

## WPŁYW ZAWARTOŚCI SUCHEJ MASY NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE SOKU MARCHWIEGO

Zbigniew Kobus, Elżbieta Kusińska, Tomasz Guz

*Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**Streszczenie.** W pracy badano wpływ zawartości suchej masy na właściwości reologiczne soku marchwiowego. Właściwości te określano za pomocą lepkościomierza Brookfield, stosując wrzeciono S-62 i prędkości obrotowe z zakresu od 6 do 60 min<sup>-1</sup>. Pomiar przeprowadzono dla pięciu stężeń: 9,8%, 6,82%, 4,83%, 2,41% i 1,2% w temperaturze 22°C. Otrzymane wyniki wykazały, że wraz z rozcieńczaniem soku marchwiowego zmniejsza się jego lepkość oraz zmienia charakter reologiczny z płynu pseudoplastycznego na niutonowski.

**Słowa kluczowe:** sok marchwiowy, lepkość pozorna, właściwości reologiczne

### Wprowadzenie

Marchew jest jednym z ważniejszych warzyw korzeniowych uprawianych w Polsce i na świecie. Jest ona surowcem do sporządzania wielu sałatek warzywnych, zup, sosów oraz soków. Soki z marchwi cieszą się dużym powodzeniem wśród konsumentów z uwagi na swoje walory smakowe i prozdrowotne. Są one źródłem prowitaminy A, witamin B1, B2, B6, C, E, H, K, PP oraz wielu mikroelementów, jak: wapno, żelazo, fosfor itd. [Filipiak 2006; Sharma i in. 2005].

Sok marchwiowy jest poddawany różnego rodzaju obróbkom, stąd duże znaczenie odgrywa znajomość jego właściwości fizykochemicznych. Wśród nich znaczącą rolę pełnią właściwości reologiczne. Właściwości reologiczne są pomocne przy projektowaniu takich procesów, jak: przetłaczanie, mieszanie, pasteryzacja, odparowywanie i wielu innych. Mogą być także miarą jakości otrzymanego produktu [Boger i Tiu 1974; Barbosa-Canovas i in. 1996; Rao 1999]. Rosnące znaczenie właściwości reologicznych jest także związane z dużym znaczeniem ekonomicznym produkowanych soków oraz maszyn i urządzeń stosowanych do ich przerobu. Ten typ danych jest również podstawą do projektowania nowych maszyn oraz instalacji przemysłowych stosowanych do produkcji soków i nektarów [Vandresen i in. 2009].

Właściwości reologiczne soków są w dużym stopniu zależne od gatunku owoców z którego zostały wyprodukowane, jego składu chemicznego oraz stężenia suchej substancji.

## Cel pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu zawartości suchej masy na właściwości i charakter reologiczny soku marchwiowego.

## Materiał i metody

W pracy badano przecierowy sok marchwiowy „Vitaminka” firmy Hortex. W tabeli 1 podano skład chemiczny soku (wg producenta) uzupełniony o zawartość substancji rozpuszczalnych i całkowitą zawartość suchej masy.

Tabela 1. Skład chemiczny soku marchwiowego „Vitaminka”  
Table 1. Chemical constitution of the “*Vitaminka*” carrot juice

Składnik	Zawartość
Tłuszcz	0,1%
Węglowodany (ogółem)	8,9%
Białko	0,5%
Substancje rozpuszczalne	9,5°Brix
Sucha masa	9,8%

Właściwości reologiczne soku zostały zmierzone przy pomocy lepkościomierza firmy Brookfield (Brookfield Engineering Laboratories: model LVDV-II + PRO). Do pomiarów odmierzano 500 ml soku marchwiowego, który następnie umieszczono w szklanej zlewce o pojemności 600 ml. Pomiar lepkości przeprowadzono dla pięciu stężeń: 9,8%, 6,82%, 4,83%, 2,41% i 1,2% w temperaturze 22°C. Do stabilizacji temperatury wykorzystano ultratermostat firmy VEB Prüfgeräte-Werk Medingen, Niemcy. Badanie lepkości przeprowadzono przy użyciu wrzeciona S-62, w zakresie prędkości obrotowych od 6 do 60 min<sup>-1</sup>. Do rejestracji danych i sterowania lepkościomierzem wykorzystano program komputerowy Rheocal V3.1. Zmiany prędkości obrotowych wrzeciona dokonywane były automatycznie co 6 min<sup>-1</sup> za pomocą specjalnie napisanej procedury badawczej w/w programie.

## Wyniki badań

Lepkość płynów neniutonowskich, która zmienia się wraz ze zmianą prędkości ścinania można wyrazić za pomocą modelu prawa potęgowego [Rizvi i Mittal, 1997; Dak i in. 2007]:

$$\mu_a = K \left(\frac{1}{n}\right)^n (4\pi N)^{n-1} \quad (1)$$

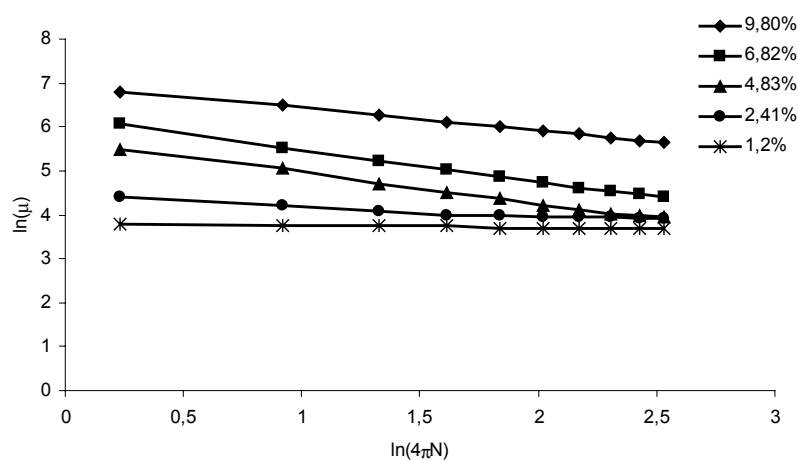
lub po logarytmowaniu:

$$\ln(\mu_a) = (n-1)\ln(4\pi N) + \ln(K) - n\ln(n) \quad (2)$$

gdzie:

- $\mu_a$  – lepkość pozorna [Pa·s],
- K – współczynnik konsystencji [Pa·s<sup>n</sup>],
- n – wskaźnik płynięcia (bezwymiarowy),
- N – prędkość ścinania [s<sup>-1</sup>].

Na rys. 1 przedstawiono krzywe lepkości soku marchwiowego dla różnych stężeń. Na ich podstawie obliczono współczynnik konsystencji i wskaźnika płynięcia (tabela 2).



Rys. 1. Krzywe lepkości dla soku marchwiowego  
 Fig. 1. Viscosity curves for carrot juice

Tabela 2. Wpływ stężenia na wskaźnik płynięcia dla soku marchwiowego  
 Table 2. The impact of concentration on a melt flow index for carrot juice

Stężenie [%]	Wskaźnik płynięcia
9,8	0,508
6,82	0,277
4,83	0,309
2,41	0,796
1,2	0,947

Przedstawione na rys. 1 krzywe są liniami prostymi o ujemnym kącie pochylenia, co wskazuje na nieniuonowski charakter soku marchwiowego. Obliczone wskaźniki płynięcia dla stężeń z zakresu (2,41%- 9,8%) posiadają wartości dużo mniejsze od 1, co wskazuje na pseudoplastyczny charakter soku marchwiowego. Dalsze rozcieńczanie soku marchwiowego zmienia charakter płynu z nieniuonowskiego na niuonowski (wskaźnik płynięcia zbliża się do wartości 1). Wyniki te są zgodne z danymi literaturowymi, które świadczą o dużym wpływie stężenia na wskaźnik płynięcia dla produktów owocowych i warzywnych [Krokida 2001].

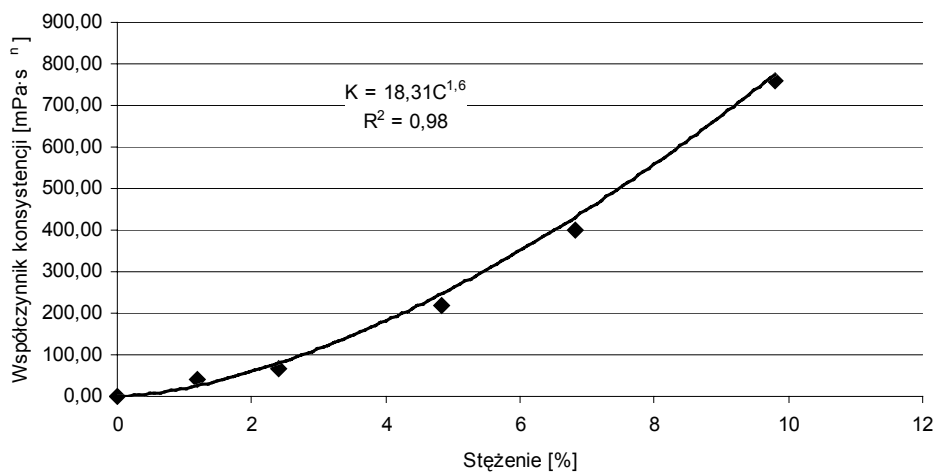
Wpływ stężenia na współczynnik konsystencji został obliczony z równania potęgowego [Dak i in. 2006]:

$$K = aC^b \quad (3)$$

gdzie:

$a, b$  – stałe,  
 $C$  – stężenie soku.

Na jego podstawie wykreślono wykres zależności pomiędzy stężeniem a współczynnikiem konsystencji (rys. 2), a następnie wyznaczono stałe  $a$  i  $b$ . Wyznaczone równanie  $K = 18,3 C^{1,6}$  ma charakter potęgowy o wysokim współczynniku determinacji  $R^2=0,98$ .

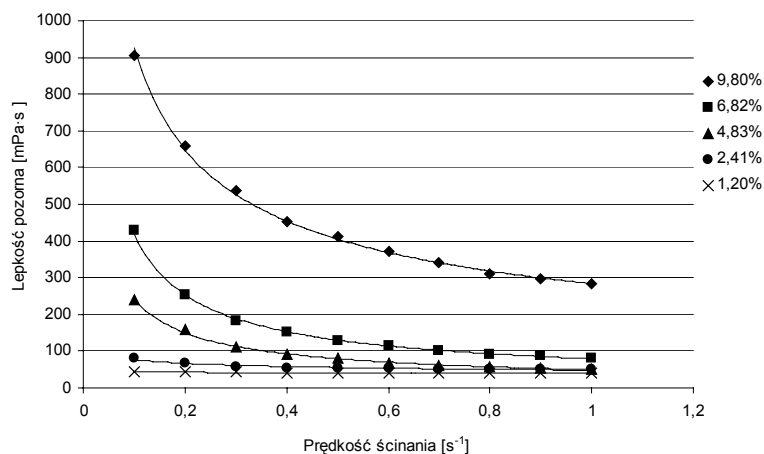


Rys. 2. Wpływ stężenia na współczynnik konsystencji soku marchwiowego

Fig. 2. The impact of concentration on a carrot juice consistence coefficient

Na rys. 3 przedstawiono wpływ stężenia na lepkość pozorną soku marchwiowego.

Wraz ze wzrostem prędkości ścinania lepkość pozorną soku marchwiowego malała. Spadek stężenia również powodował zmniejszanie się lepkości pozornej soku. Otrzymane zależności (prędkość ścinania – lepkość pozorną) miały taki sam charakter przebiegu dla pierwszych trzech badanych stężeń (9,8%, 6,82% i 4,83%). Przebieg krzywych lepkości był typowy dla cieczy nienewtonowskiej, spełniającej równanie potęgowe. Potwierdzają to wysokie współczynniki determinacji, świadczące o dobrym dopasowaniu otrzymanych równań do krzywych lepkości (tabela 3). Podobny charakter przebiegu krzywej lepkości uzyskali Vandresen i in. [2009] podczas badania pasteryzowanego soku marchwiowego o zawartości suchej masy 8,9%. Dalsze rozcieńczanie soku powodowało nie tylko znaczne obniżenie lepkości, ale także zmianę charakteru przebiegu krzywych lepkości. Dla stężenia 1,2% krzywa lepkości przechodzi w prostą o współczynniku kierunkowym zbliżonym do zera, co świadczy o zmianie charakteru reologicznego soku.



Rys. 3. Lepkość pozorna soku marchwiowego dla różnych stężeń  
 Fig. 3. Carrot juice apparent viscosity for various concentration values

Tabela 3. Równania regresji opisujące wpływ prędkości ścinania na lepkość pozorną soku marchwiowego

Table 3. Regression equations describing the impact of shearing rate on carrot juice apparent viscosity

Stężenie [%]	Równanie	Współczynnik determinacji R <sup>2</sup>
9,8	$\mu_a = 283,57 \cdot N^{-0,49}$	0,998
6,82	$\mu_a = 79,2 \cdot N^{-0,72}$	0,998
4,83	$\mu_a = 49,22 \cdot N^{-0,69}$	0,996
2,41	$\mu_a = 48,19 \cdot N^{-0,2}$	0,92
1,2	$\mu_a = 39,2 \cdot N^{-0,053}$	0,87

## Wnioski

1. Badany sok marchwiowy miał charakter cieczy pseudoplastycznej w zakresie stężeń od 2,41% do 9,8%. Świadczą o tym wartości wskaźników płynięcia ( $n < 1$ ).
2. Spadek zawartości suchej masy skutkowało zmniejszeniem lepkości pozornej oraz zmianą charakteru reologicznego badanego soku. Zmiana charakteru na płyn pseudoplastycznego na płyn niutonowski następuje przy stężeniu ok. 1,2%.

## Bibliografia

- Barbosa-Canovas G.V., Kokini J.L., Ma L., Ibarz A. 1996. The rheology of semiliquid foods. Advances in Food and Nutrition Research. Nr 39. s. 1-69.
- Boger D.V., Tiu C., 1974. Rheological properties of food products and their use in the design of flow systems. Food Technology in Australia. Nr 26. s. 325-335.

- Dak M., Verma R.C., Jaaffrey S.N.A.** 2007. Effect of temperature and concentration on Rheological properties of “Kesar” mango juice. *Journal of Food Engineering*. Nr 80. s. 1011-1015.
- Dak M., Verma R.C., Sharma G.P.** 2006. Flow characteristics of juice of “Totapuri” mangoes. *Journal of Food Engineering*. Nr 76. s. 557-561.
- Filipiak T.** 2006. Produkcja oraz spożycie owoców i warzyw w Polsce. *Roczniki Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*. Nr VII (3). s. 33-38.
- Krokida M.K., Maroulis Z.B., Saravacos G.D.** 2001. Rheological properties of fluid fruit and vegetable products: Compilation of literature data. *International Journal of Food Properties*. Nr 4. s. 179-200.
- Rao M.A.** 1999. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods. Principles and Applications*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg.
- Sharma A.K., Sarkar B.C., Sharma H.K.** 2005. Optimization of enzymatic process parameters for increased juice yield from carrot (*Daucus carota* L.) using response surface methodology. *Journal of Engineering Science and Technology*. Nr 221. s. 106-112.
- Vandresen S., Quadri M.G.N., de Souza J.A.R., Hotza D.** 2009. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices. *Journal of Food Engineering*. Nr 92. s. 269-274.



Dofinansowanie ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Opolu

## THE IMPACT OF DRY MATTER CONTENT ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CARROT JUICE

**Abstract.** The work presents the study on the impact of dry matter content on the rheological properties of carrot juice. The researchers were determining these properties with the Brookfield viscometer, using the S-62 spindle and applying rotational speed ranging from 6 to 60  $\text{min}^{-1}$ . The measurements were carried out for five concentration values: 9.8%, 6.82%, 4.83%, 2.41% and 1.2% at temperature of 22°C. The obtained results have proven that carrot juice diluting is followed by reduction in its viscosity and rheological character change from pseudoplastic fluid to the Newtonian fluid.

**Key words:** carrot juice, apparent viscosity, rheological properties

### Adres do korespondencji:

Zbigniew Kobus; e-mail: [zbigniew.kobus@up.lublin.pl](mailto:zbigniew.kobus@up.lublin.pl)  
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Doświadczalna 44  
20-280 Lublin