

Auðlindir & afurðir
Resources & Products

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics

Viðskiptaþróun
Business Development

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting



Leiðbeiningar um kæligetu ískrapa til kælingar á fiskafurðum í kerum

Björn Margeirsson
Sigurjón Arason
Þorsteinn Ingi Víglundsson
Magnea G. Karlsdóttir

Auðlindir og afurðir

Skýrsla Matís 07-16
Júní 2016

ISSN 1670-7192

Titill / Title	Leiðbeiningar um kæligetu ískrapa til kælingar á fiskafurðum í kerum / Instruction for the cooling ability of slurry ice intended for chilling of fish products in fish containers		
Höfundar / Authors	Björn Margeirsson ² , Sigurjón Arason ¹ , Þorsteinn Ingi Víglundsson ³ , Magnea G. Karlsdóttir ¹ ¹ Matís ohf.; ² Sæplast ehf.; ³ Thor-Ice hf.		
Skýrsla / Report no.	07-16	Útgáfudagur / Date:	Júní 2016
Verknr. / Project no.	2003-2289		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS Rannsóknarsjóður í sjávarútvegi (R 034-14)		
Ágríp á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins Bestun ferskfiskflutninga er að bæta meðferð ferskra fiskafurða í gámaflutningi og auka þar með geymsluþol þeirra og möguleika á frekari flutningum á sjó frá Íslandi. Í verkþætti 1 er markmiðið að áætla hæfilegt magn og gerð ískrapa til að halda fiskhitastigi í $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í flutningi í kerum. Smíðuð eru varmaflutningslíkön af 340 PE og 460 PE matvælakerum frá Sæplasti til að áætla nauðsynlegt magn ískrapa til að viðhalda $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ innan í kerum, sem er ákjósanlegt hitastig fyrir geymslu á ferskum hvítfiskafurðum.</p> <p>Forkæling fiskafurða fyrir þökkun í ker hefur afgerandi áhrif á það magn af afurðum, sem koma má fyrir í keru ef gerð er krafa um að viðhalda fiskhitunum $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Þetta skýrist af því að með hækkandi fiskhita við þökkun þarf aukið magn af ískrapa til að lækka fiskhitann í $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og þar með minnkar rýmið fyrir fiskinn innan kersins. Rúmmálsnýtingu kersins, þ.e. magn af fiskafurðum í keru, þarf vitaskuld að hámarka til að lágmarka flutningskostnað og gera sjóflutning fiskafurða þökkunum í ískrapa í ker raunhæfan valkost við sjóflutning í frauðkössum.</p> <p>Þessar leiðbeiningar eiga að nýtast til að áætla það fiskafurðamagn, sem pakka má í 340 PE og 460 PE Sæplast ker. Miðað er við að pakka fiskinum í ískrapa með hitastigið $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, íshlutfallið 35% og salthlutfallið 1,2% og magn ískrapans nægi til að viðhalda $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ í ískrapa og fiski í fjóra daga við umhverfishita milli $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taka ber fram að leiðbeiningarnar taka einungis kæliphörf með í reikninginn en ekki mögulegt, óæskilegt farg sem getur skapast á neðstu fisklögin í keru og getur mögulega valdið nýtingar- og gæðatapi</p>		
Lykilorð á íslensku:	Ferskur fiskur, fiskiker, ískrapi, krapaís, vökvaís, varmaflutningslíkan		

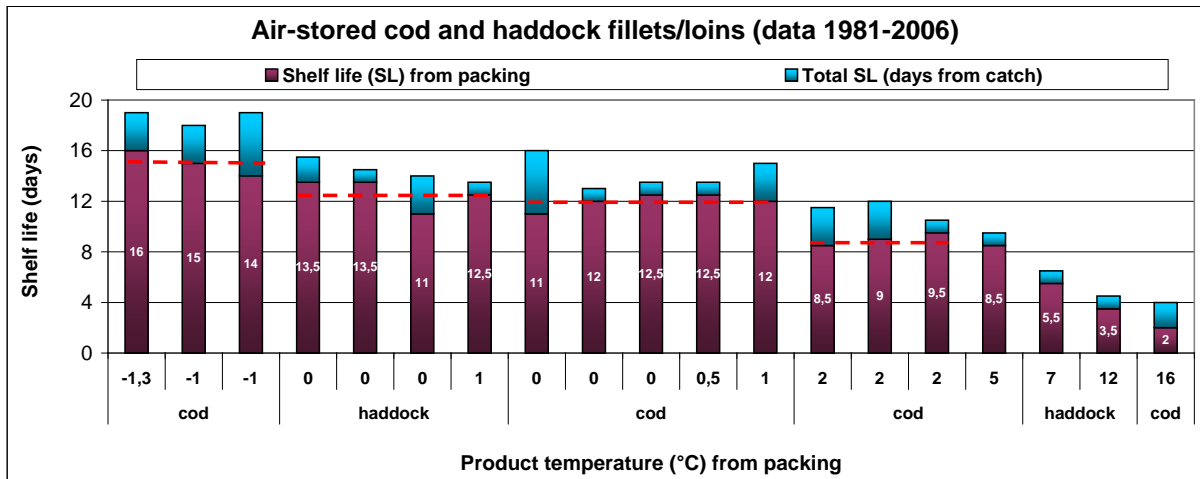
<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>The aim of the project Optimisation of fresh fish transport is to improve handling of sea transported fresh fish products, thereby improve their quality and increase the possibility of sea transport from Iceland. The aim of work package no. 1 is to estimate the suitable quantity and type of slurry ice in order to maintain the optimal fish temperature of $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ during transport in fish containers (tubs). Heat transfer models of 340 PE and 460 PE fish containers manufactured by Saeplast are developed for this purpose.</p> <p>Precooling of fresh fish products before packing in slurry ice in containers has a dominating effect on the maximum fish quantity, which can be packed in each container assuming a maintained fish temperature of $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. This is because an increased fish packing temperature increases the required amount of slurry ice in order to lower the fish temperature down to $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, thereby decreasing the volume for fish within the container. The fish quantity within the container must certainly be maximized in order to minimize the transport cost and make sea transport of fresh fish products in slurry ice in containers a viable option.</p> <p>These guidelines should be useful to estimate the fish quantity, which can be packed in 340 PE and 460 PE Saeplast containers. The temperature, ice ratio and salinity of the slurry ice assumed are $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 35% and 1.2%, respectively. Furthermore, it is assumed that the amount of slurry ice applied is enough to maintain the slurry ice and fish at $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ for four days at ambient temperature between $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Fresh fish, fish container, fish tub, slurry ice, heat transfer model</i></p>

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Framkvæmd.....	4
3	Niðurstöður	6
3.1	Mismunandi íshlutfall ískrapa.....	6
3.2	Mismunandi fiskhitastig við þökkun.....	6
3.2.1	Umhverfishiti 0 °C.....	6
3.3	Mismunandi umhverfishiti	7
3.3.1	Fiskhiti við þökkun: -1 °C.....	8
3.3.2	Fiskhiti við þökkun: 0 °C.....	9
3.3.3	Fiskhiti við þökkun: 2 °C.....	10
3.4	Samanburður kerategunda (340 PE vs. 460 PE)	11
4	Þakkarorð	12
5	Heimildir	12

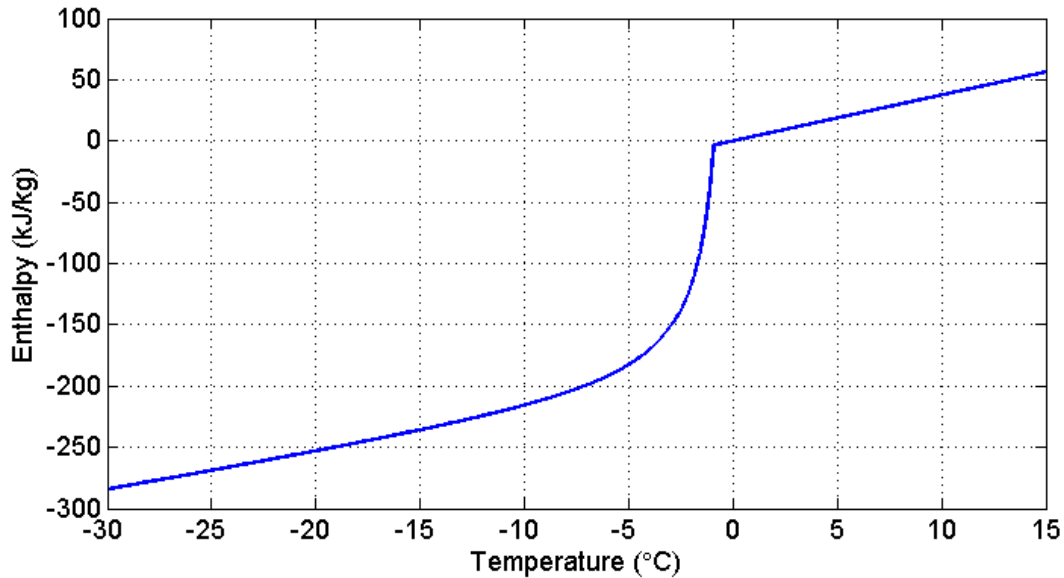
1 Inngangur

Hitastig hefur afgerandi áhrif á skemmdarferla og þar með geymsluþol hvítfisks (Mynd 1). Mynd 1 sýnir samantekt fjölda geymsluþolstilrauna, sem farið hafa fram hjá Matís og forvera þess, RF.

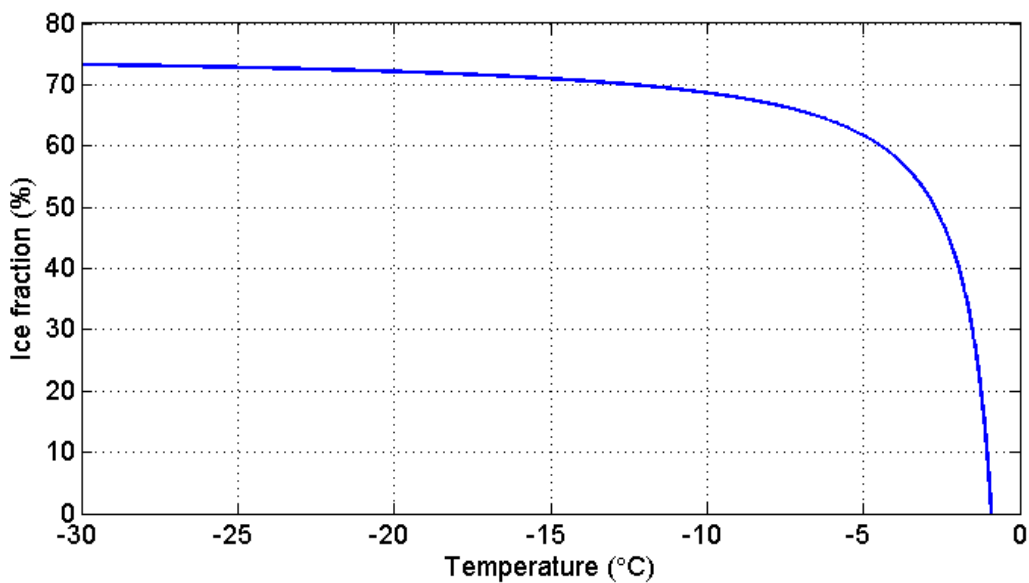


Mynd 1. Áhrif hitastigs á geymsluþol (mælt í dögum, sýnt inni í hverri súlu) frá veiðidegi annars vegar og frá þökkunardegi hins vegar (Lauzon o.fl., 2010). Meðalfiskhitinn undir geymsluþol er uppuríð er allt frá -1,3 °C til 16 °C og er sýndur undir hverri súlu.

Mynd 2 sýnir hversu hitaháð orkuinnihald hvítfisks á borð við þorsk er. Þegar þorskur er ofurkældur undir upphafsfróstmarkið $-0,9$ °C minnkar orkuinnihald hans hratt með lækkandi hitastigi sem birtist í brotpunktinum á grafinu. Hitaháð íshlutfall sama þorskvöðva er sýnt á Mynd 3. Lægra orkuinnihald þýðir að meiri orku þarf til að hita fiskinn upp og því má segja að með því að ofurkæla fiskinn og frysta þannig lítinn hluta vatnsins í fiskholdinu skapist innbyrðis vörn gegn utanaðkomandi hitaálagi í flutningi.



Mynd 2. Orkuinnihald þorsks með 80,9% vatnsinnihald sem fall af hitastigi m.v. upphafsfröstmarkið $T_{f,i} = -0,9$ °C (reiknað með aðferðum frá Choi og Okos (1986)).

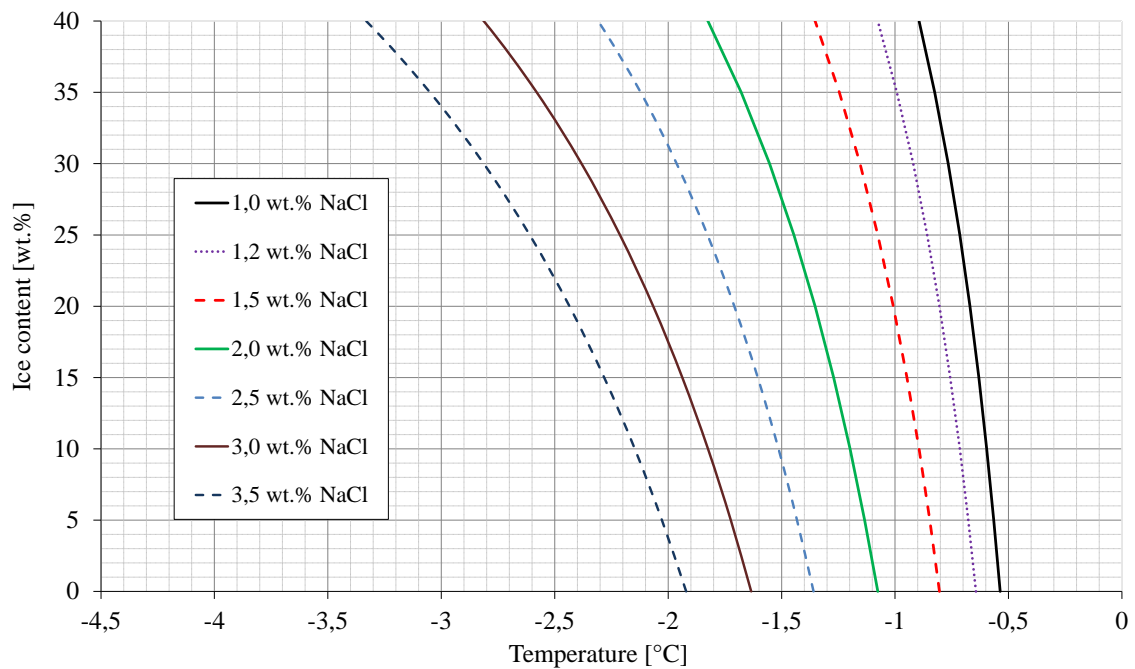


Mynd 3. Íshlutfall þorsks með 80,9% vatnsinnihald sem fall af hitastigi m.v. upphafsfröstmarkið $T_{f,i} = -0,9$ °C (reiknað með aðferðum frá Choi og Okos (1986)).

Aðrir mögulegir þættir sem varið geta fisk fyrir umhverfishitaálagi í flutningi eru t.d. varmaeinangrandi pakkningar og kælimiðlar á borð við ís, ískrapa, gel- og ísmottur.

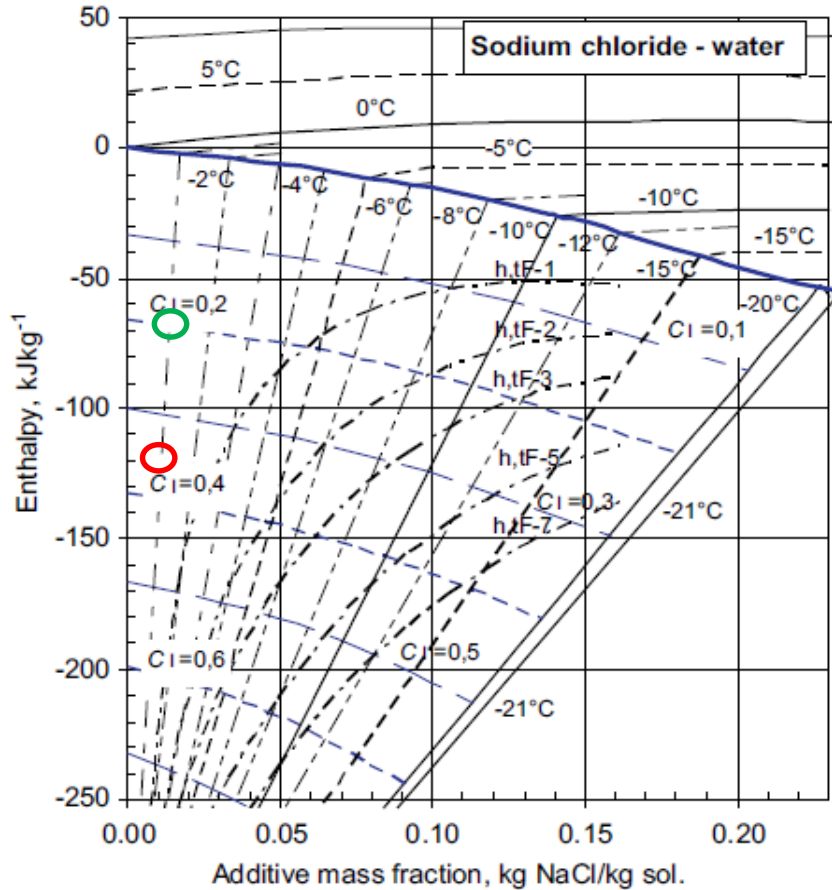
Ískrapi og vökvaís samanstanda af vatni, ís og salti. Saltið gerir að verkum að upphafsfröstmark ískrapa er nokkru lægra en fröstmark vatns (0 °C). Eins og Mynd 4 sýnir er samband íshlutfalls,

hitastigs og salthlutfall ískrapa ekki einfalt og má finna mismunandi blöndur ískrapa sem hafa hitastigið $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Mynd 4. Tengsl íshlutfalls, hitastigs og salthlutfalls ískrapa (sjá Kauffeld o.fl. (2005)).

Annar grundvallarmunur á vatnsís og ískrapa er meiri kæligeta vatnsíssins því hann er að öllu leyti á föstu formi (100% íshlutfall) á meðan dæmigert íshlutfall ískrapa, 15-35%, þýðir að einungis 15-35% af ískrapanum er á föstu formi. Bræðsluvarmi vatnsíssins, 334 kJ/kg, er því ekki allur til staðar í ískrapanum. Bræðsluvarma ískrapa má lesa af Mynd 5 þar sem grænn hringur táknar ískrapa með um 1,5% salthlutfall og 18% íshlutfall og rauði hringurinn ískrapa með 1,2% salthlutfall og 35% íshlutfall.



Mynd 5. Orkuinnihald (kæligeta) ískrapa/vökvaíss fall af íshlutfalli (C_1) og salthlutfalli á x-ás (Melinder, 2010).

2 Framkvæmd

Í MATLAB var smíðað varmaflutningslíkan af fiski, sem pakkað er í ískrapa í annars vegar 340 PE og hins vegar 460 PE ker með loki frá Sæplasti á Dalvík, sjá Mynd 6 og Tafla 1. Gert er ráð fyrir að eðlismassi fískisins sé 1050 kg/m^3 . Til að forðast of lágt hitastig í fískinum er miðað við ískrapa sem ekki er kaldari en við $-1 \text{ }^\circ\text{C}$. Eins og Mynd 4 sýnir má bæði notast við um 18% íshlutfall og 1,5% salthlutfall annars vegar og 35% íshlutfall og 1,2% salthlutfall hins vegar til að mynda ískrapa við hitastigið $-1 \text{ }^\circ\text{C}$. Mismunurinn á kæligetu þessara tveggja ískrapablanda er um 60 kJ/kg (sjá græna og rauða hringinn á Mynd 5), síðarnefndu blöndunni í vil. Erfitt getur reynst að nota ískrapa með hærra íshlutfall en 35% (of þykkur m.a.) og því var ákveðið að miða við 1,2% salthlutfall og 35% íshlutfall til að lágmarka nauðsynlegt ískrapamagn og hámarka þar með fiskmagn í keru.

Varmaflutningslíkanið gerir ráð fyrir að kæligeta ískrapans nýtist til að

- kæla fískinn hafi hann ekki verið forkældur í $-1 \text{ }^\circ\text{C}$

- b) vega upp á móti varmaflutningi frá umhverfi, þ.e. umhverfishitaálagi sem verður ef umhverfishitinn er hærri en $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Líkanið gerir ráð fyrir einsleitri hitadreifingu innan kersins, sem telst vart alvarleg einföldun við hóflegt umhverfishitaálag og vegna einangrunar kersins.



Mynd 6. 340 PE Sæplast ker sýnt án loks. Hugmyndin um þökkun í poka í ískrapa í ker gengur út á að nota lok á ker til að lágmarka ískrapapörf í flutningi.

Tafla 1. Málsetningar 340 PE Sæplast kers.

Utanmál (cm)			Innanmál (cm)		
Hæð	Lengd	Breidd	Hæð	Lengd	Breidd
44 (51 með loki)	123	103	31-32	116	96

Tafla 2. Málsetningar 460 PE Sæplast kers.

Utanmál (cm)			Innanmál (cm)		
Hæð	Lengd	Breidd	Hæð	Lengd	Breidd
58 (65 með loki)	123	103	40-42	116	96

Nýtanlegt rúmmál 340 PE kersins með loki er um 325 L og er eigin þyngd kersins um 40 kg. Samsvarandi tölur fyrir 460 PE ker með loki eru um 425 L og 50 kg. Kerin eru einangruð með polyethylene frauði (PE) með varmaleiðnistuðulinn $k \approx 0,07\text{ W/m/K}$. Út frá varmaleiðnistuðlum og þykktum PE skeljar og PE frauðs fæst einangrunargildi (varmaviðnám)

kersins, sem notað er í varmaflutningslíkaninu, sem $R = 0,624 \text{ m}^2\text{K/W}$ fyrir 340 PE og $R = 0,697 \text{ m}^2\text{K/W}$ fyrir 460 PE. Tafla 1 og Tafla 2 sýna málsetningar 340 PE og 460 PE keranna.

Varmaflutningurinn frá umhverfi er reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

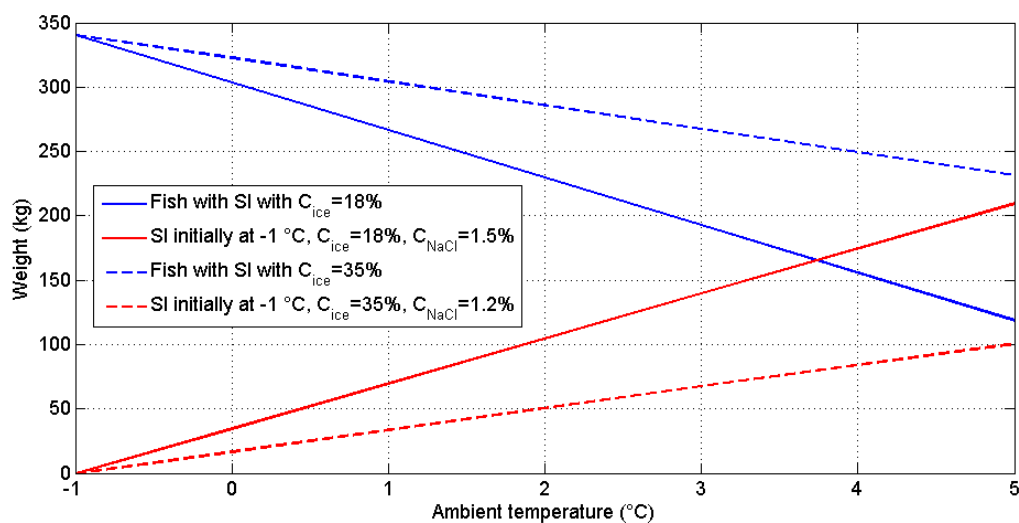
$$Q_{\text{umhverfi}} = UA(T_{\text{umhverfi}} - T_{\text{fiskur}}) = \frac{A}{R}(T_{\text{umhverfi}}[\text{°C}] - (-1 \text{ °C}))$$

þar sem A táknar yfirborðsflatarmál kers, U táknar varmaflutningsstuðul milli umhverfis og innihalds kers.

3 Niðurstöður

3.1 Mismunandi íshlutfall ískrapa

Mynd 7 sýnir fram á mikilvægi þess að nota tiltölulega þykkar ískrapa, þ.e. ískrapa með háu íshlutfalli, til að ná að koma ásættanlegu magni af fiskafurðum fyrir í kerinu. Mikilvægi þess að nota þykkar ískrapa eykst með hækkandi umhverfishitastigi (eins og sést á myndinni) og með hækkandi fiskhitastigi við þökkun, enda eykst hitaálagið og þar með íspörfin með hækkandi umhverfishita og fiskhitastigi við þökkun.



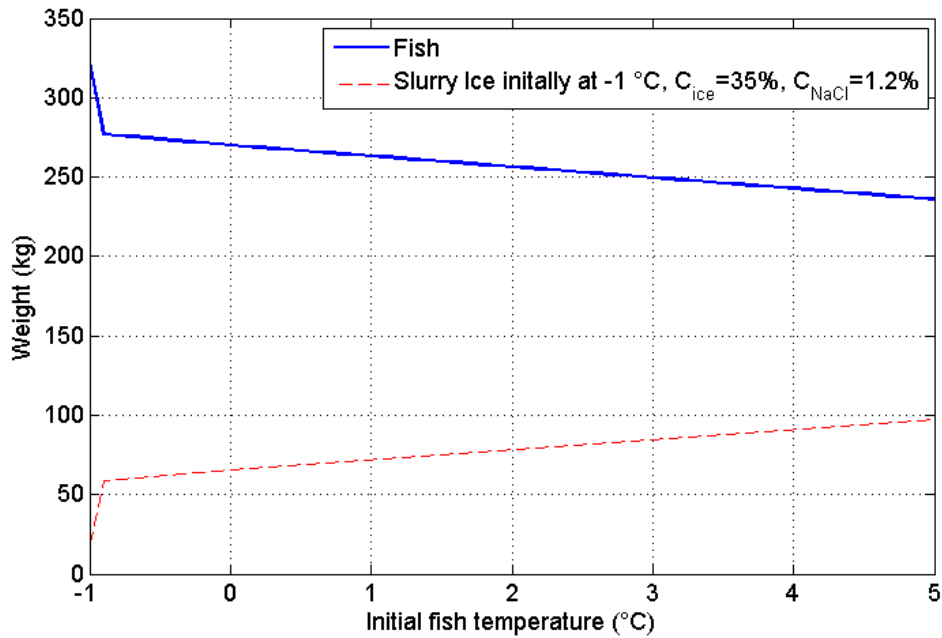
Mynd 7. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast keru m.v. að fiskhitastiginu -1 °C við þökkun sé haldið við í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C . Ískrapinn (SI) er ýmist með íshlutfallið 35% eða 18% við þökkun.

3.2 Mismunandi fiskhitastig við þökkun

3.2.1 Umhverfishiti 0 °C

Mynd 8 sýnir ótvírætt fram á mikilvægi þess að ná að forkæla fiskafurðirnar fyrir þökkun, helst niður fyrir $-0,9 \text{ °C}$, sem er upphafsfröstmark þorsks. Myndin sýnir að m.v. umhverfishitann 0

°C í 4 daga megi ekki pakka meira en 250 kg af fiski við 3 °C í 340 PE Sæplast ker samanborið við um 323 kg í sama ker ef fiskhitinn er -1 °C.

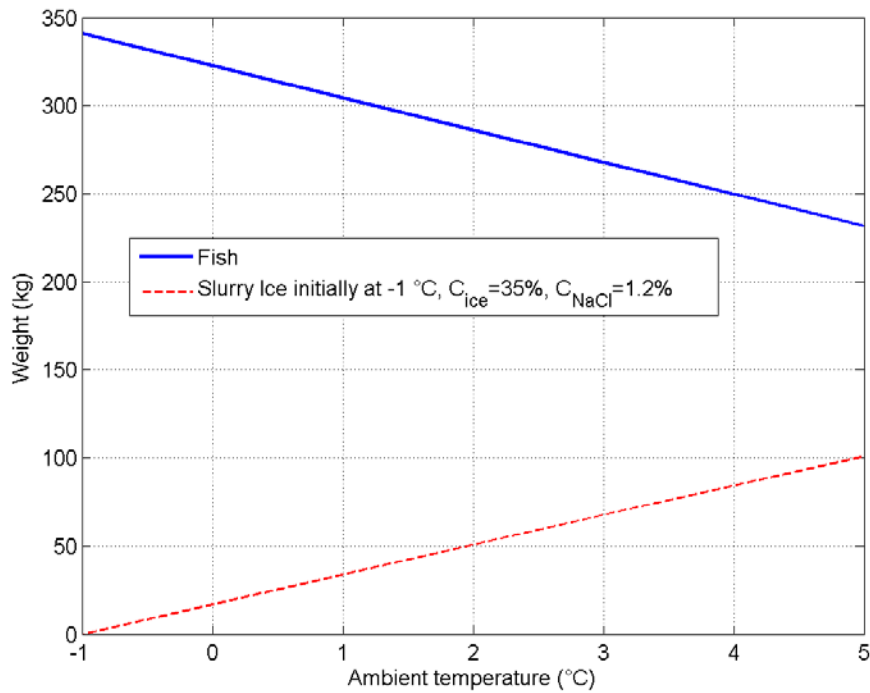


Mynd 8. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast ker m.v. að fiskhitastiginu -1 °C við þökkun sé haldið við í 4 daga við 0 °C umhverfishita fyrir fiskhitastig við þökkun frá -1 °C til 5 °C.

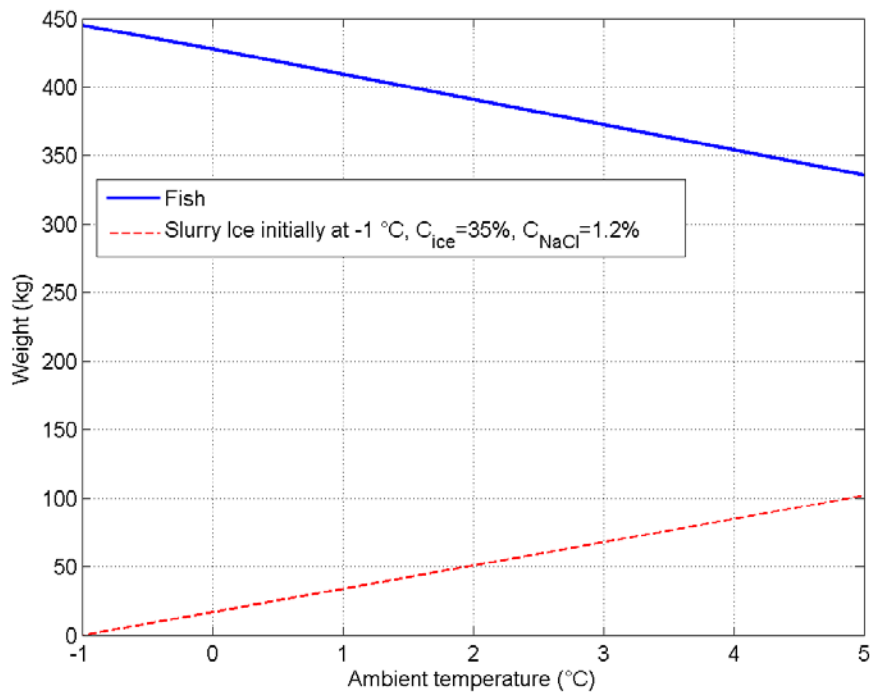
3.3 Mismunandi umhverfishiti

Mynd 9–Mynd 14 sýna hæfilegt fisk- og ískrapamagn í 340 PE og 460 PE kerum við fiskhitastig við þökkun jafnt -1 °C, 0 °C og 2 °C. Þessi gröf gera ráð fyrir að magn ískrapa nægi til að lækka fiskhitastigið og viðhalda því við -1 °C í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C.

3.3.1 Fiskhiti við þökkun: $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$

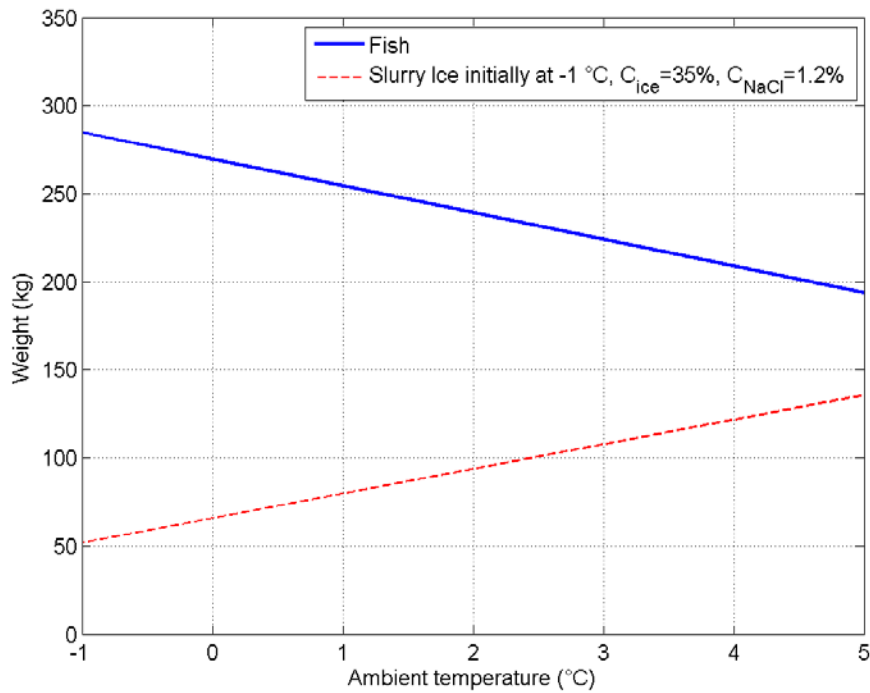


Mynd 9. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast keru m.v. að fiskhitastiginu $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ við þökkun sé haldið við í 4 daga við umhverfishita milli $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

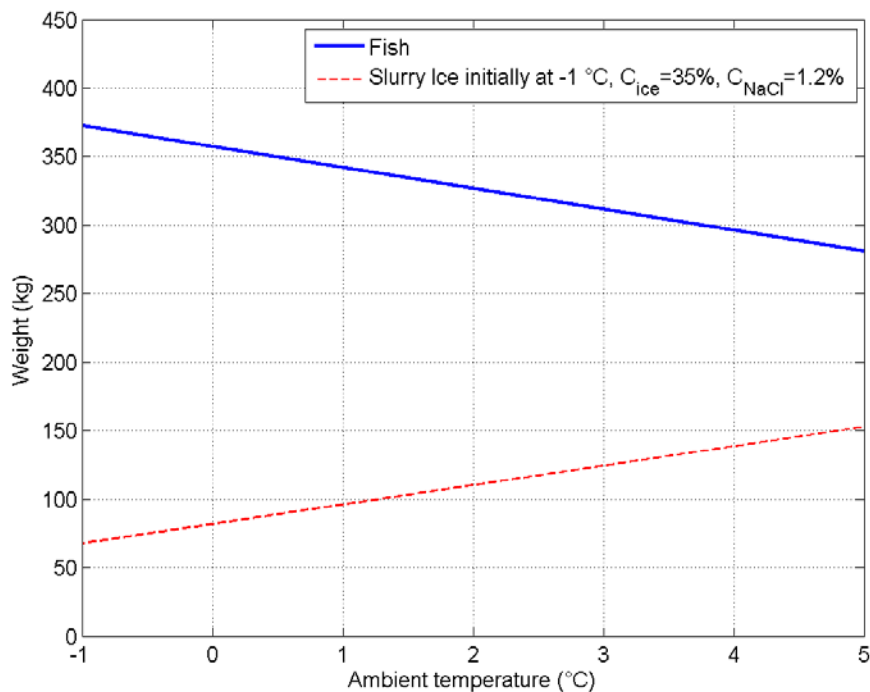


Mynd 10. Fisk- og ískrapamagn í 460 PE Sæplast keru m.v. að fiskhitastiginu $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ við þökkun sé haldið við í 4 daga við umhverfishita milli $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

3.3.2 Fiskhiti við pökkun: 0 °C

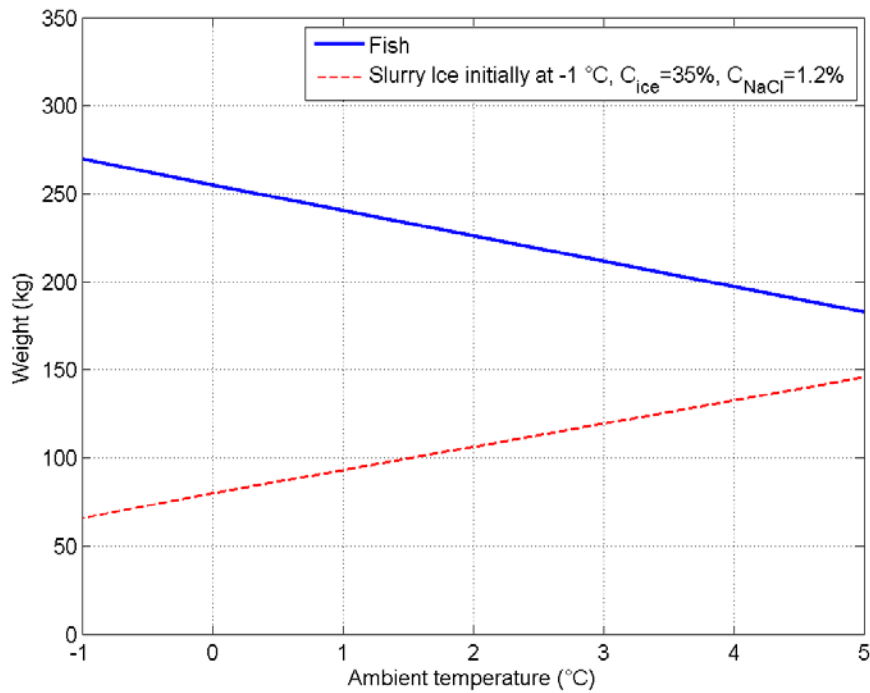


Mynd 11. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast kerri m.v. að lækka fiskhitastig úr 0 °C við pökkun í -1 °C og viðhalda því í -1 °C í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

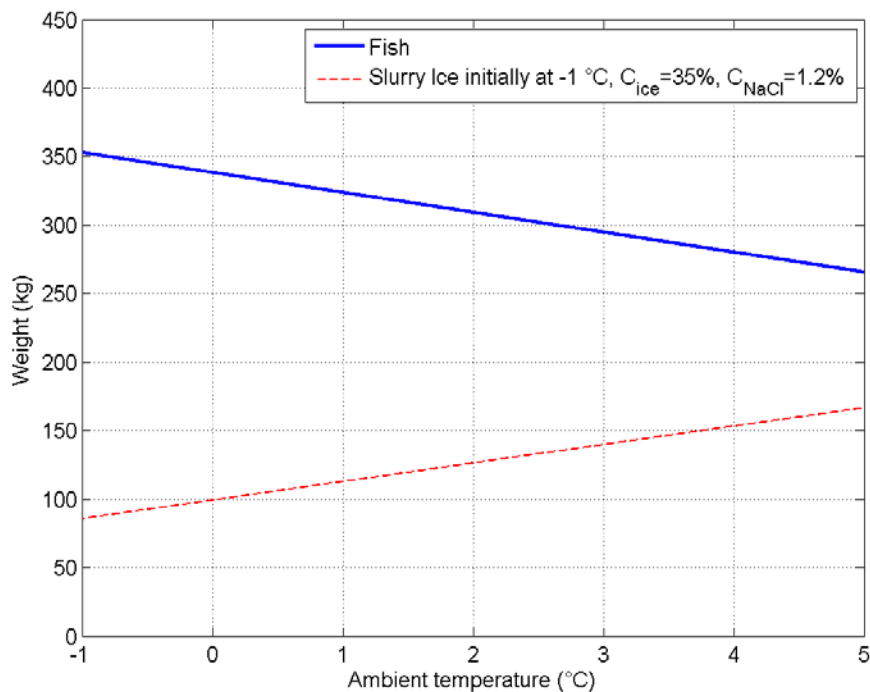


Mynd 12. Fisk- og ískrapamagn í 460 PE Sæplast kerri m.v. að lækka fiskhitastig úr 0 °C við pökkun í -1 °C og viðhalda því í -1 °C í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

3.3.3 Fiskhiti við pökkun: 2 °C



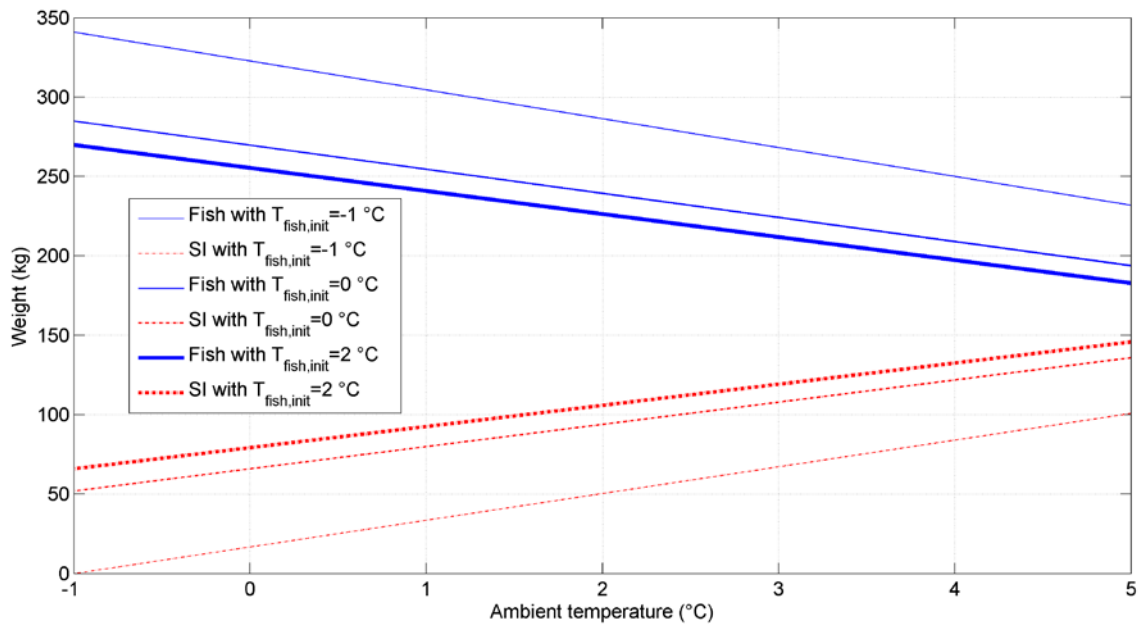
Mynd 13. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast kerri m.v. að lækka fiskhitastig úr 2 °C við pökkun í -1 °C og viðhalda því í -1 °C í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.



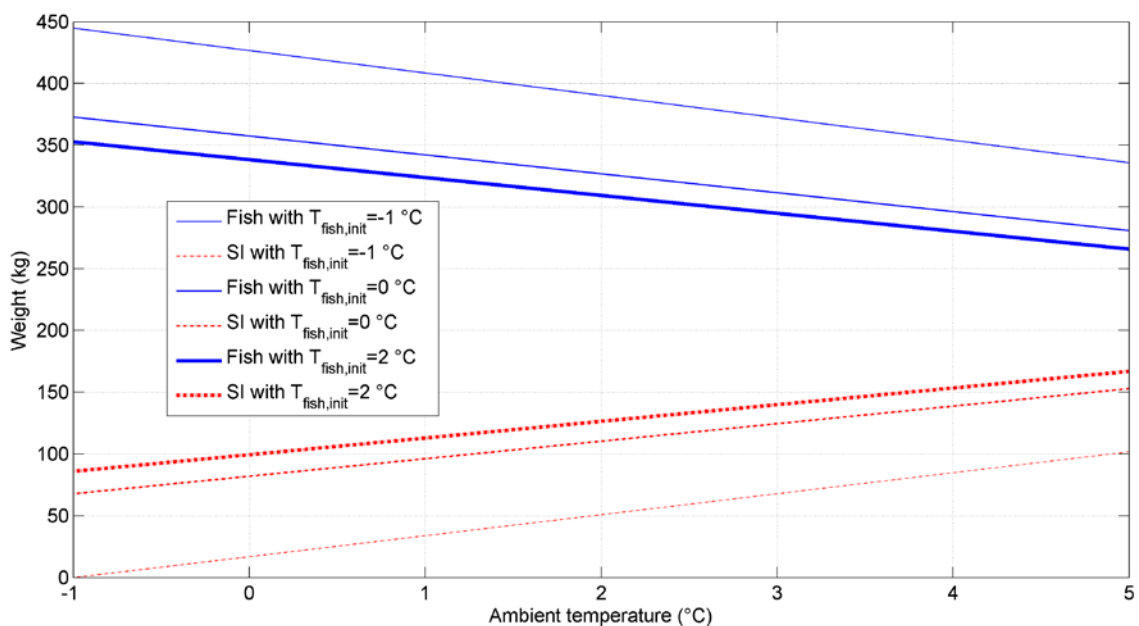
Mynd 14. Fisk- og ískrapamagn í 460 PE Sæplast kerri m.v. að lækka fiskhitastig úr 2 °C við pökkun í -1 °C og viðhalda því í -1 °C í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

3.4 Samanburður kerategunda (340 PE vs. 460 PE)

Mynd 15 sýnir hæfileg hlutföll fish og ískrapa fyrir mismunandi fiskhitastig við þökkun (-1 °C, 0 °C og 2 °C) við umhverfishita frá -1 °C til 5 °C. Sambærilegar niðurstöður fyrir 460 PE má sjá á Mynd 16.



Mynd 15. Fisk- og ískrapamagn í 340 PE Sæplast keru m.v. fiskhitastig við þökkun frá -1 °C til 2 °C, að viðhaldið sé -1 °C fiskhitastigi í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.



Mynd 16. Fisk- og ískrapamagn í 460 PE Sæplast keru m.v. fiskhitastig við þökkun frá -1 °C til 2 °C, að viðhaldið sé -1 °C fiskhitastigi í 4 daga við umhverfishita milli -1 °C og 5 °C. Gert er ráð fyrir notkun ískrapa með salthlutfallið 1,2% og íshlutfallið 35%.

4 Þakkarorð

Höfundar skýrslunnar þakka AVS rannsóknarsjóði í sjávarútvegi (R 034-14) fyrir veittan styrk til verkefnisins. Fyrirtækjum sem tóku þátt í þessu verkefni er sérstaklega þakkað fyrir þeirra framlag.

5 Heimildir

- Choi, Y., Okos, M.R., 1986. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods, in: Maguer, M., Jelen, P. (Eds.), *Food Engineering and Process Applications*. Elsevier Applied Science, London, UK, pp. 93–101.
- Lauzon, H.L., Margeirsson, B., Arason, S., Martinsdóttir, E. 2010b. *Cooling Technology Report – Deliverable D3.12. R&D project Chill-on FP6-016333-2*.
- Kauffeld, M., Kawaji, M., Egolf, P. W. 2005. *Handbook on ice slurries: Fundamentals and engineering*. Paris, France: International Institute of Refrigeration.
- Melinder, Å., 2010. Properties and other aspects of aqueous solutions used for single phase and ice slurry applications. *International Journal of Refrigeration* 33(8), 1506-1512.