

Joanna Twarda, Zbigniew J. Dolatowski  
Zakład Przetwórstwa Surowców Pochodzenia Zwierzęcego  
Akademia Rolnicza w Lublinie

## WPLYW SONIFIKACJI MIĘSA NA DYNAMIKĘ UBYTKU WODY W PROCESIE LIOFILIZACJI

### Streszczenie

Celem badań była ocena wpływu sonifikacji na różnych etapach przemian poubojowych na przebieg procesu liofilizacji mięsa wołowego. Mięso suszono sublimacyjnie w liofilizatorze typu Alpha 1 - 4 z jednostronnym, kontaktowym dostarczeniem ciepła. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono krzywe szybkości suszenia przedstawiające kinetykę suszenia w układzie: szybkość suszenia - zawartość wody w mięsie. Oznaczenia szybkości suszenia wykonane po 24, 48 i 96 godz. od uboju wykazały, iż najwyższą dynamiką ubytku wody charakteryzowała się próba U25. Można przypuszczać, że w wyniku obróbki ultradźwiękowej nastąpiły zmiany histologiczno-strukturalne w obrębie białek miofibrylarnych i innych struktur komórki mięśniowej, które zmieniają układ woda - substancje biologiczne włókienka mięśniowego.

**Słowa kluczowe:** liofilizacja, uwodnienie, wołowina

### Wstęp

Jednym z najważniejszych problemów badawczych, podejmowanym w wielu ośrodkach naukowych [Borisova, Oreshkin 1992; den Hertog-Meischke i in. 1997; Dolatowski, Twarda 2004], jest interakcja białek mięsa z wodą i jej utrzymywanie w trakcie poubojowych przemian i procesów przetwórczych. Uwodnienie mięsa jest uzależnione od ilości i stanu fizykochemicznego białek miofibrylarnych, determinowanego głównie przez procesy metaboliczne zachodzące w organizmie zwierząt bezpośrednio przed ubojem oraz w mięsie po uboju [Fjelkner - Modig, Tornberg 1986; Warner i in. 1997; Schäfer i in. 2002; Bertram i in. 2004]. W tym czasie zachodzą istotne zmiany histologiczne i biofizykochemiczne tkanki mięśniowej. Pomimo szerokiego zakresu badań nad przemianami biochemiczno-strukturalnymi, wiedza na temat mechanizmów poubojowych zmian przestrzennego rozmieszczenia i migracji wody w mięsie, decydującej o kruchości i właściwościach

technologicznych, jest w dalszym ciągu oparta na hipotezach [Kristensen, Purslow 2001; Lawson 2004]. Przyczynkiem do wyjaśnienia mechanizmów przemian struktur białkowych w tkance i ewentualnego kształtowania jakości poprzez modyfikowanie wodochłonności mogą być wyniki badań nad wpływem ultradźwięków na uwodnienie mięsa.

### **Cel i zakres pracy**

Celem badań była ocena wpływu sonifikacji po 24 godz. od uboju na przebieg procesu liofilizacji mięsa wołowego znajdującego się w różnym stadium zaawansowania przemian poubojowych, tj. po 24, 48, 72 i 96 godz. od uboju.

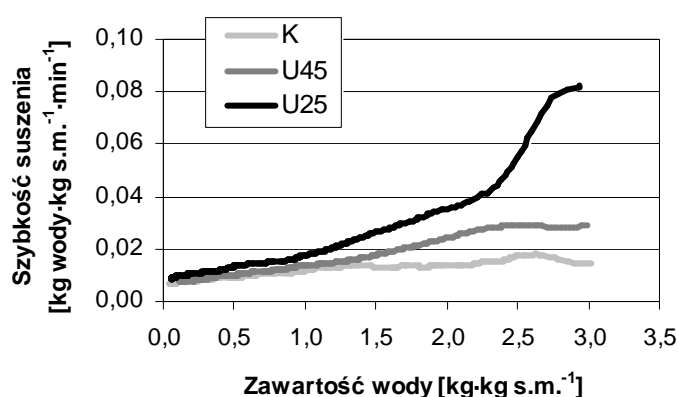
### **Metodyka**

Mięso wołowe (*m. semimembranosus*), wolne od wad jakościowych, pozyskiwano z młodego bydła rzeźnego rasy nizinną czarno-białej. Mięsień wycinano po 24 godzinach od uboju z półtuszy wychładzanych w warunkach przemysłowych, dzielono na 3 części o zbliżonej masie (0,5 kg), z których jedna stanowiła próbę kontrolną (próba - K), dwie pozostałe poddawano obróbce w polu ultradźwiękowym drganiem o częstotliwości 25 kHz (próba -U25) i 45 kHz (próba - U45). Natężenie drgań wynosiło ok.  $2 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ , a czas obróbki 2 minuty. Próby mięsa do badań przechowywano w warunkach chłodniczych. Po upływie określonego warunkami badań czasu przechowywania, tj.: po 24, 48, 72 i 96 godz. od uboju mięso poddawano procesowi liofilizacji. W tym celu mięso cięto na plastry (prostopadle do kierunku włókien mięśniowych) o grubości 1 cm i masie 30 - 35 g. Próby wstępnie zamrażano w temp. ok.  $-25^{\circ}\text{C}$ . Mięso suszono sublimacyjnie w liofilizatorze typu Alpha 1 - 4 z jednostronnym, kontaktowym dostarczeniem ciepła. Ciśnienie układu wynosiło 103 Pa, a temperatura płyty liofilizatora  $50^{\circ}\text{C}$ . Proces prowadzono do osiągnięcia stałej, nieulegającej zmianie przez 60 minut masy. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono krzywe szybkości suszenia przedstawiające kinetykę suszenia w układzie: szybkość suszenia [ $\text{kg wody} \cdot \text{kg s.m.}^{-1} \cdot \text{min.}^{-1}$ ] - zawartość wody w mięsie [ $\text{kg} \cdot \text{kg s.m.}^{-1}$ ]. Szybkość suszenia wyznaczono jako pochodną średniej zawartości wody do czasu suszenia  $\left(\frac{dw}{dt}\right)$  [Strumiłło 1983]. Badania przeprowadzono w trzykrotnym powtórzeniu.

### **Wyniki badań i ich analiza**

Przebieg krzywych szybkości suszenia uzyskanych dla prób mięsa poddanych liofilizacji po 24 godz. od uboju (bezpośrednio po obróbce ultradźwiękami) (rys. 1) wskazuje, że najwyższą dynamiką ubytku wody podczas całego procesu charakte-

ryzowała się próba U25. W początkowym etapie szybkość suszenia próby U25 była ponad 5 - krotnie większa niż próby K i 2,5 -krotnie większa niż próby U45. Po osiągnięciu zawartości wody  $2,280 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$  szybkość suszenia próby U25 została zredukowana o połowę w stosunku do szybkości suszenia obserwowanej na początku procesu (rys. 1). Próba U45 cechowała się szybkością suszenia większą niż próba niepoddana sonifikacji. Wyraźne różnice w szybkości suszenia między tymi próbami były zauważalne do osiągnięcia poziomu zawartości wody ok.  $1,250 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$ .

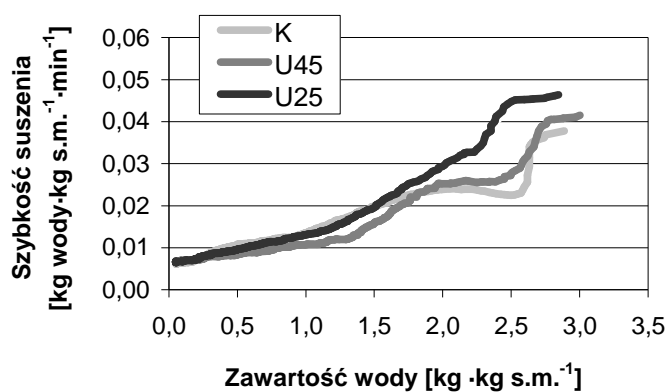


Rys. 1. Dynamika ubytku wody z prób mięsa poddanych liofilizacji po 24 godz. od uboju

Fig. 1. Dynamics of water loss from lyophilized meat samples 24 hours after slaughter

Podczas suszenia sublimacyjnego prób mięsa przeprowadzonego po 48 godz. od uboju tj. po 24 godz. od obróbki ultradźwiękowej (rys. 2) największą szybkością suszenia charakteryzowała się również próba U25.

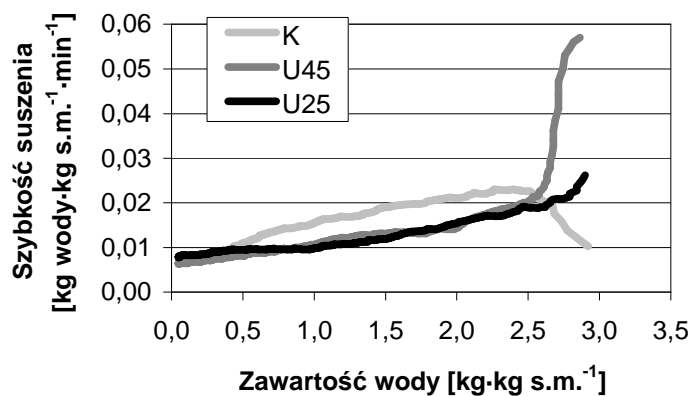
W początkowym etapie procesu szybkość suszenia tej próby wynosiła ok.  $0,047 \text{ kg wody}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i była znacznie mniejsza w porównaniu do wyników oznaczeń wykonanych po 24 godz. od uboju. Po rozpoczęciu procesu, dla wyjściowej zawartości wody ok.  $3,000 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$  szybkość suszenia prób U45 i K kształtowała się na poziomie  $0,038 - 0,041 \text{ kg wody}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Po osiągnięciu zawartości wody  $2,600 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$  szybkość suszenia próby K gwałtownie się obniżyła i utrzymywała się na poziomie  $0,020 - 0,023 \text{ kg wody}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  aż do osiągnięcia zawartości wody  $1,700 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$ .



Rys. 2. Dynamika ubytku wody z prób mięsa poddanych liofilizacji po 48 godz. od uboju

Fig. 2. Dynamics of water loss from lyophilized meat samples 48 hours after slaughter

Dla prób poddanych sonifikacji (U25 i U45) obserwowano systematyczny spadek szybkości suszenia wraz z obniżaniem poziomu zawartości wody w próbach mięsa. Próba mięsa poddana sonifikacji falami o częstotliwości 45 kHz charakteryzowała się dużą szybkością suszenia w początkowych etapach procesu liofilizacji przeprowadzonego po 72 godz. chłodniczego przechowywania (rys. 3).

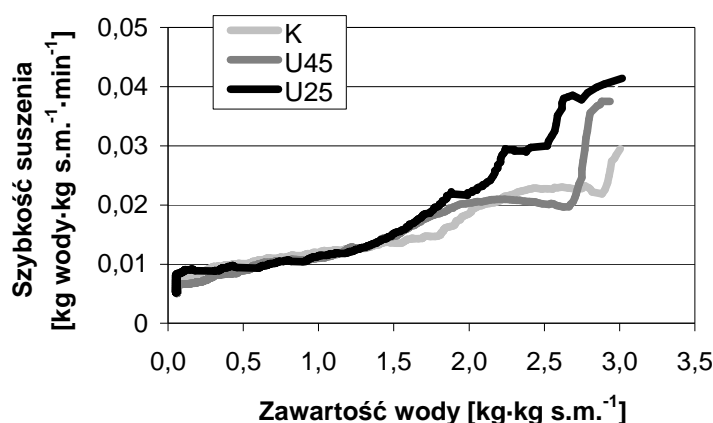


Rys. 3. Dynamika ubytku wody z prób mięsa poddanych liofilizacji po 72 godz. od uboju

Fig. 3. Dynamics of water loss from lyophilized meat samples 72 hours after slaughter

Szybkość suszenia tej próby, po gwałtownym spadku odnotowanym na poziomie zawartości wody  $2,500 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$ , w dalszym ciągu trwania procesu była bardzo zbliżona do szybkości suszenia próby U25.

Największą szybkość suszenia dla próby niepoddanej sonifikacji odnotowano przy poziomie zawartości wody ok.  $2,300 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$ , była ona większa niż szybkość suszenia prób poddanych sonifikacji - przy tym poziomie zawartości wody. Po osiągnięciu tej wartości szybkość suszenia próby kontrolnej stopniowo malała, lecz przez znaczną część trwania procesu suszenia była większa niż prób U25 i U45. W początkowym etapie liofilizacji prób mięsa po 96 od uboju (rys. 4) szybkość suszenia kształtowała się na poziomie  $0,030 - 0,040 \text{ kg wody}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dla próby U45 po osiągnięciu zawartości wody ok.  $2,700 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$  nastąpiło gwałtowne zahamowanie dynamiki ubytku wody. Po osiągnięciu zawartości wody na poziomie  $1,500 \text{ kg}\cdot\text{kg s.m.}^{-1}$  szybkość suszenia wszystkich badanych prób aż do czasu zakończenia procesu była bardzo zbliżona.



Rys. 4. Dynamika ubytku wody z prób mięsa poddanych liofilizacji po 96 godz. od uboju

Fig. 4. Dynamics of water loss from lyophilized meat samples 96 hours after slaughter

## Podsumowanie

Oznaczenia szybkości suszenia wykonane po 24, 48 i 96 godz. od uboju wykazały, iż największą dynamiką ubytku wody charakteryzowała się próba U25. W wyniku sonifikacji interakcje woda-białko w mięsie tej próby były labilne, szczególnie w pierwszych dwóch dobach chłodniczego przechowywania. Największe różnice

w szybkości suszenia w początkowych etapach liofilizacji odnotowano podczas procesu przeprowadzonego po 24 i 72 godz. od uboju. Największą szybkością suszenia, spośród wszystkich analizowanych prób na poszczególnych etapach przemian poubojowych, charakteryzowała się próba U25 podczas procesu liofilizacji przeprowadzonego bezpośrednio po obróbce ultradźwiękowej. Otrzymane wyniki badań wskazują, że w zależności od wymagań procesu produkcyjnego (otrzymywanie wyrobów suchych, podsuszanych) istnieje możliwość kształtowania dynamiki ubytku wody poprzez działanie fal ultradźwiękowych na mięso.

### **Bibliografia**

- 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.
- Borisova M.A., Oreshkin E.F. 1992. On the water condition in pork meat. *Meat Science*, 31, 257-265.
- 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.
- Dolatowski Z.J., Twarda J. 2004. Einfluss von Ultraschall auf das Wasserbindungsvermögen von Rindfleisch. *Fleischwirtschaft*, 12, 95-99.
- Fjelkner-Modig S., Tornberg E. 1986. Water distribution in porcine *m. longissimus dorsi* in relation to sensory properties. *Meat Science*, 17, 213-231.
- Kristensen L., Purslow P.P. 2001. The effect of ageing on the water - holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58, 17-23.
- Lawson M. 2004. The role of integrin degradation in *post mortem* drip loss in pork. *Meat Science*, 68, 559-566.
- 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.
- Strumiłło C. 1983. Podstawy teorii i techniki suszenia. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- 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.

## **Podziękowania**

*Autorzy składają podziękowania Panu prof. dr hab. Tadeuszowi Lisowi kierownikowi Zakładu Inżynierii Suszarnictwa i Przechowalnictwa Wydziału Inżynierii Produkcji AR w Lublinie za udostępnienie aparatury do przeprowadzenia procesu liofilizacji.*

## **INFLUENCE OF MEAT SONIFICATION ON THE DYNAMICS OF WATER LOSS IN THE LIOFILIZATION PROCESS**

### **Summary**

The aim of the paper is an assessment of sonification at various stages of post-slaughter transformations on the course of liofilization of beef. Meat was dried using sublimation in a liofilizator Alpha 1 - 4 with one-sided contact heat input. On the basis of the obtained results, curves of drying speed presenting the drying kinetics in the relation between drying speed and water content in meat were determined. Drying speed read after 24, 48 and 96 hours from slaughter indicated that the test U25 had highest water loss. It can be assumed that in result of ultrasound treatment histological-cum-structural changes took place within microfibrillar proteins and other structures of a muscle cell which change the relation between water and biological substance of a muscle fibril.

**Key words:** liofilization, hydration, beef