

Dr inż. Aneta CHOIŃSKA
Dr hab. inż. Krzysztof GÓRNICKI
Dr inż. Radosław WINICZENKO
Prof. dr hab. inż. Agnieszka KALETA
Katedra Podstaw Inżynierii, Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie

WPŁYW WARUNKÓW REHYDRACJI NA ZMIANĘ OBJĘTOŚCI CZĄSTEK KRAJANKI SUSZU Z JABŁEK®

The influence of rehydration conditions on the volume change of dried apple cosettes®

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

Słowa kluczowe: susze jabłkowe, medium rehydracyjne, temperatura rehydracji.

Celem przeprowadzonej pracy badawczej była analiza wpływu parametrów rehydracji (temperatury i rodzaju medium) na wzrost objętości suszonych jabłek odmiany Ligol. Jabłka (plastry o grubości 3 i 10 mm, kostki o boku 10 mm) suszono następującymi metodami: konwekcja naturalna (temperatura suszenia 60°C), konwekcja wymuszona (suszarza tunelowa, parametry powietrza suszącego: 50, 60, 70°C, 0,5, 2 m/s), suszenie fluidalne (60°C). Susz rehydratowano w wodzie destylowanej (w temperaturach 20, 45, 70 i 95°C), soku jabłkowym (20°C), 0,5% roztworze kwasu cytrynowego (20°C) i 16,5% roztworze sacharozy (20°C). Badania wykazały wpływ rodzaju medium i temperatury na przebieg procesu rehydracji.

Key words: dried apples, immersion medium, rehydration temperature.

The objective of the research work was to investigate the influence of rehydration parameters (temperature, immersion medium) on the volume increase of dried apples (var. Ligol). Apples (slices of 3 mm and 10 mm in thickness, cubes of 10 mm in thickness) were dried in the: drying chamber (natural convection at 60°C), convective dryer (at 50, 60, and 70°C and 0.5 and 2 m/s) and fluidized bed dryer (at 60°C). The dried apples samples were rehydrated by immersion in: distilled water (at 20, 45, 70, and 95), apple juice at 20°C, 0.5% citric acid solution at 20°C, 16.5% sucrose solution at 20°C. The results have shown that the immersion medium and temperature influence on the rehydration behaviour of dried apples.

WSTĘP

Obecnie na rynku można spotkać różnorodne suszone produkty lub produkty zawierające suszone warzywa bądź owoce w postaci mieszanek np. z płatkami (musli), kaszek, deserów, jogurtów, ciast. Dodatek suszonych owoców jest cenny ze względu na wartość odżywczą oraz sensoryczną produktów. Suszone jabłka są szczególnie ważnym składnikiem, gdyż w porównaniu do innych suszonych owoców zawierają mało kalorii [9]. Proces suszenia powoduje usunięcie wody z materiału (zmniejszenie masy i objętości produktu), spowolnienie reakcji enzymatycznych, hamowanie rozwoju drobnoustrojów, jednak wpływa on niekorzystnie na właściwości suszonego materiału: pogorszenie smaku, aromatu, barwy tekstury, właściwości odżywczych [5,16]. Wiele suszonych produktów spożywa się lub poddaje dalszej obróbce przemysłowej po wcześniejszym uwodnieniu. Najlepiej, aby produkty po rehydracji miały odpowiednią strukturę, a proces przebiegał szybko. Przebieg rehydracji zależy od składu chemicznego materiału, strukturalnych i chemicznych zmian zachodzących w nim podczas suszenia oraz warunków procesu uwadniania [8,17]. Podczas rehydracji

następuje zwiększenie masy i objętości suszu, a jednocześnie obniża się zawartość rozpuszczalnych składników suchej substancji [10].

W literaturze badania dotyczące zmiany objętości suszonych produktów spożywczych podczas ich rehydracji są stosunkowo rzadko opisywane. Bilbo-Sáinz i in. [2] suszyli jabłka odmiany Granny Smith metodą konwekcyjno-mikrofalową, a następnie rehydratowali je przez 7 godzin w wodzie destylowanej o temperaturze 70°C. Górnicki i in. [7] badali zmiany objętości suszonych konwekcyjnie plasterków korzenia pietruszki podczas ich rehydracji przez 6 h w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Maskan [12] badał przyrost objętości ziarn pszenicy podczas ich rehydracji w wodzie destylowanej o temperaturze 20, 30, 50 i 70°C. Saguy i in. [14] rehydratowali w 22°C liofilizowane cząstki marchwi w następujących mediach: roztwory sacharozy, roztwór skrobi pęczniejącej, roztwór gumy guarowej, absolutny (bezwodny) etanol. Sokhansanj i Lang [15] badali pęcznienie wysuszonych ziaren pszenicy i kukurydzy podczas ich nawilżania w powietrzu o temperaturze 40°C i wilgotności względnej 90%. Witrowa-Rajchert [17,18] analizowała zmiany

objętości suszonych konwekcyjnie jabłek odmiany Idared, pietruszki, marchwi, ziemniaków i dyni podczas ich rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Yadaw i Jindal [19] natomiast badali zmiany objętości ziaren ryżu podczas ich rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 25°C.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu warunków rehydratacji na zmianę objętości suszonych jabłek.

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Do badań wykorzystano jabłka odmiany Ligol. Odmiana ta jest bardzo popularna w Polsce i obserwuje się dla niej ciągły wzrost liczby drzew owocujących (z 937 w 2000 r. do 5 494 tys. szt. w 2009 r.) oraz wielkości zbiorów w ogólnej strukturze (z 1,5 w 2000 r. do 5,4% w 2010 r.). Podyktowane jest to m.in. zmieniającymi się preferencjami konsumentów w Polsce, którzy zazwyczaj nabywają jabłka duże, wybarwione, częściej czerwone, niekoniecznie słodkie [3,13].

Surowiec myto i krojono w plastry i kostki. Plastry miały grubość 3 i 10 mm, a kostka 10 mm. Surowiec suszono następującymi metodami:

- konwekcja naturalna, temperatura powietrza suszącego w suszarce (KCW-100, PREMEDI, Marki) wynosiła 60°C,
- konwekcja wymuszona, temperatura powietrza suszącego w suszarce tunelowej wynosiła 50, 60 i 70°C, prędkość powietrza suszącego przyjmowała wartości 0,5 i 2 m·s⁻¹,
- suszenie fluidalne, temperatura powietrza suszącego wynosiła 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 pobierano próbki do dalszych badań.

Proces rehydratacji przeprowadzono w następujących mediach:

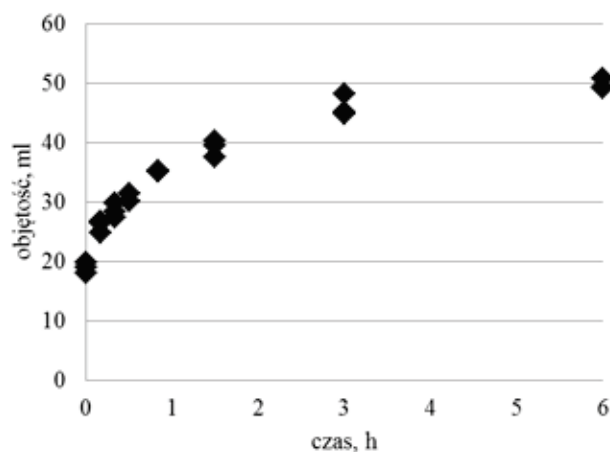
- woda destylowana (w temperaturach 20, 45, 70 i 95°C),
- sok jabłkowy (w temperaturze 20°C),
- 0,5% roztwór kwasu cytrynowego (w temperaturze 20°C),
- 16,5% roztwór sacharozy (w temperaturze 20°C).

Rehydratacja trwała od 6h (dla temperatury medium wynoszącej 20°C) do 2h (dla temperatury medium wynoszącej 95°C).

Oznaczenie objętości wykonano metodą wyporu w eterze naftowym. Pomiar przeprowadzono dla suszu oraz w czasie procesu rehydratacji. Podczas rehydratacji dokonywano przynajmniej 7 pomiarów objętości. Każda próbka poddana rehydratacji posłużyła do pojedynczego pomiaru objętości. Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Maksymalny błąd względny wyznaczania objętości wynosił 5%.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

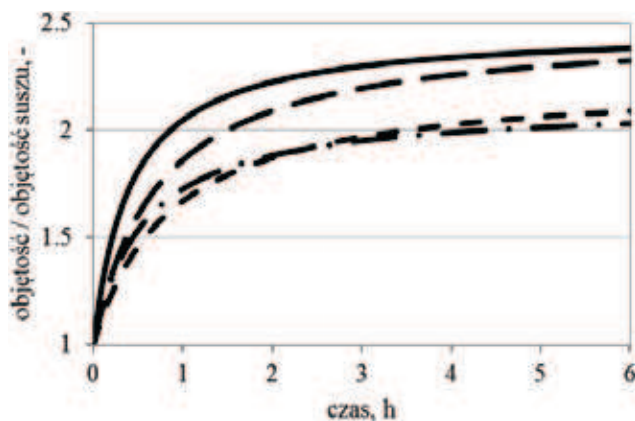
Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy wykres przyrostu objętości materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w konwekcji naturalnej w temperaturze 60°C) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Na rysunku tym przedstawiono punkty pomiarowe.



Rys. 1. Przyrost objętości materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w konwekcji naturalnej w temperaturze 60°C) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C.

Fig. 1. Increase in dry material volume (10 mm apple cubes dried at natural convection at 60°C) immersed in distilled water at 20°C.

Źródło: Badania własne



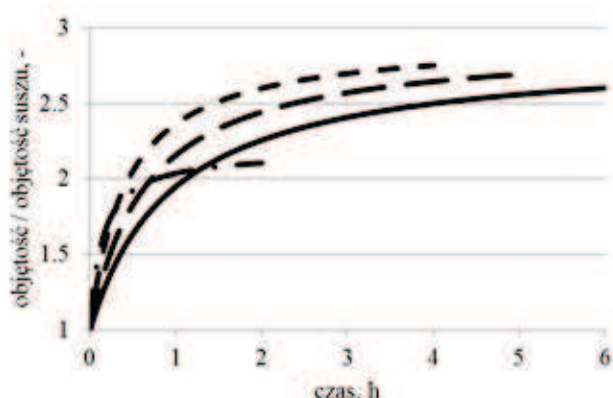
Rys. 2. Przyrost objętości materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce tunelowej, temperatura powietrza suszącego 60°C, prędkość powietrza suszącego 0,5 m/s) podczas rehydratacji w różnych mediach o temperaturze 20°C: (—) woda destylowana, (— · —) 0,5% roztwór kwasu cytrynowego, (- - -) sok jabłkowy, (— · — · —) 16,5% roztwór sacharozy.

Fig. 2. Increase in dry material volume (10 mm apple cubes dried in convective dryer at 60°C and 0.5 m/s) immersed in different media at 20°C: (—) distilled water, (— · —) 0,5% citric acid solution, (- - -) apple juice, (— · — · —) 16,5% sucrose solution.

Źródło: Badania własne

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono funkcje aproksymujące wyniki trzech powtórzeń pomiarów zmian objętości w czasie omawianego procesu.

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ rodzaju medium rehydratującego na przyrost objętości suszonych jabłek podczas rehydratacji. Można zauważyć, że dla wszystkich badanych rodzajów medium przyrost ten jest największy na początku rehydratacji, a po około 2 godzinach proces zaczyna przebiegać znacznie wolniej. Jego przebieg zależy od rodzaju medium, w jakim odbywa się proces. Największy przyrost objętości zaobserwowano dla wody destylowanej i 0,5% roztworu kwasu cytrynowego, najmniejszy natomiast dla soku jabłkowego i 16,5% roztworu sacharozy.



Rys. 3. Przyrost objętości materialu suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, konwekcja naturalna, temperatura powietrza suszącego 60°C) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o różnych temperaturach: (—) 20°C, (— —) 45°C, (- - -) 70°C, (- . —) 95°C.

Fig. 3. Increase in dry material volume (10 mm apple cubes dried at natural convection at 60°C) immersed in distilled water at different temperatures: (—) 20°C, (— —) 45°C, (- - -) 70°C, (- . —) 95°C.

Źródło: Badania własne

Rysunek 3 ukazuje wpływ temperatury rehydratacji na zmiany objętości uwadnianego suszu. Analizując przebieg procesu widać, że w początkowej jego fazie przyrost objętości, zwłaszcza podczas rehydratacji w wyższej temperaturze, jest szybki, natomiast w niższej temperaturze uwadnianie przebiega bardziej równomiernie i wolniej. Im wyższa temperatura rehydratacji, tym przyrost objętości próbki przebiega szybciej. Rehydratacja suszu w wodzie o temperaturze wyższej niż temperatura suszu powoduje jego nagrzewanie. Wraz ze wzrostem temperatury rehydratowanej cząstki wzrasta intensywność dyfuzji, zmniejsza się również opór warstwy granicznej. Proces rehydratacji, w więc również wzrost objętości następuje szybciej. W przedziale temperatur 20-70°C końcowa objętość rehydratowanej próbki rośnie wraz ze wzrostem temperatury. W temperaturze 95°C proces uwadniania przebiega inaczej. Przez pierwsze 20 minut jego szybkość jest największa. Po dwóch godzinach proces praktycznie ustaje i końcowa objętość próbki ma wartość niższą od końcowej objętości próbki rehydratowanej w temperaturze 20°C. Taki przebieg procesu (w temperaturze 95°) może

być tłumaczony spadkiem przepuszczalności tkanki owocu/warzywa spowodowanym oddziaływaniem płynu o wysokiej temperaturze. Podobny przebieg procesu rehydratacji w wysokich temperaturach zauważono dla fasoli [1], grzybów [6], liści kolokazji [11] i ziemniaków [4].

WNIOSKI

Przyrost objętości suszonych jabłek podczas rehydratacji zależy od rodzaju medium, w jakim odbywa się ten proces. Największy przyrost objętości zaobserwowano dla wody destylowanej i 0,5% roztworu kwasu cytrynowego, najmniejszy zaś dla soku jabłkowego i 16,5% roztworu sacharozy.

Przyrost objętości suszonych jabłek podczas rehydratacji zależy od temperatury rehydratacji. Im wyższa temperatura, tym ten przyrost przebiega szybciej i wyższa jest końcowa objętość uwadnianej próbki. Jedynie w temperaturze 95°C końcowa objętość rehydratowanej próbki ma wartość niższą od końcowej objętości próbki rehydratowanej w temperaturze 20°C.

Dalsze prace powinny być prowadzone w kierunku badania wpływu innych rodzajów mediów na wzrost objętości suszonych jabłek podczas ich rehydratacji.

LITERATURA

- [1] ABU-GHANNAM N., MC KENNA B. 1997. *Hydration kinetics of red kidney beans (Phaseolus vulgaris L.)*. Journal of Food Science, 62, 520-523.
- [2] 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.
- [3] BOROWSKA A. 2013. *Zmiana na rynku jabłek w Polsce z uwzględnieniem jabłek regionalnych*. Roczniki Ekonomiki i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 100(1), 152-167.
- [4] CUNNINGHAM S.E., MCMINN W.A.M., MAGEE T.R.A., RICHARDSON P.S. 2008. *Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato*. Journal of Food Engineering, 84, 214-223.
- [5] FIJAŁKOWSKA, A., NOWACKA M., WITROWA-RAJCHERT, D. 2013. *Wpływ oddziaływania ultradźwięków na barwę suszonej konwekcyjnie tkanki jabłka*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2, 40-44.
- [6] GARCIA-PASCUAL P., SANJUAN N., BON J., CARRERES J., MULET A. 2005. *Rehydration process of Boletus edulis mushroom: characteristics and modelling*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 1397-1404.
- [7] GÓRNICKI K., KALETA A., WIERZBICKA A., PACAK-ŻUK S. 2009. *Badanie przebiegu zmian objętości plasterków korzenia pietruszki podczas suszenia i nawilżania*. Acta Agrophysica, 13(1), 103-112.
- [8] GÓRNICKI K., KALETA A., ZDROIK K., GULSKI M. 2013. *Matematyczny opis zmian masy w procesie rehydratacji suszonych plasterków korzenia pie-*

- truszki. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 48-51.
- [9] **KOWALSKA H., MARZEC A., OMEN K. 2012.** *Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na wybrane właściwości rehydracyjne suszonych jabłek.* *Acta Agrophysica*, 19(1), 65-76.
- [10] **LEWICKI P.P. 1998.** *Some remarks on rehydration of dried foods.* *Journal of Food Engineering*, 36, 81-87.
- [11] **MAHARAJ V., SONKAT C.K. 2000.** *The rehydration characteristics and quality of dehydrated dasheen leaves.* *Canadian Agricultural Engineering*, 42(2), 81-85.
- [12] **MASKAN M. 2001.** *Effect of maturation and processing on water uptake characteristics of wheat.* *Journal of Food Engineering*, 47, 51-57.
- [13] **RADZIEWICZ J. 2008.** *Polskie odmiany jabłoni.* *Rolniczy Magazyn Elektroniczny CBR* 28, listopad.
- [14] **SAGUY I.S., MARABIA., WALLACH R. 2005.** *Liquid imbibition during rehydration of dry porous foods.* *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 37-43.
- [15] **SOKHANSANJ S., LANG W. 1996.** *Prediction of kernel and bulk volume of wheat and conola during adsorption and desorption.* *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63, 129-136.
- [16] **VELIĆ, D., PLANINIĆ, M., TOMAS, S., BILIĆ, S. 2004.** *Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying.* *Journal of Food Engineering*, 64(1), 97-102.
- [17] **WITROWA-RAJCHERT, D. 2003.** *Badanie zmian objętości suszonej tkanki roślinnej podczas rehydracji.* *Acta Agrophysica*, 2(4), 867-878.
- [18] **WITROWA-RAJCHERT, D. 2003.** *Matematyczne modelowanie procesu rehydracji suszonej tkanki jabłka.* *Acta Agrophysica*, 82, 193-204.
- [19] **YADOV B.K., JINDAL V.K. 2007.** *Modeling changes in milled rice (*Oryza sativa L.*) kernel dimensions during soaking by image analysis.* *Journal of Food Engineering*, 80, 359-369.