

WPŁYW RODZAJU SUBSTANCJI OSMOTYCZNEJ NA ADSORPCJĘ PARY WODNEJ PRZEZ LIOFILIZOWANE TRUSKAWKI

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Streszczenie. Jednym ze sposobów utrwalania żywności jest obniżenie zawartości wody poprzez suszenie sublimacyjne. Proces ten zapewnia usunięcie wody z żywności i prawie idealne zachowanie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych naturalnego surowca. Liofilizowane owoce charakteryzują się kruchą i otwartą strukturą, dlatego istnieje potrzeba modyfikacji tego sposobu suszenia dla ograniczenia niekorzystnych zmian. Jednym ze sposobów wzmocnienia struktury suszonych owoców jest odwadnianie osmotyczne, polegające na usuwaniu wody z tkanki roślinnej przy jednoczesnym wnikaniu do jej wnętrza substancji rozpuszczalnych. Dla zoptymalizowania warunków suszenia i osiągnięcia najwyższej jakości i stabilności produktu końcowego bardzo ważne jest poznanie właściwości sorpcyjnych liofilizatu. Celem pracy było zbadanie wpływu rodzaju substancji osmotycznej na właściwości sorpcyjne liofilizowanych truskawek. Zamrożone truskawki odmiany Senga Sengana odwadniano w roztworach o aktywności wody około 0,9: 61,5% sacharozy, 67,5% syropu skrobiowego i 49,2% glukozy w temperaturze 30°C przez 3 godziny pod ciśnieniem atmosferycznym w warunkach dynamicznych. Odwodnione owoce zamrożono i liofilizowano w temperaturze pólek grzejnych 30°C przez 24 godziny. Dla otrzymanych suszy wyznaczono krzywe adsorpcji i izotermy adsorpcji pary wodnej. Wykazano, że odwadnianie osmotyczne w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego poprzedzające proces suszenia sublimacyjnego powoduje zmniejszenie stopnia adsorpcji pary wodnej o około 30% w stosunku do truskawek nieodwadnianych i odwadnianych w roztworze glukozy. Susze te charakteryzuje także obniżenie szybkości adsorpcji pary wodnej.

Słowa kluczowe: truskawki, liofilizacja, odwadnianie osmotyczne, kinetyka sorpcji, izotermy sorpcji

Wykaz oznaczeń

- t – temperatura, °C
- U – zawartość wody w liofilizowanych truskawkach, $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{gss})^{-1}$
- τ – czas, h
- a, b, c, d – współczynniki równania
- dU – przyrost zawartości wody, $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{gss})^{-1}$
- dU/dt – szybkość adsorpcji pary wodnej, $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{gss}\cdot\text{h})^{-1}$
- R^2 – współczynnik korelacji
- MRA – standardowy błąd oszacowania zawartości wody, %

- C, K – parametry modelu
mo – zawartość wody w monowarstwie, $\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{gss})^{-1}$
aw – aktywność wody

Wprowadzenie

Owoce stanowią ważny składnik codziennej diety. Truskawki należą do najpopularniejszych owoców na całym świecie, a ich uprawa stale wzrasta. Polska jest jednym z czołowych producentów tych owoców. Niestety ze względu na ich sezonowość i nietrwałość istnieje konieczność utrwalenia i zapewnienia dostępności przez cały rok.

Jedną z metod przedłużenia trwałości jest zamrażanie, które powoduje zwolnienie szybkości reakcji chemicznych przy jednoczesnym pogorszeniu właściwości fizycznych, szczególnie po rozmrożeniu. Następuje także koncentracja fazy płynnej oraz powstawanie kryształków lodu, które uszkadzają strukturę owoców [Cano i in. 1993]. Metoda ta poza wysokimi kosztami charakteryzuje się także utratą ważnych składników odżywczych utrwalanych owoców w czasie rozmrażania [Main i in. 1986]. Alternatywą dla tego sposobu utrwalania jest redukcja zawartości wody [Nieto i in. 1998; Nieto i in. 2001]. Można ją osiągnąć poddając owoce odwadnianiu osmotycznemu. Metoda ta polega na zanurzeniu owoców w roztworach osmotycznych w wyniku, czego z tkanki usuwana jest woda, a wprowadzane są składniki rozpuszczalne w roztworze. Owoce po odwadnianiu osmotycznym muszą być poddane dalszej obróbce mającej doprowadzić do usunięcia wody w jak największym stopniu.

Najczęściej stosowanym sposobem dalszego utrwalenia jest suszenie. Wysokie temperatury w tradycyjnych metodach suszenia powodują pogorszenie jakości [Maskan 2001], polegające na dużych zmianach w strukturze, oraz utracie kruchości. Najlepszym rozwiązaniem okazało się suszenie sublimacyjne (liofilizacja), które jest procesem odwadniania poprzez zamrożenie, a następnie sublimację powstałych kryształków lodu. Ponieważ proces odbywa się w niższych temperaturach, jakość suszonej żywności jest wyższa w stosunku do produktów odwodnionych innymi metodami. Ponadto, dzięki odparowywaniu wody z kryształków lodu, liofilizaty zachowują porowatą strukturę, która zapewnia efektywne chłonięcie pary wodnej i wody [Ratti 2001]. Połączenie liofilizacji i odwadniania osmotycznego zapewnia osiągnięcie korzystnych cech utrwalanej żywności.

Dla zoptymalizowania warunków suszenia lub pochłaniania pary wodnej, oraz dla osiągnięcia wysokiej jakości końcowej i stabilności produktu w czasie magazynowania, niezwykle ważne jest poznanie właściwości sorpcyjnych suszy w warunkach eksperymentalnych, podobnych do warunków naturalnych [Moraga i in. 2004]. Znajomość tych cech jest potrzebna dla określenia poziomu trwałości, krytycznej wilgotności i aktywności wody szczególnie dla produktów o pogarszającej się jakości pod wpływem wilgoci [Katz i Labuza 1981]. Wiedza ta jest ważna dla określenia warunków suszenia, pakowania i przechowywania. Aby ją zdobyć należy zbadać kinetykę adsorpcji pary wodnej, oraz wyznaczyć izotermy sorpcji. Obróbka wstępna wpływa na strukturę i skład produktu, co może powodować modyfikacje równowagowej zawartości wody. W zależności od tego, czy właściwości sorpcyjne badane są w całej tkance owocu, czy w homogenizowanej próbce otrzymuje się różne wyniki sorpcji pary wodnej. Niektórzy badacze wykazali wpływ obróbki wstęp-

nej na zróżnicowanie adsorpcji pary wodnej [Morag i in. 2004]. Ważnym czynnikiem, który decyduje o pogorszeniu jakości suszonych produktów żywnościowych podczas magazynowania jest aktywność wody. Wpływa ona na reakcje chemiczne, biochemiczne i stabilność suszonych produktów [Akanbi i Oludemi 2003]. Od aktywności wody zazwyczaj uzależniona jest wewnątrzkomórkowa stabilność produktu, która jest związana z aspektami kinetyki sorpcji, a niezwykle trudne jest osiągnięcie równowagi w złożonych produktach takich jak żywność odwadniana lub o średniej zawartości wody [Goff 1992].

Cel i zakres pracy

Celem pracy była ocena wpływu odwadniania osmotycznego na właściwości sorpcyjne liofilizowanych truskawek. Zamrożone truskawki odwadniano do tej samej zawartości wody, a następnie zamrażano i liofilizowano. Zakres pracy obejmował zmianę składu roztworu do odwadniania osmotycznego.

Metodyka

Materiałem do badań były truskawki odmiany Senga Sengana, mrożone, bez szypulek o średnicy 25-30mm. Surowiec przechowywano w stanie zamrożenia w temperaturze -18°C. Owoce odwadniano w roztworach o aktywności wody = 0,9 (roztwór sacharozy 61,5%, glukozy 49,2%, syropu skrobiowego 67,5%). Stosunek masowy surowca do roztworu wynosił 1:4. Proces przeprowadzano w łaźni wodnej w warunkach dynamicznych w temperaturze 30°C przez 3 godziny pod ciśnieniem atmosferycznym. Po odwodnieniu truskawki zamrażano w zamrażarce National Lab GmbH w temperaturze -70°C przez 2 godziny.

Owoce odwodnione osmotycznie lub nieodwodnione suszono w liofilizatorze typu ALPHA 1-4 LDC firmy Christ z kontaktowym ogrzewaniem surowca pod ciśnieniem 63 Pa, ciśnieniem bezpieczeństwa 103 Pa przez 24 godziny, przy temperaturze półek grzewczych 30°C. W otrzymanych liofilizatach oznaczano zawartość suchej substancji [Drzazga 1992], aktywność wody i adsorpcję pary wodnej [Domian i in. 1996]. Wyznaczano także izotermy adsorpcji pary wodnej [Greenspan 1977]. W tabeli 1 przedstawiono symbole liofilizowanych truskawek

Tabela 1. Symbole liofilizowanych truskawek

Table 1. Symbols of the lyophilized strawberry

Rodzaj suszu	Symbol
Truskawki liofilizowane w temp. [30°C] nieodwadniane osmotycznie	0
Truskawki liofilizowane w temp. [30°C] odwadniane osmotycznie w 61,5% roztworze sacharozy	I
Truskawki liofilizowane w temp. [30°C] odwadniane osmotycznie w 49,2% roztworze glukozy	II
Truskawki liofilizowane w temp. [30°C] odwadniane osmotycznie w 67,5% roztworze syropu skrobiowego	III

Pomiar kinetyki adsorpcji pary wodnej wykonywano w czterech powtórzeniach dla wszystkich rodzajów truskawek. Korzystano ze stanowiska zapewniającego ciągły pomiar

przyrostu masy w warunkach stałej temperatury i wilgotności względnej powietrza. Jako czynnik higrostatyczny stosowano roztwór nasycony NaNO_2 o aktywności wody = 0,648 w temperaturze $25 \pm 1^\circ\text{C}$ przez 20 godzin. Próbkę do badań stanowił susz w postaci całej truskawki. Przyrosty masy rejestrowano za pomocą programu komputerowego „Pomiar dla DOS”.

Do interpretacji matematycznej uzyskanych wyników zastosowano równanie:

$$Y = a + b\tau + c\tau^{1,5} + d\tau^{0,5} \quad (1)$$

Izotermy adsorpcji wyznaczano w trzech powtórzeniach. Zważone truskawki (ok. 2g) w postaci całych owoców umieszczano w 7 eksykatorach o aktywności wody od 0,225 do 0,903 na 3 miesiące. Po upływie tego czasu ponownie je ważono i oznaczano aktywność wody.

Wyniki badań i ich analiza

Analizie statystycznej poddano zależności zmian zawartości wody w liofilizowanych truskawkach od czasu adsorpcji (tab. 2). Wysoki współczynnik korelacji dla wszystkich rodzajów liofilizatów zdecydował o wybraniu równania matematycznego (1) do opisu krzywych adsorpcji pary wodnej w badanym przedziale czasu do 20 godzin.

Tab. 2. Parametry dopasowania równania matematycznego (1) opisującego kinetyki adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki

Table 2. Matching parameters of the mathematical equation (1) describing sorption kinetics of steam by the lyophilized strawberry

Susz Symbol	Współczynniki	Współczynnik korelacji	MRE	Zawartość wody eksperymentalna	Zawartość wody obliczeniowa
0 (nieodwadniane)	a=0,021 b=-0,006 c=-0,006 d=0,084	R ² = 0,995	48,7	U ₀ =0,041	U ₀ =0,0210
				U ₂₀ =0,214	U ₂₀ =0,210
I (roztwór sacharozy)	a=0,037 b=0,076 c=-0,009 d=0,012	R ² =0,999	3,33	U ₀ =0,038	U ₀ =0,037
				U ₂₀ =0,156	U ₂₀ =0,156
II (roztwór glukozy)	a=0,043 b=0,011 c=-0,0025 d=0,041	R ² =0,999	40,52	U ₀ =0,051	U ₀ =0,043
				U ₂₀ =0,236	U ₂₀ =0,232
III (roztwór syropu skrobiowego)	a=0,018 b=0,006 c=-0,001 d=0,039	R ² =0,996	16,60	U ₀ =0,031	U ₀ =0,018
				U ₂₀ =0,167	U ₂₀ =0,162

Zgodność danych eksperymentalnych i obliczeniowych dotyczących zawartości wody początkowej i po 20 godzinach adsorpcji (tab. 2) także świadczy o właściwym dopasowaniu równania.

Wpływ rodzaju substancji...

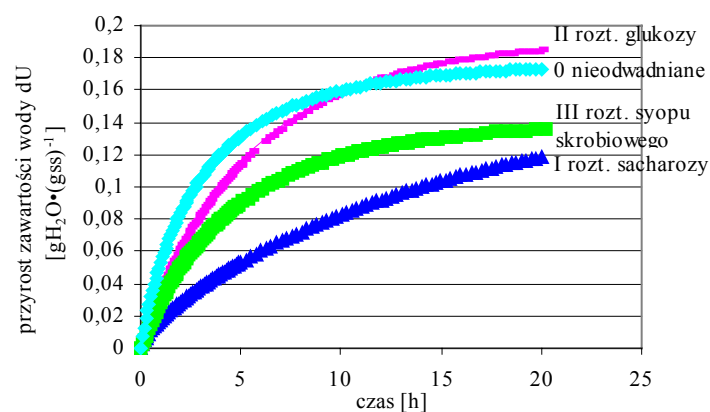
Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ odwadniania osmotycznego na aktywność wody w suszach (tab. 3). Stwierdzono, że truskawki liofilizowane w temperaturze 30°C wstępnie odwodnione osmotycznie charakteryzują się wzrostem aktywności wody w stosunku do liofilizatów, uzyskanych w podobnych warunkach temperaturowych, niepoddanych odwadnianiu osmotycznemu. Wartości te różnią się w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

Tabela 3. Wpływ rodzaju substancji osmotycznej na aktywność wody i zawartość wody liofilizowanych truskawek

Table 3. Influence of osmotic substance type on water activity and water content of the lyophilized strawberry

Susz Symbol	0 (nieodwodnione)	I (roztwór sacharozy)	II (roztwór glukozy)	III (roztwór syropu skrobiowego)
Aktywność wody	0,091	0,174	0,190	0,161
Zawartość H ₂ O w suszu [%]	3,47	3,86	4,61	2,79

Wykazano także, że truskawki odwodnione osmotycznie cechuje zmniejszenie stopnia adsorpcji pary wodnej w porównaniu z truskawkami nieodwodnionymi (rys. 1). Odwadnianie w roztworze sacharozy spowodowało uzyskanie przez te liofilizaty najmniejszego przyrostu zawartości wody. Natomiast odwadnianie w roztworze glukozy wpłynęło na osiągnięcie poziomu charakterystycznego dla truskawek nieodwodnionych.

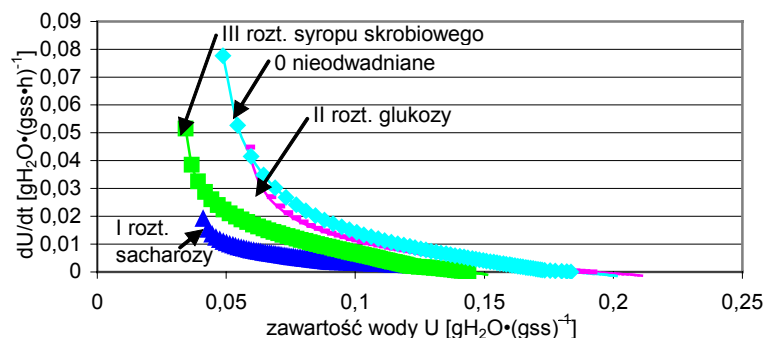


Rys. 1. Wpływ rodzaju substancji osmotycznej na adsorpcję pary wodnej dU przez liofilizowane truskawki

Fig. 1. Influence of osmotic substance type on adsorption of steam dU by the lyophilized strawberry

Na podstawie przebiegu krzywych szybkości adsorpcji pary wodnej (rys. 2) można stwierdzić, że odwadnianie osmotyczne truskawek powoduje obniżenie szybkości adsorpcji

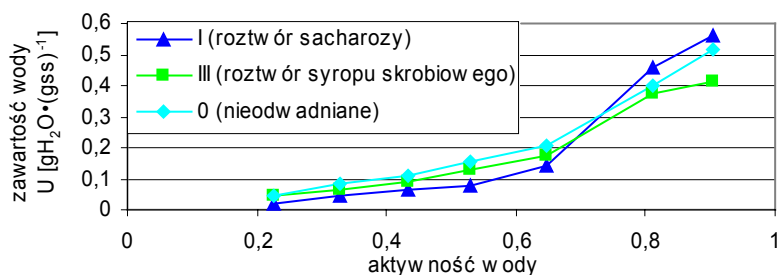
pary wodnej przez liofilizaty w stosunku do owoców nieodwodnionych osmotycznie. Truskawki odwodnione w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego wykazują najmniejszą szybkość chłonięcia pary wodnej. W przypadku zastosowania roztworu glukozy różnice w stosunku do truskawek nieodwodnionych nie były istotne statystycznie.



Rys. 2. Wpływ rodzaju substancji osmotycznej na szybkość adsorpcji pary wodnej dU/dt przez liofilizowane truskawki

Fig. 2. Influence of osmotic substance type on sorption rate of steam dU/dt by the lyophilized strawberry

Analiza przebiegu izoterm adsorpcji pary wodnej dla truskawek odwodnionych w roztworach sacharozy i syropu skrobiowego, oraz nieodwodnionych (rys. 3) wykazała, że w zakresie aktywności wody od 0,225 do 0,648 potwierdzają się zależności uzyskane przy wyznaczaniu kinetyki adsorpcji pary wodnej (rys. 1 i 2). Przy aktywnościach wody przekraczających 0,75 najwyższy poziom zawartości wody uzyskano dla truskawek odwodnionych w roztworze sacharozy. Różnice, co do wielkości końcowej zawartości wody dla izoterm sorpcji i krzywych adsorpcji pary wodnej mogą wynikać z tego, że różny był czas pomiaru – w przypadku kinetyki adsorpcji 20 godzin, a izoterm 3 miesiące.



Rys. 3. Izoterm adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki

Fig. 3. Sorption isotherms of steam by the lyophilized strawberry

Wpływ rodzaju substancji...

Dla punktów eksperymentalnych próbowano dobrać model opisujący izotermy adsorpcji [Brauner i in. 1940]. Stopień dopasowania modelu oceniano na podstawie wielkości parametrów MRE i R^2 (tab. 4).

Tabela 4. Parametry dopasowania modeli sorpcji dla liofilizowanych truskawek odwadnianych i nieodwadnianych osmotycznie

Table 4. Matching parameters of sorption models for osmotic dehydrated and non-dehydrated lyophilized strawberries

0 (nieodwadniane)						
	model GAB	model Lewickiego	model Pelega	model Iglesiasa-Chirife	model Oswina	model Halseya
MRE	4,81	25,74	12,95	31,81	12,81	35,15
R^2	0,99	0,99	0,94	0,93	0,88	0,94
I (roztwór sacharozy)						
	model GAB	model Lewickiego	model Pelega	model Iglesiasa-Chirife	model Oswina	model Halseya
MRE	42,90	25,53	39,13	76,92	61,59	54,94
R^2	0,97	0,98	0,94	0,91	0,88	0,96
III (roztwór syropu skrobiowego)						
	model GAB	model Lewickiego	model Pelega	model Iglesiasa-Chirife	model Oswina	model Halseya
MRE	9,37	46,55	8,86	40,00	16,62	33,48
R^2	0,92	0,63	0,92	0,86	0,87	0,94

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dla truskawek odwadnianych w roztworze syropu skrobiowego i nieodwadnianych, krzywe najlepiej opisuje model GAB. W przypadku odwadniania w roztworze sacharozy w zakresie aktywności wody 0,225-0,903 model GAB cechuje duży błąd, dlatego w tym przypadku odpowiedniejszy jest model Lewickiego. Pomimo tego, iż model GAB najlepiej opisywał izotermy adsorpcji większości liofilizatów, to rozpatrywanie krzywych w zakresie aktywności wody 0,225-0,903 uniemożliwia wyjaśnienie zjawisk fizycznych.

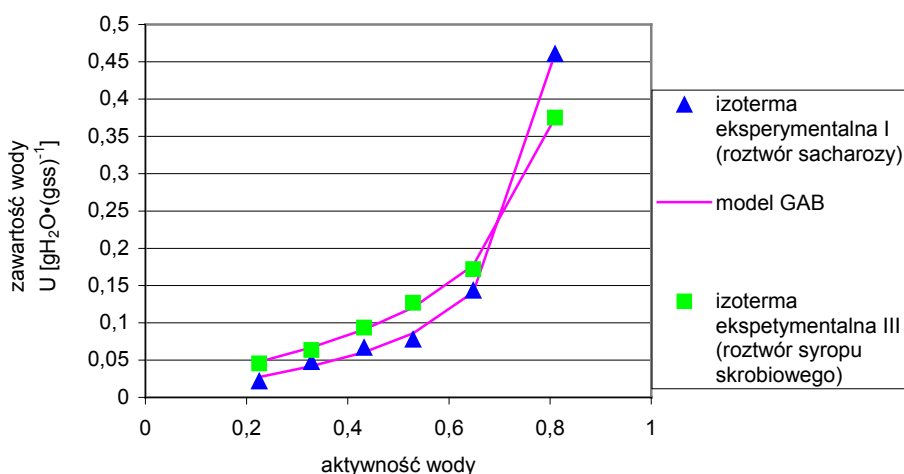
W eksykatorze o aktywności wody 0,903 nastąpiło znaczne uszkodzenie struktury liofilizatów. Miało to niewątpliwy wpływ na charakter przebiegu izoterm w zakresie aktywności wody 0,810-0,903. Aby wyeliminować ten wpływ zbadano parametry opisujące model GAB dla aktywności wody 0,225-0,810 (rys. 4).

Uzyskane wyniki potwierdzają, że model GAB został właściwie dobrany do opisu izoterm adsorpcji. Wszystkie liofilizaty uzyskały wysoki współczynnik korelacji R^2 i niskie MRE (tab. 5). Na podstawie wartości stałej C można stwierdzić, że izotermy adsorpcji dla wszystkich liofilizowanych truskawek są izotermami II typu, ponieważ $C > 2$. Aby potwierdzić wybór właściwego modelu (GAB) poniżej zamieszczono wykresy przedstawiające stopień dopasowania modelu do izoterm (rys. 4).

Tabela 5. Wielkości fizyczne opisujące model GAB adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki w zakresie aktywności wody 0,225-0,810

Table 5. Physical parameters describing GAB model of steam sorption by lyophilized strawberries within the scope of water activity 0.225-0.810

	0 (nieodwadniane)	I (roztwór sacharozy)	III (roztwór syropu skrobiowego)
MRE	17,43	16,30	3,45
R ²	0,94	0,99	0,89
K	0,94	1,12	1,02
C	7,63	2,52	3,81
m ₀	0,08	0,04	0,07
a _w	0,393	0,326	0,291



Rys. 4. Dopasowanie modelu GAB do izoterm adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki

Fig. 4. Matching GAB model to sorption isotherms of steam by lyophilized strawberries

Wnioski

1. Odwadnianie osmotyczne spowodowało otrzymanie liofilizatów o podwyższonej aktywności wody (0,16-0,19) oraz zawartości wody (2,8-4,6%) w porównaniu z owocami nieodwadnianymi osmotycznie (0,09 i 3,5%) w stopniu zależnym od rodzaju substancji osmotycznej.
2. Liofilizowane truskawki wstępnie odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego charakteryzowały się zmniejszeniem stopnia adsorpcji pary wodnej o około 30% w porównaniu z truskawkami nieodwadnianymi lub odwadnianymi w roztworze glukozy.

3. Odwadnianie osmotyczne truskawek w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego spowodowało zmniejszenie szybkości adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane owoce odwadniane w roztworze glukozy i nieodwadniane osmotycznie. Istnieje zróżnicowanie szybkości adsorpcji pary wodnej w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.
4. Wyznaczone izotermy adsorpcji pary wodnej potwierdziły, że odwadnianie osmotyczne powoduje obniżenie zawartość wody w liofilizowanych truskawkach w zakresie aktywności wody niższej od 0,75 w stosunku do truskawek nieodwodnionych osmotycznie.
5. Izotermy adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki z i bez wstępnego odwadniania osmotycznego opisano modelem GAB, dla którego wyznaczono parametry świadczące o stopniu dopasowania do izoterm. Wykazano, że uzyskane izotermy są typu II dla wszystkich liofilizowanych truskawek.

Bibliografia

- Akanbi C.T. & Oludemi, F.O.** 2003. Effect of processing and packaging on the lycopene content of tomato products, *International Journal of Food Properties* 7(1). s. 139-152.
- Brunauer S., Deming, L.S., Deming, W.E., & Teller, E.** 1940. On a theory of the van der Waals adsorption of gases, *Journal of American Chemistry Society* 62. s. 1723-1732.
- Cano M.P., Fuster C., & Marin, M.A.** 1993. Freezing preservation of four Spanish kiwi-fruit cultivars (*Actinidia Chinensis*, Panch): Chemical aspects, *Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 196. s. 142-146.
- Domian E., Lenart A., Lewicki P.P.** 1996. Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez susz otrzymany konwekcyjnie, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 430. s. 227-232.
- Drzazga B.** 1992. Analiza techniczna w przemyśle spożywczym, *Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne*, Wydanie trzecie. s. 302-307.
- Goff H.D.** 1992. Low-temperature stability and the glassy state in frozen foods, *Food Research International* 25. s. 317-325.
- Greenspan L.** 1977. Humidity of fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of Natural Bureau of Standards-A, Physical and Chemistry* 81A(1). s. 89-96.
- Katz E.E. & Labuza T.P.** 1982. Effect of water activity on sensory crispness and mechanical deformation of snack food products, *Journal of Food Science*, 46. s. 403-409.
- Main G.L., Morris J.R. & Wehunt E.J.** 1986. Effect of processing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing, *Journal of Food Science* 52(2). s. 391-394.
- Maskan M.** 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering* 48. s. 177-182.
- Moraga G., Martinez-Navarrete N., & Chiralt A.** 2004. Water sorption isotherms and glass transition in strawberries: Influence of pre-treatment, *Journal of Food Engineering* 62. s. 315-321.
- Nieto A., Castro M.A., & Alzamora S.M.** 2001. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango, *Journal of Food Engineering* 50(3). s. 175-185.
- Nieto A., Salvatori D., Castro M.A., & Alzamora S.M.** 1998. Air drying behaviour of apples as affected by blanching and glucose impregnation, *Journal of Food Engineering* 36. s. 63-79.
- Ratti C.** 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review, *Journal of Food Engineering* 49(4). s. 311-319.

THE INFLUENCE OF OSMOTIC SUBSTANCE TYPE ON ADSORPTION OF STEAM BY THE LYOPHILIZED STRAWBERRY

Summary. One way of food stabilization is reduction of water content by freeze drying. This process ensures removal of water from food while keeping chemical, physical and biological properties of natural raw product almost unchanged. The lyophilized fruit is characterized by fragile and opened structure, therefore this drying method needs modification in order to limit adverse changes. One way of strengthening the structure of fruit put to drying is osmotic dehydration, which involves water removal from plant tissue with simultaneous penetration of soluble substances inside the tissue. In order to optimize drying conditions and ensure the highest quality and stability of the final product, it is very important to discover the sorptive properties of the lyophilizer. The purpose of the work was testing the influence of the osmotic substance type on the sorptive properties of the lyophilized strawberry. Frozen strawberries of Senga Sengana variety were dehydrated in solutions with water activity of approx. 0,9: 61.5% of sucrose, 67.5% of starch syrup and 49.2% of glucose at 30°C for a period of 3 hours at the atmospheric pressure under dynamic conditions. Dehydrated fruits were frozen and lyophilized at a temperature of heating shelves of 30°C for 24 hours. For obtained dried material, adsorption curves and adsorption isotherms of steam were set. It was demonstrated that osmotic dehydration in sucrose and starch syrup solution preceding the sublimation drying process resulted in decreasing of the degree of steam adsorption by approx. 30% in relation to non-dehydrated and dehydrated in glucose solution strawberries. These dried materials are also characterized by reduced rate of steam adsorption.

Key words: strawberries, lyophilization, osmotic dehydration, sorption kinetics, sorption isotherms

Adres do korespondencji:

Agnieszka Ciurzyńska; e-mail: agus_w@op.pl
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159C
02-787 Warszawa