

Dariusz Góral
Katedra Chłodnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego
Akademia Rolnicza w Lublinie

TECHNICZNE I TECHNOLOGICZNE UWARUNKOWANIA CHŁODNICZEJ OBRÓBKI PRODUKTÓW ROLNICZYCH METODĄ IMPINGEMENT

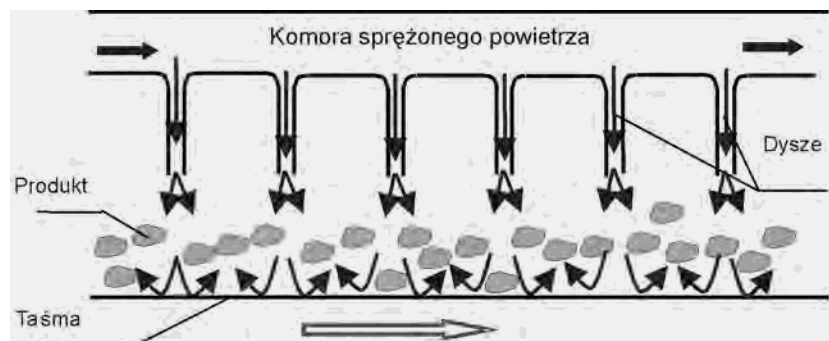
Streszczenie

Zaprojektowano i wykonano urządzenie do chłodniczej obróbki żywności metodą impingement w systemie odwróconej fluidyzacji. Badając warunki pracy urządzenia stwierdzono, że najodpowiedniejszą procesowo prędkością wypływu powietrza charakteryzowała się dysza o średnicy wewnętrznej 18 mm i długości 370 mm, której wykorzystanie prowadzi do uzyskania warunków umożliwiających zamrażanie fluidyzacyjne w temperaturze -20°C . Zamrażaniu metodą impingement poddano frytki ziemniaczane i kostkę marchwi. Te produkty rozmrażano w łaźni wodnej, w powietrzu w warunkach konwekcji swobodnej i metodą impingement. Stwierdzono, że zamrażanie przebiegało najszybciej w systemie impingement, pomimo panowania najwyższej temperatury środowiska chłodzącego. Natomiast szybkość rozmrażania marchwi w wodzie i metodą impingement była podobna i wynosiła 2,66 cm/h i 2,93 cm/h.

Słowa kluczowe: obróbka chłodnicza, impingement, współczynnik wnikania ciepła, kinetyka procesu

Wstęp

W ostatnich latach w przemyśle spożywczym obserwuje się dążenie do skracania czasu termicznej obróbki żywności. Nowymi i bardzo obiecującymi rozwiązaniami spełniającymi oczekiwania producentów żywności są systemy oparte o zjawisko impingement [Fellows 2000; Kluza 1999; Ovadia, Walter 1998]. W zastosowaniach w chłodniczej obróbce żywności zjawisko to polega na ukierunkowaniu powietrza lub innego gazu o odpowiedniej temperaturze, wypływającego pionowo w dół z krótkich lub długich dysz z dużą prędkością i przeprowadzeniu go przez złożę produktu znajdującego się na poziomej taśmie lub rynnie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat pracy urządzenia impingement w systemie odwróconej fluidyzacji
Fig. 1. The scheme of apparatus using reverse fluidization effect

Strumień gazu wprowadzany do nieruchomego złoża od góry, po przejściu przez złoże odbija się od taśmy lub dna rynny i wraca również przez złoże do otoczenia [Góral, Kluza 2003; Góral, Kluza 2004]. Wskutek tego proces obróbki staje się bardzo efektywny. Celem pracy było testowanie w założonym zakresie wykonanego urządzenia do realizacji chłodniczej obróbki produktów rolniczych przy wykorzystaniu tej metody.

Metodyka

W ramach pracy zaprojektowane i wykonane urządzenie, wyposażono w odpowiednią kompaktową instalację chłodniczą firmy L'Unite Hermetique (rys. 2, 3) o wydajności chłodniczej 3,9 kW oraz w wentylator kanałowy o wydajności 2400 m³/h oraz uzupełniono o komorę roboczą, która składa się z głowicy pracującej w obszarze o zamkniętym dnie [Góral, Kluza 2004; Kluza, Góral 2003].



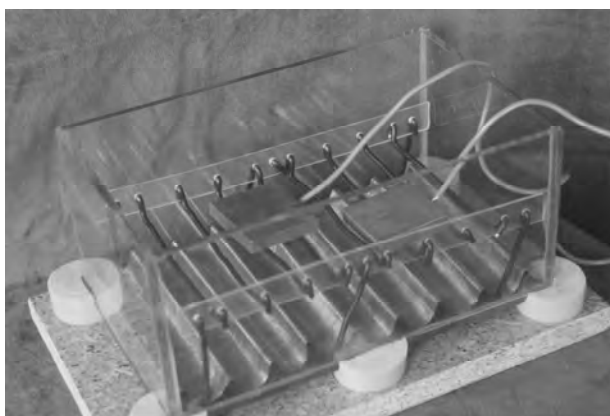
Rys. 2. Agregat chłodniczy L'Unite Hermetique
Fig. 2. The view of L'Unite Hermetique unit



Rys. 3. *Laboratoryjne urządzenie do chłodniczej obróbki w systemie impingement*

Fig. 3. *The view of laboratory impingement stand*

Dno w komorze jest elementem wymiennym umożliwiającym kształtowanie kierunków strumieni powietrza po odbiciu, co umożliwia likwidację martwych punktów i zapobiega aglomeracji złoża. Pracę urządzenia testowano analizując wpływ długości i średnicy dysz rozpraszających powietrze zamontowanych w głowicy na prędkość wypływu powietrza. Prędkość ta jest wielkością decydującą o przebiegu procesu. W wyniku tych badań dobrano optymalną dla urządzenia głowicę roboczą. Stosując metodę zamienników (wykonanych z miedzi) wyznaczono wartości współczynnika wnikania ciepła w warunkach obróbki chłodniczej (rys. 4) [Góral, Kluza 2004].



Rys. 4. *Sposób ułożenia płytek w komorze roboczej [3]*

Fig. 4. *Arrangement of plates in the working chamber*

W następnej kolejności przeprowadzono próby nad uzyskaniem złoza fluidalnego z wybranych produktów rolniczych przy obniżonych temperaturach powietrza ($0\pm-20^{\circ}\text{C}$). Jednocześnie analizowano kinetykę przebiegu schładzania i zamrażania badanych produktów porównując ją z kinetyką obróbki w zamrażarkach skrzyniowych. Badanymi materiałami były: pojedyncze ząbki czosnku (pozbawione okrywy), frytki ziemniaka (prostokątne o grubości 8 mm i różnej długości wycinane z ziemniaka), rzodkiewka (średnica 1 cm), marchew (kostka o wymiarze 8 mm). Produkty te zamrażano w otoczeniu o temperaturze -20°C . Zamrożone produkty rozmrażano każdorazowo w temperaturze 15°C : w wodzie (przy jej wymuszonym przepływie i w warunkach konwekcji swobodnej) oraz w powietrzu w warunkach konwekcji swobodnej a także metodą impingement.

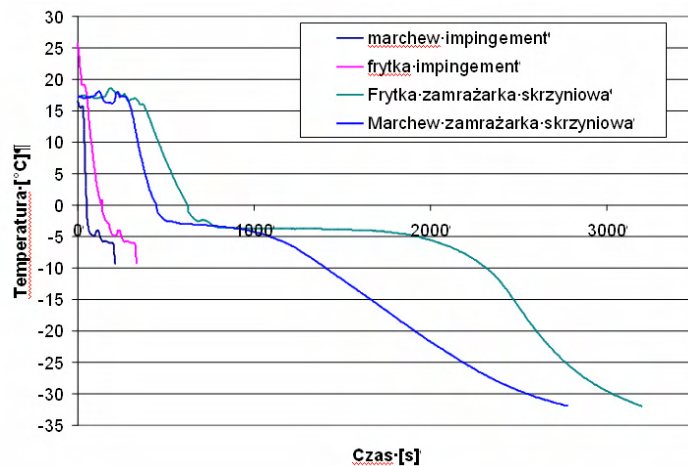
Wyniki i ich dyskusja

Badając pracę głowicy z umieszczonymi w niej dyszami stwierdzono, że prędkość wypływu powietrza kształtowała się w zakresie od 13 do 20 m/s i zależała od średnicy i długości dyszy. Największą szybkość przepływu powietrza uzyskano stosując głowicę wykonaną z dysz o średnicy wewnętrznej 18 mm i długości 370 mm. Jednocześnie, zastosowanie tej głowicy powoduje uzyskanie warunków umożliwiających zamrażanie w temperaturze -20°C . Wyznaczona wartość średnia współczynnika wnikania ciepła wynosiła $100\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

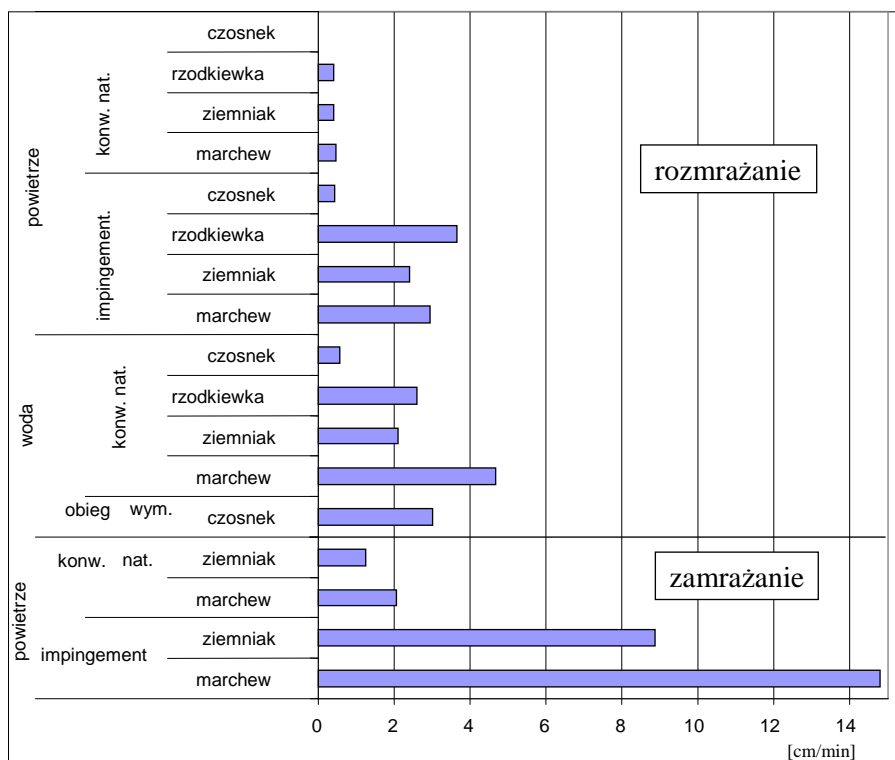
Zamrażając badane produkty stwierdzono, że każdy z nich podlegał pełnej fluidyzacji w warunkach procesu. Zgodnie z oczekiwaniem, najszybciej proces przebiegał przy wykorzystaniu metody impingement w porównaniu do szybkości uzyskiwanej w zamrażarce skrzyniowej, pomimo znacznie niższej temperatury zamrażania (rys. 5).

Natomiast w przypadku rozmrażania najwolniej proces przebiegał w powietrzu w warunkach konwekcji swobodnej natomiast najszybciej w wodzie w warunkach konwekcji wymuszonej (rys. 6).

Wykorzystując metodę impingement uzyskano szybkości rozmrażania obu badanych produktów porównywalne z szybkościami w wodzie.



Rys. 5. Krzywe zamrażania marchwi i frytek ziemniaczanych
 Fig 5. Freezing curves in cabinet freezer and impingement method



Rys. 6. Szybkość zamrażania i rozmrażania badanych warzyw
 Fig. 6. Freezing and thawing rate of investigated vegetables

Wnioski

1. Prototyp urządzenia do chłodniczej obróbki żywności metodą impingement w systemie odwróconej fluidyzacji testowano dobierając długość i średnicę dysz w głowicy. Optymalną z uwagi na proces szybkość przepływu powietrza uzyskano stosując dysze o średnicy wewnętrznej 18 mm i długości 370 mm. Odpowiadająca tym warunkom, wyznaczona wartość średnia współczynnika wnikania ciepła wyniosła $100 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
2. Badając kinetykę zamrażania marchwi w kostce i frytek ziemniaka stwierdzono, że każdy z badanych produktów zamrażany był w warunkach pełnej fluidyzacji. Wykorzystanie w zamrażaniu metody impingement powoduje, że czas procesu ulega istotnemu skróceniu.
3. Prowadząc rozmrażanie stwierdzono, że najwolniej proces przebiegał w powietrzu w warunkach konwekcji swobodnej natomiast najszybciej w wodzie w warunkach konwekcji wymuszonej. Przy rozmrażaniu metodą impingement uzyskano szybkości procesu porównywalne z szybkościami rozmrażania w wodzie.

Bibliografia

Fellows P. 2000. Food Processing Technology: Principles and Practice. Ellis Horwood, New York.

Góral D., Kluza F. 2003. Technika odwróconej fluidyzacji w rozmrażaniu produktów rolniczych i spożywczych. Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria, 2 (1), 23-31.

Góral D., Kluza F. 2004. Eksperymentalna identyfikacja funkcjonowania chłodniczego systemu impingement. Inżynieria Rolnicza 5 (60), 117-125.

Kluza F. 1999. Preliminary evaluation of impingement method utility for food freezing. Proceedings of the International Congress „Improved traditional foods for the next century”, DG XII European Commission and CSIC Valencia, Spain, 28-29 October 1999, 406-408.

Kluza F., Góral D. 2003. Sposób obróbki żywności i urządzenie do obróbki żywności. Biuletyn Urzędu Patentowego, 20 (777).

Ovadia D.Z., Walter (Chuck) C.E. 1998. Impingement in food processing. Food Technology. vol 52, 4, 46-50.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2007 jako projekt badawczy nr 2P06T 04726.

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS
OF AGRICULTURAL PRODUCTS REFRIGERATION
BY USING IMPINGEMENT METHOD**

Summary

It was designed and constructed the prototype device for refrigeration treatment of food by using impingement method. Conditions of work were analyzed and ascertained, that it was highest speed of outflow air for 18 mm of internal diameter and 370 mm length of nozzle. French fries and carrot cubes were frozen with impingement method and at natural convection conditions and were thawed in water bath and in air at the natural and forced convection and impingement system. It was found out that the freezing proceeded fastest at the impingement system despite the lower ambient temperature. Analysing the thawing kinetics it was found that the impingement method use leads to serious shortening of the process time and obtainment of thawing rate near that in water bath (2,66 cm/h) and it was 2,66 cm/h.

Key words: refrigeration treatment, impingement, heat transfer coefficient, process kinetics