

## GALVIJŲ RAUMENŲ ELEKTROS LAIDUMAS IR JO RYŠYS SU MĖSOS KOKYBE

Česlovas Jukna, Vigilijus Jukna, Nijolė Pečiulaitienė, Jolita Klementavičiūtė

Lietuvos veterinarijos akademija, Gyvulių mėšinių savybių ir mėsos kokybės įvertinimo laboratorija, Tilžės g. 18, Kaunas LT-47181; tel. 36 34 14; el. paštas: nijole@lva.lt

**Santrauka.** Straipsnyje įvertintas galvijų raumenų elektros laidumo ryšys su mėsos kokybe praėjus įvairiam laiko tarpui po skerdimu. Bandymai atlikti su 50 Lietuvos juodmargių ir Lietuvos žaliųjų buliukų skerdenomis. Ištirtas galvijų skerdenų ilgiausiojo nugaros (*M. longissimus dorsi*) ir pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) elektros laidumas praėjus 45, 60, 90, 120, 150 minučių bei 24 ir 96 valandoms nuo gyvulio paskerdimo. Mėsos kokybės tyrimus atlikome pagal bendrai priimtas metodikas.

Ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumas m/S praėjus 24 valandoms po gyvulio skerdimo padidėjo 2,76 karto ( $p \leq 0,05$ ), o praėjus 48 valandoms – 6,72 karto ( $p \leq 0,05$ ) lyginant su duomenimis, nustatytais praėjus 45 minutėms. Panašūs rezultatai gauti ir pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) elektros laidumo. Praėjus 24 valandoms nuo gyvulio paskerdimo raumens laidumas padidėjo 2,28 karto ( $p \leq 0,05$ ), o po 48 valandų – 6,18 karto ( $p \leq 0,05$ ) lyginant su raumens elektros laidumu po 45 minučių.

Aukščiausias teigiamas koreliacijos koeficientas ( $r=0,55$ ;  $p \leq 0,05$ ) tarp elektros laidumo ir mėsos pH buvo praėjus 120 minučių nuo gyvulio paskerdimo. Tuo tarpu aukštas neigiamas koreliacijos koeficientas nustatytas tarp galvijų ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumo ir virimo nuostolių ( $r=-0,39$ ;  $p \leq 0,05$ ) praėjus 120 minučių, kietumo ( $r=-0,43$ ;  $p \leq 0,05$ ) – praėjus 60 minučių, o oksiprolino kiekio ( $r=-0,36$ ;  $p \leq 0,05$ ) – praėjus 90 minučių nuo gyvulio paskerdimo. Daroma išvada, kad galvijų raumenų elektros laidumas per pirmąsias dvi valandas paskerdus gyvulį gali būti panaudotas mėsos perdirbimo įmonėse rūšiuojant skerdenas. Tai sudarytų galimybę įvertinti skerdenas atsižvelgiant ir į mėsos kokybę. Toks skerdenų rūšiavimas didintų mėsos konkurencingumą.

**Raktažodžiai:** galvijai, raumenys, elektros laidumas, mėsos kokybė.

## POSTMORTEM CHANGES IN BOVINE MUSCLE ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND ITS RELATIONSHIP TO MEAT QUALITY ATTRIBUTES

Česlovas Jukna, Vigilijus Jukna, Nijolė Pečiulaitienė, Jolita Klementavičiūtė

Laboratory of Meat Characteristics and Quality Assessment, Lithuanian Veterinary Academy, Tilžės 18, LT-47181 Kaunas, Lithuania. phone. +370 36 34 14, e-mail: nijole@lva.lt

**Summary.** Postmortem changes in muscle electrical conductivity (EC) of bovine *longissimus dorsi* and its relationship to meat quality attributes were investigated. Fifty Lithuanian Black & White and Lithuanian Red bulls were slaughtered. EC of *muscular longissimus dorsi* and *muscular semimembranosus* at 45, 60, 90, 120, 150 minutes and again at 1, 2 and 4 days postmortem was studied for their ability to indicate or predict meat quality attributes.

During the development of rigor and over the ageing period, electrical changes occur in muscle tissue. EC of *muscular longissimus dorsi* m/S increased on 2.76 time at 1 day postmortem ( $p \leq 0.05$ ) and on 6.72 time at 2 days postmortem ( $p \leq 0.05$ ) compared to EC at 45 minutes postmortem. Comparable results were obtained on *muscular semimembranosus* EC, which increased on 2.28 and 6.18 times after 1 and 2 days post-mortem compared to the data obtained 45 minutes postmortem ( $p \leq 0.05$ ). Meat pH taken 120 minutes postmortem were highly significantly correlated with EC measurements ( $r=0,55$ ,  $p \leq 0.05$ ). However, EC of *muscular longissimus dorsi* at 120 minutes postmortem showed high negative correlation with cooking loss percent ( $r=-0.39$ ,  $p \leq 0.05$ ). Furthermore, at 60 minutes postmortem EC negatively correlated with shear force of meat ( $r=-0.43$ ,  $p \leq 0.05$ ) and at 90 minutes postmortem with oxyproline amount ( $r=-0.36$ ,  $p \leq 0.05$ ), respectively.

In conclusion, electrical measurements were found to change significantly between first hours and 1-2 days postmortem demonstrating that early postmortem electric measurements are suitable for the prediction of ultimate meat quality. Therefore, the data obtained on early electrical measurements of meat can expand a concurrence in assortment of carcasses.

**Key words:** cattle, muscle, electric conductivity, meat quality.

**Įvadas.** Mėsos kokybę apibūdina daugelis mitybinių, biologinių ir technologinių rodiklių. Mėsa yra vienas svarbiausių šaltinių aprūpinant gyventojus aukštos biologinės vertės baltymais (Jukna ir kt., 2006). Joje yra daug nepakeičiamų aminorūgščių, riebaluose ir vandenyje tirpstančių vitaminų, mineralinių medžiagų ir mikroelementų (Culioli et al., 2003).

Mėsos kokybę apibūdina cheminė sudėtis ir fizinės

savybės (pH, spalva, vandens rišlumas, kietumas, terminio apdorojimo nuostoliai, mėsos baltymų visavertiškumas, virškinamumas ir kt.). Šiems rodikliams turi įtakos gyvulių rūšis, veislė, individualios savybės, lytis, amžius, išauginimo technologijos, įmitimas ir kiti veiksniai (Vestergaard et al., 1999; Renand et al., 2001). Jų žinojimas ir kryptingas žmogaus veiklos organizavimas padeda gerinti gyvulių mėsines savybes ir mėsos kokybę. Gyvulių pro-

duktyvumas ir produkcijos kokybė priklauso nuo genotipinių ir fenotipinių veiksnių (Gao et al., 2007), kurie yra neatskiriami. Gerindami gyvulių genotipą turime sudaryti ir tinkamas sąlygas jam realizuoti.

Bet kurio požymio gerinimo selekcijos būdu efektyvumas priklauso nuo atrankos intensyvumo ir nuo įvertinimo metodų tobulumo, todėl pastaruoju metu ieškoma būdų, kaip įvertinti produkcijos kokybę gamybai prieinamais metodais. Mėsos kokybės skirtingus rodiklius pagal raumenų elektros laidumą tyrė daugelis mokslininkų (Honikel, Fischer, 1977; Blicharski et al., 1995; Strzelecki et al., 1995; Lee et al., 1999; Lyczynski et al., 2007). Jau po 50 minučių nuo gyvulio paskerdimo galima nustatyti glaudų ryšį tarp mėsos kokybės rodiklių ir raumens elektros laidumo. Kuo ilgiau bręsta mėsa, tuo didesnis raumenų elektros laidumas (Stupka et al., 1993). Taigi galvijų mėsos kokybės vertinimas pagal raumens elektros laidumą yra geras ir patogus metodas, kurį lengva taikyti mėsos perdirbimo įmonėse (Lyczynski et al., 2007).

**Darbo tikslas** – nustatyti galvijų raumenų elektros laidumo ryšį su mėsos kokybe praėjus įvairiam laikui tarpui po skerdimo.

**Medžiagos ir metodai.** Bandymai atlikti su 50 Lietuvos juodmargių ir Lietuvos žaliųjų buliukų skerdenomis. Ištirtas galvijų skerdenų ilgiausiojo nugaros (*M. longissimus dorsi*) ir pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) elektros laidumas po 45, 60, 90, 120, 150 minučių, 24 ir 96 valandų nuo gyvulio paskerdimo. Raumenų elektros laidumą nustatėme vokiečių gamybos prietaisu „LF/pt-STAR-CUP“. Elektrodai buvo įleisti į ilgiausiojo nugaros (*M. longissimus dorsi*) ir pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) vidurį. Mėsos kokybės tyrimui mėginys buvo paimtas iš ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) ties paskutiniu šonkauliu. Tyrimai atlikti mėsos perdirbimo įmonėse ir Lietuvos veterinarijos akademijos Gyvulių mėšinių savybių ir mėsos kokybės įvertinimo laboratorijoje. Mėsos kokybės tyrimai atlikti praėjus 48 valandoms po skerdimo. Tyrimus atlikome pagal bendrai priimtą metodiką. Mėsos pH nustatėme laboratoriniu pH-metru „INOLAB3“ naudodami kontaktinį elektrodą „Sensatix“, sausųjų medžiagų kiekį – su automatinėmis svarstyklėmis „SM-1“, spalvos intensyvumą – pagal D. Fuison ir R. Krisammer metodiką, vandens rišlumą – R. Grau ir R. Hamm metodu, vandeninumą – laikydami mėsą 24 valandas šaldytuve specialiuose maišeliuose, virimo nuostolius – E. Šilingo metodu, mėsos kietumą – Warner ir Bratzler metodu, riebalų kiekį

– Soksleto metodu, triptofano kiekį – E. Spaiso ir D. Čambers, o oksiprolino kiekį – R. Noimano ir M. Logano metodais.

Gautų duomenų pagrindu apskaičiavome mėsos fizines ir chemines savybes apibūdinančių rodiklių vidurkį, apskaičiavome koreliacijos koeficientus tarp elektros laidumo praėjus įvairiam laikotarpiui po skerdimo ir tirtų mėsos fizinių ir cheminių savybių. Duomenis apdorojame statistiniu paketu R, versija 2.0.1. (Gentlemen, Ihaka, 1997). Skirtumus statistiškai patikimais laikėme, kai  $p < 0,05$ .

**Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas.** Elektros laidumas kinta vykstant fermentacijos procesams gyvulio raumenyse praėjus įvairiam laikui tarpui nuo paskerdimo. Galvijų raumenų elektros laidumo dinamika po skerdimo pateikta 1 lentelėje. Joje matyti, kad per pirmąsias dvi valandas elektros laidumas abiejuose tirtuose raumenyse buvo gana panašus. Jis mažėjo iki 90 minučių po gyvulio skerdimo. Ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumas sumažėjo 0,14 kartų ( $p \leq 0,05$ ), o pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) – 0,41 karto ( $p \leq 0,05$ ) lyginant tarp 45 minučių ir 90 minučių po gyvulio skerdimo. Tuo tarpu po dviejų parų, mėšai subrendus, raumenų elektros laidumas padidėjo dukart. Kuo ilgiau mėsa bręsta, tuo raumenų elektros laidumas didėja (Lepetit et al., 2002; Borzuta et al., 2004). Ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumas praėjus 24 valandoms po gyvulio skerdimo padidėjo 2,76 karto ( $p \leq 0,05$ ), o po 48 valandų – 6,72 karto ( $p \leq 0,05$ ) lyginant su duomenimis, po 45 minučių.

Panašūs rezultatai gauti ir pusplėvinio raumens (*M. semimembranosus*) elektros laidumo. Praėjus 24 valandoms po gyvulio skerdimo raumens laidumas padidėjo 2,28 karto ( $p \leq 0,05$ ), o po 48 valandų – 6,18 karto ( $p \leq 0,05$ ) lyginant su raumens elektros laidumu po 45 minučių. Tyrimai su galvijų skerdenomis parodė, kad elektros laidumas gali būti panaudotas kaip testas nustatant glaudų ryšį su mėsos kokybės rodikliais. Tai gali sudaryti galimybę rūšiuoti skerdenas ne tik pagal riebalų kiekį ir mėsingumą, bet ir pagal mėsos kokybę. Pagal daugelio mokslininkų (Lee et al., 1999; Antosik et al., 2003; Pospiech et al., 2006; Lyczynski et al., 2007) tyrimų rezultatus nustatyta, kad geriausia mėsos kokybės rodiklius vertinti pagal raumens elektros laidumą praėjus 24 valandoms po gyvulio skerdimo.

1 lentelė. Paskerstų galvijų raumenų elektros laidumo dinamika po skerdimo, mS

Raumuo	Laikas po skerdimo						
	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	24 val.	48 val.
Ilgiausiasis $\bar{X}$	2,01	1,91	1,87*	1,96	2,19	4,77*	8,73*
Nugaros $S_x$	0,05	0,04	0,05	0,07	0,09	0,63	0,87
Pusplėvinis $\bar{X}$	2,54	2,35	2,13*	2,16	2,31	4,82*	8,72*
$S_x$	0,09	0,09	0,07	0,08	0,10	0,62	0,89

\*  $p < 0,05$

2 lentelė. Galvijų ilgiausiojo nugaros raumens fizinės ir cheminės savybės

Rodikliai	$\bar{X}$	$S_x$	Min.-maks.
Sausosios medžiagos, proc.	25,88	0,27	22,37-29,41
Riebalai, proc.	2,36	0,14	0,35-4,20
pH	5,58	0,03	5,20-6,00
Kietumas, kg/cm <sup>2</sup>	2,18	0,10	0,50-3,38
Virimo nuostoliai, proc.	43,88	0,59	35,90-51,62
Vandens rišlumas, mg/%	72,96	0,36	65,57-78,03
Spalva, ekst. koef.	380	20	160-660
Triptofanas, mg/%	361	17	281-432
Oksiprolinas, mg/%	79,8	3,87	58,3-93,4

Galvijų ilgiausiojo nugaros raumens fizinių ir cheminių savybių rodiklių vidurkiai atitiko min. ir maks. ribas. Tyrimų duomenys pateikti 2 lentelėje.

Teorijai ir praktikai didelę reikšmę turi koreliacijos koeficiento tarp raumenų elektros laidumo ir pagrindinių mėsos biologinę bei mitybinę vertę apibūdinančių rodiklių dydis. Nustačius tarp jų koreliaciją, raumenų elektros laidumą galima panaudoti kaip netiesioginį mėsos kokybės rodiklį.

Norint panaudoti mėsos elektros laidumą kaip netiesioginį kokybės rodiklį, reikia žinoti jo koreliacijos dydį su atskirais mėsos kokybės rodikliais. Iš 3 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad galvijų ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumas teigiamai koreliuoja su pH, kietumu, vandens rišlumu, spalva ir triptofano kiekiu, o neigiamai – su mėsos virimo nuostoliais bei oksiprolino kiekiu. Mūsų bandymais, aukščiau-

šias teigiamas koreliacijos koeficientas ( $r=0,55$ ;  $p \leq 0,05$ ) tarp elektros laidumo ir mėsos pH buvo po 120 minučių nuo gyvulio paskerdimo. Tuo tarpu C. E. Byrne ir kiti tyrėjai (1999) bandymais nustatė teigiamą ir aukštą koreliaciją ( $r=0,45-0,62$ ;  $p \leq 0,01-p \leq 0,001$ ) tarp galvijų ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumo ir mėsos pH praėjus 48 valandoms po gyvulio skerdimo. Mūsų tyrimais gauti vidutinio dydžio neigiami koreliacijos koeficientai tarp galvijų ilgiausiojo nugaros raumens (*M. longissimus dorsi*) elektros laidumo ir virimo nuostolių ( $r=-0,39$ ;  $p \leq 0,05$ ) praėjus 120 minučių, kietumo ( $r=-0,43$ ;  $p \leq 0,05$ ) – praėjus 60 minučių, o oksiprolino kiekio ( $r=-0,36$ ;  $p \leq 0,05$ ) – praėjus 90 minučių po gyvulio skerdimo. Vadinasi, mažiau jungiamojo audinio turinčioje mėsoje elektros laidumas esti didesnis ir gali būti laikomas netiesioginiu galvijienos biologinės vertės rodikliu.

3 lentelė. Ilgiausiojo nugaros raumens elektros laidumo ir mėsos kokybės rodiklių koreliacijos koeficientai, r

Rodikliai	Elektros laidumas						
	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	24 val.	96 val.
Sausosios medžiagos, proc.	-0,10	-0,23	-0,20	-0,15	-0,10	-0,13	-0,08
pH	0,50*	0,50*	0,50*	0,55*	0,54*	0,01	0,07
Kietumas, kg/cm <sup>2</sup>	0,70	-0,43*	-0,38*	-0,32*	-0,15	-0,13	0,05
Virimo nuostoliai, proc.	-0,18	-0,26	-0,36*	-0,39*	-0,38*	-0,29*	-0,10
Vandens rišlumas, mg/%	0,27	0,30	0,28*	0,20	0,22	0,28*	0,26
Spalva, ekst. koef.	0,14	0,13	0,17	0,12	0,09	0,12	0,12
Triptofanas, mg/%	0,19	-0,17	-0,09	0,12	0,12	0,23	-0,60
Oksiprolinas, mg/%	-0,34*	-0,32*	-0,36*	-0,32*	-0,28*	-0,10	-0,34*

\*  $p < 0,05$

Vertinant bulius pagal palikuonių penėjimosi bei mėsos savybes, daug darbo reikalaujantį mėsos baltymų visavertiškumo rodiklio nustatymą galima būtų pakeisti raumenų elektros laidumo nustatymo testu. Per pirmąsias dvi valandas po skerdimo koreliacijos koeficientų dydis tarp raumens elektros laidumo ir mėsos kokybę apibūdinančių rodiklių yra pastovus, todėl mėsos perdirbimo įmonėje prieš skerdenas dedant į atvėsimo kamerą pakanka laiko skerdenų kokybei įvertinti pagal raumenų elektros laidumą.

Apibendrinant pateiktus tyrimų duomenis galima padaryti tokias išvadas:

1. Galvijų raumenų elektros laidumas per pirmąsias

dvi valandas po gyvulio skerdimo gali būti panaudotas gamyboje kaip rodiklis, netiesiogiai apibūdinantis mėsos pH, kietumą ir baltymų visavertiškumą.

2. Galvijų raumenų elektros laidumo testas gali būti pritaikytas mėsos perdirbimo įmonėse rūšiuojant skerdenas. Tai būtų galimybė galvijų skerdenas įvertinti atsižvelgiant ir į mėsos kokybę. Toks skerdenų rūšiavimas sąlygotų mėsos konkurencingumo didinimą.

3. Vystant mėsinę galvijininkystę ir ieškant paprastesnių metodų, mėsos kokybei įvertinti tikslinga atlikti išsamesnius tyrimus. Reikia sparčiau gerinti Lietuvoje gaminamos galvijienos kokybę atsižvelgiant į didėjančius rinkos reikalavimus.

## Literatūra

1. Antosik K., Krzeczio E., Kocwin-Podsiadla M., Zybert A., Sieczkowska H., Miszczuk B., Lyczynski A. Links between electrical conductivity and selected quality characteristics of pork meat. 2003. *Animal Science*. Vol. 4 (37). P. 11–21.
2. Byrne C. E., Troy D. J., Buckley D. J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *M. longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. 1999. *Meat Science*. Vol. 54. P. 23–34.
3. Blicharski T., Ostrowski A., Nowak B., Komender P. Preliminary estimation of the value of electric conductivity measurements for detecting the PSE and DFD defects in pork. 1995. *Animal Science*. Vol. 13. P.1.
4. Borzuta K., Grzeskowiak E., Lisial D., Rogalski J., Strzelecki J. Electrical conductivity of different quality groups of pork meat. 2004. *Meat Science*. Vol. 41. P. 385–389.
5. Culioli J., Berri C., Mourot J. Muscle foods: consumption, composition and quality. *Science Aliments*. 2003. Vol. 23. P.13–34.
6. Gao Y., Zhang R., Hu X. Li N. Application of genomic technologies to the improvement of meat quality of farm animals. 2007. Vol. 77. P. 36–45.
7. Gentleman R., Ihaka R. Notes on R: A programming environment for data analysis and graphics. 1997. Department of statistics university of Auckland.
8. Honikel K. O., Fischer H. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. 1977. *Food Science*. Vol. 42. P. 1633–1636.
9. Jukna Č., Jukna V., Pečiulaitienė N. Lietuvos juodmargių bulių įtaka palikuonių penėjimosi ir mėsinėms savybėms. 2006. *Veterinarija ir zootechnika*. T. 36 (58). P. 27–29.
10. Lee S., Norman J. M., Gunasekaran S., Laack van R. L. J. M., Kim B. C. Kauffman R. G. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. 1999. *Meat Science*. Vol. 55. P. 385–389.
11. Lepetit J., Sale P., Favier R., Dalle R. Electrical impedance and tenderisation in bovine meat. 2002. *Meat Science*. Vol. 60. P. 51–62.
12. Lyczynski A., Pospiech E., Runowska G., Rzosinska E., Mikolajczak B., Grzes B., Iwanska E., Wojtczak J. Utilisation of electrical conductivity for rapid diagnosis of pork meat quality. 2007. *Animal Science*. Vol. 58. P. 80–81.
13. Pospiech E., Lyczynski A., Kocwin-Podsiadla M., Grzes B., Krzeczio E., Zybert A. Factors influencing changes of electrical conductivity in *M. longissimus dorsi* of pigs. 2006. *Animal Science*. Vol. 2. P. 349–351.
14. Renand G., Picard B., Touraille C., Berge P., Lepetit J. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. 2001. Vol. 59. P. 49–60.
15. Strzelecki J., Borzuta K., Piechocki T., Grzeskowiak E. Determination of the different quality parameters of pork meat electrical conductivity. 1995. *Animal Science*. Vol. P. 89–100.
16. Stupka R., Por M., Sprysl M., Cisar M. The Use of Harpoon Biopsy; Phe; Electric Conductivity; Limit Values; Relationships. *Zivocisma Vyroba*. 1993. Vol. 38(4). P. 369–376.
17. Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. 1999. *Meat Science*. Vol. 54. P. 177–185.