

WPŁYW ZAWARTOŚCI EKSTRAKTU NA WYBRANE CECHY FIZYCZNE SOKU Z BURAKÓW ÓWIKŁOWYCH ORAZ EFEKTYWNOŚĆ JEGO SUSZENIA

Stanisław Peroń, Mariusz Surma

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Artur Gryszkin

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu zawartości ekstraktu soku z buraków ćwikłowych na jego gęstość, lepkość dynamiczną, naprężenia ścinające oraz przebieg suszenia pojedynczych kropeł soku. Na rotametrze rotacyjnym HAAKE RS-100 badano przebieg zmian lepkości dynamicznej soku z buraków ćwikłowych dla różnych zawartości ekstraktu SM=10, 20, 30, 40, 50%. Określono też zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania. Podczas suszenia pojedynczych kropeł soku z buraków ćwikłowych (przy zawartości ekstraktu jak wyżej), przy stałej prędkości ($v=2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) i temperaturze ($t=70^\circ\text{C}$) czynnika suszącego określono wpływ zawartości ekstraktu na średni strumień wilgoci odparowanej z jednostki powierzchni kropeł i niezbędny czas suszenia. Stwierdzono, że wzrost zawartości ekstraktu w kroplach powyżej 30% utrudnia proces suszenia.

Słowa kluczowe: sok buraczany, ekstrakt, gęstość, lepkość dynamiczna, naprężenie ścinające, suszenie

Wstęp i cel pracy

W przemyśle spożywczym do poprawy atrakcyjności niektórych produktów znajduje zastosowanie m.in. wysuszony rozpyłowo sok z buraków ćwikłowych. Preparat ten o nazwie „Betanina” – syпки dobrze rozpuszczalny w wodzie o barwie amarantowej, czerwonej do czerwono fioletowej – daje klarowne roztwory wodne o obojętnym smaku i zapachu [Barański, Grzebelus 1998; Czapki, Walkowiak-Tomczak 2005]. Od kilku lat mówi się o korzystnym wpływie bioflawonoidów buraka oraz betaniny, którym przypisuje się działanie zabezpieczające przed nowotworami [Felczyński i in. 2004]. Jako biokatalizatory związki te regulują procesy utleniania i redukcji oraz poprawiają przemianę materii na

poziomie komórkowym. Pektyny z buraków regulują krzepnięcie krwi, ponadto obniżają stężenie cholesterolu w osoczu i przeciwdziałają miażdżycy [Kozłowski 2000].

Przed podaniem do suszarki soki owocowo-warzywne zagęszcza się przeciętnie do ok. 30% suchej substancji – czyli ekstraktu, celem uzyskania odpowiedniej wydajności procesu. W interesie producenta leży suszenie jak najbardziej skoncentrowanego soku. Z drugiej strony wiadomo, że zbyt wysoka jego koncentracja utrudnia lub wręcz uniemożliwia jego efektywne rozpylanie oraz suszenie (zasklepianie powierzchni cząstek, zlepy). Jak wynika z literatury Surma [2003], na rozpylanie i wysychanie kropeł mają wpływ m.in. takie cechy surowca jak lepkość oraz napięcie powierzchniowe, zależne z kolei silnie od zawartości ekstraktu.

Celem pracy było określenie wpływu zawartości ekstraktu w soku z buraków ćwikłowych „Czerwona kula” na jego gęstość, lepkość dynamiczną, naprężenia ścinające a także na wielkość strumienia odparowanej wody z jednostki powierzchni suszonych kropeł tego surowca oraz czas ich suszenia.

Metodyka badań

Po rozdrobnieniu, odwirowaniu i przefiltrowaniu otrzymany sok z buraków ćwikłowych odmiany „Czerwona kula” zagęszczono w wyparce próżniowej do wymaganej zawartości ekstraktu (10, 20, 30, 40, 50%). Zawartość ekstraktu określano refraktometrem RL1. Gęstość koncentratu soku oznaczano metodą piknometryczną.

Oznaczenie właściwości reologicznych soku buraczanego przeprowadzano przy pomocy reometru rotacyjnego HAAKE RS 100. Sok buraczany naważano w ilości 7,6 g do zestawu pomiarowego DG41 (z podwójną szczeliną roboczą). Sok relaksowano przez 3 minuty w temperaturze 25°C. Po tym czasie wyznaczono krzywe płynięcia według następującego programu: wzrost szybkości ścinania w zakresie 0,5 – 300 s⁻¹ w czasie 3 minut, a następnie spadek szybkości ścinania w zakresie 300 – 0,5 s⁻¹ przez 3 minuty.

Krople koncentratu soku o zawartości ekstraktu 10, 20, 30, 40, 50% i średnicy ok. 2 mm suszono według metodyki opisanej w pracy Peronia i in. [2001]. W pracy tej zawarto także opis i działanie stanowiska badawczego. Suszenie do wilgotności ok. 7% prowadzono przy prędkości czynnika suszącego w pobliżu kropeł wynoszącej 2 m s⁻¹ (±0,1 m s⁻¹) i temperaturze powietrza 70°C (±1°). Pomiarów ubytków masy suszonych kropeł dokonywano co 2 minuty na wadze WPA 60/C z dokładnością ±0,0001. Zastępczą średnicę kropli d_z obliczano z zależności:

$$d_z = \sqrt[3]{\frac{6V}{\Pi}} \quad (1)$$

gdzie:

V – objętość kropli [m³]. Objętość kropli V obliczano z wzoru:

$$V = m_k \cdot \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

gdzie:

- m_k – masa kropli [kg],
- ρ – gęstość roztworu koncentratu soku [kg m^{-3}].

Powierzchnię suszonych kropeł obliczano z zależności:

$$A = \Pi d_z^2 \cdot n \quad (3)$$

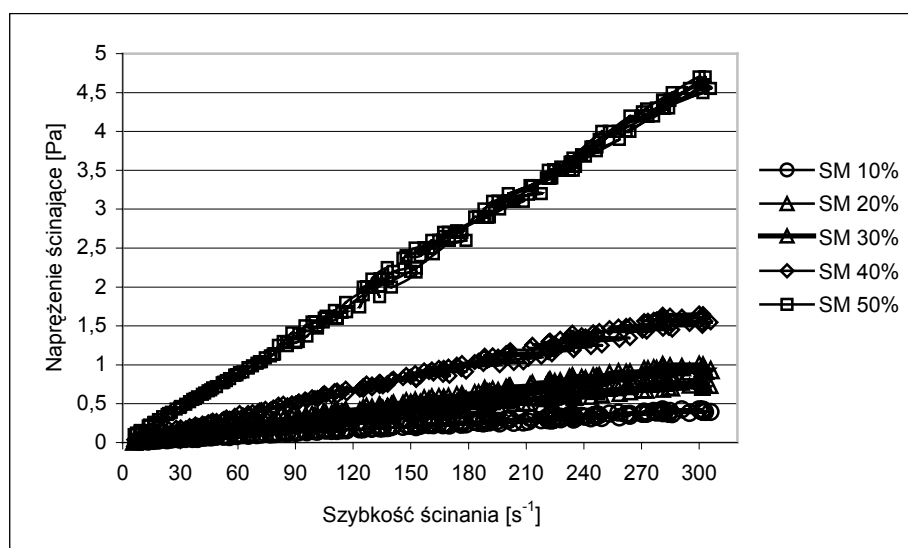
gdzie:

- n – ilość kropli.

Każdy cykl pomiarów powtarzano trzykrotnie.

Wyniki badań

Rysunek 1 przedstawia zależność naprężenia ścinającego $\tau=(F/A)$ od szybkości ścinania (dw/dy) dla różnych zawartości suchej substancji w soku buraczanym. F oznacza siłę tarcia [N], SM zawartość suchej substancji [%], A powierzchnię ścinania [m^2], dw różnicę prędkości między rozpatrywanymi warstwami cieczy [m s^{-1}], dy grubość warstwy [m].



Rys. 1. Zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania
Fig. 1. Relationship between shearing stress and shearing rate

Jak wynika z wykresu krzywe płynięcia dla różnych stężeń suchej substancji są liniami prostymi oraz przechodzą przez początek układu współrzędnych, co świadczy, że mamy do

czynienia z cieczami niutonowskimi. Zależności naprężenia ścinającego τ od szybkości ścinania dw/dy można opisać równaniem korelacyjnym postaci:

$$\tau = \eta \frac{dw}{dy} \quad (4)$$

gdzie:

η – oznacza lepkość dynamiczną w Pas.

Wielkość lepkości dynamicznej η oraz współczynniki determinacji R^2 zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Lepkość dynamiczna soku o różnej zawartości ekstraktu oraz współczynniki determinacji R^2
Table 1. Dynamic viscosity for juice with different extract content, and determination coefficients R^2

Stałe w równaniu	Zawartość ekstraktu [%]				
	10	20	30	40	50
η	$1,508 \cdot 10^{-3}$	$2,465 \cdot 10^{-3}$	$3,026 \cdot 10^{-3}$	$5,644 \cdot 10^{-3}$	$15,264 \cdot 10^{-3}$
R^2	0,98	0,97	0,97	0,98	0,99

Źródło: obliczenia własne autora

Właściwości cieczy niutonowskiej wykazują klarowne soki owocowe, oleje i syropy. Należy zaznaczyć, że większość produktów i surowców spożywczych ma krzywoliniowe zależności $\tau=f(dw/dy)$. Takie ciecze zwane są cieczami nieniuonowskimi. Jak wynika z badań niektórych autorów [Orzechowski, Prywer 1994, Filkova i in. 1988] lepkość cieczy wpływa wprost proporcjonalnie na rozrzut wielkości kropel, a odwrotnie proporcjonalnie na kąt rozwarcia stożka rozpylonej cieczy. Jak do tej pory istnieje niedosyt informacji na temat bezpośredniego wpływu lepkości na proces suszenia rozpyłowego soku buraka ćwikłowego.

Jak wynika z tabeli 1 i pośrednio z wykresu 1 zwiększenie zawartości suchej substancji w soku buraczanym powodowało nieproporcjonalny wzrost jego lepkości dynamicznej. Dla najwyższej zawartości suchej substancji wynoszącej 10% lepkość dynamiczna soku wynosiła ok. $1,5 \cdot 10^{-3}$ Pas. Przy podwyższeniu zawartości suchej substancji do 50% lepkość dynamiczna wzrosła ok. 10-krotnie. Sok o pośredniej zawartości suchej substancji 30% (do której najczęściej w wyparkach zagęszcza się soki owocowe i warzywne przed podaniem ich do suszarki) charakteryzował się lepkością ok. $3 \cdot 10^{-3}$ Pas.

Zależność lepkości dynamicznej η od zawartości suchej substancji SM można przybliżyć równaniem wykładniczym postaci:

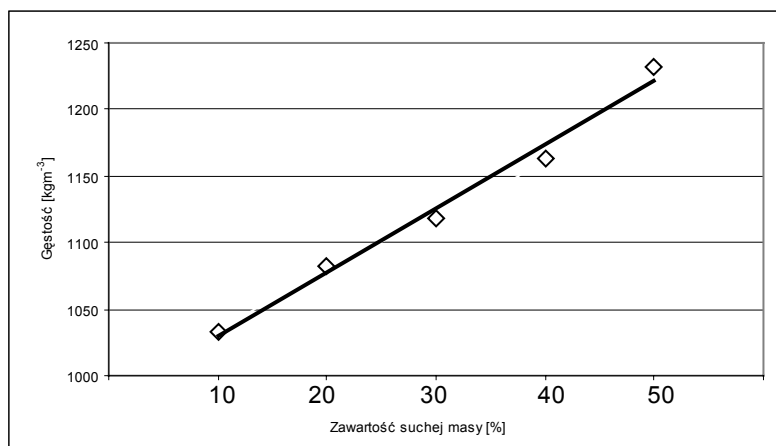
$$\eta = 7,694 \cdot 10^4 e^{0,0545 SM} \quad (5)$$

przy współczynniku determinacji $R^2=0,94$.

Rysunek 2 przedstawia wpływ zawartości ekstraktu na gęstość soku buraczanego. Jak wynika z przebiegu punktów pomiarowych zależność $\rho=f(SM)$ przebiega liniowo i daje się przybliżyć równaniem:

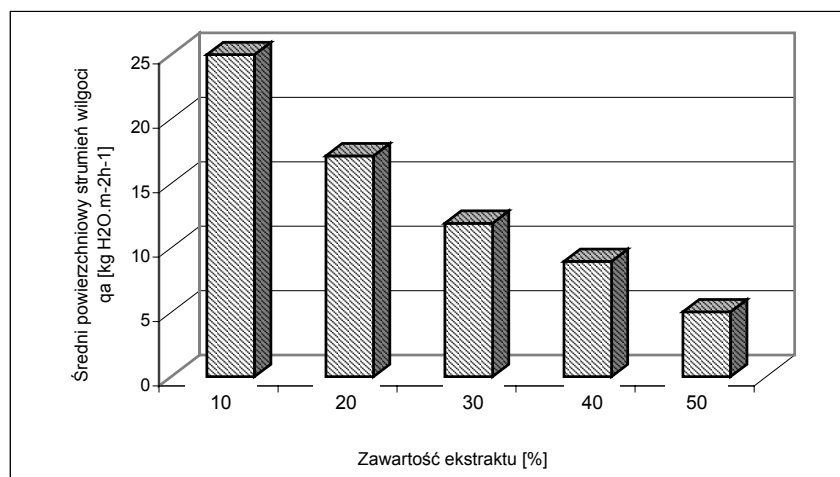
$$\rho = 4,89 SM + 974,9 \quad (6)$$

przy współczynniku determinacji $R^2=0,97$.



Rys. 2. Zależność gęstości soku buraczanego od zawartości suchej substancji
Fig. 2. Relationship between beet juice density and dry matter content

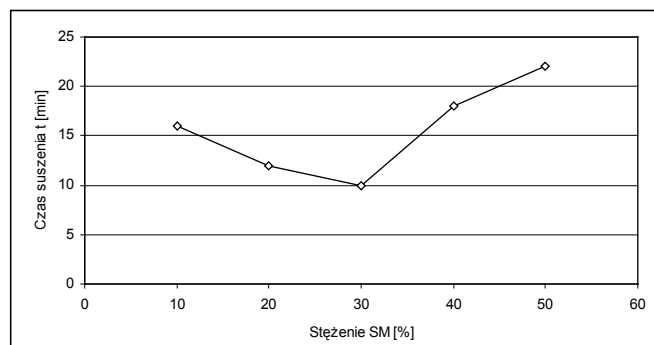
Wpływ stężenia suchej substancji w kroplach soku buraczanego na wielkość średniego powierzchniowego strumienia wilgoci przedstawia rysunek 3. Jak wynika z histogramu spadek stężenia suchej substancji skutkował znacznym wzrostem strumienia wilgoci z jednostki powierzchni kropeł. Na przykład przy stężeniu ekstraktu 50% wielkość q_a wynosiła około $5 \text{ kg H}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Przy 10% koncentracji odparowanie wody z podobnej powierzchni kropeł było ok. pięciokrotnie wyższe.



Rys. 3. Wpływ początkowej zawartości ekstraktu w suszonych kroplach soku buraczanego na wartość średniego powierzchniowego strumienia wilgoci q_a

Fig. 3. The impact of initial extract content in dried beet juice drops on the value of mean surface moisture stream q_a

Rysunek 4 przedstawia zależność czasu suszenia (potrzebnego do uzyskania przez surowiec wilgotności końcowej ok. 7%) od początkowej zawartości ekstraktu w kroplach soku.



Rys. 4. Zależność czasu suszenia τ kropl soku buraczanego od początkowej zawartości ekstraktu
 Fig. 4. Relationship between drying time τ for beet juice drops and initial extract content

Z wykresu wynika, że podwyższenie koncentracji suchej substancji w soku od 10 do 30% umożliwiło skrócenie czasu suszenia kropl od 16 do 10 minut, co oznacza zwiększenie wydajności suszu oraz polepszenie sprawności procesu. Przy wyższej koncentracji suchej substancji w soku 40-50% obserwowano szybkie tworzenie się na powierzchni suszonych kropl otoczek utrudniających odprowadzanie wody z surowca. Skutkowało to wydłużeniem czasu suszenia. Dla koncentracji 40% - czas ten wynosił ok. 18 minut, natomiast dla stężenia 50% ok. 22 minuty. Zdając sobie sprawę, że w przypadku suszenia rozpyłowego mamy do czynienia ze znacznie większą dyspersją surowca – przedstawione dane należy traktować jako szacunkowe.

Wnioski

1. Zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania wszystkich soków o różnych stopniach zagęszczenia w granicach 10÷50%, można opisać równaniem liniowym przy współczynniku determinacji $R^2=0,99$.
2. Zmianę lepkości dynamicznej soku z buraków ćwikłowych w zależności od zawartości ekstraktu można opisać równaniem wykładniczym przy współczynniku determinacji $R^2=0,94$.
3. Zależność gęstości soku buraczanego od zawartości ekstraktu mieszczącej się w przedziale 10÷50%, można opisać funkcją liniową przy współczynniku determinacji $R^2=0,97$.
4. Spadek początkowej zawartości ekstraktu skutkował proporcjonalnym wzrostem średniego strumienia wilgoci z jednostki powierzchni suszonych kropl soku buraczanego.
5. Podwyższenie koncentracji suchej substancji w kroplach surowca od 10 do 30% umożliwiło skrócenie czasu ich suszenia (do podobnej wilgotności końcowej) od 16 do 10 minut. Przy zawartości suchej substancji w surowcu 40 i 50% obserwowano po-

wstawanie na powierzchni kropek otoczek utrudniających suszenie i wydłużenie czasu suszenia.

Bibliografia

- Barański G., Grzebelus D.** 1998. Badania zawartości cukrów, barwników i azotanów w populacji F2 otrzymanych z krzyżowań między burakiem ćwikłowym i cukrowym. Z.N.AR Kraków. s. 7-9.
- Czapski J., Walkowiak-Tomczak D.** 2005. Zmiany parametrów barwy roztworów antocyjanów w czasie ogrzewania. Inżynieria Rolnicza. t. 9(69). s. 27-33.
- Felczyński K., Adamici F., Dobrzyński A., Nawrocka B.** 2004. Ekologiczne metody uprawy buraka ćwikłowego, MRiRW Radom. s. 4-5.
- Filkova I., Mujumdar A.S.** 1988. Numerical Prediction of Spray Dryer Performance, 1995. Handbook of Industrial Drying. vol.1. s. 263-284.
- Kozłowski J.** 2000. Rośliny bogate w barwniki oraz ich znaczenie i zastosowanie, cz IV Wiadomości Zielarskie, Warszawa. s. 35-36.
- Orzechowski Z., Prywer J.** 1991. Rozpylanie Cieczy, WNT, Warszawa. s. 19-22.
- Peroń S., Kramkowski R., Zdrojewski Z., Surma M.** 2001. The effect of medium temperature on the kinetics of drying of barley malt concentrates droplets. Propertis of Water in Food, Wydawnictwo SGGW, Warszawa. s. 80-86.
- Surma M.** 2003. Analiza procesu suszenia rozpyłowego roztworu koncentratu słodu jęczmiennego. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Rozprawa doktorska. Maszynopis.

THE IMPACT OF EXTRACT CONTENT ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF GARDEN BEET JUICE AND EFFICIENCY OF ITS DRYING

Abstract. The purpose of the work was to determine the impact of garden beet juice extract content on its density, dynamic viscosity, shearing stresses, and drying progress for single juice drops. The researchers used rotary rotameter (HAAKE RS-100) to examine progress of changes in dynamic viscosity of garden beet juice for different extract content values: SM=10, 20, 30, 40, 50%. Moreover, the research allowed to determine relationship between shearing stress and shearing rate. While drying single garden beet juice drops (extract content as before), at constant velocity ($v=2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and temperature ($t=70^\circ\text{C}$) of drying medium, the researchers determined extract content impact on average stream of moisture evaporated from drop area unit and necessary drying time. It has been observed that the increase of extract content in drops exceeding 30% makes drying process difficult.

Key words: beet juice, extract, density, dynamic viscosity, shearing stress, drying

Adres do korespondencji:

Stanisław Peroń; e-mail: stanislaw.peron@up.wroc.pl

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ul. Chełmońskiego 37/41

51-630 Wrocław