

Notkun raförvunar til að  
stytta sláturferil og auka  
meyrni nautakjöts

Matra 05:05  
Apríl 2005

Magnús Guðmundsson  
Óli Þór Hilmarsson  
Ásbjörn Jónsson  
Guðmundur Órn Arnarson  
Jónína Ragnarsdóttir

# Efnisyfirlit

<b>ÚTDRÁTTUR</b> .....	<b>2</b>
<b>1. INNGANGUR</b> .....	<b>3</b>
<b>2. FRAMKVÆMD, MÆLINGAR OG AÐFERÐIR</b> .....	<b>8</b>
2.1. TILHÖGUN RANNSÓKNAR .....	8
2.2. MÆLINGAR .....	10
2.2.1. Raförvun .....	10
2.2.2. Áferðarmælingar.....	10
2.2.3. Sarkómerumælingar.....	10
2.2.4. Litamælingar.....	11
<b>3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA</b> .....	<b>12</b>
<b>4. ÁLYKTANIR</b> .....	<b>18</b>
<b>5. ÞAKKARORD</b> .....	<b>19</b>
<b>6. HEIMILDIR</b> .....	<b>20</b>

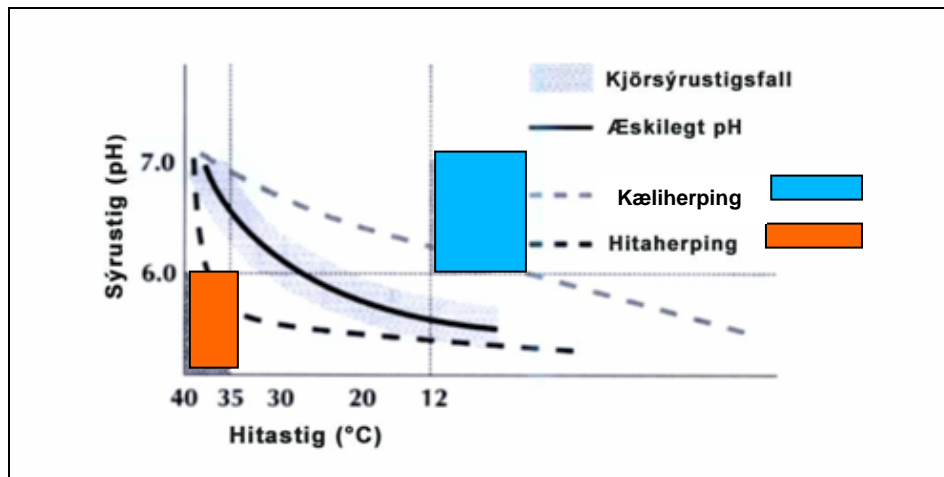
## Útdráttur

Markmið þessa verkefnis var að rannsaka áhrif raförvunar við slátrun á nautgripum á meyrni og lit kjötsins. Við rannsóknina voru notuð þrjátíu naut undir 30 mánaða aldri. Rannsókuð voru áhrif raförvunar strax eftir slátrun, eftir 40 mínútur frá slátrun og tví-raförvun (strax og eftir 40 mínútur) samanborið við enga raförvun. Notuð var lágspennu raförvun við 42 V og 50 púlsar á sekúndu í 40 sekúndur (einn púls varir í 5 millisekúndur) hvort sem það var fyrri eða seinni raförvun. Helstu niðurstöður eru þær að raförvun eins og henni var beitt í rannsókninni hefur lítil áhrif á meyrni. Seinni raförvunin og tví-raförvun höfðu ekki jákvæð áhrif umfram raförvun strax í upphafi slátrunar. Í raun var óraförvað kjöt meyrast. Þetta er ekki í samræmi við margar erlendar niðurstöður. Hugsanlega er það vegna þess að íslenski kúastofninn er frábrugðin erlendum stofnum eða að önnur samsetning á spennu, tíðni rafpúlsa og tímalengd raförvunar henti betur fyrir íslenska stofninn til að hafa tilskilin áhrif til að auka meyrni. Einnig voru skrokkhelmingar hengdir upp á mjaðmabeini sem hefur afgerandi áhrif á meyrni eins áður hefur verið sýnt fram á. Kjötið breytti ekki um lit, þ.e.a.s. hversu dökkt eða ljóst það var, en hins vegar er óraförvað kjöt og kjöt sem var raförvað eftir 40 mínútur rauðara að lit en kjöt sem hafði fengið raförvun strax eftir slátrun eða var tvíraförvað. Það kom einnig í ljós að lengd sarkómera (samdráttareininga vöðvans) var lengri í hryggvöðva sem hafði fengið raförvun (ein eða tví-raförvað). Þessi niðurstaða bendir til þess að raförvun hafi góð áhrif því að lengd sarkómera hefur jákvæða fylgni við meyrni eldaðs kjöts. Hindrun kæliherpingar er einn af aðalkostum raförvunar en hún getur ekki hafa átt sér stað fyrst sarkómerulengdir jukust við raförvunina.

# 1. Inngangur

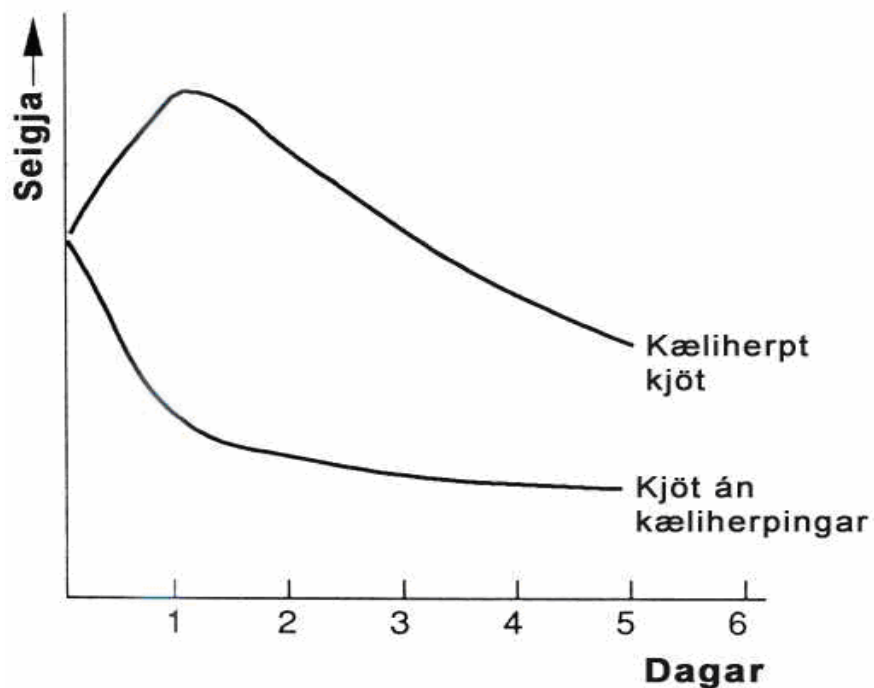
Það er þekkt staðreynd að íslenska nautakjötið er ekki eins meyrnt og kjöt af erlendum nautgripastofnum sem ræktaðir eru vegna kjötsins. Matra stóð fyrir rannsókn (Hilmarsson og félagar, skýrsla 1999) á Limósín-Angus blendingum í samanburði við íslenska nautgripi þar sem þetta kom skýrt fram. Matra stóð einnig fyrir rannsókn á upphengjuaðferðum (Guðmundsson og félagar, skýrsla 2002) þar sem kom í ljós að kjöt af skrokkum sem hengdir voru upp á mjaðmabeini var marktækt meyrara en kjöt sem var af skrokkum sem hengdir voru upp á hásin. Nú hafa tvö af stærstu sláturhúsum landsins tekið upp þessa aðferð við upphengju og kjötvinnslur eru farnar að krefjast þess að þessi aðferð sé notuð enda er meyrni sá gæðaþáttur sem neytendur setja í efsta sæti. Kaupendur nautagripakjöts gera auknar kröfur um að kjötið komi sem fyrst á markað, m.a. vegna þess að litur hakkefnis er rauðari og geymsluþolið er meira ef tímenn frá slátrun þar til skrokkurinn er úrbeinaður er stuttur. Við núverandi aðstæður er illgerlegt að flýta ferlinu vegna þess að snögg kæling á nautgripaskrokkunum getur valdið kæliherpingu sem aftur leiðir til þess að kjötið verður seigt og þurrt.

Með þessari rannsókn var ætlunin að rannsaka hvort hægt væri að auka gæðin enn frekar með raförvun. Einn af kostum raförvunar samkvæmt erlendum rannsóknum, er talin vera aukin meyrni og kjötgæðin verða jafnari. Enn annar kostur raförvunar er að hún kemur í veg fyrir kæliherpingu. Þriðji kosturinn er að kjötið kemst fyrr á markað og hefur lengra geymsluþol vegna þess að raförvun flýttir fyrir dauðastirðnun. Fjórði kosturinn er minni uppgufun og þ.a.l. minni rýrnun vegna styttri tíma sem ferlið tekur. Mynd 1 sýnir vel sýrustigsfall við kjöraðstæður og svo kæli- og hitaerpingu. Raförvun getur komið í veg fyrir kæliherpingu sem er bæði mun algengari og alvarlegri galli en hitaerpingu.



**Mynd 1.** a) Sýrustigsfall við kjöraðstæður en þá verður dauðastirðnun þegar pH er undir 5.8 og hitastig 12-15°C í vöðva, b) Hitaherping er þegar sýrustigsfall er mjög hratt og dauðastirðnun á sér stað við hitastig yfir 35°C c) kæliherping á sér stað við hægt sýrustigsfall og dauðastirðnun verður við pH um og yfir 6 og hitastig er lægra en 10°C í vöðva.

Á mynd 2 sést einnig vel munurinn á meyrni kæliherpts kjöts og eðlilegs kjöts og hvernig meyrnin þróast við geymslu.



**Mynd 2.** Kæliherpt kjöt verður mjög seigt einn til tvo daga eftir slátrun og nær aldrei eðlilegri meyrni eins og kjöt án kæliherpingar

Raförvun hefur því marga kosti og því var tímabært að athuga hvort hún skilar sambærilegum árangri hérlendis og erlendar rannsóknir sýna.

Raförvun er talin geta aukið meyrni kjöts vegna áhrifa á ensímvirkni. Raförvun hefur áhrif á ensímvirkni vöðvans (Hwang og Thomson 2001) með því að auka virkni próteasa (calpain og cathepsín) sem brjóta niður tengingar í vöðva en einnig á virkni s.k. ensímhindra (calpastatín). Það skiptir miklu máli hvenær raförvunin fer fram eftir slátrun því ensímvirknin má hvorki vera of mikil né of lítil svo hún hafi áhrif, en erlendis er raförvun oftast beitt strax eða 40-60 mínútum eftir slátrun. Árangurinn af raförvun er líka háður þáttum eins og hve há spennan er og tíðni (púlsar/sek) og tímallengd örvunar, en háspennu raförvun hefur yfirleitt reynst framkalla meyrara kjöt en lágspennu raförvun.

Dauðastirðnun hefst þegar sýrustig vöðvans hefur náð 5,8–6,0. Ef hitastig vöðvans er milli 10 og 15°C við þetta sýrustig þá verður dauðastirðnun eðlileg og lágmarksstytting verður á vöðvum og kjötið nær að meyrna eðlilega í framhaldinu (sbr. Myndir 1 og 2 hér að ofan). Ef hitastig vöðvans fer hins vegar niður fyrir 10°C áður en þessu sýrustigi er náð þá verður stirðnun óeðlileg og vöðvarnir stytta verulega. Þeir verða seigir og ná ekki að meyrna, jafnvel þótt moðnun standi yfir í langan tíma. Þetta getur gerst við of snögga kælingu eða ef kjötið er látið of fljótt í frysti eftir slátrun. Þessi óeðlilega stirðnun er nefnd kæliherping. Erlendis er víða notuð raförvun eftir slátrun sem hraðar falli á sýrustigi og flýtir þannig dauðastirðnuninni. Um tvenns konar raförvun er að ræða þ.e.a.s. háspennu (500-700 V) eða lágspennuörvun (35-150 V). Straumurinn veldur samdrætti í vöðvum skrokksins svo að það gengur á orkuefnin (glýkógen og ATP) mjög fljótt og dauðastirðnun hefst u.þ.b. 2-3 klst. eftir aflífun (um 8-10 klst án raförvunar). Þegar orkuforði vöðvans hefur verið tæmdur (eins og gerist við raförvun) þá getur vöðvinn ekki dregist eins kröftuglega saman við dauðastirðnun og þar af leiðandi minnkar raförvun verulega líkurnar á kæliherpingu. Háspennu raförvun krefst verulegra breytinga á sláturferlinu og öryggiskröfur eru miklar, og er því aðallega notuð í stórum sláturhúsum erlendis með mikil vinnsluafköst. Lágspennu raförvun krefst hins vegar líttilla breytinga á sláturferlinu auk þess sem öryggisráðstafanir eru óverulegar og er því notuð í litlum sláturhúsum erlendis.

Í dag er algengt hér á landi að nautakjötskrokkar séu fluttir of heitir (6-10°C) í kjötvinnsluna vegna þess hve skrokkarnir þurfa langan kælitíma. Til þess að viðhalda góðum og öruggum framleiðsluháttum er miðað við að kjarnhitastig skrokka sé 0-4°C við úrbeiningu. Miklar sveiflur í hitastigi í kæliferli skrokkana auka rýrnun og stytta geymsluþol þeirra.

Raförvun gerir það að verkum að hægt er að byrja að kæla skrokkana fyrr og hraðar en við hefðbundnar aðstæður. Við þetta styttist kælitíminn í kjötsal og engin hætta á kæliherpingu þó að hraði kælingar sé meiri. Auk þess verður rýrnun vegna uppgufunnar minni þegar kælitíminn er stuttur. Raförvun getur þannig einnig leitt til aukinna vinnsluafkasta í sláturhúsinu auk annarra áðurnefndra kosta varðandi gæði kjötsins.

Matra stóð fyrir rannsókn á upphengju á njaðmabeini (Guðmundsson og félagar, skýrsla 2002) og leiddi sú rannsókn í ljós að meyrni nautakjöts jókst marktækt við að nota þá aðferð. Raförvun getur hugsanlega aukið meyrni og jafnað gæði enn frekar og þ.a.l. stuðlað að aukinni sölu nautakjöts.

Fyrir 20 árum voru gerðar tvær rannsóknir á raförvun á nautakjöti hjá fæðudeild RALA. Sú fyrri var gerð 1985 (Þorkelsson, G. 1985). Tilgangur rannsóknarinnar var að athuga hvort nota mætti lágspennu raförvun til þess að koma í veg fyrir kæliherpingu í nautakjöti. Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að raförvun kom í veg fyrir kæliherpingu í kjöti sem var fryst sólarhring eftir slátrun.

Kælitími sláturdýra frá því að slátrun er lokið og ákveðnu kjarnhitastigi er náð er háður ýmsum þáttum eins og: skrokkþyngd, fitulagi, lofthita, loftraka, lofthraða, fjölda skrokka og fjarlægð milli þeirra í kæliyríminu. Á undanförunum árum hefur fallþungi (skrokkþungi) aukist, þar að auki er nær allt nautakjöt selt ófryst í dag. Því er óhætt að segja að forsendur hafa breyst mikið á þeim 20 árum síðan rannsóknir fæðudeildar RALA voru gerðar.

Seinni rannsókn fæðudeildar RALA er einnig lýst af Þorkelsson, G. (1985) og beindist að því að kanna áhrif raförvunar á sýrustigslækkun í hrygg og læri, auk þess sem meyrnun og rýrnun innanlærisvöðva í loftdregnum umbúðum var athuguð. Niðurstöðurnar sýndu að raförvunin hafði engin áhrif á meyrni innanlærisvöðva, en ástæðan fyrir því var jafnvel talin vera sú að rafstraumurinn hafi ekki náð í gegnum vöðvann. Rannsóknin var því ónákvæm og því var þörf á nákvæmari rannsókn, sérstaklega þegar mælst hefur marktækur árangur erlendis. Tæknin virðist því alls ekki hafa verið fullkönnuð hérlendis.

Í sláturferlinu er kæliferill hinna ýmsu vöðva skrokksins mismunandi og fer það meðal annars eftir staðsetningu þeirra, en kælihraði vöðvanna er fyrst og fremst háður fjarlægð þeirra frá yfirborði. Til þess að meta áhrif raförvunar á meyrni, kælitíma skrokka og hættu á kæliherpingu á kjötinu er ekki hægt að heimfæra niðurstöður rannsókna sem gerðar hafa verið erlendis beint á íslenskar aðstæður m.a. vegna þess að skrokkar

erlendra nautgripa eru mun þyngri en hérlendis. En að meðaltali eru íslenskir nautakjötskrokkar 100-150 kg léttari og kæliferrill þeirra er því ekki sá sami.

Raförvun sláturskrokka hefur ekki hingað til verið rannsakað á markvissan hátt hér á landi. Nauðsynlegt er því að rannsaka markvisst áhrif raförvunar við íslenskar aðstæður á meyrni, kælitíma nautaskrokka í sláturferlinu, kæliherpingu, rýrnun og lit kjötsins til þess að árangurinn og ávinningurinn verði eins góður og kostur er. Hins vegar takmarkaðist þetta verkefni við lágspennuraförvun við ákveðna spennu og fasta tíðni rafpúlsa og ákveðna tímalengd raförvunar, en samanburður fékkst þó á ein og tví-raförvun við enga raförvun. Hugsanlega hentar betur önnur samsetning á spennu, tíðni og tíma en var notuð í þessari rannsókn en slík rannsókn yrði mun viðameiri en mögulegt var að framkvæma að þessu sinni.



## 2. Framkvæmd, mælingar og aðferðir

### 2.1. Tilhögun rannsókna

Upphaflega var sótt um styrk til viðameiri rannsókna á raförvun þar sem átti að bera saman tvenns konar seinni raförvun eftir 40 mínútur og 60 mínútur frá slátrun. En í samráði við Framleiðnisjóð Landbúnaðarins var ákveðið að minnka umfang tilrauna og hafa eingöngu eina seinni raförvun eftir 40 mínútur. Framkvæmd mælinga var því með þeim hætti að 30 naut voru notuð við tilraunirnar þar sem fyrstu 15 nautin fengu raförvun strax í upphafi slátrunar sem kallast hér eftir *raförvun 1*. Eins og sjá má á mynd 3 þá spennast fætur út á nautgripunum við raförvun 1.



Mynd 3. Nautgripir spennast upp í raförvun 1.

Eftir að búið var að kljúfa skrokkana í tvennt þá fékk vinstri helmingur aftur raförvun eftir 40 mínútur sem kallast hér eftir *raförvun 2* en hægri helmingur ekki. Mynd fjögur sýnir hvernig raförvun 2 var framkvæmd.



**Mynd 4. Raförvun 2 var framkvæmd á vinstri skrokkhelmingi 40 mínútum eftir slátrun.**

Síðari 15 nautin fengu enga raförvun í upphafi slátrunar, en vinstri helmingur var raförvaður 40 mínútur eftir slátrun (raförvun 2) og hægri helmingur ekki. Þannig fékkst samanburður á fjórum hópum (skrokkhelmingum) sem fengu mismunandi meðhöndlun hvað raförvun varðar. Samanburður á meðhöndlun er sýndur í töflu 1.

**Tafla 1. Raförvun skrokkhelminga í rannsókninni**

1-15 hægri helmingur	1-15 vinstri helmingur	16-30 hægri helmingur	16-30 vinstri helmingur
Raförvun 1	Raförvun 1 og 2	Engin raförvun	Raförvun 2

Allir skrokkarnir voru hengdir upp á mjaðmabeini, þannig að eingöngu var verið að bera saman áhrif raförvunar á meyrni og aðra þætti. Notuð voru 25-30 mánaða gömul naut og leitast var við að hafa sem flesta gripi í UN1A gæðaflokki (valið á fæti í rétt í sláturhúsi). Þyngd skrokka var á bilinu 200-275 kg. Sýrustigið var mælt 24 klst eftir slátrun í öllum skrokkum og reyndist ávallt vera á bilinu 5.3-5.8.

Notað var lágspennu raförvunartæki, sem er í eigu Norðlenska, fyrir raförvun 1 og svo annað tæki sem fékkst lánað endurgjaldslaust af Valdimari Gíslasyni Íspakk hf fyrir raförvun 2. Fylgst var með hitastigi í kjötsal og það skráð með sírita. Kælitími nautaskrokka var mældur frá upphafi slátrunar og þar til skrokkar voru fluttir úr kjötsal.

Teknir voru tveir mismunandi vöðvar til mælinga, annars vegar vöðvi úr innralæri og hins vegar hryggvöðvi. Meyrnimælingar, lengdarmælingar á sarkómerum og litamælingar voru gerðar tveimur og átta dögum eftir slátrun.

Tölfræðilegur samanburður á öllum mælingum var gerður á skrokkhelmingum sem fengu mismunandi meðhöndlun.

## **2.2. Mælingar**

### **2.2.1. Raförvun**

Notuð voru lágspennuraförvunartæki þar sem spennan var stillt á 42 V, straumur var 0.7 amper og tíðnin 50 púlsar/sek. Hver púls varði í 5 millisekúndur og varði heildarrafförvun í 40 sekúndur bæði í raförvun 1 og 2.

### **2.2.2. Áferðarmælingar**

Áður en áferð var mæld voru sýnin látin standa við stofuhita í álpappír í 30 mín. Sýnin voru mæld hrá. Warner-Bratzler aðferð var notuð til áferðarmælinga. Sýni voru skorin í sneiðar (15 x 9 mm). Við áferðarmælingu var skorið þvert á vöðvafrumurnar. Notaður var áferðamælir sem kallast Texture Analyzer með þar til gerðum Warner-Bratzler hníf. Hraði hnífsins var 20 cm/mín og var mældur hámarkskraftur í Newton-einingum í mótstöðu kjötsins við skurðinn. Við tölfræðilega vinnslu á niðurstöðum var notuð fervikagreining (ANOVA). Framkvæmdar voru stífnimælingar (því lægri sem gildin eru því meiri meyrni) á öðrum og áttunda degi eftir slátrun.

### **2.2.3. Sarkómerumælingar**

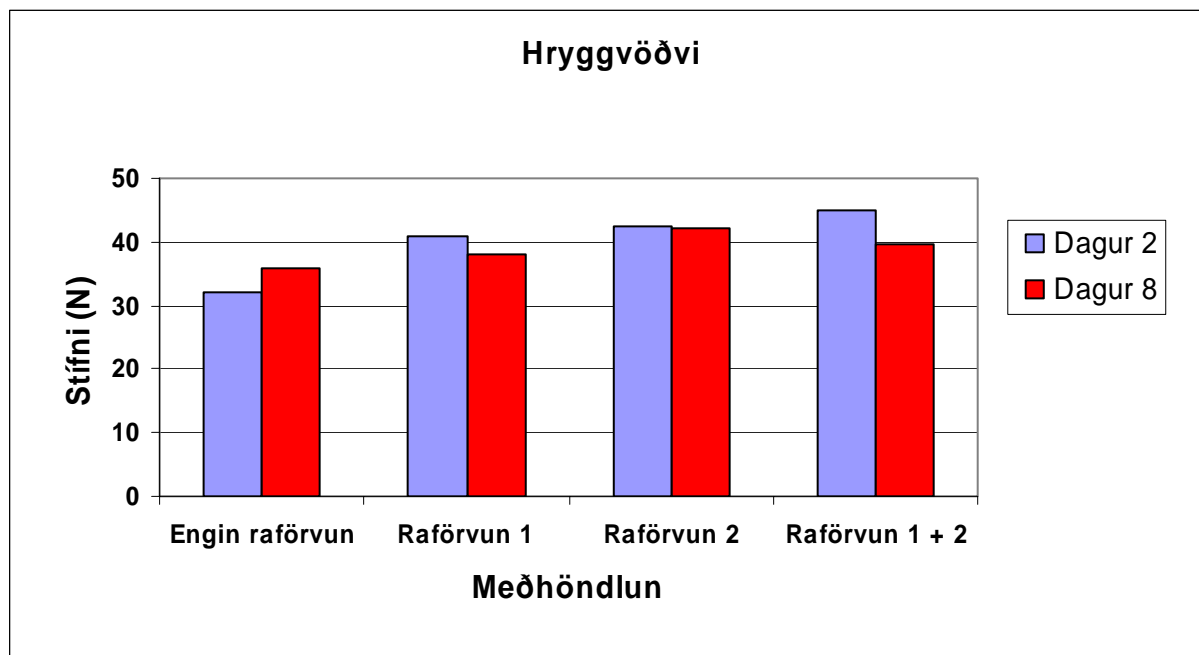
Notuð var lítið eitt breytt aðferð þeirra Herring og féлага (1965): Vöðvasýni (1-2 g) voru hökkuð í Waring blender í 5 sekúndur á mesta hraða í 150 mL af vatnslausn sem innihélt 0,08 M KCl og 0,25 M súkrósa. Sýnin voru skoðuð strax í 1000x stækkun í Leica DMRA2 ljóssmásjá með fasakontrast og lengd 10 sarkómera mæld á 10 stöðum, meðaltal tekið og deilt með 10. Mælingar á sarkómerulengd voru framkvæmdar á öðrum og áttunda degi eftir slátrun, á sama tíma og áferðarmælingar.

#### **2.2.4. Litamælingar**

Litur var mældur um leið og meyrnimælingar voru framkvæmdar á öðrum og áttunda degi frá slátrun. Notaður var HunterLab MiniScan XE Plus litmælir Matra. Hann mælir bæði hversu ljóst eða dökkt kjötið er s.k. L gildi og einnig lit kjötsins, rautt/blátt (a gildi) og grænt/gult (b gildi).

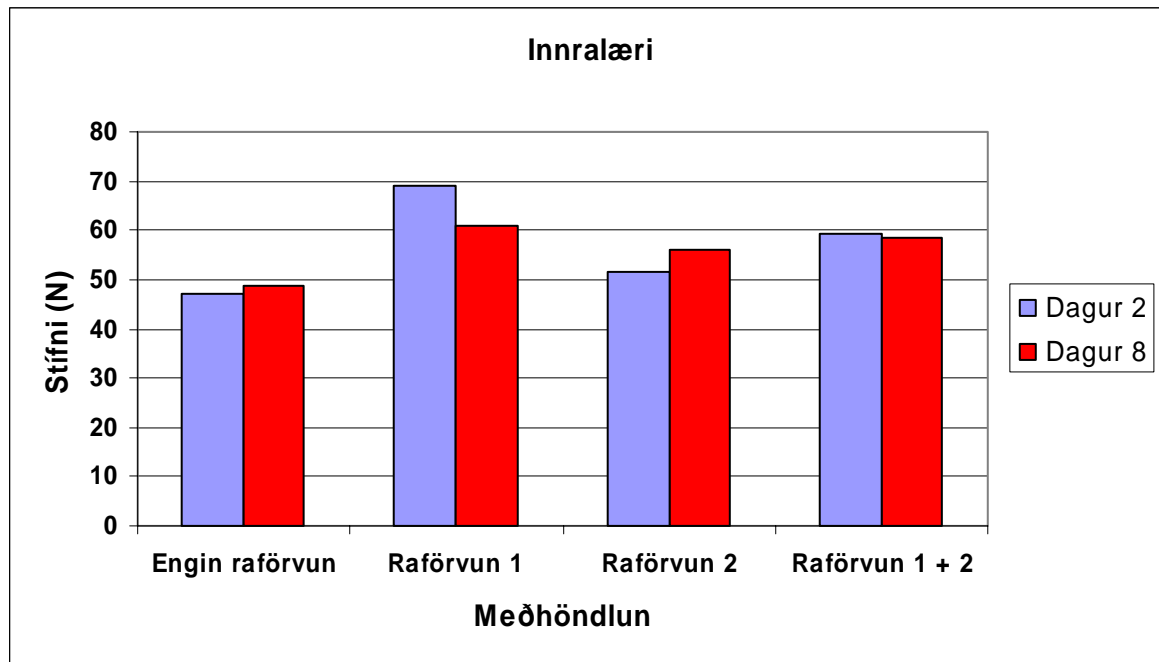
### 3. Niðurstöður og umræða

Niðurstöður fyrir áferðarmælingar eru sýndar í myndum fimm og sex þar sem stífni vöðvans var mæld sem mótstöðukraftur (N) með Warner-Bratzler aðferð tveimur og átta dögum eftir slátrun.



Mynd 5. Stífni hryggvöðva (N) tveimur og átta dögum eftir slátrun eftir mismunandi meðhöndlun með raförvun í samanburði við enga meðhöndlun.

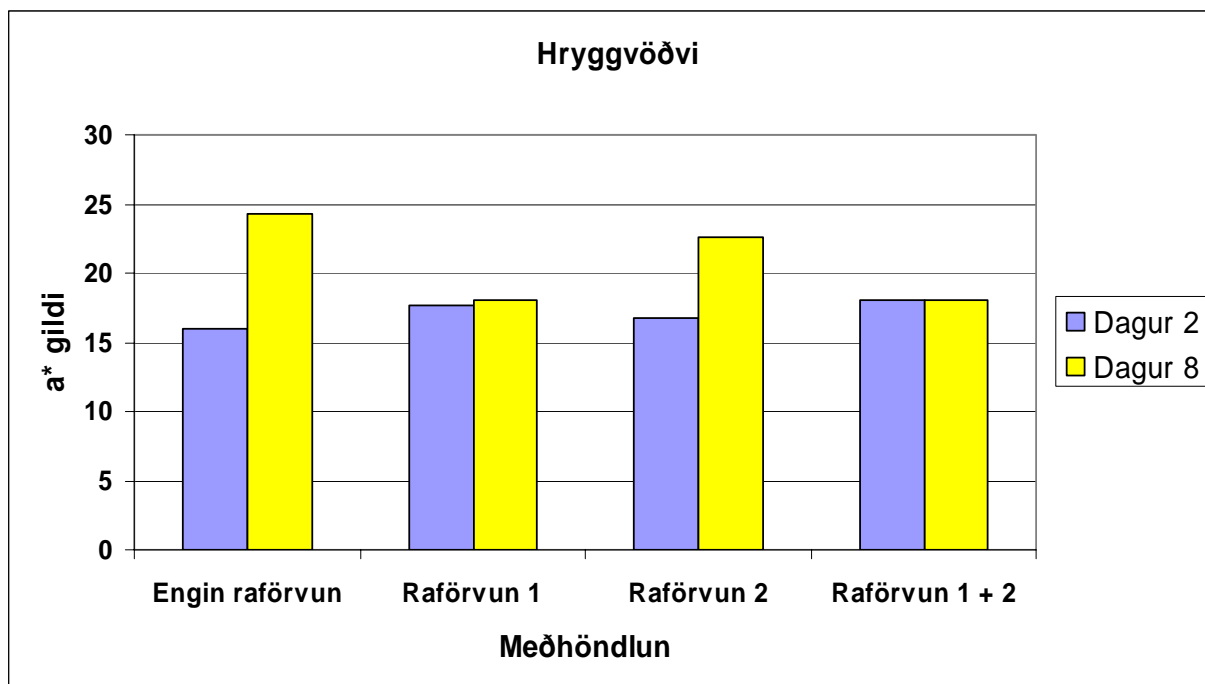
Meyrni kjöts er í öfugu hlutfalli við stífnimælingar, þ.e. það kjöt sem er með lægstu gildin er meyrast. Af þessum myndum er ljóst að hryggvöðvi sem fékk raförvun 1 var meyrari borið saman við raförvun 1+2 eftir tvo daga. Einnig fékkst meyrara kjöt við enga raförvun borið saman við raförvun hvort sem það var raförvun 1, 2 eða 1+2. Eftir átta daga geymslu minnkaði munurinn á meyrni milli mismunandi aðferða og var ekki martækur tölfræðilega. Niðurstaðan er sú að betra er að raförva strax eftir slátrun eða alls ekki en raförvun 2 (eftir 40 mín.) eða tví-raförvun virðast ekki hafa nein viðbótaráhrif. Þetta er ekki í samræmi við margar erlendar rannsóknir en gæti þó skýrst af því að íslenska kúakynið er frábrugðið þeim stofnum sem gerðar hafa verið tilraunir á erlendis. Einnig gæti önnur stilling á raförvunatakjunum haft önnur áhrif, þ.e.a.s. hærri eða lægri spenna, önnur tíðni eða tímalengd raförvunar.



Mynd 6. Stífni innralæris (N) tveimur og átta dögum eftir slátrun eftir mismunandi meðhöndlun með raförvun í samanburði við enga raförvun.

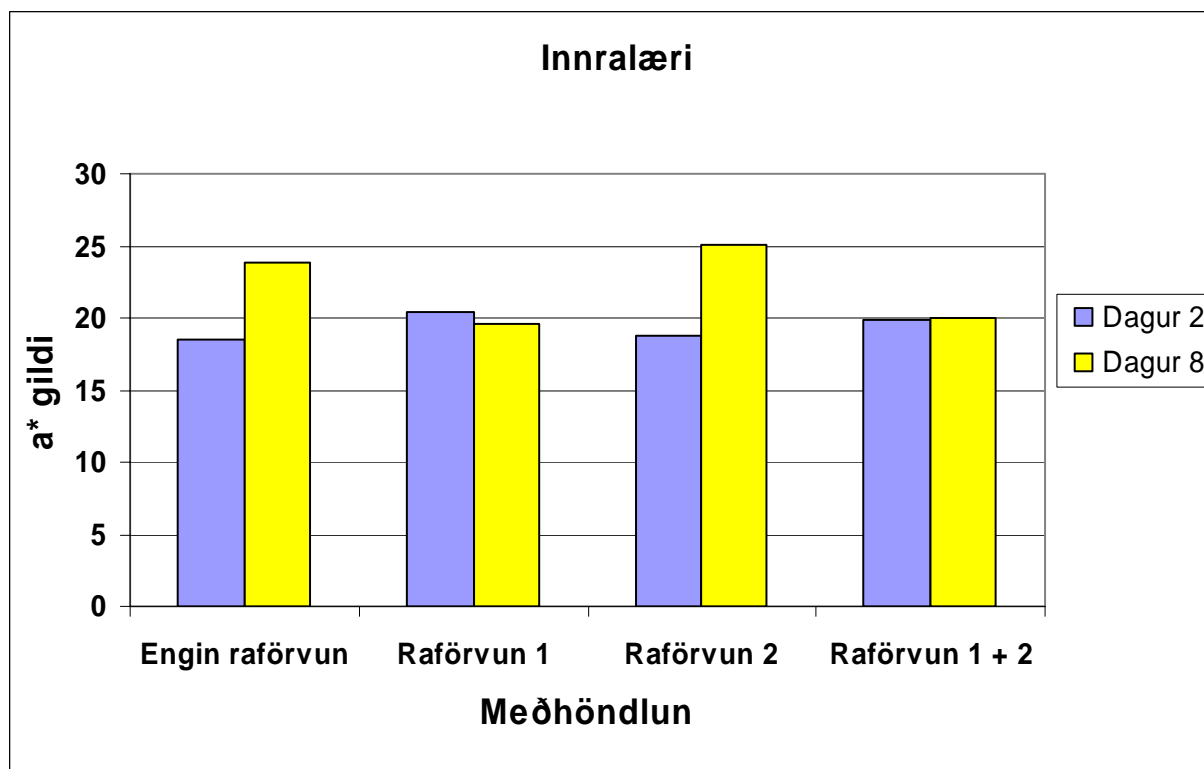
Ekki fengust alveg sambærilegar niðurstöður fyrir innralærið og hryggvöðvann. Meyrari vöðvi fékkst við raförvun 1+2 borið saman við raförvun 1, tveimur dögum frá slátrun. Einnig fékkst meyrari vöðvi við enga raförvun borið saman við raförvun yfirleitt. Eftir átta daga minnkar munur á meyrni þegar notuð er raförvun 1 og raförvun (1+2), hins vegar eykst munurinn á meyrni þegar ekki er raförvað borið saman við raförvun 2. Niðurstaða þessara áferðarmælinga virðast benda í þá átt að seinni raförvunin sé ekki æskileg þegar slátra á íslenskum nautgripum. Hins vegar er ekki hægt að draga mjög víðtækar ályktanir af þessum niðurstöðum þar sem einungis var um 30 skrokka að ræða í heildina og 15 skrokkhelmingar í hverri meðhöndlun. Niðurstöður sýndu að jafnaði var best að raförva alls ekki sem er andstætt flestum erlendum niðurstöðum um raförvun sem eins og fyrr segir má ef til vill rekja til eiginleika íslenska nautgripastofnsins eða að bestu samsetningu á spennu, fjölda púlsa og tímalengd raförvunar var ekki náð. Hins vegar er öruggt að raförvun kemur í veg fyrir kæliherpingu og munurinn milli stífnimælinga á mismunandi meðhöndlunum var ekki það mikill að hægt sé að draga þá ályktun að betra sé að raförva ekki.

Niðurstöður litmælinga fyrir rauðan lit (a-gildi) eru sýndar á myndum 7 og 8. Litmælingar á L-gildi (ljóst/dökkt) sýndu engan marktækan mun á kjöti eftir því hvaða meðhöndlun kjötið fékk.



Mynd 7. Mælingar á a-gildi á hryggvöðva eftir mismunandi raförvunarmeðhöndlun á kjöti á öðrum og áttunda degi eftir slátrun í samanburði við enga meðhöndlun.

Litmælingar á hryggvöðva sýndu að jafn rauður vöðvi fæst með raförvun 1+2, borið saman við raförvun 1, á degi tvö og degi átta. Einnig fæst rauðari vöðvi með raförvun 2 og við enga raförvun í samanburði við raförvun 1 eða raförvun 1+2 á áttunda degi. Hvers vegna það gerist er ekki alveg ljóst en ef til vill hefur raförvun þau áhrif á kjötrauða (myoglobin) og blóðrauða (hemoglobin) að þessi efni breyti um oxunarástand og verður metmyoglobin og methemoglobin sem eru brún að lit í stað óbreytts myoglobins (dökk rautt) og óbreytts hemoglobins (dökk rautt).



Mynd 8. Mælingar á a-gildi á innralærisvöðva eftir mismunandi raförvun á kjöti á öðrum og áttunda degi eftir slátrun í samanburði við enga meðhöndlun.

Svipaðar niðurstöður fengust fyrir innralæri. Niðurstaðan virðist því vera sú að raförvun 1 og raförvun 1+2 saman virðist gefa minna rautt kjöt en engin raförvun eða raförvun 2 en hins vegar er engin munur á hve dökkt eða ljóst kjötið er í heild sinni.

Niðurstöður sarkómermælinga í hryggvöðva og innralærisvöðva eru sýndar í töflu 2 og á myndum 9 og 10.

Tafla 2. Meðalsarkómerulengdir hryggvöðva og innralæris á öðrum og áttunda degi frá slátrun.

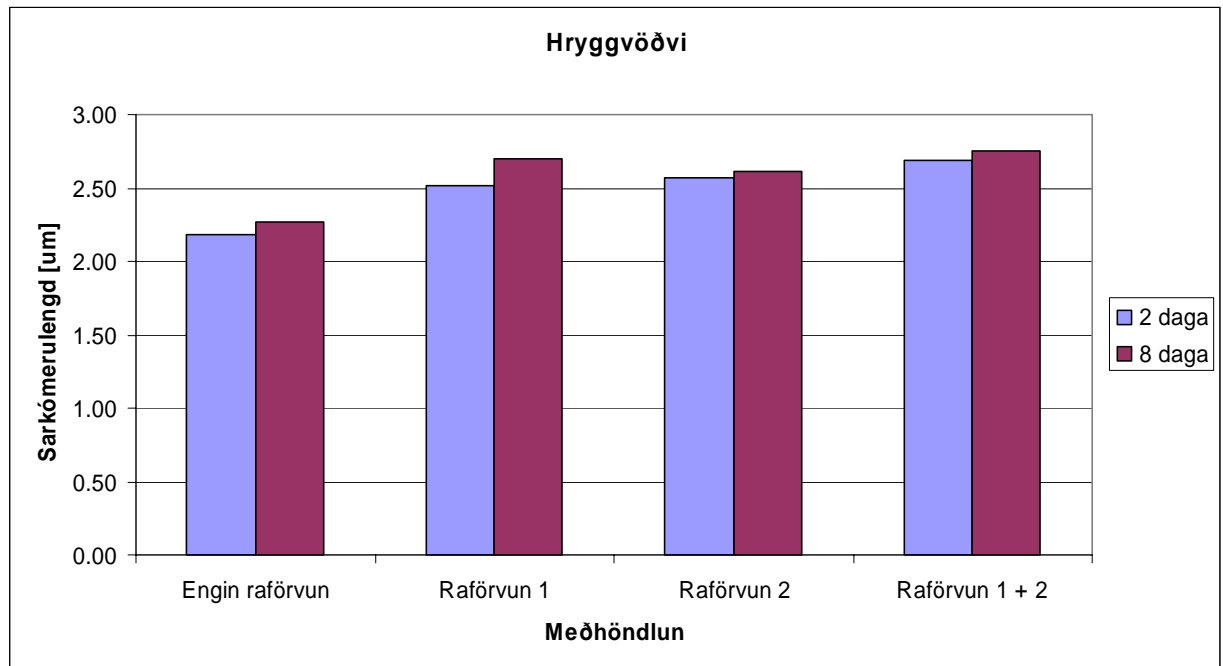
Raförvun	Hryggvöðvi		Innralæri	
	2 daga	8 daga	2 daga	8 daga
Engin	2,18 <sup>a</sup>	2,26 <sup>a</sup>	2,39	2,77
Raförvun 1	2,52 <sup>ab</sup>	2,70 <sup>b</sup>	2,83	3,03
Raförvun 2	2,57 <sup>b</sup>	2,61 <sup>b</sup>	2,59	2,79
Raförvun 1+2	2,69 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,78	2,74

<sup>a,b</sup> Mismunandi bókstafir innan dálks tákna marktækan mun,  $p < 0,05$  skv. Tukey-Kramer's Multiple-Comparison Test

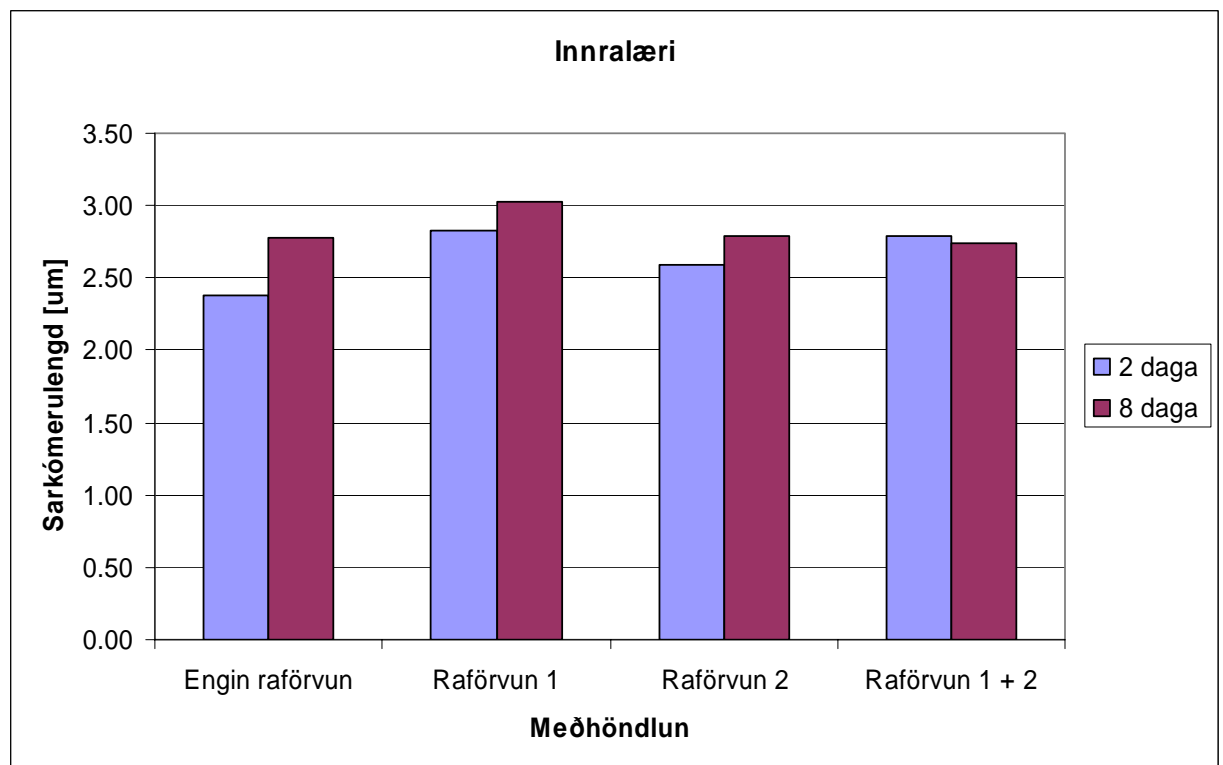
Eftir 2 daga voru sarkómerur hryggvöðva sem enga raförvun höfðu fengið marktækt styttri en þeirra sem höfðu fengið raförvun 2 og raförvun 1+2. Ekki var munur á engri raförvun og raförvun 1. Eftir 8 daga voru sarkómerur hryggvöðva sem enga raförvun



höfðu fengið marktækt styttri en allra hinna hópanna. Hins vegar fannst ekki marktækur munur á lengd sarkómera úr innralæri.



Mynd 9. Sarkómerulengd (µm) í hryggvöðva á öðrum og áttunda degi frá slátrun eftir mismunandi raförvun í samanburði við enga raförvun.



Mynd 10. Sarkómerulengd (µm) í innralæri á öðrum og áttunda degi frá slátrun eftir mismunandi raförvun í samanburði við enga raförvun.

Bæði tafla 2 og myndir 9 og 10 sýna aðeins aðra niðurstöðu en áferðarmælingar fyrir hryggvöðva þar sem sarkómerumælingar benda til þess að raförvun sé betri en engin raförvun því að sarkómerurnar reyndust lengri eftir raförvun. Því lengri sem sarkómerurnar eru, að ákveðnu marki, því meyrara ætti kjötið að vera. Enginn marktækur munur er á milli mismunandi raförvunar hvað sarkómerulengd varðar, þó að litlu muni að raförvun 1+2 gefi lengri sarkómerur en raförvun 1 á degi 2.

Í töflu 3 er sýnt hvort sarkómerur lengjast marktækt með tímanum eða ekki eftir mismunandi raförvun eða enga raförvun.

### **3. tafla. Lenging sarkómera við geymslu.**

	Hryggvöðvi	Innrálæri
Engin raförvun	0,09	0,39 **
Raförvun 1	0,18 *	0,20 **
Raförvun 2	0,03	0,21
Raförvun 1 + 2	0,07	-0,05

\*  $p < 0,1$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,01$

Niðurstöður fyrir hryggvöðva sýna að sarkómerur lengjast marktækt meira við geymslu frá öðrum til áttunda dags eftir raförvun 1 en ekki aðra meðhöndlun. En fyrir innrálæri þá er lenging sarkómera marktækt meiri fyrir raförvun 1 og svo enga raförvun frá öðrum til áttunda dags.

Niðurstöður á lengd sarkómera sýna að raförvað kjöt varð ekki fyrir kæliherpingu í þessu verkefni.

## 4. Ályktanir

Í heildina séð hefur raförvun lítil áhrif á meyrni nautkjöts úr íslenskum stofni. Nær öruggt má þó telja að raförvun komi í veg fyrir að kæliherping geti átt sér stað sem sést m.a. á því að lengd sarkómera var marktækt lengri fyrir raförvað kjöt en það sem fékk ekki raförvun auk þess sem enginn raförvaður skrokkur mældist með skemmri sarkómerur en 1,5µm. Seinni raförvun eftir 40 mínútur (raförvun 2) eða tví-raförvun (1+2) virðist ekki skila neinum árangri fyrir meyrni umfram fyrri raförvun (strax við slátrun). Raförvun hefur heldur ekki áhrif á hve dökkt eða ljóst kjötið verður, en hún getur haft áhrif á rauða litinn, sérstaklega ef fyrri raförvun er notuð, þannig að kjötið verður ekki eins rautt og við enga raförvun eða eftir raförvun 2.

Þessi rannsókn er þó takmörkuð að því leyti að eingöngu var athuguð áhrif af raförvun við fasta lágspennu, ákveðinn fjölda rafpúlsa og tímalengd raförvunar og svo við tvo tímamarkta eftir slátrun þ.e. strax eftir slátrun og svo eftir 40 mínútur. Það er vel hugsanlegt að hærri eða lægri spennu, önnur tíðni á púlsum eða tímalengd raförvunar hefði gefið niðurstöður sem væru í meira samræmi við erlendar niðurstöður. Einnig voru skrokkhelmingar hengdir upp á mjaðmabeini eins og tíðkast í sláturhúsi Norðlenska, en við höfum áður sýnt fram á að sú aðferð eykur verulega meyrni og lengir sarkómerur nautakjöts (Guðmundsson og félagar, 2002). Hugsanlegt er að áhrifin af raförvuninni komi ekki nægilega fram vegna hinna sterku áhrifa af mjaðmabeinsupphengjunni.

Hins vegar er ljóst að raförvun er sérstaklega vel til þess fallinn að koma í veg fyrir kæliherpingu bæði hjá nautgripaskrokkum og lambaskrokkum vegna þess að hún flýttir fyrir niðurbroti orkuefna og hraðar þannig sýrustigsfallinu sem að öllu jöfnu tekur 12 – 14 klst. En notkun á raförvun krefst hins vegar að kælihraði sé aukinn til að fylgja eftir sýrustigsfallinu annars er hætt á að dauðastirðun fari fram við of hátt hitastig. Kjörhitastig við dauðstirðun í vöðva er á bilinu 12 – 15°C.

## 5. Þakkarorð

Framleiðnisjóði landbúnaðarins er þakkað fyrir veittan fjárstuðning. Einnig þökkum við Norðlenska fyrir aðstoðuna og hjálp við mælingar í sláturhúsi og Stefáni Vilhjálmsyni, Kjötmatsformanni fyrir aðstoðina. Valdimari Gíslasyni Íspakk hf þökkum við fyrir lán á raförvunartæki.

## 6. Heimildir

Guðmundsson, M., Hilmarsson, Ó.Þ., Jónsson, Á., Arnarson, G.Ö., Ragnarsdóttir, J, og Gunnlaugsson, V.N. 2002. Einföld leið til að auka meyrni íslensks nautakjöts. Matra skýrsla 02:10, 1-16.

Herring, H. K.; Cassens, R. G.; Briskey, E. J. Sarcomere length of free and restrained bovine muscles at low temperature as related to tenderness. *J. Sci. Fd Agric.*, **1965**, *16*, 379-384

Hilmarsson, Ó.Þ., Sveinsson, Þ., Jónsson, Á., Gunnarsdóttir, E.D., Edgarsdóttir, S.L. og Hafsteinsson, H. 2000. Samanburður á alíslenskum, Angus x íslenskum og Limósín x íslenskum nautgripum. II. Slátur- og kjötgæði. *Ráðunautafundur 2000*: 196-205.

Hwang, I.H. og Thompson, J.M. 2001. *Meat science*, **58**, 135-144.

Þorkelsson, G. 1985. Kjöttrannsóknir fæðudeildar RALA, Árbók landbúnaðarins s. 267-280.