

PRÓBA OCENY PROCESU BLANSZOWANIA I ZAMRAŻANIA PRÓŻNIOWEGO MATERIAŁU ROŚLINNEGO NA PODSTAWIE BADANIA KINETYKI ABSORPCJI WODY

Krzysztof Kornarzyński
Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. W pracy podjęto próbę oceny procesu blanszowania i zamrażania próżniowego materiału roślinnego pochodzącego z pietruszki na podstawie pomiaru kinetyki absorpcji wody metodą wagowo-wyporową. Badania zostały przeprowadzone na próbkach poddanych procesowi blanszowania, blanszowanych, a następnie zamrażanych próżniowo oraz nieblanszowanych. Blanszowanie przeprowadzono w gorącej wodzie o temperaturze 95°C w czasie 30 s, 3 min i 15 min. Do zamrażania próżniowego wykorzystano komorę, w której znajdował się materiał roślinny, odpompowywaną za pomocą pompy próżniowej. W czasie zamrażania próżniowego rejestrowano zmianę masy i temperatury badanego materiału. Uzyskane wyniki pomiarów świadczą o tym, że czas blanszowania ma istotny wpływ na przebieg charakterystyk kinetyki absorpcji wody przez badany materiał roślinny.

Słowa kluczowe: kinetyka absorpcji wody, blanszowanie, zamrażanie próżniowe

WSTĘP

Technologia żywności obejmuje metody przetwarzania, utrwalania i przechowywania żywności, do których należy blanszowanie i zamrażanie materiału roślinnego.

Blanszowanie jest procesem termicznym, polegającym na poddaniu surowych produktów roślinnych i zwierzęcych krótkotrwałemu działaniu gorącej wody, pary wodnej, mikrofal lub roztworu soli kuchennej, cukru i kwasów spożywczych [Pijanowski i in. 1997, Witrowa-Rajchert 1999]. Proces ten ma na celu m.in. zablokowanie działania enzymów utleniających, usunięcie tlenu z przestrzeni międzykomórkowej, zniszczenie drobnoustrojów i wywołanie pożądanych cech organoleptycznych. Negatywnym efektem blanszowania są ubytki suchej substancji, wypłukiwanej z materiału oraz zmiany struktury tkanki roślinnej [Abu-Ghannam 1998, Alvarez i in. 1995, Del Valle i in. 1999,

Stolle-Smits i in. 1998, Varnalis i in. 2000]. Blanszowanie jest bardzo często stosowane jako obróbka poprzedzająca proces zamrażania materiałów roślinnych [Pijanowski i in. 1997].

Zamrażanie próżniowe materiału roślinnego o dużej wilgotności jest uzyskiwane poprzez gwałtowne obniżenie ciśnienia w komorze zawierającej próbkę, dzięki czemu parująca woda odbiera ciepło od materiału, powodując jego zamrożenie. Związany jest z tym ubytek części masy (w postaci wody) [McDonald i in. 2000, Brosnan i in. 2001, Grass i in. 2002] oraz, podobnie jak w przypadku blanszowania, zmiany struktury tkanki roślinnej zamrażanego materiału [McDonald i in. 2001].

Badanie kinetyki absorpcji wody przez materiał roślinny zwykle dotyczy nasion roślin uprawnych i przemysłowych [Bhattacharya i in. 1997, Verm i in. 1999, Tryka 2001, Maskan 2001] oraz suszu pochodzącego z warzyw i owoców [Witrowa-Rajchert 1999]. Pomiary prowadzone przez tych autorów polegały na wyjmowaniu materiału z wody, osuszeniu go bibułą, a następnie ważeniu na wadze, gdzie zmiana masy w czasie określała kinetykę absorpcji wody. Nie wykonano jak dotychczas oceny procesu blanszowania i zamrażania próżniowego na podstawie pomiaru kinetyki absorpcji wody przez materiał roślinny o dużej wilgotności, pochodzący z warzyw lub owoców.

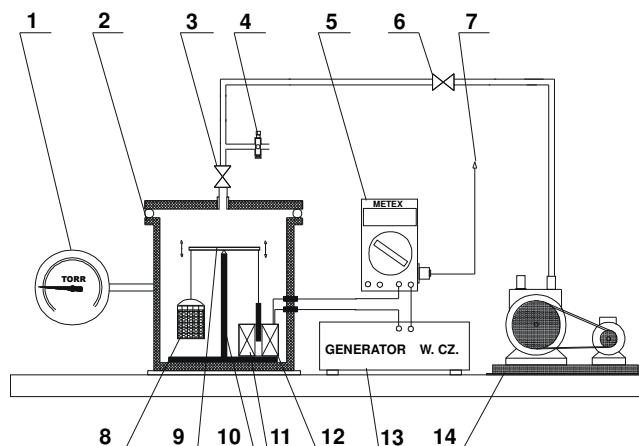
Celem przeprowadzonych badań była próba oceny procesu blanszowania i zamrażania próżniowego materiału roślinnego pochodzącego z pietruszki na podstawie pomiaru kinetyki absorpcji wody metodą wagowo-wyporową. Zmiany zachodzące podczas blanszowania i zamrażania próżniowego, zmieniające właściwości materiału roślinnego, mogą mieć wpływ na kinetykę absorpcji wody przez taki materiał. Znalezienie związku pomiędzy przebiegiem charakterystyk kinetyki absorpcji wody a warunkami blanszowania i zamrażania próżniowego może umożliwić badanie i ocenę tych procesów.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano materiał roślinny pochodzący z pietruszki odm. Eagle, o wilgotności początkowej $W = 3,4$ kg wody/kg s.s. Próbki zostały przygotowane w postaci kostek sześciennych o boku 10 mm, masie początkowej 40 g, umieszczonych w metalowych koszykach. Pomiar kinetyki absorpcji przeprowadzono dla próbek, które wcześniej zostały poddane procesowi blanszowania, zamrażania próżniowego poprzedzonego blanszowaniem, świeżych oraz nieblanszowanych zamrażanych próżniowo. Po blanszowaniu i zamrażaniu próżniowym próbki umieszczane były w szczelnych pojemnikach, aż do osiągnięcia temperatury pokojowej, a następnie przenoszone do zbiornika pomiarowego z wodą destylowaną. Pomiary kinetyki absorpcji wody wykonywano dla $R_H = 0,08$, gdzie R_H jest współczynnikiem uwodnienia badanego materiału, wyrażającym stosunek masy materiału do masy wody w zbiorniku pomiarowym.

Wykonano również pomiary charakteryzujące proces zamrażania próżniowego badanego materiału – zmiany masy i temperatury w czasie tego procesu oraz wyznaczono wyciek rozmrażalniczy.

Blanszowanie przeprowadzono w termostatowanym pojemniku o objętości 2 litrów w wodzie o temp. 95°C , dla czasu 30 s, 3 min i 15 min, dla trzech powtórzeń każdej próbki. Masy próbek wyznaczono za pomocą wagi WPS 600/C z dokładnością $\pm 0,01$ g.



Rys. 1. Schemat układu do zamrażania próżniowego: 1 – próżniomierz membranowy, 2 – zbiornik próżniowy, 3 i 6 – zawory odcinające, 4 – zawór zapowietrzający, 5 – miernik, 7 – połączenie z komputerem, 8 – koszyk z materiałem roślinnym, 9 – ramię dźwigni, 10 – pręt podtrzymujący, 11 – cewka, 12 – ruchomy rdzeń, 13 – generator w. cz., 14 – pompa próżniowa

Fig. 1. Scheme of the experimental stand to vacuum freezing: 1 – diaphragm vacuum gauge, 2 – vacuum vessel, 3 and 6 – cut off valves, 4 – infect valve, 5 – measurer, 7 – output to computer registered data, 8 – basket with a investigated material, 9 – lever arm, 10 – support rod, 11 – coil, 12 – movable core, 13 – generator HF, 14 – rotary vacuum pump

Do zamrażania próżniowego wykorzystywano układ pomiarowy, którego schemat przedstawia rysunek 1. Układ ten umożliwiał również rejestrację zmiany masy materiału w trakcie zamrażania oraz pomiar temperatury (gdy nie była mierzona zmiana masy). Materiał umieszczony w zbiorniku próżniowym odpompowywany był przez pompę próżniową BLP 60, ciśnienie w zbiorniku mierzył próżniomierz membranowy. Zmiana masy materiału w trakcie zamrażania mierzona była przez czujnik indukcyjny konstrukcji własnej, składający się z ruchomej dźwigni dwustronnej, na końcach której zawieszony był badany materiał i rdzeń ferromagnetyczny umieszczony wewnątrz cewki podłączonej do generatora w.cz. Zmiana masy materiału roślinnego powodowała przesuwanie się rdzenia wewnątrz cewki i zmianę indukcyjności układu. Pomiar zmiany natężenia prądu elektrycznego przez miernik, który dla prostoliniowego zakresu pracy układu był proporcjonalny do zmiany masy materiału roślinnego, rejestrował komputer.

Do pomiarów wykorzystano miernik METEX M – 3859D, który umożliwiał również pomiar temperatury próbki z dokładnością do $\pm 1^\circ\text{K}$, a po podłączeniu do komputera rejestrację danych przez komputer. Ciśnienie końcowe w zbiorniku próżniowym zawierającym próbkę, wynoszące ok. 1–2 mm Hg, było uzyskiwane przez układ po czasie ok. 150–200 s.

Metoda wagowo-wyporowa wykorzystywana w pracy, opiera się na metodzie wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy, która jest stosowana dla materiałów niepobierających wody w trakcie pomiaru [Szydłowski 1975]. Siła wypadkowa F_{wyp} działająca na ciało zanurzone w cieczy wyraża się wzorem (prawo Archimedes):

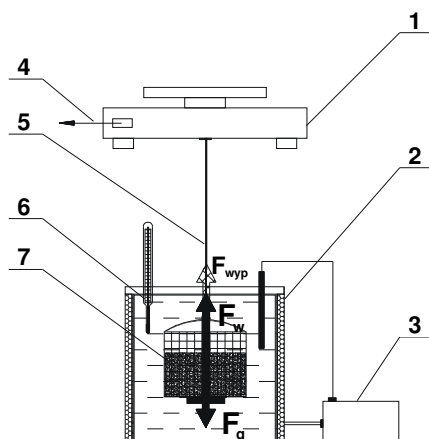
$$F_{\text{wyp}} = F_g - F_w = m_m g - V_m \rho_c g \quad (1)$$

gdzie: F_g – siła ciężkości, F_w – siła wyporu, m_m – masa materiału, g – przyspieszenie ziemskie, V_m – objętość materiału, ρ_c – gęstość cieczy.

W przypadku materiału porowatego, jakim jest materiał roślinny pęczniejący i pobierający wodę, należy pamiętać o tym, że jego masa i objętość będą ulegały zmianie. Pobieranie wody powodowało będzie wzrost masy (ciężaru), natomiast przyrost objętości – wzrost siły wyporu [Kornarzyński i in. 2000, Kornarzyński i in. 2001, Kornarzyński i in. 2002]. Równocześnie zachodzi proces wypłukiwania substancji rozpuszczalnych w wodzie (suchej substancji), co powoduje spadek masy materiału i zmianę gęstości roztworu w zbiorniku pomiarowym, prowadzący do wzrostu siły wyporu. W takiej sytuacji zmiana siły wypadkowej ΔF_{wyp} jest wyrażona przez zależność:

$$\Delta F_{\text{wyp}} = (m_{m \text{ pocz}} - \Delta m_{\text{ub}})g - (V_{m \text{ pocz}} + \Delta V_m)(\rho_w + \Delta \rho_{\text{ub}})g \quad (2)$$

gdzie: $m_{m \text{ pocz}}$ – masa początkowa materiału w czasie $t = 0$, Δm_{ub} – zmiana masy materiału na skutek ubytków, czyli wypłukiwania substancji rozpuszczalnych w wodzie z materiału roślinnego, $V_{m \text{ pocz}}$ – objętość początkowa materiału, ΔV_m – zmiana (przyrost) objętości materiału, ρ_w – gęstość wody, $\Delta \rho_{\text{ub}}$ – zmiana (wzrost) gęstości cieczy, spowodowana wzrostem zawartości substancji wypłukiwanych z materiału roślinnego.



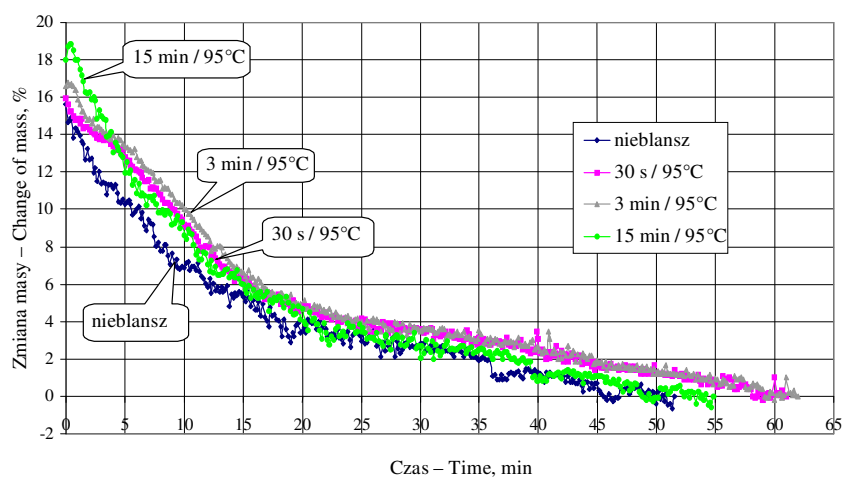
Rys. 2. Schemat układu pomiarowego absorpcji wody metodą wagowo-wyporową: 1 – waga elektroniczna, 2 – zbiornik główny termostatowany, 3 – układ do regulacji temperatury (regulator RE60A210, z termometrem PT-100), 4 – wyjście na komputer, 5 – linka łącząca, 6 – termometr (dokł. $\pm 0,1^\circ\text{K}$), 7 – badany materiał (nasiona, susz)

Fig. 2. Scheme of the experimental stand to measure water absorption by using of weighing-displacement method: 1 – electronic balance, 2 – main container (thermostatic control), 3 – arrangement to temperature regulation, 4 – output to computer registered data, 5 – joint line, 6 – thermometer (acc. $\pm 0,1^\circ\text{K}$), 7 – investigated material (grain, dried vegetable)

Schemat układu pomiarowego przedstawia rysunek 2. Badany materiał, umieszczony w koszyku i zanurzony w wypełnionym wodą destylowaną zbiorniku głównym, zmienił swoją masę, co rejestrowała waga elektroniczna, jako zmianę siły wypadkowej ΔF_{wyp} . Koszyk z próbką został zawieszony na lince, która przechodziła przez otwór o średnicy $\phi = 1$ mm w pokrywie zbiornika głównego, połączonej z wagą, co zapewniło ograniczenie parowania wody ze zbiornika. Termostatowanie i regulację temperatury pracy układu pomiarowego, z dokładnością do 1°C , umożliwiał regulator RE60A210 współpracujący z termometrem Pt-100.

WYNIKI

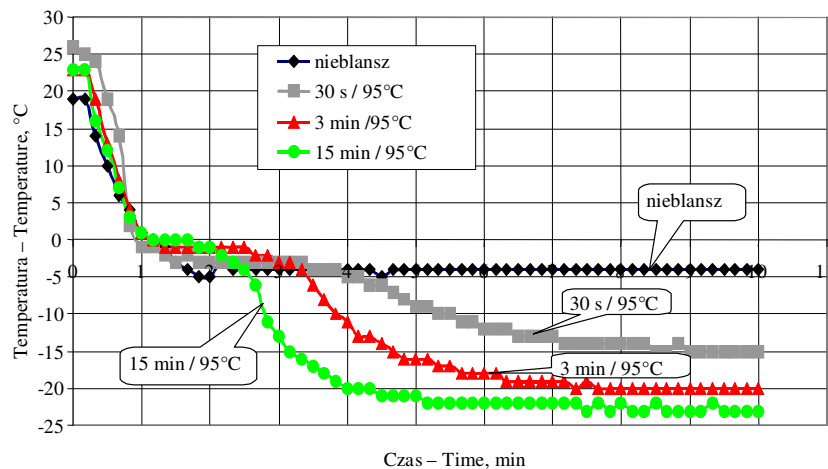
Proces zamrażania próżniowego próbek, przeprowadzony przed pomiarem kinetyki absorpcji wody, charakteryzują rysunki 3 i 4 oraz tabela 1. Na rysunku 3 przedstawiono zmianę masy materiału podczas zamrażania próżniowego dla materiału nieblanszowanego i blanszowanego, dla różnych czasów blanszowania. Dla czasu $t = 0$ (początek wykresu) podana została końcowa wartość ubytku masy materiału po czasie $t = 60$ min. Rysunek 4 przedstawia zmianę temperatury materiału w czasie zamrażania próżniowego, tabela 1 wybrane parametry charakteryzujące ten proces.



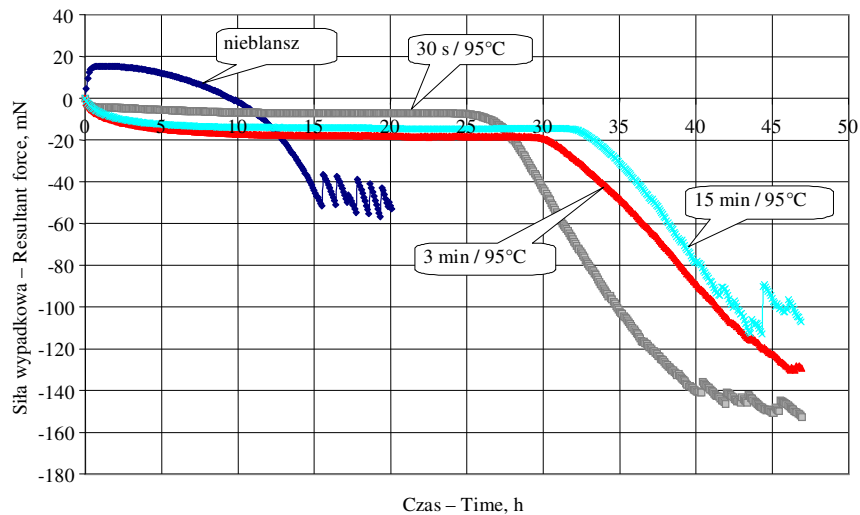
Rys. 3. Zmiana masy pietruszki podczas zamrażania próżniowego

Fig. 3. Change of mass during vacuum freezing of parsley

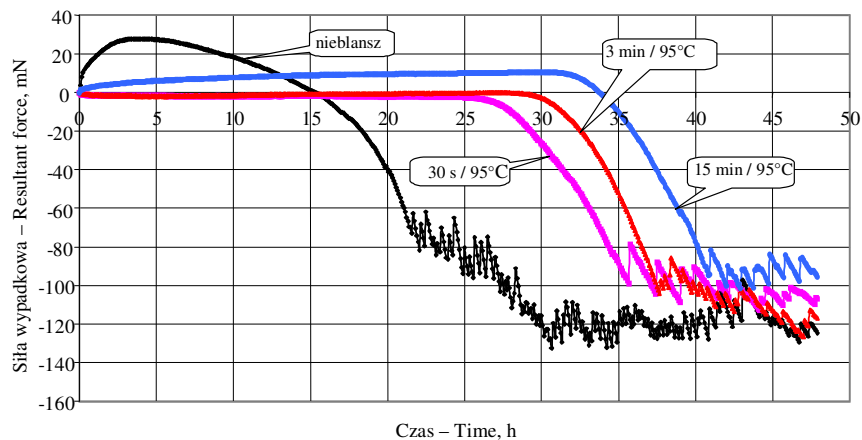
Wyciek rozmrażalniczy wyznaczono dla materiału, który po zamrażaniu próżniowym umieszczony został w szczelnych pojemnikach na pięciu suchych bibułach filtracyjnych, o znanych masach początkowych. Materiał rozmrażał się przez ok. 5 h, a następnie bibuły zostały ponownie zważone.



Rys. 4. Zmiana temperatury pietruszki podczas zamrażania próżniowego
 Fig. 4. Change of temperature during vacuum freezing of parsley



Rys. 5. Kinetyka absorpcji wody przez pietruszkę blanszowaną i nieblanszowaną, przy wykorzystaniu metody wagowo-wyporowej
 Fig. 5. Kinetics of water absorption by parsley of blanching and no blanching measured by weighing-displacement method



Rys. 6. Kinetyka absorpcji wody przez pietruszkę zamrażaną próżniowo przy wykorzystaniu metody wagowo-wyporowej

Fig. 6. Kinetics of water absorption by parsley of vacuum freezing measured by weighing-displacement method

Tabela 1. Wybrane parametry zamrażania próżniowego badanego materiału

Table 1. Select parameters of vacuum freezing investigated material

	Nieblanszowany No blanching	30 s / 95°C	3 min / 95°C	15 min / 95°C
Temperatura końcowa, °C Final temperature	- 4 ± 1	- 15 ± 1	- 20 ± 1	-23 ± 1
Ubytek masy, % Loss of mass	15,6 ± 0,3	16,0 ± 0,28	16,6 ± 0,35	18,0 ± 0,32
Wyciek zamrażalniczy, % Outflow freezing	3,43 ± 0,22	3,74 ± 0,25	4,55 ± 0,26	12,38 ± 0,21

Tabela 2. Punkty zagięcia charakterystyki kinetyki absorpcji wody

Table 2. Points of bend plot of kinetics of water absorption

	Nieblanszowany No blanching	30 s / 95°C	3 min / 95°C	15 min / 95°C
Niezamrażany próżniowo, h No vacuum freezing	1,1 ± 0,45	25,7 ± 1,3	30 ± 1,5	32,4 ± 1,6
Zamrażany próżniowo, h Vacuum freezing	3,9 ± 1,73	27,3 ± 1,42	30,2 ± 1,35	32,3 ± 1,5

Charakterystykę kinetyki absorpcji wody przez materiał nieblanszowany i poddany blanszowaniu przedstawia rysunek 3, podczas gdy rysunek 4 prezentuje kinetykę absorpcji wody przez materiał blanszowany i nieblanszowany zamrażany próżniowo. Pomiary wykonane zostały dla czasu zamrażania wynoszącego 60 min.

DYSKUSJA

Przebieg charakterystyki zmiany temperatury zamrażanej próbki, uzyskany przed pomiarem kinetyki absorpcji wody, pokazuje, że po upływie 7–8 min próbka osiąga swoją temperaturę końcową (rys. 4), a stabilizacja zmiany masy (rys. 3) nie następuje nawet po godzinie zamrażania próżniowego. Powodem tego jest sublimacja wody z materiału roślinnego, zachodząca w warunkach stałej temperatury i ciśnienia. Osiągnięcie temperatury końcowej przez próbkę jest związane z ubytkiem masy na poziomie 6–10%, który zależy od czasu blanszowania i jest największy dla czasu 15 min, a najmniejszy dla próbki nieblanszowanej. Dłuższy czas blanszowania materiału roślinnego przyspiesza proces zamrażania próżniowego i umożliwia uzyskanie niższej temperatury końcowej.

Wyciek rozmrażalniczy, największy dla czasu blanszowania 15 min, świadczy o dużych uszkodzeniach struktury tkanki roślinnej, z której wypływa więcej wody w trakcie odmrażania.

Analizując przebieg kinetyki absorpcji wody, można stwierdzić, że materiał nieblanszowany (zamrażany i niezamrażany próżniowo) w początkowej fazie procesu zwiększa swoją masę. Jednakże po krótkim czasie jego masa gwałtownie spada (rys. 5 i 6), co świadczy o szybkim wypłukiwaniu z materiału substancji rozpuszczalnych w wodzie.

W przypadku próbek blanszowanych i zamrażanych próżniowo początkowa faza kinetyki absorpcji wody charakteryzuje się dużą stabilnością dla wszystkich czasów blanszowania, co oznacza, że zmiany masy i objętości są niewielkie. Po upływie określonego czasu następuje gwałtowny spadek siły wypadkowej działającej na próbkę umieszczoną w wodzie, świadczący o zmianie właściwości badanego materiału (tab. 2). Jedynym wyjaśnieniem tego zjawiska jest załamanie struktury tkanki roślinnej i uszkodzenie błon komórkowych, skutkiem czego następuje szybkie wypłukiwanie związków rozpuszczalnych w wodzie. Punkt zagięcia charakterystyki zależy od czasu blanszowania – im był on dłuższy, tym czas ten był późniejszy zarówno dla próbek blanszowanych, jak i zamrażanych próżniowo (rys. 5 i 6). Można również stwierdzić, że czasy zagięcia charakterystyki dla próbek blanszowanych i zamrażanych próżniowo dla tych samych czasów blanszowania, wykazują niewielkie różnice. Oznacza to, że zamrażanie próżniowe próbek poddanych blanszowaniu ma niewielki wpływ na kinetykę absorpcji wody przez badany materiał roślinny.

WNIOSKI

1. Na podstawie przebiegu charakterystyk kinetyki absorpcji wody przez materiał blanszowany i nieblanszowany, możemy stwierdzić, że blanszowanie powoduje mniejsze wypłukiwanie suchej substancji z badanego materiału roślinnego.

2. Punkty zagięcia charakterystyki kinetyki absorpcji wody zależą jedynie od czasu blanszowania, co oznacza, że zamrażanie próżniowe poprzedzone blanszowaniem ma niewielki wpływ na przebieg absorpcji wody przez badany materiał roślinny.

3. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że zastosowana w badaniach metoda wagowo-wyporowa pomiaru kinetyki absorpcji wody przez materiały roślinne poddane

procesowi blanszowania i zamrażania próżniowego umożliwiają ocenę tych procesów na podstawie przebiegu charakterystyk absorpcji wody.

PIŚMIENNICTWO

- Abu-Ghannam N., 1998. Modeling Textural Changes During the Hydration Process of Red Beans. *J. Food Eng.* 38, 341–352.
- Alvarez C. A., Aguerre R., Gómez R., Vidales S., Alzamora S. M., Gerschenson L. N., 1995. Air Dehydration of Strawberries: Effects of Blanching and Osmotic Pretreatments on the Kinetics of Moisture Transport. *J. Food Eng.* 25, 167–178.
- Bhattacharya S., Bal S., Mukherjee R. K., 1997. Kinetics of Tamarind Seed Hydration. *J. Food Eng.* 33, 129–138.
- Brosnan T., Da-Wen Sun., 2001. Compensation for Water Loss in Vacuum-Precooled Cut Lily Flowers. *J. Agric. Eng. Res.* 79 (3), 299–305.
- Del Valle J. M., Aranguiz V., Leon H., 1999. Effect of blanching and calcium infiltration on PPO activity, texture, microstructure and kinetics of osmotic dehydration of apple tissue. *Food Research International* 31, 8, 557–569.
- Gras M., Vidal-Brotons D., Betoret N., Chiralt A., Fito P., 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3, 263–269.
- Kornarzyński K., Pietruszewski S., 2000. Metody pobierania wody przez nasiona roślin uprawnych. *Inż. Roln.* 4 (15), 87–94.
- Kornarzyński K., Pietruszewski S., Łacek R., 2001. Metoda wagowo-wyporowa pomiaru szybkości pobierania wody przez nasiona roślin uprawnych. *Inż. Roln.* 2 (22), 137–142.
- Kornarzyński K., Pietruszewski S., Łacek R., 2002. Measurement of the water absorption rate in wheat grain. *Int. Agrophysics* 16, 33–36.
- Maskan M., 2001. Effect of maturation and processing on water uptake characteristic of wheat. *J. Food Eng.* 47, 51–57.
- McDonald K., Da-Wen Sun., 2000. The formation of pores their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling. *J. Food Eng.* 47, 175–183.
- McDonald K., Da-Wen Sun., 2001. Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review. *J. Food Eng.* 45, 55–65.
- Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A., 1997. *Ogólna technologia żywności*. PWN Warszawa, 187–189.
- Stolle-Smits T., Donkers J., van Dijk C., Derksen J., Sassen M. M. A., 1998. An electron microscopy study of the texture of fresh, blanched and sterilized green bean pods (*Phaseolus vulgaris* L.). *Lebensm.-Wiss u.-Technol.* 31, 237–244.
- Szydłowski H., 1975. *Pracownia fizyczna*. PWN, Warszawa.
- Tryka S., 2001. Wpływ temperatury na zależność ultrasłabej luminescencji od szybkości pobierania wody w okresie pęcznienia ziarna pszenicy. *Acta Agroph.* 46, 197–214.
- Witrowa-Rajchert D., 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. *Praca hab.* SGGW, Warszawa.
- Varnalis A. I., Brennan J. G., MacDougall D. B., 2000. A proposed mechanism of high temperature puffing of potato. Part II. Influence of blanching and initial drying on the permeability of the partially dried layer to water vapor. *J. Food Eng.* 48, 369–378.
- Verm R. C., Prasad S., 1999. Kinetics of absorption of water by maize grains. *J. Food Eng.* 39, 395–400.

THE ESTIMATION OF BLANCHING AND VACUUM FREEZING PROCESSES OF VEGETABLE MATERIAL BASED ON OF KINETICS ABSORPTION OF WATER

Abstract. This paper presents the estimation of blanching and vacuum freezing processes of vegetable material, originating from parsley, based on measurements of kinetics of water absorption with weighting-displacement method. The investigations was passed on blanching and both blanching and vacuum freezing samples. Blanching process was conducted using hot water at temperature 95°C during 30 s, 3 min i.e. 15 min. Vacuum – chamber with vegetable material contain, evacuated by means vacuum pumps to vacuum freezing was used. During vacuum freezing process change of mass and temperatures of investigated material was registered. The results of measurements shows that blanching time has essential influence on kinetics of water absorption by investigated vegetable material.

Key words: kinetic of water absorption, blanching, vacuum freezing

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2004