

WPŁYW TEMPERATURY CZYNNIKA SUSZĄCEGO NA KINETYKĘ SUSZENIA KROPEL SOKU Z BURAKÓW ĆWIKŁOWYCH

Stanisław Peroń, Mariusz Surma

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Kazimierz Michalak

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Sulechowie

Streszczenie. Na stanowisku laboratoryjnym przeprowadzono doświadczenia nad suszeniem pojedynczych kropeł koncentratu soku z buraków ćwikłowych o zawartości ekstraktu 30% przy temperaturach czynnika suszącego 50, 60, 70, 80, 90°C oraz jego stałej prędkości $v=1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wpływ temperatury czynnika suszącego na spadek zawartości wody opisano równaniem wykładniczym. Określono też wielkość strumienia wilgoci.

Słowa kluczowe: suszenie sok z buraków ćwikłowych, krople, suszenie konwekcyjne

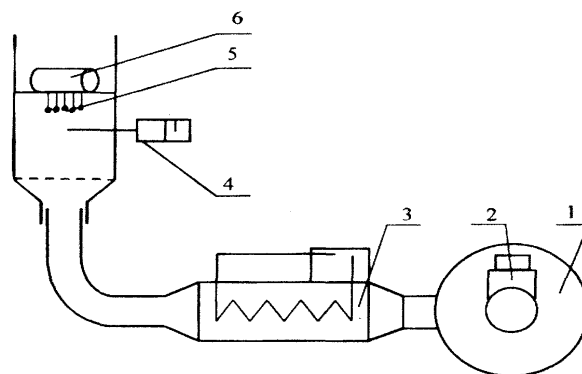
Wstęp i cel badań

Rosnące zapotrzebowanie na barwniki naturalne zmusza producentów do szukania krajowych wysokowydajnych surowców do ich otrzymywania. Burak ćwikłowy jest jednym z nich [Barański 1998]. Szersze zastosowanie ma otrzymywany z koncentratu soku buraczanego preparat suchy o nazwie „betanina”. Betanina rozpuszcza się w wodzie w każdym stosunku dając zabarwienie w zależności od stężenia odpowiadające truskawce, malinie, wiśni a nawet czerwonej porzeczce. Roztwory wodne są klarowne, nie posiadają smaku i zapachu. Zalecane jest dozowanie od 0,4 do 1g na kilogram wody. Pomimo, że technologia rozpyłowego suszenia roztworu soku buraczanego znana jest od dawna, istnieje nadal luka informacyjna co do dynamiki wysychania i skurczu suszarniczego pojedynczych kropeł tego surowca.

Celem badań było wyznaczenie kinetyki suszenia kropeł koncentratu soku buraczanego w zależności od temperatury czynnika suszącego.

Metodyka badań

Suszenie pojedynczych kropeł soku z buraka ćwikłowego (30% suchej substancji) otrzymanego z odmiany „Czerwona kula” przeprowadzano na stanowisku badawczym pokazanym na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego: 1– wentylator, 2 – zasuwa regulacyjna, 3 – nagrzewnica z regulatorem temperatury, 4 – termopara, 5 – krople soku buraczanego, 6 – cylinder

Fig. 1. Measurement setup diagram: 1 – fan, 2 – control valve, 3 – heater with temperature controller, 4 – thermocouple, 5 – beet juice drops, 6 – cylinder

Metodyka badań była podobna jak u Charleswortha i Marschalla [1960], Sano i Keeya [1982], Nesica [1989].

Na wlocie do wentylatora zastosowano zasuwę (2) do regulacji wydatku powietrza. Regulator temperatury RK 32 umożliwił utrzymanie temperatury czynnika suszącego z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$. Termoparą (4) mierzono temperaturę czynnika suszącego tuż pod kroplami z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$. Krople soku były podwieszane na końcach plastikowych precików polipropylenowych (5 precików). Preciki były przymocowane do małego cylinderka (6). Cylinderk z precikami i kroplami (5) wkładano do rury suszącej jak na rysunku 1. Wszystkie krople miały średnicę około 0,003 m.

Zastępczą średnicę objętościową kropli d_z obliczano z zależności:

$$d_z = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\rho}} \quad (1)$$

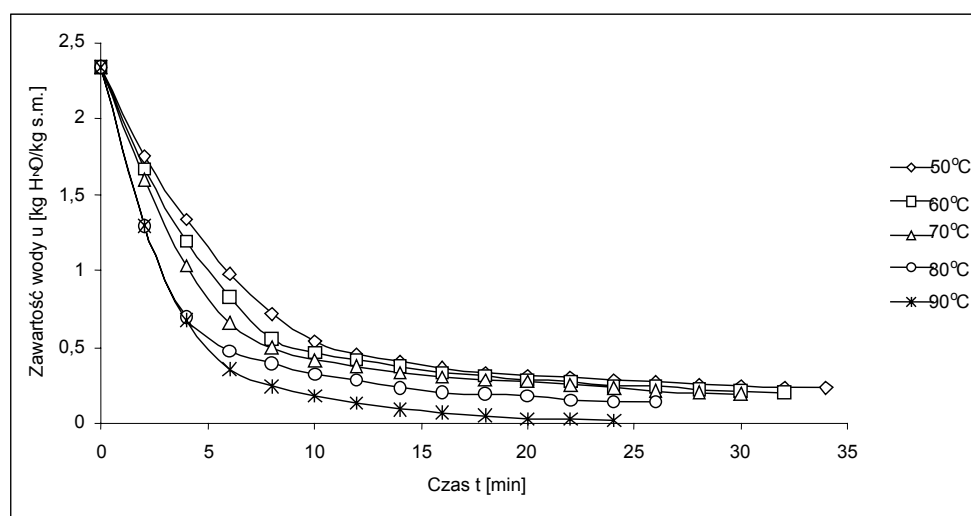
gdzie:

- m – oznacza masę kropli,
- ρ – gęstość roztworu soku

Pomiaru ubytków masy suszonych kropeł dokonywano co 2 minuty na elektronicznej wadze WPA 60/C z dokładnością $\pm 0,0001$ g – ważąc cylinder z podwieszonymi kroplami (po uprzednim jego wytarowaniu). Gęstość koncentratu soku oznaczano metodą piknometryczną. Suchą masę surowca określano refraktometrem RL1. Suszenie prowadzono przy temperaturach czynnika suszącego w pobliżu kropeł wynoszących odpowiednio: 50°C , 60°C , 70°C , 80°C , 90°C . Wilgotność względną ($\varphi=30\div 40\%$) i temperaturę otoczenia (ok. 25°C) mierzono psychrometrem Assmanna z dokładnością $\pm 2\%$ i termometrem rtęciowym z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$. Średni objętościowy strumień wilgoci q_v obliczono w oparciu o ubytki wody odniesione do 1 m^3 objętości kropeł i jednej godziny czasu suszenia.

Wyniki badań

Na rysunku 3 pokazano spadek zawartości wody w czasie suszenia kropeł dla różnych temperatur czynnika suszącego – przy prędkości czynnika suszącego $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i stężeniu 30% suchej substancji w surowcu.



Rys. 2. Spadek zawartości wody w czasie suszenia kropeł dla różnych temperatur czynnika suszącego

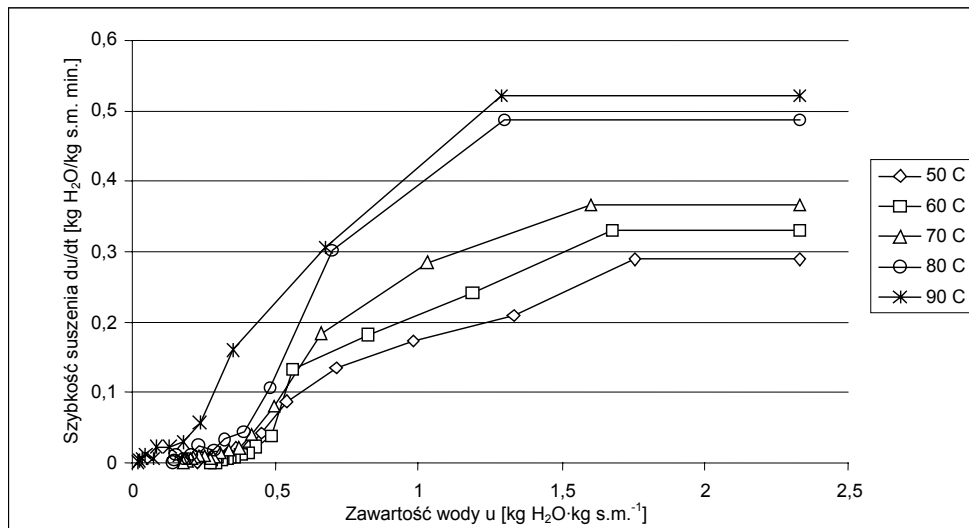
Fig. 2. Water content drop while drying drops for different drying medium temperature values

Zawartość suchej substancji w surowcu wynosiła 30%, gęstość $\rho=1119,75 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a lepkość dynamiczna $\eta=1,8\cdot 10^{-3} \text{ Pas}$. W doświadczeniu utrzymano stałą prędkość czynnika suszącego $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz stałe stężenie równe 30% s.m.. Jak wynika z wykresu czas suszenia próbki (5 kropeł) od zawartości wody 2,3 do około $0,019 \text{ kg H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ zawierał się w granicach 24–34 minut w zależności od temperatury czynnika suszącego. Pomijając pierwsze dwie minuty pozostałe punkty na krzywej dla temperatury czynnika suszącego: 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C można opisać równaniem wykładniczym w postaci:

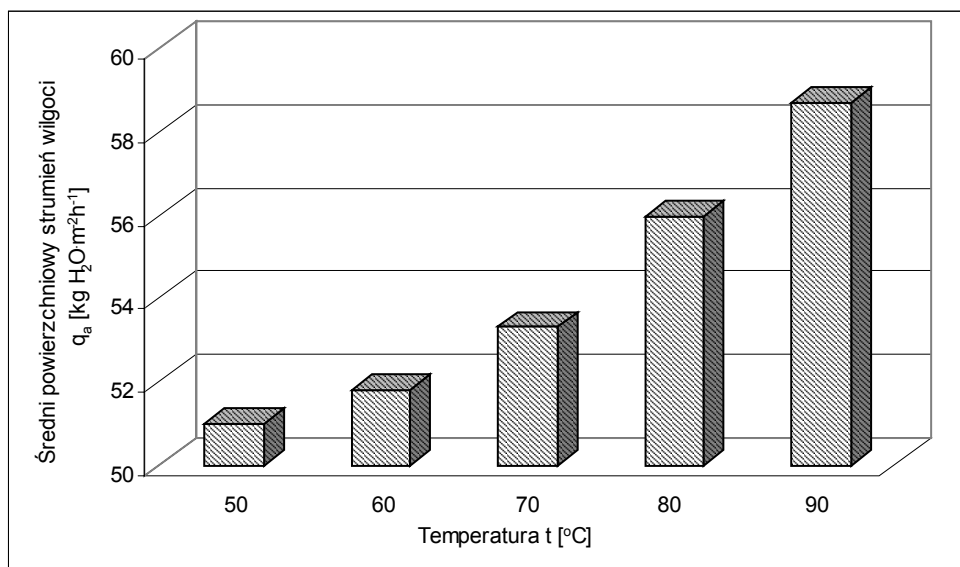
$$u_{(t)II} = Ae^{Bt} \quad (2)$$

Współczynnik determinacji R^2 zawiera się pomiędzy 0,85 a 0,99.

Na rysunku 4 pokazano szybkość suszenia w funkcji zawartości wody, dla różnych temperatur czynnika suszącego, przy prędkości czynnika suszącego $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i stężeniu kropeł 30% s.m.



Rys. 3. Szybkość suszenia w funkcji zawartości wody dla różnych temperatur czynnika suszącego
 Fig. 3. Drying rate in function of water content for different drying medium temperature values



Rys. 4. Wpływ temperatury czynnika suszącego na wartość średniego objętościowego strumienia wilgoci q_v
 Fig. 4. Drying medium temperature impact on the value of mean volumetric moisture stream q_v

Wpływ temperatury czynnika suszącego na dynamikę ubytków wody potwierdza wykres szybkości suszenia przedstawiony na rysunku 4. W oparciu o rysunki 3 i 4 można zauważyć, że okres (prawdopodobnie o stałej szybkości suszenia) dotyczy zawartości wody w przedziale 2,3–1,7 kg H₂O·kg⁻¹ s.m. dla t = 50°C i 2,3 do 1,29 kg H₂O·kg⁻¹ s.m. dla t=90°C. W ciągu pierwszych dwóch minut suszenia podwyższenie temperatury czynnika suszącego z 50°C do 90°C spowodowało wzrost szybkości suszenia z około 0,6 do około 1,0 kg H₂O·kg⁻¹ s.m. min⁻¹.

Na rysunku 4 pokazano wpływ temperatury czynnika suszącego – przy prędkości czynnika suszącego 1 m·s⁻¹ i zawartości suchej substancji w surowcu 30%, na wartość średniego objętościowego strumienia wilgoci q_v.

Zgodnie z oczekiwaniem wzrost temperatury czynnika suszącego spowodował wzrost wartości q_v. Na przykład wartość q_a przy temperaturze czynnika suszącego 50°C wynosiła około 50 kg H₂O·m⁻³h⁻¹. Dla temperatury czynnika suszącego 90°C wartość q_v wzrasta do 60 kg H₂O·m⁻³h⁻¹, co świadczy o znaczeniu napędowej różnicy temperatur w przypadku suszenia kropeł.

Wnioski

1. Zmiany zawartości wody w suszonych kroplach koncentratu soku buraczanego w trakcie suszenia (pomijając pierwsze 2 minuty procesu) można opisać równaniem wykładniczym postaci:

$$u_{(\tau)II} = Ae^{Br}$$

2. Podwyższenie temperatury suszenia z 50 do 90°C spowodowało wzrost średniego objętościowego strumienia wilgoci od 50,99 kg H₂O·m⁻³h⁻¹ do 58,66 kg H₂O·m⁻³h⁻¹ przy prędkości czynnika suszącego 1 m·s⁻¹ i zawartości suchej masy 30%.

Bibliografia

- Charleswortha D.H., Marschalla W.R.Jr.** 1960. Evaporation from drops containing dissolved solids, *AIChEJ*.
- Nesic S.** 1989. The evaporation of single droplets—experiments and modeling. *Drying'89. Features Predicted by the Particulate Source in Celi Model, Experimental Measurements, Ind.Eng. Chem. Res.*, 27(11).
- Sano Y., Keey R.B.** 1982. The drying of a spherical particulate containing colloidal material into a hollow sphere, *Chemical Engineering Science* 37(6).

THE IMPACT OF DRYING MEDIUM TEMPERATURE ON DRYING KINETICS FOR GARDEN BEET JUICE DROPS

Abstract. A laboratory setup was used to carry out experiments on drying single drops of garden beet juice concentrate with extract content of 30% for drying medium temperatures: 50, 60, 70, 80, 90°C, and its constant velocity $v=1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. The impact of drying medium temperature on content drop.

Key words: drying, garden beet juice, drops, convection 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