

INTENSYFIKACJA PROCESU TŁOCZENIA SOKÓW Z WYBRANYCH WARZYW KORZENIOWYCH Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI MROŻENIA

*Rafał Nadulski, Kazimierz Zawiślak, Marian Panasiewicz, Karolina Strzałkowska
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu obróbki wstępnej, polegającej na zamrażaniu i rozmrażaniu miazgi lub wyłoków, na wydajność i energochłonność procesu tłoczenia soku z wybranych warzyw korzeniowych, oraz ocena jakościowa otrzymanego soku. W procedurze I jako obróbkę wstępną przed pierwszym tłoczeniem zastosowano wyłącznie rozdrobnienie surowca, w procedurze II dodatkowo przed tłoczeniem wyłoków (drugie tłoczenie) zastosowano obróbkę cieplną, polegającą na ich zamrożeniu w temperaturze co najmniej -18°C , następnie rozmrożeniu i doprowadzeniu do temperatury otoczenia; w procedurze III obróbkę cieplną (zamrażanie i rozmrażanie) surowca przeprowadzono zarówno przed pierwszym tłoczeniem miazgi, jak i przed drugim tłoczeniem wyłoków. Zastosowana obróbka z wykorzystaniem techniki zamrażania zwiększa wydajność tłoczenia. Wyraźne zwiększenie wydajności procesu uzyskano przeprowadzając próby według II i III procedury badawczej. Nakłady energetyczne na proces tłoczenia wyraźnie maleją dla II i III procedury badawczej. W badaniach nie uwzględniono nakładów energetycznych, związanych z zamrażaniem miazgi lub wyłoków.

Słowa kluczowe: warzywa korzeniowe, miazga, sok, obróbka wstępna, zamrażanie, tłoczenie

Wprowadzenie

Wzrost świadomości związanej ze zdrowym stylem życia powoduje zainteresowanie konsumentów produktami zawierającymi składniki prozdrowotne. Badania wykazują, że konsumpcja żywności bogatej w flawonoidy i polifenole może zmniejszyć ryzyko powstawania chorób serca i nowotworowych (Zhishen i in., 1999). W związku z tym w ostatnich latach rozwija się produkcja soków owocowych i warzywnych z surowców ekologicznych, tzw. bezpośrednich, naturalnie mętnych i fermentowanych (Pierzynowska i in., 2007; Jaworowska i Olczak, 2010). Ponadto w ofercie producentów pojawiają się soki owocowe i warzywne z dodatkiem soku z warzyw wykazujących silne właściwości prozdrowotne, takich jak seler, pietruszka, buraki ćwikłowe, marchew, kapusta, a nawet rzodkiew.

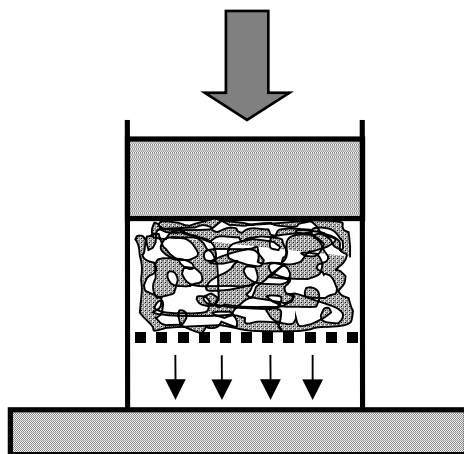
Badania dowiodły, że dotychczas stosowane procesy technologiczne powodują istotny spadek ilościowy składników prozdrowotnych w zawartych owocach i warzywach (Nowak i in., 2008; Lu i Foo, 1997). Co prawda stosowanie obróbki enzymatycznej zwiększa wydajność tłoczenia i poprawia jakość soku, ale równocześnie powoduje spadek zawartości polifenoli (Cliff i in., 1991). Również wykorzystanie preparatów enzymatycznych w sokownictwie zaczyna budzić wątpliwości u konsumentów.

W ostatnich latach zainteresowania badaczy zostały skierowane ku fizycznym metodom obróbki wstępnej miazgi przed tłoczeniem – bez użycia preparatów enzymatycznych. W tym celu wykorzystuje się obróbkę pulsującym polem elektrycznym (Wang i Sastry, 2002), promieniowaniem jonizującym (Mitchell i in., 1991), falami ultradźwiękowymi (Śliwiński, 2001), promieniowaniem mikrofalowym (Nadulski, 2002; Mitrus i Wójtowicz, 1997), polem elektrycznym (ogrzewanie ohmowe) (Praporscic i in., 2006) oraz poprzez zamrażanie i rozmrażanie miazgi (Nadulski i Wawryniuk, 2009; Nadulski i in., 2012). Również proces tłoczenia może być wspomagany metodami próżniowymi (Cumming i Gayton, 1990). Lebovka i in. (2004) wskazali na możliwość wykorzystania obróbki cieplnej w temperaturze 323 K przez 600 s i obróbki elektrycznym, pulsującym polem ($E = 500 \text{ V cm}^{-1}$, $t_{PEF} = 10^{-2} \text{ s}$), jako metodę zwiększenia efektywności tłoczenia soku z jabłek. Lekka obróbka miazgi z jabłek poprzez ogrzewanie ohmowe w temperaturze 313–323 K daje wyższy uzysk soku bez utraty jakości (Wang i Sastry, 2002). Gerard i Roberts (2004) do obróbki soku przed tłoczeniem zastosowali ogrzewanie mikrofalowe. Sok pozyskany tą metodą charakteryzował się wyższą zawartością polifenoli i flawonoidów. Badania Wang i Sastry (2002) wykazały, że stosowanie ogrzewania ohmowego i mikrofalowego może zwiększyć wydajność i obniżyć nakłady energetyczne procesu tłoczenia. Nadulski i in (2012) stwierdzili znaczne zwiększenie wydajności tłoczenia soku z buraków ćwikłowych po zastosowaniu zamrażania i rozmrażania miazgi lub wycisków przed tłoczeniem. Analiza dotychczasowego stanu wiedzy wskazuje, że proces tłoczenia soków warzywnych wspomagany obróbką wstępną, polegającą na wykorzystaniu techniki zamrażania, poznany jest w niewystarczającym stopniu.

Celem pracy było określenie wpływu obróbki wstępnej, polegającej na zamrażaniu i rozmrażaniu miazgi lub wycisków, na wydajność i energochłonność procesu dwukrotnego tłoczenia soku z wybranych warzyw korzeniowych. Zakres pracy obejmował wyznaczenie w obu cyklach tłoczenia wydajności i energochłonności procesu oraz określenie zawartości ekstraktu i pH otrzymanego soku. Energochłonność określano wyłącznie w odniesieniu do tłoczenia, nie uwzględniając nakładów energetycznych związanych z rozdrabnianiem i zamrażaniem surowca. Badania prowadzono po kątem uzyskania soku o zachowanych właściwościach prozdrowotnych.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w Katedrze Inżynierii i Maszyn Spożywczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w październiku 2011 roku na korzeniach pietruszki odmiany Perfekcja i marchwi odmiany Karotka. Umyty i obrany surowiec został rozdrobniony przy użyciu maszyny rozdrabniającej MKJ250 produkcji Spomasz z wykorzystaniem standardowej tarczy rozdrabniającej z otworkami o średnicy 5 mm. Wyciskanie soku prowadzono



Rysunek 1. Schemat prasy do wyciskania soku

Figure 1. Diagram of the juice press

przy pomocy laboratoryjnej prasy kosztowej własnej konstrukcji, o średnicy 80 mm i pojemności ok. 600 cm³ (rys. 1). Tłoczenie soku prowadzono po zainstalowaniu prasy w maszynie wytrzymałościowej Instron 4302.

Tłoczenie zostało wykonane z zastosowaniem sita o średnicy otworów 4 mm i metalowej siatki. Prędkość przesuwu tłoka została ustalona na 10 mm·min⁻¹. Tłoczenie prowadzono do uzyskania maksymalnej siły wynoszącej 9 kN, po czym przerywano.

Tłoczenie prowadzono w dwóch cyklach. W pierwszym – tłoczeniu poddawano miazgę warzywną w ilości 200 g, natomiast w drugim – wytloki powstałe po pierwszym tłoczeniu. W procedurze I jako obróbkę wstępną przed pierwszym tłoczeniem zastosowano wyłącznie rozdrobnienie surowca, w procedurze II dodatkowo przed

tłoczeniem wytlóków (drugie tłoczenie) zastosowano obróbkę cieplną, polegającą na ich zamrożeniu w temperaturze co najmniej -18°C, następnie rozmrożeniu i doprowadzeniu do temperatury otoczenia, a w procedurze III obróbkę cieplną (zamrażanie i rozmrażanie) surowca przeprowadzono zarówno przed pierwszym tłoczeniem miazgi, jak i przed drugim tłoczeniem wytlóków.

Wydajność tłoczenia określano według wzoru (1):

$$W_j = \frac{M}{M_p} \quad (1)$$

gdzie:

- W_j – wydajność tłoczenia (%),
- M – masa soku uzyskana podczas tłoczenia zgodnie z przyjętą procedurą (kg),
- M_p – masa początkowa miazgi lub wytlóków (kg).

Natomiast jednostkowe nakłady energetyczne wyznaczono według wzoru (2):

$$E_j = \frac{W}{M} \quad (2)$$

gdzie:

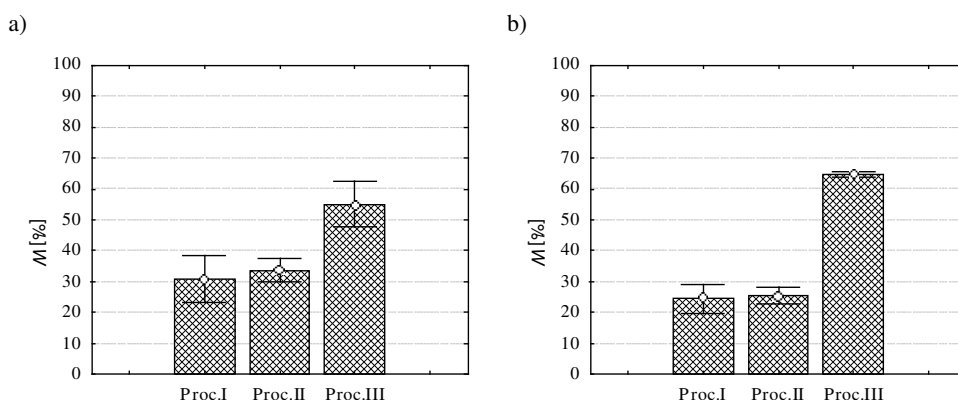
- E_j – jednostkowe nakłady energetyczne, (kJ·kg⁻¹),
- W – praca tłoczenia soku zgodnie z przyjętą procedurą, (kJ),
- M – masa soku uzyskana podczas tłoczenia zgodnie z przyjętą procedurą, (kg).

Dla każdej próby określano zawartość ekstraktu w soku (PN-90/A-75101/02) i jego pH (PN-EN 1132:1999). Do oznaczania zawartości ekstraktu użyto refraktometru PAL-1 firmy Atago, a do oznaczania pH soku – pehametru CP-411 firmy Elmetron. Analizę statystyczną

wyników badań przeprowadzono przy zastosowaniu wieloczynnikowej analizy wariancji ANOVA i testu NIR Fishera.

Wyniki badań i dyskusja

Obróbka wstępna, polegająca na zamrażaniu i rozmrażaniu, istotnie wpływa na wydajność tłoczenia. Najwyższą wydajność w pierwszym etapie tłoczenia uzyskano dla obu surowców w przypadku stosowania III procedury (rys. 2). W przypadku badanych surowców nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wydajności procesu tłoczenia według procedury I i II. W warunkach eksperymentu wyższą wydajność tłoczenia uzyskano w pierwszym etapie dla selera (III procedura).

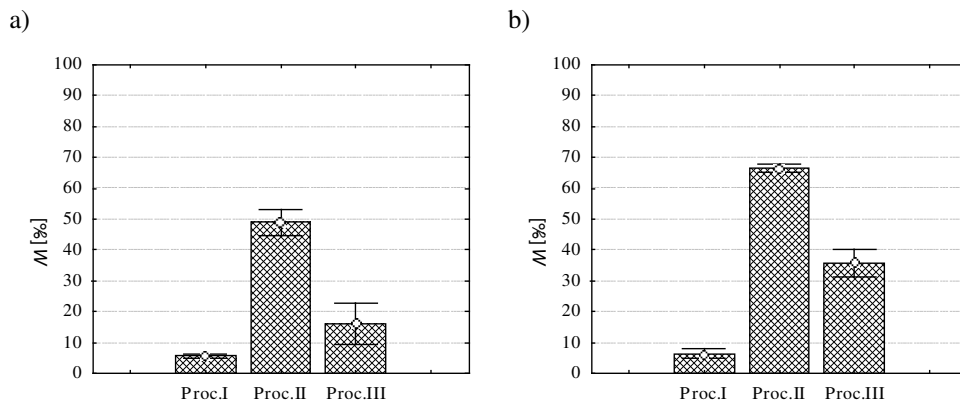


Rysunek 2. Wydajność tłoczenia W_1 po pierwszym tłoczeniu w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 2. Efficiency of pressing W_1 after first pressing depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery

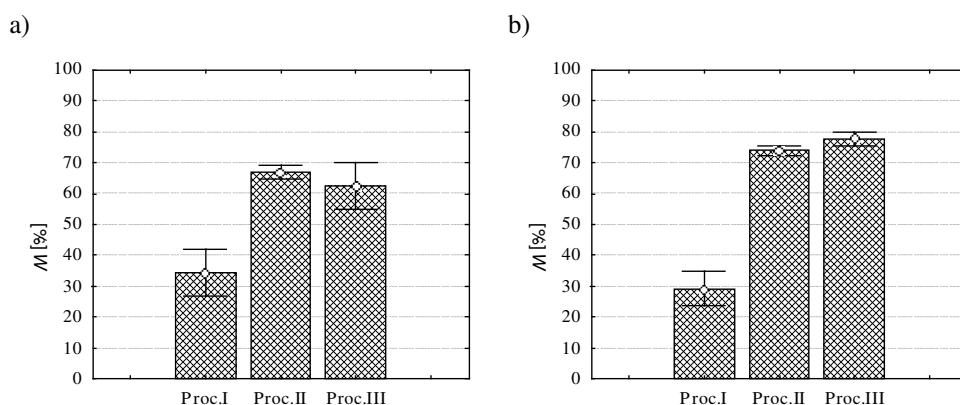
Uzyskane w drugim etapie tłoczenia wyniki dotyczące wydajności wskazują statystycznie istotne różnice we wszystkich przypadkach. Badania pokazały, że zamrożenie, a następnie rozmrożenie wyłoków (procedura II) i poddanie ich tłoczeniu, daje wysoki uzysk soku (rys. 3). Wyniki badań wydajności w drugim etapie tłoczenia odniesione są do masy wyłoków.

Na rysunku 4 przedstawiono uzysk soku, uwzględniając oba etapy tłoczenia. Jak wykazała analiza statystyczna, brak jest istotnych różnic pomiędzy tłoczeniem soku zgodnie z procedurą II i III. Wskazuje to na możliwość stosowania w procesie tłoczenia soku technologii z wykorzystaniem obróbki cieplnej (zamrażanie i rozmrażanie) wyłoków. Analizując oba badane surowce, stwierdzono wyższą wydajność tłoczenia dla selera.



Rysunek 3. Wydajność tłoczenia W_2 po drugim tłoczeniu w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 3. Efficiency of pressing W_2 after second pressing depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery



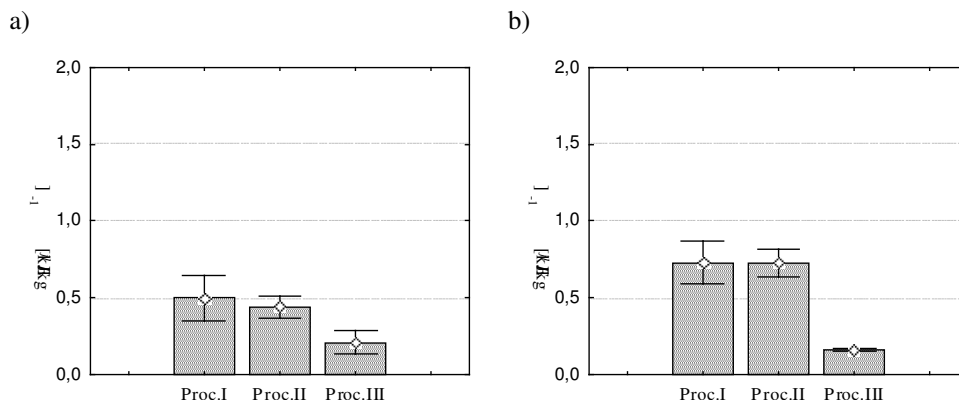
Rysunek 4. Całkowita wydajność tłoczenia W_c w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 4. Total efficiency of pressing W_c depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery

Obróbka wstępna polegająca na zamrażaniu i rozmrażaniu istotnie wpływa na energochłonność poszczególnych etapów procesu tłoczenia (rys. 5 i 6).

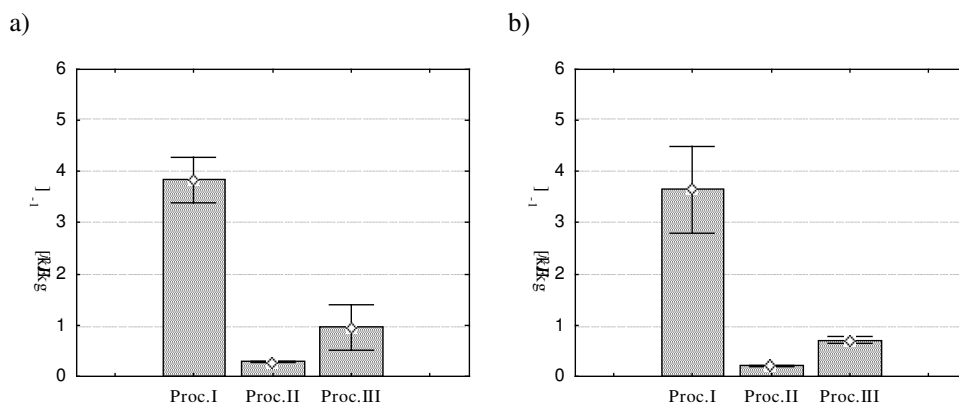
Analizując oba cykle tłoczenia, można stwierdzić, że obróbka cieplna (zamrażanie i rozmrażanie) istotnie obniża energochłonność procesu tłoczenia (rys. 7), przy czym brak jest istotnych statystycznie różnic pomiędzy procedurą II i III. Biorąc po uwagę, że w procedurze II zamrażaniu poddawane są wyłącznie wytloki, a nie cała porcja miazgi, w oprar-

cowaniu technologii pozyskiwania soków o cechach prozdrowotnych należy brać pod uwagę rozwiązanie zawarte w II procedurze. Należy liczyć się z wysokimi kosztami energetycznymi całego procesu pozyskiwania soku (rozdrabnianie, zamrażanie wyłoków, rozmrażanie tłoczenie), ale tylko takie rozwiązanie gwarantuje uzyskanie produktu klasy premium o zachowanych składnikach prozdrowotnych.



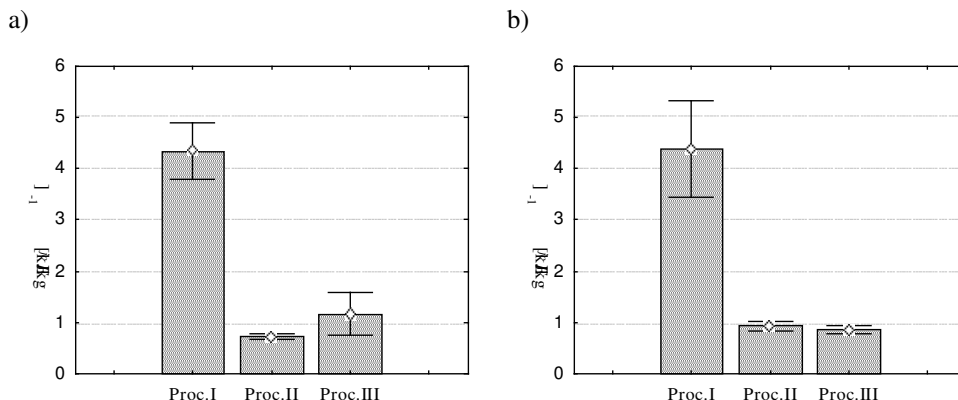
Rysunek 5. Jednostkowe nakłady energetyczne E_{j1} w pierwszym tłoczeniu w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 5. Unit energy inputs E_{j1} in the first pressing depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery



Rysunek 6. Jednostkowe nakłady energetyczne E_{j2} w drugim tłoczeniu w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 6. Unit energy inputs E_{j2} in the second pressing depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery



Rysunek 7. Jednostkowe nakłady energetyczne E_{1c} w obu cyklach tłoczenia w zależności od zastosowanej procedury badawczej: a) marchew, b) seler

Figure 7. Unit energy inputs E_{1c} in both cycles of pressing depending on the applied research procedure: a) carrot, b) celery

Wartość pH soku z selera wynosiła od 6,2 do 6,3 i nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zależności od procedury jego pozyskiwania. W przypadku marchwi pH soku zawierało się w przedziale od 5,5 do 6,3 i różnice były istotne statystycznie dla poszczególnych procedur badawczych. Zawartość ekstraktu soku z selera uzyskanego zgodnie z procedurą I i II wynosiła od 6,6 do 6,8 w skali Brix i różnice nie były istotne statystycznie, natomiast dla soku uzyskanego w III procedurze – 7,9 w skali Brix i różnice były istotne statystycznie. W przypadku soku z marchwi zawartość ekstraktu w zależności od sposobu jego pozyskania wynosiła od 7,4 do 8,8 w skali Brix i różnice były istotne statystycznie.

Reasumując, można stwierdzić, że sposób tłoczenia soku według zaproponowanych w eksperymencie procedur wpływa w niewielkim stopniu na jego pH i zawartość ekstraktu. W dalszym etapie badań celowa będzie analiza chemiczna zawartości składników decydujących o walorach prozdrowotnych uzyskanych soków.

Podsumowanie

Zastosowana obróbka z wykorzystaniem techniki zamrażania zwiększa wydajność tłoczenia. Największą wydajność procesu uzyskano przeprowadzając próby według II i III procedury badawczej. Nakłady energetyczne na proces tłoczenia wyraźnie maleją w II i III procedurze badawczej, niemniej w badaniach nie uwzględniano nakładów energetycznych, związanych z rozdrabnianiem i zamrażaniem miazgi lub wyłoków. Mimo występowania w procesie technologicznym energochłonnego procesu zamrażania wyłoków, to uwzględniając aspekt prozdrowotny – procedura II może być polecana jako metoda pozyskiwania soków o właściwościach korzystnych dla organizmu człowieka. Przeprowadzone próby wskazują na celowość dalszych badań nad wpływem techniki zamrażania jako obróbki

wstępnej miazg warzywnych przed tłoczeniem. Należy podjąć badania dotyczące analiz chemicznych pod kątem oceny zawartości składników decydujących o walorach prozdrowotnych uzyskanych soków. Pozwoli to na opracowanie nowej technologii produkcji soków warzywnych o dużej zawartości składników prozdrowotnych i wysokich walorach smakowych.

Literatura

- Cliff, M.; Dever, M. C.; Gayton, R. (1991). Juice extraction process and apple cultivar influences on juice properties. *Journal of Food Science*, 56, 1614-1627.
- Cumming, D. B.; Gayton, R. R. (1990). The development and testing of a vacuum assisted juice extraction process. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14, 415-422.
- Gerard, K. A.; Roberts, J. S. (2004). Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. *Lebensm.-Wiss u.-Technol.*, 37, 551-557.
- Lebovka, N. I.; Praporscic, I.; Vorobiev, E. (2004). Combined treatment of apples by pulsed electric fields and by heating at moderate temperature. *Journal of Food Engineering*, 65, 211-217.
- Lu, Y.; Foo, L. Y. (1997). Identification and quantification of major polyphenols in apple pomace. *Food Chemistry*, 59, 187-194.
- Mitchel, G. E.; Isaacs, A. R.; Williams, D. J.; McLauchlan, R., L.; Nottingham, S. M. (1991). Low dose irradiation influence on yield and quality of fruit juice. *Journal of Food Science*, 56(6), 1628-1631.
- Mitrus, M.; Wójtowicz, A. (1997). Możliwości zastosowania mikrofala w procesach przetwarzania żywności. *Podstawy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1-2, 52-58.
- Nadulski, R.; Wawryniuk, P. (2009). Ocena możliwości wykorzystania zamrażania jako obróbki wstępnej przed tłoczeniem miazg. *Inżynieria Rolnicza*, 2(111), 123-130.
- Nadulski, R.; Zawiaślak, K.; Strzałkowska, K.; Piekarski, D.; Starek, A. (2012). The influence of thermal processing on the course of pressing juice from beetroot. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 12(1), 163-167.
- Nowak, D.; Kidoń, M.; Syta, M. (2008). Ocena zmian właściwości przeciwutleniających suszy buraka ćwikłowego i selera w zależności od zastosowanych operacji jednostkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(59), 227-235.
- Pierzynowska, J.; Prędką, A.; Drywień, M.; Ostrowska, K. (2007). Porównanie zawartości witaminy C w wybranych świeżych i przefermentowanych sokach warzywnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XL(4), 341-344.
- Praporscic, I.; Lebovka, N. I.; Ghnimi, S.; Vorobiev, E. (2006). Ohmically heated enhanced expression of juice from apple and potato tissues. *Biosystems Engineering*, 93(2), 199-204.
- Śliwiński, A. (2001). *Ultradźwięki i ich zastosowanie*. Warszawa, WNT, ISBN 83-204-2567-04.
- Wang, W. C.; Sastry, S. K. (2002). Effects of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(4), 371-377.
- Zhishen, J.; Mengcheng, T.; Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555-559.
- PN-90/A-75101/02. *Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości ekstraktu ogólnego.*
- PN-EN 1132:1999. *Soki owocowe i warzywne. Oznaczanie pH.*

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF PRESSING JUICES OF THE SELECTED ROOT VEGETABLES WITH THE USE OF THE FREEZING TECHNIQUE

Abstract. The objective of the paper was to determine the impact of the initial processing consisting in freezing and defrosting of pulp or pomace on efficiency and energy consumption of the process of pressing juices of the selected root vegetables and the quality evaluation of the obtained juice. In I procedure, only grinding of the raw material was applied as initial processing before the first pressing; in II procedure additionally before pressing pomace (second pressing) a thermal processing which consisted in freezing in the temperature of at least -18°C was applied, then defrosting and warming to the temperature of surroundings; in III procedure a thermal processing (freezing and defrosting) of the raw material was carried out both before the first pressing of the pulp as well as before the second pressing of pomace. The applied processing with the use of the freezing technique increases the efficiency of pressing. A visible increase of the efficiency of the process was obtained by carrying out samples according to II and III research procedures. Energy inputs on the pressing process visibly decrease for II and III research procedure. Energy inputs related to freezing the pulp or pomace were not included in the research.

Key words: root vegetables, pulp, juice, initial processing, freezing, pressing

Adres do korespondencji:

Rafał Nadulski; e-mail: rafal.nadulski@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20- 280 Lublin