

ANALIZA SUSZENIA OWOCÓW GŁOGU W WARUNKACH OBNIŻONEGO CIŚNIENIA Z NAGRZEWANIEM MIKROFALOWYM. KINETYKA SUSZENIA I SKURCZ SUSZARNICZY

Klaudiusz Jałoszyński, Marian Szarycz, Mariusz Surma, Marta Paślawska
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Doświadczenia przeprowadzono w laboratoryjnej suszarce mikrofalowo-próżniowej w trzech zakresach ciśnień 2-4; 6-8; 10-12 kPa. Moc mikrofal ustalono na poziomie 480W. Celem pracy było wyznaczenie kinetyki suszenia owoców głogu suszonych metodą mikrofalowo-próżniową oraz określenie poziomu końcowego skurczu suszarniczego. Kinetykę suszenia dla poszczególnych zakresów ciśnień opisano równaniami empirycznymi wykorzystując program TC 3D oraz określono końcowy skurcz suszarniczy kształtujący się na poziomie 48%.

Słowa kluczowe: suszenie mikrofalowo-próżniowe, owoce głogu, skurcz suszarniczy

Wstęp

Proces suszenia owoców głogu przeprowadzany jest najczęściej z wykorzystaniem metod tradycyjnych takich jak suszenie konwekcyjne. Proces ten przeprowadzany jest w pojedynczych warstwach, często przeglądanych w celu eliminacji owoców uszkodzonych. Proces suszenia jest długotrwały i wykonuje się go zaraz po zbiorze, ponieważ wysoka wilgotność (średnio 45–60%) powoduje szybkie gnicie i utratę witamin oraz innych cennych związków czynnych.

Głóg ma postać krzewu lub ciernistego drzewa (3–8 m). Kuliste, twarde owoce o gorzko-kwaśnym smaku kryją 1–3 pestki (zależnie od gatunku) [Strzelecka i Kowalski 2005]. Miąższ zawiera sporo pektyn, beta-karotenu, witamin z grupy B i C (C ok. 50 mg w 100 g). Przykładowo maksymalna zawartość witaminy C w jabłkach nie przekracza 20 mg w 100 g. W medycynie ludowej jak również w farmaceutyce głóg stosowany jest jako środek moczopędny. Zawarte w nim flawonoidy rozszerzają naczynia krwionośne i obniżają poziom cholesterolu [Jindřich i Macků 1989]. Głóg pomaga przy niedomaganiach serca spowodowanych okresem przekwitania, a także przy nadciśnieniu. Suszone mielone owoce dodaje się do ciast, ze świeżych robi się galaretki, soki, dzemy, wina i nalewki. Nie poleca się ich jeść surowych ze względu na mdły smak.

Tradycyjne metody uzyskiwania suszy takie jak suszenie konwekcyjne powodują znaczny spadek wartości odżywczych suszonego materiału, z tego powodu poszukuje się metod pozwalających na ograniczenie niekorzystnych zmian i pozwalających na maksy-

malne zachowanie cennych składników surowca [Szarycz i in 2003]. Metodą pozwalającą na otrzymanie suszu o bardzo dobrych parametrach sensorycznych i odżywczych jest suszenie mikrofalowo-próżniowe [Lin i in. 1998]. Metoda ta jak dotąd nie była wykorzystywana do suszenia owoców głogu

Cel badań

Celem pracy było wyznaczenie kinetyki suszenia owoców głogu suszonych metodą mikrofalowo-próżniową w zakresie ciśnień pomiędzy 2 a 12 kPa, przy stałej mocy mikrofal na poziomie 480 W oraz określenie poziomu końcowego skurczu suszarniczego.

Materiał i metodyka

Do badań użyto świeżych owoców głogu, odmiany - *Crataegus laevigata* (Głóg Dwuszyjkowy) zebranych na przełomie września i października na terenie gospodarstwa rolniczego w Maciejowicach. Materiał został oczyszczony i wyselekcjonowany do badań (owoce jednakowej wielkości).

- Masa próbek wynosiła ok. 60 g
- Poziom mocy mikrofal: 40% mocy maksymalnej, tj. 480 W
- Zakresy ciśnień:
 1. $p_A=2$ kPa $p_B=4$ kPa
 2. $p_A=6$ kPa $p_B=8$ kPa
 3. $p_A=10$ kPa $p_B=12$ kPa

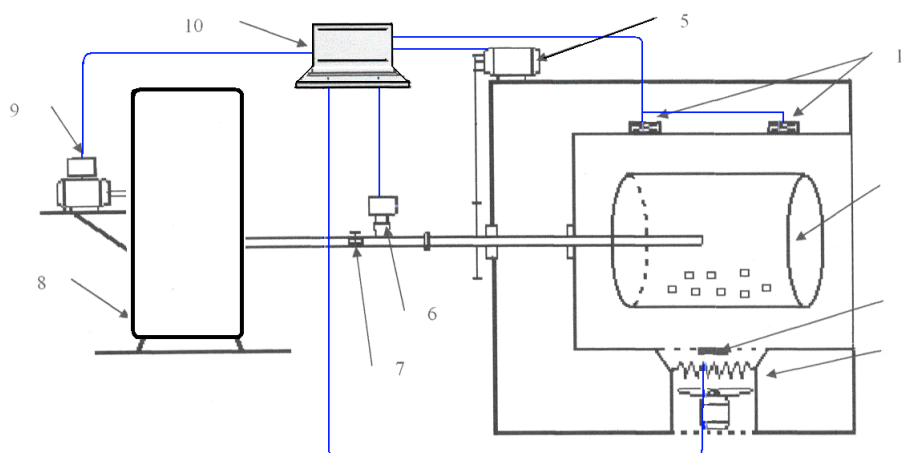
gdzie: p_A = ciśnienie „górne”, p_B = ciśnienie „dolne” ustawiane w urządzeniu suszącym.

Na wadze laboratoryjnej odważano masie ok. 60 g owoców głogu, następnie umieszczano je w zbiorniku suszarniczym wykonanym ze szkła sodowego który umieszczano w komorze mikrofalowej. Zbiornik podłączano do instalacji podciśnieniowej i uruchomiono nagrzewanie mikrofalowe. Doświadczenia kończono kolejno po 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 minutach. W wyjętych ze zbiornika suszarniczego próbkach oznaczano zawartość wody zgodnie z polską normą PN-90/A-75101 uzyskując kolejne punkty krzywej suszenia. Pomiar wykonywano w co najmniej trzech powtórzeniach. Każdorazowo do badań używano materiału świeżego. Na rys. 1 przedstawiono stanowisko badawcze.

W celu określenia przebiegu powstawania skurczu suszarniczego wykonano dodatkową serię doświadczeń. Na wadze WP 300 odważano świeżą próbkę o masie 60 g wkładano ją do cylindra miarowego o pojemności 250 ml napełnionego wodą, odczytano objętości, po czym po wyjęciu i osuszeniu powierzchniowym na bibule filtracyjnej wkładano do suszarki. Po wysuszeniu owoce głogu ważono i wkładano do tego samego cylindra miarowego wypełnionego toluenem i odczytywano objętość. Skurcz podczas suszenia obliczano z zależności [Witrowa-Rajchert 1999]:

$$S = \left[1 - \frac{V_k}{V_0}\right] \cdot 100\% \quad (1)$$

Doświadczenia tak jak w przypadku kinetyki kończono po 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 minutach za każdym razem pobierając świeżą partię materiału. Pomiarów wykonywano w trzech powtórzeniach.



Rys. 1. Schemat stanowiska do suszenia mikrofalowo-próżniowego SM-200: 1 – magnetron, 2 – komora suszenia, 3 – czujnik temperatury, 4 – grzałki, 5 – silnik elektryczny i przekładnia, 6 – miernik podciśnienia, 7 – zawór zamykający, 8 – zbiornik wyrównawczy, 9 – pompa próżniowa, 10 – komputer

Fig. 1. A schematic diagram of microwave-vacuum dryer SM-200: 1 – magnetron, 2 – drying chamber, 3 – temperature sensor, 4 – heaters, 5 – electric motor and gear, 6 – under pressure meter, 7 – cut off valve, 8 – equalizing tank, 9 – vacuum pump, 10 – computer

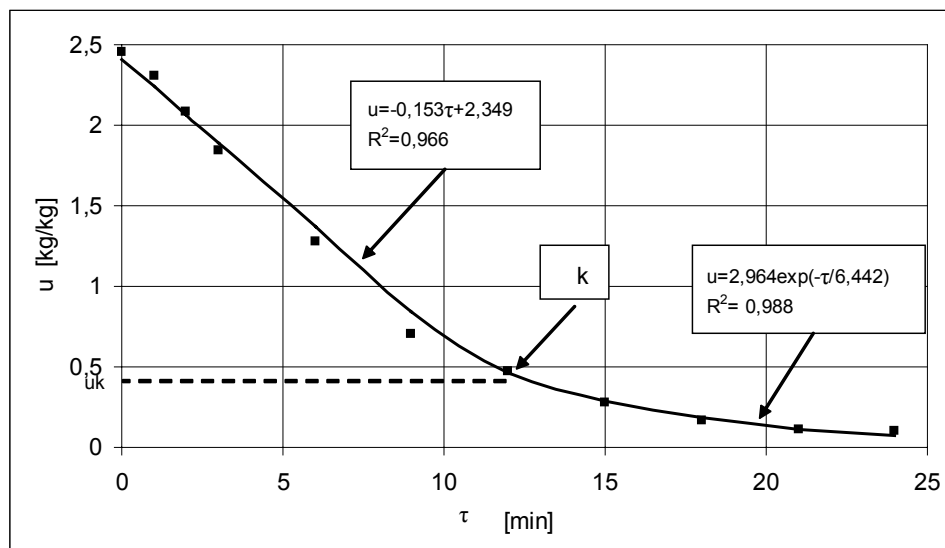
Wyniki badań

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy przebieg suszenia mikrofalowo-próżniowego. W przebiegu wyróżniono dwa okresy suszenia. Okres stałej szybkości suszenia opisany równaniem liniowym (1) postaci:

$$u = A\tau + B \quad (2)$$

Okres ten kończy się, gdy zawartość wody w materiale obniżyła się do wartości właściwej dla punktu k. Po osiągnięciu parametrów punktu k rozpoczyna się okres zmiennej szybkości suszenia opisany równaniem wykładniczym (2) postaci:

$$u = a \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{b}\right) \quad (3)$$



Rys. 2. Kinetyka suszenia owoców głogu przy nagrzewaniu mikrofalowym 480 W i obniżonym ciśnieniu (6-8 kPa)

Fig. 2. The drying kinetics of common hawthorn fruit with microwave heating at 480 W and with reduced pressure (6-8 kPa)

W tabeli 1 przedstawiono wartości stałych A i B w równaniu liniowym oraz a, b w równaniu wykładniczym eksponentialnym dla wszystkich zakresów ciśnień. Przedstawiono również wartości zawartości wody w punktach krytycznych, które dzielą opisywany proces na dwa okresy suszenia. Wartości współczynników równania wykładniczego zostały obliczone za pomocą programu TC 3D.

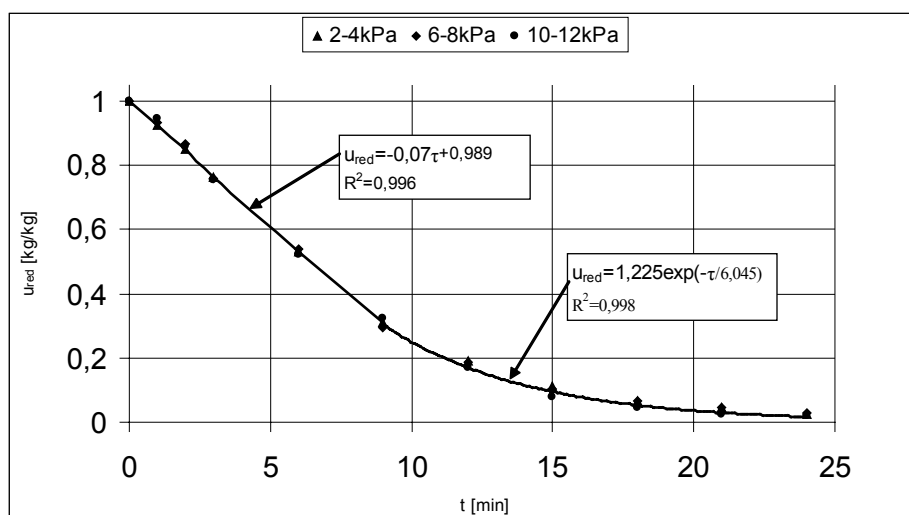
Tabela 1. Wartości współczynników równania (2) i (3)
Table 1. Values of coefficients of equations (2) and (3)

Zakresy ciśnień		u = A τ + B		u _k	u = a exp (-τ/b)	
p _B [kPa]	p _A [kPa]	A	B	[kg·kg ⁻¹]	a	b
2	4	- 0,173	2,423	0,48	2,098	7,424
6	8	- 0,153	2,349	0,48	2,964	6,442
10	12	- 0,181	2,431	0,51	2,936	5,434

Dla porównania na rysunku 3 naniesiono punkty pomiarowe dla wszystkich zakresów ciśnień w układzie zredukowanej zawartości wody oraz krzywą wartości uśrednionych uzyskaną na podstawie uśrednienia współczynników z równań (2) i (3) tab. 2.

Tabela 2. Wartości współczynników równań w układzie U_{red}
 Table 2. Values of coefficients of equations in U_{red} system

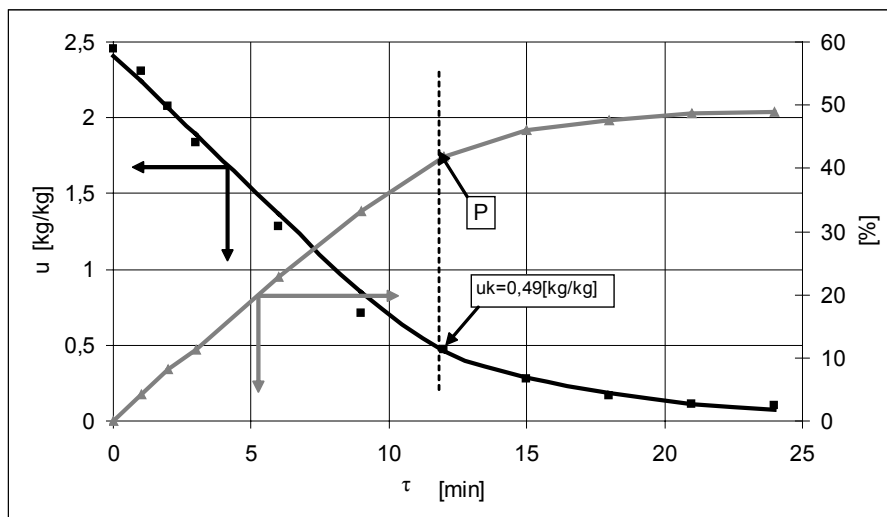
Zakresy ciśnień		$U_{red} = A \tau + B$		$U_{red} = a \exp(-\tau/b)$	
p_B [kPa]	p_A [kPa]	A	B	a	b
2	4	- 0,070	0,988	1,234	6,343
6	8	- 0,071	0,991	1,206	6,397
10	12	- 0,070	0,991	1,236	5,397
Średnie		- 0,07	0,989	1,225	6,045



Rys. 3. Zbiórny przebieg zmian zredukowanej zawartości wody we wszystkich przedziałach ciśnień dla owocach głogu suszonych mikrofalowo –próżniowo, wraz z krzywą uśrednioną

Fig. 3. Collective course of changes of reduced water content in all pressure ranges for common hawthorn fruit dried with the use of microwave-vacuum method along with average curve

Na rysunku 4 przedstawiono zestawienie kinetyki suszenia mikrofalowo-próżniowego owoców głogu oraz narastanie objętościowego skurczu suszarniczego w funkcji czasu. Można stwierdzić, że istnieje taki punkt P dotyczący końca liniowego narastania objętościowego skurczu suszarniczego. Punkt ten odpowiada zawartości wody $u_k = 0,49$ [kg·kg⁻¹] i przypada on na 12 minutę. Można stwierdzić że wraz z końcem pierwszego okresu suszenia kończy się faza liniowego narastania skurczu suszarniczego.



Rys. 4. Skurcz suszarniczy na tle uśrednionej krzywej suszenia
 Fig.4. Drying shrinkage in comparison with drying average curve

Wnioski

1. W przebiegu kinetyki suszenia owoców głogu można wyróżnić dwa okresy suszenia. Pierwszy okres suszenia, to okres stałej szybkości suszenia, opisany równaniem liniowym postaci $u = A\tau + B$. Drugi okres suszenia, to okres zmiennej szybkości suszenia, opisany równaniem wykładniczym postaci $u = a \cdot \exp(-\frac{\tau}{b})$.
2. W przebiegu narastania skurczu suszarniczego można wyróżnić dwie fazy. Fazę o stałej szybkości i fazę o zmiennej szybkości narastania skurczu suszarniczego. Końcowy objętościowy skurcz suszarniczy dla wszystkich zakresów ciśnień kształtuje się na poziomie 48%.
3. Wraz z końcem pierwszego okresu suszenia (gdy $u_k=0,49 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$) kończy się faza liniowego narastania skurczu suszarniczego i ma to miejsce w 12 minucie trwania procesu suszenia.

Bibliografia

- Szarycz M., Kamiński E., Jałoszyński K., Szponarska A. 2003. Analiza mikrofalowego suszenia pietruszki w warunkach obniżonego ciśnienia. Część I Kinetyka suszenia pietruszki blanszowanej i nieblanszowanej. Acta Sci. Pol. Technika Agraria 2(2). s. 17-27
- Lin T., Drance T., Szaman C. H. 1998 Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Res. Inter. 31 (2). s 111-117.

Jindřich Krejča, Jan Macků. 1989 Atlas roślin leczniczych. Warszawa: Zakład Narodowy im. Ossolińskich. ISBN 83-04-03281-3.

Strzelecka H., Kowalski J. 2000 Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa. ISBN 83-01-13132-2.

Witrowa-Rajchert D. 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej podczas suszenia. Rozprawa habilitacyjna 29. ISBN 83-87-66095-7.

ANALYSIS OF COMMON HAWTHORN FRUIT DRYING IN THE CONDITIONS OF REDUCED PRESSURE WITH MICROWAVE HEATING. DRYING KINETICS AND DRYING SHRINKAGE

Abstract. The experiments were conducted in the laboratory microwave-vacuum drier within three pressure scopes of 2-4; 6-8; 10-12 kPa. The power of the microwaves was estimated at the level of 480W. The purpose of the survey was to determine the kinetics of common hawthorn fruit drying with the use of the microwave-vacuum method as well as to determine the level of the final drying shrinkage. The drying kinetics for particular pressure scopes was described by means of empirical equations with the use of TC 3D application, and the final drying shrinkage was determined at the level of 48%.

Key words: microwave-vacuum drying, common hawthorn fruit, drying shrinkage

Adres do korespondencji:

Klaudiusz Jałoszyński; e-mail: klaudiusz.jaloszynski@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37-41
51-630 Wrocław