fillets with no internal cooling material within the box.</p>		
English keywords:	<i>Cod, fresh, carbon dioxide, cooling, MAP</i>		

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	1
2. FRAMKVÆMD	2
TILRAUN 1 - ÁHRIF UMHVERFISHITASTIGS Á FLÆÐI CO _{2(g)} OG O _{2(g)} ÚR FRAUÐPLASTKÖSSUM.....	2
TILRAUN 2 - ÁHRIF KOLSÝRUSNJÓS Á GÆÐI OG GEYMSLUÞOL ÞORSKFLAKA.....	2
TILRAUN 3 - ÁHRIF KOLSÝRUSNJÓS Á GÆÐI OG GEYMSLUÞOL ÞORSKFLAKA.....	3
TILRAUN 4 - ATHUGUN Á FLÆÐI KOLSÝRULOFTS GEGNUM FRAUÐPLASTKASSA	4
3. NIÐURSTÖÐUR	5
TILRAUN 1 - ÁHRIF UMHVERFISHITASTIGS Á FLÆÐI CO _{2(g)} OG O _{2(g)} ÚR FRAUÐPLASTKÖSSUM.....	5
TILRAUN 2 - ÁHRIF KOLSÝRUSNJÓS Á GÆÐI OG GEYMSLUÞOL ÞORSKFLAKA.....	6
TILRAUN 3 - ÁHRIF KOLSÝRUSNJÓS Á GÆÐI OG GEYMSLUÞOL ÞORSKFLAKA.....	8
TILRAUN 4 - ATHUGUN Á FLÆÐI KOLSÝRULOFTS GEGNUM FRAUÐPLASTKASSA	12
4. SAMANTEKT	12
5. ÞAKKIR	13
6. HEIMILDIR	13

1. INNGANGUR

Útflutningur á ferskum fiski með flugi hefur færst í aukana á allra síðustu árum. Síðastliðið ár var til dæmis meira flutt út af fiski með flugi heldur en í gámum (Vilhjálmur Ólafsson, 1999). Í dag er algengt að ferskum þorskflökum (10 kg) sé pakkað í kassa úr blásnu polystyrene plastefni (frauðplasti). Ýmsir framleiðendur setja kælimiðil (ís eða ísmottur) ofan í kassana til þess að minnka hitasveiflur innan í þeim og viðhalda ferskleika fisksins. Algengt er að setja eina 250 g ísmottu ofan í hvern 10 kg kassa. Framleiðendum sviður það reyndar mjög að þurfa að kosta flutning undir þennan aukna massa (2,5%) og fáeinir framleiðendur sleppa því alveg að setja kælimiðil ofan í kassana.

Til að viðhalda ferskleika flaka hafa sumir framleiðendur tekið upp pökkun í loftskiptar neytenda- og heildsöluumbúðir (gaspökkun). Þá er efnasamsetningu loftsins breytt þannig að hlutfall kolsýrulofts ($\text{CO}_{2(g)}$) er aukið. Sé hitastig fisksins lágt þá leysist kolsýruloftið upp í yfirborði hans og myndar kolsýru. Hún virkar hemjandi á örverur (myglusveppi og flesta loftháða gerla).

Rannsóknir sem gerðar voru á Rf sýndu að auka mátti geymsluþol ferskra þorskflaka um 40-60% með loftskiptri pökkun (Guðmundur Stefánsson, Hannes Magnússon, 1987; Guðmundur Stefánsson, Friðrik Blomsterberg, 1991). Helsta vandamálið við gaspakkaðar afurðir er að kælikeðjan þarf helst að haldast órofin frá framleiðanda til kaupanda og vera undir 2°C . Við herra hitastig er hætt við því að kolsýruloftið leysist lítið upp í yfirborði matvæla og hugsanlega gætu þá ákveðnar örverutegundir byrjað að vaxa.

Þar við bætist að gaspökkunaraðferðin sem slík er frekar dýr, bæði hvað varðar tækjabúnað, umbúðir og gas. Annar ókostur er hversu rúmmálsfrekar afurðirnar verða því að rúmmál umbúða þarf að vera umtalsvert meira til þess að gasið geti leikið um afurðina. Aukið rúmmál getur leitt til óhagstæðari flutninga.

Kolsýrusnjór (þurrís, $\text{CO}_{2(s)}$) er fasta formið af kolsýrulofti ($\text{CO}_{2(g)}$). Hitastig hans er um -79°C við 1 bars þrýsting og kæligeta hans er mun meiri heldur en hefðbundins íss (um 75% meiri (w/w)) (Gísli Tryggvason, 1997). Snjórinn er þeim eiginleikum

gæddur að vera þurr við -79°C og við 1 bars þrýsting gufar hann upp án þess að fara fyrst í vökvaftasa (Gísli Tryggvason, 1997).

Mjög auðvelt og ódýrt er að framleiða kolsýrusnjó nú til dags. Það sem þarf er kolsýrukútur með fljótandi kolsýru og svokallað snjóhorn. Þegar fljótandi kolsýran er leidd úr kútnum (15 bar þrýstingur) í gegnum snjóhornið og út í umhverfisþrýsting (um 1 bar) þenst hún út og myndar 50% $\text{CO}_{2(g)}$ og 50% $\text{CO}_{2(s)}$ (Gísli Tryggvason, 1997).

Með þessu samstarfsverkefni Rf og Ísaga var ætlunin að kanna hvort unnt væri að nýta kolsýrusnjó, bæði sem kælimiðil og sem kolsýruloftsgjafa, innan í 10 kg flakakassa og athuga hvaða áhrif hann hefði á þorskflök. Hugmyndin var sú að nýta hina miklu kæligetu þurrissins sem og kolsýruloftið sem myndast við uppgufunina til að skila ferskari vöru til erlendra kaupenda. Samanburður var gerður á tilraunaaðferð og þeim hefðbundnu aðferðum sem framleiðendur nota (kælimottur og engin kæling í kassa).

2. FRAMKVÆMD

Tilraun 1 - Áhrif umhverfishitastigs á flæði $\text{CO}_{2(g)}$ og $\text{O}_{2(g)}$ úr frauðplastkössum.

Kolsýrusnjór (500 g) var settur í frauðplastkassa (13 kg flakakassar með fölskum botni). Kassarnir voru geymdir við 5°C og við stofuhita (22°C). Fylgst var með hitastigi fyrir innan og utan kassann með hitasíritum (Ebro og Hamster). Samsetning loftsins var mælt með gasmæli (PBI-Dansensor, Combi Check 9800-2) með stuttu millibili þar til samsetning loftsins var stöðug.

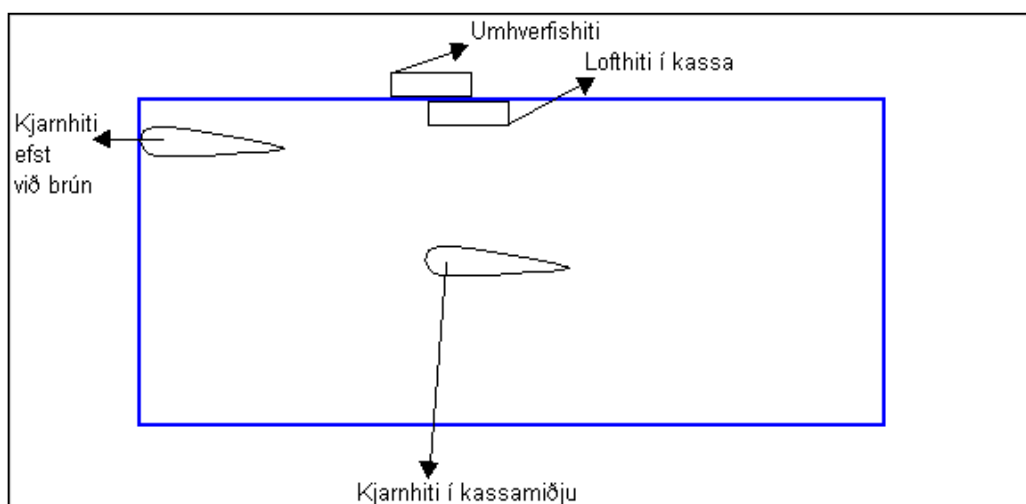
Tilraun 2 - Áhrif kolsýrusnjós á gæði og geymsluþol þorskflaka

Þorskflök (10 kg) voru sett í frauðplastkassa sem í var falskur botn. Undir falska botninn voru sett 100 g af kolsýrusnjó og ofan á fiskinn voru sett 500 g af kolsýrusnjó. Samsetning loftsins var mæld efst í kassa með gasmæli (PBI-Dansensor, Combi Check 9800-2). Hitastig var skráð efst í kassanum (lofthiti) og í miðju

þorskflaka sem voru efst í kassanum og í miðjum kassanum (sjá mynd 1 - kjarnhiti efst og í miðjum kassa).

Flökin voru metin með skynmati (fjöldi dómara 8-12) gegn staðalhópi sem kældur var með kælimottum (2*250g í hvern kassa) eftir 1, 5, 7 og 11 daga frá veiðum. Örverutalning (LT22 og H₂S-myndandi gerlar) fór einnig fram þessa sömu daga og var hún framkvæmd skv. aðferðalýsingu örverustofu Rf. Kassar voru geymdir við 5°C.

Þorskurinn sem notaður var í þessa tilraun var veiddur á Breiðafirði af Fúsa SH og var landað síðdegis þann 30.6.1999. Fiskurinn var handflakaður í fiskbúð Hafliða og barst til Rf um hádegið 1.7.1999.



Mynd 1: Staðsetning mælitækja í frauðplastkassa

Tilraun 3 - Áhrif kolsýrusnjós á gæði og geymsluþol þorskflaka

Tilraun 2 var endurtekin með eilítið breyttu formi.

Um það bil nákvæmlega 10 kg af þorskflökum voru vigtuð í frauðplastkassa. Einn hópurinn var kældur með 400 g af kolsýrusnjó, annar hópurinn var kældur með einni 250 g kælimottu (ís) en þriðji hópurinn fékk enga kælimeðferð. Kolsýrukælda hópnum var pakkað á þann hátt að fyrst var flökunum raðað ofan á falska botninn. Iðnaðarplast (polyetylene) var lagt ofan á flökin og snjórinn var settur ofan á plastið. Þetta var gert til að koma í veg fyrir frostbruna.

Allir kassarnir voru geymdir við 4°C og var hitastig í þeim skráð eins og sýnt er á mynd 1. Örverutalning (LT22 og H₂S myndandi gerlar) var framkvæmd 2, 5, 9 og 12 dögum frá veiðum skv. aðferðalýsingu örverustofu Rf. Sömu daga var skynmat

framkvæmt og voru flökin vegin upp úr kössunum til þess að vísbending um drip fengist.

Þorskurinn sem notaður var í þessari tilraun var línuþorskur sem veiddur var 3.10.1999. Honum var landað á Ísafirði og handflakaður í fiskbúð Hafliða. Flökin bárust á Rf um hádegið 5.10.1999 (2 dögum frá veiðum) og hófst þá tilraunin.

Tilraun 4 - Athugun á flæði kolsýrulofts gegnum frauðplastkassa

Um það bil 10 kíló af þorskflökum voru sett í frauðplastkassa sem stóð á stafrænni vog við 14°C umhverfishita. Vogin var núllstillt með lokinu og límbandinu þannig að unnt væri að fylgjast með massa kolsýrusnjósins eingöngu. Ofan á fiskinn voru sett 450 g af kolsýrusnjó og kassanum var lokað og lokið límt aftur. Fylgst var með hvernig þyngd kassans breyttist.

3. NIÐURSTÖÐUR

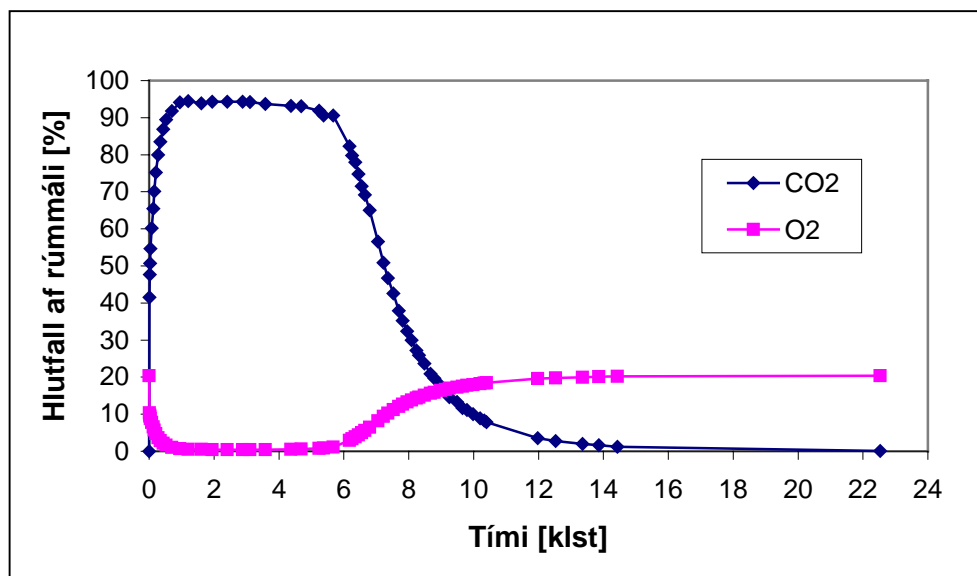
Tilraun 1 - Áhrif umhverfishitastigs á flæði $\text{CO}_2(\text{g})$ og $\text{O}_2(\text{g})$ úr frauðplastkössum.

Eins og sést á mynd 2 og 3 þá jókst hlutfall kolsýru úr um 0,05% í 95% á fáum mínútum í frauðplastkössum sem innihéldu aðeins 500g af kolsýrusnjó (enginn fiskur). Súrefnið féll hratt úr um 20% niður í 0,5%.

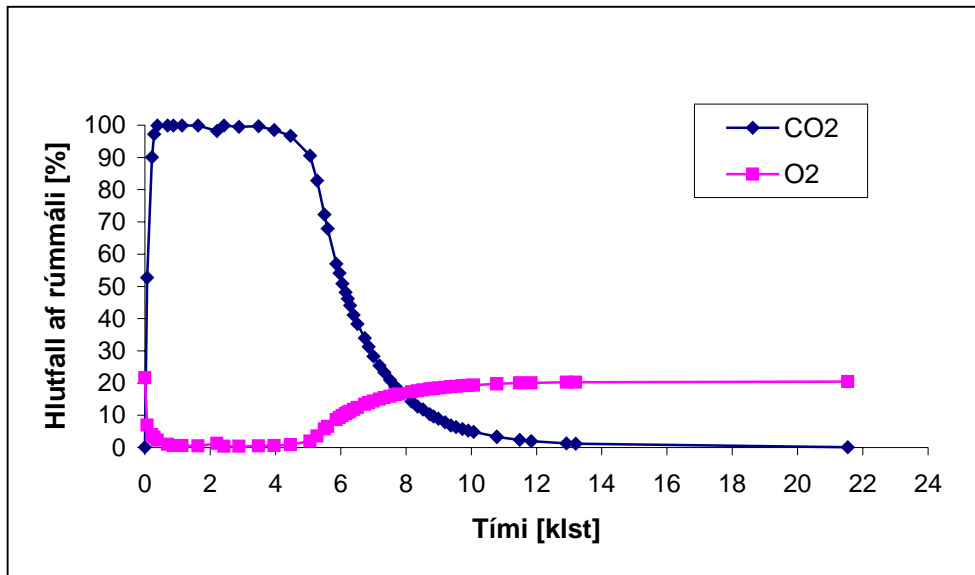
Lítill munur var á flæði kolsýrulofts og súrefnis í gegnum kassann þótt umhverfishitinn hafi verið hækkaður úr 4°C í 22°C .

Hitastigið í kassanum féll úr 22°C í -17 til -27°C á 90 mínútum en var orðinn jafn umhverfishita 5 tímum seinna, hvort sem umhverfishitinn í geymslunni var 4°C eða 22°C .

Í stuttu máli má segja að umhverfishitastig á bilinu 2 - 22°C hefur lítil áhrif á flæði kolsýrulofts út úr kössunum og súrefnis inn. Sennilega vegur þrýstingurinn innan kassans þyngra heldur en umhverfishitinn.



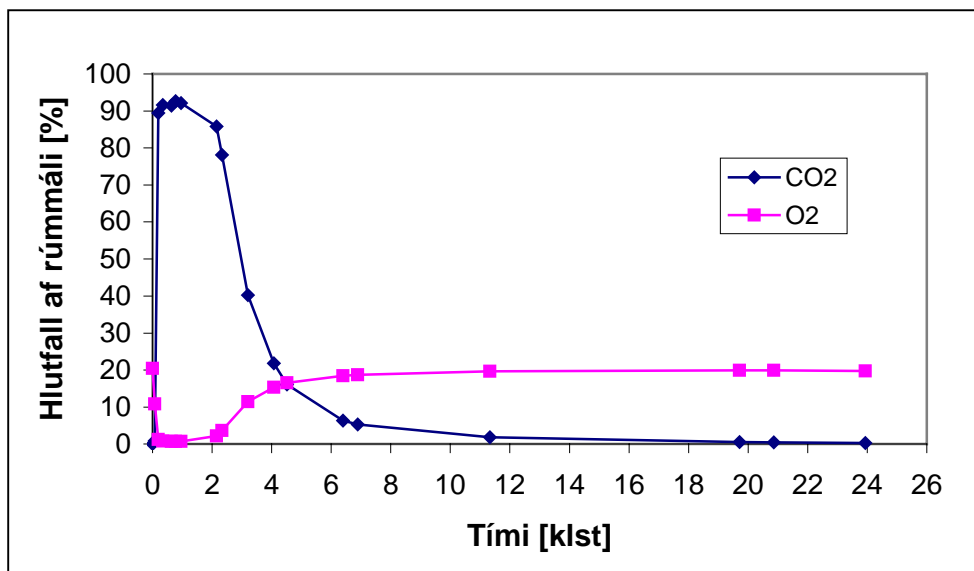
Mynd 2: Samsetning lofts í frauðplastkassa sem innihélt 500g af kolsýrusnjó og geymdur var við 4°C .



Mynd 3: Samsetning lofts í frauðplastkassa sem innihélt 500g af kolsýrusnjó og geymdur var við 22°C.

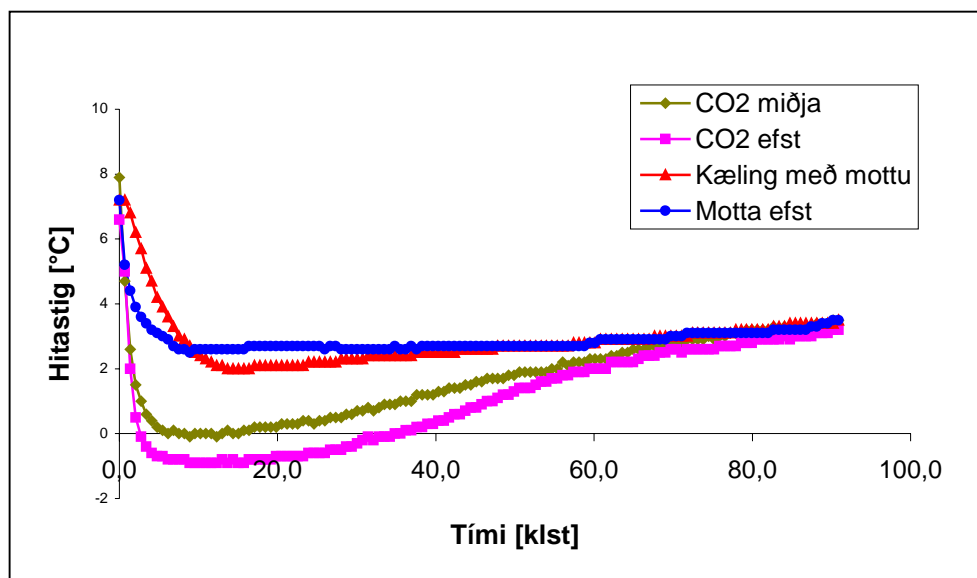
Tilraun 2 - Áhrif kolsýrusnjós á gæði og geymsluþol þorsklaka

Athyglisvert er að bera saman mynd 4 við myndir 2 og 3. Í öllum tilfellum jókst hlutfall kolsýrulofts mjög fljótt í rúmlega 90%. Í tómun kassa (myndir 2 og 3) hélt það hlutfall í 5 - 6 klukkutíma. Þegar kassinn innihélt um 10 kg af þorsklökum (mynd 4) hélt 90% styrkurinn aðeins í um 1 klukkustund. Það bendir til þess að hluti kolsýrunnar hafi leyst upp á yfirborði þorsklakanna þar sem hún getur haft örveruhindrandi áhrif.



Mynd 4: Samsetning lofts í kassa sem innihélt 10 kg af þorsklökum og 500 g af kolsýrusnjó. Geymt við 5°C.

Á mynd 5 má sjá niðurstöður hitaskráninganna. Marktækt betri kæling fæst með kolsýrusnjónum þrátt fyrir að tvær mottur (2*250 g) hafi verið notaðar í mottuhópnum.



Mynd 5: Kjarnhitastig í flökum sem voru efst og í miðjum frauðplastkassa sem stóð við 5°C .

Í töflu 1 eru niðurstöður örverutalninga sýndar. Hægari örveruvöxtur var í kolsýrukældum flökum heldur en í þeim flökum sem kæld voru með ísmottum. Töluverður munur virðist vera á vexti H₂S myndandi gerla og er vöxtur þeirra minni í snjöhópnum. Þess má geta að H₂S myndandi gerlar (t.d. *Shewanella putrefaciens*) eru einn aðalskemmdarvaldur bolfiska.

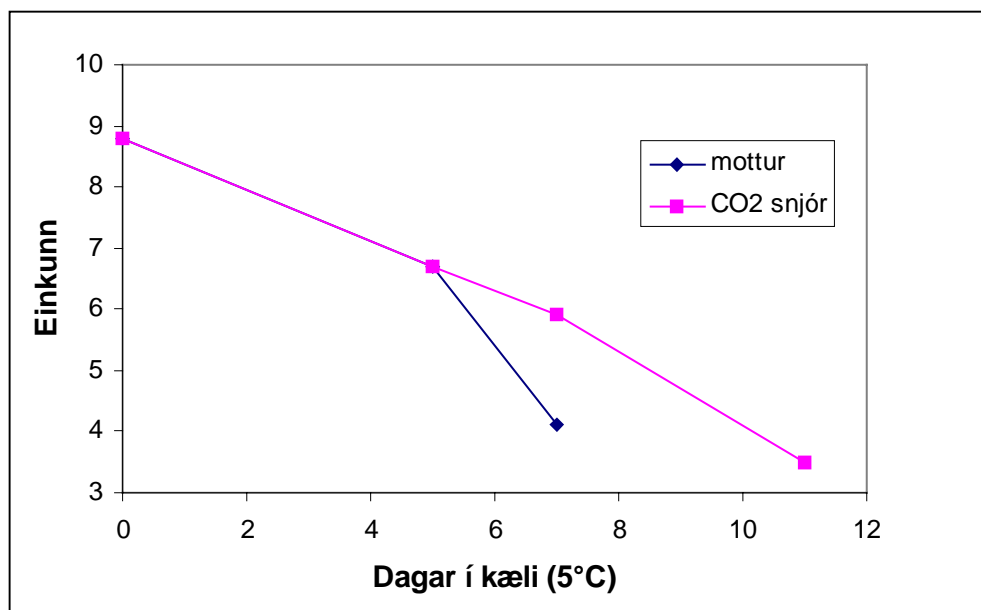
Tafla 1: Gerlamagn í kældum þorsflökum

Dagar	Heildarlíftala (LT 22)		H ₂ S - myndandi gerlar	
	Mottukæling	CO ₂ kæling	Mottukæling	CO ₂ kæling
1	2,35*10 ³	2,35*10 ³	1,10*10 ²	1,10*10 ²
5	8,30*10 ⁵	2,80*10 ⁵	1,25*10 ⁵	5,50*10 ³
7	7,90*10 ⁶	4,50*10 ⁵	1,05*10 ⁶	1,45*10 ⁵
11	2,43*10 ⁸	9,60*10 ⁶	3,60*10 ⁷	2,75*10 ⁶

Á mynd 6 má sjá niðurstöður skynmats. Mörk neysluhæfni hafa verið miðuð við einkunina 5,5 í geymsluþolstilraunum Rf. Samkvæmt skynmati er áætlað geymsluþol mottusýna 6 dagar en snjósýna 8 dagar.

Ekki var marktækur áferðarmunur á milli sýnahópa. Flök úr báðum hópum misstu safa og urðu þurrari og seigari en upphafssýnið.

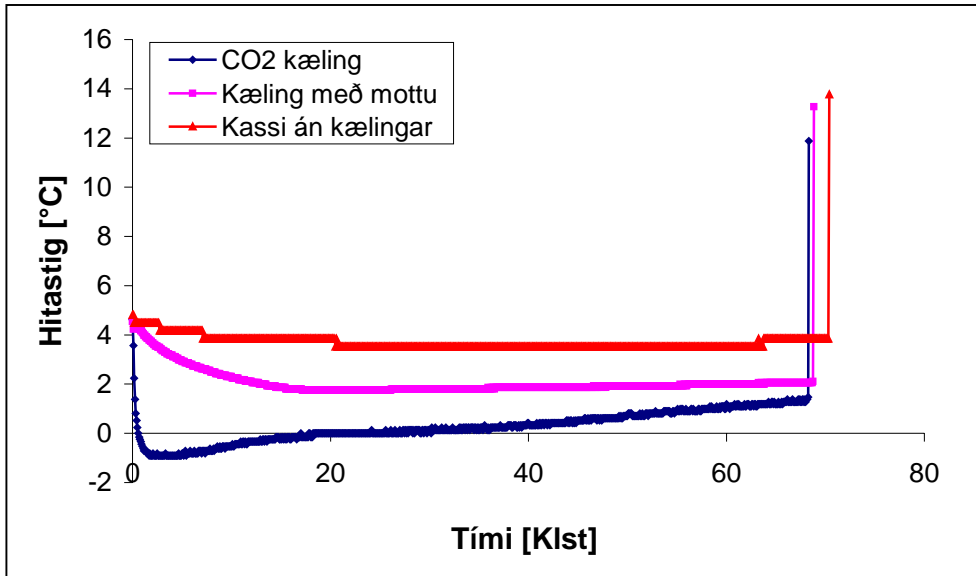
Athuga ber að 600 g af kolsýrusnjó fór í snjókassana og tvær 250 g mottur voru notaðar í þessa tilraun. Það er mun meira en iðnaðurinn notar og kemur til með að nota.



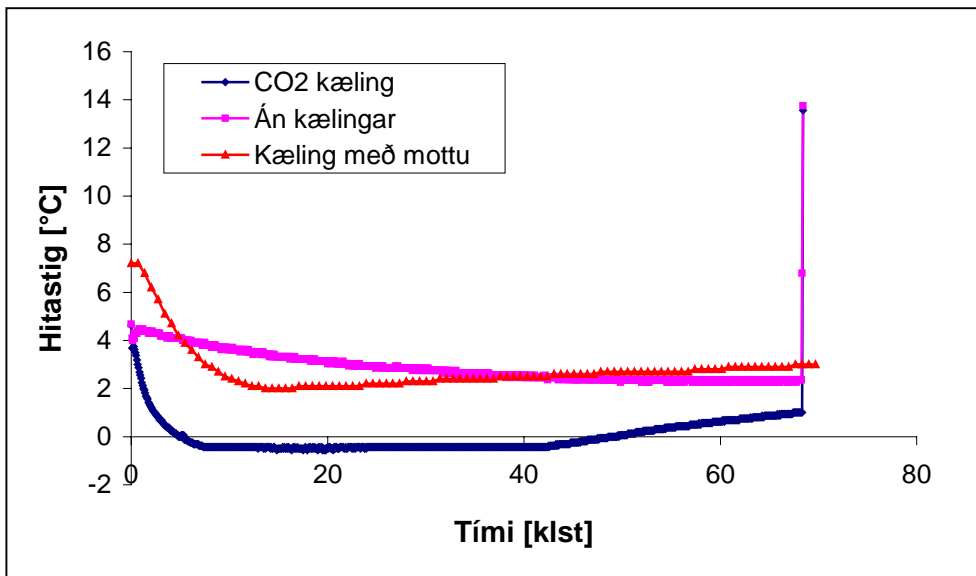
Mynd 6: Ferskleikamat á soðnum þorsklökum

Tilraun 3 - Áhrif kolsýrusnjós á gæði og geymsluþol þorsklaka

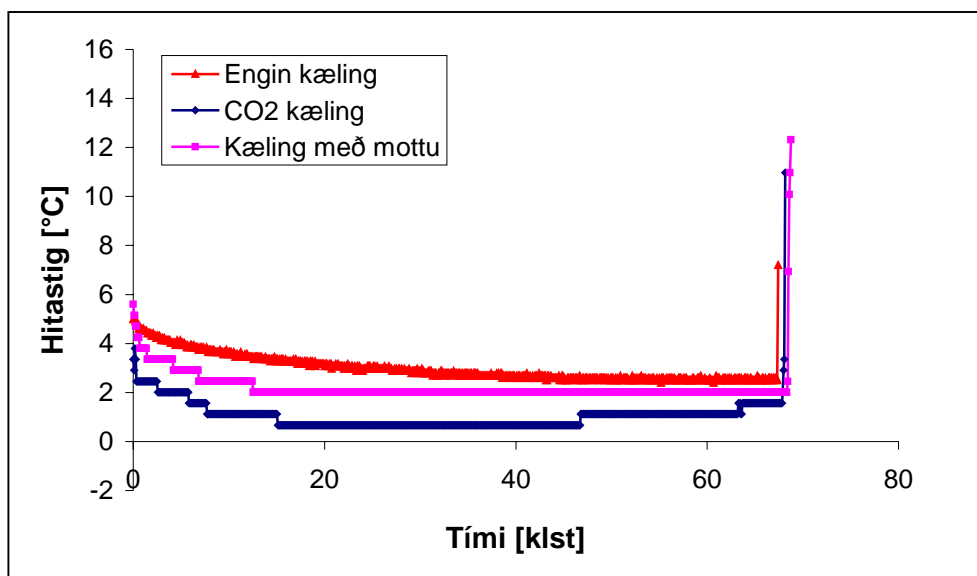
Eins og sjá má á myndum 7 - 9 var kæling flakanna mun hraðari í þeim kössum sem í var kolsýrusnjór. Einnig er athyglisvert að hitastig flakanna náði aldrei -1°C en almennt er talað um að frostmark þorskvöðva sé $-1,6$ til $-1,8^{\circ}\text{C}$ (50% vökvans frosinn). Hugsast getur að vatn á yfirborði flakanna hafi kristallast að einhverju marki en -1°C dugir ekki til þess að frysta 50% vatnsins í vöðvanum (skilgreining á frostmarki vöðva). Þess má geta að hitastig í loftrúminu (head space) efst í kassanum fór aldrei undir 0°C (mynd 9). Þar sem umhverfishiti var frekar stöðugur (um 4°C) má segja að kæliáhrifa kolsýrusnjósins hafi gætt í meira en 70 klst.



Mynd 7: Kjarnhitastig í flökum sem lágu efst í kassa



Mynd 8: Kjarnhitastig í flökum sem lágu í miðjum kassa



Mynd 9 : Hitastig í loftrúmi efst í kassa (head space)

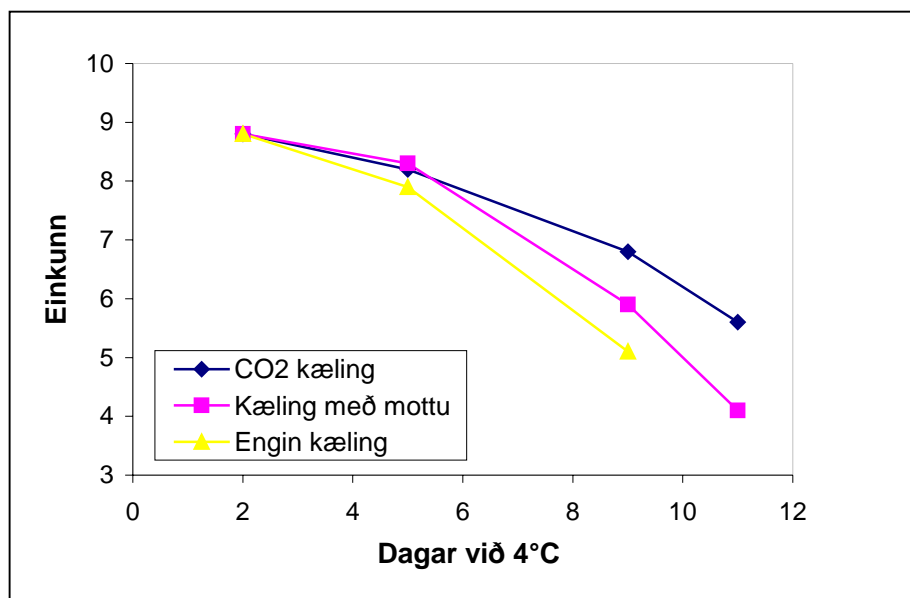
Í töflu 2 má sjá að mun minni örveruvöxtur átti sér stað í þeim flökum sem pakkað var með kolsýrusnjó og er munurinn jafnan ein stærðargráða. Athyglisvert er að skoða heildarlíftölu snjóhóps. Heildargerlafjöldi var minni 5 dögum frá veiðum heldur en á upphafsdegi tilraunarinnar (2 dögum frá veiðum). Hugsast getur að hinn mikli styrkur kolsýrulofts (yfir 90%) í rúma klukkustund hafi drepið umtalsvert magn gerla og minnkað með því heildargerlafjöldann. Sú minnkun og hið lága hitastig hafa svo haft áhrif á gerlamagnið allan geymslutímann.

Tafla 2: Gerlamagn í kældum þorsflökum

Dagar	Heildarlíftala (LT 22)			H ₂ S - myndandi gerlar		
	Mottukæling	Engin kæling	CO ₂ kæling	Mottukæling	Engin kæling	CO ₂ kæling
2	4,70*10 ⁴	4,70*10 ⁴	4,70*10 ⁴	9,50*10 ²	9,50*10 ²	9,50*10 ²
5	8,38*10 ⁴	1,51*10 ⁵	3,86*10 ⁴	1,03*10 ⁴	2,75*10 ⁴	1,63*10 ³
9	5,50*10 ⁶	3,03*10 ⁷	4,58*10 ⁵	2,10*10 ⁶	1,03*10 ⁷	2,50*10 ⁵
11	1,34*10 ⁸	4,95*10 ⁷	2,93*10 ⁷	8,05*10 ⁷	2,13*10 ⁷	2,48*10 ⁷

Niðurstöður skynmats má sjá á mynd 10. Einkunin 5,5 hefur verið notuð á Rf sem viðmiðunarmörk á neysluhæfni þorsks. Ókældu flökin skemmdust samkvæmt því eftir 8 daga, mottukældu flökin voru tæp eftir 9 daga en kolsýrukældu flökin höfðu 11 daga geymsluþol og þóttu auk þess ferskari eftir 9 daga geymslu við 4°C.

Áferðarþættir voru einnig metnir með skynmati og voru niðurstöður þær að flök úr öllum hópum voru metin marktækt þurrari undir lok geymslutímans heldur en þau voru við upphaf tilraunarinnar. Ekki var marktækur munur á þurrleika flaka milli tilraunahópa.



Mynd 10: Ferskleikamat á soðnum þorskflökum

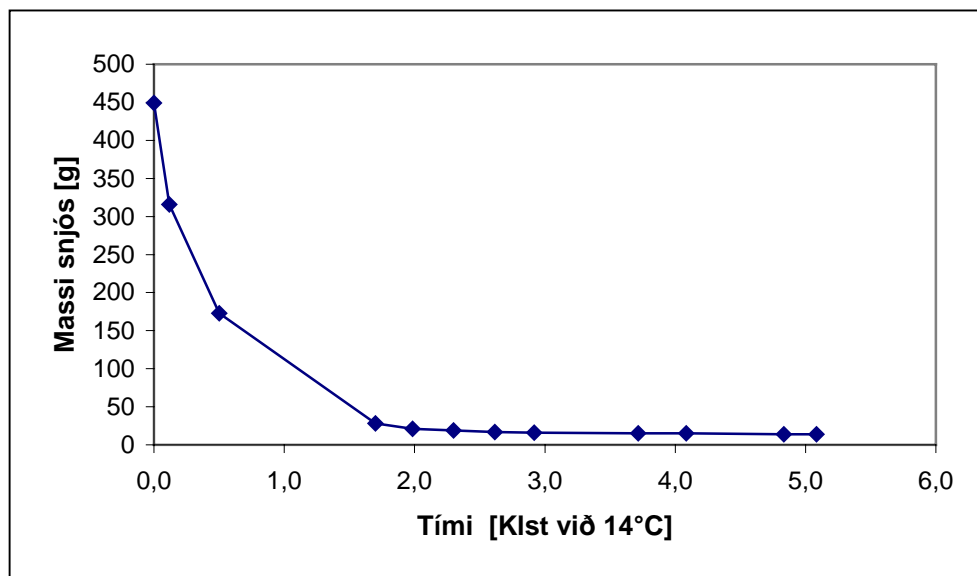
Drip flakanna var mælt tvisvar og má sjá niðurstöður drips í töflu 3. Erfitt er að segja til um hvort hið aukna drip úr kolsýrukældu flökunum sé vegna kolsýrunnar eða yfirborðsfrystingar á flökunum. Auðvelt er að koma í veg fyrir þetta þyngdartap ef kaupandi sættir sig við að flökin séu „marineruð” í veikum saltþækli fyrir þökkun

Tafla 3: Drip úr þorskflökum sem vegin voru ofan í og upp úr kassa

	CO ₂ kæling	Kæling með mottu	Engin kæling
Upphaf	9,270 kg	9,042 kg	9,087 kg
8 dagar	9,088 kg	8,914 kg	8,961 kg
% drip	1,96	1,42	1,39
	CO ₂ kæling	Kæling með mottu	Engin kæling
Upphaf	9,226 kg	9,578 kg	9,034 kg
11 dagar	8,984 kg	9,461 kg	8,913 kg
% drip	2,62	1,22	1,34

Tilraun 4 - Athugun á flæði kolsýrulofts gegnum frauðplastkassa

Mynd 11 sýnir að aukin vigt vegna kolsýrusnjósins (450 g sett í kassann) var nær horfin á innan við 2 klst við 14°C. Það er því ekki nauðsynlegt fyrir framleiðendur að greiða fyrir hærri flutningsgjöld (vegna aukinnar vigtar) ef kolsýrusnjór er notaður sem kælimiðill. Þar að auki þurfa flugfélögin ekki að hafa áhyggjur af gasmyndun í flugvélum sínum.



Mynd 11: Létting flakakassa sem fall af tíma.

4. SAMANTEKT

Greinilegt er að áhrif kolsýrusnjósins á fersk þorksflök eru bæði mikil og góð. Kæling er mun hraðari og meiri. Það leiðir til hægari örveruvaxtar. Hinn háí styrkur á kolsýrulofti fyrsta klukkutímamann eftir pökkun hefur að öllum líkindum áhrif til fækkunar á gerlamagni í vöðvanum. Örveruvöxtur verður því hægari og leiðir það til lengra geymsluþols. Erfitt er að meta geymsluþolsaukninguna út frá þessari tilraun þar sem hráefnið var ekki það sama í báðum tilraununum (tilraun 2 og 3). Í báðum tilfellum geymdust kolsýrukældu flökin lengur. Framleiðendur þurfa því að leggja í einhverja vörubrún ætli þeir sér að taka þessa aðferð upp.

Það verður að teljast mikill kostur að þyngdaraukningin hverfur á innan við tveimur klukkustundum þar sem þá þurfa fyrirtækin ekki að greiða aukalega fyrir flutning á kælimiðli milli landa (tilraun 4)

Eini ókostur aðferðarinnar var sá að drip jókst. Auðvelt er að bæta tapið með því að pækla flökin í veikum saltþækli í stuttan tíma fyrir pökkun. Þetta þarf þó að gera í samráði við kaupendur.

5. ÞAKKIR

Höfundur vill þakka Eddu Magnúsdóttur, sviðstjóra matvælasviðs Ísaga ehf, fyrir hennar þátt í þessu verkefni.

6. HEIMILDIR

Gísli Tryggvason, 1997. *Notkun kolsýru til kælingar á fiskafurðum.*

Rannsóknarverkefni styrkt af Nýsköpunarsjóði námsmanna.

Guðmundur Stefánsson, Hannes Magnússon, 1987. *Pökkun þorskflaka í loftdregnar húðumbúðir og í ógegndræpar plastumbúðir með CO₂ sem rotvörn.*, Skýrsla Rf.

Guðmundur Stefánsson, Friðrik Blomsterberg, 1991. *Pökkun fiskflaka í loftskiptar heildsöluumbúðir.* Rit Rf 35.

Vilhjálmur Ólafsson, 1999. *Sífelld fleiri hasla sér völl í flugfiski.* Morgunblaðið - Úr verinu 21.4.1999, bls C3.