Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, t. 2 (2006), nr 3

Wpływ sonikacji na wybrane parametry jakości mięsa wołowego

Joanna Stadnik, Zbigniew J. Dolatowski

Akademia Rolnicza w Lublinie, Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

Celem pracy było zbadanie wpływu sonikacji wołowej tkanki mięśniowej (*m. semimembranosus*) falami drgającymi, o częstotliwości 45 kHz i średnim natężeniu, na wybrane właściwości technologiczne mięsa. Surowiec do badań wykrawano z półtusz po 24 godzinach od uboju i poddawano w tym czasie sonikacji, a następnie przetrzymywano w warunkach chłodniczych (+4°C) przez 96 godzin. Oznaczenia wybranych parametrów jakości wykonywano po 24, 48, 72 i 96 godzinach chłodniczego przechowywania mięsa. Zakres badań obejmował oznaczanie: kwasowości, wodochłonności i parametrów barwy (L*a*b*) mięsa. Otrzymane wyniki badań wykazały, że mięso poddane sonikacji cechowało się zmienionymi właściwościami technologicznymi. W całym okresie przechowywania próba kontrolna charakteryzowała się wyższą wartością parametru L*, a próba sonifikowana wyższym udziałem barwy czerwonej. Próba poddana sonikacji cechowała się wyższą wodochłonnością podczas dojrzewania mięsa. W wyniku aplikacji ultradźwięków na etapie *rigor mortis* nastąpiło najprawdopodobniej przyspieszenie przemian poubojowych mięsa, o czym świadczą wartości wodochłonności próby poddanej sonikacji, charakterystyczne dla mięsa w zaawansowanym stadium przemian dojrzewalniczych.

SŁOWA KLUCZOWE: **mięso wołowe / sonikacja / barwa / wodochłonność**

Wynikiem endogennych przemian poubojowych w tkance mięśniowej jest ukształtowanie wielu właściwości oraz wyróżników technologicznych i kulinarnych mięsa, m.in. kruchości, smakowitości, soczystości oraz barwy. Poprawie właściwości technologicznych (w tym głównie zdolności wiązania i utrzymywania wody) może sprzyjać stosowanie fizycznych metod przyspieszających osiągnięcie przez mięso pożądanych cech technologicznych, np. oddziaływania mechanicznego [5, 17], stosowania wysokich ciśnień, prądu elektrycznego [4], wibracji i ultradźwięków [6, 7, 9, 11, 12]. Chemiczne metody kształtowania jakości mięsa budzą wiele kontrowersji w aspekcie bezpieczeń-

stwa zdrowotnego. Stwarza to potrzebę badań i opracowania alternatywnych metod poubojowego kształtowania cech jakościowych surowca mięsnego. Jednym ze sposobów może być obróbka falami ultradźwiękowymi o określonej częstotliwości i natężeniu drgań. Kształtowanie jakości technologicznej i konsumpcyjnej mięsa jest niezwykle skomplikowanym, ale bardzo ważnym etapem przetwórstwa. Wynika to ze złożonej budowy komórki mięśniowej i wpływu wielu czynników przyżyciowych i pośmiertnych na zakres i tempo przemian szczególnie struktur białkowych, a zwłaszcza frakcji miofibrylarnej. Badania prowadzone w ostatnich latach [14, 16, 18] wskazują, że postęp wiedzy w zakresie przemian poubojowych w swojej podstawowej istocie jest ciągle hipotetyczny i stosunkowo mało poznany jest wpływ czynników zewnętrznych, zwłaszcza technologicznych, na kierunkowe kształtowanie jakości. Praktyka przemysłowa wymusza przyspieszenie procesów technologicznych, co nie zawsze znajduje swoje uzasadnienie w przemianach mięsa po uboju. Jednym z ważniejszych problemów badawczych, podejmowanym w wielu ośrodkach naukowych [1, 2, 3, 8, 15], jest interakcja białek mięsa z wodą i jej utrzymywanie w trakcie poubojowych przemian i procesów przetwórczych. Ma to podstawowe znaczenie w kształtowaniu pożądanej przez konsumentów kruchości mięsa i jego przetworów.

Celem pracy było zbadanie wpływu sonikacji, falami o częstotliwości 45 kHz i średnim natężeniu ($2W \cdot cm^{-2}$), wołowej tkanki mięśniowej po 24 godzinach od uboju, na wybrane właściwości technologiczne mięsa i ocena tych oddziaływań w czasie chłodniczego przechowywania do 96 godzin od uboju (w 24-godzinnych odstępach).

Materiał i metody

Surowiec do badań stanowiły mięśnie półbłoniaste (*m. semimembranosus*) bydła rzeźnego o przyżyciowej masie ciała 450-500 kg, wolne od wad jakościowych, wykrawane z półtusz wołowych klasy U (wg EUROP) po 24 godzinach od uboju. Badania przeprowadzono na mięśniach wykrawanych z prawych i lewych półtusz ośmiu zwierząt rzeźnych, pochodzących od różnych hodowców. Mięsień dzielono na dwie części (próby U i K). Próbę U stanowiło mięso poddane obróbce w polu ultradźwiękowym o częstotliwości 45 kHz i natężeniu ok. 2 $W \cdot cm^{-2}$ przez 2 minuty. Mięso niepoddane obróbce stanowiło próbę kontrolną (K).

W określonym warunkami badań czasie przechowywania (24, 48, 72 i 96 godzin od uboju) przeprowadzano oznaczenia wybranych parametrów jakości mięsa. Pomiary wykonywano w trzykrotnym powtórzeniu. W próbach oznaczano:

– kwasowość – na podstawie pomiaru wartości pH za pomocą zespolonej elektrody sztyletowej OSH 12-00 przy użyciu pH-metru cyfrowego CPC 501 [13];

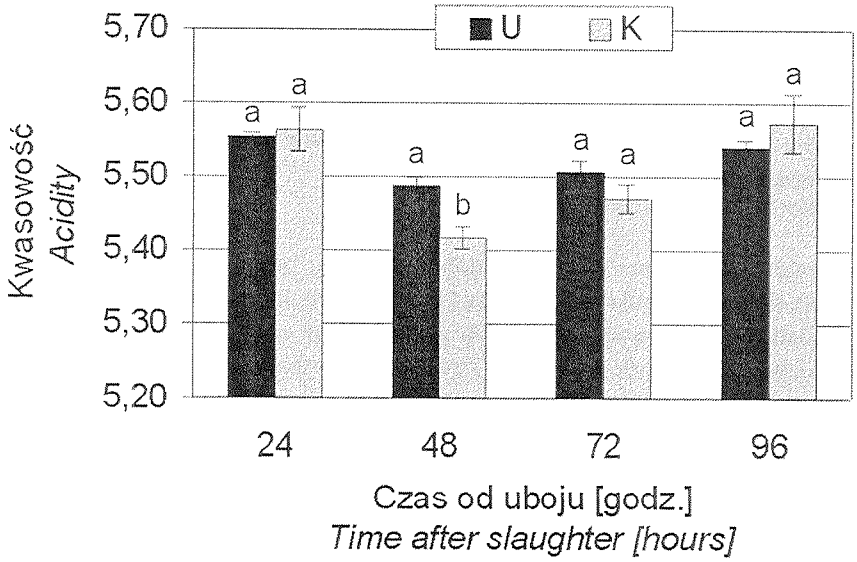
– wodochłonność mięsa – metodą polegającą na rozdzielaniu w polu odśrodkowym homogenatu (w stosunku 1:1) mięsa z wodą destylowaną [19];

– współrzędne trójchromatyczne barwy L*a*b* – do pomiarów używano kolorymetru sferycznego X-Rite 8200; stosowano źródło światła D65 i standardowy obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°; pomiarów dokonywano bezpośrednio po wycięciu prób (prostopadle do kierunku włókien mięśniowych).

Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej (na poziomie istotności α=0,05) wykorzystując test T-Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki badań kwasowości (rys. 1) wskazują, że obróbka mięsa wołowego ultradźwiękami nie zmieniła tego wyróżnika jakości bezpośrednio po sonikacji i po 72 i 96 godzinach od uboju, o czym świadczy brak istotnych różnic między wartościami pH badanych prób mięsa. W drugiej dobie od uboju pH obniżyło się do 5,49 dla próby U i do 5,42 dla próby K. Wartości uzyskane po upływie kolejnych 24 godzin (rys. 1) chłodniczego przechowywania (tj. po 72 godzinach od uboju) były nieznacznie wyższe od uzyskanych po 48 godzinach od uboju i nie różniły się istotnie między sobą. W czwartej dobie nastąpił dalszy wzrost wartości pH badanych prób. Kwasowość próby U wynosiła wówczas 5,54, a próby K – 5,57.

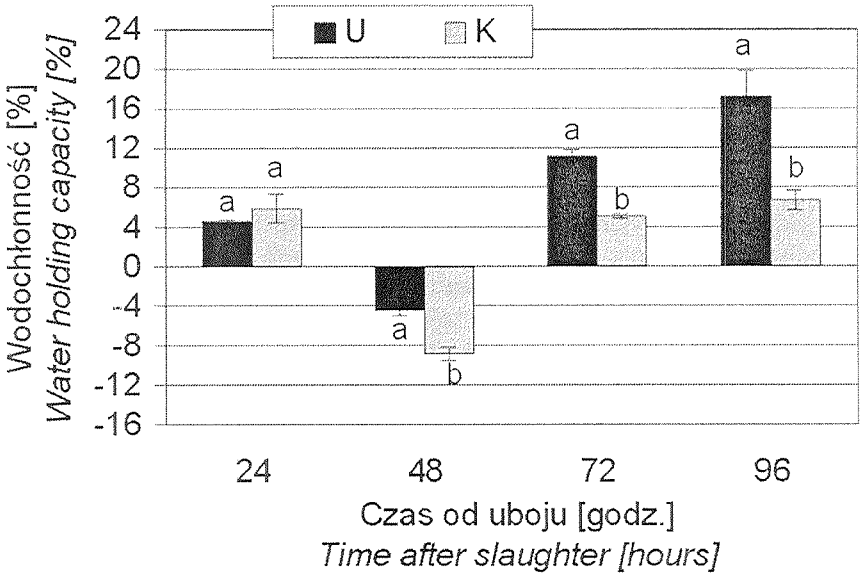


Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b) w obrębie danego czasu od uboju nie różnią się istotnie (α=0,05)
Means followed by the same letters (a, b) within the same time after slaughter do not differ significantly (α=0.05)

Rys. 1. Kwasowość mięsa
Fig. 1. Acidity of meat

Bezpośrednio po obróbce ultradźwiękowej różnice w wartościach wodochłonności (rys. 2) pomiędzy próbami były nieznaczne i statystycznie nieistotne. W kolejnych dniach (tj. po 48, 72 i 96 godzinach od uboju) próba K cechowała się statystycznie istotnie niższą wodochłonnością w stosunku do próby U.

W drugiej dobie (tj. po 48 godzinach od uboju) nastąpił znaczny spadek wodochłonności. Próby cechowały się wówczas najniższymi wartościami tego parametru w ca-



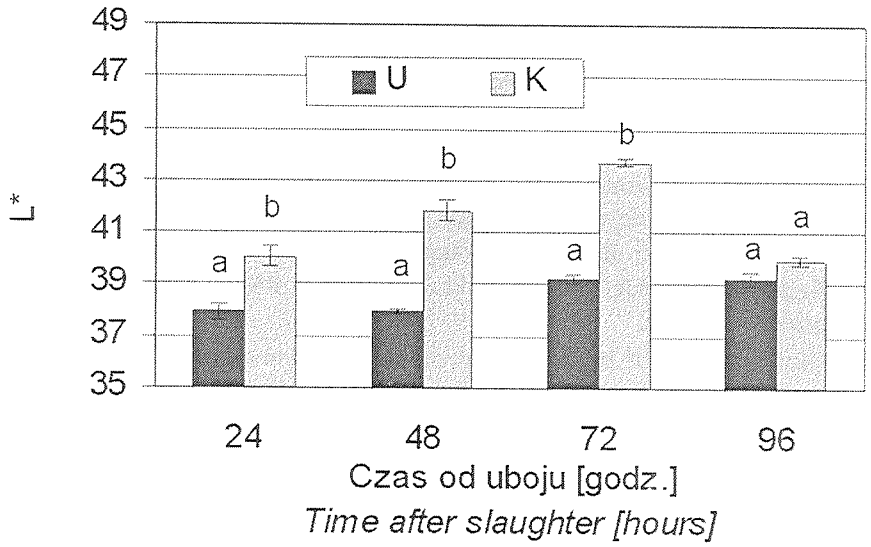
Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b) w obrębie danego czasu od uboju nie różnią się istotnie (α=0,05)
Means followed by the same letters (a, b) within the same time after slaughter do not differ significantly (α=0.05)

Rys. 2. Wodochłonność mięsa
Fig. 2. Water holding capacity of meat

łym okresie badawczym. W trzeciej dobie od uboju próba poddana sonifikacji (U) cechowała się ponad dwukrotnie wyższą (11,1%) wodochłonnością niż próba kontrolna (5,1%). Badania przeprowadzone po 96 godzinach od uboju wykazały dalszy wzrost wodochłonności badanych prób mięsa i zwiększenie różnic w wartościach wodochłonności do ponad 10 punktów procentowych (rys. 2).

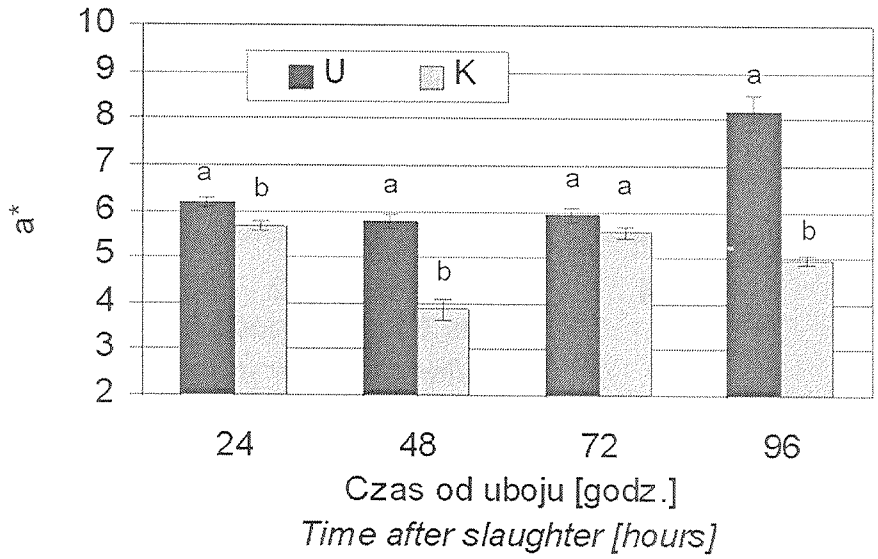
Oznaczenia barwy wykazały, że bezpośrednio po obróbce ultradźwiękami jasność próby kontrolnej wynosiła 40,1 i była statystycznie istotnie wyższa w porównaniu do wartości L* uzyskanej dla próby U – 37,9 (rys. 3). Wyniki oznaczeń przeprowadzonych po 48 i 72 godzinach od uboju wskazują na stopniowy wzrost jasności barwy badanych prób mięsa. Wzrost ten był bardziej znaczący w przypadku próby K. Wartości parametru L* uzyskane dla próby U po 24 i 48 godzinach oraz po 72 i 96 godzinach od uboju były bardzo zbliżone. W czwartej dobie od uboju nastąpił znaczny spadek jasności barwy próby kontrolnej (rys. 3). Różnice pomiędzy wartościami parametru L* uzyskanymi w tym czasie dla badanych prób nie były statystycznie istotne.

W całym analizowanym czasie od uboju próba kontrolna cechowała się niższym udziałem barwy czerwonej (rys. 4) w porównaniu do próby poddanej działaniu ultradźwięków. Statystycznie istotne różnice pomiędzy wartościami parametru a* uzyskanymi dla tych prób wystąpiły już bezpośrednio po obróbce ultradźwiękowej. Wówczas dla próby kontrolnej odnotowano wartość parametru a* wynoszącą 5,7, a dla próby U uzyskano wynik wyższy o 0,4 jednostki.



Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b) w obrębie danego czasu od uboju nie różnią się istotnie (α=0,05)
Means followed by the same letters (a, b) within the same time after slaughter do not differ significantly (α=0.05)

Rys. 3. Parametr L*
Fig. 3. L* parameter

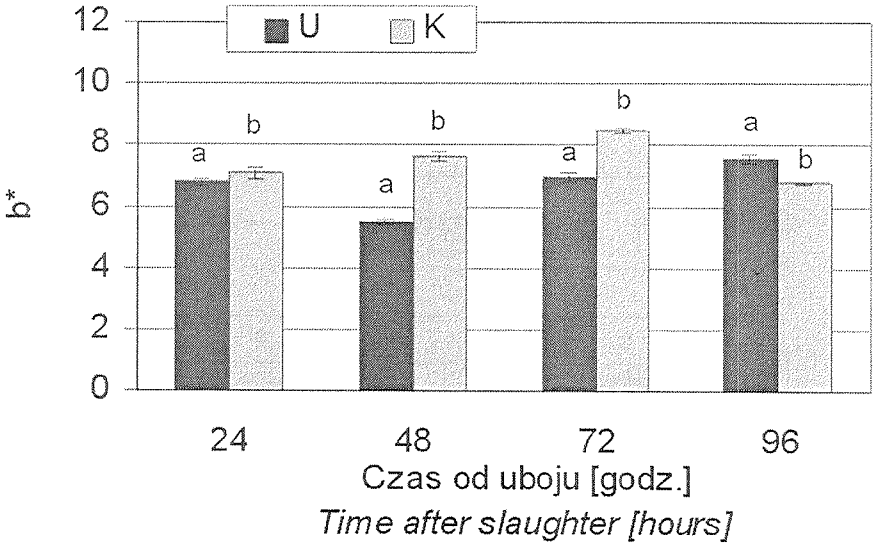


Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b) w obrębie danego czasu od uboju nie różnią się istotnie (α=0,05)
Means followed by the same letters (a, b) within the same time after slaughter do not differ significantly (α=0.05)

Rys. 4. Parametr a*
Fig. 4. a* parameter

Największe zróżnicowanie udziału barwy czerwonej dla badanych prób mięsa odnotowano po 48 i 96 godzinach od uboju. W drugiej dobie od uboju wartości parametru a* uzyskane dla obu prób były niższe w porównaniu do wyników oznaczeń przeprowadzonych bezpośrednio po obróbce ultradźwiękowej (rys. 4). Bardziej znaczący spadek odnotowano dla próby kontrolnej. Wartości parametru a* uzyskane po 72 godzinach chłodniczego przechowywania były zbliżone do wyników, jakie otrzymano bezpośrednio po sonikacji. W czwartej dobie od uboju nastąpił znaczny wzrost wartości parametru a* dla próby sonikowanej. Była to najwyższa wartość udziału barwy czerwonej odnotowana dla mięsa poddanego działaniu ultradźwięków w trakcie całego okresu chłodniczego przechowywania.

Wartości parametru b* badanych prób mięsa (rys. 5) w całym okresie przechowywania kształtowały się w granicach 5,5-8,5. Uzyskane wyniki wskazują, że w całym okresie badawczym wartości tego parametru dla badanych prób różniły się między sobą statystycznie istotnie. Największe zróżnicowanie uzyskanych wyników obserwowano w drugiej dobie od uboju. Wówczas wartość parametru b* dla próby U wynosiła 5,5, zaś dla próby kontrolnej – 7,6.



Średnie oznaczone tymi samymi literami (a, b) w obrębie danego czasu od uboju nie różnią się istotnie (α=0,05)
Means followed by the same letters (a, b) within the same time after slaughter do not differ significantly (α=0.05)

Rys. 5. Parametr b*
Fig. 5. b* parameter

W trakcie pierwszych trzech dób eksperymentu próba kontrolna cechowała się wzrastającym udziałem barwy żółtej, podczas gdy dla próby U po 48 godzinach od uboju odnotowano spadek wartości parametru b*, a po upływie kolejnych 24 godzin dla tej próby odnotowano nieznaczny wzrost udziału barwy żółtej. W czwartej dobie eks-

perymentu próba U cechowała się statystycznie istotnie wyższą wartością parametru b* w porównaniu do próby K.

Wyniki przeprowadzonych oznaczeń pozwalają stwierdzić, że na skutek aplikacji ultradźwięków na etapie *rigor mortis* najprawdopodobniej nastąpiło przyspieszenie przemian dojrzewalniczych mięsa, o czym świadczą wysokie wartości wodochłonności prób poddanych sonikacji, charakterystyczne dla mięsa w zaawansowanym stadium przemian poubojowych. Analiza statystyczna wyników badań nie wykazała istotnego wpływu obróbki ultradźwiękowej mięsa na przebieg zmian jego kwasowości podczas dojrzewania. Można więc wnioskować, że oddziaływanie drgań ultradźwiękowych na mięso nie wpływa na tempo i kierunek przemian glikogenu i związków wysoko energetycznych oraz gromadzenie kwaśnych produktów ich rozpadu. Zatem przyczyn zróżnicowania właściwości technologicznych prób poddanych sonikacji i próby kontrolnej należy upatrywać w mechanizmach oddziaływania fal ultradźwiękowych na substancje białkowe mięsa.

Tkanka mięśniowa, ze względu na zróżnicowanie elementów strukturalnych komórek i nierównomierny stopień ich uwodnienia, stanowi specyficzny ośrodek rozchodzenia się drgań i skomplikowany układ eksperymentalny dla oceny wpływu sonikacji na jej właściwości [7]. Proponowane mechanizmy oddziaływania fal ultradźwiękowych na tkankę mięśniową zakładają wpływ drgań na przemiany poubojowe (kształtowanie kruchości), a głównie na przemiany białek miofibrylarnych, rozluźnianie struktur filamentowych, uwalnianie jonów Ca^{2+} [7, 9, 11, 12]. Z uwagi na stosowanie w badaniach fal dźwiękowych o bardzo zróżnicowanym zakresie częstotliwości, natężeń i czasu działania, a także ze względu na aplikację drgań na różnym etapie przemian poubojowych mięsa, obserwuje się duże zróżnicowanie uzyskiwanych wyników [7, 9, 11].

PIŚMIENNICTWO

1. BERTRAM H.C., SCHÄFER A., ROSENVOLD K., ANDERSEN H.J., 2004 – Physical changes of significance for early post mortem water distribution in porcine *m. longissimus*. ***Meat Science*** 66, 915-924.
2. BORISOVA M.A., ORESHKIN E.F., 1992 – On the water condition in pork meat. ***Meat Science*** 31, 257-265.
3. DEN HERTOG-MEISCHKE M.J.A., VAN LAACK R.J.L.M., SMULDERS F.J.M., 1997 – The water-holding capacity of fresh meat. ***The Veterinary Quarterly*** 19 (4), 175-181.
4. DEN HERTOG-MEISCHKE M.J.A., SMULDERS F.J.M., VAN LOGTESTIJN J.G., VAN KNAPEN F., 1997 – The effect of electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. ***Journal of Animal Science*** 75, 118-124.
5. DOLATA W., KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK M., WAJDZIK J., 2005 – Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. ***Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*** 8 (3).
6. DOLATOWSKI Z.J., TWARDA J., 2004 – Einfluss von Ultraschall auf das Wasserbindungsvermögen von Rindfleisch. ***Fleischwirtschaft*** 12, 95-99.
7. DOLATOWSKI Z.J., 1999 – Wpływ obróbki ultradźwiękami o niskiej częstotliwości na strukturę i cechy jakościowe mięsa. ***Rozprawy naukowe AR w Lublinie*** 221.
8. FJELKNER-MODIG S., TORNBERG E., 1986 – Water distribution in porcine *m. longissimus dorsi* in relation to sensory properties. ***Meat Science*** 17, 213-231.

9. GOT F., CULIOLI J., BERGE P., VIGNON X., ASTRUC T., QUIDEAU J.M., LETHIECQ M., 1999 – Effects of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. ***Meat Science*** 51, 35-42.
10. GRAU R., HAMM R., 1953 – Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. ***Naturwissenschaften*** 40, 29-30.
11. LYNG J.G., ALLEN P., McKENNA B.M., 1997 – The influence of high intensity ultrasound baths on aspects of beef tenderness. ***Journal of Muscle Foods*** 8, 237-249.
12. LYNG J.G., ALLEN P., McKENNA B.M., 1998 – The effect on aspects of beef tenderness of pre- and post-rigor exposure to a high intensity ultrasound probe. ***Journal of the Science of Food and Agriculture*** 78, 308-314.
13. PN-ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne – Pomiar pH – metoda odwoławcza.
14. POSPIECH E., GRZEŚ B., ŁYCZYŃSKI A., BORZUTA K., SZALATA M., MIKOŁAJCZAK B., 2003 – Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. ***Animal Science Papers and Reports*** 21, supplement 1, 133-151.
15. SCHÄFER A., ROSENVOLD K., PURSLOW P.P., ANDERSEN H.J., HENCKEL P., 2002 – Physiological and structural events *post mortem* of importance for drip loss in pork. ***Meat Science*** 61, 355-366.
16. TAYLOR R.G., GEESINK G.H., THOMPSON V.F., KOOHMARAIE M., GOLL D.E., 1995 – Is Z-disk degradation responsible for *post mortem* tenderization? ***Journal of Animal Science*** 73, 1351-1367.
17. TYSZKIEWCZ I., KŁOSSOWSKA B.M., 1997 – Mechanical tenderisation of pork meat: Protein and water release due to tissue damage. ***Journal of the Science of Food and Agriculture*** 73, 179-185.
18. WARNER R.D., KAUFFMAN R.G., GREASER M.L., 1997 – Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. ***Meat Science*** 45 (3), 339-352.
19. WIERBICKI E., TIEDE M.G., BURRELL R.C., 1962 – Die Bestimmung der Fleischquellung als Methode zur Untersuchung der Wasserbindungskapazitat von Muskelproteinen mit geringen salthaltevermogen. ***Fleischwirtschaft*** 10, 948-951.

Joanna Stadnik, Zbigniew J. Dolatowski

The influence of ultrasound on meat quality

S u m m a r y

The aim of the study was to examine the influence of ultrasound treatment of beef tissue on its selected technological properties. Experiments were carried out on meat samples from young cattle. Muscles were dissected from carcasses 24 hours after slaughter and at the same time subjected to ultrasound treatment. Samples were stored for 96 hours at temperature of 4°C. Experiments were carried out 24, 48, 72 and 96 hours after slaughter. Following quality traits were determined: acidity, water holding capacity, L*a*b* (CIE) parameters. Obtained results pointed out that meat subjected to ultrasound treatment was having different technological traits than control sample. During the whole storage period the control sample was having higher L* parameter value whereas U sample was having higher a* parameter value. Meat subjected to ultrasound was having better water holding capacity during ageing. It's possible than by ultrasound treatment during *rigor mortis* period, post mortem processes were accelerated, resulting in the higher WHC of sonicated beef.