

Porównanie czasu i jakości rozmrażania bloków ryb w powietrzu i w wodzie

Streszczenie

Porównano wyniki badań procesów rozmrażania bloków ryb w wodzie i w powietrzu. W powietrzu prowadzono rozmrażanie w warunkach konwekcji swobodnej oraz w powietrzu nasycanym parą wodną przy konwekcji swobodnej i z konwekcją wymuszoną wentylatorem. W wodzie rozmrażano przy konwekcji swobodnej oraz uaktywniano konwekcję przez barbotaż i oddziaływanie ultradźwiękami. Wyznaczono czas rozmrażania, określany do momentu osiągnięcia w centrum bloku temperatury 0°C. Parametrami oceny procesu rozmrażania były: temperatura na powierzchni w porównaniu do temperatury medium rozmrażającego, temperatura w poszczególnych tuszkach ryb, stopień ubytku masy oraz ocena wizualna. Najszybciej nastąpiło rozmrażanie w wodzie przy wspomaganiu barbotażem. Oceniono, że najlepszą jakość otrzymuje się przy rozmrażaniu w powietrzu nasycanym parą w warunkach konwekcji swobodnej.

Słowa kluczowe: rozmrażanie w powietrzu, rozmrażanie w wodzie, rozmrażanie ryb

Comparison of time and quality of thawing blocks of fish in the air and in water

Summary

The results of the research on the processes of thawing fish blocks in water and in air in natural convection conditions were compared. As part of the research program, in the air was activated by humidifying the air with steam and through humidification with forced convection. Convection through bubbling and ultrasound was activated in the water. The thawing time was determined, determined until the temperature reached 0°C at the center of the block. The parameters for defining the thawing process were: surface temperature compared to the temperature of the thawing medium, temperature in individual fish carcasses, degree of weight loss and visual assessment. The fastest time was thawing in water with the help of bubbling. It was estimated that the best quality is obtained when thawing in steam saturated with static conditions.

Key words: thawing in the air, thawing in water, thawing fish

Wprowadzenie

W przetwórstwie rybnym główną metodą wydłużenia trwałości surowców jest zamrażanie. Konieczność przechowywania zamrażalniczego wynika z potrzeby utrzymania ciągłego, równomiernego przetwórstwa, przy nierównomiernej podaży wynikającej z okresów połowowych. Zamrażanie ryb umożliwia również ich transport na większe odległości. W procesach technologicznych konieczne jest następnie przeprowadzenie procesu rozmrażania. W warunkach przemysłowych operacja rozmrażania trwa nawet kilkanaście godzin. Rozmrażanie w różnym stopniu powoduje pogorszenie jakości surowca. Prowadzone są ciągłe poszukiwania metod skrócenia czasu rozmrażania oraz minimalizacji destrukcji surowca. W trakcie rozmrażania bloku ryb, te umiejscowione w strefach zewnętrznych bloku rozmrażane są wcześniej i uzyskują niekorzystnie wyższą temperaturę (nawet są przegrzewane) oraz są przesuszane, zanim rozmrożone zostaną centralne strefy bloku.

Badane i stosowane są metody rozmrażania rezystancyjnego, mikrofalowego z zastosowaniem podczerwieni, kontaktowego oddziaływania ultradźwiękami, oddziaływaniem parą wodną. Te metody przyspieszają proces rozmrażania.

Jednak zastosowanie tych technik jest ograniczone ze względu na trudności kontrolowania tego procesu i powodowanie występowania miejscowe przegrzania produktu (Dolata i in., 2006; Li i Sun, 2002). Opracowana w latach siedemdziesiątych XX wieku technika rozmrażania próżniowo-parowego, przez wykorzystanie wrzenia wody w próżni i generowaniu pary w temperaturze 20°C, nie powodowała zjawiska przegrzewania. Zarzucona jednak została ze względu na duży wyciek rozmrażalniczy i wysokie koszty instalacji (Gruda i Postolski, 1999; Mascheroni i in., 2012; Pham, 2014). Wyniki badań porównawczych czasu i jakości rozmrażania bloków ryb w wodzie i powietrzu bez uaktywniania konwekcji (konwekcja swobodna) oraz z zastosowaniem energii mikrofal, metody próżniowo – parowej zamieścili autorzy w pracy (Kopeć i Czesnowski, 2011).

Najprostsze ze względów technicznych i organizacyjnych są metody rozmrażania w powietrzu i w wodzie. Pomimo tego, że metody te charakteryzują się niewielką wydajnością, pracą okresową i pracochłonnością w obsłudze (Bykowski i in. 1986), nadal są powszechne zastosowanie. Prowadzone są również badania nad intensyfikacją rozmrażania w tych mediach. Rozmrażanie uaktywniane jest przez działanie ultradźwiękami (Hong i in., 2014; Knorr i in., 2004; Patist

i Bates, 2008), przez intensyfikację konwekcji wody z zastosowaniem barbotażu oraz mieszadeł. Rozmrażanie w powietrzu uaktywnia się przez naparowywanie (Gruda i Postolski 1999; Li i Sun 2002; Mascheroni i in., 2012; Pham, 2014).

Cel badań

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki stanowiące kontynuację badań autorów w zakresie rozmrażania bloków ryb. W ramach wcześniejszych prac porównano czas rozmrażania bloków ryb w wodzie przy konwekcji swobodnej oraz uaktywniane przez oddziaływanie ultradźwiękami (Kopeć i in., 2011; 2019) oraz w powietrzu nasyconym parą (Kopeć i in., 2012). Celem artykułu jest przedstawienie porównawcze czasów rozmrażania w wodzie i powietrzu z różnymi metodami intensyfikacji tego procesu oraz uwzględnienie aspektów jakościowych rozmrażania, określonych zróżnicowaniem temperatury w rozmrażanym bloku ryb, ubytkiem masy oraz przez ocenę wizualną.

Materiał i metoda

Materiałem badawczym były bloki rybne o wymiarach 6×12×16 cm, uformowane z odgłowionych i wypatroszonych tuszek śledzi bałtyckich. Zamrożony blok składał się z 12 tuszek ułożonych po cztery sztuki w trzech warstwach. Bloki formowano poprzez ułożenie ryb w pojemniku z tworzywa sztucznego przystosowanego do ujemnych temperatur i dopuszczonych do kontaktu z materiałem spożywczym. Masa każdego z zamrożonych bloków wynosiła 800 g ± 10 g. Bloki ułożone na półce siatkowej zamrożono w komorze zamrażalniczej, w warunkach konwekcji swobodnej, do temperatury -30°C i składowano w tej temperaturze przez okres 2 tygodni. Bloki rozmrażano po ich wyjęciu z pojemników. Program badań obejmował rozmrażanie w powietrzu (komora o wymiarach 50×37×37 cm) w wodzie (pojemnik o wymiarach 34×34×45 cm, wypełniony wodą w ilości 25 litrów). Opis wariantów warunków rozmrażania zestawiono w tabeli 1.

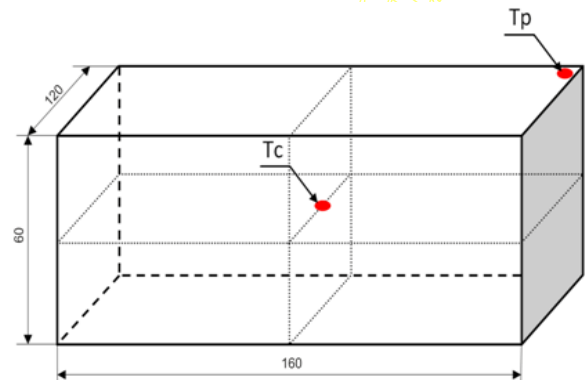
Tabela 1. Warunki rozmrażania objęte planem badań

Table 1. Defrost conditions covered by the test plan

Oznaczenie	Medium Temperatura	Opis
W		W warunkach zbliżonych do konwekcji swobodnej
W+B	Woda 15°C	Intensyfikacja oddziaływania przez barbotaż
W+U		Intensyfikacja oddziaływania ultradźwiękami, za pomocą głowicy ultradźwiękowej typ Inter Sinic IS 40s o mocy 300 W.
P		Konwekcja swobodna
P+P	Powietrze 20°C	Nasycanie powietrza parą wodną przy konwekcji swobodnej
P+PW		Nasycanie powietrza parą wodną przy wymuszonej konwekcji

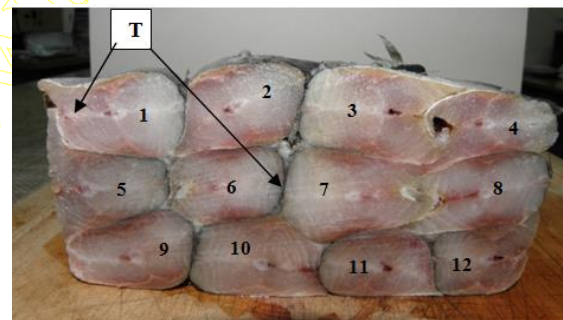
Przy rozmrażaniu w wodzie zastosowano nieznaczny przepływ wody tak, aby utrzymywać jej temperaturę na poziomie

15°C, przy jej oziębianiu rozmrażanym materiałem. W przypadku zastosowania głowicy ultradźwiękowej zjawisko podgrzewania wody i przepływ stabilizował poziom temperatury. Przy rozmrażaniu w powietrzu wielkość komory i mała intensywność rozmrażania powodowała utrzymanie założonej temperatury bez potrzeby wymiany powietrza w komorze. Komorę naparowywano za pomocą wibratora piezoelektrycznego zanurzonego w pojemniku z wodą umieszczonym w komorze (P+P). W wariantcie (P+PW) konwekcję wymuszano wentylatorem zainstalowanym w komorze.



Rys. 1. Rozmieszczenie termopar w rozmrażanym bloku ryb

Fig. 1. Arrangement of thermocouples in a thawing fish block

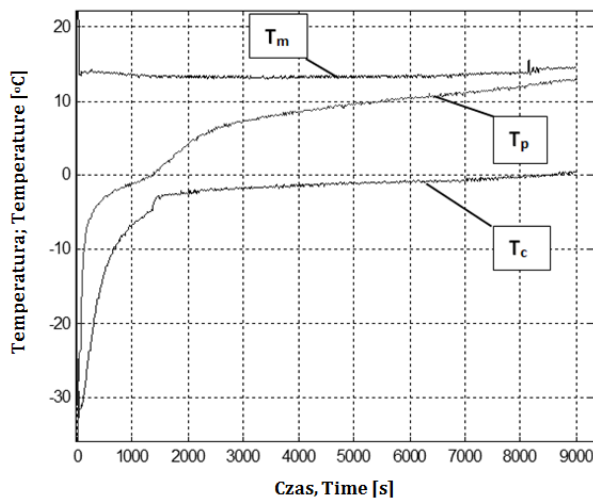


Rys. 2. Przekrój poprzeczny bloku ryb: T - umieszczenia termopar w bloku ryb, 1 ÷ 12 - numeracja poszczególnych tuszek ryb

Fig. 2. Cross section of fish block: T - placing a thermocouple in a block of fish, 1 ÷ 12 - numbering of individual carcasses fish

W blokach ryb, w centrum i w narożniku bloku oraz w rozmrażanym medium (w wodzie i w atmosferze komory zamrażalniczej) umieszczono końcówki termopar typu K (NiCr-NiAl, nikielchrom-nikielaluminium) o grubości 0,5 mm w oplocie z włókna (Tmax = 400°C). Rozmieszczenie i umiejscowienie końcówek termopar przedstawiono na schemacie bloku ryb (rys. 1) i na fotografii przekroju bloku ryb (rys. 2). Sygnał z termopar przekazywany był na kartę pomiarową PCI 1710HG zainstalowaną w komputerze klasy PC. Karta pomiarowa obsługiwana była przez program Lab-View umożliwiający rejestrację mierzonej temperatury. Wizualizację wyników wykonano przy pomocy programu MatLab. Przykład wykresu zarejestrowanych zmian temperatury przedstawiono na rysunku 3. Informacją o zakończonym procesie rozmrażania było wskazanie temperatury 0°C, przez termoparę umiejscowioną w środku bloku. (We wcześniejszych badaniach autorów (Kopeć i in., 2011; 2012), moment zakończenia procesu rozmrażania określano wizualnie przez zaobserwowanie rozpadania się bloku ryb.) Po rozmrażaniu każdą z tuszek ryb,

które identyfikowano numerami jak na rysunku 2, krojono w połowie i w centrum przekroju mierzono temperaturę za pomocą pirometru typu pistoletowego (typ SENTRY ST 630). Próby rozmrażania powtarzano trzykrotnie.



Rys. 3. Zmiany temperatury podczas rozmrażania bloku ryb w wodzie nieruchomej: T_m – w wodzie; T_p – na powierzchni; T_c – w centrum

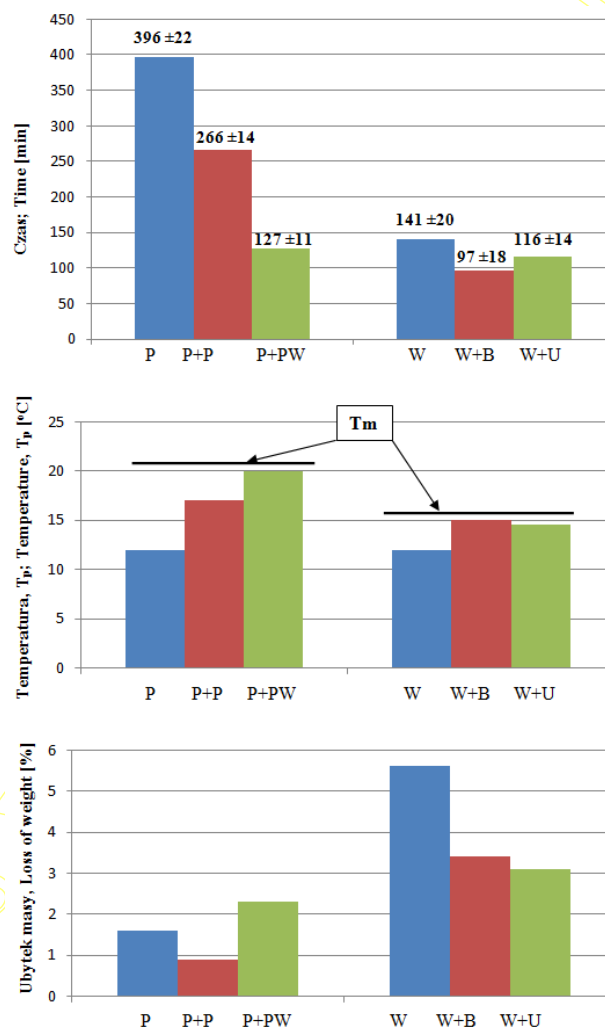
Fig. 3. Temperature changes during thawing of a block of fish in still water: T_m – in the water; T_p – on the surface; T_c – in the centre

Wyniki badań i ich omówienie

Na rysunku 4 w formie wykresów słupkowych zestawiono wyniki pomiarów: czasu rozmrażania, temperatury wskazanej przez termoparę w narożniku bloku ryb dla czasu, w którym w centrum zarejestrowano 0°C (uznany za moment końca procesu rozmrażania) i ubytku masy w trakcie rozmrażania.

Najszybciej nastąpiło rozmrażanie w wodzie przy wspomaganii barbotażem (W+B). Nieco mniejsza intensywność rozmrażania występuje przy zastosowaniu wspomaganii ultradźwiękami (W+U). Jest to zasadniczo oczywiste ze względu na to, że w przypadku zastosowania wody występuje znacznie wyższy współczynnik przejmowania ciepła niż w przypadku powietrza. Z przeglądu literaturowego wynika zainteresowanie badaczy wykorzystaniem ultradźwięków, w tym w procesie rozmrażania. Natomiast brak jest doniesień i zainteresowania badawczego barbotażem. W praktyce przemysłowej często stosowana jest technika barbotażu przy wspomaganii rozmrażania. Jest ona znacznie tańsza i prostsza instalacyjnie od techniki ultradźwięków. Najdłuższy czas rozmrażania wystąpił przy rozmrażaniu w powietrzu (P) (trzykrotnie dłuższy w porównaniu do wody). Nасыcenie powietrza parą istotnie skraca czas rozmrażania a rozmrażanie nawilżonym powietrzem z intensywną, wymuszoną konwekcją (P+PW) jest porównywalny z rozmrażaniem w wodzie. Z pomiaru temperatury przy powierzchni wynika, że intensyfikacja ruchu medium rozmrażalniczego powoduje, że strefa powierzchniowa osiąga temperaturę medium, gdy w centrum osiągnięta jest temperatura 0°C warunkująca rozmrożenie. Oznacza to, że nie można stosować przy rozmrażaniu zbyt wysokiej temperatury medium roz-

mrażalniczego, aby nie powodować przegrzania powierzchni rozmrażanego bloku.



Rys. 4. Wyniki badań rozmrażania bloków ryb w warunkach: P – powietrze przy minimalizowanej konwekcji; P+P – powietrze nawilżane parą przy konwekcji naturalnej; P+PW – powietrze nawilżane parą przy konwekcji wymuszonej intensywnej; W – woda przy konwekcji naturalnej; W+B – woda z barbotażem; W+U – woda plus ultradźwięki; T_m – temperatura medium.

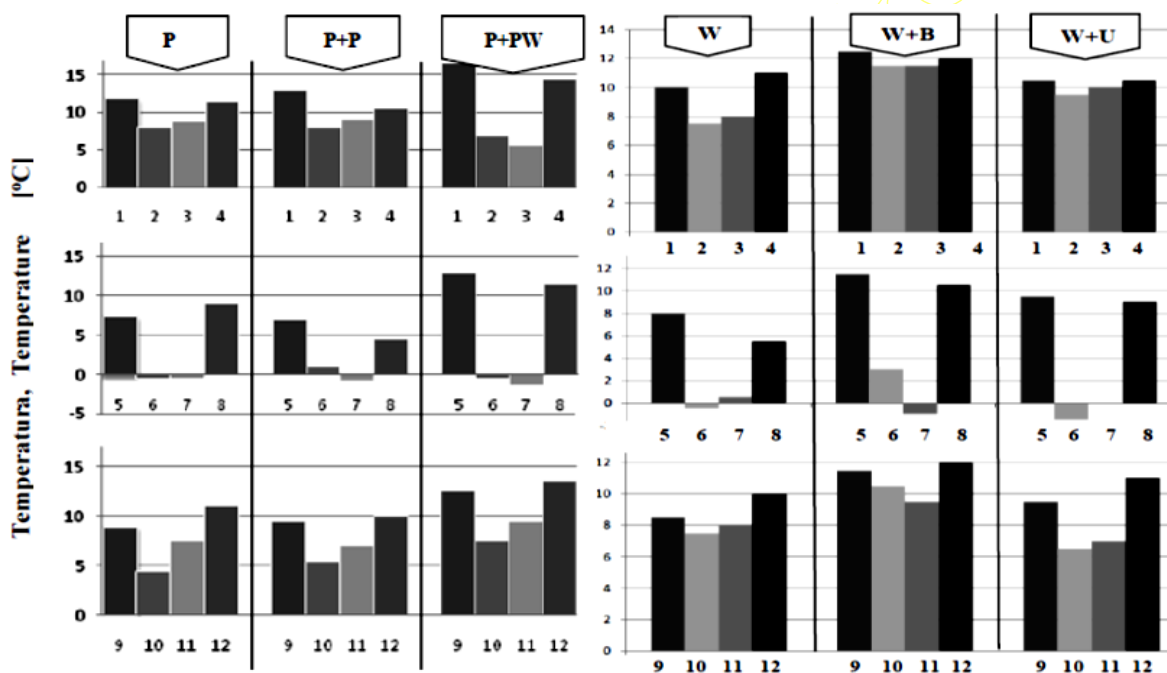
Fig. 4. The results of tests on thawing fish blocks, in conditions: P – air with minimized convection; P+P – air humidified by steam during natural convection; P+PW – steam humidified steam during forced intense convection; W – water at natural convection; W+B – water with bubbling; W+U – water plus ultrasounds; T_m – medium temperature.

Najmniejszy ubytek masy odnotowano przy rozmrażaniu w powietrzu nasyconym parą wodną w warunkach swobodnej konwekcji. Przy tej metodzie obserwowano minimalne ociekanie wody z powierzchni bloku ryb. Natomiast zastosowanie intensywnego ruchu nawilżonego powietrza skutkowało intensywniejszym ociekaniem wody i wycieku rozmrażalniczego, co skutkowało większym ubytkiem masy. Przy rozmrażaniu w powietrzu nienawilżonym zaobserwowano wysuszenie zewnętrznej powierzchni. Znacznie większy ubytek masy wystąpił przy rozmrażaniu w wodzie, w porównaniu z powietrzem. Największy ubytek masy odnotowano przy rozmrażaniu w wodzie nieruchomej. Wspomaganie barbotażem i ultradźwiękami charakteryzuje się niższym ubytkiem masy. Wynika to zapewne z krótszego czasu przebywania materiału w wodzie. Przy roz-

mrażaniu w wodzie zaobserwowano zabrudzenie wody wyciekami rozmrażalniczym. W przypadku rozmrażania w wodzie z barbotażem występowało silne pienienie.

Wyniki pomiaru temperatury na przekroju poszczególnych tuszek po rozmrożeniu bloku zestawiono na wykresach – rys. 5. Proces rozmrażania kończono, gdy termopara umiejscowiona między tuszkami wewnątrz bloku wskazywała 0°C. Na wykresach uwidoczniiony jest rozrzut temperatur wewnątrz przekroju poszczególnych tuszek po stwierdzonym rozmrożeniu bloku. Występuje wyraźna różnica między temperaturą tuszek zewnętrznych i wewnętrznych. Temperaturę bliską medium rozmrażalniczego (odpowiednio powietrze 20 ÷ 22°C, woda 14 ÷ 16°C) osiągają tuszki zewnętrzne w narożach (numery 1, 4, 9, 12). Tuszki wewnątrz bloku (numery 6, 7) mają temperatury w zakresie -

2 ÷ +2°C. Dla warunków rozmrażania w technologii przetwórstwa te niskie, minusowe temperatury wewnątrz tuszek nie są szkodliwe. Bardziej niekorzystne ze względu na jakość tuszek po rozmrożeniu są wysokie temperatury tuszek zewnętrznych. Jakość procesu rozmrażania ocenić można również rozrzutem temperatury w różnych miejscach i w poszczególnych elementach rozmrażanego bloku. Korzystny jest najmniejszy rozrzut wartości temperatury. Pod tym względem najbardziej korzystne jest rozmrażanie w powietrzu nasyconym parą wodną w warunkach konwekcji swobodnej (P+P). Największa różnica temperatury w bloku występuje dla rozmrażania w powietrzu nasyconym parą z intensywną konwekcją (P+PW) oraz w wodzie przy intensyfikacji barbotażem (W+B).



Rys. 5. Zestawienie temperatur w poszczególnych tuszkach ryb przy rozmrażaniu, w powietrzu: P – minimalna konwekcja powietrza, P+P – naporowywanie komory, P+PW – naporowywanie z wymuszona konwekcją; w wodzie: W – konwekcja naturalna, W+B – uaktywnianie barbotażem, W+U – uaktywnianie ultradźwiękami; 1 ÷ 12 numery tuszek w bloku wg rys. 2

Fig. 5. Comparison of temperatures in individual fish carcasses during thawing, in the air: P – minimal air convection, P+P – vapor deposition of the chamber, P+PW – vaporization with forced convection; in the water: W – natural convection, W+B – activating with bubbling, W+U – ultrasound activation; 1 ÷ 12 numbers of carcasses in the block according to Fig. 2

Wnioski

Rozmrażanie w powietrzu i w wodzie są najprostszymi, najtańszymi instalacyjnie i powszechnie stosowanymi technikami rozmrażania bloków ryb. Prowadzone są badania i stosowane są metody intensyfikujące rozmrażanie w tych mediach.

W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono, że najszybsze jest rozmrażanie bloków ryb w wodzie z uaktywnieniem poprzez barbotaż. W przy rozmrażaniu w powietrzu, jego pełne nawilżenie oraz wymuszona intensywna konwekcja istotnie skraca czas rozmrażania w porównaniu do warunków konwekcji swobodnej i czas ten jest porównywalny z czasem rozmrażania w wodzie.

Intensywny ruch (wymuszona konwekcja) medium rozmrażalniczego powoduje, że zewnętrzne warstwy rozmrażanego bloku osiągają temperaturę medium. Z tego względu, aby nie powodować przegrzania miejscowego konieczne jest ograniczenie temperatury medium rozmrażalniczego. Jednocześnie niższa temperatura medium, to dłuższy czas rozmrażania.

Ze względu na jakość procesu rozmrażania określanego przez minimalizację ubytku masy podczas rozmrażania i minimalizację rozrzutu temperatury poszczególnych tuszek ryb w bloku, najkorzystniejsza jest metoda rozmrażania w powietrzu nasyconym parą wodną.

Przy rozmrażaniu w wodzie stwierdzono największy ubytek masy i zaobserwowano intensywny wyciek rozmrażalniczy.

Bibliografia

- Bykowski, P., Dutkiewicz, D. (1986). Techniki zamrażania i rozmrażania w przemyśle rybnym. *Technika i Gospodarka Morska*, 6, 279-283.
- Dolata, W., Piątek, M., Stateczny, J. (2006). Rozmrażanie surowców mięsnych przy użyciu ultradźwięków o niskich częstotliwościach. *Inżynieria Rolnicza*, 7, 91-99.
- Dolatowski, Z., Stadnik, J., Stasiak, D. (2007). Application of ultrasound in food technology. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 89-99.
- Gruza, Z., Postolski, Z. (1999), *Zamrażanie żywności*. WNT Warszawa.
- Hong, G-P., Chun, J-Y., Jo, Y-J., Choi, M-J. (2014). Effects of water or brine immersion thawing combined with ultrasound on quality attributes of frozen pork loin. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(1), 115 - 121.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266.
- Kondratowicz, J., Dajnowska, K. (2000). Możliwości rozmrażania mięsa i produktów metodą tempering. *Chłodnictwo*, 6, 42-44.
- Kopeć, A., Czesnowski, S. (2011). Badania procesu rozmrażania ryb mrożonych w blokach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN*, 563, 91 - 98.
- Kopeć, A., Rydzkowski, T. (2011). Intensification of thawing in the water process of blocks of fish. IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Innowacje w Nauce i Szkolnictwie - 2011". Część 1, 302-304, ISBN 978-5-94826-312-0.
- Kopeć, A., Rydzkowski, T., Szyszka, D. (2012). Thawing of fish blocks in the air. *Scientific Journal KSTU NEWS*, 27, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education, Kaliningrad State Technical University, 42-49, ISSN 1997-3071.
- Kopeć, A., Dolik, K., Diakun, J. (2019). Wpływ ultradźwięków na proces rozmrażania bloków ryb metodą zanurzeniową w wodzie. *Postępy Techniki Przemysłu Spożywczego*, 1, 33-35.
- Li, B., Sun, D.W. (2002). Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-A review. *Journal of Food Engineering*, 54, 175-182.
- Mascheroni, R.H. (redaktor) (2012). *Operations in Food Refrigeration*. Rozdział 17 - Pham, Q.T. Thawing; Rozdział 18 - Barresi, A.A., and Fissore, D. Freeze-Drying Equipment. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Patist, A., Bates, D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 147-154.
- Pham, Q.T. (2014). Thawing. *Encyclopedia of Meat Sciences*. Refrigeration and Freezing Technologies, 202-208.

Jarosław Diakun

Politechnika Koszalińska

Wydział Mechaniczny

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego,

ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin

e-mail: jaroslaw.diakun@tu.koszalin.pl