

WYKORZYSTANIE SUSZARKI FONTANNOWEJ DO SUSZENIA ROZŁOGÓW PERZU WŁAŚCIWEGO

Mariusz Surma, Stanisław Peroń, Klaudiusz Jałoszyński, Marta Paślawska
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Doświadczenie przeprowadzono w laboratoryjnej suszarce fontannowej przy temperaturze czynnika suszącego 23°C i 40°C. Prędkość przepływu czynnika suszącego w komorze wynosiła 6 m s⁻¹, a początkowa grubość warstwy surowca 0,065 m. Wzrost temperatury czynnika suszącego od 23 °C do 40°C spowodował w warunkach doświadczenia – zwiększenie średniej szybkości suszenia oraz wzrost wartości średniego objętościowego strumienia odparowanej wody o ok. 50%. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów oraz równań korelacyjnych.

Słowa kluczowe: kłącze perzu właściwego, suszarka fontanna, kinetyka

Wstęp i cel pracy

Proces suszenia perzu właściwego przeprowadza się zaraz po zbiorze, ponieważ wysoka wilgotność (około 60%) powoduje szybkie gnicie i utratę cennych związków czynnych [Karwowska i in. 2005].



Rys. 1. Perz właściwy [Volak 1987] i wysuszone pędy perzu właściwego
Fig. 1. Couch grass [Volak 1987] and dried couch grass rootstocks

Perz właściwy - surowiec zielarski zawiera takie składniki, jak: inulina, saponiny, olejki eteryczne, kwasy organiczne, śluz, krzemionkę, sole mineralne (zwłaszcza potas i żelazo), witaminę A, B i C, glikozyd wanilinowy i in. Główny składnik tego zioła – inozyt – działa korzystnie na pracę wątroby, zapobiega jej stłuszczeniu. Inozyt powoduje redukcję poziomu cholesterolu oraz tłuszczów we krwi i dlatego mówi się o przeciwmiażdżycowych właściwościach tego zioła.

Celem suszenia ziół jest ich konserwacja, a ściślej rzecz biorąc, stabilizacja ciał czynnych w nich występujących i umożliwienie przechowywania [Karwowska 2005]. Jednakże długi czas suszenia i używanie wysokich temperatur mają niekorzystny wpływ na jakość produktu suszonego [Marzec, Zdrożna 2008]. Główną wadą takiego procesu jest bardzo nieefektywna wymiana ciepła, która znacznie wydłuża czas podczas suszenia. O rozkładzie tej temperatury decyduje przewodność cieplna materiału, która jest zmienna w zależności od fazy procesu [Szarycz i inni 2002].

Jak wynika z przeglądu literatury do suszenia surowców zielarskich silnie uwodnionych stosuje się głównie suszarki komorowe, taśmowe, tunelowe (rzadziej bębnowe). Główną wadą tych suszarek (zwłaszcza taśmowych i bębnowych) są wysokie koszty inwestycyjne oraz nierównomierne wysychanie materiału. Alternatywnym sposobem suszenia niektórych ziarnistych surowców zielarskich (owoc jałowca, głogu, jarzębiny itp.) lub wstępnie rozdrobionych może być suszenie w złożu fontannowym. Jak wykazały niektóre doświadczenia szybkość suszenia jak i wielkość strumienia wilgoci z jednostki objętości komory suszenia mogą być kilkakrotnie wyższe dla suszarek fontannowych w porównaniu z klasycznymi metodami suszenia przy podobnych temperaturach czynnika suszącego [Peroń 2008].

Celem pracy była ocena możliwości zastosowania suszarki fontannowej do suszenia rozłogów perzu w zależności od temperatury suszenia oraz wyznaczenie objętościowego strumienia odparowanej wody.

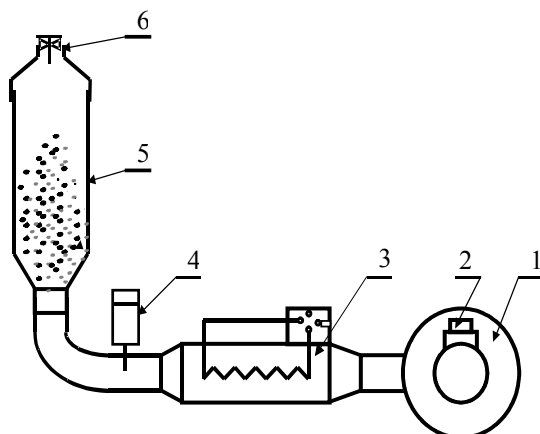
Metodyka

Badanie suszenia kłączy perzu przeprowadzono na laboratoryjnej suszarce fontannowej przedstawionej na rysunku 2.

Do badań użyto kłączy perzu właściwego o wilgotności 60%. Bezpośrednio po zbiorze rozłogi pocięto w formę makaroników (wymiarów w tabeli nr 1). Przygotowanie materiału do badań polegało na wymieszaniu pociętych rozłogów perzu właściwego z kulkami plastikowymi w celu zwiększenia efektywności fontannowania. Kłącza perzu kojarzono z kulkami plastikowymi w stosunku 3:6:1 (to znaczy, że do 159 g pociętego perzu dodano 43 g kulek plastikowych).

Doświadczenie przeprowadzono na próbce o masie 202 g (masa perzu i kulek), co odpowiadało początkowej wysokości warstwy w komorze suszenia $h=0,065$ m. W doświadczeniu zostały zastosowane dwie temperatury czynnika suszącego 23°C i 40°C. Prędkość powietrza ustalono na podstawie obserwacji fontannującego złoża. Stwierdzono, że fontannowanie zachodzi przy prędkości czynnika suszącego w komorze $v=6$ m s⁻¹. Pomiarów masowych ubytków wody dokonywano co 15 min (w przypadku temperatury suszenia 40°C) oraz co 30 min (w przypadku suszenia w temperaturze 23°C) ważąc komorę wraz z surow-

cem na wadze WPT 3/6 z dokładnością $\pm 0,1$ g. Prędkość czynnika suszącego mierzono na wylocie z komory suszenia za pomocą anemometru skrzydełkowego z dokładnością do $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z tak przygotowanego materiału badawczego wykonano badania w trzech powtórzeniach.



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – wentylator, 2 – zasuwa regulacyjna, 3 – nagrzewnica z regulatorem temperatury, 4 – termopara, 5 – komora suszenia, 6 – króciec pomiarowy

Fig. 2. The scheme of the measurement stand: 1 – ventilator, 2 – regulating gate valve, 3 – heater with temperature regulator, 4 – thermoelement, 5 – drying chamber, 6 – measurement connection pipe

Wyniki

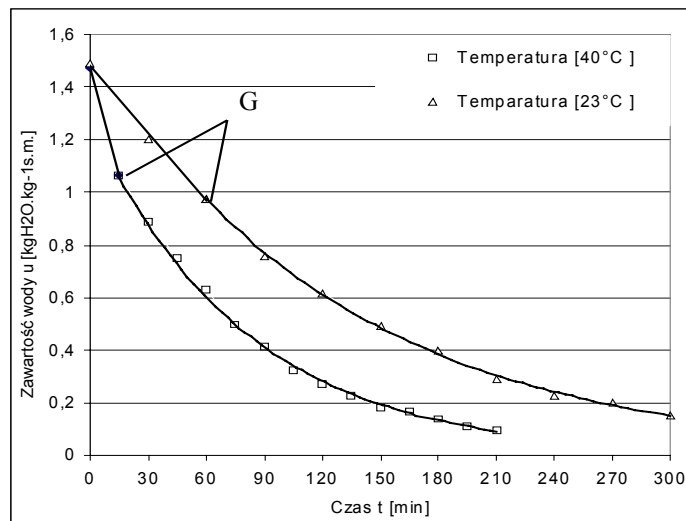
W tabeli 2 przedstawiono wybrane właściwości fizyczne rozdrobnionych rozłogów perzu.

Tabela 1. Właściwości fizyczne rozłogów perzu
Table 1. Physical properties of couch grass runners

Gęstość materiału		Gęstość usypowa materiału		Porowatość warstwy materiału		Wymiary cząstek materiału	
mokry	suchy	mokry	suchy	mokry	suchy	średnica	długość
ρ_m [kg·m ⁻³]	ρ_s [kg·m ⁻³]	ρ_{um} [kg·m ⁻³]	ρ_{us} [kg·m ⁻³]	E_{om} [-]	E_{os} [-]	d [mm]	l [mm]
737,2	413,7	293,6	199,8	0,44	0,32	2,14-2,50	23,08-30,9

Źródło: obliczenia własne autora

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg zmian zawartości wody w kłęczach perzu przy dwóch temperaturach czynnika suszącego przepływającego przez złożo.



Rys. 3. Spadek zawartości wody u w surowcu w czasie τ przy różnych temperaturach czynnika suszącego ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0,065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Fig. 3. The reduction of water content in the raw material at the time with different temperatures of a drying agent ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0.065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Jak wynika z przebiegu krzywych wraz ze wzrostem temperatury czynnika suszącego, czas suszenia ulegał skróceniu. Dzięki zwiększeniu temperatury z 23°C do 40°C uzyskano skrócenie czasu z 300 do 210 minut. Przebieg krzywych suszenia (przy obu temperaturach) sugeruje występowanie dwóch okresów suszenia: pierwszego charakteryzującego się znacznymi ubytkami wody oraz drugiego o malejącej szybkości suszenia. Na krzywych suszenia punkt oddzielający pierwszy okres od drugiego został zaznaczony pionową kreską z symbolem „G”. Czynnikiem determinującym czas trwania pierwszego okresu była temperatura procesu. Na przykład przy jednakowej wysokości warstwy materiału dla temperatury 23°C , pierwszy okres suszenia trwał 60 minut, zaś dla temperatury 40°C wyniósł on zaledwie 15 minut. Czas ten należy traktować jako przybliżony. Ze względów technicznych niemożliwy był ciągły pomiar ubytków masy suszonego materiału.

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenia formuł matematycznych opisujących oba okresy suszenia. Pierwszy okres suszenia można opisać równaniem liniowym w postaci:

$$u = A + B\tau \quad (1)$$

W tabeli 2 zamieszczono współczynniki A i B oraz współczynniki determinacji dla równania 1 w zależności od temperatury czynnika suszącego.

Przebieg punktów na krzywych dotyczących drugiego okresu suszenia, można przybliżyć za pomocą równań wykładniczych w postaci:

$$u = Ae^{B\tau} \quad (2)$$

Wykorzystanie suszarki fontannowej...

Tabela 2. Wartości współczynników równań i determinacji dla poszczególnych temperatur suszenia
Table 2. Values of coefficients of equations and determinations for particular drying temperatures

Temperatura suszenia	Współczynniki równań		Współczynnik determinacji
	A	B	
t= 23°C	-0,008	1,478	0,99
t=40°C	-0,027	1,473	0,99

Źródło: obliczenia własne autora

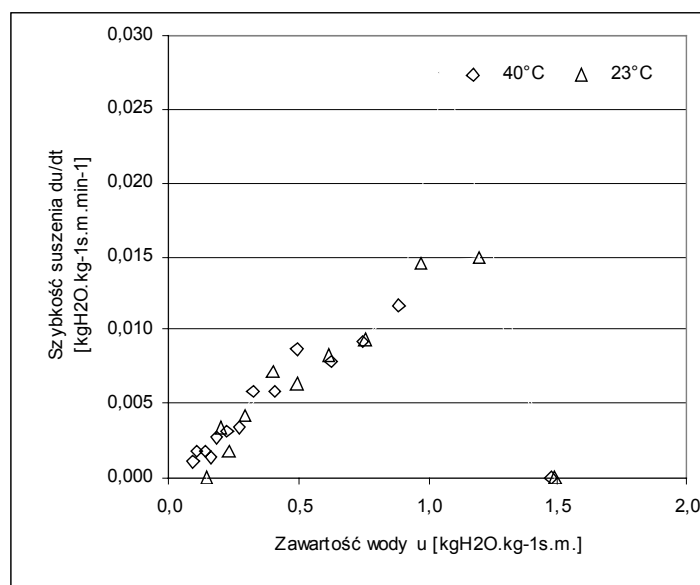
W tabeli 3 zamieszczono współczynniki A i B oraz współczynniki determinacji dla równania 2 w zależności od temperatury czynnika suszącego.

Tabela 3. Wartości współczynników równań i determinacji dla poszczególnych temperatur suszenia
Table 3. Values of coefficients of equations and determinations for particular drying temperatures

Temperatura suszenia	Współczynniki równań		Współczynnik determinacji
	A	B	
t= 23°C	1,553	-0,007	0,99
t=40°C	1,280	-0,012	0,99

Źródło: obliczenia własne autora

Na rysunku 4 przedstawiono przebieg szybkości suszenia $du/d\tau$ w zależności od temperatury czynnika suszącego.



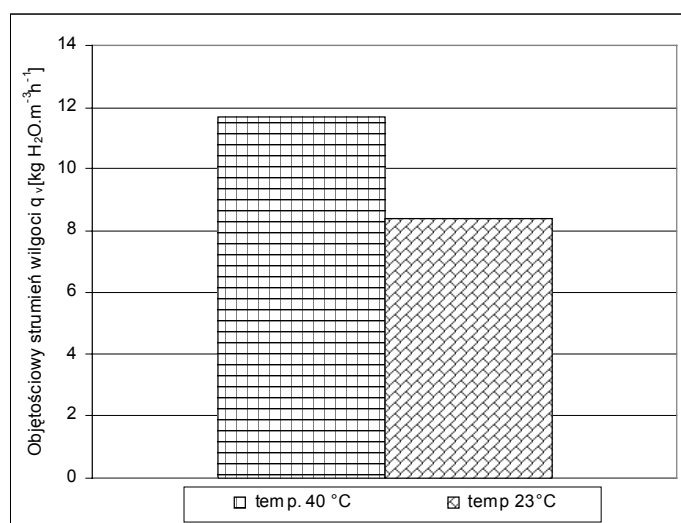
Rys. 4. Przebieg zmian szybkości suszenia $du/d\tau$ w funkcji zawartości wody u dla różnych temperatur suszenia ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0,065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Fig. 4. The course of drying speed changes $du/d\tau$ in the function of the water content for different drying temperatures ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0,065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Przebieg krzywych szybkości suszenia dla każdej temperatury suszenia wskazuje, że istnieją chwilowe wahania wielkości szybkości suszenia. Może to być cecha charakterystyczną dla procesu suszenia fontannowego, gdzie cząstki materiału suszonego pozostają w ciągłym ruchu, ocierając się o siebie lub o ścianki komory suszarniczej mogą „odnawiać” powierzchnie materiału suszonego (następuje ścieranie wierzchniej warstwy surowca).

Jak wynika z histogramu (rysunek 5) wzrost temperatury czynnika suszącego (przy stałej wysokości warstwy materiału i stałej prędkości czynnika suszącego) z 23°C do 40°C, spowodowało około 1,5-krotny wzrost wartości q_v średniego objętościowego strumienia wilgoci (tj. od 8,35 do 11,67 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$). W porównaniu z osiągnięciami innych aparatów suszarniczo - konwekcyjnych wielkości te można uznać za wysokie.

Na przykład przy suszeniu krajanki owocowo -warzywnej w suszarkach tunelowych (w temperaturze 65°C i prędkości powietrza 1,4 m/s) wielkość średniego strumienia wilgoci, oszacowany na podstawie literatury [Pabis 1999] nie przekracza 4 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$. Można przypuszczać, że tak wysokie odparowanie wody nawet przy stosunkowo niskich temperaturach suszenia, wynika z jednej strony: z wysokiej kapilarności pociętych rozłogów, z drugiej (jak wspomniano wyżej), zjawiska „odnawiania” powierzchni wskutek ocierania cząstek o siebie i ścianki komory suszenia.



Rys. 5. Zależność średniego objętościowego strumienia wilgoci q_v od temperatury czynnika suszącego ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0,065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Fig. 5. The relation of average volume humidity stream q_v to the temperature of the drying agent ($v=6 \text{ m s}^{-1}$; $H_0=0,065 \text{ m}$; $m=202 \text{ g}$)

Za zastosowaniem suszarki fontannowej do suszenia kłaczy perzu właściwego przemawia fakt uzyskania większego objętościowego strumienia wilgoci uzyskanego z jednostki objętości komory w porównaniu np. z suszarkami tunelowymi do owoców i warzyw.

Wnioski

Z przeprowadzonych badań suszenia kłączy perzu właściwego wynika, że:

1. Kinetykę suszenia kłączy perzu właściwego można podzielić na dwie fazy: fazę początkową (I okres suszenia) i fazę końcową (II okres suszenia).
2. Wzrost temperatury czynnika suszącego z 23°C do 40°C przy zachowaniu stałości pozostałych parametrów procesu skutkowało około 30% wzrostem średniego strumienia wilgoci z jednostki komory suszenia oraz skróceniem czasu procesu z około 300 do 210 minut.
3. Proces suszenia charakteryzował się wysoką wartością średniego objętościowego strumienia wilgoci – który wahał się w zależności od zastosowanej temperatury czynnika suszącego (23 °C- 40°C) od ok. 8,35 do ok. 11,67 kg H₂O m⁻³h⁻¹.

Bibliografia

- Karwowska K., Przybył J.** 2005. Suszarnictwo i przetwórstwo ziół. Wydawnictwo SGGW. ISBN 83-7244-621-0.
- Marzec A., Zdrożna M.** 2008. Wpływ mocy mikrofal na jakość suszu jabłkowego. *Acta Agrophysica* Nr 12(2). s. 457-467.
- Pabis J.** 1999. Budowa suszarek tunelowi-wózkowych do suszenia warzyw. *Konwencja suszenia warzyw teoria i praktyka*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Kraków. s. 138-139.
- Peroń S., Pęksa A.** 2008. Suszenia miazgi ziemniaczanej w złożu fontannowym z wykorzystaniem pszennych otrębów, jako nośnika porowatego. *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*. V konferencja Naukowa Szklarska Poręba 12-15 maj. Wrocław.
- Szarycz M., Kramkowski R., Kamiński E.** 2002. Zastosowanie mikrofal do suszenia produktów spożywczych cz. 2. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2. s. 55-63.
- Volak J., Stodola J.** 1987. *Rośliny lecznicze*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Warszawa. s. 64.

USING A FOUNTAIN DRYER FOR DRYING OF COUCH GRASS RUNNERS

Abstract. The experiment was performed in the laboratory fountain dryer with the drying agent temperature of 23°C and 40°C. The speed of the drying agent flow in the chamber was 6 m s⁻¹ and the initial thickness of the material layer was 0.065 m. The rise of the temperature of the drying agent from 23°C to 40°C caused the increase of average drying speed in the experimental conditions as well as almost 50% increase of average volume of a stream of evaporated water. The results were presented in the form of schemes and correlation equations.

Key words: couch grass rootstock, fountain dryer, kinetics

Adres do korespondencji:

Mariusz Surma; e-mail: mariusz.surma@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmińskiego 37/41
51-630 Wrocław