

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA MIĘSA WIEPRZOWEGO JAKO WSKAŹNIK JEGO JAKOŚCI

ELECTRICAL CONDUCTIVITY AS AN INDICATOR OF PORK MEAT QUALITY

Grażyna CZYŻAK-RUNOWSKA*¹, Andrzej ŁYCZYŃSKI¹, Edward POSPIECH^{2,3}, Maria KOĆWIN-PODSIADŁA⁴, Janusz WOJTCZAK¹, Ewa RZOSIŃSKA¹, Beata MIKOŁAJCZAK², Bożena GRZEŚ², Ewa IWAŃSKA², Elżbieta KRZĘCIO⁴, Halina SIECZKOWSKA⁴, Katarzyna ANTOSIK⁴

¹Department of Small Mammals Breeding and Raw Materials of Animal Origin, University of Life Sciences in Poznań, Wołyńska 33, 60-637 Poznań, Poland

²Institute of Meat Technology, University of Life Sciences in Poznań, Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, Poland

³Meat and Fat Research Institute, Głogowska 239, 60-111 Poznań, Poland

⁴Department of Pig Breeding and Meat Evaluation, University of Podlasie, B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Poland

*Corresponding author: Grażyna Czyżak-Runowska, Department of Small Mammals Breeding and Raw Materials of Animal Origin, University of Life Sciences in Poznań, Wołyńska 33, 60-637 Poznań, Poland, E-mail: grunowsk@jay.au.poznan.pl tel. 061-848-7241, fax 061-848-7240

Manuscript received: October 10, 2008; Reviewed: May 13, 2010; Accepted for publication: May 24, 2010

ABSTRACT

The performed experiments allowed determining to what extent meat electrical conductivity measured at two time intervals ($EC_{90'}$ and EC_{24h}) may affect significantly the selected pork meat quality parameters. The experimental material comprised 75 carcasses, of which 32 were carcasses derived from hogs of line 990 and 43 were carcasses of Danish hybrid hogs [(L x Y) x Du]. The following parameters were investigated: electrical conductivity ($EC_{90'}$ and EC_{24h}), thermal drip and water holding capacity content as well as meat texture (tenderness and juiciness). After the assessment of meat electrical conductivity, the obtained results were divided into three groups taking into consideration differences in their values: $EC_{90'}$: up to 3.50 mS/cm; from 3.51 – 5.00 mS/cm; > 5.00 mS/cm, and EC_{24h} measurement: up to 4.99 mS/cm; from 5.00 – 8.00 mS/cm; > 8.00 mS/cm. It is clear from the performed investigations that measurements of meat electrical conductivity carried out 24 h after the slaughter of animals, in comparison with the measurements taken 90' after slaughter, was correlated with the examined meat parameters higher degree.

KEY WORDS: electrical conductivity, pork meat quality

STRESZCZENIE

W pracy oceniano, w jakim stopniu przewodność elektryczna mięsa, mierzona w dwóch przedziałach czasowych ($EC_{90'}$ i EC_{24h}), ma istotny wpływ na wybrane wyróżniki jakości mięsa wieprzowego. Materiał doświadczalny stanowiło 75 tusz, w tym: 32 tusze wieprzków świń linii 990 i 43 tusze wieprzków mieszańców świń duńskich [(L x Y) x Du]. Ocenie poddano następujące parametry: przewodność elektryczną ($EC_{90'}$ i EC_{24h}), wyciek termiczny i wodochłonność (WHC) oraz teksturę mięsa (kruchość i soczystość). Następnie uzyskane wyniki podzielono umownie na 3 grupy, w zależności od wartości przewodności elektrycznej ($EC_{90'}$: do 3,50 mS/cm; 3,51 – 5,00 mS/cm; > 5,00 mS/cm i EC_{24h} : do 4,99 mS/cm; 5,00 – 8,00 mS/cm; > 8,00 mS/cm). Z przeprowadzonych badań wynika, że pomiar przewodności elektrycznej mięsa wykonywany w 24h, w porównaniu do jej pomiarów w 90' po uboju tuczników, był w wyższym stopniu skorelowany z ocenianymi parametrami mięsa.

Słowa kluczowe: przewodność elektryczna, jakość mięsa wieprzowego

STRESZCZENIE SZCZEGÓŁOWE

W pracy ustalano w jakim stopniu przewodność elektryczna mięsa, mierzona w dwóch przedziałach czasowych ($EC_{90'}$ i EC_{24h}), jest powiązana z wybranymi wyróżnikami jakości mięsa wieprzowego. Materiał doświadczalny stanowiło 75 tusz, w tym: 32 tusze wieprzków świń linii 990 i 43 tusze wieprzków mieszańców świń duńskich $[L \times Y) \times Du]$. Ocenie poddano następujące parametry: przewodność elektryczną ($EC_{90'}$ i EC_{24h}), wyciek termiczny i wodochłonność (WHC) oraz teksturę mięsa (kruchość i soczystość). Po pomiarze przewodności elektrycznej uzyskane wyniki podzielono umownie na 3 grupy w zależności od wartości, a mianowicie: w przypadku $EC_{90'}$: do 3,50 mS/cm; 3,51 – 5,00 mS/cm; > 5,00 mS/cm, natomiast przy pomiarze EC_{24h} : do 4,99 mS/cm; 5,00 – 8,00 mS/cm; > 8,00 mS/cm. Stwierdzono, że większej wartości przewodności elektrycznej, mierzonej 90' po uboju zwierząt, towarzyszył jedynie statystycznie istotnie wyższy wyciek termiczny. Natomiast pomiar przewodności elektrycznej mięsa wykonywany 24h po uboju zwierząt, w 3 przedziałach ich wartości, był związany z niższą wodochłonnością oraz pogorszeniem soczystości mięsa. Przedstawione wartości współczynników korelacji Pearsona, między ocenianymi cechami jakości mięsa wykazały statystycznie wysoko istotne zależności między kruchością i soczystością mięsa ($r_p = 0,748^{**}$); między WHC a soczystością mięsa ($r_p = -0,681^{**}$); między wyciekami termicznymi a WHC ($r_p = 0,555^{**}$); wyciekami termicznymi a kruchością ($r_p = -0,418^{**}$) i soczystością mięsa ($r_p = -0,406^{**}$) oraz między WHC a kruchością ($r_p = -0,451^{**}$) i soczystością mięsa ($r_p = -0,681^{**}$). Z przeprowadzonych badań wynika, że pomiar przewodności elektrycznej mięsa wykonywany w 24h, w porównaniu do jej pomiarów w 90' po uboju tuczników,

był w wyższym stopniu skorelowany z ocenianymi parametrami mięsa.

INTRODUCTION

Pork meat quality depends, primarily, on genetic and environmental factors as well as on interactions taking place between them [9], [11], [15], [19], [20]. Increased meatiness of fatteners in Poland observed in recent years is one of the causes contributing to meat quality deterioration [3], [7], [9], [10], [13]. Analysing meat quality assessment indicators, it can be said that electrical conductivity is considered by many researchers as a good indicator and, at the same time, one that can be easily used in practice on the slaughter line [1], [3], [5], [12], [17], [18]. Meat quality as assessed by consumers plays an increasingly important role, hence, continuous attempts are made to find and implement in practice simple methods of meat quality evaluation already on the slaughter line.

The aim of this study was to determine to what extent meat electrical conductivity measured at two time intervals ($EC_{90'}$ and EC_{24h}) is connected with technological parameters and pork meat texture.

MATERIAL AND METHODS

The experimental material comprised 75 carcasses, of which 32 were carcasses derived from hogs of line 990 and 43 were carcasses of Danish hybrid hogs $[(L \times Y) \times Du]$. The experimental animals were kept in controlled environmental conditions. When the animals reached the final body weight of about 105 kg, they were slaughtered at one slaughter house in accordance with technological standards adopted in meat processing plants. Meat quality was assessed in the longissimus lumborum

Table 1. Characteristics of analysed meat quality traits for the entire population of slaughtered fatteners
Tabela 1. Charakterystyka analizowanych cech jakości mięsa dla całej populacji ubitych tuczników

| Analysed parameters Analizowane parametry | Statistical parameters Parametry statystyczne | | | |
|--|--|-----------|------|-------|
| | n | \bar{x} | sd | cv |
| $EC_{90'}$ (mS/cm) | 75 | 4.90 | 3.48 | 70.99 |
| EC_{24h} (mS/cm) | 75 | 5.34 | 2.23 | 41.78 |
| Thermal drip (%) Wyciek termiczny (%) | 75 | 26.86 | 2.91 | 10.83 |
| Water holding capacity (%) WHC (%) | 75 | 35.79 | 4.73 | 13.21 |
| Tenderness (points) Kruchość (punkty) | 75 | 6.20 | 1.12 | 18.04 |
| Juiciness (points) Soczystość (punkty) | 75 | 6.57 | 1.63 | 24.77 |

Table 2. Statistical values of assessed meat quality traits in three value intervals of electrical conductivity measurements taken 90' after slaughter
 Tabela 2. Wartości statystyczne ocenianych cech jakości mięsa w 3 przedziałach wartości pomiarów przewodności elektrycznej mierzonej 90' po uboju

| Analysed parameters Analizowane parametry | Interval between meat electrical conductivity Przedziały przewodności elektrycznej | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|-----------|--------------------------------------|-------|----|---------------------------------------|------|-------|----------------------------------|-----------|------|-------|
| | Effect of factor EC _{90'} | | | EC _{90'} : up to 3,50 mS/cm | | | EC _{90'} : 3,51 – 5,00 mS/cm | | | EC _{90'} : > 5,00 mS/cm | | | |
| | Wpływ czynnika EC _{90'} | n | \bar{x} | sd | cv | n | \bar{x} | sd | cv | n | \bar{x} | sd | cv |
| EC _{90'} (mS/cm) | ** | 29 | 3.19 A | 0.26 | 8.04 | 28 | 3.94 B | 0.36 | 9.12 | 18 | 9.17 AB | 5.16 | 56.27 |
| EC _{24h} (mS/cm) | ** | 29 | 4.69 A | 1.38 | 29.41 | 28 | 4.68 B | 1.24 | 26.51 | 18 | 7.42 AB | 3.17 | 42.76 |
| Thermal drip (%) | * | 29 | 26.31 a | 2.37 | 9.01 | 28 | 26.45 b | 2.73 | 10.30 | 18 | 28.37 ab | 3.55 | 12.52 |
| Wyciek termiczny (%) | | | | | | | | | | | | | |
| Water holding capacity (%) | ns | 29 | 35.29 | 3.77 | 10.70 | 28 | 36.05 | 5.08 | 14.08 | 18 | 36.20 | 5.67 | 15.66 |
| WHC (%) | | | | | | | | | | | | | |
| Tenderness (points) | ns | 29 | 6.29 | 1.17 | 18.69 | 28 | 6.19 | 1.05 | 16.91 | 18 | 6.09 | 1.19 | 19.49 |
| Kruchość (punkty) | | | | | | | | | | | | | |
| Juiciness (points) | ns | 29 | 6.72 | 1.56 | 23.25 | 28 | 6.52 | 1.63 | 25.03 | 18 | 6.39 | 1.79 | 27.93 |
| Soczystość (punkty) | | | | | | | | | | | | | |

*the effect of the factor significant at $P \leq 0.05$, ** the effect of the factor significant at $P \leq 0.01$, ns - the effect of the factor non-significant

* wpływ czynnika na poziomie $P \leq 0.05$, ** wpływ czynnika na poziomie $P \leq 0.01$, ns - wpływ czynnika nieistotny

Means designated with the same letters (a, b, c) differ significantly at $P \leq 0.05$, Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) różnią się statystycznie istotnie na poziomie $P \leq 0.05$

Means designated with the same letters (A, B, C) differ significantly at $P \leq 0.01$, Średnie oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) różnią się statystycznie istotnie na poziomie $P \leq 0.01$

Table 3. Statistical values of assessed meat quality traits in three value intervals of electrical conductivity measurements taken 24h after slaughter
Tabela 3. Wartości statystyczne ocenianych cech jakości mięsa w 3 przedziałach wartości pomiarów przewodności elektrycznej mierzonej 24h po uboju

| Analysed parameters Analizowane parametry | Effect of factor EC _{24h} | Interval between meat electrical conductivity Przedziały przewodności elektrycznej mięsa | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|-----------|------|---------------------------------------|----|-----------|----------------------------------|-------|---|-----------|------|-------|
| | | EC _{24h} : up to 4.99 mS/cm | | | EC _{24h} : 5.00 – 8.00 mS/cm | | | EC _{24h} : > 8.00 mS/cm | | | | | |
| | | n | \bar{x} | sd | cv | n | \bar{x} | sd | cv | n | \bar{x} | sd | cv |
| EC _{24h} (mS/cm) | ** | 42 | 3.94 AB | 0.60 | 15.18 | 24 | 5.89 AC | 0.66 | 11.20 | 9 | 10.43 BC | 1.62 | 15.57 |
| Thermal drip (%) Wyciek termiczny (%) | ns | 42 | 26.44 | 2.60 | 9.84 | 24 | 26.51 | 2.91 | 10.97 | 9 | 29.71 | 2.98 | 10.03 |
| Water holding capacity (%) WHC (%) | ** | 42 | 35.51 A | 4.77 | 13.44 | 24 | 34.30 B | 3.67 | 10.70 | 9 | 41.08 AB | 3.56 | 8.66 |
| Tenderness (points) Kruchość (punkty) | ns | 42 | 6.18 | 1.10 | 17.80 | 24 | 6.40 | 1.07 | 16.67 | 9 | 5.77 | 1.33 | 23.07 |
| Juiciness (points) Soczystość (punkty) | ** | 42 | 6.65 A | 1.51 | 22.67 | 24 | 7.14 B | 1.47 | 20.55 | 9 | 4.64 AB | 1.18 | 25.53 |

*the effect of the factor significant at $P \leq 0.05$, ** the effect of the factor significant at $P \leq 0.01$, ns - the effect of the factor non-significant

* wpływ czynnika na poziomie $P \leq 0.05$, ** wpływ czynnika na poziomie $P \leq 0.01$, ns wpływ czynnika nieistotny

Means designated with the same letters (a, b, c) differ significantly at $P \leq 0.05$, Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) różnią się statystycznie istotnie na poziomie $P \leq 0.05$

Means designated with the same letters (A, B, C) differ significantly at $P \leq 0.01$, Średnie oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) różnią się statystycznie istotnie na poziomie $P \leq 0.01$

muscle in its lumbar part, on the basis of measurements of electrical conductivity measured twice ($EC_{90'}$ and EC_{24h}), technological parameters (thermal drip and water holding capacity) as well as meat consumers' parameters (tenderness and juiciness). Electrical conductivity ($EC_{90'}$ and EC_{24h}) was determined using an LF-STAR apparatus (Matthäus), the thermal drip – by Janicki and Walczak method [21] and water holding capacity (WHC) by Grau and Hamm method [8] in the modification proposed by Pohja and Ninivaara [14]. Meat sensory evaluation (tenderness and juiciness) was carried out in a 10 point scale according to Baryłko-Pikielna [2]. Samples for investigations of technological parameters (thermal drip and water holding capacity) as well as meat texture (tenderness and juiciness) were taken after 24 carcass chilling from left half-carcasses behind the last thoracic vertebra in lumbar direction. Next, they were packed into foil bags and transferred in cold store conditions to the Laboratory of Meat Quality Assessment which belongs to the Department of Raw Materials of Animal Origin where meat drips and texture were assayed. After the assessment of meat electrical conductivity on the slaughter line, depending on the time of measurement, after 90 minutes or 24 hours, the obtained results were divided conventionally into three groups taking into consideration differences in their values, in the case of $EC_{90'}$: up to 3.50 mS/cm; from 3.51 – 5.00 mS/cm; > 5.00

mS/cm, whereas in the case of EC_{24h} measurement: up to 4.99 mS/cm; from 5.00 – 8.00 mS/cm; > 8.00 mS/cm.

All the measurements were conducted on the left half-carcass. The obtained results were subjected to statistical analysis (STATISTICA 7.2 program) using for this purpose two-factorial analysis of variance taking into account genotype effect. Moreover, Pearson's correlation coefficients were calculated between measurements of electrical conductivity measured two times ($EC_{90'}$ and EC_{24h}) and the assessed parameters of meat quality traits.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents values of the analysed meat quality traits for the entire population of slaughtered fatteners, whereas Table 2 shows statistical values (\bar{x} , sd, cv) of the evaluated quality traits in three value intervals of meat electrical conductivity measured 90' after slaughter. It was found that increased electrical conductivity measured 90 minutes after the slaughter of experimental animals was associated statistically significantly with higher meat electrical conductivity measured 24 hours after slaughter and higher thermal drip. On the other hand, Table 3 presents statistical values (\bar{x} , sd, cv) of the evaluated quality traits in three value intervals of meat

Table 4. Pearson's correlation coefficients between electrical conductivity measured 90' and 24 h after slaughter of animals and technological parameters and meat texture

Table 4. Współczynniki korelacji Pearsona między przewodnością elektryczną mierzoną 90' i 24h po uboju zwierząt a wyróżnikami technologicznymi i teksturą mięsa

| Analysed parameters Analizowane parametry | $EC_{90'}$ | EC_{24h} | Thermal drip Wyciek termiczny | Water holding capacity WHC | Tenderness Kruchość | Juiciness Soczystość |
|--|------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| $EC_{90'}$ (mS/cm) | - | 0.798** | 0.368** | 0.361** | - 0.1852 | - 0.348** |
| EC_{24h} (mS/cm) | - | - | 0.290* | 0.344** | - 0.1173 | - 0.361** |
| Thermal drip (%) Wyciek termiczny (%) | - | - | - | 0.555** | - 0.418** | - 0.406** |
| Water holding capacity (%) WHC (%) | - | - | - | - | - 0.451** | - 0.681** |
| Tenderness (points) Kruchość (punkty) | - | - | - | - | - | 0.748** |

*Correlation significant at $P \leq 0.05$, ** correlation significant at $P \leq 0.01$.

*Współczynniki korelacji statystycznie istotne przy $P \leq 0.05$, ** Współczynniki korelacji statystycznie istotne przy $P \leq 0.01$

electrical conductivity measured 24 hours after slaughter. Increased values of meat electrical conductivity measured 24 hours after the slaughter of animals were associated with increased conductivity measured 90' after slaughter, lowered WHC and deteriorated significantly meat juiciness. Table 4 presents values of Pearson's simple correlation coefficients between electrical conductivity ($EC_{90'}$ and EC_{24h}) and the assessed parameters of meat quality traits as well as between individual quality traits. The highest, statistically highly significant, values of Pearson's simple correlation coefficients were found between meat electrical conductivities measured 90' and 24 h after slaughter ($r_p = 0.798^{**}$); between meat tenderness and juiciness ($r_p = 0.748^{**}$); between WHC and meat juiciness ($r_p = -0.681^{**}$); between thermal drip and WHC ($r_p = 0.555^{**}$); between thermal drip and tenderness ($r_p = -0.418^{**}$) and meat juiciness ($r_p = -0.406^{**}$). Considerably lower, albeit still statistically highly significant or significant correlations at the level of $P \leq 0.05$, were found between meat tenderness and its electrical conductivity measured both 90' and 24 hours after the slaughter of animals.

The obtained values of the analysed meat quality traits fall within the interval of magnitude reported by other researchers [1], [9], [11], [12], [16], [17]. The obtained research results, on the one hand, confirm that the classification of pork meat quality proposed by Borzuta and Pospiech [4], [15] was correct and, on the other, show that meat electrical conductivity measured 24 hours after slaughter can be utilised for rapid diagnosis of pork meat quality on the slaughter line as corroborated, among others [1], [3], [5], [6], [10], [12], [17], [18]. Increased meat electrical conductivity 24 h after slaughter above the value of 8 mS/cm recorded in the discussed investigations was associated with a distinct deterioration of technological parameters and meat texture. Therefore, it can be said that it is a more distinct indicator for the assessment of meat quality than the measurement of electrical conductivity taken 90' after slaughter. This result is in keeping with the above quoted literature enclosed in this part of the paper.

Meat electrical conductivity carried out 24 hours after the slaughter of fatteners can be utilised in practice to diagnose meat quality on the slaughter line.

REFERENCES

[1] Antosik K., Krzęcio E., Koćwin – Podsiadła M., Zybort A., Sieczkowska H., Mischczuk B., Łyczyński A. Związek przewodnictwa elektrycznego z wybranymi cechami jakości mięsa wieprzowego. *Żywność. Nauka – Technologia – Jakość* (2003) 4 (37): 11-21.

[2] Baryłko-Pikielna N. Zarys analizy sensorycznej żywności. WNT, 1975.

[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. *Anim. Sci. Pap. Rep.* (1995) 13, 1: 45-49.

[4] Borzuta K., Pospiech E. Analiza korzyści związanych ze wzrostem mięsności tuczników oraz strat spowodowanych pogorszeniem jakości mięsa. *Gosp. Mięś.* (1999) 9: 36-40.

[5] Borzuta K., Strzelecki J., Grześkowiak E. Szybka przemysłowa metoda selekcji jakościowej półtuszy wieprzowych. *Gosp. Mięś.* (2002) 1: 16-18.

[6] Borzuta K., Grześkowiak E., Strzelecki J., Lisiak D., Rogalski J. Przewodność elektryczna różnych grup jakościowych mięsa. *Rocz. Inst. Prz. Mięsn. i Tł.* (2004) XLI: 171-180.

[7] Borzuta K. Zmiany jakościowe surowca wieprzowego w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu. *Prz. Spoż.* (2005) 3: 36-39.

[8] Grau R., Hamm R. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung in Fleisch. *Fleischwirtsch.* (1952) 4: 295-297.

[9] Koćwin-Podsiadła M. Wpływ czynników genetycznych na jakość mięsa wieprzowego. *Mat. II konf. międz. nt. Rola klasyfikacji EUROP jako czynnika poprawy jakości surowca wieprzowego*, Poznań, 7-8 grudnia 1999: 1-12.

[10] Lee S., Norman J.M., Gunasekaran S., van Laack R.L.J.M., Kim B.C., Kauffman R.G. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Sci.* (2000) 55: 385-389.

[11] Łyczyński A., Pospiech E., Urbaniak M., Bartkowiak Z., Mikołajczak B., Grześ B. Pork carcass classification depending on meatiness range. *Ann. Anim. Sci.* (2002) 2 (S): 335 - 338.

[12] Łyczyński A., Pospiech E., Rzoszińska E., Czyżak-Runowska G., Mikołajczak B., Iwańska E., Ślósarz P. Correlations between electrical conductivity and quality parameters of pork meat. *Ann. Anim. Sci.* (2005) 2 (S): 99-102.

[13] Oliver M.A., Gobantes I., Arnau J., Elvira J., Riu P., Grebol N., Monfort J. M. Evaluation of the electrical impedance spectroscopy (EIS) equipment for ham meat quality selection. *Meat Sci.* (2001) 58: 305-312.

[14] Pohja N. S., Ninivaara F.P. Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisch mittels der Konstantdruckmethods. *Fleischwirtsch.* (1957) 9: 193-195.

- [15] Pospiech E., Borzuta K. Cechy surowcowe a jakość mięsa. Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Tł. (1998) 35/1: 7-34.
- [16] Pospiech E. Diagnostowanie odchyleń jakościowych mięsa, Gosp. Mięsn. (2000) 4: 68-71.
- [17] Pospiech E., Łyczyński A., Koćwin-Podsiadła M., Grześ B., Krzęcio E., Zybert A. Factors influencing changes of electrical conductivity in m. longissimus dorsi of pigs. Ann. Anim. Sci. (2002) 2: 349-351.
- [18] Strzelecki J., Borzuta K., Piechocki T., Grześkowiak E. Określenie parametrów przewodności elektrycznej mięsa wieprzowego różnej jakości. Zesz. Nauk. Przem. Hodowl. PTZ Warszawa (1995): 89-100.
- [19] Wajda S. Effect of pre-slaughter treatment of pigs on meat quality. Pol. J. Food Nutr. Sci. (1998) 7/48, 4: 115-121.
- [20] Wajda S., Denaburski J. Pre-slaughter handling of pigs. Anim. Sci. Pap. Rep. (2003) 21, (S): 173-181.
- [21] Znaniecki P. Zarys obrotu, oceny i przetwórstwa surowców pochodzenia zwierzęcego. PWRiL, Warszawa, 1983.

