

AGNIESZKA LATOCH

WPLYW SONIFIKACJI NA WŁAŚCIWOŚCI ŻELU MIOFIBRYLI PODCZAS DOJRZEWANIA MIĘSA WOŁOWEGO

Streszczenie

Celem badań było określenie zmian właściwości termoreologicznych białek miofibrylarnych, wyznaczenie początkowej i końcowej temperatury ich żelowania podczas dojrzwania mięsa wołowego sonifikowanego bezpośrednio po uboju ultradźwiękami o niskiej częstotliwości drgań. Badania przeprowadzono na mięśni pólbloniastym młodego bydła rzeźnego. Surowiec przeznaczony do badań bezpośrednio po uboju dzielono na trzy części, uzyskując próbę kontrolną (K) oraz dwie próby przeznaczone do obróbki falami ultradźwiękowymi o częstotliwości 25 kHz (U) i 45 kHz (Z). Badania lepkości przeprowadzono na homogenatach otrzymywanych z mięsa (w 0,6 M NaCl, pH 6,2) po 24, 48 i 72 godz. dojrzwania w warunkach chłodniczych. Wartość pH prób ustalano na poziomie 5,3, i 7,0. Wyznaczono początkową i końcową temperaturę żelowania.

Przeprowadzone badania wykazały, że zmiany cech lepkościowych homogenatów mięsa w 0,6 M NaCl zależą od sposobu sonifikacji, czasu, jaki upłynął od uboju i pH. Stwierdzono, że ustalenie pH homogenatu na poziomie 5,3 prowadzi do koagulacji białek w nim zawartych. W środowisku obojętnym (pH 7,0) zmiany termoreologiczne homogenatów mięśniowych wszystkich badanych prób rozpoczynały się w temp. ok. 60°C. Próby sonifikowane (pH 7,0) cechowały się wyższą o ok. 1-2°C początkową temperaturą zmian lepkości w porównaniu z próbą kontrolną.

Słowa kluczowe: mięso wołowe, homogenaty mięsa, żelowanie miofibryli, sonifikacja

Wprowadzenie

Właściwości termoreologiczne homogenatów oraz żelowanie termiczne białek miofibrylarnych mają istotne znaczenie w przetwórstwie mięsa, zwłaszcza w procesach technologicznych wymagających obróbki cieplnej [12]. Białka miofibrylarne tworzą żele, a wiążąc tłuszcz i wodę, kształtują teksturę produktu. Oddziałują na spójność farszów, a tym samym na jakość rozdrobnionych produktów mięsnych [15]. Właściwości reologiczne, stopień zdenaturowania białek miofibrylarnych oraz stopień ich agregacji często są wyrażane poprzez pomiar lepkości, który silnie koreluje ze zmia-

nami w cząsteczkach białek mięśniowych [3, 8]. Wzrost stężenia białka i podwyższenie wartości pH zwiększają lepkość białek [3, 15]. Natomiast wzrost siły jonowej roztworu powoduje obniżenie lepkości [9, 15]. Zmiany reologiczne wywołane obróbką termiczną wynikają z denaturacji i towarzyszącej jej agregacji białek miofibrylarnych.

Celem badań było określenie zmian właściwości termoreologicznych białek miofibrylarnych oraz wyznaczenie początkowej i końcowej temperatury ich żelowania podczas dojrzewania mięsa wołowego sonifikowanego bezpośrednio po uboju.

Material i metody badań

Badania przeprowadzono na mięśni pólbloniastym (*m. semimembranosus*) młodego bydła rzeźnego rasy nizinnej czarno-białej. Surowiec przeznaczony do badań bezpośrednio po uboju dzielono na trzy części (o masie ok. 0,5 kg), uzyskując próbę kontrolną (K) oraz dwie próby przeznaczone do obróbki falami ultradźwiękowymi o częstotliwości 25 kHz (U) i 45 kHz (Z) oraz natężeniu $2 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$. Czas ekspozycji w polu ultradźwiękowym wynosił 2 min. Próby mięsa do badań przechowywano w warunkach chłodniczych. Po upływie określonego warunkami badań czasu przechowywania tj.: 24, 48 i 72 godz. od uboju z mięsa przygotowywano homogenaty, które poddawano badaniom. Badania przeprowadzono w trzech seriach. Przedstawione wyniki są wartościami średnimi obliczonymi przez wewnętrzny program komputerowy urządzenia pomiarowego.

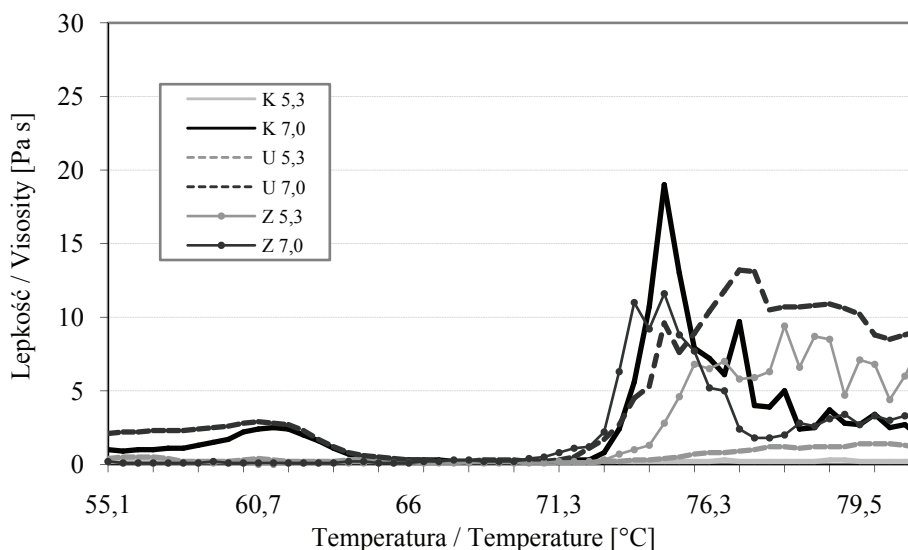
Właściwości termoreologiczne homogenatów mięsa oceniano w 0,6 M roztworze NaCl; pH 6,2. Stężenie białka w homogenacie wynosiło 4%. Wartość pH homogenatu ustalano na poziomie 5,3 (próby K 5,3; U 5,3; Z 5,3) i 7,0 (próby K 7,0; U 7,0; Z 7,0), używając 1M HCl lub 1M NaOH. Homogenat ogrzewano w temp. od 20 do 80°C, gradient przyrostu temperatury wynosił $3^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$. Badania przeprowadzono przy użyciu wiskozymetru rotacyjnego firmy Brookfield Engineering Laboratories model RV, wyposażonego we wrzeciono SC4-29, prędkość ścinania wynosiła $2,5\cdot\text{sek}^{-1}$. Zmiany lepkości homogenatów w funkcji temperatury rejestrowano za pomocą programu komputerowego. Na podstawie otrzymanych wyników badań wyznaczono początkową i końcową temperaturę żelowania.

Wyniki i dyskusja

Zmiany cech lepkosprężystych homogenatów mięsa zależały od: sposobu sonifikacji, wartości pH i czasu, jaki upłynął od uboju (rys. 1-3). Analizując przebieg krzywych lepkości homogenatów mięsa o pH 7,0 w funkcji temperatury (20–80°C) stwierdzono charakterystyczne zmiany lepkości. W temp. od 20 do 60°C lepkość badanych prób nie zmieniała się. Następnie wraz ze wzrostem temp. powyżej 61°C lepkość homogenatów obniżała się, a po przekroczeniu 69–70°C ponownie wzrastała. Podobne

zależności otrzymano we wcześniejszych badaniach właściwości termoreologicznych homogenatów o pH 6,2 w tym samym zakresie temperatury.

W próbach o pH 5,3 (K 5,3, U 5,3, Z 5,3) stwierdzono koagulację homogenatu, w związku z czym lepkość była niska i nie przekraczała 4,0 Pa·s w czasie obróbki w temp. od 20 do 70°C, niezależnie od czasu od uboju. Przy tej wartości pH nie stwierdzono wpływu sonifikacji mięsa po uboju na zróżnicowanie lepkości pomiędzy próbami K, U i Z (rys. 1-3).



Objaśnienia: / Explanatory notes:

K 5,3 - homogenat mięsa próby kontrolnej; pH 5,3 / meat homogenate of control sample; pH 5,3

K 7,0 - homogenat mięsa próby kontrolnej; pH 7,0 / meat homogenate of control sample; pH 7,0

U 5,3 - homogenat mięsa próby sonifikowanej falami o częstotliwości 25 kHz; pH 5,3 / meat homogenate of sample sonicated at frequency of 25 kHz; pH 5,3

U 7,0 - homogenat mięsa próby sonifikowanej falami o częstotliwości 25 kHz; pH 7,0 / meat homogenate of sample sonicated at frequency of 25 kHz; pH 7,0

Z 5,3 - homogenat mięsa próby sonifikowanej falami o częstotliwości 45 kHz; pH 5,3 meat homogenate of sample sonicated at frequency of 45 kHz; pH 5,3

Z 7,0 - homogenat mięsa próby sonifikowanej falami o częstotliwości 45 kHz; pH 7,0 meat homogenate of sample sonicated at frequency of 45 kHz; pH 7,0

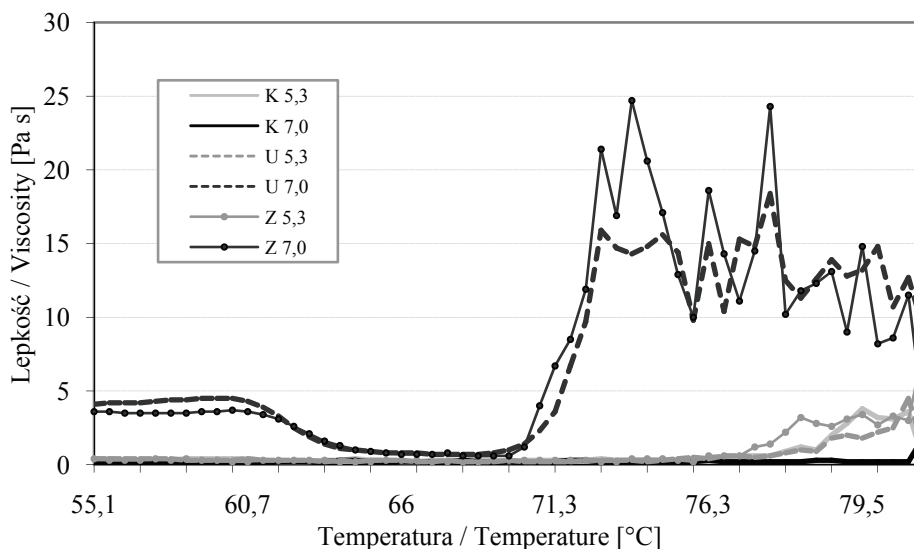
Rys. 1. Lepkość homogenatów mięsa wołowego w 0,6 M NaCl otrzymanych po 24 godz. od uboju.

Fig. 1. Viscosity of meat homogenates at 0,6 M NaCl (24 hours of ageing).

Inaczej przedstawiają się termoreogramy homogenatów mięsa, w których wartość pH ustalano na poziomie 7,0 (K 7,0, U 7,0, Z 7,0). W homogenatach otrzymanych po 24 godz. od uboju (rys. 1), podczas ogrzewania do temp. 57°C próby K 7,0, nie stwierdzono zmian lepkości (1,0 Pa·s), podobnie w próbie U 7,0 podczas ogrzewania do

temp. 58°C (2,3 Pa·s). W temp. 60,7°C zaobserwowano pierwszy wzrost lepkości w próbie K 7,0 do 2,5 Pa·s, zaś w próbie U 7,0 w temp. 60,1°C do 2,9 Pa·s. Wzrost temperatury ogrzewania powodował obniżenie, o ok. 0,3 Pa·s, lepkości obu prób. Niska lepkość homogenatów utrzymywała się do temp. 72,5°C w próbie K 7,0 i do 71,5°C w próbie U 7,0. Dalsze ogrzewanie powodowało gwałtowny wzrost lepkości badanych prób. Inny przebieg miała krzywa lepkości próby Z 7,0. Lepkość tej próby w zakresie od 20 do 71°C nie zmieniała się i wynosiła ok. 0,2 Pa·s, powyżej temp. 71°C obserwowano znaczny wzrost lepkości.

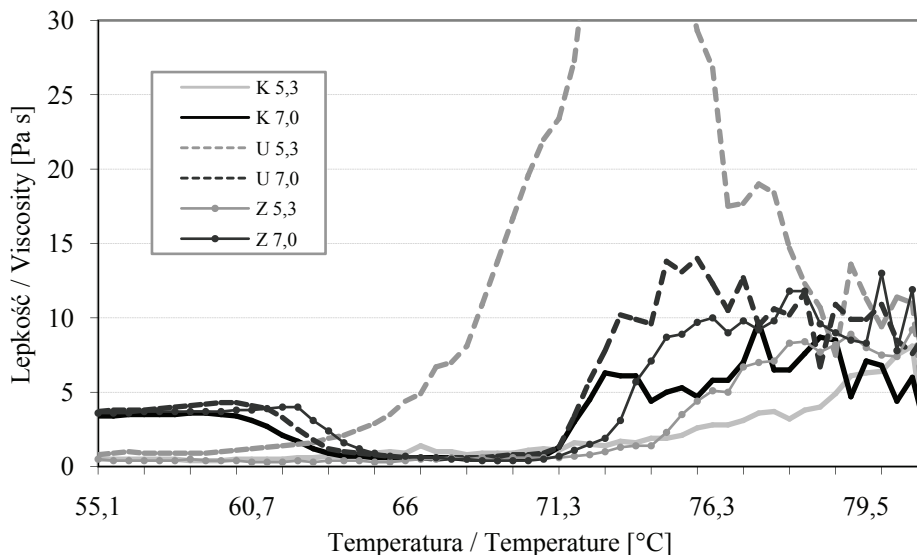
W trzeciej dobie po uboju (rys. 2) nie stwierdzono wpływu temperatury w zakresie 20–80°C na zmianę lepkości próby K 7,0. Lepkość tej próby wynosiła w badanym zakresie temperatury ok. 0,2 Pa·s. Nie stwierdzono także charakterystycznego wzrostu lepkości w temp. ok. 55°C w próbie Z 7,0. W tej próbie lepkość wynosząca ok. 3,5 Pa·s utrzymywała się do temp. 62°C, powyżej której obniżyła się do 0,7 Pa·s. Początek wzrostu lepkości stwierdzono w temp. 70°C. Typowym przebiegiem krzywej lepkości w funkcji temperatury charakteryzowała się próba U 7,0. Początkowa lepkość tej próby wynosiła 4,0 Pa·s. Wzrost lepkości stwierdzono w temp. 57°C, z maksimum wynoszącym 4,5 Pa·s w temp. 59°C. W temp. 64°C wystąpiło minimum lepkości (0,7 Pa·s) utrzymujące się do temp. 69°C, powyżej której nastąpił maksymalny wzrost lepkości.



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

Rys. 2. Lepkość homogenatów mięsa wołowego w 0,6 M NaCl otrzymanych po 48 godz. od uboju.

Fig. 2. Viscosity of meat homogenates at 0,6 M NaCl (48 hours of ageing).



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

Rys. 3. Lepkość homogenatów mięsa wołowego w 0,6 M NaCl otrzymanych po 72 godz. od uboju.

Fig. 3. Viscosity of meat homogenates at 0,6 M NaCl (72 hours of ageing).

Po 72 godz. od uboju (rys. 3) ogrzewanie próby K 7,0 w temp. od 20 do 60°C lub 61°C w przypadku prób U 7,0 i Z 7,0 nie zmieniło ich lepkości. Lepkość we wszystkich badanych próbach wynosiła ok. 3,5–3,7 Pa·s. W czwartej dobie po uboju we wszystkich próbach nie stwierdzono wzrostu lepkości, lecz jej obniżenie, do ok. 0,6 Pa·s, po przekroczeniu wyżej wymienionych zakresów temperaturowych. Początek maksymalnego wzrostu lepkości stwierdzono w temp. 71°C w próbie K 7,0 i U 7,0 oraz 71,5°C w próbie Z 7,0.

Zmiany w strukturach białka, sposób i tempo ogrzewania oraz dodatek soli mają wpływ na reologiczne właściwości mięsa białek mięśniowych oraz rozdrobnionych farszów mięsnych. Zmiany reologiczne wywołane obróbką termiczną są efektem denaturacji i towarzyszącej jej agregacji białek miofibrilarnych [5, 6, 10].

W reotermogramach rozdrobnionego i/lub solonego mięsa występują charakterystyczne cechy, które są niezależne od rodzaju i gatunku zwierzęcia [1, 4, 14]. Podczas obróbki w temp. 30–40°C zaczyna się wzrost właściwości sprężystych i lepkich, po którym następuje ich obniżenie, a następnie ponowny wzrost zaczynający się w temp. 55–60°C. Na początkowy wzrost sprężystości w dużej mierze wpływają zmiany w strukturze miozyny [11, 13]. Obniżenie lepkości w temp. ponad 40°C jest spowodowane obecnością aktomiozyny i tworzenia spójnej matrycy żelu. Przy wyższych wartościach pH, tendencja do koagulacji dominuje w temp. pomiędzy 40 i 50°C. Obniżeniu lepkości we

włóknkach mięśniowych wołowiny w temp. pomiędzy 40–60°C przypisuje się procesowi wytrącania białek miofibrylarnych. Znaczne obniżenie sprężystości żelu w temp. powyżej 65°C również tłumaczone jest koagulacją białek miofibrylarnych [5].

Na podstawie zmian lepkości homogenatów mięsa podczas dojrzewania można określić stopień zdenaturowania i agregację białek miofibrylarnych [2, 3, 8]. Wiąże się one ze zmianami w cząsteczce miozyny i aktomiozyny [11]. Wzrost stężenia białka i wartości pH zwiększają lepkość aktomiozyny [3, 15], natomiast wzrost siły jonowej roztworu zawierającego aktomiozynę obniża jej lepkość [5]. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że wzrostowi stężenia soli towarzyszy wzrost liczby monomerów aktomiozyny. Małe cząsteczki powodują zmniejszenie lepkości. W zależności od wartości pH i siły jonowej cząsteczka miozyny ma różnie uporządkowaną strukturę. Przy niskiej sile jonowej i neutralnym pH (7,0) cząsteczki miozyny są „spakowane” jako włókna, ale działając siłą jonową powyżej 0,3, cząsteczki miozyny dzielą się tworząc monomery [3, 9].

Wnioski

1. Lepkość homogenatów mięsa w 0,6 M NaCl zależy od czasu dojrzewania mięsa, kwasowości środowiska i sposobu sonifikacji. W zakresie temp. od 20 do 60°C lepkość badanych homogenatów przy pH 7,0 nie zmieniała się. Wraz z dalszym podwyższaniem temperatury ogrzewania obserwowano charakterystyczne zmiany lepkości badanych prób.
2. Homogenaty, w których wartość pH ustalono na poziomie 5,3 uległy koagulacji, w związku z czym nie można było stwierdzić wpływu sonifikacji o niskiej częstotliwości drgań na lepkość.
3. Homogenaty otrzymane z mięsa poddanego sonifikacji w polu ultradźwiękowym o niskiej częstotliwości i średnim natężeniu drgań, w których wartość pH wynosiła 7,0 cechowały się wyższą o ok. 1-2°C początkową temperaturą żelowania. Temperatura końcowych przemian kształtowała się na podobnym poziomie we wszystkich badanych próbach.

Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.

Literatura

- [1] Boyer C., Joandel S., Ouali A., Culioli J.: Determination of surface hydrophobicity of fast and slow myosins from rabbit skeletal muscles: implication in heat-induced gelation. *J Sci Food Agric.*, 1996, **72**, 367-375.
- [2] Chapleau N. J., de Lamballerie-Anton M. I.: Changes in myofibrillar proteins interactions and rheological properties induced by high-pressure processing. *Eur Food Res Technol.*, 2003, **216**, 470–476.
- [3] Cofrades S., Careche M., Carballo J., Jimenez-Colmenero F.: Protein concentration, pH and ionic strength affected apparent viscosity of actomyosin. *J. Food Sci.*, 1993, **58**, 1269.

- [4] Culioli J., Boyer C., Vignon X., Ouali A.: Heat-induced gelation properties of myosin: Influence of purification and muscle type. *Sci. Aliments.*, 1993, **13**, 249-260.
- [5] Egelanddal B., Martinsen B., Autio K.: Rheological parameters as predictors of protein functionality: A model study using myofibrils of different fibre-type composition. *Meat Sci.*, 1995, **39** (S), 97-111.
- [6] Hung T., Smith D. M.: Dynamic rheological properties and microstructure of partially insolubilized whey protein concentrate and chicken breast salt-soluble protein gels. *J. Agric. Food Chem.*, 1993, **41**, 1372-1378.
- [7] Latoch A., Dolatowski Z. J.: Właściwości termoreologiczne homogenatów otrzymanych z sonifikowanego mięsa wołowego. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. i Tł.*, 2004, **t. XLI**, 181-188.
- [8] Lesiów T.: Wpływ przechowywania mięśni piersi kaczek w temperaturze $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ na lepkość roztworów białek oraz farszu. *Prace Naukowe AE we Wrocławiu, Technologia*, 1994, **675** (7).
- [9] Ockerman H. W., Lesiów T.: Viscosity of semimembranosus and longissimus dorsi bull muscle homogenates. *Bulletin The Ohio State University Extension Research. Research and Reviews: Meat Special Circular* 2001, pp. 183-02.
- [10] Robe G. H., Xiong Y. L.: Dynamic rheological studies on salt-soluble proteins from three porcine muscles. *Food Hydrocoll.*, 1993, **7**, 137-146.
- [11] Sano T., Noguchi S. F., Tsuchiya T., Matsumoto J. J.: Dynamic viscoelastic behavior of natural actomyosin and myosin during thermal gelation. *J. Food Sci.*, 1988, **53**, 924-928.
- [12] Smith D. M.: Meat proteins functional properties in communitated meat products. *Food Tech.*, 1988, **42**, 116-121.
- [13] Smyth A. B., Smith D. M., Vega-Warner V., O'Neill E.: Thermal denaturation and aggregation of chicken breast muscle myosin and subfragments. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 1005-1010.
- [14] Xiong Y. L.: Miofibrillar protein from different muscle fiber type: Implications of biochemical and functional properties in meat processing. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1994, **34**, 293-320.
- [15] Xiong Y. L., Blanchard S. P.: Rheological properties of salt-soluble protein from white and red skeletal muscles. *J. Agric. Food Chem.* 1994, **42**, 1624.

SONICATION INFLUENCE ON MYOFIBRILLAR GELS PROPERTIES DURING BEEF AGEING

S u m m a r y

The aim of the study was evaluation the thermorheological properties of myofibrillar proteins, determination of initial and final temperature of gelation process during meat ageing sonicated right after the slaughter with low frequency ultrasonic. The tests were carried out on *semimembranosus* muscles of young bulls. The sample was divided on three parts right after slaughter, first as a control sample and other two designated to ultrasonic treatment with 25 kHz (U) i 45 kHz (Z) frequency. The viscosity tests on homogenates from meat after 24, 48 and 72 hours of ageing in cooling conditions were evaluated. The acidity level was set up on pH 5.3 and 7.0 respectively. The initiative and final gelation temperature was set up.

The tests showed that the changes of homogenates features prepared from meat in 0.6 M NaCl solution depend on the way of sonication, time after slaughter and acidity level. It was stated that setting up an acidity on 5.3 level leads to proteins coagulation. In the neutral acidity thermorheological changes of the muscle homogenates of all tested samples started around 60°C . Sonicated samples (pH 7,0) characterized 1-2 $^{\circ}\text{C}$ higher initial temperature of viscosity changes in comparison to control sample.

Key words: beef, meat homogenates, gelation of myofibrills, sonication 