

HANNA KOWALSKA

WPŁYW WITAMINY C NA PRZEBIEG ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO JABŁEK

Streszczenie

Zastosowanie łagodnych parametrów odwadniania osmotycznego może być wykorzystane w technologii wytwarzania produktów o małym stopniu przetworzenia. Obecnie wzrasta zainteresowanie tzw. żywnością minimalnie przetworzoną, charakteryzującą się zachowaniem naturalnych walorów surowca pod względem właściwości odżywczych i cech sensorycznych. Budowa tkankowa jabłek o właściwościach półprzepuszczalnych umożliwia zmniejszenie zawartości wody w wyniku odwadniania osmotycznego oraz wprowadzenie substancji dodatkowych zawartych w roztworze immersyjnym.

W pracy analizowano zmiany zawartości wody, suchej substancji oraz witaminy C w jabłkach odwadnianych osmotycznie. Próbki w kształcie kostek o boku 10 mm przetrzymywano w roztworach sacharozy i koncentratu soku jabłkowego z 2-procentowym dodatkiem witaminy C. Stężenia roztworów odpowiadały aktywności wody 0,9. Temperaturę zmieniano w zakresie od 20 do 40°C. Jabłka odwadniano osmotycznie w czasie od 0 do 180 min.

Odwadnianie jabłek w roztworze koncentratu soku jabłkowego i sacharozy w obecności witaminy C nie wpłynęło istotnie na zawartość i ubytki wody w jabłkach w porównaniu z procesem odwadniania bez jej udziału. Natomiast przyrost suchej masy podczas odwadniania jabłek w obecności witaminy C został zwiększony o około 50% przy zastosowaniu koncentratu soku jabłkowego i o około 30% w roztworze sacharozy. Obecność witaminy C wpłynęła na szybkość usuwania wody z jabłek. W temp. 40°C szybkość ta była około 2-krotnie większa w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C. Zawartość witaminy C w jabłkach uzależniona była od temperatury procesu, szczególnie przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego. Z podwyższaniem temp. w zakresie 20–40°C zwiększeniu ulegała zawartość witaminy C w badanym materiale. Obecność witaminy C w roztworze osmotycznym spowodowała zwiększenie umownego współczynnika dyfuzji wody oraz bardziej intensywne przenikanie substancji osmotycznej do jabłek podczas odwadniania osmotycznego.

Słowa kluczowe: odwadnianie osmotyczne, wymiana masy, glukoza, sacharoza, syrop skrobiowy, witamina C

Wprowadzenie

Prowadzone w wielu krajach badania żywieniowe wykazały, że wzrost uprzemysłowienia i dobrobytu populacji przyczynił się w części do zmniejszenia

spożycia niektórych składników odżywczych w odniesieniu do zalecanych norm żywienia. Żywność wysoko przetworzona, którą łatwo jest przyrządzić, często pozbawiona jest wielu cennych składników odżywczych. Koniecznością staje się uzupełnianie diety o brakujące lub występujące w niedostatecznej ilości witaminy, składniki mineralne, błonnik pokarmowy, nienasycone kwasy tłuszczowe i inne składniki [6]. Sposobem zachowania cennych walorów odżywczych surowca, jak również cech sensorycznych czy teksturalnych jest technologia minimalnego przetwarzania [2, 3, 12].

Jednym ze sposobów otrzymywania tego rodzaju produktów jest technologia opracowana z zastosowaniem odwadniania osmotycznego. Charakterystyczna w surowcach roślinnych tkanka złożona z komórek otoczonych błoną komórkową, utrudnia wnikanie pewnych związków i umożliwia przenikanie innych np. wody, soku komórkowego, cukrów, witamin, soli mineralnych i innych [5]. Częściowemu zmniejszeniu zawartości wody, np. w owocach czy warzywach, a zarazem częściowemu utrwaleniu żywności może towarzyszyć wprowadzanie innych składników. Łagodne warunki odwadniania osmotycznego w minimalnym stopniu zmieniają właściwości produktu i jego skład chemiczny. Jednocześnie wnikanie do tych produktów dodatkowych substancji odżywczych ma na celu m. in. wyrównanie strat substancji podczas procesu przetwórczego, dodawanie do produktów alternatywnych składników występujących w zastępowanej żywności, wzbogacanie produktu w składnik, który występuje w racji pokarmowej w małych ilościach lub produkcję żywności specjalnego przeznaczenia. Tym samym zwiększa się konsumencką atrakcyjność tych produktów [1, 7, 8, 9, 10, 11].

Odwadnianie produktów z równoczesnym wprowadzaniem składników odżywczych, np. witaminy C lub wapnia wpływa na poprawę tekstury i właściwości sensorycznych owoców i warzyw. Z tego względu odwadnianiu osmotycznemu poświęca się coraz więcej uwagi [2, 4, 5, 8]. Wprowadzenie witaminy C do jabłek podczas odwadniania osmotycznego staje się szansą otrzymania produktu o cechach funkcjonalnych [2, 13].

Celem pracy była analiza zmian zawartości: wody, przyrostu suchej masy i witaminy C w jabłkach podczas odwadniania osmotycznego przy zastosowaniu różnych parametrów procesu.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były jabłka odmiany Idared, pokrojone w kształcie kostek o boku 10 mm. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w 61,5-procentowym roztworze sacharozy lub 50-procentowym roztworze koncentratu soku jabłkowego w stężeniach odpowiadających aktywności wody 0,9. Średni skład koncentratu jabłkowego był następujący: sacharoza 13 g/l, glukoza 26 g/l, fruktoza 62-65 g/l, sorbitol 3,5 g/l. Temp. procesu zmieniana była w zakresie 20-40°C. Odwadniano w warunkach dynamicznych poprzez wprawienie naczyń ekstrakcyjnych w ruch

drzający. Stężenie witaminy C (kwas askorbinowy) w roztworze osmotycznym wynosiło 2%.

Zawartość witaminy C oznaczano według normy PN-90/A-75101/11 dotyczącej przygotowania próbek i metod badań fizykochemicznych. Oznaczano zawartość witaminy C w formie kwasu L-askorbinowego oraz sumy kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego za pomocą miareczkowania 2,6-dichloroindofenolem w środowisku kwaśnym.

Oznaczanie zawartości suchej masy wykonano metodą wagową według PN-90/A-75101.03. Wyniki przedstawiono jako średnią z trzech powtórzeń.

Do opisu procesów technologicznych zastosowano następujące wielkości i równania matematyczne:

- zmiany zawartości wody u , [g H₂O/g s.m.]:

$$u = A + B \cdot \exp^{-t/k} \quad [1]$$

- ubytki wody Δu , [g H₂O/g p. s.m.]:

$$\Delta s = A \cdot (1 - \exp^{-t/k}) \quad [2]$$

- przyrost suchej masy Δs , [g/g p. s.m.]:

$$\Delta s = A \cdot (1 - \exp^{-t/k}) \quad [3]$$

gdzie: t – czas odwadniania, [min]

A , B , k – stałe procesu

- szybkość usuwania wody, du/dt , [g H₂O/(g p. s.m.·min)] oraz
- szybkość wnikania substancji osmotycznej, ds/dt , [g/(g p. s.m.·min)]:

$$\frac{du(ds)}{dt} = B \cdot k \cdot \exp^{-t/k} \quad [4]$$

- przyrost zawartości witaminy C w jabłkach, ΔC [mg/100 g].

Umowny współczynnik dyfuzji [m²/s] wody D_w , substancji osmotycznej D_s i witaminy C D_c wyznaczono na podstawie I i II prawa Ficka:

$$N = D \frac{dc}{dx} \quad [5]$$

gdzie: D – umowny współczynnik dyfuzji D_w , D_s , D_c [m²·s⁻¹],

N – strumień masy [kg·s⁻¹],

c – stężenie substancji dyfundującej [kg·m⁻³],

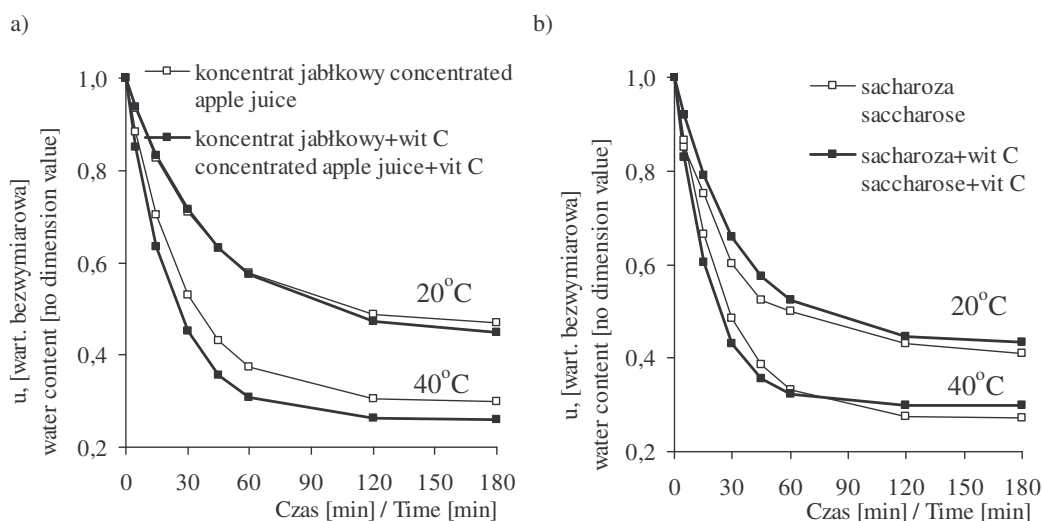
x – droga dyfuzji [m],

Wyniki opracowano statystycznie stosując wieloczynnikową analizę wariancji (Multifactor ANOVA) i weryfikację hipotez przy zastosowaniu testu istotności za pomocą programu Statgraphics.

Wyniki i dyskusja

Współczynniki korelacji równań [1] i [2] dotyczących zmian zawartości i ubytku wody oraz przyrostu suchej masy zawierały się w zakresie od 0,9306 do 0,9890. W jabłkach odwadnianych w roztworze koncentratu soku jabłkowego z witaminą C w

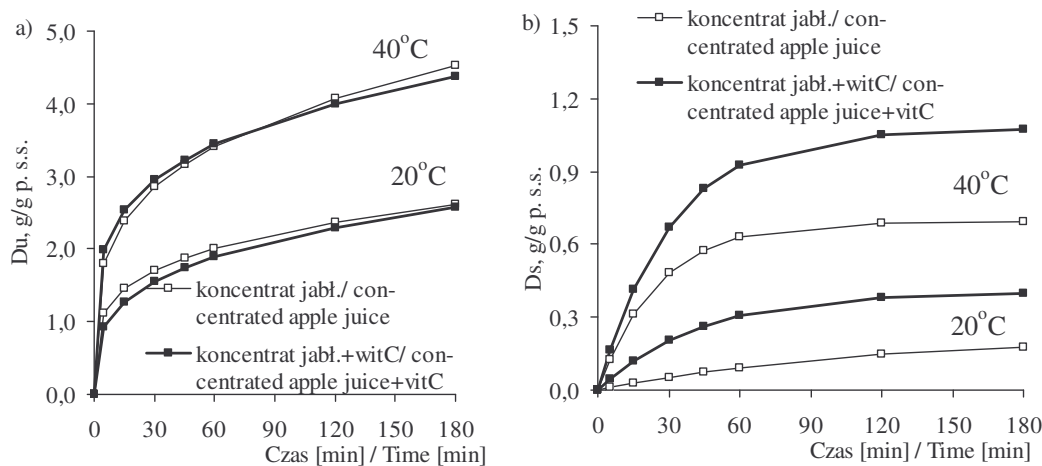
zakresie temp. 20–40°C nastąpiło nieznacznie większe, do około 15%, zmniejszenie bezwymiarowej zawartości wody w porównaniu z odwadnianiem bez witaminy C (rys. 1a). Mniejsze znaczenie obecności witaminy C w przebiegu zmian zawartości wody w odwadnianych jabłkach zaobserwowano przy zastosowaniu roztworu sacharozy (rys. 1b). Jednocześnie ubytki wody z badanych jabłek nie różniły się statystycznie istotnie (rys. 2a).



Rys. 1. Wpływ temperatury i witaminy C na zawartość wody [u] w jabłkach odwadnianych osmotycznie w roztworach: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy.

Rys. 1. The effect of temperature and vitamin C on water content [u] in the osmotically dehydrated apples, in the solutions of: a) concentrated apple juice; b) saccharose.

Zaobserwowano statystycznie istotny wpływ witaminy C na przyrost suchej masy w jabłkach w obu roztworach osmotycznych (rys. 2b). Podczas odwadniania jabłek z udziałem witaminy C przyrost suchej masy został zwiększony o około 50% przy zastosowaniu koncentratu soku jabłkowego i o ok. 30% w roztworze sacharozy w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym bez udziału witaminy C. Największy przyrost suchej masy, wskutek wniknięcia do jabłek składników roztworu osmotycznego, odnotowano w okresie do 45 min. Z tego powodu odwadnianie osmotyczne wydaje się być korzystne przy wykorzystaniu w technologii produkcji żywności minimalnie przetworzonej, ponieważ krótki czas odwadniania w obecności innych substancji odżywczych może mieć pozytywny wpływ na jakość produktu końcowego [6].



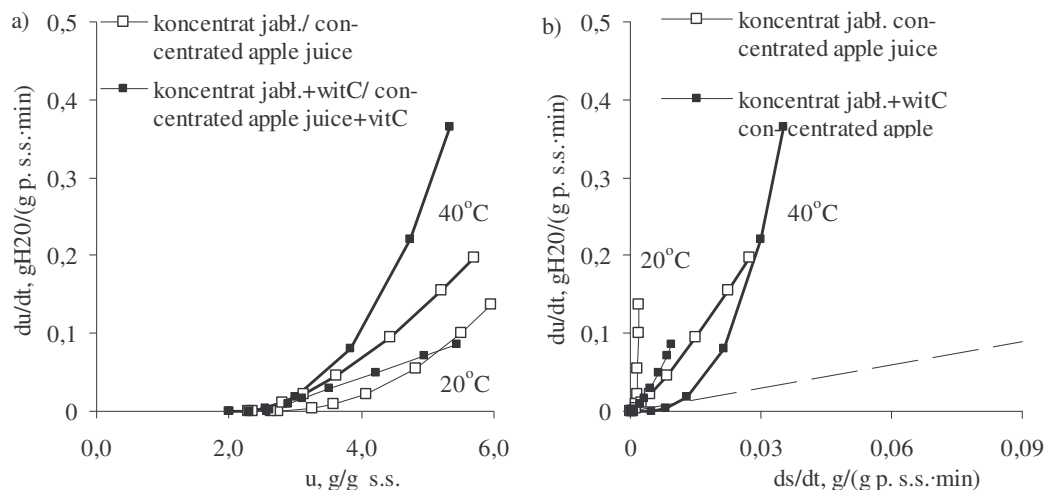
Rys. 2. Wpływ temperatury i witaminy C na: a) ubytki wody [Δu] b) przyrost suchej masy [Δs] w jabłkach odwadnianych osmotycznie.

Fig. 2. The effect of temperature and vitamin C on: a) the water loss [Δu]; b) the gain in dry matter [Δs], in the osmotically dehydrated apples.

Szybkość usuwania wody w funkcji zawartości wody z jabłek odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego, jak i sacharozy w obecności witaminy C była około 2-krotnie większa w temp. 40°C w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C (rys. 3a). W niższej temperaturze szybkości te były zbliżone. Szybkość usuwania wody w funkcji szybkości wnikania suchej substancji z jabłek odwadnianych w obu roztworach osmotycznych w obecności witaminy C była również większa, w temp. 20°C o około 40%, a w temp. 40°C około 2-krotnie większa, ale tylko na początku procesu (rys. 3 b).

Na podstawie szybkości usuwania wody i szybkości wnikania substancji osmotycznej do jabłek odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego i sacharozy w zakresie temp. 20–40°C można stwierdzić, że szybkość usuwania wody była średnio około 10–20-krotnie większa od szybkości wnikania suchej substancji. Jednocześnie podwyższenie temperatury spowodowało zwiększenie intensywności procesu, szczególnie w przypadku wnikania substancji osmotycznej.

Zawartość witaminy C w odwadnianych jabłkach zależała statystycznie istotnie od temperatury procesu (rys. 4). Była tym większa, im wyższa była temperatura procesu i osiągnęła wartości od około 470 (20°C) do 710 mg/100 g produktu (40°C) podczas odwadniania w koncentracie soku jabłkowego w ciągu 3 godz. oraz od 570 do 660 mg/100 g w tym samym zakresie temperatury przy zastosowaniu roztworu sacharozy. Umowny współczynnik dyfuzji witaminy C D_c (rys. 5 a) w zakresie temp. 30–40°C był o około 30% większy w jabłkach odwadnianych w roztworze koncentratu jabłkowego w porównaniu z roztworem sacharozy.

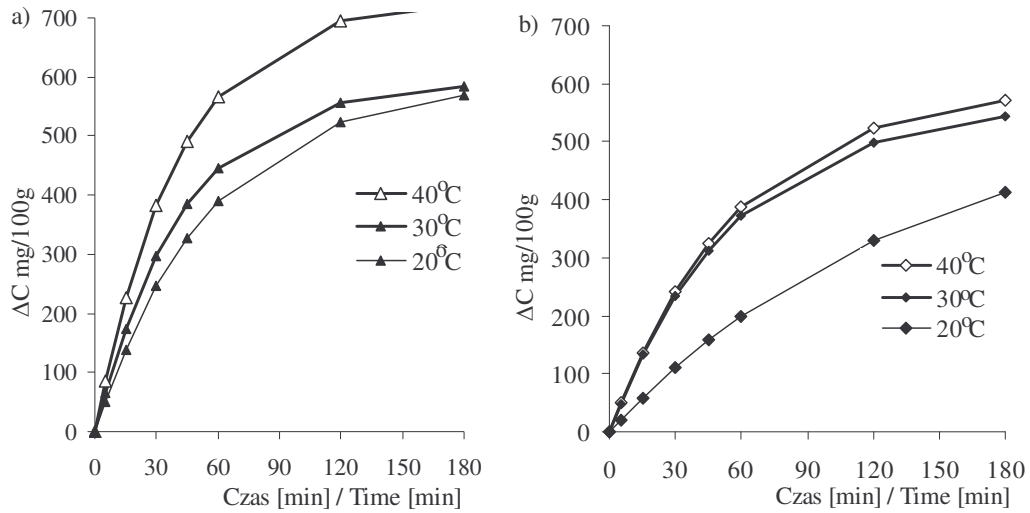


Rys. 3. Wpływ witaminy C na szybkość usuwania wody [du/dt] z jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze koncentratu jabłkowego w zależności od: a) zawartości wody [u], b) szybkości wnikanía substancji osmotycznej [ds/dt].

Fig. 3. The effect of vitamin C on the rate [du/dt] of water removal from apples being osmotically dehydrated in the concentrated apple juice solution, depending on: a) the water content level [u]; b) the rate of osmotic substance permeating [ds/dt].

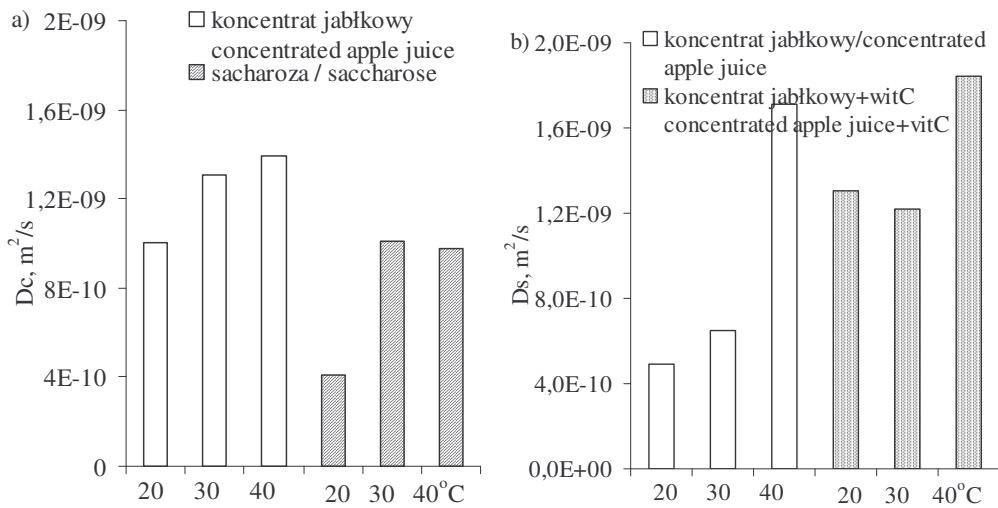
Przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego umowny współczynnik dyfuzji substancji osmotycznej do jabłek w zakresie temp. 20–30°C był nawet około 2-krotnie większy w jabłkach odwadnianych w obecności witaminy C (rys. 5 b).

Wartości umownego współczynnika dyfuzji wody w jabłkach odwadnianych w obecności witaminy C w obu roztworach osmotycznych były większe w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym w roztworach niezawierających witaminy C w temp. 30–40°C (rys. 6). Mniejsze różnice zaobserwowano w jabłkach odwadnianych w roztworze sacharozy. Przykładowo w temp. 30–40°C były o około 10–40%, a w koncentracie jabłkowym 2- 3-krotnie większe w porównaniu z jabłkami odwadnianymi bez udziału witaminy C. Natomiast w temp. 20°C obecność witaminy C miała odwrotny wpływ na zmianę dyfuzji wody w tkance jabłek.



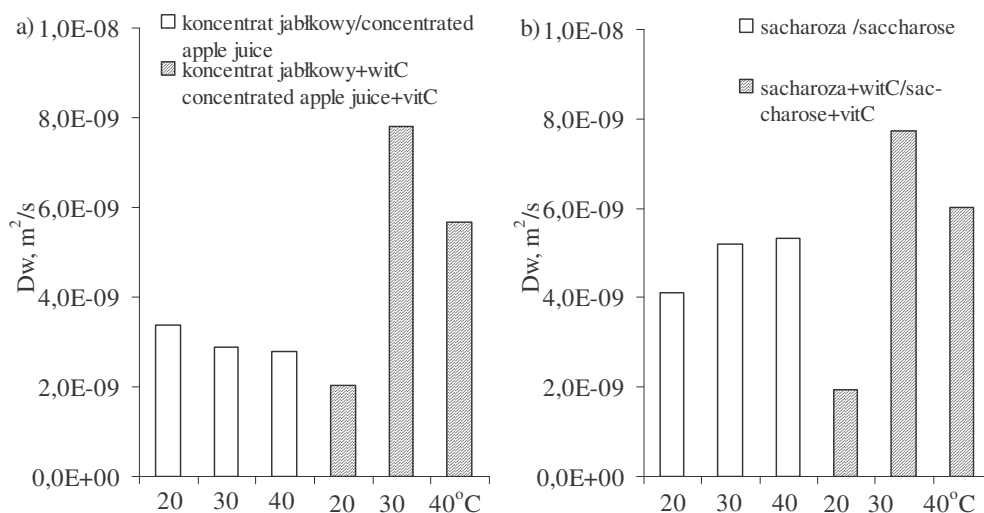
Rys. 4. Zmiany zawartości witaminy C [ΔC] w jabłkach odwadnianych w roztworach: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy z witaminą C.

Fig. 4. Changes in the content of vitamin C in apples osmotically dehydrated in the solutions of: a) concentrated apple juice; b) saccharose with vitamin.



Rys. 5. Umowny współczynnik dyfuzji: a) witaminy C [D_c], b) substancji osmotycznej [D_s] w odwadnianych jabłkach.

Fig. 5. The conventional diffusion coefficient of: a) the vitamin C [D_c]; b) osmotic substance [D_s] contained in apples being osmotically dehydrated.



Rys. 6. Umowny współczynnik dyfuzji wody [D_w] w jabłkach odwadnianych w roztworze: a) koncentratu jabłkowego, b) sacharozy.

Fig. 6. The conventional water diffusion coefficient [D_w] in apples being osmotically dehydrated in the solution of: a) concentrated apple juice; b) saccharose.

Wnioski

1. Odwadnianie jabłek w roztworach koncentratu soku jabłkowego i sacharozy z udziałem witaminy C nie wpłynęło istotnie na zawartość wody w jabłkach. Ubytki wody z jabłek odwadnianych w obecności witaminy C były większe tylko przy zastosowaniu roztworu koncentratu soku jabłkowego.
2. Przyrost suchej masy podczas odwadniania jabłek w obecności witaminy C uległ zwiększeniu o około 50% przy zastosowaniu roztworu koncentratu soku jabłkowego i o około 30% w roztworze sacharozy w porównaniu z odwadnianiem prowadzonym bez udziału witaminy C.
3. Obecność witaminy C wpłynęła na szybkość usuwania wody z jabłek, szczególnie w temp. $40^{\circ}C$. Była około 2-krotnie większa w porównaniu z odwadnianiem bez udziału witaminy C.
4. Zawartość witaminy C w jabłkach zależała od temperatury procesu, szczególnie przy zastosowaniu roztworu koncentratu jabłkowego. Wraz z podwyższaniem temperatury w zakresie $20-40^{\circ}C$ zwiększeniu ulegała zawartość witaminy C w badanych jabłkach.
5. Obecność witaminy C w roztworze osmotycznym spowodowała zwiększenie umownego współczynnika dyfuzji wody i suchej masy do jabłek podczas odwadniania osmotycznego w zakresie temp. $30-40^{\circ}C$.

Literatura

- [1] Azuara E., Cortes R., Garcia H., Beristain C.I.: Kinetics model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 1992, **27**, 409-418.
- [2] Barrera C., Betoret N., Fito P.: Ca²⁺ and Fe²⁺ influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith). *J. Food Eng.*, 2004, **65**, 9-14.
- [3] Chiralt A., Fito P., Andrés A., Barat J., M. Martínez-Monzò N., Martínez-Navarrete N.: Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. In: *Processing foods. Quality optimisation and process assessment*. Oliveira, F. A. R. Oliveira J. C. Boca Ratón, FL: CRC Press. 1999, pp. 341-346.
- [4] Gras M.L., Vidal D., Betoret N., Chiralt A. & Fito P.: Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. *J. Food Eng.*, 2003, **56 (2-3)**, 279-284.
- [5] Kowalska H., Lenart A.: The influence of plant tissue structure on osmotic dehydration, 12th International Drying Symposium (IDS'2000), Netherlands, paper, 2000, 242.
- [6] Kowalska H., Lenart A.: Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2003, **2**, 12-17.
- [7] Kowalska H., Lenart A.: Ruch wody i substancji rozpuszczonych w jabłkach odwadnianych osmotycznie. *Inżynieria Rolnicza*, 2003, **2 (1)**, 13-22.
- [8] Lazarides H.N.: Controlling solids uptake during osmotic processing of plant tissues, *Industrial Application of Osmotic Dehydration Treatments of Food*. eds. Dalla Rosa M., Spiess W.E.L. Forum Udine, 2000, pp. 41-48.
- [9] Mavroudis N.E., Dejmek P., Sjöholm I.: Osmotic-treatment-induced cell death and osmotic processing kinetics of apples with characterised raw material properties. *J. Food Eng.*, 2004, **63**, 47-56.
- [10] Mauro M.A., Tavares D.Q., Menegalli F.C.: Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *J. Food Eng.*, 2002, **56**, 1-15.
- [11] Sereno A., M. Moreira R. & Martinez E.: Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *J. Food Eng.*, 2001, **47**, 43-49.
- [12] Soliva-Fortuny R.C., n-Belloso O.M.: New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2003, **14**, 341-353.
- [13] Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjana K. Knorr D.: Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci. Technol.*, 2002, **13**, 48-59.

THE EFFECT OF C-VITAMIN ON THE OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS IN APPLES

S u m m a r y

Mild parameters of osmotic dehydration can be applied to the technology of manufacturing minimally processed foods. At the present time, there is a growing interest in the so called minimally processed foods with well retained, natural features of raw materials, i.e. nutritious values and sensory characteristics. The tissue-related semi-permeable structure of apples makes it possible to decrease the water content through osmotic de-hydration process and to incorporate additional substances contained in an immersed solution.

In this work, there were analyzed changes in the water content level, dry matter, and vitamin C, all of them contained in the osmotically dehydrated apples. Apple samples shaped as 10 mm cubes were held in sucrose and in concentrated apple juice solutions with a 2% C-vitamin added. The solution concentration levels corresponded to water activity being 0.9. Temperatures were varied in a range from 20 to 40°C. The osmotic dehydration of apples was performed in a period from 0 to 180 minutes.

The process of dehydrating apples in a solution of concentrated apple juice and of sucrose, ensuing in the presence of vitamin C, did not significantly affect the water content level nor the losses in the water content compared to the dehydrating process ensuing without the vitamin C. However, during the osmotic dehydration of apples in the presence of vitamin C, the noted gain in dry matter mass was about 50% in the concentrated apple juice solution, and about 30% in the sucrose solution. The presence of vitamin C impacted the rate of removing water from apples. At a temperature of 40°C, the rate of water removal from apples was almost double in value compared with the rate when no vitamin C was present during the dehydration process. The content of vitamin C depended on the process temperature, especially, in the case of the concentrated apple juice solution. The content of vitamin C in the material investigated increased along with the temperatures increasing from 20 to 40°C. The presence of vitamin C in the osmotic solution caused the conventional water diffusion coefficient to raise, and the osmotic substance to more intensely permeate the apples during their being osmotically dehydrated.

Key words: osmotic dehydration, mass change, saccharose, concentrated apple juice, vitamin C 