

Geymslu- og flutningastýring lausfrystra sjávarafurða

Hlynur Þór Björnsson - M.Sc. í iðnaðar- og vélaverkfræði frá H. Í.

Sigurjón Arason - Yfirverkfræðingur á Rf/Dósent við H. Í.

Páll Jensson - Prófessor við Verkfræðideild H.Í.

Inngangur

Á síðustu árum hefur verið mikil þróun í vinnslu á frosnum flökum í bolfiskvinnslu og er ekki lengur verið að framleiða heil flök í eins ríku mæli og áður heldur lausfrysta flakabita og er hnakkastykkið sent sér út ferskt með flugi. Einnig fer vaxandi hluti flaka í framleiðslu á lettsöltum flökum sem eru síðan lausfryst. Á þeim tíma sem verið var að flytja flök út sem blokkfryst í miklu mæli hafði hitasveiflur ekki sýnanleg áhrif á gæði vörunnar. En með mikilli aukningu lausfrystra afurða þarf að huga meira að frystigeymslum og val á réttasta hitastigi til að tryggja sem stöðugasta hitastigi og stuðla þannig að sem minnsta hrímmyndun. Gæðarýrnun og tjón vegna galla í lausfrystum vörum hafa verið algeng. Slík tjón geta valdið allt að 20 til 40% verðfellingu á söluverðmæti afurðanna. Helstu gallar sem kaupendur afurðanna kvarta undan eru: að varan sé þurr, að hrím sé í pakkningum, að fiskbitar séu frosnir saman (klumpun) og mikill vökvi renni af fiskinum við þiðnun (drip) eða að fiskurinn sé þránaður. Allir þessir gallar koma fram eftir að búið er að frysta vöruna og myndast í geymslu- og/eða flutningaferli hennar. Það sem orsakar helst þessa galla eru of hátt hitastig og of miklar sveiflur á hitastigi í geymslu- og/eða flutningaferlinu.

Á hverju ári er efnt til nokkurra dómsmála vegna tjóns af völdum þessara galla, þar sem framleiðandi afurðanna höfðar mál á hendur flutningaferli vegna verðfellingar á henni eða skaða, sem hann telur að hafi orðið í flutningaferlinu. Í þessum málum er sönnunarbyrðin oft erfið, þar sem ekki er vitað með fullri vissu hvernig ástand vörunnar var fyrir flutninginn, þ.e. hugsanlega mynduðust gallarnir í geymslum framleiðandans, en ekki í gámum flutningaferlans.

Markmið þessa verkefnis var að finna lausnir til að lágmarka gæðarýrnun lausfrystra sjávarafurða í geymslu- og flutningaferli þeirra.

Í kjölfar greiningar á gæðarýrnun var rannsakað eðli íshúðar utanum lausfrysta fiskibita, þar sem íshúð verndar afurðirnar gegn þornun. Greining leiddi einnig í ljós að umtalsverður munur er bæði á gæðum frystigeymslna og milli mismunandi tegunda frystigáma, þegar horft er til tíðni hitastigssveiflna og meðalhita.

Í framhaldi af greiningunni var hönnuð geymslu- og flutningastýring, sem lágmarkar hitasveiflur, en meðalhita er hægt að stýra handvirkt. Í geymslu- og flutningastýringunni er fólgin forgangsroðun viðkvæmra og verðmætra afurða í ákveðnar frystigeymslur eða frystigáma, eftir eiginleikum þeirra.

Efni og aðferðir

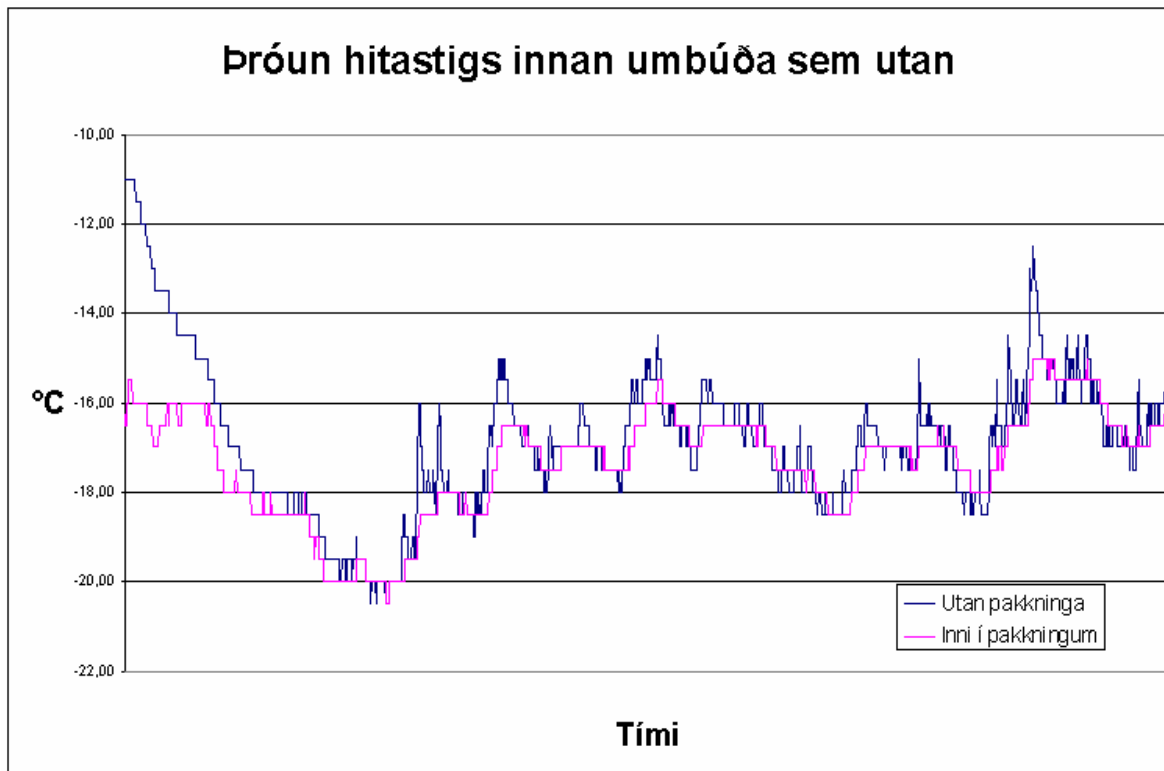
Til að ná fram sem bestum árangri var sett upp vel skilgreint verkefni í samstarfi við Eimskip, HB-Granda og Brim til að greina aðstæður í geymslu- og flutningaferlinu.

- ✓ Notaðir voru 100 hitasíritar til að mæla hitaþróun í geymslu- og flutningaferlinu. Nemunum var dreift jafnt yfir gólfhlöt og í efstu hillur geymslna Eimskips, HB-Granda og Brims og í gáma Eimskips.
- ✓ Í kjölfar mælinga var hitaþróun greind í geymslum og gámum Eimskips og geymslum HB-Granda og Brims.
- ✓ Varmabreytingar gegnum umbúðir lausfrystra sjávarafurða voru greindar.
- ✓ Hrímmyndun innan pakkninga afurða var greind.
- ✓ Eðli íshúðar utan um lausfrysta fiskbita var rannsakað og aðhvarfslíkan sniðið að mælingum.

- ✓ Í kjölfar rannsókna á aðstæðum í geymslu- og flutningaferlinu var útbúin stýring á ferli afurðanna gegnum geymslu- og flutningaferlið. Stýringin byggir á blandaðri heiltölubestun, sem var forrituð í Matlab og þýdd yfir í Excel.
- ✓ Í stýringunni eru 1810 breytur þar af 120 heiltölubreytur og 406 skorður.

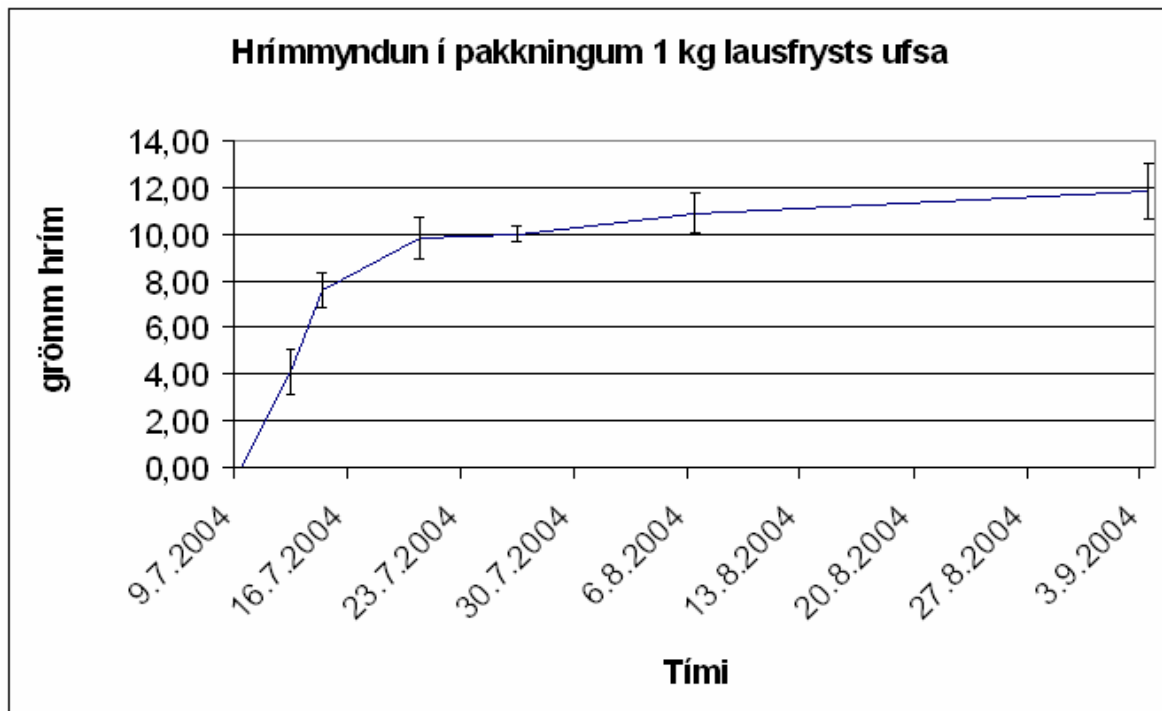
Niðurstöður

Athugað var hver áhrif hitasveiflna eru gegnum umbúðir lausfrystra ufsabita. Fiskinum er pakkað í plast vafning ofan í pappakassa úr bylgjupappa. Mælingarnar voru gerðar í frystihermi, þar sem hitasveiflur eru töluverðar, sbr. mynd 1. Mælum var komið fyrir í miðjum fjögurra 5 kg ufsa pakka og tveir mælar hafðir fyrir utan pakkningarnar. Þessar mælingar gefa góða hugmynd um hitabreytingarnar, sem eiga sér stað í frystigeymslum.



Mynd 1. sýnir þróun hitastigs inni í miðju 5 kg ufsapakkninga og utan þeirra. Mælitímabilið eru tvær vikur.

Til að sannreyna fyrri niðurstöður um áhrif tíðra hitasveiflna á hrímmyndun voru fengnir átta pokar með einu kíló hver af lausfrystum ufsa bitum og gerð tilraun til að sýna fram á hrímmyndun í frystihermi. Pokarnir voru í lokuðum pappakassa og því var reynt að athuga áhrif hitasveiflna og aðstæðna eins og mynd 1 sýnir, þar sem hitasveifla er könnuð inna og utan pakkninga. Pokarnir voru vegnir áður en þeir fóru inn í geymsluna. Mælingum var háttað þannig, að farið var inn í frystihermi með vog og hrím vegið.



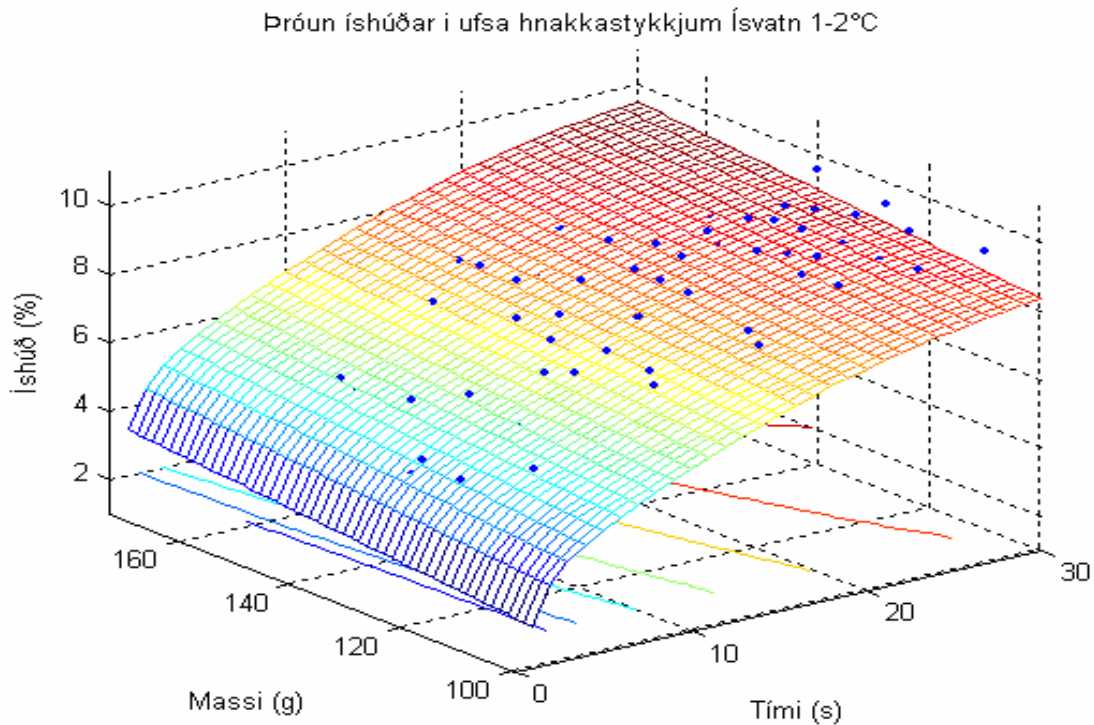
Mynd 2 sýnir mælingu á hrímmyndun innan pakkninga lausfryst ufsa. Mælingar voru gerðar við tíðar hitasveiflur sbr. mynd 1. Myndin sýnir hrímmyndunina ásamt 95% öryggismörkum. Af mælingum að dæma þá myndast u.þ.b. 12 grömm af hrími á hvert kg af lausfrystum ufsa. Mælitíminn eru tveir mánuðir.

Mynd 2 sýnir að mesta hrímmyndunin á sér stað á fyrsta mánuðinum og breytist þá u.þ.b. 1,1% af massa vörunnar, sennilega íshúðin umhverfis flökin, í hrím. Á síðari mánuðunum myndast hrímið mun hægar, sennilega vegna þess að íshúðin utanum fiskinn er orðin lítil eða horfin og hrímið sem myndast nú kemur úr vatni sem er bundið í holdi fiskjarins. Þessi könnun skýtur styrkari stoðum undir fyrri niðurstöður, að hrímmyndunin er ekki línulegt ferli og að óveruleg aukning á hrími verði eftir fyrstu 30 hitasveiflurnar.

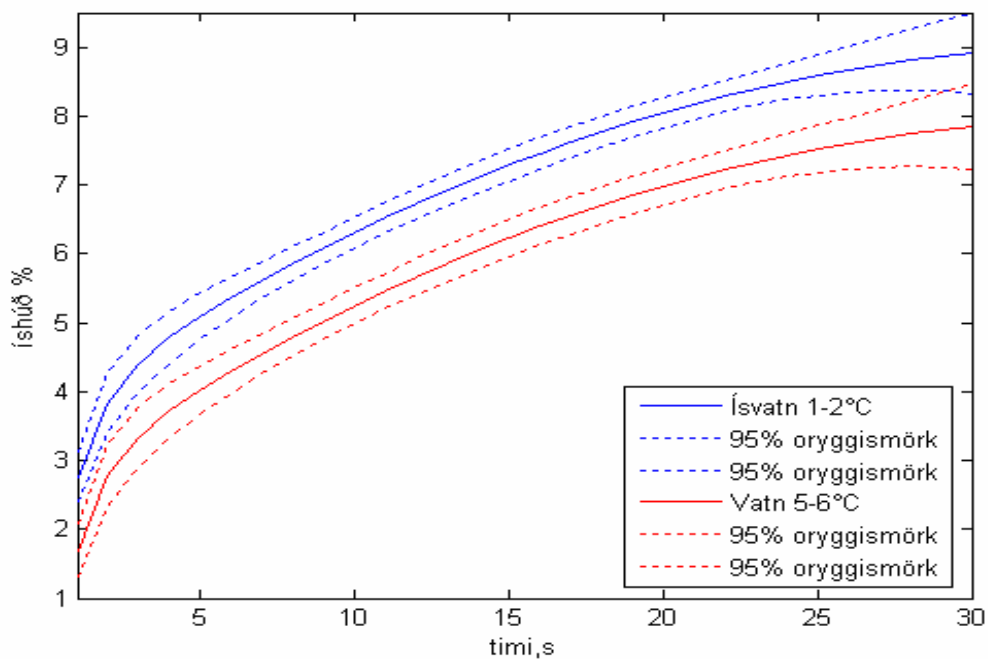
Íshúð er í raun umbúðir utanum lausfrystar sjávarafurðir. Íshúðin hefur það meginhlutverk að koma í veg fyrir þornun afurðanna í geymsluferli þeirra. Því miður þá rýrnar íshúðin töluvert hratt, sérstaklega ef geymslumiðillinn felur í sér miklar hitastigsbreytingar sbr. myndir 1 og 2. Því var ráðist í að rannsaka hvernig íshúð myndast utan um lausfryst ufsaflök.

Fyrir þunna fiskbita, t.d. ufsa sporðstykki eða karfaflök er auðvelt að ná 5% íshúð en fyrir þykkari bita er það erfiðara. Vandinn eykst svo í þeim tilvikum þegar viðskiptavinir vilja meiri íshúð heldur en 5% og jafnvel á þykku bitana, ufsa hnakkastykki. Hlutfall yfirborðflatarmáls á móti þyngd er lágt fyrir þessa bita og því enn erfiðara er að bæta við íshúð. Þá er brugðið á það ráð að senda framleiðsluna í frystigeymslu yfir nótt eftir vatnsbað eða úðun. Daginn eftir er svo framleiðslan send aftur í gegnum íshúðunar ferlið til að bæta við íshúðina úr fyrri umferðinni. Þetta hefur í för með sér tafir á framleiðslunni. Sé litið framhjá tölum í vinnslunni er annað sem skiptir mun meira máli, en það er að uppfylla örugglega þær kröfur sem kaupandi afurðanna gerir til íshúðarinnar. Vandinn er sá að ef kaupandi vill 5% íshúð og honum er seldur fiskur með 4% íshúð, þá hefur fyrirtækið í raun tapt 1% af sölutekjum, þar sem uppfylla þarf pöntunina með 1% meiri fisk heldur en vatni. Því er mjög nauðsynlegt að hafa þessa hluti í lagi og vita nákvæmlega hvernig á að framleiða þá íshúð sem beðið er um.

Tvö tilvik voru skoðuð í tilrauninni, annars vegar var bitunum dýft í 5-6°C vatn, og hins vegar var þeim dýft í 1-2°C kælt vatn.



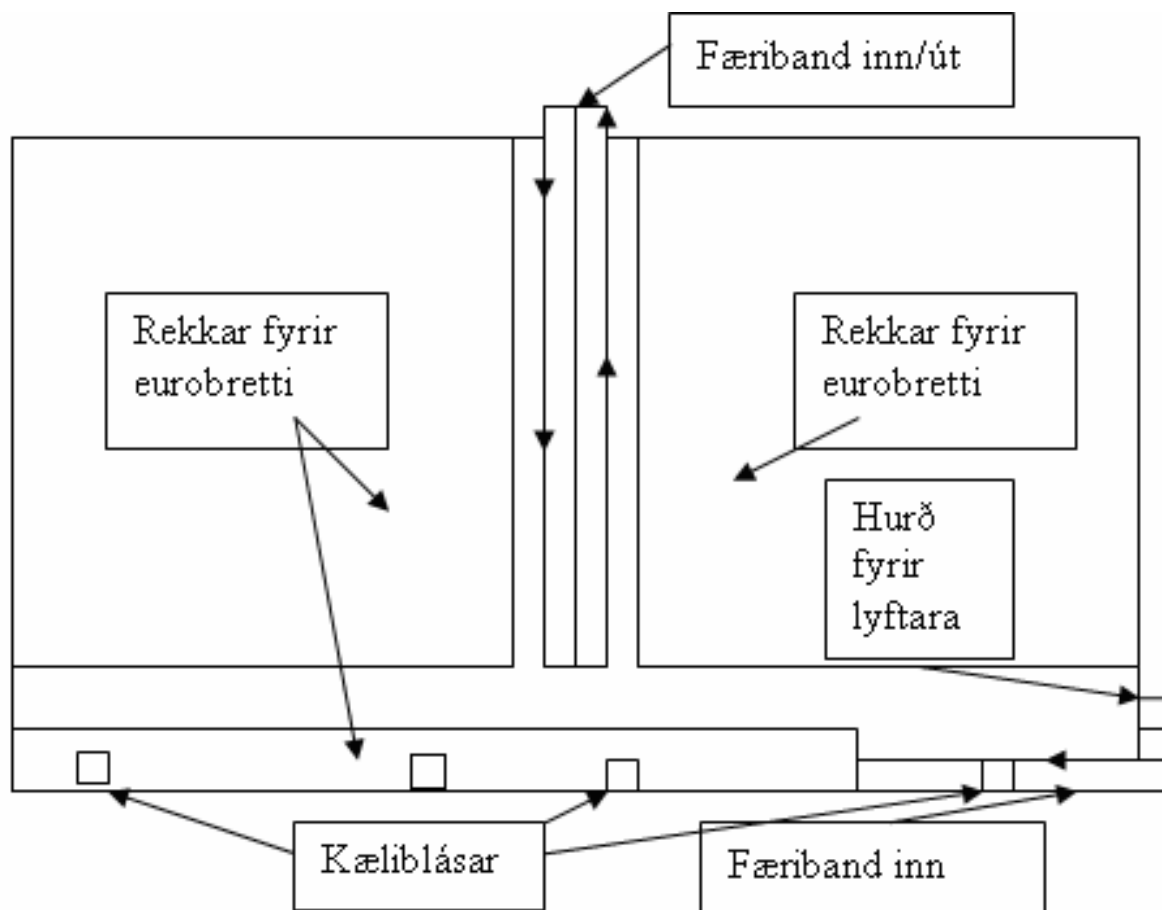
Mynd 3. Sýnir mælingar og aðhvarfslíkan á íshúð lausfrystra ufsahnakkastykkja í 1-2°C ídýfivatni, ásamt þyngd þeirra og tíma í ídýfuvatni. R^2 gildi F-prófs fyrir aðhvarfslíkanið er 0.944, sem þýðir að líkanið útskýrir 94.4% hvernig íshúð myndast utan um fiskbitana.



Mynd 4. Myndin sýnir mun á íshúð sem verður til er ufsa hnakkastykkjum er dýft í 5-6°C vatn og 1-2°C kælt vatni fyrir 136g hnakkastykki ásamt 95% öryggismörkum.

Ef fyrirtækið með 5-6°C bætir inn í vinnsluna hjá sér varmaskipti á kaldavatslögnina sem liggur að ídýfu körunum, þ.e. varmaskipti sem kælir vatnið niður í 1-2°C, þá ætti íshúðin að aukast um u.þ.b. 1% þó svo ekki væri breytt tímastillingum á færriböndum uppúr vatnsbaðinu. Ef fryrtækin hafa áhuga á að bæta íshúðina verulega, þá er hægt að breyta hraðastillingu á færriböndum uppúr ídýfuböðunum. Því er ljóst að með litlum tilkostnaði eða breytingum er hægt að hafa áhrif á íshúðunina.

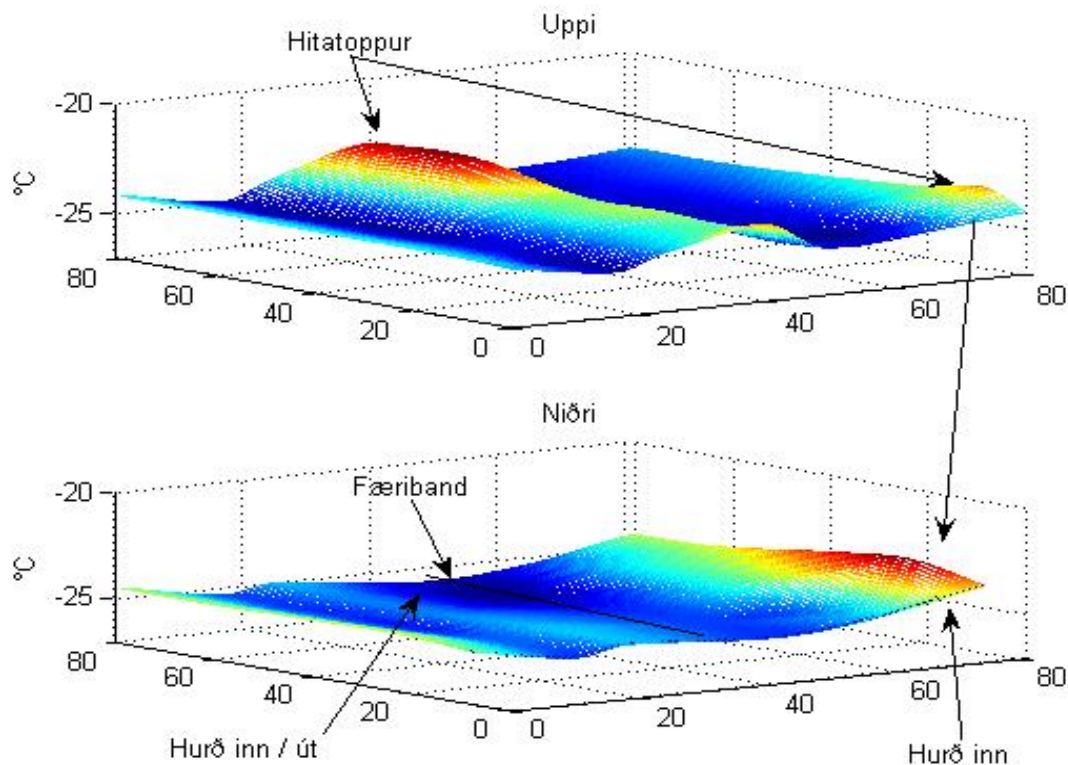
Sundafrost, geymsla Eimskipa, er fullkomnasta og stöðugasta geymslan af þeim geymslum sem skoðaðar voru. Mynd 5 hér að neðan sýnir geymsluna í grófum dráttum. Bæði lausfrystar og blokkfrystar sjávarafurðir, ásamt öðrum frosnum afurðum koma til geymslu hjá Eimskip í kælíbílum og frystigámum. Hurðakerfið er mjög gott, þar sem hurðir inn í klefann opnast ef bretti er sett á böndin, brettin fara inn í klefann og hurðin lokast sjálfkrafa. Því er hurðakerfið að miklu leyti sjálfvirkt og opnanir eru lágmarkaðar. Ein hurð er á geymslunni fyrir lyftara og er þeim ekið inn og geymdir inni þangað til þeir þurfa að fara í hleðslu. Opnanir á hurð fyrir lyftarana er þannig lágmarkaðar. Þegar vörur eru komnar inn í geymsluna fara þær áfram eftir færribandi og bíða þess að lyftari komi þeim fyrir í geymslunni.



Mynd 5 sýnir yfirlitsmynd af frostgeymslu 5. Aðstæður í geymslunni eru með besta móti og reyndist þessi geymsla með mun stöðugra hitastig heldur en aðrar geymslur.

Í geymslunni eru fjórir kæliblásarar, sem eru tengdir á sama afhrímingarkerfið. Geymslan er einungis hönnuð fyrir bretti og eru rekkar geymslunnar færanlegir.

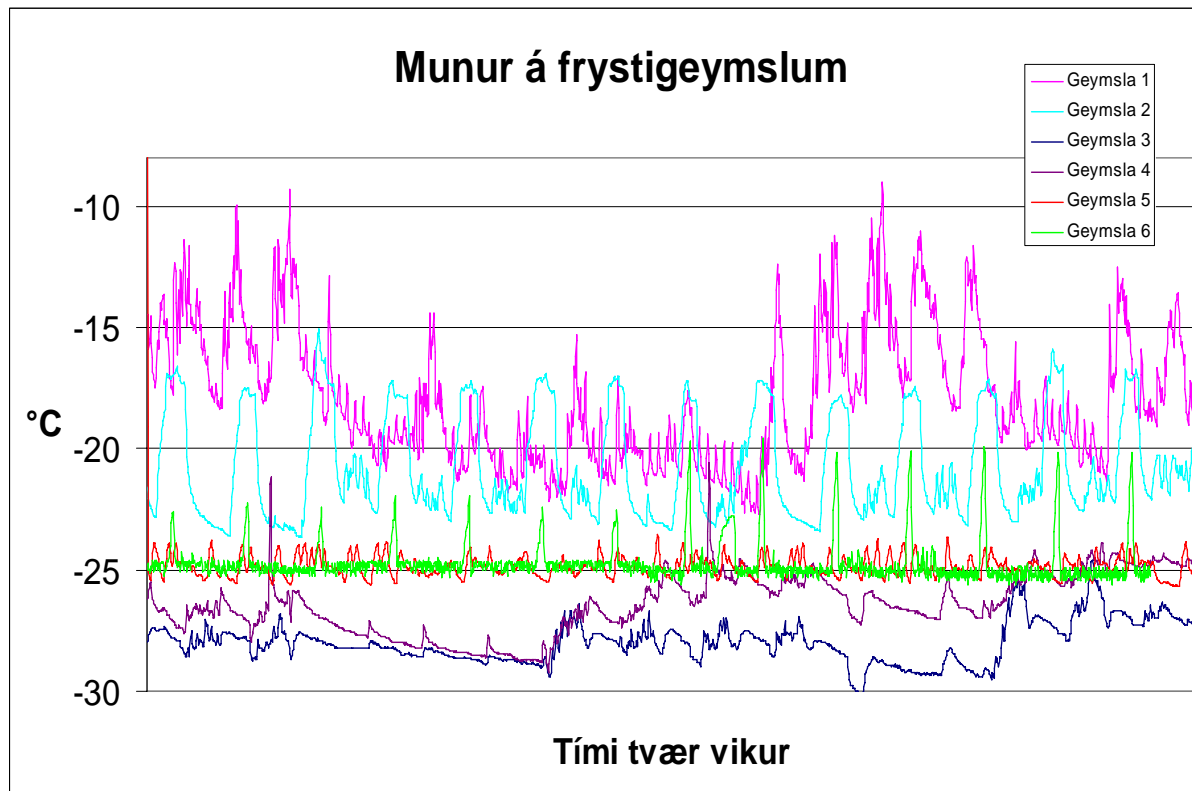
20-30 hitanemum var dreift jafnt um geymslurnar, annars vegar í u.þ.b. 1,5m yfir gólfi og hins vegar í efstu geymslurekkum til að greina betur orsök hitasveiflnanna. Gögnin sem fengust úr þessum tveimur plönum, í rjáfri geymslnanna og gólffleti, voru tekin til skoðunar sitt í hvoru lagi. Afrakstur greiningar og hugbúnaðarvinnu honum tengdum er mjög gott greiningartól, nokkurskonar hitaþróunar myndbönd, þar sem hægt er að skoða hitabreytingar í plönunum tveimur, rjáfri og gólfhæð, samtímis. Mynd 6 sýnir einn tímapunkt á mælitímabilinu, sem var tvær vikur. Myndin er tekin úr myndbandi sem sýnir alla þróun hitabreytinga í geymslunni yfir mælitímann.



Mynd 6. Hitaþróun í frostgeymslu 5, þar sem hiti leitar inn í geymsluna um hurðir og yfir færiband í miðri geymslunni, sbr. Mynd 5. Myndin sýnir tvö plön, annars vegar í 1.5m yfir gólfi og hins vegar í efstu hillum geymslunnar.

Mælingar sýna að umtalsverður munur er á gæðum frystigeymsla og frystigáma. Munurinn kemur einkum fram í því hversu vel geymslurnar eða gámarnir ná að halda stöðugu hitastigi, t.d. -24°C . Geymslur og gámar hafa því mismunandi mikið frávik frá meðalhita, sem er helsta ástæða þess að afurðir þorna, hríma, klumpast og drip eykst.

Einn versti hönnunargalli á frystigeymslum er sá, að heitt og rakt loft kemst auðveldlega inn í geymslurnar. Þar frýs rakinn í kælitækjum eða annars staðar í geymslunni. Þegar rakinn frýs í kælitækjunum (kælielementum), frýs hann sem ísskel eða hrím á kæliplötum. Þetta hefur í för með sér að varmaburður milli kæliplatna og loftsins gengur hægar fyrir sig, þar sem varminn þarf að fara gegnum ísskelina. Til að losna við ísskelina á kæliplötunum, þarf að bræða ísinn af þeim og er það kallað afhríming. Afhríming á kæliblásurum er með ýmsu móti, en algengast er að heitt gas sé notað til að bræða ísskelina.



Mynd 7 Hér sjást hitaþróun í sex frystigeyslum. Hver hitaferill sýnir meðaltal 20-30 hitanema, sem eru jafndreifðir um geymslurnar. Ljóst er að hitasveifur eru sumstaðar mjög miklar og því er ljóst að þörf er á geymslustýringu fyrir afurðir framleiðenda.

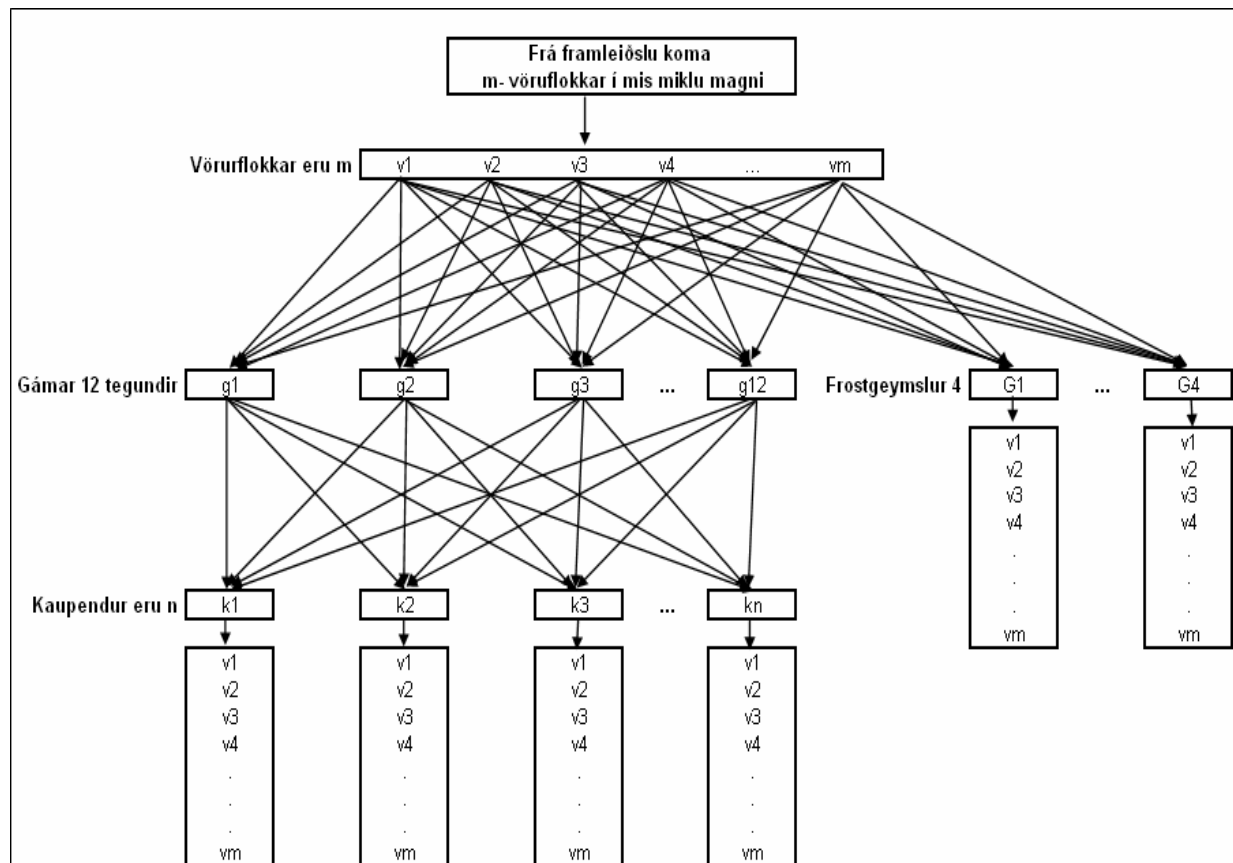
Ef grannt er skoðað sést að hitabreytingar í frystigeyslu 2, eru mjög kerfisbundnar, sem bendir til að búnaður sé vanstilltur og sé orsök hitasveiflnanna en ekki umferð um klefann. Aftur á móti gefa hitasveiflur í frystigeyslu 1 til kynna að ástæðan sé ekki einungis vegna búnaðarins, þar sem hitabreytingar eru ekki algerlega kerfisbundnar. Þetta bendir frekar til að hurðabúnaður sé í ólagi og að varmi og raki berist auðveldlega inn í frystigeysluna. Við skoðun á klefanum kom í ljós að hurðabúnaður er ekki nógu góður á klefanum. Einnig getur orsök hitasveiflna tengst hitastigi afurða sem koma inn í geymsluna á hverjum degi. Hitasveiflur í frystigeyslum 3 og 4 eru töluverðar en þó ekki eins slæmar og í frystigeyslum 1 og 2, þar sem vatnsvirkni og rakaupptaka lofts er mun minni við lágan geymsluhita.

Geymslu- og flutningastýringi

Þar sem hitasveiflur hafa mikil áhrif á gæði lausfrystra sjávarafurða og ekki er hægt með góðu móti að koma algerlega í veg fyrir sveiflurnar eða gæðarýrnunina. Því var hönnuð geymslu- og flutningastýring, sem hefur það að markmiði að lágmarka hitasveiflur í geymslu- og flutningaferli afurðanna. Könnun á aðstæðum í geymslu- og flutningaferlinu gefur til kynna að töluverður munur er á tíðni og stærð hitasveiflna milli mismunandi geymslna og gáma ásamt meðalhita. Mynd 7 sýnir að umtalsverður munur er á aðstæðum í geymslum. Bæði í geymslum og gámum er hægt að lækka meðalhitann niður í -24°C , sem er stillingaratriði á búnaði. Því er eðlilegt að reyna að nýta betur þær geymslur sem hafa stöðuga og/eða lægra hitastig í stað hinna óstöðugu og lækka hitastig í geymslum sem eru of heitar. Hið sama á við um gámana, þ.e. velja þá frystigáma til flutninga, sem fara sjaldan í afhrímingu og halda

lágum meðalhita í stað þeirra sem fara oft í afhrímingu og auka kuldann í þeim gámum sem eru of heitir.

Geyslustýringin þarf því að taka tillit til verðmætis mismunandi afurða og magns þeirra, ásamt aðstæðum í geyslum, þ.e. bæði stöðugleika hitastigsins og pláss í geyslunum. Til að auðvelda birgðastjórum vinnu við að ráðstafa afurðunum í geyslurnar kemur stýringin að góðum notum og velur geyslustað fyrir afurðina (vöruna), sem hentar henni m.v. verðmæti og aðstæður. Hið sama á við þegar ráðstafa þarf mismunandi vörum í gáma, þar sem viðskiptavinir eru margir og kaupa mismunandi vöruflokka.



Mynd 8. Hér er geyslu- og flutningastýringin sett upp á myndrænan hátt, þar sem tilbúnar afurðir í mismunandi vöruflokkum í mismunandi magni eru efst í netinu.

Hver vöruflokkur fer í mismunandi miklu magni eftir örvum á mynd 8 í mismunandi gámategundir, ef búið er að selja fiskinn, en af hverri gámategund eru til mismunandi margir gámar á hverjum tíma. Ef ekki er búið að selja fiskinn fer hann í mismunandi geyslur, sem hver og ein hefur mis mikið pláss vegna birgða eða stærðar. Ef búið er að selja fiskinn fá mismunandi kaupendur það magn af fiski úr hverjum vöruflokk, sem þeir óskuðu eftir, úr þessum gámum sem eru af mismunandi tegundum.

Stýringin nýtir síðan, mælingar á hitaþróun bæði í mismunandi geyslum og gámum til að ná fram lágmarkun á hitasveiflum.

Að lokum þá er innbyggt í stýringuna að trygging á hágmáksnýtingu gáma, þar sem annað er óraunhæft vegna kostnaðar.

Umræður

Ávinningur þessa verkefnis er margvíslegur, en felst helst í því að vakning hefur orðið meðal starfsmanna, sem vinna við eða tengjast á einhvern hátt geymslu- og flutningaferli fyrirtækjanna. Greining á aðstæðum í ferlinu, sem hafa mikil áhrif á gæði í lausfrystum afurðum hefur t.d. fengið stjórnendur og starfsmenn til að bregðast rétt við vanda. Greiningin hefur einnig staðfest að aðstæður hjá fyrirtækjunum og þá sérstaklega eftir þessa greiningu eru í ágætum farvegi, hvað varðar gæði geymslna þeirra. Að lokum getur bestun á stýringu lausfrystra sjávarafurða hjálpað starfsmönnum í iðnaðinum við að velja réttu á gámana undir afurðirnar til að ná bestum árangri.

Í framhaldi þessa verkefnis væri mjög áhugavert að athuga betur varmaburð inn í gáma við mikinn umhverfishita og athuga hversu há hitasveiflna verður eftir mismunandi gámum. Einnig væri vert að skoða næsta hlekk í geymslu- og flutningaferlinu, sem eru geymslur sölusamtaka og heildsala erlendis. Slík könnun getur aðstoðað við að komast að raun um hver veikasti hlekkur keðjunnar er m.t.t. hitasveiflna, þ.e. gámarnir eða mismunandi geymslur.

Hvað varðar stýringuna þá væri mjög áhugavert að koma á nánara samstarfi milli útgerðarfyrirtækja og flutningsaðila og stýra afurðunum í rétta gáma og geymslur eftir aðstæðum hverju sinni. Geymslu- og flutningastýringin sem var hönnuð í þessu verkefni kæmi þar að notum, þar sem auðvelt er að aðlaga hana að fleiri fyrirtækjum.

Það eru mikil verðmæti í húfi að rétt takist til að koma gæða vörum óskemmdum frá framleiðslu stað til neytandans. Það er oft sagt að kostnaður við geymslu og flutning á vöru sé um 5-10% af heildarverðmæti hennar og nauðsynlegt að tryggja hámarksgæði allt til endanlegs neytanda. Það á að vera aðalsmerki okkar að kælikeðja frá framleiðanda til neytanda sé með rétta lága hitastigið og að það haldist stöðugt alla leið