

AGNIESZKA LATOCH

WŁAŚCIWOŚCI MIOFIBRYLI SONIFIKOWANEGO MIĘSA WIEPRZOWEGO O OBNIŻONEJ JAKOŚCI

Streszczenie

Celem badań było określenie zmian właściwości białek miofibrili sonifikowanego mięsa wieprzowego o cechach PSE podczas 96-godzinnej przechowywania. Surowiec badawczy stanowiło mięso wieprzowe (*m. biceps femoris*) wychłodzone do temp. 7 °C, o jasnej barwie i $\text{pH}_{24} \leq 5,6$, który pobierano z rzeźni po 24 h od uboju. Mięsień dzielono na 3 części o zbliżonej masie. Jedną stanowiła próba kontrolną (KP), dwie pozostałe sonifikowano falami o częstotliwości 25 kHz (próba UP) i 45 kHz (próba ZP) oraz natężeniu 2 W·cm⁻². Czas ekspozycji w polu ultradźwiękowym wynosił 2 min. Próby przechowywano w warunkach chłodniczych. Po upływie określonego czasu przechowywania tj. po: 24, 48, 72 i 96 h od uboju w próbach mierzono: indeks fragmentacji miofibrili, ogólną zawartość reaktywnych grup –SH, oraz po 24, 48 i 72 h wyciek termiczny i zdolność wiązania wody przez żele miofibrili.

Stwierdzono, że sonifikacja mięsa wieprzowego o cechach PSE falami o częstotliwości 25 kHz powoduje zmianę kierunku poubojowych przemian biochemicznych białek mięsa skutkujących wzrostem zawartości reaktywnych grup –SH. Obróbka falami o częstotliwości 45 kHz nie różnicowała poziomu zawartości reaktywnych grup –SH i indeksu fragmentacji miofibrili w porównaniu z próbą kontrolną. Nie stwierdzono wpływu sonifikacji mięsa na poziom wycieków termicznych i zdolności utrzymywania wody przez żelowane homogenaty mięsa. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością reaktywnych grup –SH i ubytkami termicznymi w próbach sonifikowanych oraz pomiędzy indeksem fragmentacji miofibrili i zdolnością utrzymywania wody przez żelowane homogenaty mięsa w próbach: kontrolnej i sonifikowanej falami o częstotliwości 45 kHz. Stwierdzono ujemną zależność pomiędzy zawartością reaktywnych grup –SH i ubytkami termicznymi w próbie kontrolnej oraz pomiędzy MFI i ubytkami termicznymi w próbie ZP.

Słowa kluczowe: sonifikacja, mięso PSE, MFI, grupy sulfhydrylowe, żele miofibrili

Wprowadzenie

Występowanie surowca rzeźnego o obniżonej jakości, nazywanego mięsem PSE, może być wynikiem oddziaływania wielu czynników, zarówno przed- jak i poubojowych. Do najistotniejszych zaliczyć można: zmiany w genotypie zwierząt i w warun-

kach chowu, w tym w sposobie żywienia, niewłaściwe postępowanie ze zwierzęciem przed ubojem oraz nieodpowiednie warunki uboju i niewłaściwe wychładzanie póltsz [7, 15]. Mięso PSE cechuje się między innymi jasną barwą, niskim odczynem pH i małą wodochłonnością [22, 23]. Białka miofibrylarne izolowane z tego typu mięsa mają słabsze właściwości funkcjonalne niż białka izolowane z mięsa „normalnego” [3, 24, 26]. Znajomość różnic we właściwościach białek miofibrylarnych mięsa „normalnego” i mięsa PSE może umożliwić stworzenie optymalnych warunków przetwarzania wieprzowiny o obniżonej jakości [21, 27]. Jedną z metod optymalizacji procesu przetwarzania wieprzowiny o obniżonej jakości może być stosowanie obróbki ultradźwiękowej o niskiej częstotliwości i średnim natężeniu drgań. Sonifikacja wpływa na procesy dojrzewalnicze, zwłaszcza na przemiany białek miofibrylarnych po uboju, rozluźnienie struktur między- i wewnątrz włókienkowych oraz uwalnianie jonów wapnia [6, 12, 14, 22, 23].

Celem badań było określenie wpływu niskoczęstotliwościowej sonifikacji mięsa wieprzowego o obniżonej jakości (PSE) w stanie *rigor mortis* na wybrane właściwości miofibryli w aspekcie interakcji białko – woda.

Material i metody badań

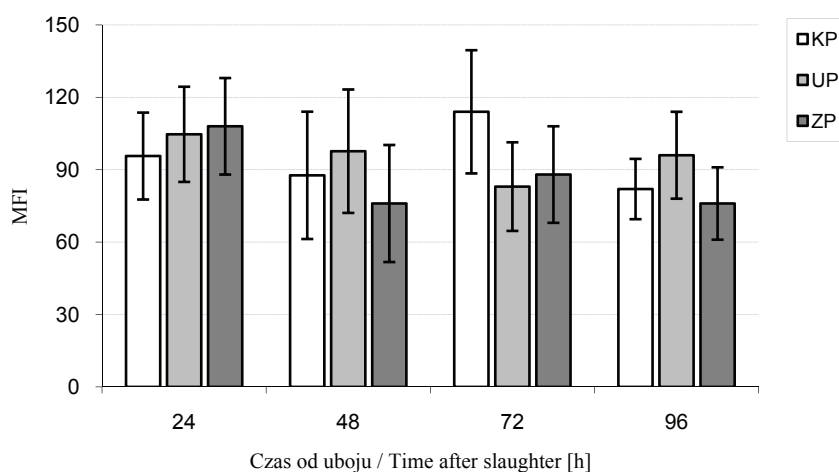
Material badawczy stanowiło mięso wieprzowe (*m. biceps femoris*) pozyskiwane ze świń rasy wielka biała polska o masie 110 - 120 kg. Wychłodzony do temp. 7 °C surowiec pobierano z rzeźni po 24 h od uboju. Do badań wybierano mięśnie o jasnej barwie i $\text{pH}_{24} \leq 5,6$ [26]. Mięsień dzielono na 3 części o zbliżonej masie. Jedną stanowiła próbę kontrolną (KP), dwie pozostałe sonifikowano falami o częstotliwości 25 kHz (próba UP) i 45 kHz (próba ZP) oraz natężeniu 2 W·cm⁻². Czas ekspozycji w polu ultradźwiękowym wynosił 2 min. Próby przechowywano w warunkach chłodniczych. Po upływie określonego czasu przechowywania tj. po: 24, 48, 72 i 96 h od uboju, z poszczególnych prób izolowano frakcję białek miofibrylarnych [16] zaś po 24, 48 i 72 h przygotowywano homogenaty mięsa w 0,6 M NaCl (pH = 6,2).

W wyizolowanej frakcji białek miofibrylarnych oznaczono indeks fragmentacji miofibryli (MFI) [10, 17] oraz ogólną zawartość reaktywnych grup –SH (R-SH) [2, 8, 19]. Żele homogenatów mięsa przygotowywano ogrzewając umieszczony w szklanych rurkach homogenat mięsa (w 0,6 M NaCl, 0,1 M bufor fosforanowy, pH = 6,2) od temp. początkowej $T_p = 20$ °C do osiągnięcia w środku geometrycznym próby $T_k = 55, 60, 70$ lub 80 °C ($\Delta T = 1$ °C·min⁻¹). Zawartość białka w homogenacie wynosiła 6 %. Żele przechowywano w temp. 4 °C przez 18 h. Po tym czasie obliczano ubytki termiczne [25] oraz zdolność wiązania wody przez żele homogenatów mięsa metodą polegającą na oznaczeniu ilości otrzymanego po wirowaniu (1000×g, 15 min) supernatantu w stosunku do masy żelu pobranego do wirowania.

Oznaczenia wykonano w 4 seriach po 3 repliki. Przy wykorzystaniu programu komputerowego Microsoft Excel obliczono wartości średnie (\bar{x}), odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik korelacji liniowej Pearsona (r) pomiędzy indeksem fragmentacji miofibryli i zawartością reaktywnych grup –SH a wielkością ubytków termicznych i zdolnością utrzymywania wody przez żele homogenatów mięsa.

Wyniki i dyskusja

Dynamika zmian indeksu fragmentacji miofibryli w próbach KP i ZP była podobna (rys. 1). Po 24 h od uboju wartość MFI wynosiła w próbie KP - 95,67, zaś w próbie ZP – 108, po 48 h obniżyła się odpowiednio do poziomu 87, 67 i 76. W kolejnej dobie badań wzrosła do 114 w próbie KP i do 88 w próbie ZP, następnie po 96 h ponownie obniżyła się do 82 w próbie KP i do 76 w próbie ZP. Inaczej przedstawiała się dynamika zmian indeksu fragmentacji miofibryli w próbie poddanej działaniu ultradźwięków o częstotliwości 25 kHz (UP). Najwyższą wartość MFI w próbie UP odnotowano bezpośrednio po sonifikacji (104,67), najniższą po 72 h od uboju (83). Po upływie 48 i 96 h od uboju wartość badanego parametru kształtowała się na podobnym poziomie i wynosiła około 97.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

KP - próba kontrolna / CS - control sample,

UP - próba sonifikowana falami o częstotliwości 25 kHz / US - sample sonicated at a frequency of 25 kHz,

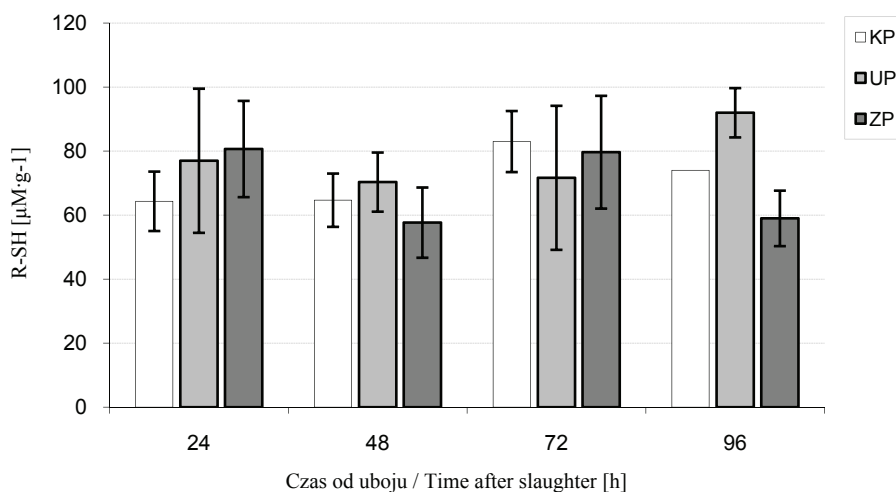
ZP - próba sonifikowana falami o częstotliwości 45 kHz / ZS - sample sonicated at a frequency of 45 kHz.

Rys. 1. Wartość indeksu fragmentacji miofibryli (MFI) sonifikowanego mięsa wieprzowego PSE.

Fig. 1. Value of myofibrillar fragmentation index (MFI) of the PSE pork meat treated by ultrasounds.

Zmiany indeksu fragmentacji miofibrili podczas kilkudniowego dojrzewania wieprzowiny są powodowane przez zmiany strukturalne w dyskach Z skutkujące osłabieniem struktur włókienek mięśniowych, włókien pośrednich i śródmięśniowej tkanki łącznej [1, 20]. Pośmiertna proteoliza, zwłaszcza białek cytoszkieletowych prowadzi do degradacji kompleksowych wiązań miofibrili między sobą i z błoną komórkową [4]. Procesy proteolityczne zachodzące w mięsie bezpośrednio po uboju wpływają na interakcje białko – woda i białko – białko. Oddziaływania te odzwierciedlają strukturalne zależności między elementami miofibrilarnymi i płynami komórkowymi cytoplazmy tkanki mięśniowej [11].

Analizując wyniki badań zawartości reaktywnych grup –SH (R-SH) (rys. 2) stwierdzono, że ich ilość w mięsie wieprzowym PSE wynosiła od 57,70 do 92,00 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹. W próbie UP zawartość R-SH obniżyła się z 77,00 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹ po 24 h do 70,33 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹ po 48 h od uboju. Największą zawartość R-SH w próbie sonifikowanej drganiem o częstotliwości 25 kHz stwierdzono po 96 h od uboju (92 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹). W próbach KP i ZP, zmiany zawartości R-SH podczas dojrzewania mięsa miały podobny przebieg. Badany parametr miał wyższą wartość po 24 i 72 h niż po 48 h od uboju (rys. 2). Przykładowo w próbie ZP po 24 h od uboju (bezpośrednio po sonifikacji) zawartość R-SH wynosiła 80,67 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹, po 48 h zmniejszyła się do 57,67 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹, następnie wzrosła do 79,67 $\mu\text{M}\cdot\text{g}$ białka⁻¹.



Objaśnienia jak na rys.1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 2. Zawartość reaktywnych grup -SH (R-SH) w sonifikowanym mięsie wieprzowym PSE.

Fig. 2. Content of –SH reactive groups (R-SH) in the PSE pork meat treated by ultrasounds.

Odmienne efekty sonifikacji mięsa drganiami o częstotliwości 25 kHz i brak widocznych skutków oddziaływania drganiami 45 kHz (ZP) w porównaniu z wynikami uzyskanymi z próby kontrolnej były obserwowane we wcześniejszych badaniach dotyczących oddziaływania sonifikacji na proces dojrzewania i właściwości mięsa wołowego [12, 13, 22, 23]. Nie znana jest przyczyna odmiennego działania fal o różnej częstotliwości drgań. Nadal trwają badania dotyczące wyjaśnienia mechanizmów tego zróżnicowanego oddziaływania.

Na podstawie analizy wyników poziomu wycieków termiczny w żelach homogenatów mięsa wieprzowego PSE podczas 72-godzinnego okresu badań (tab. 1) nie stwierdzono wpływu czasu dojrzewania i sposobu sonifikacji na badany parametr w próbach ogrzewanych w temp. 55 °C. Obróbka w temp. powyżej 55 °C spowodowała znacznie większy wyciek w homogenatach otrzymanych z mięsa po 24 h od uboju niż w homogenatach otrzymanych z mięsa po 48 i 72 h przechowywania. Szczególnie było to widoczne po obróbce w temp. 70 °C. Nie stwierdzono wpływu sonifikacji na zróżnicowanie poziomu wycieku termicznego w badanych zakresach temperatur.

Tabela 1

Wielkość wycieku termicznego w żelach homogenatów mięsa wieprzowego PSE.
Quantity of cooking loss in gels of PSE pork homogenates.

| Temperatura Temperature [°C] | Próba Sample | Czas od uboju / Time after slaughter [h] | | |
|------------------------------------|-----------------|--|------------------|------------------|
| | | 24 | 48 | 72 |
| | | $\bar{x} \pm SD$ | $\bar{x} \pm SD$ | $\bar{x} \pm SD$ |
| 55 | KP | 4,35 ± 1,48 | 4,10 ± 0,14 | 2,3 ± 0,85 |
| | UP | 4,55 ± 1,77 | 4,45 ± 1,20 | 2,85 ± 0,49 |
| | ZP | 4,15 ± 1,48 | 3,00 ± 1,84 | 3,35 ± 1,48 |
| 60 | KP | 15,10 ± 3,54 | 4,90 ± 3,54 | 4,10 ± 0,14 |
| | UP | 14,70 ± 2,69 | 8,25 ± 0,64 | 5,15 ± 0,78 |
| | ZP | 12,35 ± 2,19 | 3,75 ± 0,21 | 6,25 ± 1,48 |
| 70 | KP | 39,80 ± 5,23 | 16,45 ± 2,05 | 16,70 ± 4,95 |
| | UP | 42,05 ± 1,91 | 19,60 ± 0,28 | 17,70 ± 1,13 |
| | ZP | 34,95 ± 0,21 | 16,20 ± 0,14 | 18,55 ± 0,35 |
| 80 | KP | 25,55 ± 4,03 | 22,60 ± 2,97 | 20,80 ± 0,42 |
| | UP | 29,70 ± 4,10 | 24,40 ± 2,55 | 22,35 ± 1,48 |
| | ZP | 29,00 ± 3,25 | 23,50 ± 0,14 | 28,75 ± 5,02 |

Objaśnienia jak na rys.1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Największą zdolnością utrzymywania wody (tab. 2) cechowały się żele otrzymane w temp. 55 °C, przy czym żele otrzymane w tej temperaturze po 48 h od uboju charakteryzowała mniejsza zdolność utrzymywania wody w stosunku do żeli otrzymanych po 24 i 72 h od uboju. Nie stwierdzono wpływu sonifikacji mięsa bezpośrednio po uboju na zdolność utrzymywania wody przez zżelowane homogenaty mięsa.

Tabela 2

Zdolność utrzymywania wody w żelach homogenatów mięsa wieprzowego PSE.
Water binding ability of PSE pork homogenates.

| Temperatura Temperature [°C] | Próba Sample | Czas od uboju / Time after slaughter [h] | | |
|------------------------------------|-----------------|--|------------------|------------------|
| | | 24 | 48 | 72 |
| | | $\bar{X} \pm SD$ | $\bar{X} \pm SD$ | $\bar{X} \pm SD$ |
| 55 | KP | 5,10 ± 1,84 | 26,05 ± 1,25 | 13,02 ± 2,75 |
| | UP | 12,85 ± 3,15 | 28,26 ± 3,47 | 17,95 ± 1,48 |
| | ZP | 9,90 ± 1,27 | 21,77 ± 2,86 | 10,51 ± 1,27 |
| 60 | KP | 32,70 ± 0,39 | 39,01 ± 1,66 | 33,90 ± 4,53 |
| | UP | 33,28 ± 2,18 | 36,75 ± 2,19 | 23,32 ± 1,95 |
| | ZP | 38,50 ± 0,85 | 37,85 ± 1,06 | 23,74 ± 3,21 |
| 70 | KP | 32,75 ± 3,24 | 40,95 ± 3,61 | 29,85 ± 1,34 |
| | UP | 35,40 ± 1,13 | 37,90 ± 0,42 | 29,75 ± 6,01 |
| | ZP | 35,90 ± 2,69 | 30,35 ± 1,53 | 33,45 ± 1,06 |
| 80 | KP | 26,19 ± 4,65 | 34,09 ± 0,38 | 24,31 ± 1,74 |
| | UP | 32,90 ± 5,23 | 26,70 ± 2,83 | 30,80 ± 0,00 |
| | ZP | 30,15 ± 1,95 | 27,12 ± 1,33 | 18,93 ± 2,16 |

Objaśnienia jak na rys.1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Żelowanie białek mięśniowych, zwłaszcza białek miofibrylarnych, podczas obróbki termicznej determinuje charakterystyczną budowę, spójność i stabilność rozdrobnionych produktów mięsnych. [5]. W tworzeniu żelu oddziaływania hydrofobowe, w tym oddziaływania z grupami -SH i wiązania wodorowe odgrywają bardzo istotną rolę [19]. Niektórzy autorzy [18, 19] stwierdzili, że ilość reaktywnych grup -SH zależy od temperatury obróbki. W temperaturze 20 °C ilość ta zwiększa się, zaś pomiędzy temperaturą 30 - 50 °C zmniejsza się wskazując, że odsłonięte pod wpływem ogrzewania grupy -SH zostają utlenione do wiązań S-S [18, 19]. Tworzenie wiązań dwusiarczkowych nie determinuje procesu żelowania. Ich rola w żelowaniu wiąże się ze zdolno-

ścią do zwiększania średniego ciężaru cząsteczkowego, a tym samym długości łańcucha. Zwiększenie ilości grup R-SH i tym samym grup S-S podczas denaturacji wzmacnia wobec tego międzycząsteczkową sieć. Podczas ogrzewania następuje rozpad wiązań dwusiarczkowych i „aktywacja” ukrytych grup sulfhydrylowych w wyniku rozwijania łańcuchów polipeptydowych białka. Reaktywne grupy -SH mogą utworzyć nowe międzycząsteczkowe wiązania dwusiarczkowe [9].

Pomiędzy zawartością reaktywnych grup -SH a wyciekami termicznymi w próbach UP i ZP wystąpiła silna, dodatnia korelacja wyrażona współczynnikami korelacji $0,99 \geq r \geq 0,6$ oraz wysoka ujemna korelacja $0,99 \geq r \geq 0,5$ w próbie kontrolnej KP (tab. 3). Stwierdzono także wysoką ujemną zależność pomiędzy indeksem fragmentacji miofibryli i wyciekami termicznymi w próbie ZP ($r = -0,72$). Nie stwierdzono wpływu indeksu fragmentacji miofibryli na poziom wycieku termicznego w próbie KP ($r = -0,29$) i w próbie UP ($r = 0,3$). Zdolność utrzymywania wody przez żele homogenatów mięsa była wysoce zależna od indeksu fragmentacji miofibryli ($r > 0,5$). Przy czym w próbie UP była to zależność ujemna, a w pozostałych próbach dodatnia.

Tabela 3

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (r) pomiędzy indeksem fragmentacji miofibryli (MFI) i zawartością reaktywnych grup -SH (R-SH) a wielkością ubytków termicznych i zdolnością utrzymywania wody przez żele homogenatów mięsa wieprzowego PSE.

Pearson's correlation coefficients (r) between myofibrillar fragmentation index (MFI) & the content of -SH reactive groups, as well as between cooking losses & water binding ability of PSE pork meat homogenates.

| Parametry Parameters | Temp. [°C] | Zawartość R-SH [$\mu\text{M} \cdot \text{g białka}^{-1}$] Content of R-SH [$\mu\text{M} \cdot \text{g proteins}^{-1}$] | | | MFI | | |
|---|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | KP | UP | ZP | KP | UP | ZP |
| Wyciek termiczny Cooking losses [%] | 55 | -0,99 | 0,38 | 0,76 | 0,55 | -0,36 | -0,73 |
| | 60 | -0,57 | 0,87 | 0,75 | -0,29 | 0,30 | -0,72 |
| | 70 | -0,51 | 0,97 | 0,63 | -0,29 | 0,30 | -0,72 |
| | 80 | -0,80 | 0,89 | 0,99 | -0,29 | 0,30 | -0,72 |
| Zdolność utrzymywania wody Water binding ability [%] | 55 | -0,09 | -0,63 | -0,91 | 0,85 | -0,87 | 0,92 |
| | 60 | -0,53 | 0,29 | -0,38 | 0,95 | -0,43 | 0,41 |
| | 70 | -0,88 | 0,09 | 0,85 | 0,90 | -0,64 | 0,83 |
| | 80 | -0,71 | 0,87 | -0,41 | 0,94 | -0,97 | 0,38 |

Objaśnienia jak na rys.1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Wnioski

1. Zmiany przebiegu procesu dojrzewania mięsa wywołane sonifikacją wpływają na właściwości białek miofibrylarnych. Prawdopodobnie zachodzące w mięsie procesy dojrzewalnicze, przyspieszone działaniem ultradźwięków na tkankę mięśniową bezpośrednio po uboju, powodują zmiany w cząsteczkach białka odpowiedzialne za interakcje typu białko – woda i białko – białko. Stwarza to możliwość wykorzystania tego zjawiska w przetwórstwie mięsa.
2. Sonifikacja mięsa wieprzowego PSE falami ultradźwiękowymi o częstotliwości 25 kHz i średnim natężeniu drgań inicjuje przemiany struktury białek miofibrylarnych włókienka mięśniowego. Zmianie ulegają ich właściwości powierzchniowe, skutkując zwiększeniem zawartości reaktywnych grup -SH. Zastosowanie ultradźwięków o częstotliwości 45 kHz nie wywołuje podobnego efektu.
3. Zmiany w strukturze białek miofibrylarnych wywołane działaniem ultradźwięków powodują ekspozycję hydrofobowych obszarów, zwiększając interakcje białko – białko podczas obróbki termicznej. Zmiany te potwierdza wysoka dodatnia korelacja pomiędzy zawartością reaktywnych grup -SH i ubytkami termicznymi w próbach sonifikowanych.
4. Działanie ultradźwięków na mięso bezpośrednio po uboju przyspiesza fragmentację wyrażoną indeksem MFI. Przyczyn tego zjawiska należy upatrywać w nieznanym mechanizmie przyspieszenia przemian struktur białkowych włókienka po uboju pod wpływem sonifikacji. Możliwe, że jest to efekt zwiększonego poziomu jonów Ca^{+2} w cytozolu i ich wpływu na proces dojrzewania mięsa. Wykazano, że wartość indeksu fragmentacji miofibryli koreluje ze zdolnością utrzymywania wody przez zżelowane homogenaty mięsa w próbie kontrolnej i w próbie sonifikowanej falami o częstotliwości 45 kHz.

Praca była prezentowana podczas I Sympozjum Żywności z okazji 30-lecia powołania specjalizacji Inżynieria Żywności na Wydziale Nauk o Żywności SGGW, Warszawa, 5 - 6 czerwca 2008 r.

Literatura

- [1] Ahn D.-H., Shimada K., Takahashi K.: Relationship between weakening of Z-disks and liberation of phospholipids during postmortem aging of pork and beef. *J. Food Sci.* 2003, **68** (1), 94-98.
- [2] Badyal J.P., Cameron A.M., Cameron N.R., Coe D.M., Cox R., Davis B.G., Oates L.J., Oye G., Steel P.G.: A simple method for the quantitative analysis of resin bound thiol groups. *Tetrahedron*, 2001, **42**, 8531- 8533.
- [3] Channon H.A., Payne A.M., Warner R.D.: Halothane genotype, preslaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Sci.*, 2000, **56** (3), 291-299.

- [4] Grajewska S, Bocian M. : Plastyczność surowego mięsa wieprzowego jako wskaźnik jego jakości z uwzględnieniem genotypu świń *RZR I*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44) Supl.**, 38-47.
- [5] Gordon A., Barbut S.: Mechanism of meat batter stabilization. A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1992, **32**, 299-332.
- [6] Got F., Culioli J., Berge P., Vignon X., Astruc T., Quideau J.M., Lethiecq M.: Effects of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. *Meat Sci.*, 1999, **51**, 35.
- [7] Gajewczyk P., Madejek-Świątek E., Kowalska K.: Właściwości fizykochemiczne świeżego i mrożonego mięśnia *longissimus lumborum* tuczników mieszańców. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44) Supl.**, 28-37.
- [8] Ellman G.L.: Tissue sulfhydryl groups. *Archives Biochem. Biophys.*, 1959, **82**, 70-77.
- [9] Hettiarachchy N.S., Ziegler G.R. (red.): Protein functionality in food system. Wyd. Marcel Dekker, Ift Basic Symposium Series, New York 1994.
- [10] Hoopkins D.L., Littlefield P.J., Thompson J.M.: A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.*, 2000, **56**, 19-22.
- [11] Kristensen L., Purslow P.P.: The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Sci.*, 2001, **58**, 17-23.
- [12] Latoch A., Dolatowski Z.J.: Właściwości reologiczne białek miofibrylarnych sonifikowanego mięsa wołowego. *Inż. Rol.* 2004, **5 (60)**, 205-210.
- [13] Latoch A., Dolatowski Z.J.: Wpływ sonifikacji mięsa wołowego na lepkość homogenatów. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 2005, **XLII/XLIII**, 171-177.
- [14] Lyng J.G., Allen P., McKenna B.M.: The effect on aspects of beef tenderness of *pre-* and *post-rigor* exposure to a high intensity ultrasound probe. *J. Sci. Food Agric.*, 1998, **78**, 308.
- [15] Łyczyński A., Pospiech E., Urbaniak M., Rzościńska E., Bartkowiak Z., Mikołajczak B., Grześ B.: Meat quality depending on pig genotype. *Ann. Anim. Sci.*, 2002, **Suppl 2**, 53-56.
- [16] MacBride M.A., Parrish F.C.: The 30 000 dalton component of tender bovine *longissimus* muscle. *J. Food Sci.*, 1977, **42**, 1627.
- [17] Olson D.G., Parrish Jr. F.C., Stromer M.H.: Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during *post mortem* storage. *J. Food Sci.*, 1976, **41**, 1036.
- [18] Sano T., Ohno T., Otsuka-Fuchino H., Matsumoto J.J., Tsuchiya T.: Carp natural actomyosin: thermal denaturation mechanism. *J. Food Sci.*, 1994, **59**, 102-108.
- [19] Smyth A.B., Smith D.M., O'Neill E.: Disulfide bonds influence the heat - induced gel properties of chicken breast muscle myosin. *J. Food Sci.*, 1998, **63 (4)**, 584-588.
- [20] Takahashi K.: Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem aging of meat: The non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.*, 1996, **43 (S)**, S67-80.
- [21] Torley P.J., D'Arcy B.R., Trout G.R.: The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork. *Meat Sci.*, 2000, **55**, 451-462.
- [22] Twarda J., Dolatowski Z.J.: The effect of sonication on the colour and WHC of normal and PSE pork. *Animal Sci.*, 2006, **1 (s)**, 184-185.
- [23] Twarda J., Dolatowski Z.J.: Zmiany struktury tkanki mięśniowej i wodochłonności wodnisteo mięsa wieprzowego po sonifikacji. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 2005, **XLII/XLIII**, 161- 169.
- [24] Wang H., Pato M.D., Phyllis J. Shand P.J.: Biochemical properties of natural actomyosin extracted from normal and pale, soft, and exudative pork loin after frozen storage. *J. Food Sci.*, 2005, **70**, 313-320.
- [25] Wang B., Xiong Y.L: Functional stability of antioxidant-washed, cryoprotectant-treated beef heart surimi during frozen storage. *J. Food Sci.*, 1998, **63**, 293.

- [26] Warner R.D., Kauffman R.G., Greaser M.L.: Muscle protein change post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Sci.*, 1997, **45**, 339-352.
- [27] Warriss P.D., Brown S.N., Paściak P.: The colour of the adductor muscle as a predictor of pork quality in the loin. *Meat Sci.*, 2006, **73**, 565-569.

PROPERTIES OF MYOFIBRILS IN PORK MEAT OF A REDUCED QUALITY SUBJECTED TO SONIFICATION

Summary

The objective of the present study was to determine changes in the properties of myofibrillar proteins in PSE pork meat treated using ultrasounds and stored for 96 hours.

The raw material studied was pork meat (*m. biceps femoris*) chilled for 24 hours at 7 °C; its colour was pale and its pH₂₄ was ≤5.6. The pork meat investigated was delivered from a slaughterhouse, 24 hrs after slaughter. The muscle was divided into three parts of a similar weight. One part constituted a control sample (CS), the other two were treated by ultrasounds of a frequency of 25 kHz (sample US) and 45 kHz (sample ZS), respectively. The intensity of ultrasound waves was 2 W·cm⁻². The exposition time in the ultrasound field was 2 minutes. The meat samples were stored under the chilling conditions. After the storage lasting: 24, 48, 72, and 96 hours after slaughter, the myofibrillar fragmentation index (MFI) of and a total content of -SH reactive groups in the meat samples were measured, whereas cooking losses and water binding ability of myofibrillar gels were measured 24, 48, and 72 hours after slaughter.

It was found that the sonication of meat using 25 kHz ultrasounds caused a change in the direction of the *post mortem* biochemical metabolism of the meat proteins, and the result of those changes was the increase in the content of -SH reactive groups. When the meat was treated by 45 kHz ultrasounds, no significant differences were found in the content level of -SH reactive groups and in the MFI compared to the control sample of meat. Furthermore, there was found no effect of the sonification of meat on the cooking losses in and water binding ability of the gelated meat homogenates. A positive correlation was found between the content of -SH reactive groups and the cooking losses in the samples treated by ultrasounds; MFI and water binding ability were positively correlated in the gelated homogenates of the control sample and the sample (ZS) sonicated by 45kHz waves. A negative correlation exists between the content of -SH reactive groups in it and water binding ability of the control sample, in the ZS sample: between MFI and the cooking losses in it.

Key words: sonication, PSE meat, MFI, sulphhydryl groups, myofibrillar gels ☒