

WPLYW PROCESÓW PASTERYZACJI I ZAMRAŻANIA NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE SOKU Z PIETRUSZKI

Zbigniew Kobus¹, Izabela Błaszczuk², Kamil Wilczyński²

¹Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

²Studenckie Koło Naukowe Komputerowe Wspomaganie Projektowania
Procesów Inżynierii Spożywczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości reologicznych soku z pietruszki. Badano trzy próby soków: sok surowy, zamrażany oraz pasteryzowany. Właściwości reologiczne określono przy użyciu rotametry obrotowego firmy Brookfield Engineering Laboratories: model LVDV-II + PRO. Pomiary przeprowadzono dla soku o stężeniu 11,7°Bx w zakresie temperatur od 10°C do 50°C. Sok uzyskano w wyniku tłoczenia na prasie koszowej. Badania wykazały, że otrzymany sok surowy miał charakter cieczy niutonowskiej. Zastosowane metody utrwalania nie miały wpływu na charakter reologiczny i lepkość soku. Wpływ temperatury na lepkość soku opisano za pomocą równania Arrhenius-Guzmana.

Słowa kluczowe: sok z pietruszki, właściwości reologiczne, pasteryzacja, zamrażanie

WPROWADZENIE

Technologia pozyskiwania soków z owoców i warzyw składa się z etapów, które mogą istotnie wpływać na właściwości fizyczne produktu końcowego. Szczególne znaczenie odgrywają tu procesy mające na celu utrwalenie soków i przedłużenie ich okresu przydatności do spożycia.

Najczęściej stosowanym procesem utrwalającym soki jest ich pasteryzacja. Proces ten polega na podgrzaniu produktu do temp. około 80–90°C, wygrzaniu w tej temperaturze przez okres kilkudziesięciu sekund, a następnie na szybkim schłodzeniu. Pasteryzacja pozwala na zniszczenie różnych form drobnoustrojów, co bezpośrednio pozytywnie wpływa na wydłużenie trwałości otrzymanego soku. Istotną zaletą pasteryzacji jest znikomy wpływ na właściwości sensoryczne produktu, a przede wszystkim na jego smak i zapach.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Zbigniew Kobus, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: zbigniew.kobus@up.lublin.pl

Mniej popularną metodą utrwalania soków, ale równie skuteczną jest ich zamrażanie. Proces ten polega na obniżeniu temperatury produktu poniżej jego temperatury krioskopowej, czemu towarzyszy przemiana fazowa wody w lód. Zamrażanie jest uważane za mało inwazyjną metodę utrwalania żywności, niepowodującą degradacji składników aktywnych [Janiszewska i Sakowski 2012].

Oba te zabiegi cieplne mogą jednak powodować zmiany chemiczne i biochemiczne, które istotnie wpływają na właściwości reologiczne soków. Znajomość właściwości reologicznych płynów jest niezbędna do projektowania systemu transportowego oraz analizy warunków przepływu w takich procesach jak: zatężanie, dehydracja, filtracja i mieszanie. Pozwala na określenie rozmiarów wyparek, rurociągów i pomp oraz umożliwia wyliczenie zapotrzebowania na energię [Barbosa-Canovas 1996, Boger i Tiu 1974, Rao 1999].

Celem pracy było zbadanie wpływu dwu metod utrwalania, tj. pasteryzacji i mrożenia, na właściwości reologiczne soku z pietruszki.

MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowił sok z pietruszki uzyskany w wyniku tłoczenia na prasie kosztowej. Zawartość ekstraktu w uzyskanym soku wyniosła 11,7°Bx.

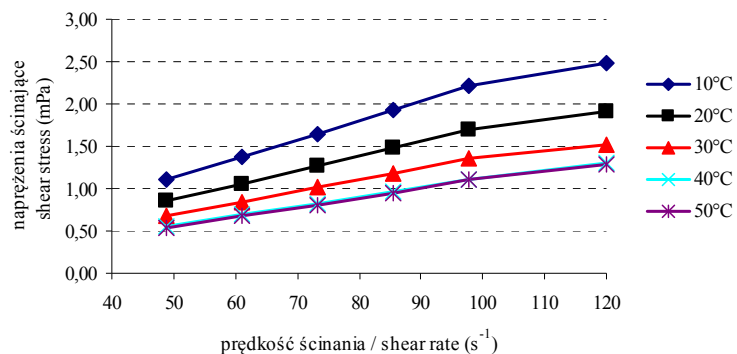
Sok po wytlóczeniu utrwalano poprzez pasteryzację i zamrażanie. Proces pasteryzacji przeprowadzono w szklanej butelce, wygrzewając sok w temperaturze 90°C przez okres 2 minut. Proces zamrażania przeprowadzono w temperaturze -18°C, przetrzymując sok przez okres 24 godzin. Do oznaczania właściwości reologicznych użyto lepkościomierza rotacyjnego Brookfield LVDV-II + P. Do badań odmierzano 16 ml cieczy, którą umieszczano w przystawce ULA – 10EY. Temperatura podczas pomiaru była zmieniana za pomocą ultratermostatu Brookfield TC – 502 w zakresie od 10°C do 50°C. Zastosowano prędkość obrotową wrzeciona w zakresie od 40 do 100 obr/min, co odpowiada prędkościom ścinania od 48 do 120 s⁻¹. Do rejestracji wyników wykorzystano specjalnie opracowaną procedurę w programie Rheocal V3. Oznaczenie zawartości ekstraktu soku z pietruszki przeprowadzono za pomocą refraktometru Atego PAL – 3. Pomiary właściwości reologicznych soku z pietruszki wykonano w trzech powtórzeniach. Wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0. Podział na grupy jednorodne dokonano za pomocą analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi określano stosując test Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

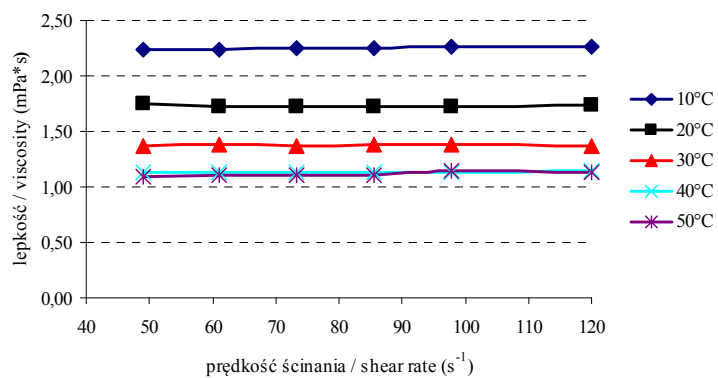
Na rysunkach 1–2 przedstawiono krzywe płynięcia i krzywe lepkości dla surowego soku z pietruszki niepoddanego zabiegom utrwalającym.

Kształt i położenie krzywych płynięcia i krzywych lepkości wskazują na to, że sok z pietruszki uzyskany w wyniku tłoczenia jest cieczą niutonowską.

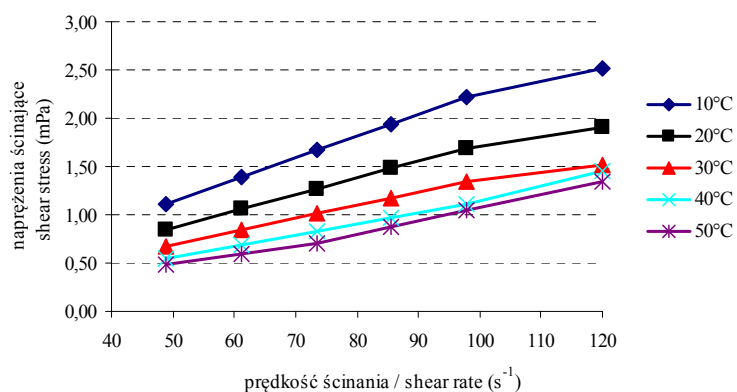
Na rysunkach 3–4 przedstawiono krzywe płynięcia i krzywe lepkości dla soku z pietruszki poddanego zamrażaniu w temperaturze -18°C.



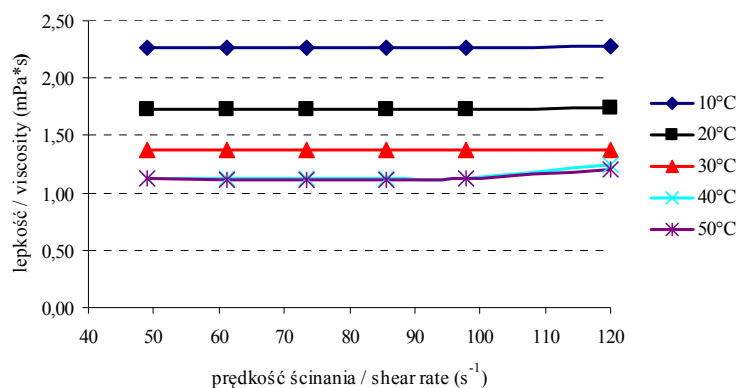
Rys. 1. Krzywe płynięcia dla surowego soku z pietruszki
Fig. 1. Flow curves for raw juice from parsley



Rys. 2. Krzywe lepkości surowego soku z pietruszki
Fig. 2. Viscosity curves for raw juice from parsley



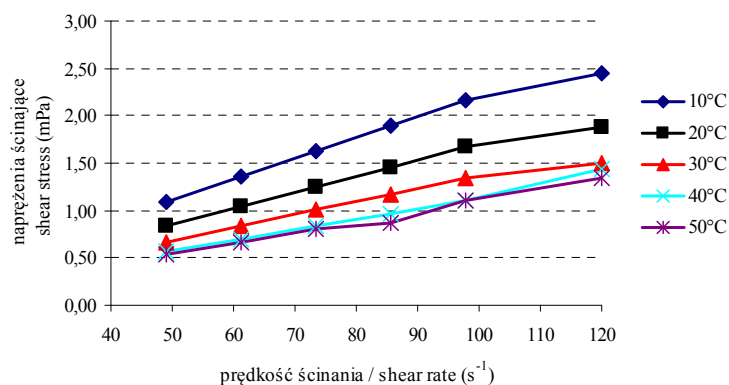
Rys. 3. Krzywe płynięcia dla soku z pietruszki poddanego procesowi zamrażania
Fig. 3. Flow curves for frozen juice from parsley



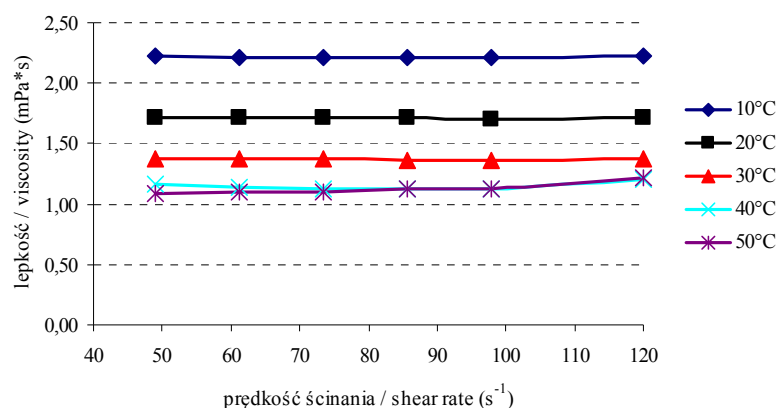
Rys. 4. Krzywe lepkości dla soku z pietruszki poddanego procesowi zamrażania
Fig. 4. Viscosity curves for frozen juice from parsley

Kształt krzywych płynięcia i krzywych lepkości soku poddanego mrożeniu w temperaturze (-18°C) wskazuje na niutonowski charakter soku. Proces mrożenia nie wpłynął na charakter reologiczny soku z pietruszki.

Na rysunkach 5–6 przedstawiono krzywe płynięcia i krzywe lepkości dla soku z pietruszki poddanego pasteryzacji w temperaturze 90°C.



Rys. 5. Krzywe płynięcia dla soku z pietruszki poddanego procesowi pasteryzacji
Fig. 5. Flow curves for pasteurized juice from parsley



Rys. 6. Krzywe lepkości dla soku z pietruszki poddanego procesowi pasteryzacji
Fig. 6. Viscosity curves for pasteurized juice from parsley

Charakterystyki płynięcia i lepkości soku poddanego procesowi pasteryzacji są liniami prostymi, co świadczy o jego niutonowskim charakterze. Proces pasteryzacji nie wpłynął na charakter reologiczny soku z pietruszki.

Wyniki identyfikacji wpływu metody utrwalania i temperatury na lepkość soku z pietruszki zestawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Wyniki analizy wariancji przedstawiające wpływ metody utrwalania i temperatury na lepkość soku z pietruszki

Table 1. Results of variational analysis showing influence of preservation methods and temperature on viscosity of parsley juice

Źródło zmienności Source of variation	Suma kwadratów Sum of squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnia kwadratów Mean squares	F	P
Metoda utrwalania Preservation method	0,0051	2	0,0025	2,1	0,12976
Temperatura Temperature	15,63	4	3,9081	3219,2	0,000

Wyniki badań potwierdziły istotny statystycznie wpływ temperatury na lepkość soku z pietruszki dla wszystkich wariantów utrwalania soku. Wyniki testu Tukeya pokazują, z kolei istotność różnic dla wszystkich badanych temperatur z wyłączeniem układu 40 i 50°C. Anomalia ta jest spowodowana prawdopodobnie niedokładnością rotametri, który przy lepkości 1 mPa s pracuje na granicy dolnego zakresu pomiarowego.

Jednocześnie brak jest wpływu zastosowanych metod utrwalania na lepkość badanego soku z pietruszki. Wyniki testu Tukeya wykazały brak istotnego wpływu metody utrwalania na wartość lepkości soku w całym badanych zakresie temperatur.

Tabela 2. Wyniki testu Tukeya przedstawiającego istotność różnic pomiędzy średnimi dla różnych metod utrwalania oraz temperatur soku.

Table 2. Results of Tukey's test showing significance of differences between means for different preservation methods and temperatures of juice.

Rodzaj soku Kind of juice	Temperatura – Temperature				
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C
Sok surowy Raw juice	2,25 ^a	1,73 ^b	1,37 ^c	1,16 ^d	1,14 ^d
Sok mrożony Frozen juice	2,26 ^a	1,73 ^b	1,37 ^c	1,15 ^d	1,13 ^d
Sok pasteryzowany Pasteurized juice	2,21 ^a	1,73 ^b	1,37 ^c	1,15 ^d	1,13 ^d

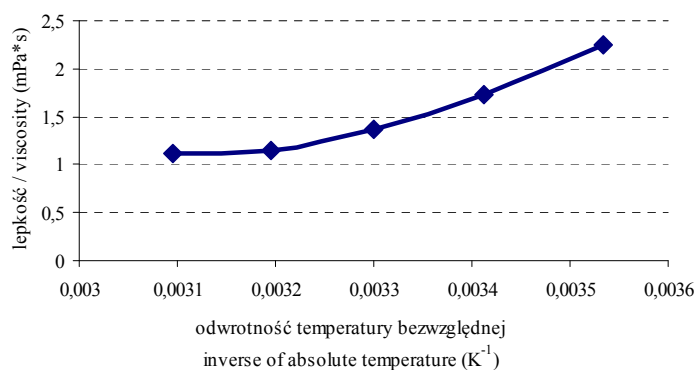
Dla powiązania temperatury z lepkością soku z pietruszki wykorzystano równanie Arrheniusa-Guzmana:

$$\eta = A_0 e^{\frac{E_0}{RT}} \quad (1)$$

gdzie:

- η – lepkość (Pa s),
- A_0 – stała materiałowa (Pa s),
- E_0 – energia aktywacji ($\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$),
- R – stała gazowa ($\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$),
- T – temperatura bezwzględna (K).

W celu wyznaczenia parametrów tego równania, tj. stałej aktywacji i energii aktywacji sporządzono krzywą Arrheniusa (rys. 7). Z uwagi na brak istotnego wpływu metod utrwalania krzywą Arrheniusa sporządzono dla średnich uzyskanych z sumowania lepkości trzech wariantów obróbki soku.



Rys. 7. Krzywa Arrheniusa dla soku z pietruszki o zawartości ekstraktu 11,7°Bx

Fig. 7. The Arrhenius curve for parsley juice of 11.7°Bx

Na podstawie krzywej Arrheniusa wyznaczono stałą aktywacji i energię aktywacji soku z pietruszki, które wyniosły odpowiednio $A_0 = 0,0061$ i $E_0 = 13,7638 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Ostatecznie wpływ temperatury na lepkość soku z pietruszki zapisano w postaci równania:

$$\eta = 0,0061 \exp\left(\frac{13,7638}{RT}\right) \quad (2)$$

Dla otrzymanego równania uzyskano wysoki współczynnik determinacji $R^2 = 0,94$.

Porównanie wartości stałej materiałowej i energii aktywacji soku z pietruszki z danymi literaturowymi wskazuje na dobrą zgodność z wartościami tych parametrów uzyskanych dla soków niutonowskich przez innych autorów [Juszczak i Fortuna 2004, Ibarz i in. 2009, Kobus i in. 2014].

WNIOSKI

1. Sok z pietruszki otrzymany w wyniku tłoczenia miał charakter cieczy niutonowskiej.
2. Utrwalanie soku z pietruszki poprzez jego mrożenie i pasteryzację nie wpłynęło na jego charakter reologiczny. Metody te nie miały również statystycznie istotnego wpływu na lepkość obrabianego w ten sposób soku.
3. Wpływ temperatury na lepkość otrzymanego soku z pietruszki można z dużą dokładnością przedstawić za pomocą równania Arrheniusa-Guzmana.

PIŚMIENNICTWO

- Barbosa-Canovas, G.V., Kokini, J.L., Ma, L., Ibarz, A. (1996). The rheology of semiliquid foods. *Advances in Food Nutrit. Res.* 39, 1–69.
- Boger, D.V., Tiu, C. (1974). Rheological properties of food products and their use in the design of flow systems. *Food Technol. Australia* 26, 325–335.
- Ibarz, R., Falguera, V., Garvín, A., Garza, S., Pagán, J., Ibarz, A. (2009). Flow Behavior of Clarified Orange Juice at Low Temperatures. *J Texture Stud.* 40, 445–456.
- Janiszewska, E., Sakowski, P. (2012). Wpływ stopnia zagęszczenia soku marchwiowego oraz metody zamrażania na parametry procesu zamrażania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 571, 49–58.
- Juszczak, L., Fortuna, T. (2004). Effect of temperature and soluble solid content on the viscosity of cherry juice concentrate. *International Agrophys.* 18, 17–21.
- Kobus, Z., Nadulski, R., Guz, T., Kamińska, I. 2014. Effect of temperature and concentration on rheological properties of beetroot juice. *Technic. Sci.* 17(1), 67–76.
- Rao, M.A. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods. Principles and Applications.* Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg.

INFLUENCE OF PASTEURIZATION AND FREEZING ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PARSLEY JUICE

Abstract. The work presents the investigation results of rheological properties of parsley juice. Three kinds of juice were studied: the raw juice, the frozen juice and the pasteurized ones. The measurements were made using a rotational rheometer (Brookfield Engineering Laboratories: model LVDV-II + PRO) for juice of 11.7°Bx in the range of temperature from 10°C to 50°C. The juice was obtained by pressing in a basket-type press with a hydraulic drive. The investigation showed that the raw juice was Newtonian in behavior. There was no influence of preservation methods on rheological behavior and viscosity of juice. The effect of temperature on juice viscosity was described by Arrhenius-Guzman equation.

Key words: parsley juice, rheological properties, pasteurization, freezing