

Agnieszka Woźnica, Andrzej Lenart
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WPLYW ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO NA WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE LIOFILIZOWANYCH TRUSKAWEK

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości sorpcyjne liofilizowanych truskawek. Owoce odwadniano w roztworach o aktywności wody = 0,9 (roztwór sacharozy 61,5%, glukozy 49,2%, syropu skrobiowego 67,5%). Wykazano zróżnicowanie przebiegu adsorpcji pary wodnej w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej. Truskawki odwadniane w roztworze sacharozy uzyskały najmniejszy przyrost zawartości wody. Przedstawiono wpływ odwadniania osmotycznego poprzedzającego liofilizację na zawartość i aktywność wody w suszu. Najniższe wartości uzyskały owoce odwadniane w roztworze syropu skrobiowego. Analizowano także wpływ zróżnicowania temperatury liofilizacji na wymienione cechy nieodwadnianych osmotycznie truskawek. Owoce liofilizowane w temperaturze 30°C charakteryzowały się największą szybkością adsorpcji pary wodnej. Stwierdzono, że susze konwekcyjne nieodwadniane i odwadniane wstępnie w roztworze sacharozy cechuje najwyższa aktywność i zawartość wody oraz najniższy stopień chłonięcia pary wodnej.

Słowa kluczowe: liofilizacja, truskawki, suszenie konwekcyjne, odwadnianie osmotyczne, adsorpcja pary wodnej

Wykaz oznaczeń

- t – temperatura [°C],
U – zawartość wody w suszonych truskawkach [gH₂O/gss],
τ – czas [h],
a, b, c, d – współczynniki równania,
dU – przyrost zawartości wody [gH₂O/gss],
dU/dτ – szybkość adsorpcji pary wodnej [gH₂O/(gss*h)].

Wprowadzenie

W technologii żywności obserwuje się stały wzrost zainteresowania żywnością przetworzoną. Wśród owoców dużą popularność zyskały truskawki, których uprawa na świecie stale wzrasta. Owoce świeże są jednak nietrwałe, dlatego prowadzone badania mają doprowadzić do opracowania nowych technologii, które pozwolą na otrzymanie produktów zachowujących w jak największym stopniu cenne właściwości surowca. [Agnelli & Mascheroni 2002]. Jedną z metod usuwania wody jest suszenie [Crapiste 2000]. Przełomem okazało się wykorzystanie do tego celu liofilizacji polegającej na zamrożeniu substancji, a następnie sublimacji powstałych kryształków lodu. Jest to sposób otrzymania zarówno gotowych potraw liofilizowanych jak i półproduktów wykorzystywanych w przemyśle spożywczym. Zastosowanie odpowiedniej obróbki wstępnej (np. odwadniania osmotycznego) pozwala na zwiększenie atrakcyjności otrzymanych produktów [Erle, Schubert 2001]. Warunki obróbki wstępnej mają wpływ na skład i strukturę produktu, która może ulec zmianie w zależności od aktywności wody i zawartości wody. Cechy te mają ścisły związek ze stopniem chłonięcia pary wodnej przez suszoną żywność.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu odwadniania osmotycznego na właściwości sorpcyjne liofilizowanych truskawek. Otrzymano także susze konwekcyjne dla porównania wpływu sposobu suszenia na badane cechy. Zakres pracy obejmował zmianę składu roztworu odwadniającego, temperatury sublimacji i sposobu suszenia.

Metodyka

Materiałem do badań były truskawki odmiany Senga Sengana, o średnicy 25-30mm, mrożone, bez szypulek. Surowiec przechowywano w stanie zamrożenia w temperaturze -18°C .

Owadnianie owoców przeprowadzano 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 przebiegał w łaźni wodnej w warunkach dynamicznych w temperaturze 30°C przez 3h pod ciśnieniem atmosferycznym. Po odwodnieniu truskawki zamrażano w zamrażarce National Lab GmbH w temperaturze -70°C przez 2h. Owoce odwodnione osmotycznie i nieodwadniane liofilizowano w liofilizatorze typu ALPHA 1-4 LDC firmy Christ z kontaktowym ogrzewaniem surowca pod ciśnieniem 63 Pa, ciśnieniem bezpieczeństwa 103 Pa przez 24h, przy temperaturze półek grzejnych 10, 30, 50 i 70°C .

Suszenie konwekcyjne odbywało się w suszarce owiewowej w temperaturze 60°C przez 28h. Procesowi temu poddawano truskawki odwodnione w roztworze sacharozy 61,5% i nieodwodnione. W otrzymanych suszach oznaczano zawartość suchej substancji [Drzazga 1992], aktywność wody i adsorpcję pary wodnej [Domian, Lenart i Lewicki 1996]. W tabeli 1 przedstawiono symbole liofilizowanych truskawek.

Tabela 1. Symbole suszonych truskawek
Table 1. Indication of dried strawberries

Rodzaj suszu	Symbol
Truskawki liofilizowane w temp [10°C] nieodwadniane osmotycznie	I
Truskawki liofilizowane w temp [30°C] nieodwadniane osmotycznie	II
Truskawki liofilizowane w temp [50°C] nieodwadniane osmotycznie	III
Truskawki suszone w temp [70°C] nieodwadniane osmotycznie	IV
Truskawki suszone konwekcyjnie w temp [60°C] nieodwadniane osmotycznie	V
Truskawki liofilizowane w temp [30°C] odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy 61,5%	IA
Truskawki liofilizowane w temp [30°C] odwadniane osmotycznie w roztworze glukozy 49,2%	IIA
Truskawki liofilizowane w temp [30°C] odwadniane osmotycznie w roztworze syropu skrobiowego 67,5%	IIIA
Truskawki suszone konwekcyjnie w temp [60°C] odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy 61,5%	IVA

Badanie kinetyki adsorpcji pary wodnej wykonywano w czterech powtórzeniach dla wszystkich rodzajów suszy. Korzystano ze stanowiska zapewniającego ciągły pomiar przyrostu masy w warunkach stałej temperatury i wilgotności względnej powietrza. Jako czynnik higrostatyczny stosowano roztwór nasycony NaNO₂ o aktywności wody =0,648 w temperaturze 25±1°C przez 20h. Próbkę do badań stanowił susz w postaci całej truskawki. Przyrost masy rejestrowano za pomocą programu komputerowego „Pomiar dla DOS”.

Do interpretacji matematycznej uzyskanych wyników zastosowano równanie

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

Wyniki i ich omówienie

W tabeli 2 przedstawiono dane z analizy równania matematycznego. Na podstawie wysokiego współczynnika korelacji dla wszystkich rodzajów suszy stwierdzono, że funkcja właściwie opisuje wszystkie krzywe adsorpcji pary wodnej w badanym przedziale czasu do 20h.

Tabela 2. Dane z analizy równania matematycznego
Table 2. Digital data from equation analysis

Rodzaj suszu	Współczynniki	Współczynnik korelacji [r ²]	Dane eksperymentalne	Dane obliczeniowe
I nieodwadniane [10°C]	a=0,999 b=0,010 c=-0,002 d=0,036	0,999	U ₀ =0,036	U ₀ =0,030
			U ₂₀ =0,217	U ₂₀ =0,215
II nieodwadniane [30°C]	a=0,021 b=-0,006 c=-0,006 d=0,084	0,995	U ₀ =0,041	U ₀ =0,021
			U ₂₀ =0,214	U ₂₀ =0,210
III nieodwadniane [50°C]	a=0,067 b=-0,009 c=-0,001 d=0,064	0,998	U ₀ =0,080	U ₀ =0,067
			U ₂₀ =0,248	U ₂₀ =0,245
IV nieodwadniane [70°C]	a=-0,087 b=-0,005 c=-0,0006 d=0,081	0,998	U ₀ =0,005	U ₀ =-0,008
			U ₂₀ =0,197	U ₂₀ =0,194
V suszone konwekcyjnie nieodwadniane [50°C]	a=0,059 b=0,0042 c=-0,0004 d=0,008	0,999	U ₀ =0,062	U ₀ =0,059
			U ₂₀ =0,144	U ₂₀ =0,144
IA roztwór sacharozy	a=0,037 b=0,076 c=-0,009 d=0,012	0,999	U ₀ =0,038	U ₀ =0,037
			U ₂₀ =0,156	U ₂₀ =0,156
IIA roztwór glukozy	a=0,043 b=0,011 c=-0,0025 d=0,041	0,999	U ₀ =0,051	U ₀ =0,043
			U ₂₀ =0,236	U ₂₀ =0,232
IIIA roztwór syropu skrobiowego	a=0,018 b=0,006 c=-0,001 d=0,039	0,996	U ₀ =0,031	U ₀ =0,018
			U ₂₀ =0,167	U ₂₀ =0,162
IVA suszone konwekcyjnie odwadniane w roztworze sacharozy	a=0,070 b=0,0009 c=-0,00008 d=0,002	0,999	U ₀ =0,070	U ₀ =0,070
			U ₂₀ =0,093	U ₂₀ =0,093

O wysokim stopniu dopasowania może świadczyć także zgodność danych eksperymentalnych i empirycznych dotyczących zawartości wody początkowej i po 20h procesu adsorpcji (tab. 2.).

Liofilizowane nieodwadniane truskawki charakteryzują się zróżnicowaną aktywnością wody w przedziale [0,058-0,128] i zawartością wody w suszu w zależności

od temperatury półek grzejnych (tab. 3.). Zauważono istotną różnicę tych wartości w zależności od sposobu suszenia. Susze konwekcyjne charakteryzują się znacznie wyższą aktywnością wody i zawartością wody w stosunku do liofilizatów.

Tabela 3. Wpływ temperatury sublimacji na aktywność wody i zawartość wody suszonych truskawek nieodwadnianych osmotycznie

Tab. 3. Effect of freeze-drying temperature on water activity and water content of dried strawberries without osmotic dehydration

Rodzaj suszu	I [10°C]	II [30°C]	III [50°C]	IV [70°C]	V [60°C]
Aktywność wody	0,128	0,091	0,062	0,058	0,352
Zawartość H ₂ O [%] w suszu	3,47	3,47	2,34	1,36	5,87

Wykazano także istotny wpływ odwadniania osmotycznego w suszach na aktywność wody (tab. 4.). Stwierdzono, że liofilizacja truskawek w temperaturze 30°C wstępnie odwodnionych osmotycznie powoduje wzrost aktywności wody [0,161-0,190] w stosunku do liofilizatów uzyskanych w podobnych warunkach temperaturowych nie poddanych odwadnianiu osmotycznemu [0,091].

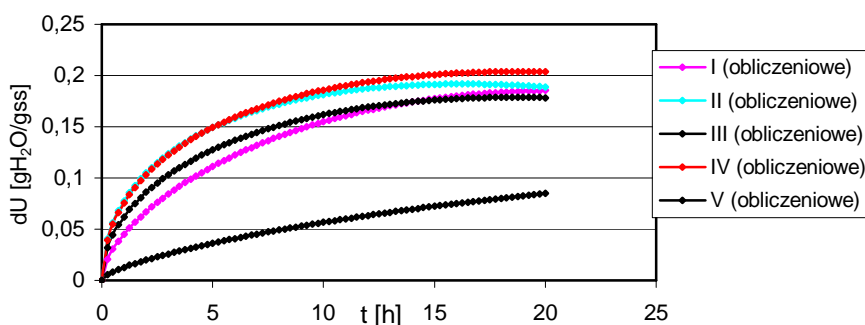
Tabela 4. Wpływ rodzaju substancji osmotycznej na aktywność wody i zawartość wody suszonych truskawek odwadnianych osmotycznie

Table 4. Effect of kind of osmotic solution on water activity and water content of osmotically dehydrated and dried strawberries

Rodzaj suszu	IA (roztwór sacharozy 61,5%)	IIA (roztwór glukozy 49,2%)	IIIA (roztwór syropu skrobiowego 67,5%)	IVA (roztwór sacharozy 61,5%)
Aktywność wody	0,174	0,190	0,161	0,470
Zawartość H ₂ O [%] w suszu	3,86	4,61	2,79	6,60

Nastąpiło również zróżnicowanie tych wielkości w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej. Najniższą aktywnością wody i zawartością wody w liofilizacie charakteryzowały się truskawki odwadniane w roztworze syropu skrobiowego. Podobnie jak w przypadku truskawek nieodwadnianych susze konwekcyjne odwodnione wstępnie w roztworze sacharozy wykazały zwiększoną aktywność wody i zawartość wody.

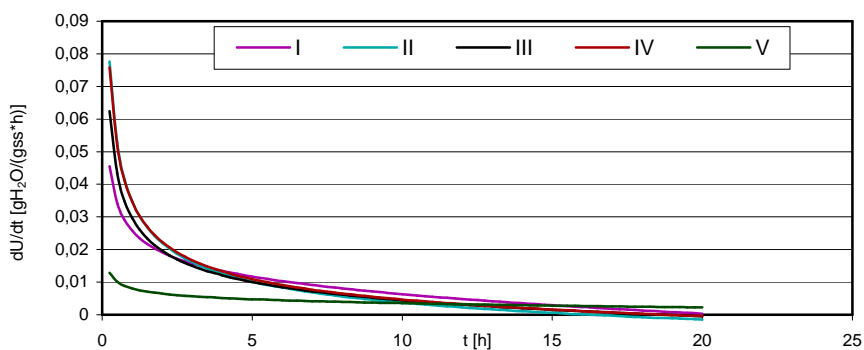
Na podstawie analizy krzywych adsorpcji pary wodnej stwierdzono (rys. 1.), że temperatura liofilizacji wpływa na ilość zaadsorbowanej pary wodnej. Największą wartość osiągnęły truskawki liofilizowane w temperaturach 30 i 70°C, a niższą liofilizowane w temperaturze 10 i 50°C.



Rys. 1. Wpływ temperatury sublimacji na adsorpcję pary wodnej przez suszone truskawki nieodwadniane osmotycznie

Fig. 1. Effect of freeze-drying temperature on water adsorption of dried strawberries without osmotic dehydration

Stwierdzono, że podwyższenie temperatury w zakresie [30-50°C] powoduje przyspieszenie adsorpcji pary wodnej, a w 70°C następuje zmniejszenie szybkości adsorpcji do poziomu charakterystycznego dla 10°C (rys. 2.).

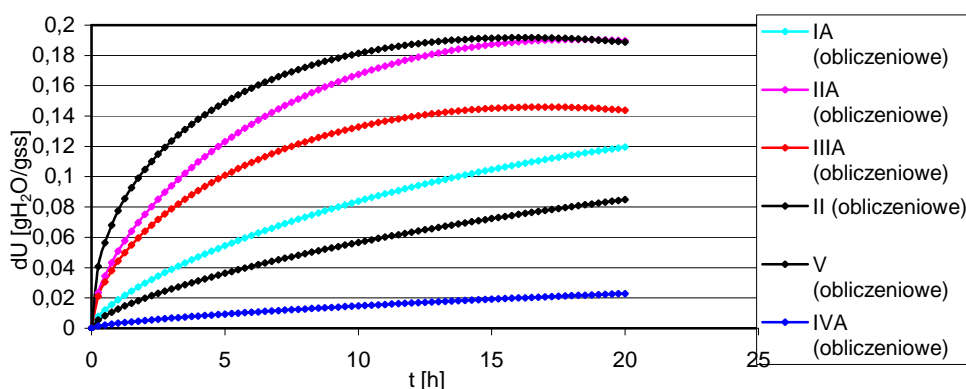


Rys. 2. Wpływ temperatury sublimacji na szybkość adsorpcji pary wodnej $dU/d\tau$ przez suszone truskawki nieodwadniane osmotycznie

Fig. 2. Effect of freeze-drying temperature on water adsorption rate $dU/d\tau$ of dried strawberries without osmotic dehydration

Wykazano, że najmniejszą szybkością adsorpcji pary wodnej charakteryzują się truskawki suszone konwekcyjnie (rys. 2.).

Odwadnianie osmotyczne spowodowało zmniejszenie stopnia adsorpcji pary wodnej w porównaniu do truskawek nieodwadnianych (rys. 3.). Odwadnianie w roztworze sacharozy sprawiło, że truskawki te uzyskały najmniejszy przyrost zawartości wody, natomiast truskawki odwadniane w roztworze glukozy osiągnęły poziom charakterystyczny dla truskawek nieodwadnianych liofilizowanych w temperaturze 30°C.

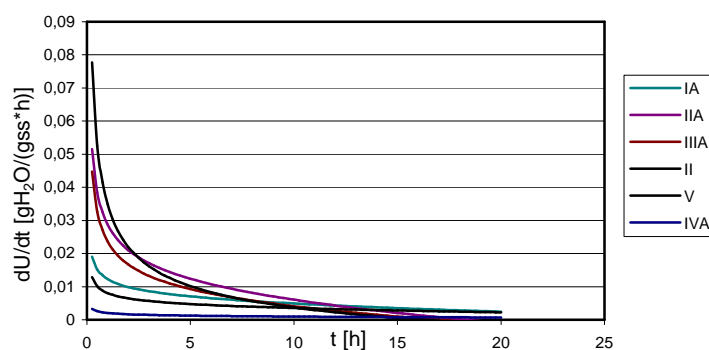


Rys. 3. Wpływ rodzaju substancji osmoaktywnej na adsorpcję pary wodnej dU przez suszone truskawki odwadniane osmotycznie

Fig. 3. Effect of osmotic solution on water adsorption dU of osmotically dehydrated and dried strawberries

Stwierdzono, że istnieje zróżnicowanie szybkości adsorpcji pary wodnej w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej (rys. 4.).

Truskawki odwadniane w roztworze sacharozy i syropu skrobiowego charakteryzowały się mniejszą szybkością adsorpcji pary wodnej w porównaniu z owocami odwadnianymi w roztworze glukozy. Suszenie konwekcyjne spowodowało dalsze obniżenie szybkości adsorpcji. Poprzedzenie suszenia odwadnianiem osmotycznym w roztworze sacharozy sprawiło, że owoce te wykazały znacznie mniejszy przyrost zawartości wody i obniżenie szybkości adsorpcji pary wodnej w porównaniu do truskawek nieodwadnianych osmotycznie.



Rys. 4. Wpływ rodzaju substancji osmoaktywnej na szybkość adsorpcji pary wodnej $dU/d\tau$ przez suszone truskawki odwadniane osmotycznie

Fig. 4. Effect of osmotic solution on water adsorption rate $dU/d\tau$ of osmotically dehydrated and dried strawberries

Wnioski

1. Podwyższenie temperatury liofilizacji w zakresie 30-70°C wpływa na obniżenie aktywności wody i zawartości wody w suszonych truskawkach.
2. Owoce liofilizowane w zakresie temperatur od 10 do 50°C charakteryzowały się podwyższoną szybkością adsorpcji pary wodnej, podczas gdy temperatura 70°C spowodowała obniżenie szybkości do poziomu charakterystycznego dla owoców suszonych w 10°C.
3. Susze konwekcyjne zarówno truskawek odwodnionych jak i nieodwodnionych charakteryzowały się podwyższoną aktywnością wody i zawartością wody. Owoce te wykazały także zdecydowanie mniejszą zdolność adsorpcji pary wodnej.
4. Truskawki odwadniane osmotycznie wykazały zróżnicowanie aktywności wody i zawartości wody w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej.
5. Susze poddane obróbce osmotycznej charakteryzowały się zmniejszoną szybkością adsorpcji pary wodnej. Zmiana ta zależna była od rodzaju substancji osmoaktywnej.

Bibliografia

Agnelli M.E. & Mascheroni R.H. 2002. Quality of foodstuffs frozen in a cryomechanical freezer. *Journal of Food Engineering*, 52(3), str. 257-263.

Crapiste G.H. Simulation of drying rates and quality changes during the dehydration of foodstuffs. In J. E. Lozano, C. Añón E. Parada-Arias, & G. Barbosa-Cánovas (Eds.), Food preservation technology series, Trends in food engineering (str. 135-148 Lancaster: Technomic Publishing Company, Inc.

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, str. 227-232.

Drzazga B. 1992. Analiza techniczna w przemyśle spożywczym, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Wydanie trzecie, str. 302-307.

Erle U., Schubert H. 2001. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. Journal of Food Engineering, 49 (2/3), str. 193-199.

EFFECT OF OSMOTIC DEHYDRATION ON WATER ADSORPTION OF OSMOTICALLY FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

Summary

The effect of osmotic dehydration on water adsorption of freeze-dried strawberries were investigated. Fruits were dehydrated in osmotic solutions with water activity=0,9 (sucrose solution 61,5%, glucose 49,2%, starch syrup 67,5%). Differences during the water adsorption depending on type of osmotic solution were found. Strawberries osmotically dehydrated in sucrose solution obtained the lowest increase of water content. Effect of osmotic dehydration before freeze-drying of strawberries on water activity and water content in dried strawberries was shown. The lowest value obtained fruits osmotically dehydrated in starch syrup. Also effect of the freeze-drying temperature on strawberries properties without osmotic dehydration was shown. The lowest water adsorption rate got strawberries freeze-dried in 30°C. There were shown that convective dried strawberries without osmotic dehydration and osmotically dehydrated in sucrose solution got the highest water activity and water content and lowest water adsorption increase.

Key words: freeze-drying, strawberries, convective drying, osmotic dehydration, water adsorption