

WPLYW PARAMETRÓW SUSZENIA NA UBYTEK MASY SUCHEJ SUBSTANCJI PODCZAS REHYDRACJI SUSZONYCH JABŁEK*

*Agnieszka Kaleta, Krzysztof Górnicki, Aneta Choińska, Radosław Winiczenko
Katedra Podstaw Inżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Streszczenie. Celem pracy była analiza wpływu parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji suszonych jabłek odmiany Ligol podczas ich rehydratacji. Jabłka krojone w plastry o grubości 3 i 10 mm i kostki o boku 10 mm suszono następującymi metodami: konwekcja naturalna (temperatura suszenia 60°C), konwekcja wymuszona (suszarka tunelowa, parametry powietrza suszącego: 50, 60, 70°C oraz 0,5, 2 m·s⁻¹), suszenie fluidalne (60°C). Susz rehydratowano w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Badania wykazały statystycznie istotny wpływ rozdrobnienia suszonych cząstek na ubytek ich masy suchej substancji podczas rehydratacji. Badania nie wykazały natomiast statystycznego istotnego wpływu temperatury suszenia na ubytek masy suchej substancji oraz wpływ zastosowanych metody suszenia na końcową wartość ubytku masy suchej substancji suszonych jabłek w wyniku ich rehydratacji.

Słowa kluczowe: suszenie, rehydratacja, sucha substancja, jabłko

Wprowadzenie

W 100 g świeżych jabłek znajduje się przeciętnie m.in. ok. 83 g wody, 0,4 g białka, 0,64 g kwasów organicznych, 1,42 g błonnika, 13 g cukrów, w tym 0,94 g rozpuszczalnych wielocukrów, 4 µg witaminy A, 0,49 mg witaminy E i 9 mg witaminy C. Jednym ze składników błonnika jest pektyna. Jabłka są dobrym źródłem pektyn i dlatego wpływają korzystnie na zmniejszenie stężenia cholesterolu LDL oraz na podwyższenie frakcji HDL. Pektyna jabłek usuwa nadmiar cholesterolu z przewodu pokarmowego, skutecznie leczy biegunkę, zapobiega zatruciom metalami ciężkimi (np. ołowiem) i działa bakteriostatycznie zapobiegając rozwojowi bakterii wywołujących wiele różnych chorób (Rejman, 1994; Wiczorek-Chelmińska, 2000).

* Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego N N313 780940 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki

Rehydratacja jest złożonym procesem, mającym na celu przywrócenie suszowi, poprzez jego kontakt z wodą, właściwości, jakie miał surowiec przed poddaniem go zabiegowi obróbki wstępnej poprzedzającym suszenie i suszeniu. Podczas rehydratacji występują jednocześnie następujące procesy: chłonięcie wody przez tkanki wysuszonego materiału, w wyniku czego zwiększa on swoją masę i objętość oraz wypłukiwanie substancji rozpuszczalnych w wodzie (cukrów, kwasów, minerałów i witamin) z rehydratowanego materiału. Ubytek rozpuszczalnych składników suchej substancji podczas rehydratacji zależy przede wszystkim od składu chemicznego i struktury materiału.

Podjęmowane są próby matematycznego modelowania transportu wody i suchej substancji z suszonego materiału podczas jego rehydratacji (Górnicki, 2011; Łapczyńska-Kordon i Roczkowska-Chmaj, 2009; Rastogi i in., 2004). Prowadzone są również badania nad wpływem parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji podczas rehydratacji suszonych owoców i warzyw

Witrowa-Rajchert (2003) badała rehydratację jabłek odmiany Idared suszonych trzema metodami: konwekcyjną, konwekcyjno-mikrofalową i sublimacyjną. Najmniejszy ubytek suchej substancji zaobserwowano dla jabłek suszonych sublimacyjnie, dwie pozostałe metody suszenia dały podobne rezultaty. Figiel (2007) stwierdził, że kostki jabłek odmiany Gala wysuszone metodą łączoną polegającą na podsuszaniu jabłek metodą konwekcyjną i dosuszaniu metodą mikrofalowo-próżniową wykazały większą zdolność utrzymania suchej substancji niż wysuszone wyłącznie metodą konwekcyjną. Badania przeprowadzone przez Rzacę (2009) nie wykazały istotnych różnic w ubytku suchej substancji w czasie rehydratacji jabłek odmiany Idared suszonych metodą: konwekcyjną, mikrofalowo-konwekcyjną i promiennikowo-konwekcyjną. Stępień (2007) wykazał, że suszenie sublimacyjne istotnie zmniejsza straty suchej substancji w trakcie rehydratacji selera w stosunku do suszenia mikrofalowego i konwekcyjnego. Podczas rehydratacji marchwi (Stępień, 2008) nie stwierdzono istotnego wpływu metody suszenia (konwekcyjnie, sublimacyjnie i mikrofalowo pod obniżonym ciśnieniem) na ubytki rozpuszczalnych składników suchej substancji w trakcie uwadniania. W przypadku innego warzywa korzeniowego, pietruszki, najmniej rozpuszczalnych składników suchej substancji dyfunduje do roztworu dla suszu uzyskanego metodą sublimacyjną, w porównaniu z metodą konwekcyjną i mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia (Stępień i in., 2011).

Celem pracy jest analiza wpływu parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji suszonych jabłek odmiany Ligol podczas ich rehydratacji. W literaturze brak jest badań na ten temat. Znaleźć można prace dotyczące wpływu parametrów suszenia na ubytek suchej substancji podczas rehydratacji jabłek innych odmian oraz innych produktów. Jak wykazały jednak badania nawet odmiana owoców/warzyw może mieć wpływ na przebieg rehydratacji (Ciużyńska i in., 2011).

Material i metody

Umyte jabłka krojono w plastry o grubości 3 i 10 mm oraz kostki o boku 10 mm. Surowiec suszono następującymi metodami:

- konwekcji naturalnej, w temperaturze powietrza suszącego w suszarce (KCW-100, PREMEDI, Marki) 60°C,

- konwekcji wymuszonej, w temperaturze powietrza suszącego w suszarce tunelowej 50, 60, 70°C i przy prędkości powietrza suszącego 0,5 i 2 m·s⁻¹,
- suszenia fluidalnego, w temperaturze powietrza suszącego 60°C.

Suszenie trwało do ustalenia się stałej wartości masy suszu.

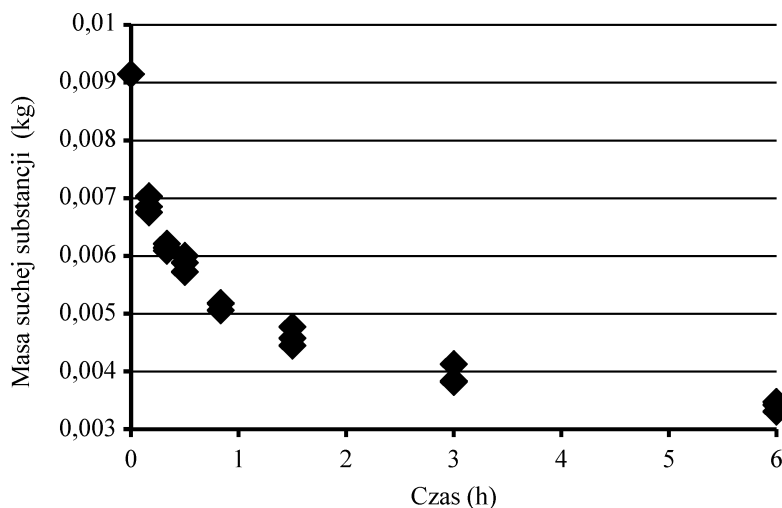
Susz otrzymany w danych warunkach z trzech niezależnych doświadczeń mieszano i przetrzymywano w szczelnie zamkniętym pojemniku przez kilka dni w temperaturze 20°C, po czym pobrano próbki do dalszych badań. Proces rehydratacji przeprowadzano przez 6 h w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Zawartość suchej substancji oznaczono zgodnie z PN-90/A-75101/03. Pomiary te przeprowadzono dla suszu oraz w czasie rehydratacji. Rehydrat podsuszono przed oznaczeniem w nim zawartości suchej substancji. Podczas rehydratacji dokonywano przynajmniej 7 pomiarów zawartości suchej substancji. Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Do pomiaru masy suchej substancji wykorzystano wagę WPE 300 (RADWAG, Radom). Maksymalny błąd względny wyznaczania zawartości suchej substancji wynosił 0,1%.

Wyniki i dyskusja

Wyniki eksperymentów przedstawiono na rysunkach 1-5. Rysunek 1 przedstawia przykładowy wykres ubytku masy suchej substancji materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce tunelowej, temperatura powietrza suszącego 60°C, prędkość powietrza suszącego 2 m·s⁻¹) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Na rysunku tym są przedstawione punkty pomiarowe. Na rysunkach 2-5 przedstawiono natomiast funkcje aproksymujące wyniki trzech powtórzeń pomiarów ubytku masy suchej substancji w czasie omawianego procesu. Do określenia parametrów funkcji aproksymujących zastosowano metodę estymacji nieliniowej Levenberga-Marquardta, natomiast istotność wpływu metod i parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji w suszonych jabłkach podczas ich rehydratacji była określana za pomocą techniki ANOVA przy zastosowaniu testu jednorodności wariancji Levene'a, grupy jednorodne za pomocą testu Tukey'a HSD ($\alpha=0,05$). Obliczenia były prowadzone za pomocą programu IBM® SPSS® Statistics 21.

Z obliczeń wynika, że dobrane funkcje aproksymujące dobrze opisują ubytek masy suchej substancji w suszonych jabłkach podczas ich rehydratacji, bowiem wartość współczynnika korelacji R zawiera się w przedziale od 0,949 do 0,996 (rys. 2-5).

Analizę statystyczną wpływu metod i parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji podczas rehydratacji suszonych jabłek (podział na grupy jednorodne) przedstawiono w tabeli 1. W tabeli tej liczby oznaczają wartości średnie z trzech powtórzeń pomiarów stosunku aktualnej masy suchej substancji w rehydratowanym suszu do początkowej masy suchej substancji w suszu, natomiast grupy jednorodne oznaczano tymi samymi literami. Ze względu na przejrzystość wykresów na rysunkach 2-5 nie zaznaczono punktów pomiarowych i obszarów ufności.



Rysunek 1. Ubytek masy suchej substancji materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce tunelowej, temperatura powietrza suszącego 60°C, prędkość powietrza suszącego 2 m·s⁻¹) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C
 Figure 1. Loss of dry substance mass of the dried material (10 mm apple cubes, dried in a tunnel drier, temperature of drying air 60°C, velocity of the drying air 2 m·s⁻¹) during rehydration in the distilled water of 20°C temperature

Tabela 1

Średnie wartości stosunków masy suchej substancji w rehydratowanym suszu do początkowej masy suchej substancji w suszu w procesie rehydratacji

Table 1

Average values of relations of dry substance mass in the rehydrated dried fruit to the initial dry substance mass in dried fruit in the rehydration process

Metoda i parametry suszenia	Czas (min)						
	10	20	30	50	90	180	360
Suszarka tunelowa, 60°C, 0,5 m·s ⁻¹ , plaster 3 mm	0,737a	0,668a	0,617a	0,505a	0,353a	0,405a	0,361a
Suszarka tunelowa, 60°C, 0,5 m·s ⁻¹ , plaster 10 mm	0,885b	0,881b	0,856b	0,800e	0,707b	0,614b	0,508b
Suszarka tunelowa, 60°C, 2 m·s ⁻¹ , kostka 10 mm	0,752a	0,672a	0,642a	0,562bc	0,503c	0,430a	0,372a
Suszarka tunelowa, 60°C, 2 m·s ⁻¹ , plaster 10 mm	0,906b	0,690ab	0,723c	0,787e	0,700b	0,623b	0,588b
Suszarka tunelowa, 50°C, 0,5 m·s ⁻¹ , kostka 10 mm	0,733a	0,700ab	0,623a	0,586c	0,488c	0,409a	0,357a

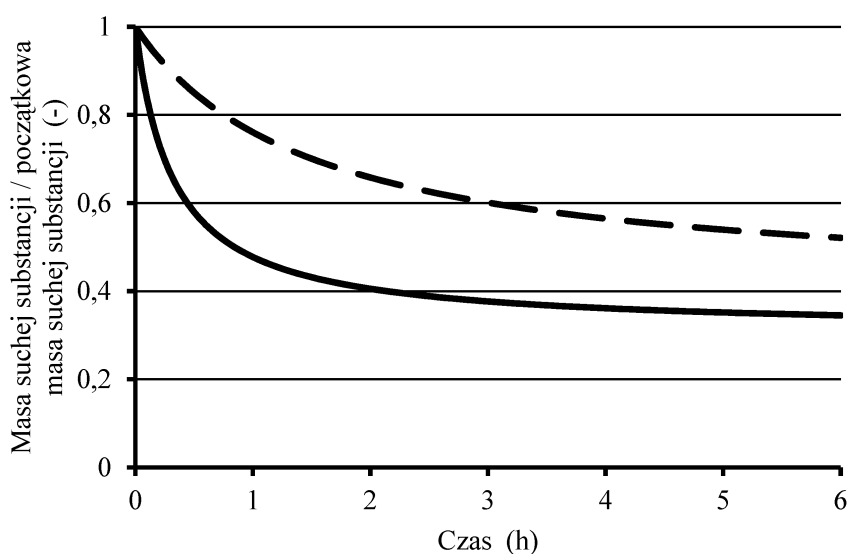
Wpływ parametrów suszenia...

Metoda i parametry suszenia	Czas (min)						
	10	20	30	50	90	180	360
Suszarka tunelowa, 60°C, 0,5 m·s ⁻¹ , kostka 10 mm	0,746a	0,675a	0,606a	0,535ab	0,489c	0,423a	0,360a
Suszarka tunelowa, 70°C, 0,5 m·s ⁻¹ , kostka 10 mm	0,736a	0,675a	0,637a	0,577bc	0,483c	0,406a	0,359a
Suszarka fluidalna, 60°C, kostka 10 mm	0,754a	0,700ab	0,639a	0,583bc	0,480c	0,397a	0,377a
Konwekcja naturalna, 60°C, kostka 10 mm	0,821ab	0,760ab	0,707c	0,638d	0,516c	0,440a	0,396a

a, b, c, d, e - jednakowe litery oznaczają grupy nie różniące się w ujęciu statystycznym ($\alpha = 0,05$)

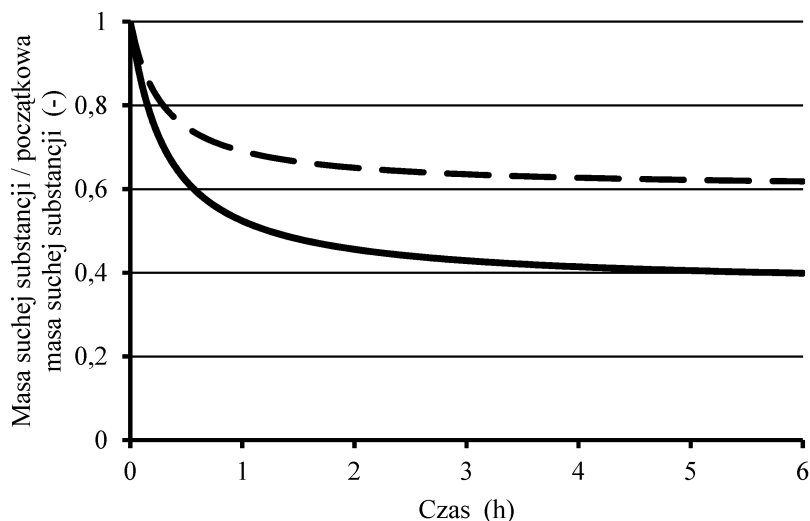
* a, b, c, d, e - the same letters symbolize groups which do not differ in the statistical view ($\alpha = 0.05$)

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ grubości plastrów, a na rysunku 3 wpływ kształtu rehydratowanych cząstek na ubytek masy suchej substancji. Ubytek masy suchej substancji zwiększał się wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia (rys. 2) i zależał od kształtu cząstek (dla kostek był większy niż dla plastrów o takiej samej grubości, rys. 3).



Rysunek 2. Ubytek masy suchej substancji w suszonych plastrach jabłek (suszarka tunelowa, temperatura powietrza suszącego 60°C, prędkość powietrza suszącego 0,5 m·s⁻¹) o różnej grubości podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C: (—) 3 mm (R=0,98), (---) 10 mm (R=0,967)

Figure 2. Loss of dry substance mass in dried slices of apples (a tunnel drier, temperature of drying air 60°C, velocity of drying air 0.5 m·s⁻¹) of different thickness during rehydration in the distilled water of 20°C temperature: (—) 3 mm (R=0.98), (---) 10 mm (R=0.967)



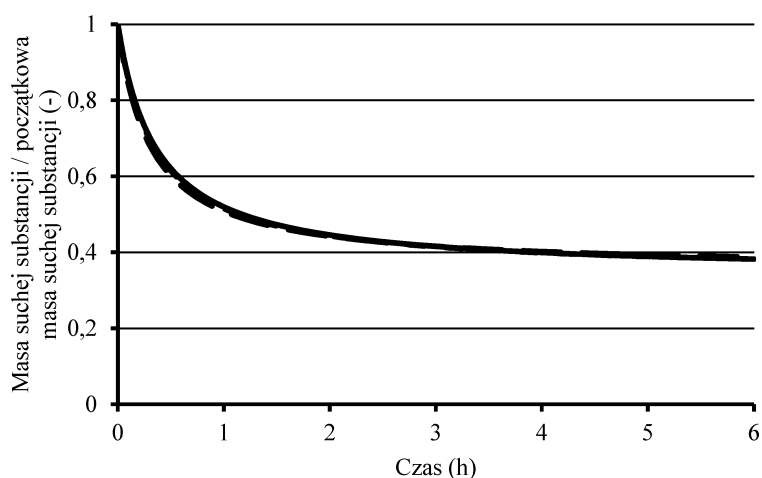
Rysunek 3. Ubytek masy suchej substancji w materiale suszonym (suszarka tunelowa, temperatura powietrza suszącego 60°C , prędkość powietrza suszącego $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C : (—) kostki jabłek o boku 10 mm ($R=0,992$), (---) plastry jabłek o grubości 10 mm ($R=0,949$)

Figure 3. Loss of dry substance mass in dried material (a tunnel drier, temperature of drying air 60°C , velocity of drying air $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) during rehydration in the distilled water of 20°C temperature: (—) apple cubes of 10 mm side ($R=0.992$), (---) slices of apples of 10 mm thickness ($R=0.949$)

W procesie rehydratacji sucha substancja, po rozpuszczeniu w wodzie, dyfunduje w próbkę, a następnie przemieszcza się do otaczającej wody. Jest to spowodowane uszkodzeniem struktury wewnętrznej błon i ścian komórkowych, które w czasie rehydratacji nie są w stanie odtworzyć swoich właściwości, ulegają rozerwaniu, powodując przepływ składników roztworu cytoplazmatycznego do otaczającej wody (Willis i Teixeira, 1988). Na brzegu cząstki tworzy się jednak warstwa graniczna, która powoduje opór wymiany masy. W sytuacji, gdy występuje duże rozdrobnienie materiału, a więc powierzchnia wymiany masy jest duża, sucha substancja z warstwy granicznej przemieszcza się intensywnie do wody otaczającej cząstki. Z tabeli 1 wynika, że wpływ rozdrobnienia cząstek na ubytek masy suchej substancji rehydratowanego suszu jest statystycznie istotny. Podobny charakter wpływu rozdrobnienia zaobserwował Górnicki (2011) dla cząstek korzenia pietruszki.

Rysunek 4 przedstawia wpływ temperatury konwekcyjnego suszenia na ubytek masy suchej substancji rehydratowanego suszu. Przeprowadzone badania nie wykazały wpływu temperatury suszenia na kinetykę rehydratacji. Z tabeli 1 wynika, że wpływ ten jest statystycznie nieistotny. Inny charakter wpływu temperatury suszenia zaobserwowali Markowski i Zielińska (2011), którzy rehydratowali kostki marchwi suszonej fluidalnie w temperaturze 60 , 70 , 80 i 90°C . Stwierdzili oni, że straty masy suchej substancji rosły ze wzrostem temperatury suszenia. Straty witaminy C podczas rehydratacji suszonej czerwo-

nej papryki rosły wraz z temperaturą konwekcyjnego suszenia w zakresie temperatur 50-70°C, ale straty te dla papryki suszonej w 80°C były porównywalne ze stratami dla papryki suszonej w temperaturze 70°C (Vega-Gálvez i in., 2008). Różny wpływ temperatury suszenia na ubytki masy suchej substancji może być wytłumaczony tym, że przebieg rehydracji suszonego owocu/warzywa zależy przede wszystkim od składu chemicznego i struktury materiału.



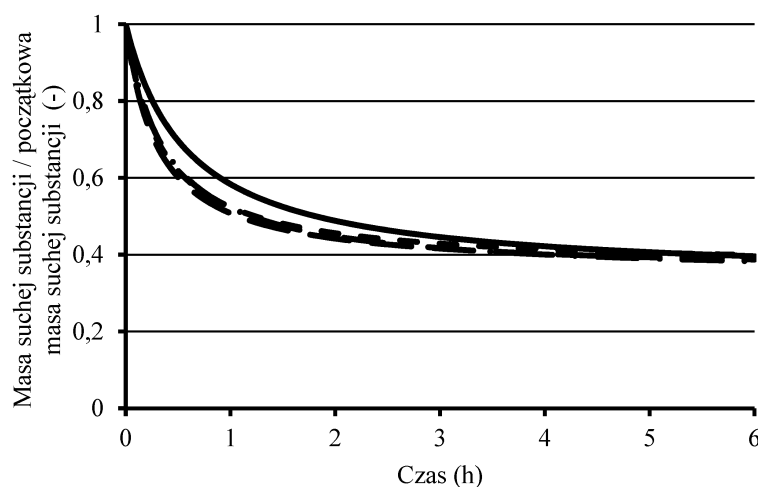
Rysunek 4. Ubytek masy suchej substancji w materiale suszonym (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce tunelowej w różnej temperaturze, prędkość powietrza suszącego $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) podczas rehydracji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C: (—) 50°C ($R=0,986$), (— —) 60°C ($R=0,996$), (— · —) 70°C ($R=0,988$)

Figure 4. Loss of dry substance mass in the dried material (10 mm apple cubes, dried in a tunnel drier in different temperature, velocity of the drying air $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) during rehydration in the distilled water of 20°C temperature: (—) 50°C ($R=0.986$), (— —) 60°C ($R=0.996$), (— · —) 70°C ($R=0.988$)

Analizując przebieg procesu rehydracji (rys. 1-5), widać, że ubytek rozpuszczalnych składników suchej substancji przebiega najszybciej na początku uwadniania, a po około 2 godzinach zaczyna przebiegać znacznie wolniej. Podobny charakter ubytku masy suchej substancji zaobserwowali Nayak i in. (2006) i Rastogi i in. (2004) dla marchwi i Lucas i in. (2007) dla płatków śniadaniowych. Szybki początkowy ubytek masy suchej substancji jest związany prawdopodobnie z wypełnianiem się wodą kapilar przy powierzchni próbki (Bilbao-Sáinz i in., 2005). Woda zaabsorbowana w rehydratowanej cząstce jest rozpuszczalnikiem suchej substancji. Sucha substancja przemieszcza się na zewnątrz próbki, powodując z jednej strony spadek stężenia suchej substancji w próbce, a z drugiej wzrost jej stężenia w warstwie granicznej i otaczającej cząstkę wodzie, przy czym warstwa graniczna stwarza opór wymiany masy. Wraz ze wzrostem czasu trwania procesu rehydracji rośnie stężenie składników suchej substancji w otaczającej cząstkę wodzie, co powoduje ograniczenie

wymiany masy suchej substancji. Proces ustaje, gdy ustali się równowaga stężeń składników suchej substancji w rehydratowanej cząstce i otaczającej ją wodzie (Górnicki 2011).

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ metody suszenia na ubytek masy suchej substancji suszu podczas jego rehydratacji. Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowane metody suszenia nie mają wpływu na zawartość suchej substancji w materiale po zakończeniu procesu rehydratacji.



Rysunek 5. Ubytek masy suchej substancji w materiale suszonym (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone różnymi metodami w temperaturze 60°C) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C: (—) konwekcja naturalna ($R=0,993$), (---) suszarka tunelowa, prędkość powietrza suszącego $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($R=0,996$), (- - -) suszarka tunelowa, prędkość powietrza suszącego $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($R=0,992$), (- · -) suszenie fluidalne ($R=0,991$)

Figure 5. Loss of dry substance mass in the dried material (10 mm apple cubes, dried with different methods in the temperature of 60°C), during rehydration in the distilled water of 20°C temperature: (—) natural convection ($R=0.993$), (---) a tunnel drier, velocity of drying air $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($R=0.996$), - - -) a tunnel drier, velocity of drying air $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($R=0.992$), (- · -) fluid drying ($R=0.991$)

Z tabeli 1 wynika, że stosowane metody suszenia przestały mieć statystycznie istotny wpływ na ubytek masy suchej substancji w suszu już po 1,5 godzinie trwania rehydratacji. Prędkość powietrza suszącego w suszarce tunelowej nie miała statystycznie istotnego wpływu na ubytek rozpuszczalnych składników suchej substancji w suszu podczas całego procesu rehydratacji. Natomiast na początku uwadniania, do około 1,5 godziny trwania procesu najmniejszym ubytkiem suchej substancji charakteryzował się susz otrzymany w warunkach konwekcji naturalnej i różnica ta jest statystycznie istotna. Porównanie wpływu zastosowanych w pracy metod suszenia na ubytek rozpuszczalnych składników suchej substancji w suszu podczas rehydratacji nie był w literaturze badany.

Wnioski

1. Im większy stopień rozdrobnienia cząstek suszonych jabłek, tym większy ubytek ich masy suchej substancji podczas rehydratacji.
2. Przeprowadzone badania wykazały, że wpływ temperatury suszenia na ubytek masy suchej substancji suszonych jabłek podczas ich rehydratacji jest statystycznie nieistotny.
3. Wpływ zastosowanych metod suszenia na końcową wartość ubytku masy suchej substancji suszonych jabłek w wyniku ich rehydratacji jest statystycznie nieistotny.

Literatura

- Bilbao-Sáinz, C.; Andrés, A.; Fito, P. (2005). Hydration kinetics of dried apple as affected by drying conditions. *Journal of Food Engineering*, 68, 369-376.
- Ciurzyńska, A.; Piotrowski, D.; Janowicz, M.; Sitkiewicz, I.; Lenart, A. (2011). Wpływ temperatury i ciśnienia w komorze suszarki próżniowej na właściwości rehydracyjne suszonych truskawek. *Acta Agrophysica*, 17(2), 289-300.
- Figiel, A. (2007). Dehydration of apples by a combination of convective and vacuum-microwave drying. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4(A)), 131-135.
- Górnicki, K. (2011). Modelowanie procesu rehydratacji wybranych warzyw i owoców. Warszawa, Wydawnictwo SGGW, ISBN 978-83-7583-325-6.
- Lucas, T.; Le Ray, D.; Mariette, F. (2007). Kinetics of water absorption and solute leaching during soaking of breakfast cereals. *Journal of Food Engineering*, 80, 377-384.
- Łapczyńska-Kordon, B.; Roczowska-Chmaj, S. (2009). Matematyczny model kinetyki rehydratacji suszu warzywnego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 131-137.
- Markowski, M.; Zielińska, M. (2011). Kinetics of water absorption and soluble-solid loss of hot-air-dried carrots during rehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1122-1128.
- Nayak, C.A.; Suguna, K.; Rastogi, N.K. (2006). Combined effect of gamma-irradiation and osmotic treatment on mass transfer during rehydration of carrots. *Journal of Food Engineering*, 74, 134-142.
- Rastogi, N.K.; Nayak, C.A.; Raghavarao, K.S.M.S. (2004). Influence of osmotic pre-treatments on rehydration characteristics of carrots. *Journal of Food Engineering*, 65, 287-292.
- Rejman, A. (red.). (1994). Pomologia. Odmianoznawstwo roślin sadowniczych. Warszawa, PWRiL. ISBN 83-09-01612-3.
- Rząca, M. (2009). *Studia nad wykorzystaniem promieniowania podczerwonego i mikrofalowego do suszenia jabłek*. Praca doktorska. Warszawa, SGGW w Warszawie.
- Stępień, B. (2007). Wpływ metody suszenia na rehydrację selera. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 255-263.
- Stępień, B. (2008). Rehydration of carrot dried using various methods. *Acta Agrophysica*, 11(1), 239-251.
- Stępień, B.; Paślawska, M.; Jaźwiec, B. (2011). Wpływ metody suszenia na zdolność do rehydracji suszonej pietruszki. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 251-256.
- Vega-Gálvez, A.; Lemus-Mondaca, R.; Bilbao-Sáinz, C.; Fito, P.; Andrés, A. (2008). Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 85, 42-50.
- Wieczorek-Chełmińska, Z. (2000). *Nowoczesna dietetyczna książka kucharska*. Warszawa, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, ISBN 83-200-2483-8.
- Willis, C.A.; Teixeira, A.A. (1988). Controlled reduction of water activity in celery: Effect of membrane integrity and biophysical properties. *Journal of Food Science*, 53, 111-116.
- Witrowa-Rajchert, D. (2003). Matematyczne modelowanie procesu rehydracji suszonej tkanki jabłka. *Acta Agrophysica*, 82, 193-204.

IMPACT OF DRYING PARAMETERS ON THE LOSS OF DRY SUBSTANCE MASS DURING REHYDRATION OF DRIED APPLES

Abstract. The objective of the paper was to analyse the impact of drying parameters on the loss of dry substance mass of dried apples of Ligol cultivar during their rehydration. Apples cut into 3 and 10 mm slices and 10 mm cubes were dried with the following methods: natural convection (temperature of drying^{°C}), forced convection (a tunnel drier, parameters of drying air: 50, 60, 70^{°C} and 0,5, 2 m·s⁻¹), fluid drying (60^{°C}). Dried fruit were rehydrated in the distilled water of 20^{°C} temperature. Research proved statistically significant impact of fragmentation of dried fractions on the loss of their dry substance mass during rehydration. Whereas research did not prove statistically significant impact of drying temperature on the loss of dry substance mass and impact of the applied methods of drying on the final value of loss of dry substance mass of dried apples as a result of rehydration.

Key words: drying, rehydration, dry substance, apple

Adres do korespondencji:

Krzysztof Górnicki; e.mail: krzysztof_gornicki@sggw.pl
Katedra Podstaw Inżynierii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 194
02-787 Warszawa