

WPŁYW PARAMETRÓW OBRÓBKİ OSMOTYCZNEJ NA KINETYKĘ ADSORPCJI PARY WODNEJ PRZEZ LIOFILIZOWANE TRUSKAWKI

Monika Janowicz, Andrzej Lenart, Wioleta Idzikowska

Wydział Technologia Żywności,
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, SGGW
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: monika_janowicz@sggw.pl

Streszczenie. Celem pracy było wyznaczenie kinetyk oraz szybkości adsorpcji pary wodnej przez truskawki suszone sublimacyjnie wstępnie poddane obróbce osmotycznej z zastosowaniem wybranych roztworów osmoaktywnych. Materiał badawczy stanowiły mrożone truskawki odmiany Senga-Sengana. Truskawki jednocześnie rozmrażano i poddawano działaniu roztworów glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego. Następnie materiał zamrażano i suszono sublimacyjnie. Analiza otrzymanych wyników pozwoliła stwierdzić, że obecność cukru w liofilizowanych truskawkach wpływa na kinetykę i szybkość adsorpcji pary wodnej przez otrzymane susze. Niezależnie od temperatury i czasu oddziaływania cukrami w czasie odwadniania osmotycznego oraz ich rodzaju uzyskane susze charakteryzują się obniżoną zawartością wody oraz mniejszą szybkością adsorpcji pary wodnej. Dla truskawek w formie całych owoców wysycanych cukrami podczas odwadniania osmotycznego i poddanych adsorpcji czas badania kinetyki powinien zostać znacznie wydłużony w celu obserwacji dalszych zmian zachodzących w procesie adsorpcji i przejścia cukrów z form amorficznych w krystaliczne, co w efekcie wpłynęłoby na zmianę przebiegu kinetyki adsorpcji pary wodnej w materiale oraz prawdopodobnie spowodowało obniżenie końcowej zawartości wody.

Słowa kluczowe: kinetyka adsorpcji, liofilizacja, truskawki, obróbka osmotyczne

WYKAZ OZNACZEŃ

u – zawartość wody, $(\text{g H}_2\text{O} \cdot (\text{g s.s.})^{-1})$,
 U – względna zawartość wody, $(\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$,
 $du \cdot (d\tau)^{-1}$ – szybkość adsorpcji pary wodnej, $(\text{gH}_2\text{O} \cdot (\text{g s.s. min})^{-1})$,
 τ – czas adsorpcji, (h).

WSTĘP

Woda w żywności pełni szereg funkcji. Jest rozpuszczalnikiem licznych substancji, stanowi środowisko przemian, jest katalizatorem wielu reakcji, a także elementem strukturalnym. Ułatwia również proces spożywania, trawienia żywności oraz wpływa na jej smakowość [7]. Obniżenie zawartości wody spowalnia lub wręcz hamuje reakcje, co wydłuża stabilność przechowalniczą żywności [6,8]. Potencjalny udział wody w procesach destabilizujących żywność, a zatem dostępność wody dla mikroorganizmów i przebiegu reakcji, można określić na podstawie aktywności wody. Znajomość wpływu aktywności wody na właściwości produktów może być przydatna nie tylko do optymalizacji procesu technologicznego, ale także do projektowania właściwości gotowego produktu [9,14].

Zjawisko sorpcji jest związane z przechodzeniem jednego lub więcej składników z jednej fazy do drugiej. W technologii żywności rozpatruje się to zjawisko w aspekcie pary wodnej, ponieważ woda ma wpływ na cechy i właściwości żywności oraz wpływa na jej jakość. Produkty spożywcze mają zdolność oddawania wody w środowisku suchym lub zdolność pochłaniania wody w środowisku wilgotnym. Zjawiska te nazywamy odpowiednio desorpcją lub adsorpcją [10]. Zmiany zawartości wody w materiale w funkcji czasu w trakcie procesu adsorpcji przedstawione w prostokątnym układzie współrzędnych noszą nazwę kinetyk adsorpcji. Różniczkując zależności zmian wilgotności od czasu otrzymuje się krzywe szybkości adsorpcji [1]. Kinetyka sorpcji zależy od wielu czynników. Produkt spożywczy jest materiałem heterogenicznym, tak pod względem składu chemicznego, jak i zdolności sorpcji pary wodnej. Na kinetykę sorpcji wpływa charakter materiału, zróżnicowanie powierzchni, porowatość, a także wilgotność względna powietrza i temperatura [10]. Kształt krzywych kinetyki sorpcji pozwala na określenie higroskopijności produktów i ich wrażliwości na zmiany wilgotności powietrza w czasie przechowywania. Obecność substancji osmoaktywnej i zmiany strukturalne wpływają na przebieg krzywych kinetyki adsorpcji pary wodnej. Wstępne odwadnianie osmotyczne (wysycanie roztworami cukrów) w sacharozie spłaszcza przebieg krzywych czyniąc produkt mniej higroskopijnym [4,14].

Najlepszej jakości suszoną żywność otrzymuje się przez liofilizację [5]. Produkty otrzymywane metodą suszenia sublimacyjnego stosuje się jako składniki koncentratów zup, zestawów śniadaniowych i obiadowych, a także spożywa bezpośrednio w formie snaków i suszonych owoców. Liofilizaty wykorzystuje się także do wytwarzania żywności typu „instant” z mięsa, warzyw, grzybów [13] jak również z makaronów i ryb. Zaletą suszu sublimacyjnego jest dobre zachowanie w nim pierwotnych fizycznych i biologicznych cech surowca, natomiast wadami jest duża porowatość (umożliwiająca występowanie zmian oksydacyjnych i podnosząca ceny opakowania) i stosunkowo wysokie koszty suszenia. Suszona sub-

limacyjnie żywność charakteryzuje się natomiast lepszymi właściwościami rehydracyjnymi w porównaniu z suszami konwekcyjnymi, próżniowymi i mikrofalowymi [3,4,13].

Wzrastające zapotrzebowanie na żywność przetworzoną sprzyja szybkiemu rozwojowi badań związanych z poszukiwaniem technologii pozwalających na zachowanie w jak największym stopniu cennych właściwości surowca [11,12]. Wysycanie owoców o delikatnej strukturze roztworami cukrów w czasie odwadniania osmotycznego stwarza możliwość zbadania wpływu tych czynników obróbki wstępnej przed suszeniem sublimacyjnym na zjawiska sorpcyjne zachodzące w gotowym produkcie. Prowadzą one w efekcie do opracowania takich parametrów wszystkich zabiegów technologicznych, które pozwolą na otrzymanie gotowego produktu o wymaganych cechach jakościowych, smakowych i możliwie najlepiej zachowanej strukturze wewnętrznej, która sprzyja odtwarzalności suszonych produktów.

Celem pracy było wyznaczenie kinetyk oraz szybkości adsorpcji pary wodnej przez truskawki suszone sublimacyjnie wstępnie poddane obróbce osmotycznej z zastosowaniem wybranych roztworów osmoaktywnych.

METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły mrożone truskawki odmiany Senga-Sengana zakupione u producenta. Truskawki jednocześnie rozmrażano i wysycano w czasie odwadniania osmotycznego w roztworach glukozy, sacharozy i syropu skrobiowego. Następnie materiał poddawany był zamrożeniu i suszeniu sublimacyjnemu.

Obróbkę osmotyczną prowadzono w roztworach o stężeniach, odpowiadającym aktywności wody $a_w = 0,9$: sacharoza – 61,5%; syrop skrobiowy – 67,5%; glukoza – 49,5%. Stosunek masy surowca do masy substancji osmoaktywnej wynosił 1:4. Parametry obróbki osmoaktywnej (tab. 1) zostały dobrane na podstawie badań wykonywanych w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW w Warszawie [2,3,11,12].

Wstępnie przygotowane truskawki umieszczano bezpośrednio na wyjmowanych półkach liofilizatora. Półki z owocami wstawiano wraz ze statywem na 2 godziny do zamrażarki Profi Master (National Lab GmbH) o temperaturze $-70 \pm 1^\circ\text{C}$. Truskawki, których nie poddawano obróbce wstępnej, domrażano od temperatury przechowywania wynoszącej -18°C przez 1 godzinę również do temperatury $-70 \pm 1^\circ\text{C}$. Tak przygotowany materiał umieszczano w laboratoryjnym liofilizatorze Alpha 1-4 i poddawano procesowi suszenia. Dla wszystkich prób (tab. 1) przyjęto stałe parametry suszenia sublimacyjnego: ciśnienie $63 \pm 0,1$ Pa; temperatura półki $30 \pm 1^\circ\text{C}$; ciśnienie bezpieczeństwa $103 \pm 0,1$ Pa. Całkowity czas suszenia jednej partii truskawek wynosił 24 godziny. Susze zamykano w szczelnych naczyniach i przechowywano w temperaturze $20-25^\circ\text{C}$ w zaciemnionym pomieszczeniu.

Tabela 1. Parametry wstępnej obróbki osmotycznej truskawek
Table 1. Parameters of preliminary osmotic dehydration of strawberries

| Oznaczenie Designation | Roztwór Solution | Temperatura Temperature (°C) | Czas Time (h) |
|---------------------------|---|---------------------------------|------------------|
| 1 | sacharoza – sucrose | 30 | 3 |
| 2 | sacharoza – sucrose | 70 | 3 |
| 3 | sacharoza – sucrose | 30 | 20 |
| 4 | sacharoza – sucrose | 30 | 0,25 |
| 5 | syrop skrobiowy – starch syrup | 30 | 3 |
| 6 | glukoza – glucose | 30 | 3 |
| 7 | nie poddane działaniu cukru nonsaturated | – | – |

Dla siedmiu przygotowanych odpowiednio suszy truskawkowych (tab.1) wyznaczono kinetyki adsorpcji pary wodnej metodą dynamiczną, korzystając z wagi Mettler AE 240. Stanowisko przystosowane było do ciągłego pomiaru masy próbki, w warunkach stałej temperatury i wilgotności względnej powietrza. Wyniki rejestrowane były przy pomocy programu komputerowego „Pomiar” przez 20 godzin. W czasie pierwszej godziny trwania procesu wyniki rejestrowano co 5 minut, przez dwie kolejne godziny co 15 minut oraz do końca pomiaru co 30 minut [1]. Właściwości sorpcyjne badano przy poziomie aktywności wody $a_w = 0,648$ w temperaturze $25 \pm 1^\circ\text{C}$, stosując jako czynnik higrostatyczny roztwór NaNO_2 . Po 20 godzinach pomiaru w suszach oznaczano aktywność wody (a_w). Pomiar a_w wykonywano przy pomocy higrometru Hygroskop DT z dokładnością 0,001.

WYNIKI

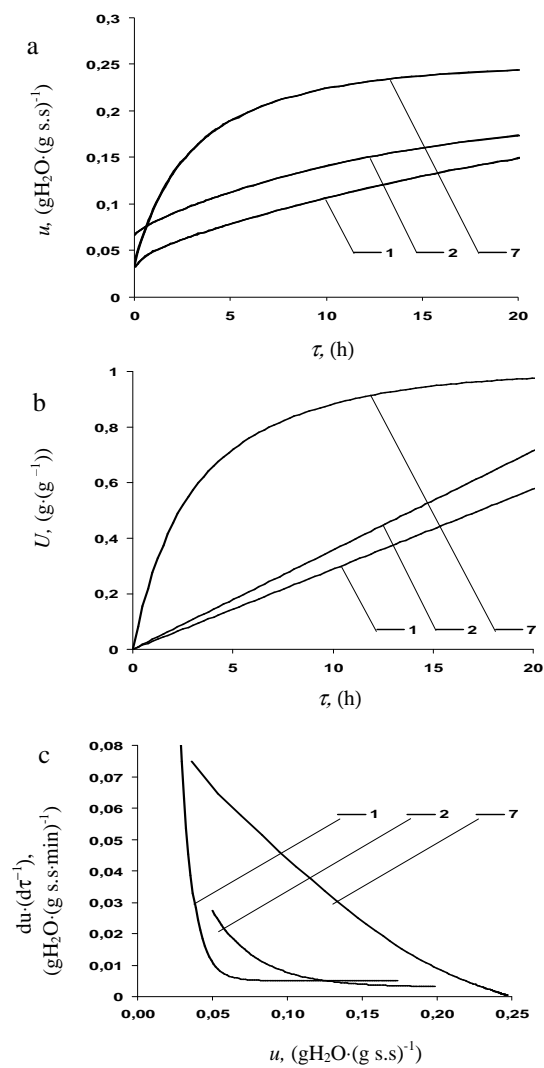
Badając wpływ wnikania cukru podczas odwadniania osmotycznego i jego parametrów na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki, stwierdzono istotny wpływ wszystkich badanych parametrów na przebieg krzywych. Na rysunkach 1, 2 i 3 przedstawiono wpływ temperatury, czasu oraz zastosowanej substancji osmoaktywnej na przebieg wchłaniania wody przez truskawki liofilizowane, umieszczone w środowisku o stałej aktywności wody równej 0,648 przez 20 godzin.

Wnikanie roztworu sacharozy do truskawek przed liofilizacją bez względu na temperaturę procesu odwadniania osmotycznego wpływa na obniżenie ilości wchłoniętej pary wodnej w czasie adsorpcji (rys. 1a). Krzywe kinetyk adsorpcji pary wodnej przez tak przygotowany materiał mają wyraźnie łagodniejszy cha-

rakter w całym badanym czasie w porównaniu z krzywymi dla truskawek nie poddanych wstępnie działaniu roztworem sacharozy. Obserwuje się dla każdego rodzaju materiału dwa odcinki na krzywej kinetyki adsorpcji. Pierwszy związany z szybkim wchłanianiem i drugi związany zarówno z wchłanianiem pary wodnej jak też z wyrównywaniem zawartości wody w całej objętości materiału, co w efekcie na wykresie powoduje znaczne wyłagodzenie krzywej i jej dążenie do asymptoty. Jej wartość jest ściśle określona i związana jest z aktywności wody środowiska w jakim umieszczone są liofilizowane truskawki. W przypadku truskawek nie poddanych wstępnej obróbce osmotycznej zawartość wody zmienia się intensywnie aż do około 5-tej godziny pomiaru i w tym czasie następuje zmiana zawartości wody w materiale w zakresie od około 0,03 do około 0,2 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$. Dla truskawek poddanych obróbce osmotycznej bez względu na temperaturę procesu znacznie skraca się czas intensywnego wchłaniania pary wodnej przez materiał. Truskawki do których wnętrza podczas odwadniania osmotycznego w temperaturze 30°C wniknęła sacharoza charakteryzowały się intensywnym wchłanianiem pary wodnej tylko przez około 2 h, a zawartość wody w tym czasie zmieniła się w granicach 0,03-0,05 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$. Natomiast zastosowanie temperatury 70°C do obróbki osmotycznej w roztworze sacharozy spowodowało zmianę początkowej zawartości wody truskawek liofilizowanych, co nie wpłynęło na charakter przebiegu kinetyki adsorpcji. Dla tak wstępnie przygotowanego materiału czas intensywnych zmian zawartości wody wynosił około 1 h, a jej zakres wahał się w granicach od 0,07 do 0,08 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$ (rys. 1a).

Na rysunku 1b przedstawiono zmiany względnej zawartości wody w czasie adsorpcji w celu zobrazowania wpływu temperatury na przebieg kinetyki z uwzględnieniem takiej samej początkowej zawartości wody w truskawkach poddanych adsorpcji w środowisku o aktywności wody 0,648. W efekcie stwierdzono, że wstępna obróbka osmotyczna oraz jej temperatura wpływają istotnie na przebieg jak i na charakter krzywych wchłaniania pary wodnej.

Stwierdzono, że wnikanie sacharozy podczas odwadniania osmotycznego oraz temperatura procesu wpływają na szybkość adsorpcji pary wodnej (rys. 1c) powodując spowolnienie wchłaniania pary wodnej w porównaniu z materiałem nie poddanym wstępnemu działaniu sacharozy. Zaobserwowano również, że wyższa temperatura roztworu sacharozy (70°C) sprzyja uzyskiwaniu wyższych wartości szybkości adsorpcji do uzyskania zawartości wody w truskawkach na poziomie około 0,12 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$. Jednocześnie początek adsorpcji pary wodnej przez truskawki wstępnie odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy w temperaturze 30°C charakteryzuje się bardzo dużą zmianą szybkości procesu w stosunku do niewielkiej zmiany zawartości wody w materiale.



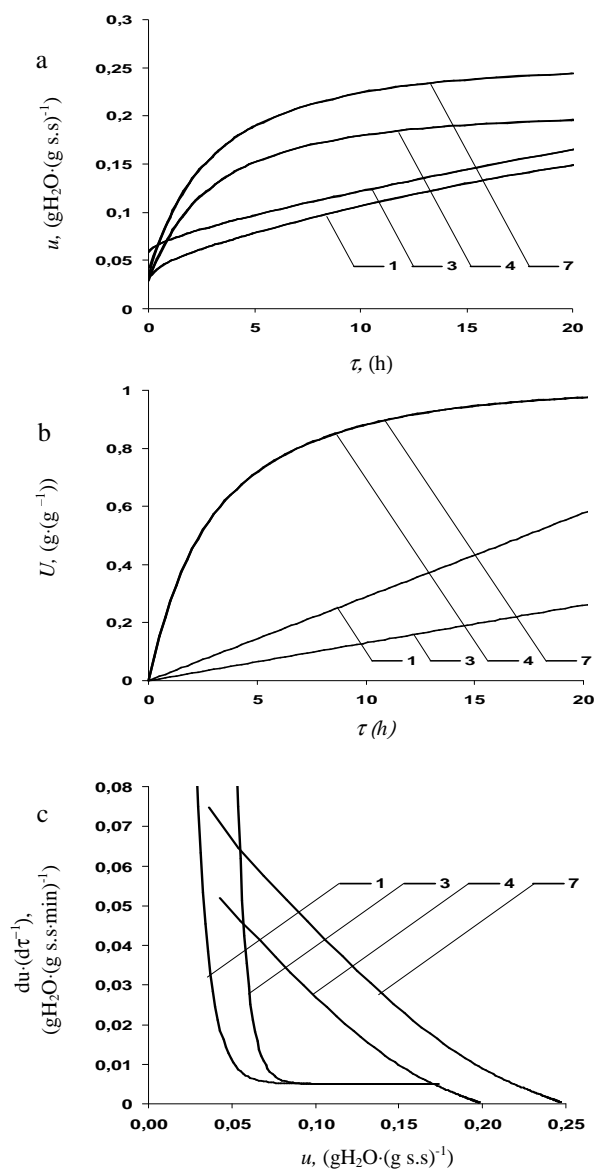
Rys. 1. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki wysycane podczas odwadniania osmotycznego w roztworze sacharozy w różnych temperaturach (tab. 1). Zmiany: a – zawartości wody, b – bezwymiarowej zawartości wody, c – szybkości adsorpcji

Fig. 1. Adsorption kinetics of water vapour by freeze-dried strawberries saturated during osmotic dehydration in sucrose solution at differed temperatures (Tab. 1). Changes: a – water content, b – non-dimensional water content, c – adsorption rate.

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi zmian zawartości wody w czasie oraz szybkości adsorpcji pary wodnej dla truskawek liofilizowanych poddanych wstępnie odwadnianiu osmotycznemu przez 0,25, 3 i 24 godziny oraz nie poddanych tej obróbce. Stwierdzono, że zastosowanie wstępnej obróbki sprzyja ograniczeniu ilości wchłanianej pary wodnej przez liofilizowane truskawki (rys. 2a). Jednocześnie zaobserwowano, że im dłuższy czas przebywania truskawek w roztworze osmoaktywnym, tym niższa zawartość wody po tym samym czasie adsorpcji. Wykazano, że zastosowanie krótkiego czasu procesu (0,25h) nie wpływa na charakter przebiegu zmian zawartości wody w czasie a obniża jedynie zakres ich występowania.

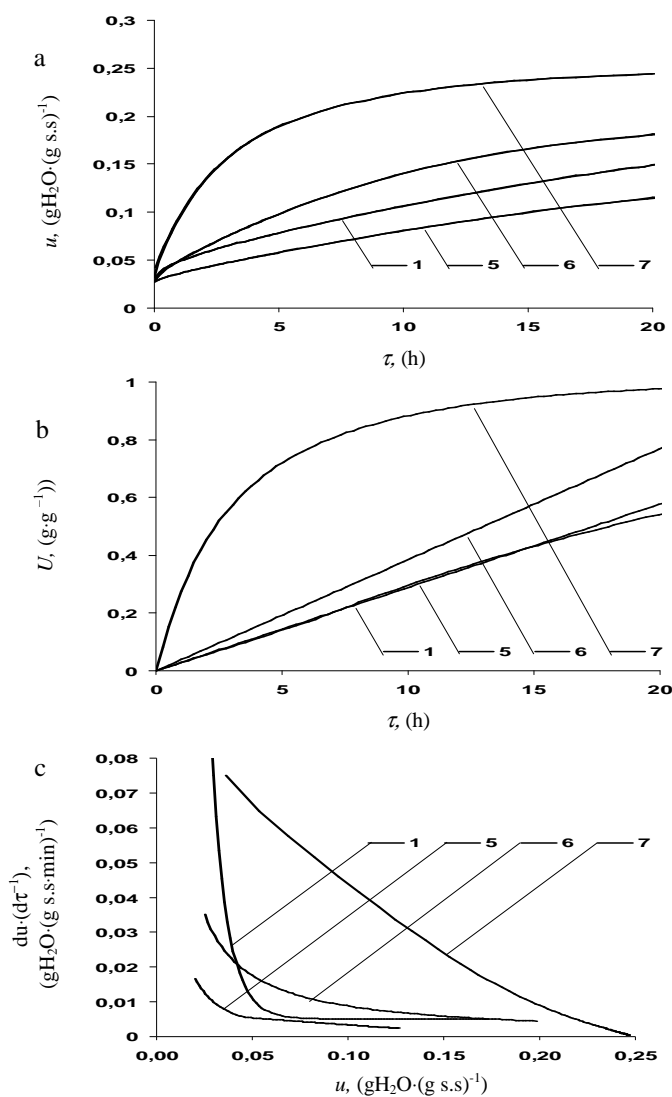
Rysunek 2b, na którym przedstawiono względną zawartość wody w czasie, pokazuje wyraźnie że obecność roztworu sacharozy wynikająca z przeprowadzonego wstępnego odwadniania przez 0,25h nie wpływa istotnie na przebieg oraz charakter procesu adsorpcji. Jednocześnie czas intensywnego wchłaniania wody przez materiał pozostaje taki sam jak dla truskawek nie poddanych wstępnemu odwadnianiu i wynosi około 5h ale zakres zawartości wody w tym przypadku mieści się w przedziale od około 0,03 do około 0,15 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$. Wydłużenie działania substancji osmoaktywnej powoduje, że czas w którym podczas adsorpcji występują intensywne zmiany zawartości wody wynosi zarówno dla truskawek poddanych odwadnianiu przez 3 jak i 20 godzin około 1 h, a zakresy zawartości wody w tym czasie zmieniają się odpowiednio w granicach 0,03-0,05 i 0,06-0,07 $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$. We wszystkich przypadkach po czasie intensywnej adsorpcji następuje łagodny proces dalszego wchłaniania oraz wyrównywania zawartości wody w całej objętości badanego materiału. Jednocześnie zaobserwowano, że dłuższy czas obróbki osmotycznej truskawek przed liofilizacją sprzyja zmniejszeniu nachylenia krzywej kinetyki adsorpcji opisującej ten okres, a najniższe zawartości wody podczas adsorpcji otrzymuje się dla truskawek poddanych obróbce przez 3h (rys. 2a), co pozwala wnioskować, że stosowanie dłuższych czasów oddziaływania substancji osmoaktywnej na tkankę nie wpływa istotnie na zmianę charakteru procesu adsorpcji przez truskawki liofilizowane.

Zmiany zawartości wody w truskawkach liofilizowanych w czasie adsorpcji przebiegają w zakresie malejących szybkości procesu niezależnie od rodzaju materiału. Charakter zmian zależy od czasu wstępnego odwadniania truskawek (rys. 2c). Początek adsorpcji pary wodnej przez truskawki poddane wstępnie działaniu roztworu sacharozy przez 3 i 24 h charakteryzuje się bardzo dużą zmianą szybkości procesu w stosunku do niewielkiej zmiany zawartości wody w materiale. Skrócenie czasu obróbki osmotycznej do 0,25 h powoduje, że szybkość adsorpcji dla zbliżonych zawartości wody w badanych truskawkach jest wyższa, a adsorpcja przebiega znacznie bardziej proporcjonalnie.



Rys. 2. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki wysycane podczas odwadniania osmotycznego w roztworze sacharozy w różnych czasach (tab. 1). Zmiany: a – zawartości wody, b – bezwymiarowej zawartości wody, c – szybkości adsorpcji

Fig. 2. Adsorption kinetics of water vapour by freeze-dried strawberries saturated during osmotic dehydration in sucrose solution at differed time (Tab. 1). Changes: a – water content, b – non-dimensional water content, c – adsorption rate



Rys. 3. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki wysycane podczas odwadniania osmotycznego w różnych roztworach (tab. 1). Zmiany: a – zawartości wody, b – bezwymiarowej zawartości wody, c – szybkości adsorpcji

Fig. 3. Adsorption kinetics of water vapour by freeze-dried strawberries saturated during osmotic dehydration in differed solutions (Tab. 1). Changes: a – water content, b – non-dimensional water content, c – adsorption rate

Zastosowanie wstępnego odwadniania bez względu na rodzaj substancji osmoaktywnej wpływa na ograniczenie ilości wchłanianej pary wodnej przez liofilizowane truskawki (rys. 3a). Dla wszystkich truskawek poddanych wstępnej obróbce osmotycznej czas intensywnego wchłaniania pary wodnej wynosił około 1 h, a zakresy wahały się w granicach $0,03-0,05 \text{ gH}_2\text{O}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$ niezależnie od rodzaju substancji osmoaktywnej. We wszystkich przypadkach po czasie intensywnej adsorpcji następuje łagodny proces dalszego wchłaniania oraz wyrównywania zawartości wody w całej objętości badanego materiału. Jednocześnie zaobserwowano, że im mniejsza masa cząsteczkowa cukru zastosowanego do wstępnego odwadniania truskawek przed liofilizacją, tym większy kąt nachylenia krzywej opisującej ten okres kinetyki adsorpcji (rys. 3a i b). Zmiany zawartości wody w truskawkach liofilizowanych w czasie adsorpcji przebiegają w zakresie malejących szybkości procesu niezależnie od rodzaju substancji osmoaktywnej zastosowanej do wstępnego odwadniania materiału. Charakter zmian zależy od rodzaju cukru, a najniższe wartości szybkości adsorpcji uzyskuje się dla truskawek wstępnie odwadnianych w roztworze syropu skrobiowego. Truskawki poddane wstępnie działaniu roztworu glukozy charakteryzują się podobnym przebiegiem krzywej szybkości adsorpcji, ale zakres tych zmian przy tych samych zawartościach wody w materiale przyjmuje wyższe wartości w całym badanym zakresie (rys. 3c). Początek procesu adsorpcji pary wodnej przez truskawki wysyczone wstępnie w roztworze sacharozy charakteryzuje dużą zmianą szybkości w stosunku do niewielkiej zmiany zawartości wody w materiale, następnie proces ulega znacznemu spowolnieniu.

WNIOSKI

1. Wnikanie cukrów do truskawek podczas odwadniania osmotycznego przed procesem liofilizacji wpływa na kinetykę i szybkość adsorpcji pary wodnej przez otrzymane susze. Niezależnie od temperatury i czasu wstępnego odwadniania osmotycznego oraz rodzaju substancji osmoaktywnej uzyskane susze charakteryzują się obniżoną zawartością wody oraz niższą szybkością adsorpcji pary wodnej.

2. Wnikanie cukrów do truskawek podczas odwadniania osmotycznego wpłynęło na zmianę charakteru zależności zmian zawartości wody od czasu adsorpcji z krzywoliniowej (wykładniczej) na prostoliniową w zakresie 20 godzin.

3. O charakterze procesu adsorpcji pary wodnej przez truskawki poddane wstępnemu działaniu roztworów cukrów podczas odwadniania osmotycznego decydują zjawiska powierzchniowe, które utrudniają przenikanie wody do wnętrza owoców.

PIŚMIENNICTWO

1. **Domian E., Lenart A., Lewicki P.P.:** Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez susz otrzymany konwekcyjnie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 430, 227-232, 1996.
2. **Janowicz M., Lenart A.:** Wpływ odwadniania osmotycznego na przebieg suszenia konwekcyjnego jabłek: Część 1 – Wymiana masy i ciepła; Część 2 – Zmiany właściwości fizycznych. Inżynieria Rolnicza, 12, 89-108, 2001.
3. **Janowicz M., Litwińska, M., Lenart, A.:** Wybrane właściwości fizyczne suszonych sublimacyjnie truskawek. Materiały X Sympozjum Suszarnictwa. (ed. Z. Pakowski). Politechnika Łódzka, Łódź, 505-515, 2003.
4. **Krokida M.K., Marinos-Kouris D.:** Rehydration kinetics of dehydrated products. J. of Food Eng., 57, 1-7, 2003.
5. **Lenart A., Lewicki P.P.:** Owoce i warzywa utrwalane sposobem osmotyczno-owiewowym. Przemysł Spożywczy, 50 (8), 70-72, 1996.
6. **Lenart A.:** Sorption properties of apples and carrot preserved by the osmo-convection method. Warsaw Agricultural University, Food Technology and Nutrition, 19, 27, 1991.
7. **Lewicki P.P.:** Właściwości wody w produktach spożywczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 811, Inżynieria Chemiczna i Procesowa, 24, 29-46, 1999.
8. **Mandala I.G., Anagnostaras E.F., Oikonomou C.K.:** Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. J. of Food Eng., 69, 307-316, 2005.
9. **Marabi A., Thieme U., Jacobson M., Saguy I.S.:** Influence of drying and rehydration time on sensory evaluation of rehydrated carrot particulates. J. of Food Eng., 72, 211-217, 2006.
10. **Marzec A., Lewicki P.P.:** Właściwości sorpcyjne pieczywa chrupkiego. Żywność, Technologia, Jakość, 4, 41, 44-56, 2004.
11. **Ogonek A., Lenart A.:** Odwadnianie osmotyczne truskawek. W pracy zbiorowej (red. Haber T., Porzucek H.): Technologia Żywności a oczekiwania konsumentów. WTŻ / SGGW i KTiChŻ, Warszawa 2001, nr pliku na CD materiałów konferencyjnych XXXII SN KTiChŻ PAN, 238, 1-6, 2001.
12. **Ogonek A., Lenart A.:** Wpływ selektywnych powłok jadalnych na odwadnianie osmotyczne truskawek. Żywność, 3 (28), 62-73, 2001.
13. **Ratti C.:** Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. J. of Food Eng., 49, 311-319, 2001.
14. **Rowicka R., Nowak D., Lewicki P.P.:** Wpływ aktywności wody na właściwości reologiczne liofilizowanego jabłka. W pracy zbiorowej (red. Haber T., Porzucek H.): Technologia Żywności a oczekiwania konsumentów, WTŻ / SGGW i KTiChŻ, Warszawa 2001, nr pliku na CD materiałów konferencyjnych XXXII SN KTiChŻ PAN: 244, 1-6, 2001

INFLUENCE OF OSMOTIC PRETREATMENT
ON THE KINETICS OF WATER VAPOUR ADSORPTION
BY FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

Monika Janowicz, Andrzej Lenart, Wioleta Idzikowska

Department of Food Engineering and Process Management, Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa
e-mail: monika_janowicz@sggw.pl

Abstract. The aim of this work was to analyse the kinetics and to estimate the water content of freeze-dried strawberries after adsorption. Frozen strawberries of Senga-Sengana variety were defrosted and saturated simultaneously in carbohydrates solution during osmotic dehydration. Later the material was frozen and freeze-drying was done. Aside from the temperature and time of osmotic dehydration as well as the kind of carbohydrates, also a decrease in the adsorption rate and obtained water content were found. Saturated strawberries during osmotic dehydration did not obtain equilibrium water content after investigated time (20 h)

Key words: adsorption kinetics of water, freeze drying, strawberries, saturation