

Dr inż. Adam KOPEĆ

Mgr inż. Kamil DOLIK

Prof. dr hab. inż. Jarosław DIAKUN

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska

WPŁYW ULTRADŹWIĘKÓW NA PROCES ROZMRAŻANIA BLOKÓW RYB METODĄ ZANURZENIOWĄ W WODZIE®

Use of ultrasound in the process of fish blocks thawing by water immersion®

Słowa kluczowe: rozmrażanie, ultradźwięki, bloki ryb.

Przeprowadzono serię prób pomiarowych dotyczących rozmrażania zanurzeniowego w wodzie wspomaganego ultradźwiękami. Do prób wykorzystano myjkę ultradźwiękową o pojemności 40 l, wyposażoną w generator ultradźwięków o częstotliwości 35 kHz i mocy 300 W. Materiałem badanym był lód czysty oraz tuszki śledzi zamrożone w formie bloków. Porównawczo wykonano próby rozmrażania w wodzie bez wspomaganie ultradźwiękami. Próby przeprowadzone na czystym lodzie wykazały istotny wpływ oddziaływania ultradźwięków na zwiększenie szybkości jego topnienia. Podczas rozmrażania bloków tuszek śledzia czas rozmrażania zależał istotnie od mocy generatora ultradźwięków.

Key words: thawing, ultrasound, fish blocks.

A series of measurement trials relating to water immersion thawing aided by ultrasound were conducted. In the tests the reservoir with a capacity of 40 l equipped with an ultrasonic generator with a frequency of 35 kHz and power of 300 W was used. Tested material was pure ice and herring carcasses frozen in the form of blocks. In parallel an immersion thawing without the assistance of ultrasound were performed. Tests carried out on pure ice showed a significant effect of ultrasonic impact to increase the melting speed. During thawing blocks of herring herring, the time of defrosting depends on the power of the ultrasonic generator.

WPROWADZENIE

Ultradźwiękami nazywamy wibracje powietrza o częstotliwości od 20 kHz do 100 MHz, a także wywołane nimi fale mechaniczne propagowane w ciałach stałych, cieczech oraz gazach. W przemyśle spożywczym wykorzystywane są do prowadzenia takich procesów przetwórczych, jak: homogenizacja, ekstrakcja, filtracja, krystalizacja, pasteryzacja niskotemperaturowa, odwadnianie, rozmrażanie, uplastycznianie mięsa [1, 4, 8, 9, 11]. Ich zastosowanie w przetwórstwie spożywczym może stanowić uzupełnienie klasycznych technik przetwarzania żywności, zmierzające do intensyfikacji procesów oraz poprawiające jakość końcowych produktów [3, 6].

W przetwórstwie rybnym główna metoda konserwacji surowców to zamrażanie. W procesach technologicznych konieczne jest następnie przeprowadzenie procesu rozmrażania. Podczas zmrzania przewodzenie ciepła następuje przez warstwę zamrożonego materiału a przy rozmrażaniu przez rozmrożoną. Z tego względu w procesie rozmrażania występują mniejsze wartości współczynnika dyfuzyjności cieplnej i współczynnika przewodzenia ciepła. W efekcie proces rozmrażania trwa zawsze znacznie dłużej niż proces zamrażania. W warunkach przemysłowych operacja ta trwa kilkanaście godzin.

Najprostsze i tanie jest wykorzystanie metody rozmrażania w powietrzu i w wodzie. Aby przyspieszyć proces rozmrażania, poszukuje się i wprowadza nowe metody i techniki, takie jak: oddziaływanie parą wodną, promieniowanie podczerwone, rozmrażanie mikrofalowe i rezystancyjne [2,

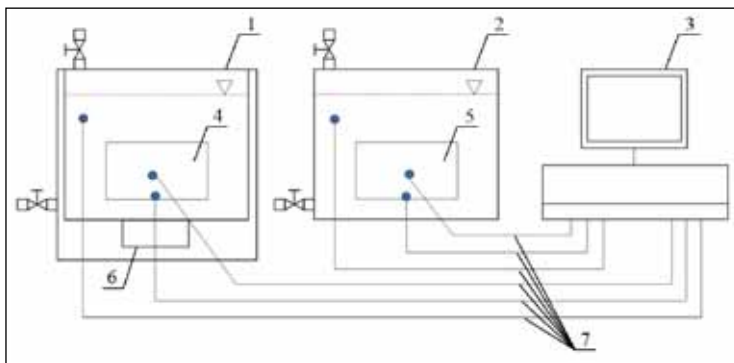
7, 10]. Zastosowanie tych technik jest jednak ograniczone ze względu na trudności kontrolowania tego procesu i powodowanie występowania miejscowego przegrzania produktu [5].

W przetwórstwie rybnym, do rozmrażania bloków ryb, powszechnie wykorzystywana jest klasyczna metoda rozmrażania w wodzie, której jedną z zalet jest nie występowanie zjawiska lokalnych przegrzań produktu. Metodę tę można modyfikować celem skrócenia czasu potrzebnego na rozmrożenie bloku. Jedną z możliwych modyfikacji może być zastosowanie ultradźwięków, które w środowisku wodnym powodują występowanie zjawiska kawitacji i mikroprzepływów oddziałujących na powierzchnię rozmrażanego produktu. Ultradźwięki wnikają do wnętrza materiału intensyfikując rozmrażanie kryształów lodu. Istnieją przesłanki, że zastosowanie ultradźwięków może znacząco skrócić czas rozmrażania w wodzie.

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących wpływu ultradźwięków na czas topnienia lodu wodnego i czas rozmrażania bloków rybnych w wodzie.

METODY I MATERIAŁY

Badania przeprowadzono na dwóch materiałach badawczych. Pierwszy z nich stanowiły kostki lodu powstałe w wyniku zamrożenia wody destylowanej do temperatury -30°C . Masa kostek wynosiła $13\text{g} \pm 0,1\text{g}$. Drugim materiałem badawczym były bloki rybne o wymiarach $6 \times 12 \times 16$ cm, uformowane



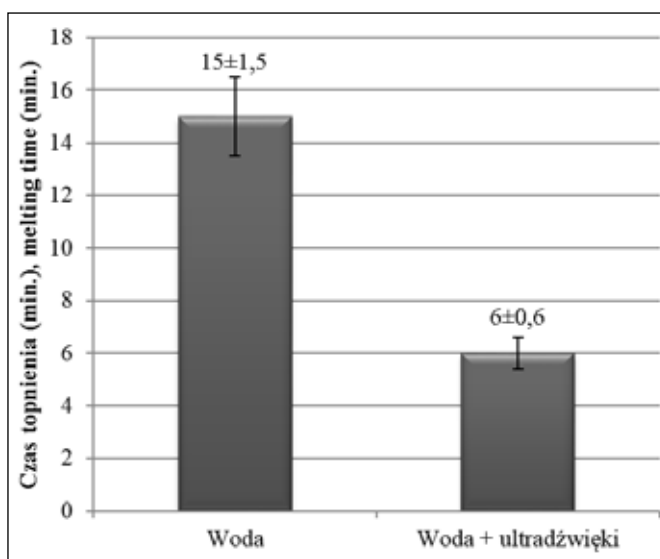
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1, 2 – zbiornik z wodą, 3 – komputer z kartą pomiarową i oprogramowaniem rejestrującym, 4, 5 – blok tuszek śledzi, 6 – generator ultradźwięków, 7 – termopary.

Fig. 1. Test stand scheme: 1, 2 - water tank, 3 - computer with measurement card and recording software, 4, 5 - herring carcasses block, 6 - ultrasound generator, 7 – thermocouples.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

z odgłowionych i wypatroszonych tuszek śledzi bałtyckich. Zamrożony blok składał się z 12 tuszek ułożonych po cztery sztuki w trzech warstwach. Masa każdego z zamrożonych bloków wynosiła $800\text{g} \pm 10\text{g}$. Bloki zamrożono w komorze zamrażalniczej, w warunkach konwekcji swobodnej, do temperatury -30°C i składowano w tej temperaturze przez okres 2 tygodni.

W blokach ryb na powierzchni i w centrum oraz w wodzie umieszczono końcówki termopar typu K (NiCr-NiAl, nikielchrom-nikielaluminium) o grubości 0,5 mm w oplocie z włókna ($T_{\text{max}} = 400^\circ\text{C}$). Sygnał z termopar przekazywany był na kartę pomiarową PCI 1710HG zainstalowaną w komputerze klasy PC (rys. 1). Karta pomiarowa obsługiwana była



Rys. 2. Zestawienie czasu stopienia kostek lodu w zbiorniku z wodą oraz w myjce ultradźwiękowej.

Fig. 2. The time of ice cubes melting in water tank and in the ultrasound washer.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

przez program Lab-View umożliwiający rejestrację mierzonej temperatury. Wizualizację wyników wykonano przy pomocy programu Matlab.

Kostki lodu i zamrożone bloki rybne rozmrażano w dwóch urządzeniach: w zbiorniku z wodą i w myjce ultradźwiękowej Inter Sonic Typ IS 40s. Maksymalna moc generatora ultradźwięków wynosiła 300W. W obu przypadkach ilość wody w zbiornikach była taka sama (30 l). Temperaturę wody stabilizowano na poziomie 15°C poprzez jej powolny przepływ w zbiornikach.

Proces roztopienia kostek lodu przeprowadzono dla nastawy regulatora mocy ultradźwięków 100%. Kostkę roztopiano do momentu całkowitego zaniku lodu. Rozmrażanie bloków tuszek śledzi przeprowadzono dla trzech nastaw regulatora mocy: 10%, 50% i 100%. Czas rozmrażania bloku mierzono do momentu uzyskania w centrum geometrycznym bloku temperatury 0°C . Badania wykonano w trzech powtórzeniach, a błędy pomiarowe czasu rozmrażania określono na podstawie teorii estymacji przedziałowej, w oparciu o rozkład t-Studenta, dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

Na rysunku 2 zestawiono czasy topnienia kostek lodu w zbiorniku z wodą oraz w myjce ultradźwiękowej przy nastawie regulatora mocy ultradźwięków 100%. Kostka lodu rozmrażana w myjce ultradźwiękowej stopiła się o 60% szybciej od kostki rozmrażanej bez udziału ultradźwięków.

Przebieg zmian temperatury w centrum bloku ryb podczas rozmrażania przy różnych nastawach generatora ultradźwięków i w wodzie bez ultradźwięków zestawiono na rysunku 3. Temperaturę wody utrzymywano na poziomie około 15°C . Zmiany temperatury w centrum bloku wyraźnie obrazują wejście w zakres temperatury krioskopowej. Przez długi okres utrzymuje się powolny wzrost temperatury obrazujący przemianę fazową: lód – woda. Po tym okresie następuje szybki wzrost temperatury. Przekroczenie poziomu 0°C uznano za zakończenie procesu rozmrażania.

Najdłużej rozmrażał się blok ryb umieszczony w zbiorniku wodnym bez oddziaływania ultradźwięków. Wartość czasu tego procesu przyjęto za podstawę oceny względnej czasu rozmrażania, wyniki zestawiono na wykresie (rys. 4). Bloki ryb w myjce ultradźwiękowej rozmrażały się krócej, odpowiednio o: 24% dla nastawy regulatora mocy ultradźwięków 100%, o 13% dla nastawy regulatora mocy ultradźwięków 50% i o 11% dla nastawy regulatora 10%. Obserwując efekt oddziaływania ultradźwięków na kostki zamrożonego lodu (rys. 2) można się było spodziewać znaczniejszego wpływu skrócenia czasu rozmrażania bloków ryb. Okazuje się, że intensywność oddziaływania ultradźwięków na lód zawarty w tkance mięsa ryb jest ograniczana, zwłaszcza przez już rozmrożoną strefę powierzchniową.

PODSUMOWANIE

W przypadku roztopiania kostek lodu zastosowanie pola fal ultradźwiękowych spowodowało istotne skrócenie czasu topnienia.

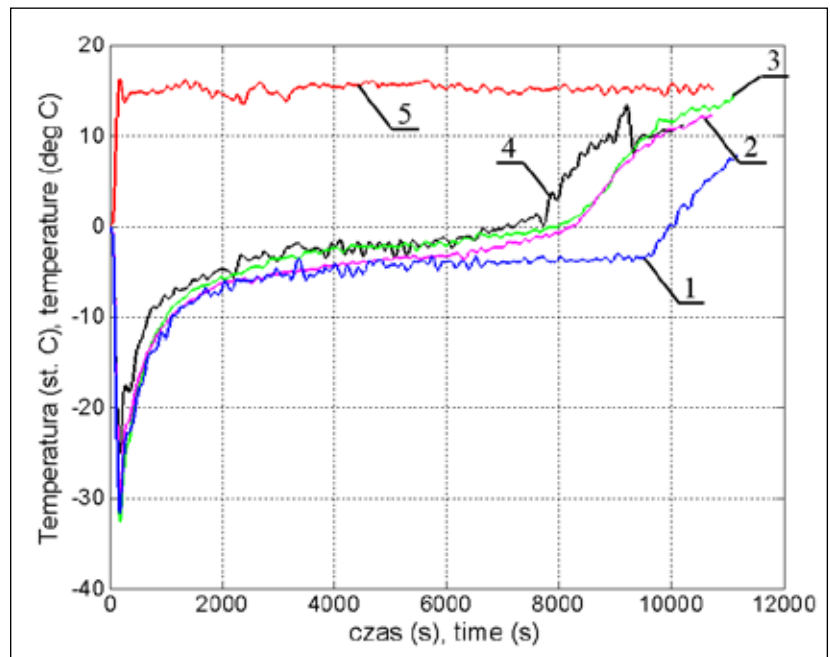
Zastosowanie ultradźwięków do intensyfikacji rozmrażania bloków rybnych w wodzie spowodowało skrócenie czasu

rozmrażania. Stopień oddziaływania jest znacząco zależny od mocy głowicy ultradźwięków.

Wpływ ultradźwięków na intensywność rozmrażania bloku rybnego jest znacznie mniejszy niż by to wynikało z oddziaływania na topnienie lodu swobodnego. Przypuszcza się, że znaczący jest opór cieplny rozmrożonej warstwy tkanki mięśniowej ryb oraz współczynnik tłumienia fal ultradźwiękowych przez tkankę mięśniową.

LITERATURA

- [1] **DOLATOWSKI Z., J. STADNIK, D. STASIAK. 2007.** "Application of ultrasound in food technology." *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, nr 6(3): 89–99.
- [2] **GRUDA Z., Z. POSTOLSKI. 1999.** *Zamrażanie żywności.* Warszawa: WNT.
- [3] **HONG G-P., J-YCHUN, Y.-J. JO, M.-J. CHOI. 2014.** "Effects of Water or Brine Immersion Thawing Combined with Ultrasound on Quality Attributes of Frozen Pork Loin." *Korean J. Food Sci. An.*, Vol. 34, No 1: 115–121.
- [4] **KNORR D., M. ZENKER, V. HEINZ, D.U. LEE. 2004.** "Applications and potential of ultrasonics in food processing." *Trends in Food Science & Technology.* Volume 15, Issue 5: 261–266.
- [5] **KOPEĆ A., S. CZESNOWSKI. 2011.** „Badania procesu rozmrażania ryb mrożonych w blokach.” *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN*, Zeszyt 563: 91–98.
- [6] **LI B., D.W. SUN. 2002.** "Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-A review." *J. Food Eng.* 54: 175–182.
- [7] **MASCHERONI R.H. (redaktor). 2012.** "Operations in Food Refrigeration". Rozdział 17 – **Pham Q.T.** "Thawing", Rozdział 18 – **BARRESI A.A., and D. FISSORE** "Freeze-Drying Equipmend." CRC Press Taylor & Francis Group.
- [8] **MASON T. J., L.PANIWNYK, J.R. LORIMER. 1996.** "The uses of ultrasound in food technology, *Ultrasonics Sonochemistry.*" Volume 3, Issue 3: 253–260.
- [9] **PATIST A., D. BATES. 2008.** "Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 9, Issue 2: 147–154.
- [10] **PHAM Q.T. 2014.** "Thawing". *Encyclopedia of Meat Sciences Refrigeration and Freezing Technology:* 202–208.
- [11] **WITROWA-RAJCHERT D. 2012.** „Ultradźwięki w produkcji żywności projektowanej”. *Przemysł Spożywczy*, t. 66 nr 11: 41–43.

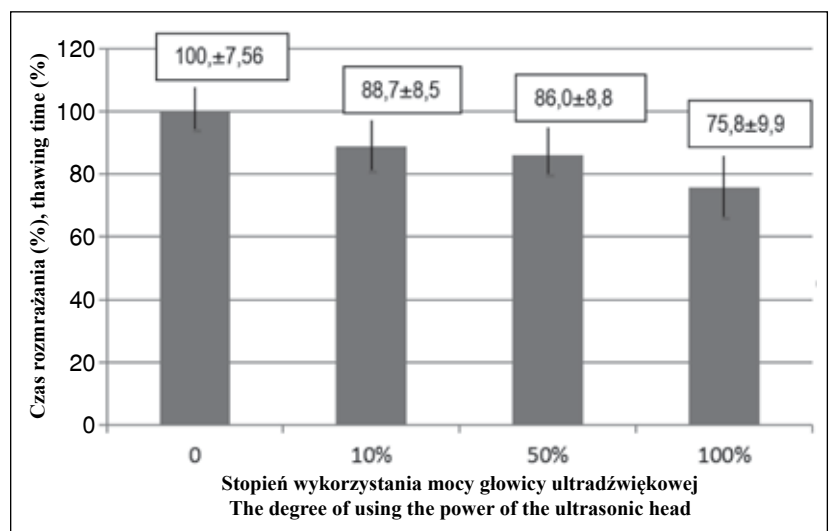


Rys. 3. Zmiany temperatury w centrum bloku podczas rozmrażania w wodzie: 1 – bez ultradźwięków, 2 – ultradźwięki 10%, 3 – ultradźwięki 50%, 4 – ultradźwięki 100%, 5 – temperatura medium (wody).

Fig. 3. Temperature changes in the fish block center during the thawing in water: 1 – without ultrasound, 2 –10% ultrasound power, 3 – 50% ultrasound power, 4 – 100% ultrasound power, 5 – water temperature.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 4. Zestawienie względne czasów rozmrażania bloków ryb w wodzie, dla różnych nastaw mocy ultradźwięków w odniesieniu do czasu rozmrażania bez ultradźwięków.

Fig. 4. Relative comparison of thawing times of fish blocks in water for the variety values of ultrasound power, with regard to thawing time without ultrasound.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study