

CHARAKTERYSTYKA SUSZARNICZA OWOCÓW ROKITNIKA POSPOLITEGO PODDANYCH WSTĘPNYM ZABIEGOM PRZYGOTOWAWCZYM

Stanisław Peroń, Mariusz Surma, Zbigniew Zdrojewski

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie dynamiki wysychania owoców rokitnika w warunkach konwekcji naturalnej. Do badań użyto świeżych owoców rokitnika pospolitego o wilgotności ok. 79% - przygotowanych na 3 sposoby – to jest gniecionych, nakłuwanych oraz całych. Suszenie prowadzono w suszarce laboratoryjnej w nieruchomej warstwie przy jej wysokości 3cm i temperaturze 50°C. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów oraz równań korelacyjnych.

Słowa kluczowe: suszenie, owoce rokitnika zwyczajnego, konwekcja naturalna

Wstęp i cel pracy

Owoce rokitnika pospolitego – barwy pomarańczowej, owalne (średnica ok. 6-8 mm) w stanie świeżym nie nadają się do spożycia ze względu na gorzki i cierpki smak, ale dzięki właściwościom zarówno dietetycznym jak i leczniczym są wysoko cenionym w świecie surowcem wykorzystywanym w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym [Vernet 2006; Bugała 2000].



Rys. 1. Owoce rokitnika zwyczajnego
Fig. 1. Common sea-buckthorn fruit

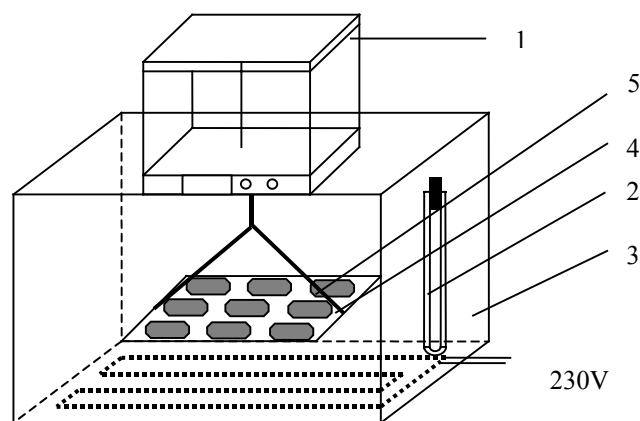
Właściwości prozdrowotne owoców rokitnika wynikają przede wszystkim z faktu występowania nich znacznych ilości substancji czynnych takich jak cukry, kwasy, witaminy A, C, E, F, P i z grupy B a także 8% tłuszczu, co w porównaniu z roślinami chłodnego klimatu jest rzadkością. W Polsce o właściwościach użytkowych rokitnika, jak dotychczas informuje się niewiele, a jego cenne właściwości wykorzystują tylko nieliczne zakłady farmaceutyczne i przetwórcze. Na rysunku 1 przedstawiono fotografię owoców rokitnika zwyczajnego.

Celem pracy była: ocena dynamiki narastania temperatury wewnątrz suszonych owoców rokitnika pospolitego, zbadanie kinetyki suszenia owoców rokitnika poddanych uprzednio zabiegowi nakłuwania i gniecienia oraz nie poddanych żadnym zabiegom, ocena skurczu suszarniczego owoców rokitnika.

Metodyka

Materiał do badań stanowiły owoce rokitnika zwyczajnego w fazie dojrzałości zbiorowej o wilgotności ok. 79% przygotowanych przed suszeniem na 3 sposoby - to jest gniecionych, nakłuwanych (każdy owoc miał 6 nakłuć szpilką) oraz bez żadnych zabiegów wstępnych. Suszenie prowadzono w temperaturze 50°C w suszarce laboratoryjnej warunkach konwekcji naturalnej. Masa suszonych próbek wynosiła ok. 100 g, przy wysokości warstwy ok. 3 cm.

Schemat i zasadę działania stanowiska pomiarowego przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – waga laboratoryjna, 2 – termometr kontaktowy, 3 – suszarka laboratoryjna, 4 – szalka, 5 – materiał suszony

Fig. 2. Diagram of the measurement stand: 1 – laboratory scales, 2 – contact thermometer, 3 – laboratory drier, 4 – dish, 5 – dried material

Ubytki masy surowca mierzono na wadze WPE 600 (0,01 g) z odczytem cyfrowym. Do pomiaru temperatury wewnątrz suszonych owoców użyto cienkich termopar Cu-Ko ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) wprowadzonych do środka wybranych owoców. Skurcz suszarniczy, czyli zmiana średnicy 10 wybranych owoców mierzono jednocześnie co godzinę za pomocą elektronicznej suw-

Charakterystyka suszarnicza owoców...

miarki z dokładnością $\pm 0,05$ mm. Próbkę suszono do zawartości wody ok. $0,1 \text{ kg H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$. Szybkość suszenia $du/d\tau$ określano na podstawie krzywych suszenia. Na podstawie pomiarów średnicy owoców w trakcie suszenia obliczano względny skurcz suszarniczy dzieląc aktualną objętość owocu $V(\tau)$ przez objętość początkową V_0 . Porowatość spoczynkową warstwy materiału ε obliczono z zależności Ciborowskiego [Kramkowski 1991]

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_u}{\rho_m} \quad (1)$$

gdzie:

ρ_u – gęstość usypowa owoców,

ρ_m – gęstość właściwa owoców.

Gęstość właściwą obliczono dzieląc masę (zwarzoną z dokładnością $0,0001$ g) cząstki materiału przez jego objętość (obliczona z dokładnością ok. 5 %). Natomiast gęstość usypową surowca i suszu obliczono dzieląc masę usypanego materiału (zważoną z dokładnością $0,1$ g) przez jego objętość (zmierzoną naczyniem miarowym o objętości 1 l z dokładnością 1 cm^3). Każdy z pomiarów powtarzano trzykrotnie.

Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono wybrane właściwości fizyczne owoców rokitnika.

Tabela 1. Właściwości fizyczne owoców rokitnika

Table 1. Physical properties of sea-buckthorn fruit

Gęstość materiału		Gęstość usypowa materiału		Porowatość warstwy materiału		Średnia średnica cząstek materiału	
mokry	suchy	mokry	suchy	mokry	suchy	mokry	suchy
ρ_m	ρ_s	ρ_{um}	ρ_{us}	ε_m	ε_s	d_m	d_s
$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	[-]	[-]	[mm]	[mm]
752,4	257,6	499,3	200,2	0,33	0,22	8,02	5,21

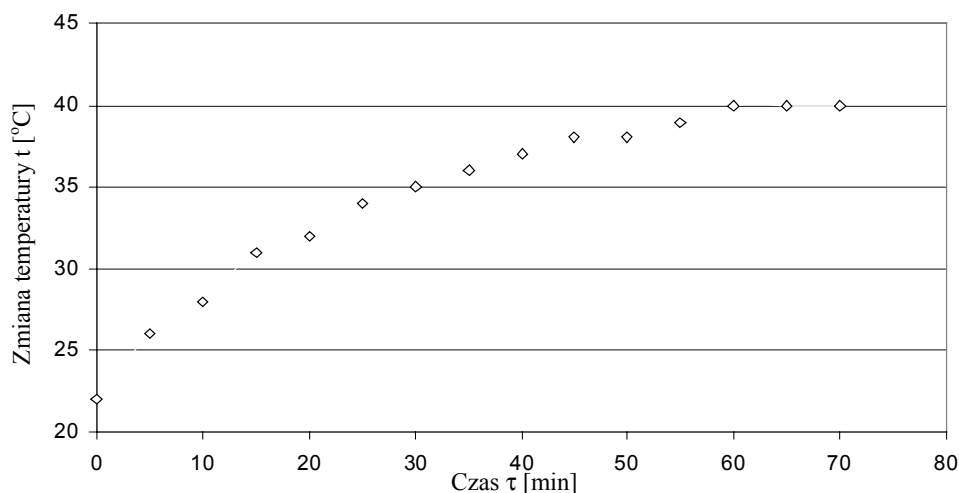
Źródło: obliczenia własne

Jak wynika z tabeli 1 gęstość właściwa świeżych owoców rokitnika wynosiła ok. $750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, przy przeciętnej średnicy owocu ok. 8 mm , gęstości usypowej ok. $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz porowatości złoza $0,33$. Gęstość usypowa wysuszonego materiału kształtowała się na poziomie ok. $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy jego gęstości właściwej ok. $260 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz porowatości spoczynkowej złoza $0,22$. Przeciętna średnica suchego materiału wynosiła ok. 5 mm – co świadczy o znacznym skurczu surowca.

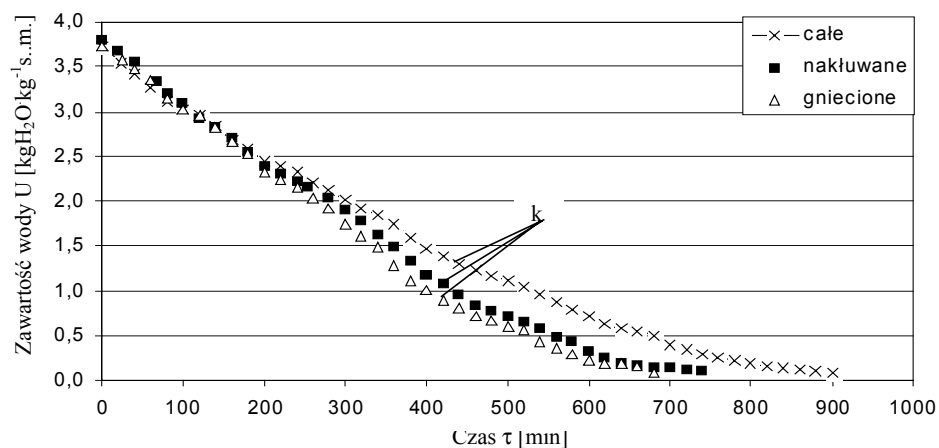
Znajomość tempa ubytków wody oraz dynamiki narastania temperatury wewnątrz suszonego surowca umożliwiają analizę kinetyki jego suszenia. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki pomiarów temperatury wnętrza owocu – przy temperaturze suszącego powietrza 40°C .

Jak wynika z wykresu przebieg zmian temperatury wnętrza owoców od początku procesu był nieliniowy pomimo (jak wynika z dalszej części publikacji) początkowo propor-

cyjonalnych ubytków wody w czasie. W większości doniesień literaturowych dotyczących suszenia silnie uwodnionych materiałów roślinnych można znaleźć informacje o występowaniu dwóch (czasem trzech) okresów suszenia [Pabis 1982].



Rys. 3. Zmiana temperatury t wnętrza owoców rokitnika w czasie τ dla temperatury 40°C
 Fig. 3. Temperature change t inside of sea-buckthorn fruit in time τ for temperature at 40°C



Rys. 4. Spadek zawartości wody u w czasie τ w suszonych owocach rokitnika zwyczajnego w temperaturze 50°C – sposobów zależności od ich wstępnego przygotowania
 Fig. 4. Water content u decrease in time τ of dried fruit of common sea-buckthorn in temperature at 50°C – of dependence methods on their initial preparation

Pierwszy z tych okresów, gdzie ubytki wody u w czasie τ mają przebieg liniowy – zdaniem szeregu autorów charakteryzuje się stałą temperaturą wysychającego ciała bliską temperaturze mokrego termometru. Ponieważ początkowa zawartość wody w owocach rokitnika wynosiła $4 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ – autorzy niniejszej pracy oczekiwali, że po krótkim czasie nagrzewania w doświadczeniu wystąpi okres o stałej temperaturze wnętrza owocu.

Jak zaznaczono w metodyce do suszenia wykorzystano owoce nie poddane żadnym zabiegom oraz nakłuwane i gniecione. Wykres (rys. 4) przedstawia spadki zawartości wody w czasie τ przy temperaturze powietrza 50°C podczas suszenia owoców rokitnika – przygotowanych wstępnie na trzy sposoby.

Jak wynika z wykresu – zgodnie z oczekiwaniem najszybciej wysychały owoce gniecione, a najwolniej owoce nie poddane żadnym zabiegom. W początkowym okresie suszenia w przedziale zawartości wody $3,8 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ – $2,4 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ – niezależnie od wstępnego przygotowania posiadały zbliżone tempo wysychania. Z rozkładu punktów na wykresie wynika, że suszenie rokitnika odbywało się wg. dwóch okresów. Przybliżone granice między I i II okresem suszenia zaznaczono na poszczególnych krzywych suszenia literą k . Dla owoców gniecionych I okres suszenia kończy się przy zawartości wody u ok. $0,7 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$, dla nakłuwanych $u \approx 0,9 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ a dla nie poddanych żadnemu zabiegowi przy u wynoszącym ok. $1,3 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$. Końcowa zawartość wody w materiale – ok. $0,1 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ uzyskanego w przypadku całych owoców po ok. 900 minutach, gniecionych po ok. 680 min. Owoce nakłuwane wymagały do osiągnięcia podobnej zawartości wody ok. 740 min.

Spadek zawartości wody u w czasie τ dla temperatury suszenia 50°C przy różnych zabiegach przygotowawczych owoców dla I okresu suszenia można przybliżyć zadowalająco równaniem liniowym postaci:

$$u_{(\tau)} = A_I + B_I \tau \quad (2)$$

gdzie:

A_I, B_I – stałe równania (2).

Drugi okres suszenia można opisać funkcją wykładniczą:

$$u_{(\tau)} = A_{II} e^{B_{II} \tau} \quad (3)$$

gdzie:

A_{II}, B_{II} – stałe równania (3).

Zamieszczone poniżej tabele 2i 3 zawierają stałe i współczynniki determinacji dotyczące równania (2) i (3)

Tabela. 2. Współczynniki równań i determinacji dla I okresu suszenia w zależności od sposobu przygotowania surowca

Table 2. Equations and determination coefficients for I period of drying depending on the method of material preparation

Forma surowca	Współczynniki równania		Współczynniki determinacji R^2
	A_I	B_I	
Owoce całe	3,668	$-5,40 \cdot 10^{-3}$	0,99
Owoce nakłuwane	3,714	$-6,202 \cdot 10^{-3}$	0,99
Owoce gniecione	3,675	$-6,483 \cdot 10^{-3}$	0,99

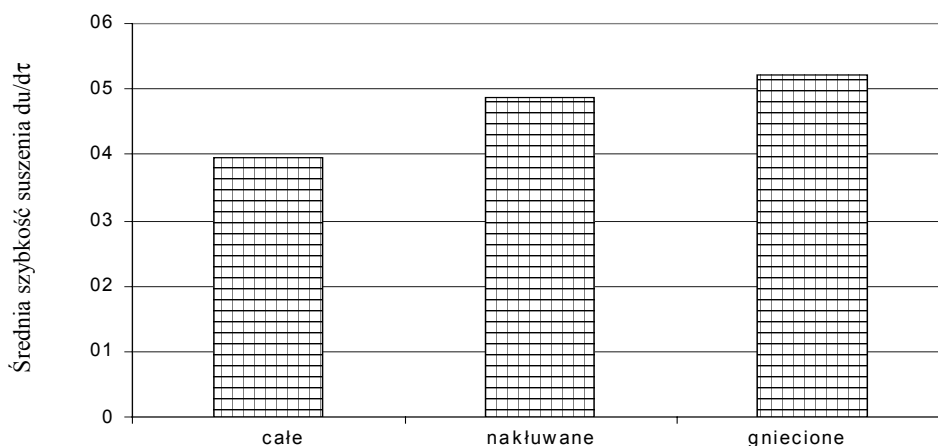
Źródło: obliczenia własne

Tabela 3. Współczynniki równań i determinacji dla II okresu suszenia w zależności od sposobu przygotowania surowca
 Table 3. Equations and determination coefficients for II period of drying depending on the method of material preparation

Forma surowca	Współczynniki równania		Współczynniki determinacji R^2
	A_{II}	B_{II}	
Owoce całe	50,367	$-7 \cdot 10^{-3}$	0,98
Owoce nakłuwane	43,518	$-8,31 \cdot 10^{-3}$	0,97
Owoce gniecione	38,579	$-8,683 \cdot 10^{-3}$	0,99

Źródło: obliczenia własne

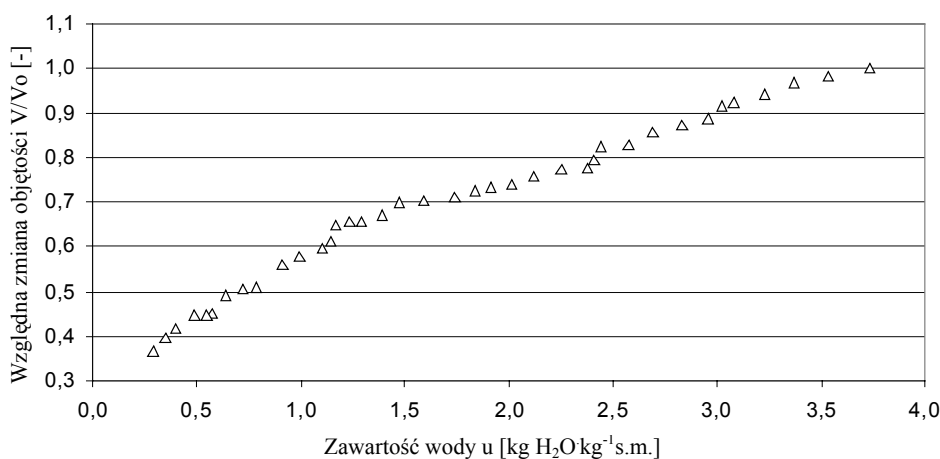
Wpływ rodzaju zabiegu przygotowanego surowca na dynamikę ubytków wody potwierdza histogram przedstawiający średnie szybkości suszenia owoców rokitnika (rys. 5).



Rys. 5. Porównanie średnich szybkości suszenia $(du/dt)_{sr}$ owoców rokitnika poddanych różnym zabiegom przygotowującym ($t=50^{\circ}\text{C}$)

Fig. 5. Comparison of average drying speed $(du/dt)_{sr}$ of sea-buckthorn fruit subjected to various preparation treatments ($t=50^{\circ}\text{C}$)

Jak wynika z histogramu zabieg gneczenia zwiększył średnią szybkość suszenia o ok. 30% w stosunku do owoców nie poddanych żadnemu zabiegowi. Natomiast nakłucie owoców spowodowało wzrostu średniej szybkości suszenia – o ok. 23% w stosunku do całych owoców. Podobnie jak większość silnie uwodnionych surowców owoce rokitnika kurczyły się, co powodowało m.in. zmniejszenie wysokości warstwy. Rysunek 6 przedstawia przebieg skurczu suszarniczego dla temperatury powietrza 50°C .



Rys. 6. Przebieg względnego skurczu suszarniczego owoców rokitnika V/V_0 w funkcji zawartości wody u dla temperatury suszenia 50°C

Fig. 6. Course of relative drying shrinkage of sea-buckthorn fruit V/V_0 in the function of water content u for drying temperature of 50°C

Można w przybliżeniu przyjąć, że skurcz suszarniczy (definiowany jako stosunek objętości owocu w danej chwili do jego objętości początkowej V_0) w przedziale zawartości wody $3,8-0,1 \text{ kg H}_2\text{O kg}^{-1}\text{sm}$ przebiegał potęgowo i można go przybliżyć zadowalająco równaniem:

$$(V/V_0)_{50^\circ\text{C}} = 0,5823u^{0,39} \quad (4)$$

przy współczynniku determinacji $R^2=0,99$.

Wnioski

1. Stwierdzono istotny wpływ zabiegu gniczenia i „szpilkowania” na szybkość suszenia owoców rokitnika zwyczajnego.
2. Przy temperaturze suszenia 50°C stwierdzono występowanie dwóch okresów suszenia, pierwszego o w przybliżeniu stałej oraz drugiego o malejącej szybkości suszenia.
3. Podczas suszenia owoców rokitnika zwyczajnego w warunkach konwekcji naturalnej w temperaturze 50°C zmiany względnego skurczu jego owoców przebiegały nieliniowo.

Bibliografia

- Bugala W.** 2000. Drzewa i krzewy. PWRiL. Warszawa. ISBN 978-83-09-01071-5.
- Kramkowski R.** 2000. Inżynieria i aparatura przemysłu spożywczego. Skrypt Akademii Rolniczej we Wrocławiu Nr 340. s. 263- 289.
- Vernet A.** 2006. L' agrousier (Hippophaë rhamnoides L.), Phytothérapie, 3. s. 125-129.

DRYING CHARACTERISTIC OF COMMON SEA-BUCKTHORN SUBJECTED TO INITIAL PREPARATION TREATMENTS

Abstract. The purpose of the study was to investigate drying dynamics of the sea-buckthorn fruit in condition of natural convection. Fresh fruit of common sea-buckthorn of 79% moisture content were used for research. They were prepared in three forms- mashed, pricked and whole fruit. Drying process was carried out in a laboratory drier in a motionless layer at 3 cm height and temperature at 50°C. The results were presented in the form of schemes and correlation equations.

Key words: drying, common sea-buckthorn, natural convection

Adres do korespondencji:

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