

**Skýrsla Matís**

**01- 07**

**Janúar 2007**

## **Áhrif kælingar á meyrni í lambakjöti**

**Ásbjörn Jónsson  
Óli Þór Hilmarsson  
Valur Norðri Gunnlaugsson**

**MATÍS**

Matvælarannsóknir  
Íslands

Food research,  
innovation and safety

ISSN 1670-7192





# Skýrsluágríp Matís ohf

*Matis Food Research, Innovation & Safety*

*Report Summary*

ISSN: 1670-7192

<i>Titill / Title</i>	<b>Áhrif kælingar á meyrni í lambkjöti</b>		
<i>Höfundar / Authors</i>	<i>Ásbjörn Jónsson. Óli Þór Hilmarsson og Valur Norðri Gunnlaugsson</i>		
<i>Skýrsla / Report no.:</i>	01 -07	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Janúar 2007
<i>Verknr. / project no.</i>	1RK06003 Matra		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	<i>Framkvæmdarnefnd búvörusamninga</i>		
<i>Ágrip á íslensku:</i>	<p>Undanfarin ár hefur kæling í kjötsal sláturhúsa aukist verulega. Því er kæling í kjöti hraðari. Hraði kælingar hefur mikil áhrif á gæði kjöts. Kælingin verður að fylgja dauðastirðunarferlinu á þann hátt að kjötgæði verði sem mest og því er mikilvægt að hafa stjórn á kæliferlinum. Of hröð kæling eða frysting lambkjöts stuttu eftir slátrun getur orsakað kæliherpingu í kjötinu og afleiðingin er stífara kjöt.</p> <p>Meginmarkmið með verkefninu var að rannsaka áferðareiginleika (meyrni) í lambkjöti við mismunandi kælihitastig og tíma í kjötsal sláturhúsa. Framkvæmdar voru mælingar á hitastigi í dilkaskrokkum í kjötsal sláturhúsa við mismunandi lofthita. Sýni voru tekin úr hryggvöðva dilkaskrokka eftir mislanga viðveru í kjötsal, og þau fryst. Áferðarmælingar voru síðan framkvæmdar á sýnunum til að meta áhrif kælingar á vöðvann. Niðurstöður þessarar rannsóknar sýndu að kjöt sem var geymt í kjötsal og var fryst samdægurs (eftir 4-5 klst.) var stífara en kjöt sem fékk lengri kælitíma í kjötsal.</p> <p>Verkefnið var unnið af starfsmönnum Matís og styrkt af Framkvæmdarnefnd búvörusamninga.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Lambkjöt, kæling, kæliherping, áferðareiginleikar.</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>In recent years chilling in abattoirs has increased significantly and, furthermore, chilling in meat has become more rapid. The chilling rate has great effects on the quality of meat. The chilling has to correlate with rigor mortis to gain the best quality of the meat. A too rapid chilling or freezing of the meat shortly after slaughtering will cause cold shortening in the meat and the result is tough meat.</p> <p>The main object of the project was to study the textural properties of lambmeat at different chilling conditions and time in abattoirs. Samples were taken from the M. longissimus after different storage in the chilling room, and frozen. Measurements of textural properties were performed on the samples to estimate the impact of chilling of the muscle. The results indicated that meat stored for a short time in the chilling room and then frozen the same day (after 4 -5 hours) was tougher than meat stored for longer time in the chilling room.</p> <p>The project was done by employees of Matís and sponsored by the Ministry of agriculture.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Lambmeat, chilling, cold shortening, textural properties.</i>		



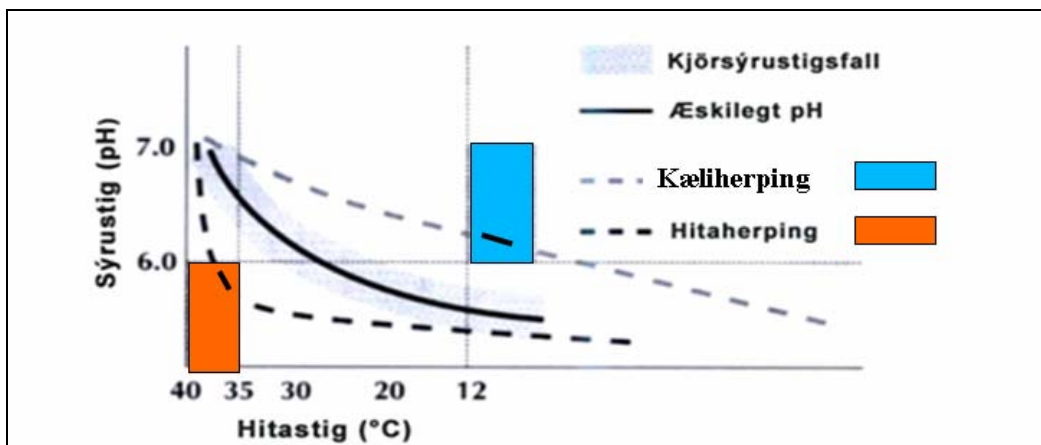
## **EFNISYFIRLIT**

<b>1. INNGANGUR .....</b>	<b>1</b>
<b>2. FRAMKVÆMD.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NÐURSTÖÐUR.....</b>	<b>6</b>
<b>4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR.....</b>	<b>11</b>
<b>5. ÞAKKARORÐ .....</b>	<b>11</b>
<b>6. HEIMILDIR.....</b>	<b>11</b>

## 1. INNGANGUR

Undanfarin ár hefur kæling í kjötsal sláturhúsa aukist verulega o.þ.a.l. kæling í kjöti orðið hraðari. Hraði kælingar hefur mikil áhrif á gæði kjöts. Kælingin verður að fylgja dauðastirðunarferlinu á þann hátt að kjötgæði verði sem mest og því þarf að hafa góða stjórn á kæliferlinum. Of hröð kæling eða frysting dilkakjöts stuttu eftir slátrun getur leitt líkur á að svokölluð *kæliherping* eigi sér stað. Afleiðingar þess er stífara kjöt.

Eftir slátrun gengur á orkuefnin og mjólkursýra myndast. Við það lækkar pH-gildið. Meðan á niðurbroti glýkógens stendur yfir myndast hiti í vöðvunum og skrokkhiti getur hækkað um allt að 4°C. Þegar orkuefnin eru á þrotum dragast vöðvarnir saman og dauðastirðnun hefst. Minnsti samdráttur verður þegar hitastig vöðvans er á milli 14 og 19°C við upphaf dauðastirðunar. Ef dauðastirðnun hefst við lægra hitastig verður samdráttur vöðvanna meiri og við fáum *kæliherpingu* í vöðvanna og mjög seigt kjöt. Það sama gerist ef hitastig er hærra en 19°C, samdráttur verður meiri en við kjörhitastig (14-19°C) og *hitaherping* á sér stað. Hún er þó ekki nærri eins öflug og *kæliherping*. Hvort sem kjöt er *kæliherpt* eða *hitaherpt* er ekki hægt að auka meyrni þess síðar (Locker, 1985; Locker og Hagyard 1963). *Kæliherping* getur einnig átt sér stað ef sýrustigsfallið er mjög hægt miðað við *kælihraðann* (Mynd 1). Þetta gerist ef orkubirgðir dýrsins eru litlar og þ.a.l. fer dýrið í dauðastirðnun við hitastig sem er undir 12°C og við pH sem er hærra en 6.



Mynd 1. Æskilegt sýru- og hitastigsfall í lærvöðva, auk frávíka af völdum hita- og kæliherpingar.

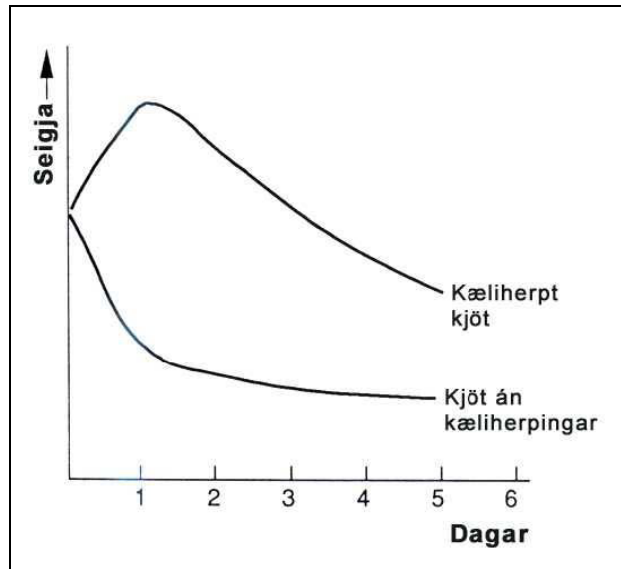
Áhrifin verða meiri eftir því sem hitastigið er lægra og pH enn yfir 6. Stress getur einni valdið þessum áhrifum, þar sem það getur haft áhrif á orkubirgðir vöðvans. Það skiptir því meginmáli að fylgjast vel með hitastigi og sýrustigi við dauðastirðnun svo að kjötgæðin verði sem best.

Rannsóknir á kæliherpingu í dilkakjöti hafa verið framkvæmdar hér á landi. Árið 1985 var framkvæmd rannsókn á vegum Fæðudeildar RALA varðandi kæliherpingu í lambakjöti. Dilkaskrokkar voru hitastigs- og sýrustigsmældir við mismunandi lofthita í kjötsal. Þær mælingar leiddu í ljós að hætta á kæliherpingu var fyrir hendi þar sem fór saman lágur lofthiti í kjötsal (10°C eða minna) og frysting fljótt eftir slátrun (innan við 10 klst.) Niðurstöður áferðarmælinga og skynmats á hryggvöðva staðfestu að áhrif kæliherpingar gætti greinilega í kjöti sem hafði hangið skemur en 10 klst. Í kjötsal (Hilmarsdóttir og Þorkelsson, 1985). Önnur rannsókn fimm árum síðar leiddi í ljós að mikill munur var á meyrni kjöts af skrokkum eftir 6 og 10 klst. í kjötsal við 10°C, þar sem kjöt eftir 10 klst. var meyrara (Þorkelsson, 1991).

Í grein eftir Lepetit og fleiri sem kom út árið 2000, eru orsök á aukinni stífni í soðnu kæliherptu kjöti skýrð. Þar kemur meðal annars fram að stytting vöðvaþráða og aukin skörun samdráttarpróteina (myofilaments) eykur stífni. Einnig kemur fram að samspil vöðvaþráða og bandvefs hefur áhrif á stífnina. Það hefur verið skýrt þannig að utanfrumurými í kæliherptu soðnu kjöti er meira en í eðlilegu kjöti, þ.a.l. er meira pláss fyrir bandvef til samdráttar án þess að vöðvaþræðir hamli. Þannig verður þéttni bandvefs á flatarmálseiningu meiri og gefur stífari kjöt. Því meira sem bandvefurinn dregst saman því minni verður fjaðurstuðull kjötsins og stífnin eykst í soðnu kjöti. Í hráum vöðva er þessu öfugt farið, stífnin verður minni (Tornberg 1996; Snowden et al. 1977).

Ef kjöt er fryst áður en orkuefnin eru uppurin og áður en vöðvinn hefur farið í gegnum dauðastirðnun, verður kröftugur samdráttur þegar kjötið er þiðið upp. Þetta er stundum kallað þíðuherping. Afgangur orkuefnanna fer í að ljúka dauðastirðnunarferlinu og geta sum kjötstykki orðið allt að 60% styttri vegna samdráttarins. Sýrustigsfallið eftir slátrun segir til um hve hratt niðurbrot á glýkógeni á sér stað. Í dilkaskrokkum byrjar

dauðastirðnun þegar pH gildið hefur náð 5,8-6,0, eftir 6-10 klst. (Meðferð sláturdýra og kjötgæði, 2003).



Mynd 2. Meyrnunarferli við 2°C í edlilegu kjöti og í kæliherptu kjöti (Fengið úr Kjött og kjótteknologi, Matforsk 1996)

Í gildandi reglugerð „Um slátrun og meðferð sláturafurða“ nr. 461 frá 2003 kemur ekkert fram um hitastig eða geymslutíma annað en í XIV kafla um geymslu á kjöti í 64 gr. segir að „Ferskt kjöt skal kæla strax að lokinni skoðun eftir slátrun. Kjarnhiti í kjötskrokkum og skrokkhlutum skal vera lægri en 4°C í kindakjöti og svínakjöti, 24 klst. eftir slátrun“ Í fyrri reglugerð um sama efni nr. 188/1988 segir hins vegar í 13 gr. 1. kafla að hitastig í kjötsal skal vera á bilinu 8-15°C. Kindakjöt sem frysta á, skal hanga í kjötsal í minnst 10 klst. sé hiti 10°C eða lægri, en minnst 6 klst. nái hiti 14-15°C og aldrei lengur en 24 klst. Samkvæmt nýju reglugerðinni er ekkert tekið á gæðamálum, einungis á þáttum sem snúa að hollustu og matvælaöryggi.

Það er ljóst að hitastig í kjötsölum sláturhúsa er mismunandi, allt eftir því í hverskonar vinnslu kjötinu er ætlað að fara. Borið hefur við að skrokkar í kjötsölum staldri mun styttra við nú en áður þekktist. Með því móti ná sláturhúsin fram lengra geymsluþoli kjötsins ásamt því að verulega dregur úr rýrnun. En hversu langt er hægt að ganga í þessu sambandi, og er hugsanlegt að nú þegar sé aðaleinkenni íslensks dilkakjöts skert með of



mikilli kælingu? Þekkt er að nota raförvun á dilkaskrokka strax að lokinni aflífun. Sú aðgerð flýtir dauðastirðnunarferlinu mikið og í raun útilokar möguleika á kæliherpingu. Þessi aðferð hefur ekki verið tekin upp í sauðfjársláturhúsum hér á landi. Töldum við starfsmenn Matís að tími væri kominn að kanna þessi mál með því að rannsaka áferðareiginleika dilkakjöts við mismunandi kældar aðstæður.

## 2. FRAMKVÆMD

Verkefninu var skipt í eftirfarandi verkþætti:

1. Mælingar á hitastigi í kjötsal sláturhúsa og hitastigi í hryggvöðva dilkaskrokka.
2. Sýnataka á vöðvum.
3. Áferðarmælingar á hryggvöðva.

### Mælingar á hitastigi

Framkvæmdar voru mælingar á hitastigi með sírita í kjötsal á meðan slátrun stóð yfir. Einnig voru framkvæmdar mælingar á hitastigi í hryggvöðva skrokkana, strax eftir viðkomu í kjötsal og þar til sýnataka hófst. Notaðir voru síritar frá EBRO. Mælingar á hitastigi voru framkvæmdar í tveimur sláturhúsum við mismunandi aðstæður, þar sem tekið var tillit til kælihitastigs og tíma skrokkana í kjötsal eftir slátrun:

**Aðstæður A:** Skrokkar geymdir í kjötsal eftir slátrun í 4-5 klst. og frystir eftir þann tíma.

**Aðstæður B:** Skrokkar geymdir í kjötsal eftir slátrun í 17-18 klst., við herra hitastig en við aðstæður A, og frystir eftir þann tíma.

**Aðstæður C:** Skrokkar geymdir í kjötsal eftir slátrun í 7-8 klst. og fóru í vinnslu og frýstingu eftir þann tíma. Hitastig í kjötsal var lægra en við aðstæður A og B.

Aðstæður A og B tilheyra sama sláturhúsi. Við aðstæður A voru skrokkar teknir í kjötsal fyrst um morguninn eftir slátrun þegar hitastigið var um 5°C. Við aðstæður B voru skrokkar teknir inn í kjötsal þegar líða tók á daginn og hafði hitastigið hækkað í 10-11°C. Aðstæður C tilheyra öðru sláturhúsi, þar sem hitastig í kjötsal var um 1°C þegar skrokkarnir voru teknir fyrst inn.

## **Sýnataka**

Valdir voru 10 dilkaskrokkar af hrútum við hverjar aðstæður (30 samtals), úr matsflokki R2 með fallþunga að meðaltali um 15 kg. Sýni voru tekin úr hryggvöðva af hverjum skrokki eftir geymslu í kjötsal. Við aðstæður A voru sýni tekin 5 klst. eftir viðveru í kjötsal, við aðstæður B eftir 18 klst. og við aðstæður C eftir 8 klst. viðveru í kjötsal. Sýnin voru fryst og geymd í frosti til frekari rannsókna. Einnig voru allir skrokkarnir frystir eftir að sýnatöku lauk.

## **Áferðarmælingar**

Mælingar á áferðareiginleikum hryggvöðva vorur framkvæmdar hjá Matra Keldnaholti, með Texture Analyser frá SMS Englandi. Við uppþíðingu á sýnunum var sýrustig hryggvöðvans mælt og mældist á bilinu pH=5,3-5,6. Notaðar voru tvenns konar aðferðir til mælinga á áferðareiginleikum. Sú fyrri byggir á Warner-Bratsler aðferð þar sem vöðvinn var hitaður í vatnsbaði við 75°C, þar til 70°C kjarnhitastigi var náð. Síðan var kælt í 30 mín. í rennandi vatni og geymt við 4°C, þar til áferð var mæld. Sýni 10x10 mm og 20 mm að lengd voru útbúin. Skorið var þvert á vöðvaþræði og sá hámarkskraftur (N) sem þurfti til að skera sýnið í sundur var mælikvarði á meyrni vöðvans. Mælihraði var 2,5 mm/sek. og tíðni mælipunkta var 20 punktar/sek. Síðari aðferðin byggir á samþjöppunarprófi sem var framkvæmt á hráum vöðva. Samþjöppun var framkvæmd við 20% og 80% afmyndun, af þykkt sýnisins. Sá hámarkskraftur sem fékkst við samþjöppunina var mælikvarði á meyrni vöðvans. Sýnastærð var 15x15 mm, mælihraði var 2,5 mm/sek. og tíðni mælipunkta var 20 punktar/sek. (Lepetit og Culioli 1994).

Fervikagreining (ANOVA) var notuð við tölfraðilega úrvinnslu á samanburði á meyrni í kjöti við mismunandi aðstæður.

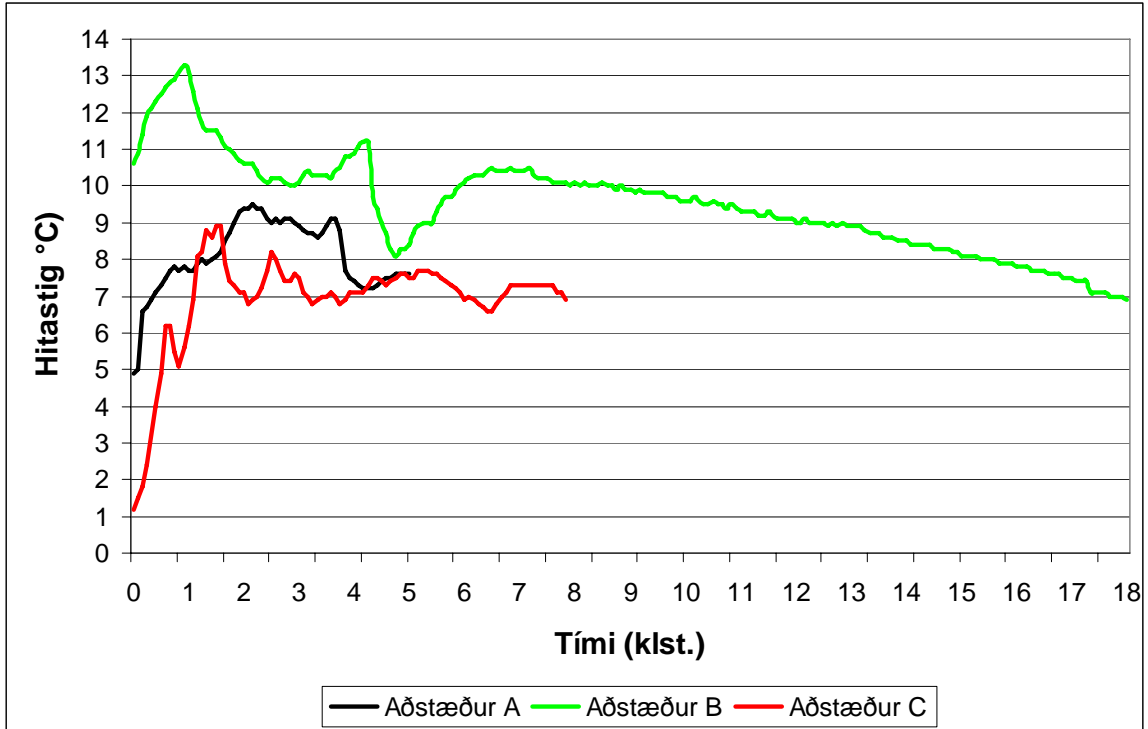
### 3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Mælingar á hitastigi og sýnatöku fóru fram í tveimur sláturhúsum við þrennskonar aðstæður. Tafla 1 sýnir hitastig og tíma miðað við mismunandi aðstæður. Við aðstæður A þegar fyrsti skrokkurinn kom í kjötsal var hitastigið 5°C. Eftir 1-2 klst. hækkaði hitastigið í kjötsal í 9,5°C og lokahitastigið var 7,6°C. Lokahitastig í hryggvöðva var 15,7°C, eftir 4-5 klst. Við aðstæður B var byrjunarhitastigið 10,6°C þegar fyrstu skrokkar komu í kjötsal. Eftir 1-2 klst. var hitastig í kjötsal komið í 13,2°C. Lokahitastig í kjötsal var 7,0°C eftir 18 klst. og lokahitastig í hryggvöðva var 7,5°C. Við aðstæður C var byrjunarhitastig í kjötsal 1,2°C þegar fyrstu skrokkar voru komnir þangað. Eftir 1-2 klst. var hitastig í kjötsal komið í 9,2°C. Lokahitastig í kjötsal var 6,8°C eftir 7-8 klst. og lokahitastig í hryggvöðva var þá 3,8°C (Mynd 3).

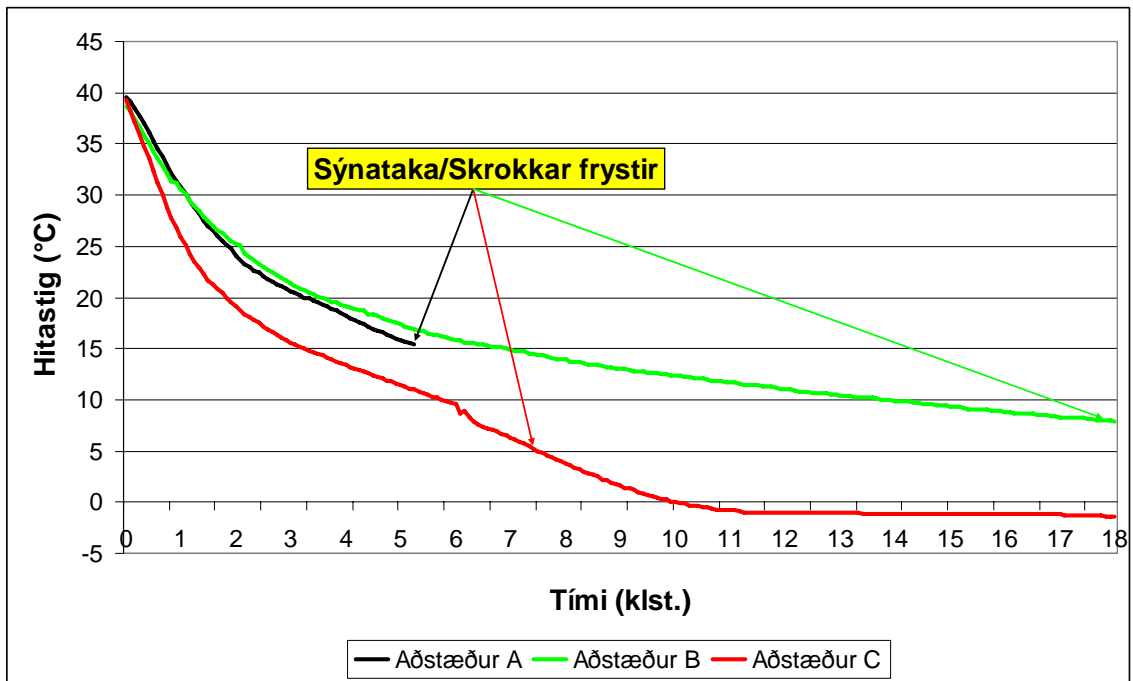
**Tafla 1. Mælingar úr síritum í kjötsal og hryggvöðva.**

	Hitastig í kjötsal í byrjun	Hitastig í kjötsal eftir 1-2 klst.	Hitastig í kjötsal í lok	Lokahitastig í vöðva	Tími í kjötsal
Aðstæður A	5 °C	9,5 °C	7,6 °C	15,7 °C	4-5 klst.
Aðstæður B	10,6°C	13,2 °C	7,0 °C	7,5 °C	18 klst.
Aðstæður C	1,2°C	9,2 °C	6,8 °C	3,8 °C	7-8 klst.

Ef borið er saman mismunandi kælihitastig og geymslutímar skrokkana í kjötsal, sést annars vegar að við aðstæður A er stysti geymslutíminn, þar sem skrokkarnir eru frystir samdægurs. Hins vegar er lægsta hitastigið við aðstæður C, bæði í byrjun geymslu og í lokin, ásamt lokahitastigi í hryggvöðva fyrir sýnatöku (Mynd 3 og 4).

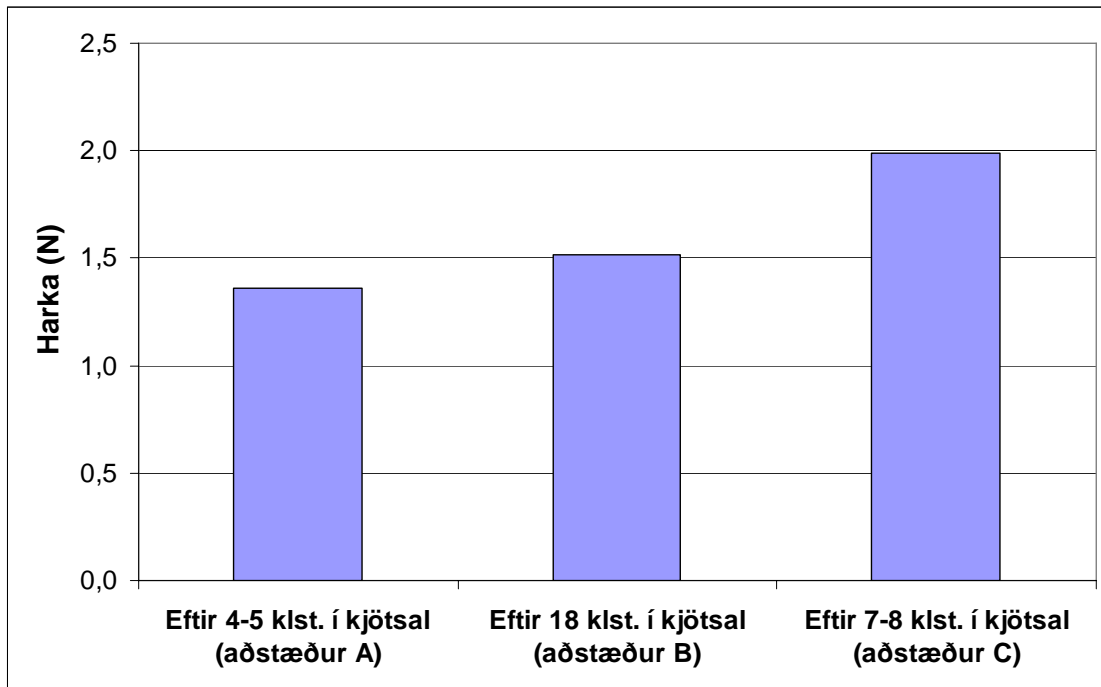


Mynd 3. Hitastig í kjötsal sláturhúsa.



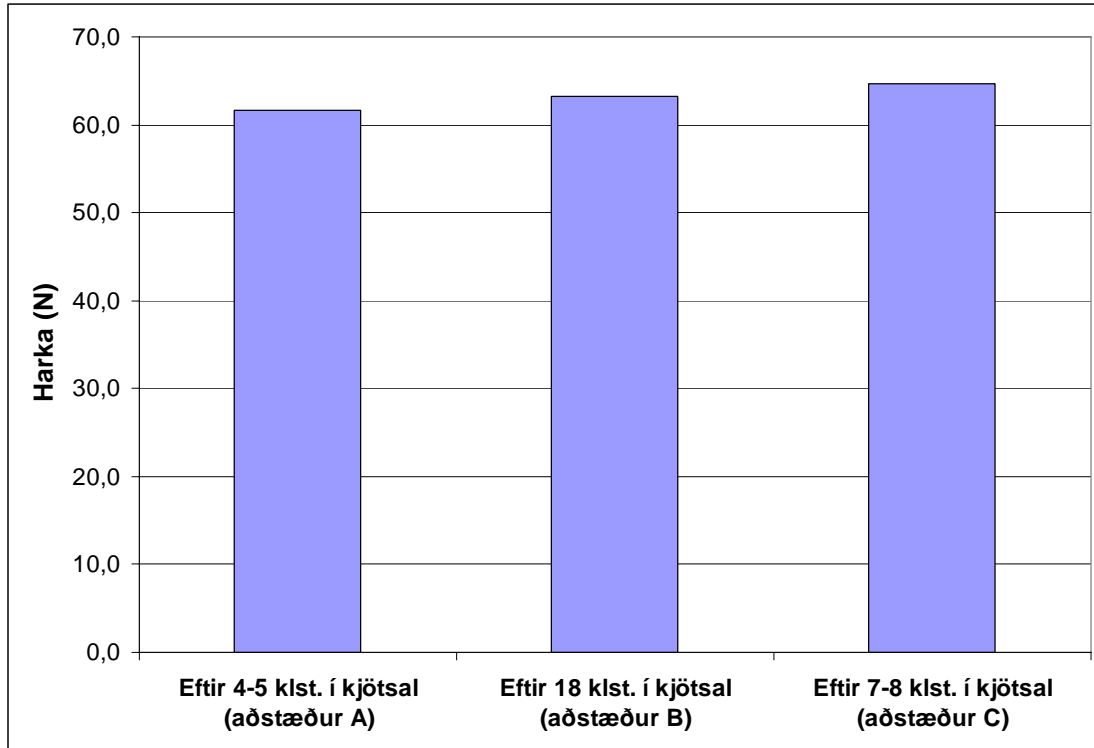
Mynd 4. Hitastig í hryggvöðva dilkaskrokka við mismunandi aðstæður.

Niðurstöður áferðarmælinga á meyrni í hryggvöðva sýndu að við 20% samþjöppun var meyrnin marktækt minni við aðstæður C en við A og B ( $p < 0,041$ ) (Mynd 5). Meyrnin var mest við aðstæður A, þ.e harkan var minnst.

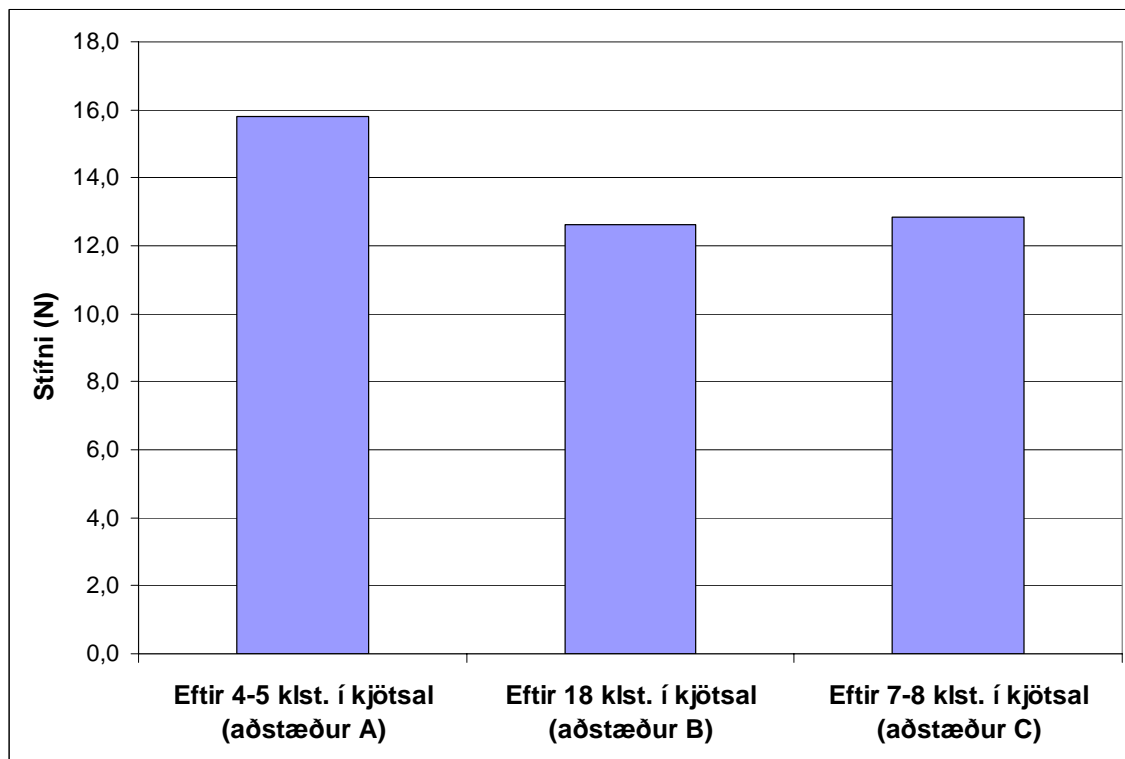


Mynd 5. Harka í hráum hryggvöðva við 20% samþjöppun.

Ekki var marktækur munur á stífni dilkakjöts við 80% samþjöppun (Mynd 6), en greinileg fylgni var á milli 20% og 80% samþjöppunar.



Mynd 6. Harka í hráum hryggvöðva við 80% samþjöppun.



Mynd 7. Stífni í soðnum hryggvöðva mæld með Warner-Bratsler.

Áferðarmælingar skv. Warner-Bratsler sýndu að við aðstæður A var stífni hryggvöðva marktækt meiri en við B og C ( $p < 0,001$ ), og þ.a.l. minni meyrni.

Við aðstæður A, þar sem dilkaskrokkarnir höfðu stystan geymslutíma í kjötsal (4-5 klst.) og voru settir í frost eftir geymslu má búast við að dauðastirðnun hafi ekki verið gengin yfir.

Bouton og fleiri, 1975 rannsökuðu kæliherpingu í kjöti og samverkan bandvefs og vöðvaþráða á áferðareiginleika kjöts. Þar lýsa þeir mun á áferðareiginleikum á hráu og soðnu kjöti, sem reyndar kemur líka fram í inngangi þessarar skýrslu. Sá munur felst í því að í hráu kjöti er sá hámarkskraftur sem þarf til að skera eða pressa sýnið lægri en í samsvarandi soðnu sýni, þar sem hann er hærri. Niðurstöður þessarar rannsóknar sýna að við aðstæður A, þar sem kælingin er hvað hröðust, er stífnin meiri í soðnu kjöti og minni í hráu kjöti sem fer heim og saman við þeirra rannsóknir.

Árið 1985 var framkvæmd rannsókn á vegum Fæðudeildar RALA varðandi kæliherpingu í lambakjöti. Dilkaskrokkar voru hitastigs- og sýrustigsmældir við mismunandi lofthita í kjötsal. Þær mælingar leiddu í ljós að hætta á kæliherpingu var fyrir hendi þar sem fór saman lágur lofthiti í kjötsal ( $10^{\circ}\text{C}$  eða minna) og frysting fljótt eftir slátrun (innan við 10 klst.). Niðurstöður áferðarmælinga og skynmats á hryggvöðva staðfestu að áhrif kæliherpingar eru greinanleg í kjöti sem hefur hangið skemur en 10 klst. í kjötsal. Niðurstöður úr rannsóknum 1985 og okkar rannsóknum ber nokkuð vel saman hvað varðar áhrif lágs lofthita í kjötsal og frystingu samdægurs á meyrni vöðvans.

Ekki er hægt að fullyrða að kæliherping hafi átt sér stað við aðstæður A, þar sem ekki var framkvæmt skynmat á sýnunum, né mælingar á sýrustigi, meðan á kælingu stóð. En þó má fullyrða að kæling við þessar aðstæður gefur stífara kjöt, samanborið við aðstæður B og C. Kjötið við aðstæður A er fryst eftir fjögurra til fimm klukkustunda geymslu í kjötsal, og má búast við því að dauðastirðnun sé varla komin af stað. Samkvæmt þessum niðurstöðum væri æskilegra að frysta ekki skrokkana samdægurs, og forðast með því líkurnar á kæliherpingu.

#### 4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Niðurstöður allra þeirra rannsókna sem skoðaðar hafa verið benda til þess að eðlilegur kælitími fyrir sauðfjárskrokka sé 16-24 klst., og forðast ber að frysta kjötið samdægurs, ef ákveðin kjötgæði eiga að haldast. Kjöt sem hefur stuttan viðverutíma í kjötsal við lágt hitastig og er fryst samdægurs er stífara en eðlilegt getur talist. Þar sem stefna sláturleyfishafa er að auka kælingu í kjötsal sláturhúsa, þarf að fylgjast vel með gæðum dilkakjöts samfara aukinni kælingu. Nauðsynlegt er að fara hægt í sakirnar varðandi aukna kælingu og/eða styttri viðveru skrokka í kjötsal. Skoða þarf allar breytingar til aukningar á kælingu ýtarlega með því að framkvæma nákvæmar hita- og sýrustigsmælingar í lambakjöti. Einnig má huga að því fyrir sláturleyfishafa að taka upp raförvun, til að flýta fyrir dauðastirðnun, ef kæla á skrokka hratt niður.

#### 5. ÞAKKARORÐ

Viljum við þakka Framkvæmdarnefnd búvörusamninga fyrir að styrkja þetta verkefni og sláturleyfishafa og starfsmanna sláturhúsa, fyrir aðstoðina við framkvæmd verkefnisins.

#### 6. HEIMILDIR

Hilmarsdóttir, E., og Þorkelsson, G. (1985). Athugun á kæliherpingu í lambakjöti. Fjölrit RALA nr. 4.

Høyem, Tore. (1996). Kjött & Kjøtteknologi. Matforsk, Norsk Institutt for næringsmiddelforskning, bls. 57.

Lepetit, J. Alicia Grajales, R. Favier (2000). Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. *Meat Science* 54, 239-250.

Lepetit, J., Culioli, J. (1994). Mechanical properties of meat. *Meat Science* 29, 271-283.

Locker, R.H. (1985). Cold-induced toughness of meat. In A.M. Pearsons and T.R. Dutson (Eds.). *Advances in meat research* (Vol. 1, pp.1-44). Westport, CT, USA: AVI Publishing Co., Inc..



Locker, R.H., and Hagyard, C.J. (1963). A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14, 787-793.

Snowden, J.M., Bouton, P.E. and Harris, P.V. (1977). Influence of constraint during heating and cooling on the mechanical properties of collagenous tissue. *Journal of Food Science*, 42(4), 880-894.

Tornberg, E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43(S), 175-191.

Porkelsson, G. (1991). Framleiðsla, dreifing og sala á fersku dilkakjöti. *Fréttabréf nr. 6*, Fæðudeild, Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.