

Prof. dr hab. inż. Agnieszka KALETA

Dr inż. Radosław WINICZENKO

Dr inż. Aneta CHOIŃSKA

Dr hab. inż. Krzysztof GÓRNICKI

Katedra Podstaw Inżynierii, Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie

UWARUNKOWANIA ZMIAN MASY I MASY SUCHEJ SUBSTANCJI PODCZAS REHYDRATACJI SUSZONYCH JABŁEK®

Determinans of the mass and dry matter changes during the rehydration
of dried apples ®

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

Słowa kluczowe: susze jabłkowe, cieczy rehydracyjne, temperatura rehydratacji.

Celem pracy przedstawionej w artykule jest analiza wpływu parametrów rehydratacji (temperatury i rodzaju cieczy rehydratującej) na zmiany masy i masy suchej substancji podczas rehydratacji 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 (suszarka 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 (w temperaturze 20°C), 0,5% roztworze kwasu cytrynowego (w temperaturze 20°C) i 16,5% roztworze sacharozy (w temperaturze 20°C). Badania wykazały wpływ rodzaju cieczy rehydratującej i jej temperatury na przebieg procesu rehydratacji. Największy przyrost masy występował w wodzie destylowanej i 0,5% roztworze kwasu cytrynowego, najmniejszy w soku jabłkowym i 16,5% roztworze sacharozy. Najmniejszy ubytek masy suchej substancji występował w 16,5% roztworze sacharozy, największy w wodzie destylowanej i 0,5% roztworze kwasu cytrynowego. Im wyższa temperatura (w przedziale 20-70°C), tym wyższa końcowa masa uwodnionej próbki. W temperaturze 95°C masa ta jest zbliżona do końcowej masy próbki rehydratowanej w temperaturze 45°C. Próbki uwodniane w temperaturze 45, 70 i 95°C wykazują taką samą wartość końcowego ubytku masy suchej substancji, w temperaturze 20°C wartość ta jest niższa.

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

The objective of this study was to investigate the influence of rehydration parameters (temperature, immersion medium) on the mass and dry matter changes during the rehydration 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°C), 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. The highest increase in mass has been observed in distilled water and in 0.5% citric acid solution, the lowest one in apple juice and in 16.5% sucrose solution. The lowest dry matter loss has been noticed in 16.5% sucrose solution, the highest one in the distilled water and in 0.5% citric acid solution. The higher the rehydration temperature (within the range of 20-70°C) the higher the final mass of rehydrated sample. The value of final mass at 95°C approaches the value of final mass at 45°C. The values of final dry matter loss at 45, 70, and 95°C are close to each other whereas the value at 20°C is lower.

WSTĘP

Wraz z rozwojem cywilizacji zmienia się również sposób żywienia ludzi. Coraz bardziej ceniona i poszukiwana staje się tzw. żywność wygodna, czyli przystosowana do szybkiego przyrządzenia z niej (lub w połączeniu z innymi składnikami) bezpiecznych pod względem zdrowotnym posiłków, a jednocześnie wykazujących ograniczoną podatność na niekorzystne zmiany jakościowe podczas jej przechowywania. Przykładem żywności wygodnej są koncentraty spożywcze,

czyli produkty żywnościowe otrzymane metodą przemysłowego odwadniania lub zagęszczania surowców roślinnych i zwierzęcych, nadające się do dłuższego przechowywania oraz szybkiego przyrządzenia [21]. Charakteryzują się one łatwością przyrządzenia posiłków, wielokrotnie mniejszą masą i objętością w stosunku do produktów nieodwodnionych oraz dużą trwałością dzięki małej zawartości wody [18]. Do grupy żywności wygodnej zalicza się m.in. dostępne na rynku różnorodne produkty suszone lub zawierające suszone warzywa bądź owoce w postaci mieszanek, np.

z płatkami (musli), kaszek, deserów, jogurtów i ciast. Dodatek suszonych owoców jest cenny ze względu na wartość odżywczą oraz sensoryczną. Szczególnie ważnym dodatkiem są suszone jabłka, gdyż w porównaniu z innymi suszonymi owocami zawierają mało kalorii [11, 13]. Spożywanie żywności wygodnej wymaga poddania jej procesowi uwodnienia. Podczas tej obróbki następuje zwiększenie masy i objętości suszu a jednocześnie obniżenie zawartości rozpuszczalnych składników suchej substancji [14]. Zmiany te są spowodowane wnikaniem wody do wnętrza rehydratowanego materiału na zasadzie dyfuzji i ssania kapilarnego oraz przenikania substancji rozpuszczalnych na zewnątrz.

Przebieg procesu rehydracji zależy m.in. od rodzaju cieczy rehydratującej i jej temperatury. Z przeglądu literatury wynika, że najczęściej badano proces rehydracji w wodzie [7, 9, 10, 12, 17, 22]. Inne ciecze, w których badano proces rehydracji suszonych produktów spożywczych to: mleko [15, 24], roztwory sacharozy [8, 19], roztwór octanu potasu [20, 23], kwasu jabłkowego [20, 23], fruktozy [23], roztwór skrobi pęczniejącej, roztwór gumy guarowej i absolutny (bezwodny) etanol [19]. Badano wpływ lepkości, napięcia powierzchniowego [19] oraz pH cieczy rehydratującej [23] na proces rehydracji. Badano również wpływ temperatury na proces rehydracji papai [25].

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań wpływu parametrów rehydracji na zmiany masy i masy suchej substancji podczas rehydracji suszonych jabłek odmiany Ligol. W literaturze brak jest badań procesu rehydracji suszonych jabłek tej odmiany, a jak wykazały badania, odmiana owocu/warzywa może mieć wpływ na przebieg rehydracji [3, 5].

MATERIAŁ I METODY

Umyte jabłka krojono w plastry o grubości 3 i 10 mm oraz kostki o boku 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 0,5 i 2 m/s,
- 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 rehydracji przeprowadzono w następujących cieczach:

- woda destylowana (o temperaturach 20, 45, 70 i 95°C (woda miękka – PN-ISO 6059:1999)),
- sok jabłkowy (o temperaturze 20°C, (100%, z zagęszczonego soku jabłkowego, pasteryzowany, klarowny, zawartość wybranych składników mineralnych: Na 2 mg/100g, Ca 9 mg/100g, Mg 5 mg/100g, P 6 mg/100g, K 110 mg/100g [13])),

- 0,5% roztwór kwasu cytrynowego (o temperaturze 20°C),
- 16,5% roztwór sacharozy (o temperaturze 20°C).

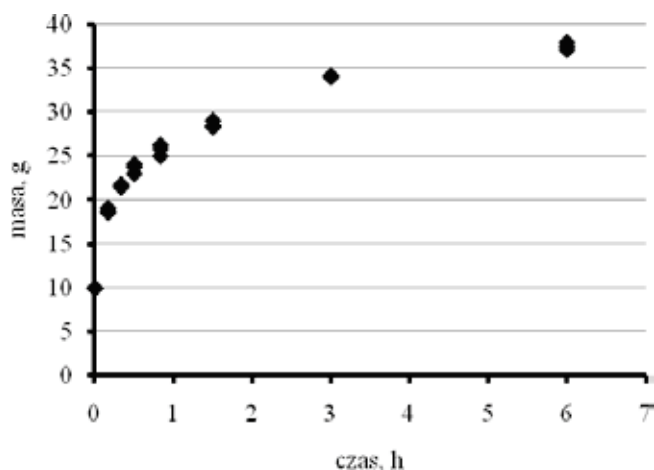
Rehydracja trwała od 6h (dla temperatury cieczy rehydratującej 20°C) do 2h (dla temperatury cieczy 95°C).

Oznaczenie masy przebiegało w następujący sposób. Próbkę ważono 7 razy w czasie rehydracji. Rehydratowane próbki oddzielano od cieczy rehydratującej, osuszano bibułą i ważono. Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Do pomiaru masy próbki wykorzystano wagę WPE 300 (RADWAG, Radom). Maksymalny błąd względny wyznaczania masy materiału podczas rehydracji wyniósł 0,1%.

Zawartość suchej substancji oznaczono zgodnie z PN-90/A-75101/03. Pomiary te przeprowadzono dla suszu oraz w czasie rehydracji. Rehydrat podsuszano przed oznaczeniem w nim zawartości suchej substancji. Podczas rehydracji 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 wyniósł 0,1%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki eksperymentów przedstawiono na rysunkach 1-6. Rysunek 1 przedstawia przyrost masy materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm suszone w suszarce tunelowej w temperaturze 50°C, prędkość powietrza suszącego 0,5 m/s) podczas rehydracji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C.



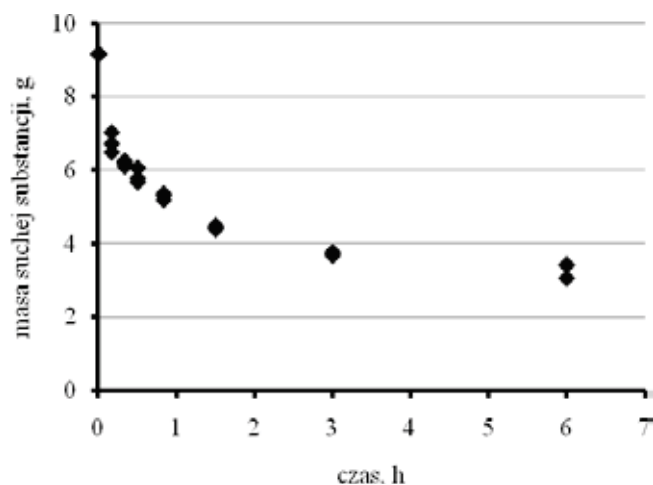
Rys. 1. Przyrost masy materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, konwekcja wymuszona, temperatura powietrza suszącego 50°C, prędkość powietrza suszącego 0,5 m/s) podczas rehydracji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C.

Fig. 1. Increase in mass during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried in convective dryer at 50°C and 0.5 m/s) immersed in distilled water at 20°C.

Źródło: Badania własne

Rysunek 2 przedstawia ubytek masy suchej substancji materiału suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm suszone w suszarce tunelowej w temperaturze 70°C, prędkość

powietrza suszącego 0,5 m/s) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej także o temperaturze 20°C. Na obu wymienionych rysunkach przedstawione są punkty pomiarowe.



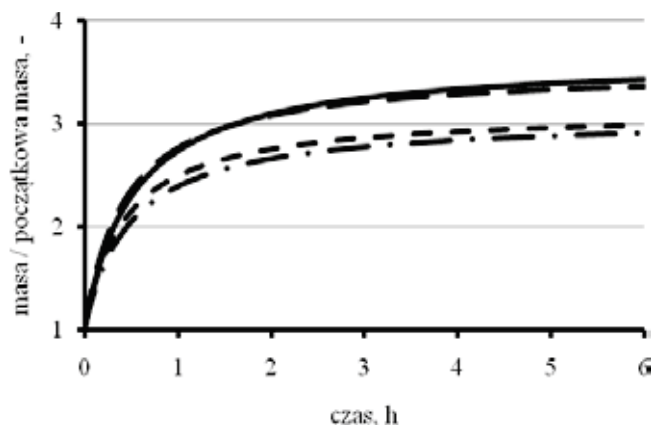
Rys. 2. Ubytek masy suchej substancji materialu suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, konwekcja wymuszona, temperatura powietrza suszącego 70°C, prędkość powietrza suszącego 0,5 m/s) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C.

Fig. 2. Dry matter loss during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried in convective dryer at 70°C and 0.5 m/s) immersed in distilled water at 20°C.

Źródło: Badania własne

Rysunki 3-6 przedstawiają funkcje aproksymujące wyniki trzech powtórzeń pomiarów przyrostu masy (rys. 3 i 5) i ubytku masy suchej substancji (rys. 4 i 6) w czasie omawianego procesu.

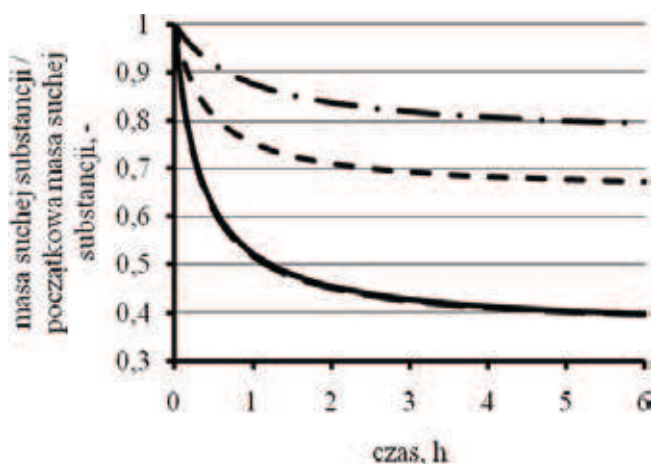
Rysunek 3 obrazuje wpływ rodzaju cieczy rehydratującej na przyrost masy, zaś rysunek 4 wpływ rodzaju cieczy na ubytek masy suchej substancji podczas rehydratacji suszonych jabłek. Analizując przebieg procesu można zauważyć, że dla wszystkich badanych rodzajów cieczy rehydratujących proces przyrostu masy i proces ubytku rozpuszczalnych składników suchej substancji przebiega najszybciej na początku rehydratacji, a po około 2 godzinach znacznie zwalnia. Woda zaabsorbowana w rehydratowanej cząstce jest rozpuszczalnikiem suchej substancji. Woda jest substancją silnie polarną (względna przenikalność elektryczna: 80 w 20°C, moment dipolowy: 1,84 D). Tak duża stała dielektryczna wody osłabia oddziaływanie elektrostatyczne między ładunkami, dzięki czemu woda jest dobrym rozpuszczalnikiem substancji polarnych [2]. Sucha substancja przemieszcza się na zewnątrz próbki, powodując spadek stężenia suchej substancji w próbce, wzrost jej stężenia w warstwie granicznej i otaczającej cząstkę cieczy, przy czym warstwa graniczna stwarza opór wymiany masy. Przyrost masy rehydratowanej próbki jest wynikiem zwiększenia masy rehydratującego płynu zaabsorbowanego przez cząstkę oraz zmniejszenia masy suchej substancji w tej cząstce. Wraz z upływem czasu ustala się równowaga stężeń składników suchej substancji w rehydratowanej cząstce i otaczającej ją cieczy, co powoduje, że zanika proces wymiany masy tej substancji.



Rys. 3. Przyrost masy materialu suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce fluidyzacyjnej w temperaturze 60°C) podczas rehydratacji w różnych cieczach o temperaturze 20°C: (—) woda destylowana, (---) 0,5% roztwór kwasu cytrynowego, (- - -) sok jabłkowy, (- · -) 16,5% roztwór sacharozy.

Fig. 3. Increase in mass during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried in fluidized bed dryer at 60°C) immersed in different media at 20°C: (—) distilled water, (---) 0.5% citric acid solution, (- - -) apple juice, (- · -) 16.5% sucrose solution.

Źródło: Badania własne



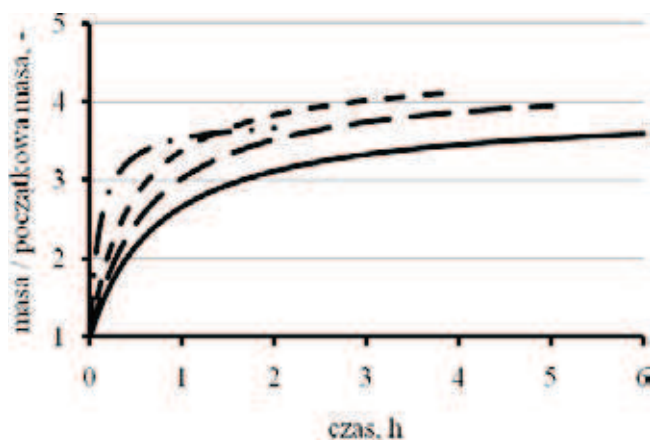
Rys. 4. Ubytek masy suchej substancji w materiale suszonym (kostki jabłek o boku 10 mm, suszone w suszarce tunelowej, temperatura powietrza suszącego 60°C, prędkość powietrza suszącego 2 m/s) podczas rehydratacji w różnych cieczach o temperaturze 20°C: (—) woda destylowana, (---) 0,5% roztwór kwasu cytrynowego, (- - -) sok jabłkowy, (- · -) 16,5% roztwór sacharozy.

Fig. 4. Dry matter loss during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried in convective dryer at 60°C and 2 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

Z przeprowadzonych badań wynika również, że przebieg rehydratacji zależy od rodzaju cieczy, w jakiej odbywa się ten proces. Największy przyrost masy próbki zaobserwowano dla wody destylowanej i 0,5% roztworu kwasu cytrynowego, najmniejszy zaś dla soku jabłkowego i 16,5% roztworu sacharozy. Najmniejszy ubytek masy suchej substancji wystąpił, gdy próbka była rehydratowana w 16,5% roztworze sacharozy. Rehydratowanie cząstek suszonego jabłka w wodzie destylowanej i 0,5% roztworze kwasu cytrynowego powodowało najmniejszy ubytek masy suchej substancji. Można zauważyć prawidłowość mówiącą, że im więcej rehydratującej cieczy zostanie zaabsorbowane przez próbkę, tym więcej suchej substancji przemieści się na zewnątrz próbki.

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ temperatury rehydratacji na przyrost masy uwadnianego suszu.



Rys. 5. Przyrost masy materialu suszonego (kostki jabłek o boku 10 mm, konwekcja naturalna, temperatura powietrza suszącego 60°C) podczas rehydratacji w wodzie destylowanej w różnych temperaturach: (—) 20°C, (— —) 45°C, (— · —) 70°C, (— · —) 95°C.

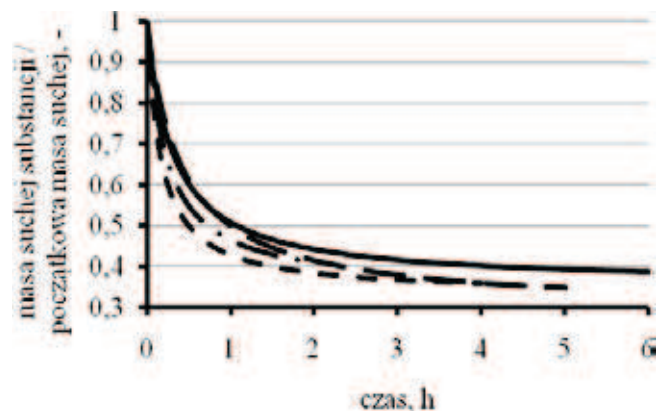
Fig. 5. Increase in mass during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried at natural convection at 60°C) immersed in distilled water at different temperatures: (—) 20°C, (— —) 45°C, (— · —) 70°C, (— · —) 95°C.

Źródło: Badania własne

Początkowy szybki wzrost masy można zaobserwować podczas rehydratacji w wyższej temperaturze, natomiast w niższej proces przebiega bardziej równomiernie i wolniej. Widać również, że im wyższa temperatura rehydratacji, tym przyrost masy próbki przebiega szybciej. W przedziale temperatur 20-70°C końcowa masa rehydratowanej próbki rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Może to być spowodowane wzrostem intensywności dyfuzji wraz ze wzrostem temperatury. Inaczej natomiast przebiega proces rehydratacji w temperaturze 95°C. W pierwszej godzinie jego szybkość jest największa. Po dwóch godzinach proces praktycznie ustaje i końcowa masa próbki ma wartość zbliżoną do masy próbki rehydratowanej w temperaturze 45°C. Podobną tendencję dla procesu uwadniania w wysokich temperaturach zauważyli: Cunningham i in. [4] dla ziemniaków, Garcia-Pascual i in. [6] dla grzybów, Abu-Ghannam i McKenna [1] dla fasoli a Maharaj i Sankat [16] dla liści kolokazji

(*Colocasia esculenta*). Przyczyną może być spadek przepuszczalności tkanki owocu/warzywa spowodowany oddziaływaniem płynu o wysokiej temperaturze.

Na rysunku 6 przedstawiono wpływ temperatury rehydratacji na ubytek masy suchej substancji. W pierwszej godzinie trwania procesu następuje gwałtowny ubytek masy suchej substancji. Szybkość tego ubytku wzrasta wraz ze wzrostem temperatury w przedziale 20-70°C, a w temperaturze 95°C jest mniejsza niż w temperaturze 70°C. Po dwóch godzinach ubytek masy suchej substancji jest już o wiele wolniejszy. Najmniejszym końcowym ubytkiem charakteryzują się próbki rehydratowane w temperaturze 20°C, natomiast próbki uwadniane w temperaturze 45, 70 i 95°C wykazują taką samą wartość końcowego ubytku masy suchej substancji. Zaobserwowany wpływ temperatury w początkowym etapie trwania procesu może być wytłumaczony następująco. Rehydratacja suszu w wodzie o temperaturze wyższej niż temperatura suszu powoduje jego nagrzewanie. Absorbowana w rehydratowanej cząstce woda, będąca rozpuszczalnikiem suchej substancji, powoduje rozpuszczenie w niej tej substancji. Intensywność rozpuszczania wzrasta wraz ze wzrostem temperatury (zgodnie z prawem Ficka i równaniem Arrheniusa). W wyższej temperaturze sucha substancja przemieszcza się szybko w objętości próbki (ze wzrostem temperatury wzrasta intensywność dyfuzji), a następnie przemieszcza się na zewnątrz. Inny przebieg rehydratacji w temperaturze 95°C może być wytłumaczony (jak zostało wspomniane), spadkiem przepuszczalności tkanki jabłka spowodowanej oddziaływaniem wysokiej temperatury.



Rys. 6. Ubytek masy suchej substancji w materiale suszonym (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 wodzie destylowanej w różnych temperaturach: (—) 20°C, (— —) 45°C, (— · —) 70°C, (— · —) 95°C.

Fig. 6. Dry matter loss during the rehydration of apple (10 mm cubes thickness, dried in convective dryer at 60°C and 0.5 m/s) immersed in distilled water at different temperatures: (—) 20°C, (— —) 45°C, (— · —) 70°C, (— · —) 95°C.

Źródło: Badania własne

WNIOSKI

1. Przyrost masy suszonych jabłek podczas rehydratacji zależy od rodzaju cieczy, w jakiej odbywa się ten proces. Największy przyrost masy zaobserwowano dla wody destylowanej i 0,5% roztworu kwasu cytrynowego, najmniejszy zaś dla soku jabłkowego i 16,5% roztworu sacharozy.
2. Ubytek masy suchej substancji jabłek podczas rehydratacji zależy od rodzaju cieczy, w jakiej odbywa się ten proces. Najmniejszy ubytek masy suchej substancji zaobserwowano dla 16,5% roztworu sacharozy, największy zaś dla wody destylowanej i 0,5% roztworu kwasu cytrynowego.
3. Przyrost masy suszonych jabłek podczas rehydratacji zależy od temperatury rehydratacji. Im wyższa temperatura, tym przyrost przebiega szybciej i wyższa jest końcowa masa uwadnianej próbki. Jednocześnie w temperaturze 95°C końcowa masa rehydratowanej próbki jest zbliżona do końcowej masy próbki rehydratowanej w temperaturze 45°C.
4. Najmniejszym końcowym ubytkiem suchej substancji charakteryzują się próbki suszonych jabłek rehydratowanych w temperaturze 20°C, natomiast próbki uwadniane w temperaturze 45, 70 i 95°C wykazują taką samą wartość końcowego ubytku masy suchej substancji.
5. Wskazane byłoby prowadzenie dalszych badań dotyczących wpływu innych rodzajów cieczy na zmianę masy i masy suchej substancji w suszonych jabłkach podczas ich rehydratacji.

LITERATURA

- [1] **ABU-GHANNAM N., MCKENNA B. 1997.** *Hydration kinetics of red kidney beans (Phaseolus vulgaris L.)*. Journal of Food Science, 62, 520-523.
- [2] Chemia żywności. 2002. Red. Z.E. Sikorski, WNT Warszawa.
- [3] **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.
- [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] **FALADE K.O., ABBO E.S. 2007.** *Air drying and rehydration characteristics of date palm (Phoenix dactylifera L.) fruits*. Journal of Food Engineering, 79, 724-730.
- [6] **GARCIA-PASCUAL P., SANJUÁN 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] **GARCIA-PASCUAL P., SANJUÁN N., MELIS R., MULET A. 2006.** *Marchella esculenta (morel) rehydration process modelling*. Journal of Food Engineering, 72, 346-353.
- [8] **GIRALDO G., VÁZQUEZ R., MARTÍN-ESPARZA M.E., CHIRALT A. 2006.** *Rehydration kinetics and solids lixiviation of candied mango fruit as affected by sucrose concentration*. Journal of Food Engineering, 77, 825-834.
- [9] **GÓRNICKI K., KALETA A., ZDROIK K., GULSKI M. 2013.** *Matematyczny opis zmian masy w procesie rehydratacji suszonych plasterków korzenia pietruszki*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2, 48-51.
- [10] **KALETA A., GÓRNICKI K., WIERZBICKA A., PACAK-ŻUK S. 2008.** *Badania przebiegu procesu rehydratacji suszonych plasterków korzenia pietruszki*. Acta Agrophysica, 12 (3), 689-698.
- [11] **KOWALSKA H., MARZEC A., OMEN K. 2012.** *Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na wybrane właściwości rehydracyjne suszonych jabłek*. Acta Agrophysica, 19 (1), 65-76.
- [12] **KRAMKOWSKI R., STĘPIUEŃ B., PEROŃ S. 2003.** *Selected aspects of freeze-drying in the production of instantly reconstitutable foodstuffs*. Acta Agrophysica, 2 (2), 339-346.
- [13] **KUNACHOWICZ H., NADOLNA I., IWANOW K., PRZYGODA B. 2007.** *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- [14] **LEWICKI P.P. 2008.** *Some remarks on rehydration of dried foods*. Journal of Food Engineering, 36, 81-87.
- [15] **MACHADO M.F., OLIVEIRA F.A.R., CUNHA L.M. 1999.** *Effect of milk fat and total solids concentration on the kinetics of moisture uptake by ready-to-eat breakfast cereal*. International Journal of Food Science and Technology, 34, 47-57.
- [16] **MAHARAJ V., SONKAT C.K. 2000.** *The rehydration characteristics and quality of dehydrated dasheen leaves*. Canadian Agricultural Engineering, 42 (2), 81-85.
- [17] **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.
- [18] **REMISZEWSKI M., SŁOWIŃSKI W. 1996.** *Koncentraty spożywcze, żywność wygodna i szybka*. Przemysł Spożywczy, 8, 24-29.
- [19] **SAGUY I.S., MARABI A., WALLACH R. 2005.** *Liquid imbibition during rehydration of dry porous foods*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6, 37-43.
- [20] **SCHALOW S., KUNZEK H. 2004.** *The influence of predrying treatment and of suspension solution conditions on the rehydration of apple cell wall materials*. European Food Research Technology, 219, 329-340.

- [21] Towaroznawstwo żywności przetworzonej. 1999. Red. F. Świderski. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [22] **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.
- [23] **VETTER S., KUNZEK H. 2003.** *The influence of suspension solution conditions on the rehydration of apple cell wall materials*. European Food Research Technology, 216, 39-45.
- [24] **WITROWA-RAJCHERT D., DWORSKI T. 2006.** *Modelowanie wnikania wody podczas rehydracji suszonego jabłka*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 16/29 (2), 20-23.
- [25] **ZURA L., URIBE E., LEMUS-MONDACA R., SAAVEDRA-TORRICO J., VEGA-GÁLVEZ, DI SCALA K. 2013.** *Rehydration capacity of chilean papaya (Vasconcellea pubescens): Effect of process temperature on kinetic parameters and functional properties*. Food Bioprocess Technology, 6 (3), 844-850.