

Włodzimierz Dolata, Michał Piątek, Janusz Stateczny  
Instytut Technologii Mięsa  
Akademia Rolnicza w Poznaniu

## ROZMRAŻANIE SUROWCÓW MIĘSNYCH PRZY UŻYCIU ULTRADŹWIĘKÓW O NISKICH CZĘSTOTLIWOŚCIACH

### Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań była ocena przydatności ultradźwięków o niskiej częstotliwości (40kHz) do rozmrażania surowców mięsnych. Do przeprowadzenia eksperymentu wykorzystano specjalnie skonstruowany generator fal ultradźwiękowych o łącznej mocy 400W z możliwością regulowania natężenia wytwarzanych ultradźwięków. Częstotliwość urządzenia była stała i wynosiła 40 kHz. W celu doboru odpowiedniej mocy zastosowano następujące moce urządzenia ultradźwiękowego: 0,07W/cm<sup>2</sup>, 0,14W/cm<sup>2</sup>, 0,21W/cm<sup>2</sup>, 0,28W/cm<sup>2</sup>, 0,35W/cm<sup>2</sup>, 0,49W/cm<sup>2</sup>. Materiałem badawczym było mięso wieprzowe drobne klasy II a. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono pozytywny wpływ ultradźwięków na szybkość procesu rozmrażania. Za najbardziej optymalną moc uznano 0,21 W/cm<sup>2</sup>, przy zastosowaniu której czas trwania procesu zmniejszył się ponad sześciokrotnie w porównaniu z rozmrażaniem konwencjonalnym w powietrzu. Ponadto, podczas rozmrażania tą metodą zaobserwowano znacznie mniejszy ubytek masy.

**Słowa kluczowe:** mięso, rozmrażanie, ultradźwięki

### Wprowadzenie

Mięso jako surowiec do produkcji artykułów spożywczych cechuje się bardzo krótkim okresem przydatności do spożycia. Powszechnie stosowaną metodą jego przechowywania jest mrożenie. Agencja Rynku Rolnego prowadzi skup interwencyjny w celu stworzenia odpowiednich rezerw tego surowca. Zakupiony w ten sposób surowiec jest zamrażany, a następnie sprzedawany w miarę zapotrzebowania na rynku [Kondratowicz 2004]. Podczas zamrażania, a następnie przechowywania tego surowca zachodzą w mięsie nieodwracalne zmiany pochodzenia fizycznego i biochemicznego. Ważnym z punktu widzenia ekonomii jest ubytek masy, który kształtować się może na poziomie od 3% dla wieprzowiny do 3,5% dla wołowiny [Brochowski 1995].

Proces rozmrażania jest końcowym etapem technologii chłodniczej, którego celem jest przywrócenie jak najlepszych właściwości, zbliżonych do surowca wyjściowego, jakim jest mięso świeże. Podczas rozmrażania z ekonomicznego punktu widzenia ważnym staje się wyciek, który dla produktów takich jak mięso wołowe w kartonach wynosi około 5%. Zgodnie z pomiarami w przetwórnicy, zawartość białka w wycieku kształtuje się na poziomie około 10%. Przy 5% ubytku stanowi to 0,5 kg białka ze 100 kg mięsa [Kondratowicz 2000].

Obok wycieku rozmrożone mięso cechują jeszcze inne czynniki, które pogarszają jakość. Należy tutaj zaliczyć: utratę aromatu, zmianę barwy i wysuszenie powierzchni. Stosowane powszechnie w przemyśle mięsnym metody rozmrażania mięsa wykazują takie wady jak długi czas trwania procesu oraz duży wyciek. W związku z tym celowe jest poszukiwanie nowych metod, które cechują się mniejszymi zmianami jakościowymi rozmrażanego surowca. Coraz częściej w przemyśle mięsnym znajdują zastosowanie ultradźwięki wykorzystywane do oceny mięsności zwierząt rzeźnych [Boruta 2003] oraz zwiększenia efektywności procesu masowania [Dolatowski 1999]. W ostatnich latach prowadzone są również badania nad zastosowaniem ultradźwięków do rozmrażania produktów mięsnych [Miles i in. 1999].

### **Cel pracy**

Celem przeprowadzonych badań była ocena przydatności ultradźwięków o niskiej częstotliwości (40kHz) do rozmrażania surowców mięsnych oraz ustalenie optymalnego natężenia pola ultradźwiękowego.

### **Materiały i metody**

Badania przeprowadzono przy współpracy z firmą METALBUD Nowicki z Rawy Mazowieckiej. Materiał badawczy stanowiło mięso wieprzowe drobne klasy II a o wielkości kawałków ok. 50 mm, uformowane w blokach o wymiarach 150x250x50 mm, poddane zamrożeniu do temperatury  $-20^{\circ}\text{C}$ . Zamrożone mięso poddawano następnie rozmrażaniu przy pomocy ultradźwięków. Stosowano sześć wariantów natężenia pola ultradźwiękowego: I -  $0,07 \text{ W/cm}^2$ ; II -  $0,14 \text{ W/cm}^2$ ; III -  $0,21 \text{ W/cm}^2$ ; IV -  $0,28 \text{ W/cm}^2$ ; V -  $0,35 \text{ W/cm}^2$ ; VI -  $0,49 \text{ W/cm}^2$  oraz wariant kontrolny, w którym rozmrożono mięso metodą tradycyjną w powietrzu. Przy doborze optymalnego natężenia pola ultradźwiękowego, zwracano uwagę na to, aby nie powodowało ono znaczącego wzrostu temperatury w miejscu kontaktu mięsa z powierzchnią generatora ultradźwiękowego. Badania wykonywane były w dwóch seriach i trzech powtórzeniach w serii.

Punktem odniesienia w dyskusji wyników jest próba kontrolna rozmrożona tradycyjnie w powietrzu o temperaturze 20°C. Do przeprowadzenia doświadczenia zostało zbudowane urządzenie ultradźwiękowe, w skład którego weszło osiem przetworników prądu przemiennego na ultradźwięki każdy o mocy 50W oraz moduł sterujący umożliwiający płynną regulację mocy urządzenia. Aparat wytwarzał ultradźwięki o stałej częstotliwości 40kHz i natężeniu maksymalnym 0,67 W/cm<sup>2</sup>. Urządzenie podczas pracy znajdowało się w pomieszczeniu o temperaturze 20°C. Do wytworzenia ultradźwięków wykorzystano tutaj zjawisko piezoelektryczne polegające na wytworzeniu pola elektrycznego w materiale piezoelektrycznym, który następnie jest poddawany zewnętrznemu działaniu ciśnienia wprowadzającego naprężenia wewnątrz materiału.

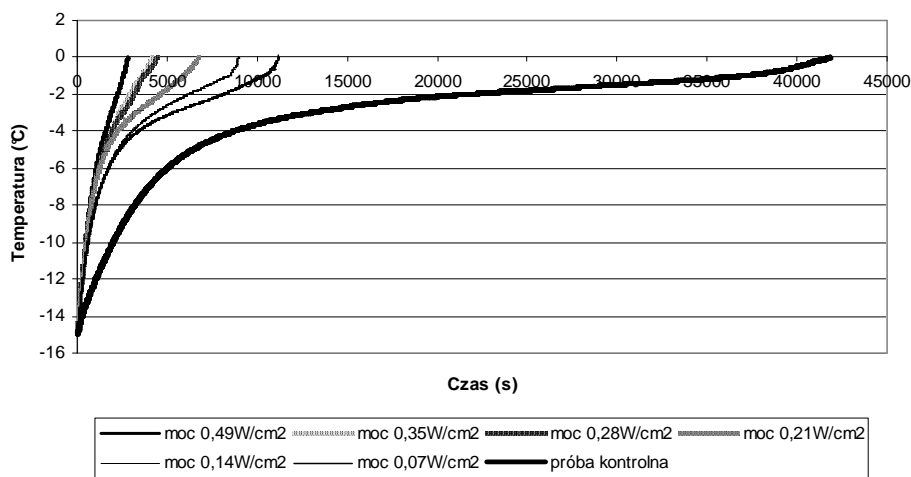
Próby mięsa ważono przed i po rozmrożeniu w celu obliczenia ubytków masy. Podczas rozmrażania przeprowadzono pomiar temperatury w centrum geometrycznym bloku za pomocą rejestratora temperatury TrakSens Pro oraz na powierzchni bloku za pomocą pirometru firmy Testo. W mięsie przed i po rozmrożeniu oznaczono zawartość tłuszczu metodą Soxhleta, zawartość białka metodą Kjeldahla, oraz całkowitą zawartość wody. Ponadto oznaczono wodochłonność mięsa metodą [Wierbicki i in. 1962] oraz wodę wolną metodą Volovinskiej i Kelmana [1961] z późniejszymi modyfikacjami [Cybulska i in 1979].

Zebrane podczas pomiarów wyniki poddano analizie statystycznej przy pomocy programu STATISTICA 6.0 PL. Przeprowadzono analizę wariancji, a następnie wykonano test Fishera. Wszystkie próby testowano na poziomie istotności  $p=0,05$ .

## **Wyniki i ich dyskusja**

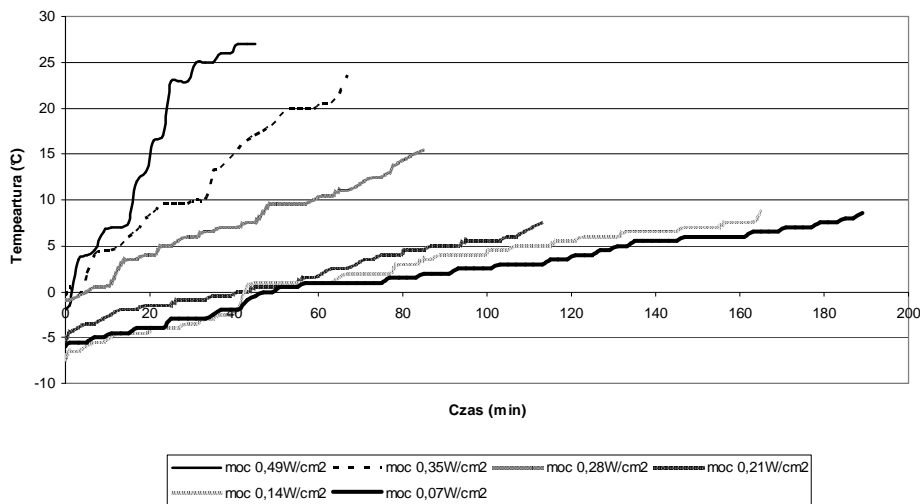
Wyniki badań wykazały, że istnieje statystycznie istotny wpływ natężenia pola ultradźwiękowego na szybkość procesu rozmrażania. Zmiany temperatury w centrum geometrycznym zamrożonego bloku mięsa oraz na jego powierzchni przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Analizując przebieg zmian temperatury w czasie rozmrażania w centrum geometrycznym bloku mięsa można zauważyć, że każda z zastosowanych mocy ultradźwięków wpłynęła znacząco na skrócenie czasu rozmrażania w porównaniu do próby kontrolnej rozmrażanej tradycyjnie. Najkrótszy czas rozmrażania uzyskano stosując ultradźwięki o natężeniu 0,49 W/cm<sup>2</sup>. Jednakże zastosowanie tak wysokiej mocy powodowało znaczący wzrost temperatury na powierzchni mięsa.



Rys. 1. Wykres zmiany temperatury w centrum geometrycznym bloku mięsa podczas rozmrażania przy zastosowaniu różnej mocy urządzenia ultradźwiękowego i metody tradycyjnej

Fig. 1. Diagram of temperature changes in geometrical centre of a meat slab during defrosting using different volume of infrared appliance and the traditional method

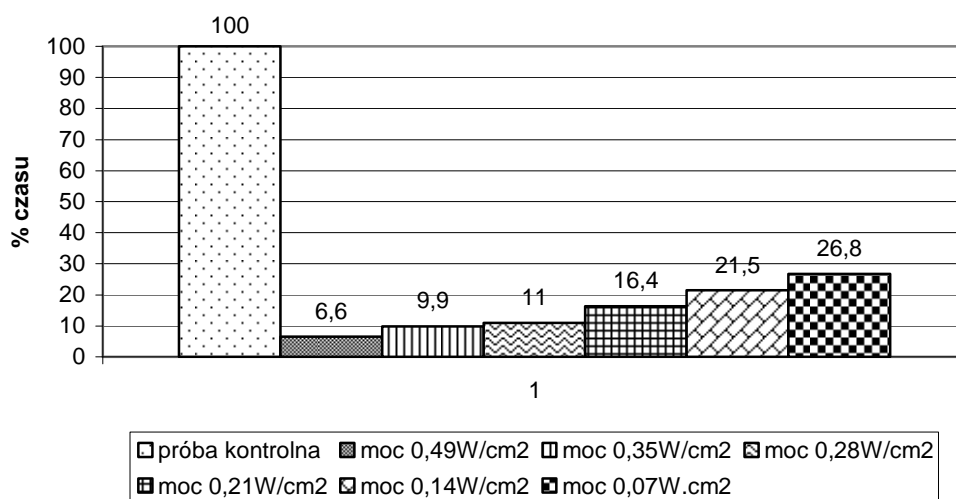


Rys. 2. Wykres zmiany temperatury na powierzchni bloku mięsa podczas rozmrażania ultradźwiękami

Fig. 2. Diagram of temperature changes on the surface of a meat slab during defrosting with ultrasounds

Obserwując zmiany temperatury na powierzchni mięsa (rys. 2) można zauważyć, że fale ultradźwiękowe przyczyniają się do wzrostu temperatury na powierzchni mięsa. Spowodowane jest to prawdopodobnie kawitacją przy powierzchni styku bloku mięsa z generatorem. Zastosowanie ultradźwięków o natężeniu  $0,21 \text{ W/cm}^2$  wpłynęło na zminimalizowanie wzrostu temperatury na powierzchni mięsa i nie powodowało jego przegrzania, ani denaturacji białka. Dalsze obniżanie mocy urządzenia powodowało wydłużenie czasu rozmrażania, przy nie zauważalnym spadku temperatury na powierzchni bloku. Przyczynę tego faktu upatruje się w długim działaniu ultradźwięków. Dlatego też moc  $0,21 \text{ W/cm}^2$  uznano za najbardziej optymalną do rozmrażania.

Na rysunku 3 przedstawiono zestawienie czasów rozmrażania w %. Jako 100% przyjęto czas rozmrażania próby kontrolnej. Z zestawienia tego wynika że stosując ultradźwięki o natężeniu  $0,21 \text{ W/cm}^2$  skrócono czas rozmrażania ponad sześciokrotnie.



Rys. 3. Zestawienie porównawcze czasu rozmrażania mięsa metodą tradycyjną i przy użyciu ultradźwięków

Fig. 1. A comparison of time of meat defrosting using the traditional and ultrasound method

Analiza podstawowego składu chemicznego (tab. 1) wykazała wzrost zawartości białka i tłuszczu w mięsie rozmrożonym ultradźwiękami o natężeniu  $0,35 \text{ W/cm}^2$  i  $0,49 \text{ W/cm}^2$ . Jednocześnie zaobserwowano w tych próbach zmniejszenie zawartości wody. Fakt ten można tłumaczyć tym, że fale ultradźwiękowe o tak wysokim

natężeniu powodowały denaturację białka, które zamykało krople tłuszczu w swojej strukturze. Istotne znaczenie miało także zmniejszenie zawartości wody w mięsie w wyniku jej odparowania podczas nadźwiękowania próby, co spowodowało zagęszczenie pozostałych składników mięsa. Przy mniejszym natężeniu ultradźwięków można zauważyć zmniejszenie zawartości tłuszczu, co świadczy o jego wytopieniu z surowca mięsnego.

*Tabela 1. Zawartość wody, tłuszczu i białka w badanym mięsie po rozmrożeniu w zależności od wariantu doświadczenia [%]*

*Table 1. Content of water, fat and protein in analysed meat after defrosting depending on the variant of the experiment [%]*

Parametr	Wariant						
	kontrolny	0,07W/cm <sup>2</sup>	0,14W/cm <sup>2</sup>	0,21W/cm <sup>2</sup>	0,28W/cm <sup>2</sup>	0,35W/cm <sup>2</sup>	0,49W/cm <sup>2</sup>
Białko	18,20 <sup>a</sup>	18,51 <sup>b</sup>	18,26 <sup>a</sup>	18,22 <sup>a</sup>	18,43 <sup>a</sup>	19,08 <sup>c</sup>	20,03 <sup>d</sup>
Tłuszcz	9,35 <sup>a</sup>	8,70 <sup>b</sup>	8,13 <sup>c</sup>	9,92 <sup>d</sup>	10,12 <sup>de</sup>	10,53 <sup>e</sup>	10,24 <sup>de</sup>
Woda	69,51 <sup>ab</sup>	70,65 <sup>d</sup>	69,72 <sup>a</sup>	69,17 <sup>c</sup>	69,35 <sup>bc</sup>	68,38 <sup>e</sup>	68,21 <sup>e</sup>

*Tabela 2. Zawartość wody wolnej, wodochłonność oraz ubytek masy w badanym mięsie w zależności od wariantu doświadczenia [%]*

*Table 2. Content of free water, water absorbability and decrease of weight of analysed meat depending on the variant of the experiment [%]*

Parametr	Wariant						
	kontrolny	0,07W/cm <sup>2</sup>	0,14W/cm <sup>2</sup>	0,21W/cm <sup>2</sup>	0,28W/cm <sup>2</sup>	0,35W/cm <sup>2</sup>	0,49W/cm <sup>2</sup>
Woda wolna	8,09 <sup>ab</sup>	10,29 <sup>d</sup>	7,65 <sup>ac</sup>	7,47 <sup>c</sup>	7,18 <sup>c</sup>	8,39 <sup>b</sup>	9,38 <sup>e</sup>
Wodochłonność	46,31 <sup>a</sup>	46,12 <sup>ab</sup>	44,81 <sup>c</sup>	44,04 <sup>d</sup>	44,52 <sup>c</sup>	45,85 <sup>b</sup>	49,07 <sup>e</sup>
Ubytek masy	4,00 <sup>a</sup>	1,01 <sup>b</sup>	1,16 <sup>bc</sup>	1,18 <sup>bc</sup>	1,30 <sup>c</sup>	1,90 <sup>d</sup>	2,00 <sup>d</sup>

Analizując wyniki zawartości wody wolnej i wodochłonności (tab. 2) można zauważyć znaczący wzrost ich wartości dla mięsa rozmrożonego przy użyciu fal ultradźwiękowych o natężeniu 0,49 W/ cm<sup>2</sup>. Tak duża dawka ultradźwięków mogła spowodować efekt podobny do uplastyczniania mięsa w masownicy, powodującego uwolnienie z włókien mięśniowych białek odpowiedzialnych za wiązanie wody w mięsie oraz denaturację białka. Korzystny wpływ sonifikacji na

uplastycznienie mięsa potwierdził w swojej pracy Dolatowski (1999). Każdy z wariantów doświadczenia spowodował ubytek masy rozmrażanego surowca. Jednakże wariant kontrolny, gdzie mięso było rozmrażane tradycyjnie, w powietrzu cechuje się największymi stratami masy. Spowodowane jest to bardzo długim czasem rozmrażania związanym z tym dużym wyciekami.

W każdym z wariantów doświadczenia, w którym zastosowano ultradźwięki zaobserwowano znacznie mniejsze ubytki masy, niż w próbie kontrolnej. Wśród nadźwiękownionych wariantów doświadczenia można zauważyć pewną prawidłowość a mianowicie, że ze wzrostem natężenia ultradźwięków następuje zwiększenie ubytków w masie surowca.

Za najbardziej optymalne natężenie pola ultradźwiękowego do rozmrażania mięsa uznano  $0,21 \text{ W/cm}^2$ . Ultradźwięki w takiej dawce powodowały stosunkowo niewielkie zmiany w rozmrażanym surowcu, ponad trzykrotnie mniejsze straty w masie rozmrażanego surowca oraz spowodowały zmniejszenie czasu trwania procesu rozmrażania ponad sześciokrotnie.

### **Wnioski**

1. Użycie fal ultradźwiękowych do rozmrażania mięsa pozwala zmniejszyć czas trwania procesu. Jednak zbyt duża moc urządzenia powoduje gwałtowny wzrost temperatury mięsa w miejscach bezpośredniego kontaktu z generatorem.
2. Analiza wyników badań wykazała, że najbardziej optymalnym natężeniem pola ultradźwiękowego do rozmrażania mięsa z badanych w doświadczeniu jest  $0,21 \text{ W/cm}^2$ . Natężenie to nie powodowało znacznego wzrostu temperatury warstw zewnętrznych oraz wpłynęło na zmniejszenie czasu trwania procesu ponad sześciokrotnie, w porównaniu do metody konwencjonalnej. Zastosowanie mniejszego natężenia fal ultradźwiękowych nie powodowało obniżenia temperatury na powierzchni rozmrażanego bloku mięsa, a jednocześnie wydłużało proces rozmrażania mięsa.

### **Bibliografia**

Boruta M. 2003. UltraFom firmy SFK Technology: Sprawdzony i wiarygodny partner w klasyfikacji tusz wieprzowych. Rzeźnik, 9 s. 28-32.

Brochowicz L. 1995. Technika Przetwórstwa Mięsnego. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne s. 34-54.

Cybulska H., Paluszkiewicz A., Sobierajska G. 1979. Ocena wpływu sposobu rozdrabniania surowca na wybrane wyróżniki technologiczne farszu i gotowej wędliny kutrowanej na przykładzie modelowej kiełbasy serdelkowej” Praca magisterska wykonana pod kierunkiem W. Pezackiego i J. Gracza w ITŻPZW w Poznaniu

Dolatowski Z.J. 1999. Wpływ obróbki ultradźwiękami o niskiej częstotliwości na strukturę i cechy jakościowe mięsa. Rozprawa habilitacyjna Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.

Instrukcja obsługi urządzenia TrackSens Pro.

Instrukcja obsługi pirometru Testo T-2.

Kondratowicz J., Dajnowska K. 2000. Możliwość rozmrażania mięsa i produktów mięsnych metodą tempering. Chłodnictwo tom XXXII, nr 1, 42-44.

Kondratowicz J. 2004. Technologiczne aspekty procesu rozmrażania a jakość mięsa. Poradnik – Ogólnopolski Informator Masarski. 9, 45-49.

Miles C. A., Morley M. J., Rendell M. 1999. High power ultrasonic thawing of frozen foods. Journal of Food Engineering, 39, 151-159.

PN-73/A-82110 Oznaczanie zawartości wody.

PN-73/A-82111 Oznaczanie zawartości tłuszczu.

PN-75/A-04018 Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.

Wierbicki E.M., Tiede G., Burell R.C. 1962 „Die Bestimmung der Fleischquellung als Methode zur Untersuchung der Wasserbindungs Kapazität von Muskel – Proteinen mit gerungen Safthalte vermögen“ Fleischwirtschaft t14 nr10 s. 948.

Volovinska V., Kelman B. 1961. Rozrobotka mietod opriedielenia wlagopoglaszczajemosti mjasa. Trudy WNIIMP 2, 128-134.



## **DEFROSTING OF RAW MEAT USING ULTRASOUNDS AT LOW FREQUENCIES**

### **Summary**

The research aimed at an assessment of usefulness of ultrasounds with low frequency (40kHz) for defrosting of raw meat. A generator of ultrasound waves with total capacity of 400 kHz with a possibility to adjust the intensity of ultrasounds was constructed and used in the experiment. The frequency of the appliance was stable and equalled 40 kHz. In order to choose the suitable power, the following power of the ultrasound device was used: 0.07W/cm<sup>2</sup>, 0.14W/cm<sup>2</sup>, 0.21W/cm<sup>2</sup>, 0.28W/cm<sup>2</sup>, 0.35W/cm<sup>2</sup>, 0.49W/cm<sup>2</sup>. Pork meat in small chunks, class II a, was analysed. On the basis of the obtained results it was found that ultrasounds have positive impact on the speed of the defrosting process. 0.21 W/cm<sup>2</sup> was regarded as most optimal power during whose application duration of the process decreased more than six times in comparison with conventional defrosting in air. Apart from that, during defrosting with this method the loss of weight was much smaller.

**Key words:** Meat, defrosting, ultrasounds