



Toiduteaduse ja toiduainete
tehnoloogia osakond

Tegu-2015

*55 aastat toiduainete tehnoloogia
alast tegevust Eesti Maaülikoolis*

Toimetaja
Väino Poikalainen

Tartu 2015



Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna vastutuselaks toidu tooteahelas on toiduained ja nende valmistamise tehnoloogiad

Esikaas: Happichi piimanduse laborit esitav ekspositsioon Eesti Põllumajandusmuuseumis (foto: V. Poikalainen)

Tagakaas: mikromeierei kasutamine õppetöös (foto: V. Poikalainen)

Toimetuskollegium: Lembit Lepasalu, Hannes Mootse, Vilma Tatar, Aarne Pöldvere

Kujundus ja küljendus: Väino Poikalainen

Kirjastaja: Eesti Toiduainete Tehnoloogia Selts

Copyright ©

Eesti Toiduainete Tehnoloogia Selts

ISBN 978-9949-38-778-6

Tartu 2015

Trükk: Greif OÜ

Laagerdatud veiseliha lõikeenergia määramine gravitatsioonilisel impulssmeetodil

A. Põldvere, L. Lepasalu, A. Tänavots, J. Olt, U. Sannik, A. Sats, R. Saar, R. Martinson, V. Poikalainen

Sissejuhatus

Liha tekstuuriparameetrid on olulised tehnoloogiliste protsesside läbiviimisel ja liha sensorsete omaduste kujundamisel. Liha tekstuuri iseloomustatakse organoleptiliste ja sageli ka liha läbilõikamiseks kuluva lõikeenergia kaudu. Viimasel juhul on see määratav kvantitatiivselt ning rakendatav kogu tehnoloogilises tooteahelas.

Toiduainete tekstuuri kvantitatiivseks hindamiseks kasutatakse tekstuurianalüsaatoreid, mille puhul üldjuhul rakendatakse konstantset lõikamise kiirust ja survet ning mõõdetakse proovikeha lõikejõu dünaamikat. Ülemaailmselt on tunnustust leidnud Warner-Bratzleri (WB) meetodikal põhinevad tekstuurianalüsaatorid, mis peavad vastama kindlatele nõuetele. Veiseliha on struktuurilt sitke, mistõttu tuleb seda enne tarvitamist laagerdada, et parandada teksturaalsete parameetritega mõõdetavat liha õrnust.

Uurimuse eesmärgiks oli veiseliha lõikeenergia alternatiivse nn gravitatsioonilise impulssmeetodi (GI) väljatöötamine ja aprobeerimine veiseliha laagerdamisel. Selleks mõõdeti laagerdatud liha lõikeenergiat gravitatsioonilisel impulssmeetodil ja Warner-Bratzleri meetodil põhineva tekstuurianalüsaatoriga TMS PRO.

Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi 2013. aastal Eesti Maaülikooli toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaboris. Katsematerjalina kasutati kolme konditustatud veise pikimat seljalihast (MLD), mis eemaldati rümbalt kaks päeva pärast tapmist.

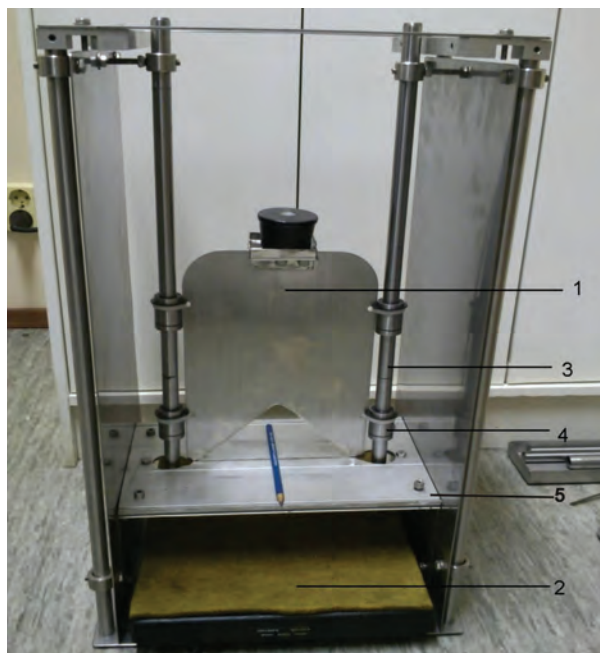
Lihatööstuses lõigati lihast kuus umbes 300 g proovitükki ja pakendati vaakumpakendisse. Proovitükkide ettevalmistamine ja lõiketugevuse määramine toimus WB meetodikat kasutades (Savell jt 2013). Proovitükkide valmistamiseks kasutati puurmasinat, millele oli kinnitatud proovivõtu toru diameetriga 20 mm. Igast lihaproovist lõigati piki lihaskiudu

proovivõtutoru abil välja kuni kümme proovitükki (**joonis 1**). WB ja GI meetodiga mõõdeti 0...+2°C temperatuuri juures laagerdatud ja termiliselt töödeldud lihaproovide löikejõu dünaamikat, millest arvutati löikamiseks kulunud energia. Proovitükid lõigati lihase keskelt ristisuunaliselt lihaskiududega. Mõõtmised viidi läbi nii toore kui termiliselt töödeldud lihaga. Termilisel töötlemisel kuumutati lihaproovid vesivannis 72–76°C sisetemperatuurini. Liha õrnuse parandamiseks peaks seda laagerdama vähemalt 14 päeva (Hanzelková jt 2011). Käesolevas uuringus viidi tekstuurianalüüs läbi 2, 7, 14, 21, 38 ja 35 päeva pärast lihaveise tapmist kuues korduses.



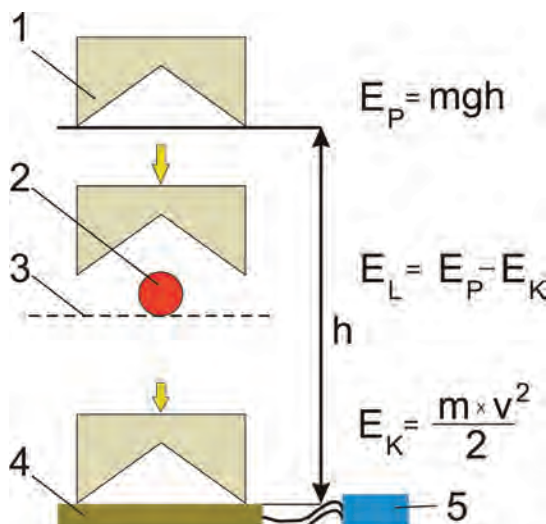
Joonis 1. Puursüdamikuga ettevalmistatud liha proovitükid

Gravitatsioonilisel impulssmeetodil (GI) töötav katseseade valmistati Eesti Maaülikooli toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonnas (**joonis 2**). GI lõikeseade koosneb lõiketerast, selle juhtmehhanismist ja jõuimpulssi registreerivast jõuandurist koos vastava platvormiga ning lõikelauast. Proovitükk asetatakse lõiketera ja jõuanduri vahel olevale lõikelauale ning läbib lõiketera vabalangemisel. Proovitüki läbinud tera kukub vastu jõuanduri platvormi, tekitades jõuimpulsi, mis registreeritakse arvuti poolt. Uuritava seadme lõiketera raskuskeskme kõrgus alusest on 460 mm ja mass 1,1 kg. Lõikeenergia määratakse tera esialgse potentsiaalse energia ja selle jääkenergia vahena. Mida pehmema struktuuriga on liha, seda tugevam on löök jõuanduri platvormile ja vastupidi.



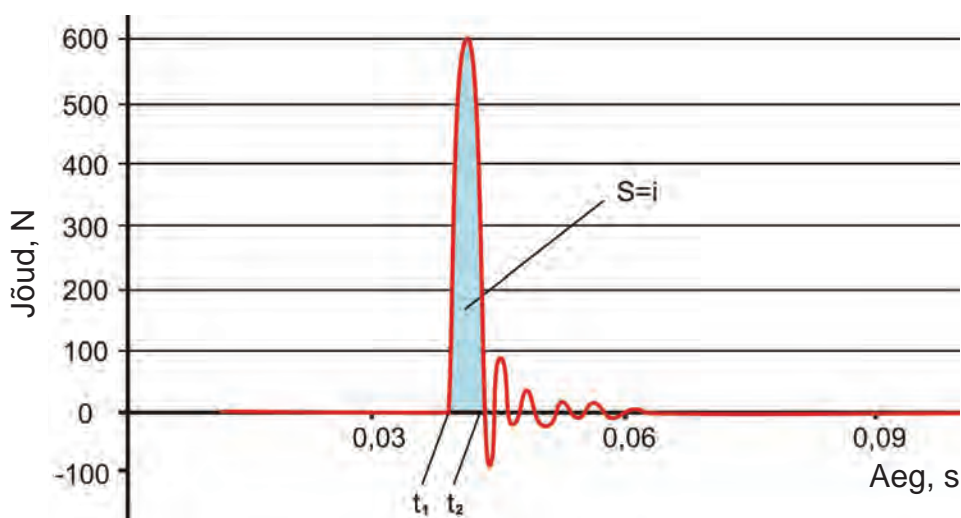
Joonis 2. Katseseade liha lõikeenergia määramiseks GI meetodiga (1 – lõiketera, 2 – jõuanduri platvorm, 3 – juhtvardad, 4 – liuglaager, 5 – lõikelaud)

Katseseadme füüsikalised alused. Kui katsekeha asub teatud kõrgusel h , omab ta potentsiaalset energiat (E_p) (joonis 3).



Joonis 3. Gravitatsioonilise impulssmeetodiga (GI meetod) lihaproovi lõikejõu ja -energia määramise skeem (1 – lõiketera, 2 – lihaproov, 3 – lõikelaud, 4 – jõuanduri platvorm, 5 – mõõtekontroller)

Lõiketera kukkumisel muutub potentsiaalne energia (E_p) kineetiliseks (E_k), mille väärtust on võimalik hinnata jõuanduril (1) tekkiva impulsi (i) suuruse põhjal (**joonis 4**), mis arvutatakse jõu dünaamika graafikult joonealuse pinna suuruse kaudu. Juhul kui katsekeha liikumisteel on takistus (lihaproov), siis peab lõiketera kulutama selle lõikamiseks energiat (E_L) ja jõuanduril registreeritakse selle võrra väiksem tulem.

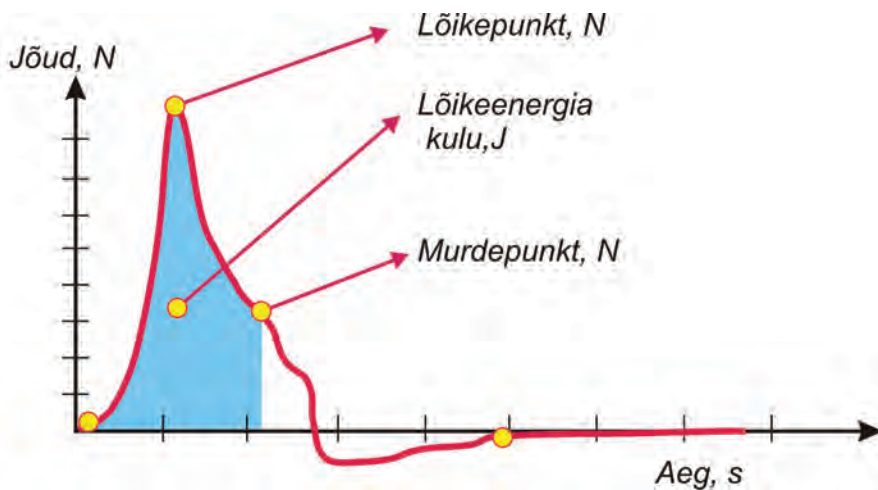


Joonis 4. GI meetodiga lihaproovi lõikamisel jõuanduri poolt registreeritud jõu dünaamika graafik

GI meetodi aprobeerimisel kasutati võrdluseks tekstuurianalüsaatorit TMS PRO (Food Technology Corporation 2011, Virginia, USA) koos 1000 N jõuanduri ja WB lõiketeraplaadiga (*light weight blade set*). Mõlema meetodi puhul olid lõiketerad sarnase konfiguratsiooniga (60 kraadise V kujulise sisselõikega, 1,016 mm paksused).

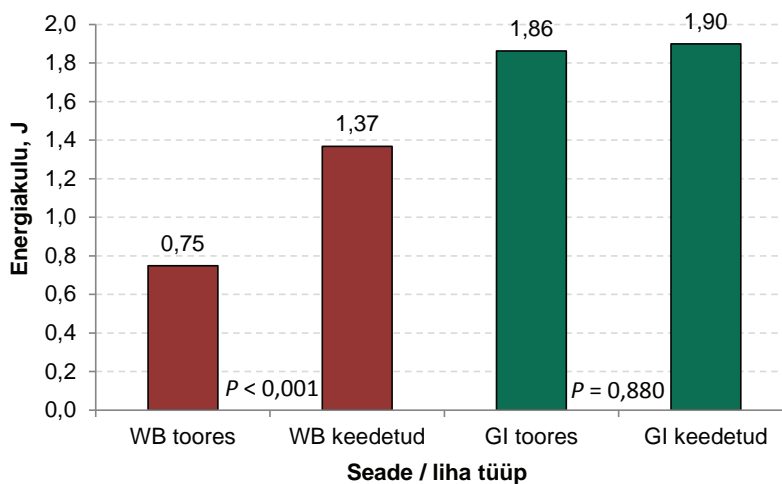
Uuringu käigus määrati WB meetodiga laagerduva veiseliha mehhaanilistest parameetritest lõikeenergia kulu kokku (J). See on summaarne energiakulu (graafikualune pindala), mis on vajalik proovitüki deformeerimiseks ja läbilõikamiseks (**joonis 5**).

Hindamaks laagerdusaja mõju liha struktuuriparameetritele teostati ühefaktoriline variatsioonanalüüs tabelarvutusprogrammi Excel 2010 abil. Lõikejõu ja -energia näitajate keskmiseid erinevusi laagerdusaegade lõikes hinnati statistikapaketiga R (R Core Team 2013). Seadmetevahelise statistilise erinevuse kindlaks tegemiseks kasutati *Student t*-testi.



Joonis 5. Warner-Bratzleri testi jõu dünaamika ja selle lõikeenergia määramine joonealuse pinna kaudu (Luno jt 1999)

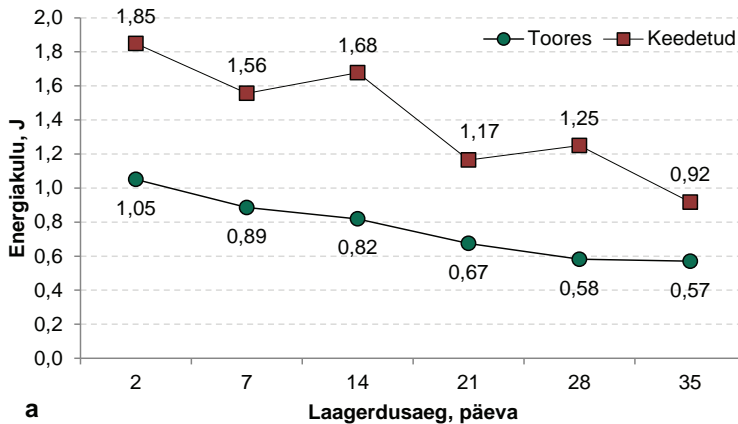
Katseandmetel oli WB meetodiga hinnatud toorest lihast lihaproovide lõikamiseks vajalik lõikeenergia madalam võrreldes keedetud lihaga ($P < 0,001$) (joonis 6). Keedetud lihaproovide testimisel võrreldes toore lihaga oli WB meetodil vaja keskmiselt kulutada 0,62 J rohkem energiat ($P = 0,001$). GI meetodi puhul toore ja keedetud liha lõikeparameetrid oluliselt ei erinenud ($P = 0,880$). Siit võib järeldada, et GI meetod ei sobi keedetud ja toore liha vaheliste erinevuste määramiseks.



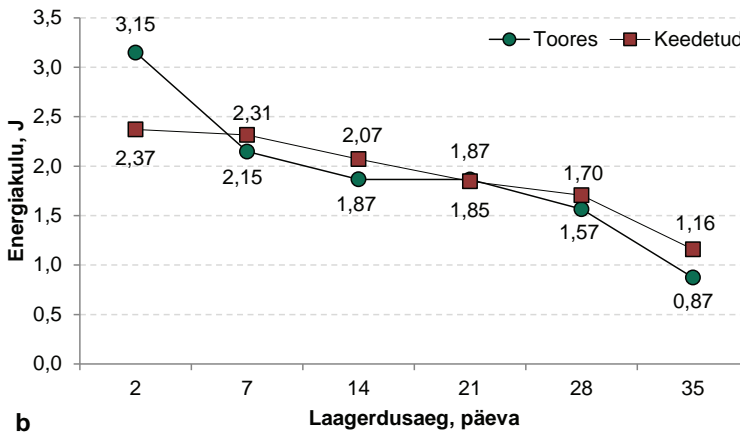
Joonis 6. Toore ja keedetud lihaproovi lõikamiseks kulunud energia WB ja GI meetodiga määratult

Lõikeenergia kulu WB meetodiga lihaste läbilõikamisel vähenes laagerdusaja lõikes oluliselt (**joonis 7a**) ja osutus statistiliselt usutavaks ($P < 0,001$). Laagerdamise alguses (2. päev) oli keedetud liha lõikamiseks vajalik lõikeenergia kulu, võrreldes toore lihaga, 0,8 J kõrgem, laagerdumise lõpus (35. päev) oli erinevus vähenenud 0,35 J-ni.

Analoogselt WB meetodiga vähenes ka GI meetodil lihaste läbilõikamiseks kulunud lõikeenergia laagerdusaja pikenemisega (**joonis 7b**), kuid selle statistiline usutavus oli väiksem ($P = 0,028$). Lõikeenergia vähenemise põhjuseks on lihas toimuvad ensümaatilised protsessid, mille toimel lihaskiud, sh müofibrillaarsed valgud lagunevad ja liha muutub õrnemaks (Koochmaraije jt, 1995).



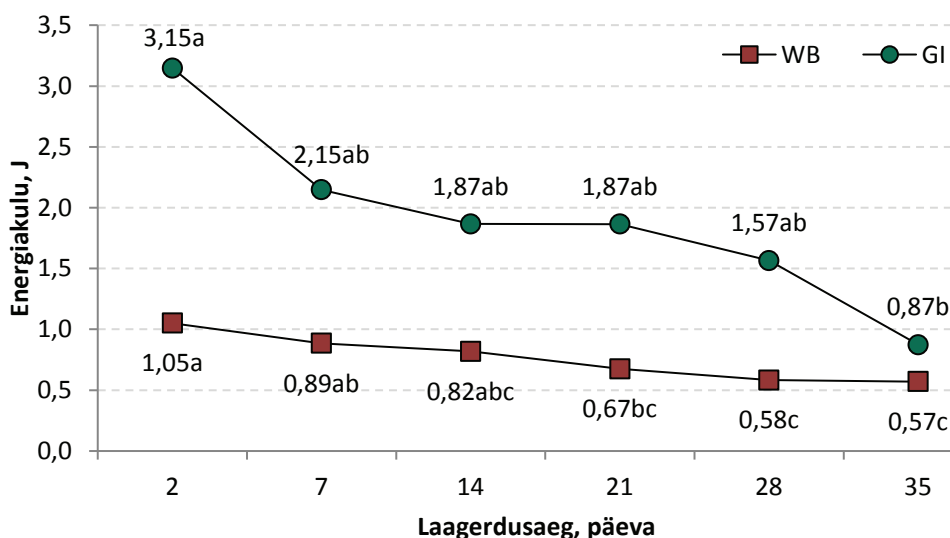
Joonis 7a. WB meetodiga hinnatud toore ja keedetud liha lihaskiudude energiakulu muutus laagerdusaja jooksul



Joonis 7b. GI meetodiga hinnatud toore ja keedetud liha lihaskiudude energiakulu muutus laagerdusaja jooksul

Veiseliha laagerdamise mõju uurimisel on saadud mõnevõrra erinevaid tulemusi. Roncalés jt (1995) leidsid, et MLD lihaste laagerdumisaja pikenemine muutis liha tekstuuri – liha muutus õrnemaks kogu laagerdusaja kestel. Huff & Parrish (1993) leidsid, et MLD lihaste 21-päevasel laagerdumisel nende lõikamiseks rakendatav jõud pidevalt väheneb. Antud katse tulemused kinnitasid eeltoodud tulemusi.

Keskmine lõikeenergia vähenes liha laagerdamisel mõlema meetodi kasutamisel ja oli laagerdusperioodi kestel sarnaselt toore ja keedetud liha puhul languses (joonised 8, 9; tabelid 1, 2).



Joonis 8. WB ja GI meetodiga hinnatud toore liha lihaskiudude energiakulu muutused laagerdusaja jooksul

Tabel 1. Laagerdusaja mõju toore liha lõikeenergiale WB ja GI meetodeid kasutades.

Meetod	Laagerdusaeg, päeva					
	2	7	14	21	28	35
WB energiakulu, J	1,05 ^a	0,89 ^{ab}	0,82 ^{abc}	0,68 ^{bc}	0,58 ^c	0,57 ^c
GI energiakulu, J	3,15 ^a	2,15 ^{ab}	1,87 ^{ab}	1,87 ^{ab}	1,56 ^{ab}	0,87 ^b

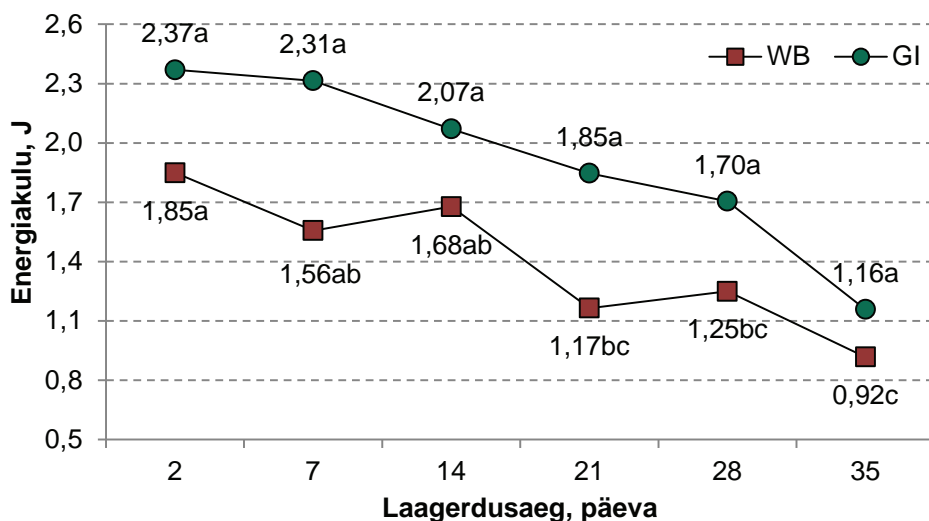
Ülaindeksid a, b, c ja d tähistavad sama andmerea vähimruutude keskmiste olulist erinevust, $P < 0,05$).

Mõlema meetodiga hinnatud toore liha lihaskiudude läbilõikamiseks kulunud lõikeenergia vähenes laagerdusprotsessi käigus (**joonis 8**), kusjuures langustrend ilmnes mõlema määramismeetodi puhul.

Laagerdusaeg mõjutas mõlema meetodi puhul toore liha lõikamiseks kulunud lõikeenergiat statistiliselt usutavalt (WB: $P < 0,001$; GI: $P = 0,02$). GI meetodiga saadud lõikeenergia tulemused oli kõrgemad ja suurema varieeruvusega, jäädes kõrgemaks (võrreldes WB meetodiga) kogu laagerdusperioodi jooksul.

Laagerdusperioodi alguses oli GI lõikeenergia langus märgatavalt kiirem võrreldes laagerdusperioodi lõpuga. Kui laagerdumise teisel päeval oli GI ja WB lõikeenergia suuruste vahe 2,1 J (3,15–1,05 J), siis laagerdusaja lõpuks (35. päev) oli sama vahe vähenenud 0,3 J-ni.

Eeltoodu viitab GI meetodi suuremale tundlikkusele laagerduse esimesel nädalal võrreldes WB meetodiga, mis annab lootust uue ekspresismeetodi väljatöötamiseks laagerduse algsaasi jaoks. Selleks tuleks aga läbi viia põhjalikumad uuringud lõikeenergia dünaamika väljaselgitamiseks laagerdusprotsessi alguses. WB meetodiga keedetud laagerdatud liha lõikamiseks kulutatud energia vähenes päevade lõikes usutavalt ($P < 0,001$) (**tabel 2; joonis 9**). GI meetodi puhul usutav erinevus aga puudus ($P = 0,38$).



Joonis 9. WB ja GI meetodiga hinnatud keedetud liha lihaskiudude läbilõikamiseks kulunud lõikeenergia muutus laagerdusaja jooksul

Tabel 2. Laagerdusaja mõju keedetud liha lõikeenergiale WB ja LGI meetodeid kasutades

Meetod	Laagerdusaeg, päeva					
	2	7	14	21	28	35
WB energiakulu, J	1,85 ^a	1,56 ^{ab}	1,68 ^{ab}	1,17 ^{bc}	1,25 ^{bc}	0,92 ^c
GI energiakulu, J	2,37 ^a	2,31 ^a	2,07 ^a	1,85 ^a	1,71 ^a	1,16 ^a

Ülaindeksid a, b, c ja d tähistavad sama andmerea vähimruutude keskmiste olulist erinevust, $P < 0,05$

Järeldused ja kokkuvõte

Laagerdamise mõju on võimalik mõõta liha struktuuriparameetrite määramise abil nii klassikalise (WB) kui ka gravitatsioonilise impulssmeetodiga (GI). Laagerduse mõju veiseliha lõikeenergia dünaamikale kajastub mõlema meetodi puhul langeva trendiga. GI meetod on toore laagerdatud liha õrnuse määramisel tundlikum võrreldes WB meetodiga. Gravitatsiooniline impulssmeetodi eeliseks on tema lihtsus.

Kasutatud kirjandus

Food Technology Corporation. 2011. TL-Pro Texture Analyzer. Reference Manual. Food Technology Corporation. 160 pp.

Hanzelková, Š., Simeonovová, J., Hampel, D., Dufek, A. & Šubrt, J. 2011. The effect of breed, sex and ageing time on tenderness of beef meat. *Acta Vet. Brno*, 80, 191–196.

Huff, E.J. & Parrish, F.C. Jr. 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by post-mortem ageing time, animal age and sex. *J. Food Sci.*, 58, 713–716.

Koohmaraie M., Wheeler T.L. & Shackelford S.D. 1995. Beef tenderness: regulation and prediction. *USDA-ARS U. S. Meat Animal Research Center*, 9, 1–25.

Luno, M., Beltran J.A., Jaime, I. & Roncales, P. 1999. Textural assessment of clenbuterol treatment in beef. *Meat Sci.*, 51, 297-303.

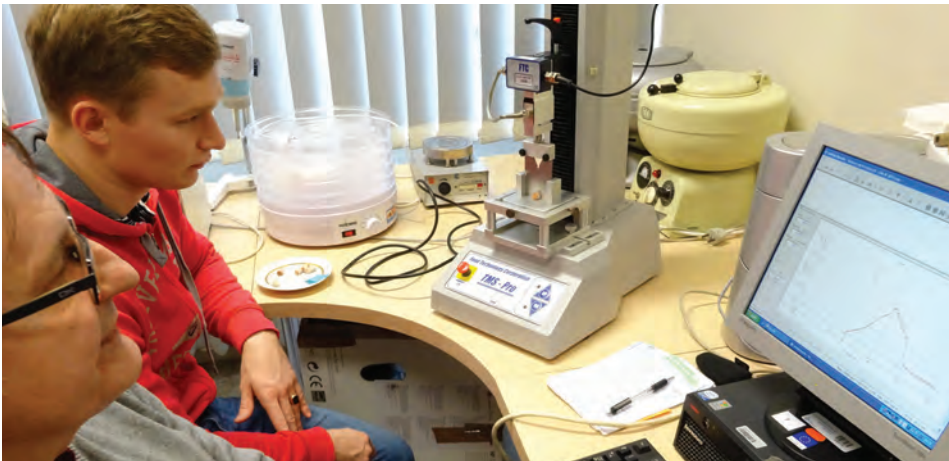
R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical

computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Roncalés, P., Geesink, G. H., Van Laack, R. L. J. M., Jaime, I., Beltrán, J. A., Barnier, V. M. H., & Smulders, F. J. M. 1995. Meat tenderisation: Enzymatic mechanisms. Source: A. Ouali, D. I. Demeyer, J. M. Smulders (Eds), Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradations related to meat quality. ECCEAMST, Utrecht, pp. 311–332.

Savell, J., Miller, R., Wheeler, T., Koohmaraie, M., Shackelford, S., Morgan, B., Calkins, C., Miller, M., Dikeman, M., McKeith, F., Dolezal, G., Henning, B., Busboom, J., West, R., Parrish, F., & Williams, S. 2013. Standardized Warner-Brazler Shear Force Procedure for Genetic Evaluation. Available at <http://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/>, Last visited 03.07.2013.

Artikkel põhineb Riho Martinsoni 2013. a magistritööl “Gravitatsiooniline impulssmeetod veiseliha lõikeenergia määramiseks ning selle rakendamise veiseliha laagerdustehnoloogia parameetrite täpsustamiseks” ning Aarne Põldvere jt artiklil “*An alternative method for meat shear energy estimation during ageing*” (Agronomy Research, 2014, 12(3), 793–800).



Liha tekstuuri uurimine kaasaegsete meetoditega võimaldab saada objektiivse ettekujutuse töötlemisel toimuvatest muutustest

Foto: V. Poikalainen