

AGATA PEKOSŁAWSKA, ANDRZEJ LENART

WPLYW STĘŻENIA I TEMPERATURY SYROPU SKROBIOWEGO NA PRZEBIEG ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO DYNI

Streszczenie

Odwadnianie osmotyczne prowadzi do częściowego zmniejszenia zawartości i aktywności wody w materiale, bez przemiany fazowej. Metoda ta jest coraz powszechniej stosowana w przetwórstwie owoców i warzyw ze względu na dobre zachowanie wyjściowych cech surowca oraz korzyści ekonomiczne. Pozwala na częściowe utrwalenie produktu i zwiększenie jego stabilności przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości. Odwadnianie osmotyczne może mieć zastosowanie do wstępnego utrwalania dyni. Zainteresowanie konsumentów tym warzywem wzrasta ze względu na jego właściwości odżywcze.

Celem pracy była próba wyjaśnienia zjawisk zachodzących w czasie odwadniania osmotycznego dyni z wykorzystaniem syropu skrobiowego jako roztworu osmotycznego. Określano wpływ stężenia roztworu (20 – 66,3 %) i temperatury (20 – 60 °C) na kinetykę odwadniania. Proces prowadzono przy stosunku masy surowca do roztworu osmotycznego 1 : 4 w ciągu 0 - 300 min. Po określonym czasie odwadniania oznaczano ubytek masy próbki oraz zawartość suchej substancji. W celu opisu procesu obliczano także zawartość i ubytek wody, przyrost masy suchej substancji oraz współczynnik efektywności odwadniania.

Stwierdzono, że stężenie i temperatura roztworu osmotycznego mają istotny wpływ na kinetykę wymiany masy w czasie odwadniania osmotycznego dyni. Efektywność procesu była tym wyższa im wyższe było stężenie i temperatura roztworu syropu skrobiowego. Zwłaszcza zwiększenie temperatury z 40 do 60 °C znacznie zintensyfikowało usuwanie wody z dyni. Najlepsze efekty odwadniania osmotycznego dyni uzyskano przy użyciu 66,3 % roztworu syropu skrobiowego w temperaturze 60 °C. Natomiast najmniej zadowalające wyniki otrzymano w wyniku prowadzenia procesu w temperaturze 20 °C.

Słowa kluczowe: odwadnianie osmotyczne, wymiana masy, dynia

Wprowadzenie

W Polsce wzrasta zainteresowanie uprawą i konsumpcją dyni. Do zwiększania popularności tego warzywa przyczynia się m.in. tworzenie przez zespół Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin SGGW nowych odmian o większej zawartości suchej substancji, mniejszej komorze nasiennej oraz bogatszych w substancje odżywcze.

Mgr inż. A. Pękosławska, prof. dr hab. A. Lenart, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

Owoce dyni są niskokaloryczne (około 142 kJ/100 g), ale charakteryzują się wysoką wartością odżywczą. Miąższ jest doskonałym źródłem karotenoidów, które przeciwdziałają powstawaniu wolnych rodników, chronią przed skutkami miażdżycy oraz niektórymi nowotworami. Karotenoidy, a zwłaszcza β -karoten, są źródłem witaminy A, która jest niezbędna do prawidłowego widzenia, wzrostu i rozwoju [11, 16]. Dynia jest także źródłem pektyn, soli mineralnych (magnezu, wapnia, fosforu i potasu) oraz witamin B₁, B₂, PP i C [5, 14]. Charakteryzuje się niską zdolnością wiązania azotanów z gleby i może stanowić w żywieniu ludzi lepsze od marchwi źródło karotenów. Ze względu na wzrastający popyt na dynię i sezonowość jej upraw istotne jest opracowanie metod przedłużania trwałości tego warzywa.

W świadomości konsumentów wysoka jakość żywności kojarzy się obecnie z jej naturalnością i świeżością, a więc między innymi z niskim stopniem przetworzenia. To właśnie potrzeby i oczekiwania konsumentów stymulują pojawianie się nowych typów żywności. Koncepcja żywności minimalnie przetworzonej jest zgodna z aktualnymi wyobrażeniami konsumentów o jakości żywności, której główną i pożądaną cechą jest „świeżość” [1, 2].

Do procesów, które można stosować w celu uzyskania żywności minimalnie przetworzonej należy także odwadnianie osmotyczne. Prowadzone przy zastosowaniu łagodnych parametrów pozwala nie tylko na częściowe utrwalanie produktu i zwiększanie jego stabilności przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości, ale także umożliwia poprawę jego właściwości odżywczych, sensorycznych i funkcjonalnych [10, 18].

Owadnianie osmotyczne polega na zagęszczaniu żywności o stałej konsystencji (częściowym usuwaniu wody) w roztworach hipertonicznych (cukry, chlorek sodu, glicerol itp.). Różnica potencjałów osmotycznych pomiędzy roztworem a materiałem odwadnianym decyduje o szybkości przebiegu procesu [4, 8]. Podczas odwadniania osmotycznego w tkance roślinnej następuje złożona wymiana masy, której mechanizm obejmuje m.in. osmozę, dyfuzję wody i substancji niskocząsteczkowych. Efektem tej wymiany jest zmniejszenie zawartości wody z jednoczesnym przyrostem zawartości suchej substancji oraz zmiana składu chemicznego odwadnianej żywności [7, 12].

Chang i wsp. [3], odwadniając dynię w roztworze sacharozy z dodatkiem soli, wykazali, że stopień odwodnienia wzrastał wraz ze wzrostem stężenia i temperatury roztworu osmotycznego. Kowalska i Lenart [8] uznali zakres temperatury 30 - 50 °C za najwłaściwszy dla procesu odwadniania osmotycznego jabłek. W zakresie tym błona półprzepuszczalna w małym stopniu ulega zniszczeniu, usuwana jest największa ilość wody przy jednocześnie niewielkim przyroście masy suchej substancji osmotycznej w tkance surowca.

Celem pracy było określenie wpływu stężenia roztworu (20 – 66,3 %) syropu skrobiowego, jako roztworu osmotycznego, i jego temperatury (20 – 60 °C) na kinetykę odwadniania dyni.

Material i metody badań

Badania przeprowadzono na nowej odmianie dyni Justynka F1, wyhodowanej przez zespół z Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin SGGW w Warszawie. Surowiec przechowywano w warunkach chłodniczych, w temp. 4 – 5 °C oraz wilgotności względnej 80 – 90 %. Surowiec myto, obierano, drażono komory nasienne i krojono w kostki o wymiarach 10 x 10 x 10 mm.

Odwadnianie osmotyczne prowadzono w roztworach syropu skrobiowego o stężeniu 20, 40 i 66,3 %, w temp. 20 °C oraz w temp. 40 i 60 °C (stężenie 66,3 %). Na wadze technicznej odważano około 25 g dyni z dokładnością $\pm 0,1$ g. Próbkę zanurzano w roztworze substancji osmotycznej przy stosunku masy surowca do roztworu osmotycznego 1 : 4. Proces prowadzono w zlewkach o pojemności 250 ml, umieszczonych w łaźni wodnej Water Bath Shaker Type 357 firmy ELPAN, w sposób dynamiczny, stosując delikatne mieszanie uzyskane za pomocą wytrząsarki zainstalowanej w łaźni. W celu uniknięcia wypłynięcia kostek z roztworu dociskano je metalowymi spiralami. Doświadczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

Proces odwadniania osmotycznego realizowano w następujących okresach: 0, 5, 10, 30, 60, 180 i 300 min. Po upływie określonego czasu kostki odsączano, przepłukiwano trzykrotnie wodą destylowaną i osuszano bibułą filtracyjną. W materiale surowym i poddanym odwadnianiu osmotycznemu oznaczano masę oraz zawartość suchej substancji metodą suszarkową przy użyciu suszarki komorowej (temp. 65 °C, 24 h).

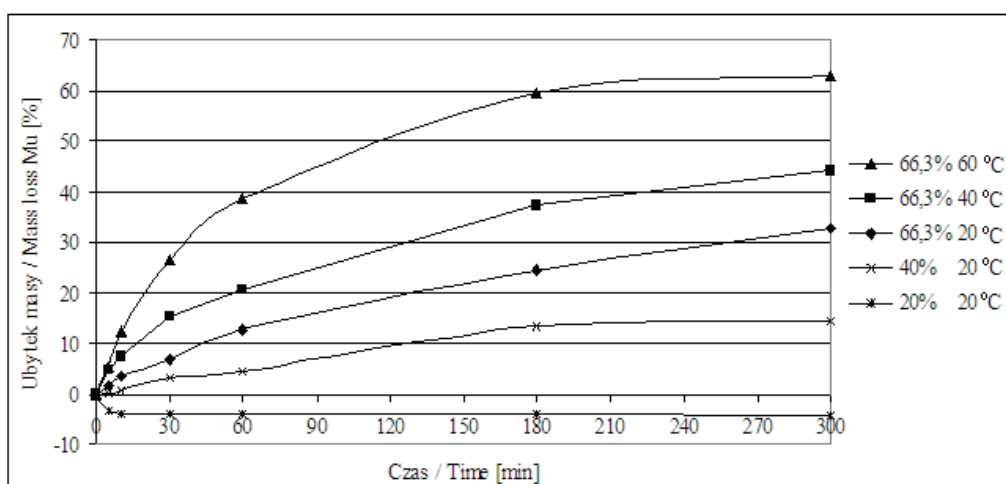
W celu przeprowadzenia analizy wymiany masy zachodzącej w dyni podczas odwadniania osmotycznego określano następujące wskaźniki: ubytek masy (Mu) [%], zawartość wody (Wz) [g H₂O/g s.s.], ubytek wody (Wu) [g H₂O/ g p.s.s.] i przyrost masy suchej substancji (Sp) [g s.s./g p.s.s.] (w gramach na gram początkowej suchej substancji) oraz współczynnik efektywności odwadniania Wu/Sp [9, 15].

Wyniki i dyskusja

W wyniku odwadniania osmotycznego dyni w roztworze syropu skrobiowego w zakresie stężeń 20 – 66,3 % i temperatury 20 – 60 °C zaobserwowano zarówno ubytek masy, jak i przyrost masy (rys. 1). Odwadniając dynię w czasie 0 – 300 min przy stężeniu syropu skrobiowego 40 i 66,3 % uzyskano systematyczny wzrost ubytków masy, a przy stężeniu 20 % przyrost masy utrzymujący się na stałym poziomie. Podczas odwadniania w 20 % roztworze syropu skrobiowego nastąpił przyrost masy o około 4 % już po 10 min odwadniania, a wydłużenie czasu odwadniania do 300 min nie spowodowało istotnych dalszych zmian masy. Wzrost stężenia roztworu do 66,3 %

wywołał prawie 6-krotne zwiększenie ubytku masy z odwadnianej dyni w stosunku do ubytku uzyskanego przy stężeniu 40 % po 10 min.

Zmiany masy w odwadnianej dyni były tym większe, im wyższa była temperatura 66,3 % roztworu syropu skrobiowego (rys. 1). Po 60 min prowadzenia procesu w temp. 20 °C ubytki masy wynosiły około 13,4 %. Podwyższenie temperatury roztworu do 40 i 60 °C spowodowało znacznie większe ubytki, które wyniosły odpowiednio około 20,6 i 38,6 %. Ubytki masy uzyskane po 300 min prowadzenia procesu w temp. 60 °C były prawie 2-krotnie większe w porównaniu z ubytkami uzyskanymi w temp. 20 °C.



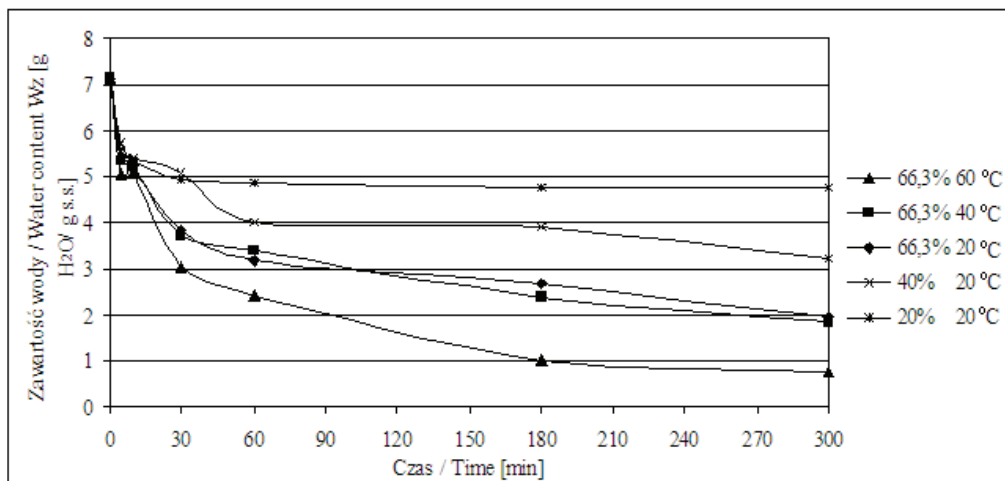
Rys. 1. Wpływ stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego na ubytek masy (Mu) odwadnianej osmotycznie dyni.

Fig. 1. Effect of concentration and temperature of starch syrup solution on mass loss (Mu) of the osmodehydrated pumpkin.

W wyniku odwadniania osmotycznego, niezależnie od zastosowanego stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego, nastąpiło zmniejszenie zawartości wody (Wz) w dyni w całym zakresie czasu prowadzenia procesu (rys. 2). Główne zmiany zawartości wody zachodziły na początku procesu do około 60 min. Po tym okresie największe zmniejszenie zawartości wody nastąpiło przy zastosowaniu stężenia 66,3 % z początkowej wartości 7,1 do 3,2 g H₂O/g.s.s. W przypadku stężenia 20 i 40 % zawartość wody zmniejszyła się odpowiednio do około 4,9 i 4,0 g H₂O/g.s.s. Po 300 min odwadniania w roztworze 66,3 % zawartość wody zmniejszyła się prawie 4-krotnie.

Wzrost temperatury z 20 do 40 °C nie spowodował dużych zmian zawartości wody. Natomiast wzrost temperatury do 60 °C wywołał znacznie większe zmniejszanie się zawartości wody. Po upływie 300 min odwadniania zawartość wody w próbkach

odwadnianych w temp. 20 i 40 °C wynosiła 2 g H₂O/g s.s, natomiast w temp. 60 °C uzyskana końcowa zawartość wody wynosiła 0,7 g H₂O/g s.s.



Rys. 2. Wpływ stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego na zawartość wody (Wz) w odwadnianej osmotycznie dyni.

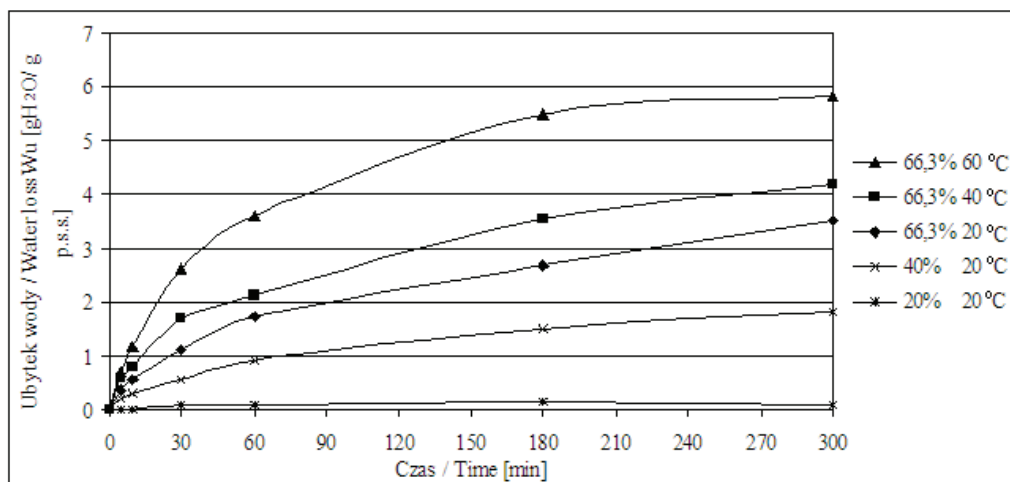
Fig. 2. Effect of concentration and temperature of starch syrup solution on water content (Wz) in osmodehydrated pumpkin.

Ubytki wody (Wu) w przeliczeniu na początkową masę suchej substancji ulegały zwiększeniu wraz z upływem czasu odwadniania osmotycznego. Największy ubytek wody stwierdzono przy stężeniu roztworu 66,3 %, a najmniejszy przy stężeniu 20 % (rys. 3). Przykładowo przy użyciu roztworu o stężeniu 20 % po 30 min odwadniania ubytek wody wyniósł 0,1 g H₂O/g p.s.s. i w dalszym okresie odwadniania nie zaobserwowano znaczących zmian.

Wzrost stężenia roztworu kolejno do 40 i 66,3 % spowodował wyraźne zwiększenie ubytków wody z odwadnianej dyni. Ubytki wody były tym większe, im wyższa była temperatura roztworu osmotycznego. Wzrost temperatury do 40 oraz 60 °C spowodował zwiększenie ubytków wody i po 60 min wyniosły one odpowiednio około 2,1 i 3,6 g H₂O/g p.s.s. Po upływie 300 min największy ubytek wody uzyskano, stosując roztwór o temp. 60 °C, a najmniejszy o temp. 20 °C.

We wszystkich badanych próbkach zaobserwowano wzrost przyrostu masy suchej substancji (Sp) w dyni wraz z wydłużeniem czasu odwadniania osmotycznego (rys. 4). Wynika z tego, że wraz z usuwaniem wody z próbki dochodziło do równoczesnego przemieszczania się syropu skrobiowego do wnętrza tkanki. Wnikanie substancji osmotycznej najszybciej przebiegało na początku procesu. Po 60 min odwadniania uzyskano następujący przyrost masy suchej substancji w zależności od zastosowanego

stężenia: 20 % około 0,4 g/g p.s.s., a 40 i 66,3 % odpowiednio 0,6 i 0,7 g/g p.s.s. Po tym czasie wnikanie substancji wzrastało w coraz mniejszym stopniu.



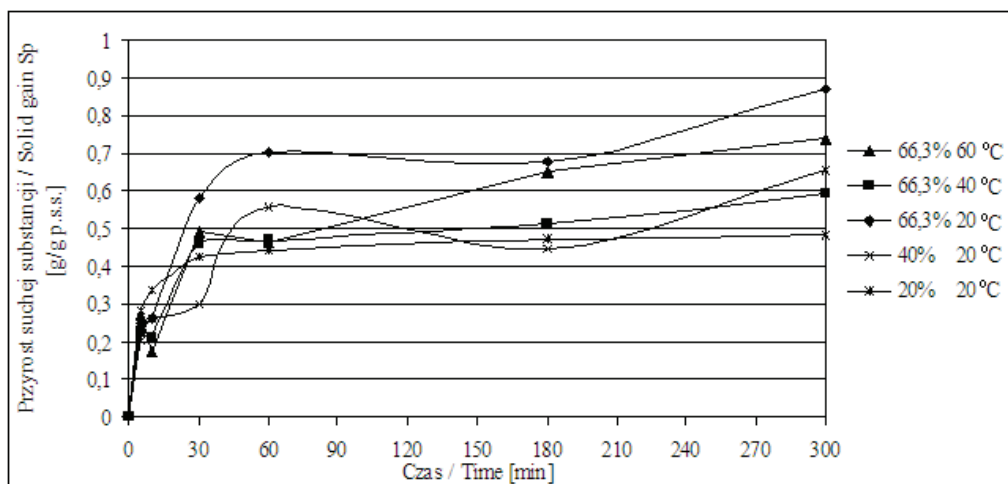
Rys. 3. Wpływ stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego na ubytek wody (Wu) z odwadniającej osmotycznie dyni.

Fig. 3. Effect of concentration and temperature of starch syrup solution on water loss (Wu) of osmodehydrated pumpkin.

W badanym zakresie temperatury 20 – 60°C, niezależnie od zastosowanej temperatury 66,3 % roztworu syropu skrobiowego, uzyskane przyrosty masy suchej substancji były podobne. Przykładowo po upływie 60 min przyrost masy suchej substancji w temp. 20 °C wyniósł około 0,7 g/g p.s.s., a temp. 40 i 60 °C około 0,5 g/g p.s.s. Zwiększenie czasu odwadniania do 300 min spowodowało nieznaczne dalsze przyrosty masy suchej substancji.

Jednym ze wskaźników stosowanych do oceny efektywności odwadniania osmotycznego jest iloraz ubytku wody i przyrostu masy suchej substancji (Wu/Sp). Najbardziej pożądane jest, aby dochodziło do dużego zmniejszenia zawartości wody przy niewielkim wnikaniu substancji osmotycznej. Wysokie wartości tego współczynnika wskazują na dobrą efektywność procesu odwadniania [13].

Z analizy otrzymanych krzywych wynika, że stężenie roztworu syropu skrobiowego w zakresie 20 – 66,3 % wpływało na wartości ilorazu ubytku wody i przyrostu masy suchej substancji (rys. 5). Po 60 min odwadniania najniższą wartość ilorazu uzyskano przy stężeniu 20 % i wyniosła ona około 0,2. Natomiast zwiększenie stężenia do 40 i 66,3 % spowodowało odpowiednio prawie 7- i 10-krotny wzrost współczynnika efektywności odwadniania w stosunku do wartości uzyskanych przy stężeniu 20 %.



Rys. 4. Wpływ stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego na przyrost masy suchej substancji (Sp) w odwadnianej osmotycznie dyni.

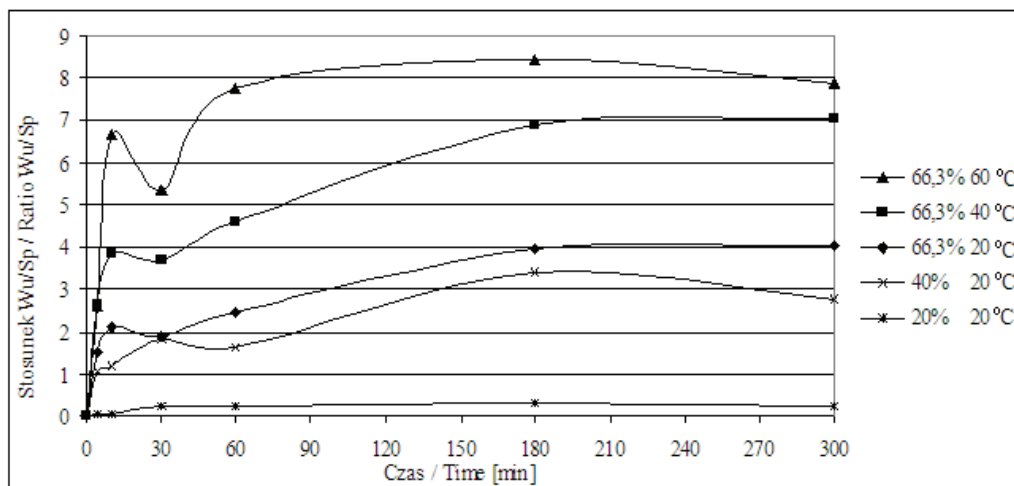
Fig. 4. Effect of concentration and temperature of starch syrup solution on solid gain (Sp) in osmodehydrated pumpkin.

Wartości ilorazu były tym większe im wyższa była temperatura 66,3 % roztworu osmotycznego. Po 60 min prowadzenia procesu w temp. 20°C wartość ilorazu wynosiła 2,6. Zwiększenie temperatury do 40 i 60 °C spowodowało odpowiednio prawie 2- i 3-krotny wzrost ilorazu ubytku wody i przyrostu masy suchej substancji w stosunku do wartości uzyskanych w temp. 20 °C. We wszystkich wariantach prowadzenia procesu najwyższe wartości zostały osiągnięte po upływie 180 min. Po tym czasie efektywność procesu odwadniania zaczęła nieznacznie spadać.

Z przedstawionych danych wynika, że stężenie roztworu osmotycznego miało istotny wpływ na kinetykę wymiany masy w czasie odwadniania osmotycznego. Efektywność procesu była tym wyższa im bardziej stężony był roztwór substancji osmotycznej. Spostrzeżenia te pokrywają się z obserwacjami wielu badaczy. Mayor i wsp [13], którzy odwadniali dynię w roztworze chlorku sodu w zakresie stężeń 5 – 15 % w temp. 25°C odnotowali wpływ stężenia na proces wymiany masy. Do podobnych wniosków doszli Sereno i wsp. [17], odwadniając jabłka w roztworze sacharozy w zakresie stężeń 40 – 60 %. Wykazali oni, że ubytki wody oraz przyrosty masy suchej substancji rosły wraz ze wzrostem stężenia roztworu osmotycznego.

Wzrost temperatury 66,3 % roztworu syropu skrobiowego w zakresie 20 – 60 °C również ma wpływ na wymianę masy w czasie odwadniania osmotycznego. Uzyskane wartości ilorazu ubytku wody i przyrostu masy suchej substancji wskazują, że wzrost temperatury roztworu osmotycznego zwiększył efektywność procesu odwadniania, zwłaszcza zwiększenie temperatury z 40 do 60 °C. Potwierdzają to wyniki uzyskane

przez Kowalską i Lenarta [6, 8], którzy odwadniali w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego ziemniaki w zakresie temperatury 30 - 70 °C oraz jabłka w zakresie temperatury 30 - 80 °C.



Rys. 5. Wpływ stężenia i temperatury roztworu syropu skrobiowego na stosunek Wu/Sp w odwadnianej osmotycznie dyni.

Fig. 5. Effect of concentration and temperature of starch syrup solution on the Wu/Sp ratio in osmodehydrated pumpkin.

Wnioski

1. Zmiana stężenia roztworu syropu skrobiowego w zakresie 20 – 66,3 %, jak i temperatury w zakresie 20 – 60°C wpłynęła na kinetykę odwadniania osmotycznego dyni.
2. W badanym zakresie stężeń syropu skrobiowego 20 – 66,3 % proces odwadniania osmotycznego dyni najefektywniej przebiegał w próbkach odwadnianych w 66,3 % roztworze.
3. Wzrost temperatury roztworu z 20 do 60 °C istotnie zwiększył ilość usuwanej wody z materiału. Najlepsze efekty odwadniania osmotycznego dyni uzyskano przy użyciu roztworu syropu skrobiowego o temperaturze 60 °C.

Praca była prezentowana podczas XIII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.

Literatura

- [1] Babicz-Zielińska E., Zabrocki R.: Konsument XXI wieku. Przem. Spoż., 2007, **1**, 6-8.
- [2] Baryłko-Pikielna N.: Żywność minimalnie przetworzona z perspektywy konsumenta. Mat. Konf. Naukowej „Żywność minimalnie przetworzona”, OM PTTŻ, Kraków 1997, s. 9-13.
- [3] Chang M.J., Han M.R., Kim M.H.: Effect of salt addition in sugar based osmotic dehydration on mass transfer and browning reaction of green pumpkin. Agric. Chem. Biotechnol., 2003, **46 (3)**, 92-96.
- [4] Chenlo F., Moreira R., Fernandez-Herrero C., Vazquez G.: Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: Mass transfer process and global kinetics modeling. J. Food Eng., 2007, **78**, 765-774.
- [5] Fajkowska H.: Warzywa o największych owocach – dynie, melon, kawon. WRiL Warszawa 1985, s. 4-18.
- [6] Kowalska H., Lenart A.: Wymiana masy w czasie odwadniania osmotycznego ziemniaków. Mat. VIII Sympozjum Suszarnictwa, Warszawa 1994, T. II, s. 68-82.
- [7] Kowalska H., Lenart A.: Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji. Post. Techn. Przetw. Spoż., 2003, **2**, 12-17.
- [8] Kowalska H., Lenart A.: Ruch wody i substancji rozpuszczonych w jabłkach odwadnianych osmotycznie. Sci. Pol. ACTA, Inż. Roln., 2003, **2 (1)**, 13-22.
- [9] Kowalska H.: Kinetyka osmotycznego odwadniania dyni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)**, 134-142.
- [10] Kowalska H.: Żywność minimalnie przetworzona – owoce i warzywa. Przem. Spoż., 2006, **6**, 24-27.
- [11] Krzysik K., Bogucka W.: Dynia – wartościowy surowiec do produkcji przetworów dla dzieci. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 1981, **4**, 23-25.
- [12] Lewicki P.P., Lenart A.: Osmotic dehydration of fruits and vegetables. Handbook of Industrial Drying. Eds. Mujumadar A.S., Dekker M., New York 1995, pp. 691-713.
- [13] Mayor L., Moreira M., Chenlo F., Sereno A.M.: Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. J. Food Eng., 2006, **74**, 253-262.
- [14] Niewczas J., Szweđa D., Mitek M.: Zawartość wybranych składników prozdrowotnych w owocach dyni olbrzymiej (*Cucurbita maxima*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **2 (43) Supl.**, 147-154.
- [15] Ogonek A., Lenart A.: Wpływ selektywnych powłok jadalnych na odwadnianie osmotyczne truskawek. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2001, **3 (28)**, 62-74.
- [16] Seo J.S., Burri B.J., Quan Z., Neidlinger T.R.: Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin. J. Chrom., 2005, **1073**, 371-375.
- [17] Sereno A.M., Moreira M., Martinez E.: Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solution of sugar and salt. J. Food Eng., 2001, **47**, 43-49.
- [18] Torreggiani D.: Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Res. Int., 1993, **26**, 59-68.

IMPACT OF THE CONCENTRATION AND TEMPERATURE OF STARCH SYRUP ON THE KINETICS OF OSMOTIC DEHYDRATION OF PUMPKIN

S u m m a r y

Osmotic dehydration allows to partially remove water and to reduce water activity in the material without any phase change. This method is more and more commonly used in the fruit and vegetable industry owing to the fact that initial features of raw materials are well retained and economic benefits are

achieved. Additionally, this method allows for preserving the product and for increasing its stability along with retaining, simultaneously, its high quality. The osmotic dehydration can be applied to initially preserve a pumpkin. Owing to its nutritive values, the popularity of pumpkin among consumers increases.

The objective of this study was to explain the phenomena occurring during the pumpkin dehydration carried out in the solution of starch syrup used as an osmotic solution. The impact of the concentration of solution (20–66.3 %) and of the temperature (20–60 °C) on the kinetics of osmotic dehydration of pumpkin were determined. The process was conducted with the ratio of raw material and osmotic solution being 1:4, during a period of 0 – 300 min. After a definite period of dehydration time, the mass and dry matter losses were determined. In order to describe the process studied, the water content and water loss were determined as were the solid gain and the dehydration efficiency effectiveness.

It was found that the concentration and temperature of starch syrup solution essentially impacted the kinetics of mass exchange during the osmotic dehydration of pumpkin. The higher the osmotic solution concentration and temperature of the process was, the higher efficiency of the process was. Particularly, the rise of temperature from 40 to 60 °C has significantly intensified the process of removing water from the pumpkin. The best results of the osmotic dehydration of pumpkin were achieved when a 66.3 % starch syrup solution was used at a temperature of 60 °C. However, when the process was performed at a temperature of 20 °C, the results obtained were less satisfactory.

Key words: osmotic dehydration, mass exchange, pumpkin ☒