

## **REHYDRACJA I ADSORPCJA PARY WODNEJ PRZEZ LIOFILIZOWANE TRUSKAWKI**

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono wpływ odwadniania osmotycznego na rehydrację i adsorpcję pary wodnej przez liofilizowane truskawki. Zastosowano roztwory osmoaktywne o aktywności wody=0,9 (roztwór sacharozy 61,5%, glukozy 49,2% i syropu skrobiowego 67,5%). Wykazano wpływ odwadniania osmotycznego przed liofilizacją truskawek na zawartość i aktywność wody w suszu. Stwierdzono zróżnicowanie przebiegu rehydracji oraz adsorpcji pary wodnej w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej. Badano także wpływ temperatury liofilizacji na wymienione cechy truskawek nieodwadnianych przed procesem sublimacji.

**Słowa kluczowe:** suszenie sublimacyjne, truskawki, odwadnianie osmotyczne, rehydracja, adsorpcja pary wodnej

### **Wprowadzenie**

Wzrost zainteresowania żywnością przetworzoną sprzyja opracowywaniu nowych technologii, które pozwalają na otrzymanie produktów zachowujących w jak największym stopniu cenne właściwości surowca.

Truskawki są jednym z najpopularniejszych owoców wykorzystywanych w przetwórstwie spożywczym na całym świecie. W Polsce stanowią ważny surowiec sezonowy. Owoce świeże występują na przełomie maja i czerwca, dlatego bardzo ważne jest opracowanie właściwej technologii ich utrwalania.

Jednym ze sposobów utrwalenia żywności jest obniżenie zawartości wody poprzez suszenie. Aby zwiększyć atrakcyjność otrzymywanych produktów suszenie jest poprzedzane odpowiednią obróbką wstępną [4].

Suszenie sublimacyjne jest sposobem usuwania wody z żywności, które zapewnia prawie idealne zachowanie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych naturalnego surowca [6].

Liofilizowane owoce mają kruchą i otwartą strukturę, która sprzyja przemianom chemicznym oraz uszkodzeniu produktu w czasie wytwarzania, pakowania, transportu i przechowywania. Istnieje potrzeba modyfikacji tego sposobu suszenia dla ograniczenia niekorzystnych zmian [5].

Jednym ze sposobów wzmocnienia struktury suszonych owoców jest odwadnianie osmotyczne, polegające na usuwaniu wody z tkanki roślinnej przy użyciu roztworów hipertonicznych [1].

### **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było zbadanie wpływu odwadniania osmotycznego na rehydrację i adsorpcję pary wodnej przez liofilizowane truskawki. Truskawki były odwadniane ze stanu zamrożenia do tej samej zawartości wody, zamrażane i liofilizowane do tej samej zawartości wody i liofilizowane.

Zakres pracy obejmował zmianę składu mieszaniny odwadniającej oraz zmianę temperatura sublimacji.

## Metodyka badań

Materiałem do badań były truskawki odmiany Senga Sengana zamrożone przez firmę Binder, bez szypulek, kalibrowane o średnicy 25-30 mm. Surowiec do chwili wykorzystania na potrzeby doświadczenia był przechowywany w stanie zamrożonym w temperaturze -18°C. Użyto trzy substancje osmoaktywne: glukozę, sacharozę, syrop skrobiowy.

Odwadnianiu osmotycznemu poddawano truskawki zamrożone. Po odwodnieniu owoce zamrażono i suszono sublimacyjnie w temperaturze półki grzejnej 30°C.

Odwadnianie prowadzono w roztworach o aktywności wody 0,9 tj: sacharozy - 61,5%, glukozy - 49,2% i syropu skrobiowego - 67,5%.

Stosunek masowy surowca do roztworu wynosił 1:4.

Parametry procesu odwadniania osmotycznego: temperatura 20 °C, czas 3h, ciśnienie atmosferyczne.

Doświadczenie prowadzono w łaźni wodnej przy zadanej temperaturze. Stosowano delikatne wstrząsanie o częstotliwości 100Hz i amplitudzie 10Hz.

Zamrażanie odwodnionych osmotycznie truskawek przeprowadzono w zamrażarce National Lab GmbH (ProfiMaster Personal Freezers PMU series).

Parametry zamrażania głębokiego: temperatura -70°C, czas 2h.

W otrzymanych suszach oznaczano zawartość suchej substancji [3], wyznaczano kinetykę rehydracji [4], oraz kinetykę adsorpcji pary wodnej [2].

Liofilizowano truskawki zamrożone, po lub bez odwadniania osmotycznego.

Stałe parametry procesu liofilizacji (liofilizator typu ALPHA1-4 LDC-1m firmy Christ, z kontaktowym ogrzewaniem surowca) : ciśnienie 63Pa, ciśnienie bezpieczeństwa 103Pa, czas 24h.

Zmiennym parametrem procesu liofilizacji była temperatura półki grzejnej: 10, 30, 50 i 70 °C.

Symbole otrzymanych liofilizowanych truskawek zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Oznakowanie liofilizowanych truskawek

Table 1. Indication of freeze-dried strawberries

Rodzaj liofilizatu	Symbol
Truskawki liofilizowane w temperaturze 10°C nieodwadniane osmotycznie	I
Truskawki liofilizowane w temperaturze 30°C nieodwadniane osmotycznie	II
Truskawki liofilizowane w temperaturze 50°C nieodwadniane osmotycznie	III
Truskawki liofilizowane w temperaturze 70°C nieodwadniane osmotycznie	IV
Truskawki liofilizowane w temperaturze 30°C odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy 61,5%	V
Truskawki liofilizowane w temperaturze 30°C odwadniane osmotycznie w roztworze glukozy 49,2%	VI
Truskawki liofilizowane w temperaturze 30°C odwadniane osmotycznie w roztworze syropu skrobiowego 67,5%	VII

## Wyniki badań i ich analiza

Liofilizacja truskawek nieodwadnianych osmotycznie (Tab. 2) przeprowadzona w różnych temperaturach półki grzejnej (10, 30, 50 i 70°C) powoduje otrzymanie suszu o zróżnicowanej aktywności wody w przedziale 0,094-0,286.

Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości wody w truskawkach po rehydracji (77,9-85,1%). Wystąpiły natomiast wyraźne różnice w stratach suchej substancji w procesie rehydracji na poziomie od 14,4 do 36,1%.

Tabela 2. Wpływ temperatury sublimacji na aktywność wody i zawartość wody liofilizowanych truskawek nieodwadnianych osmotycznie

Table 2. Effect of freeze-drying temperature on water activity and water content of freeze-dried strawberries

Rodzaj liofilizatu	I	II	III	IV
Aktywność wody	0,094	0,144	0,286	0,244
Zawartość H <sub>2</sub> O [%] w liofilizacie	2,20	4,16	7,44	1,52
Zawartość H <sub>2</sub> O [%] w rehydracji	85,10	78,75	84,45	77,90
Straty suchej substancji [%]	36,10	21,90	32,60	14,40

Odwadnianie osmotyczne spowodowało otrzymanie zróżnicowanej aktywności wody w przedziale 0,054-0,238 oraz zawartość wody (1,38-4,55%) (Tab. 3).

Stwierdzono, że odwadnianie w roztworze glukozy i syropu skrobiowego powoduje obniżenie aktywności wody do wartości 0,054-0,083 i zawartości wody do poziomu 1,36-2,12% w stosunku do próbek odwadnianych w roztworze sacharozy.

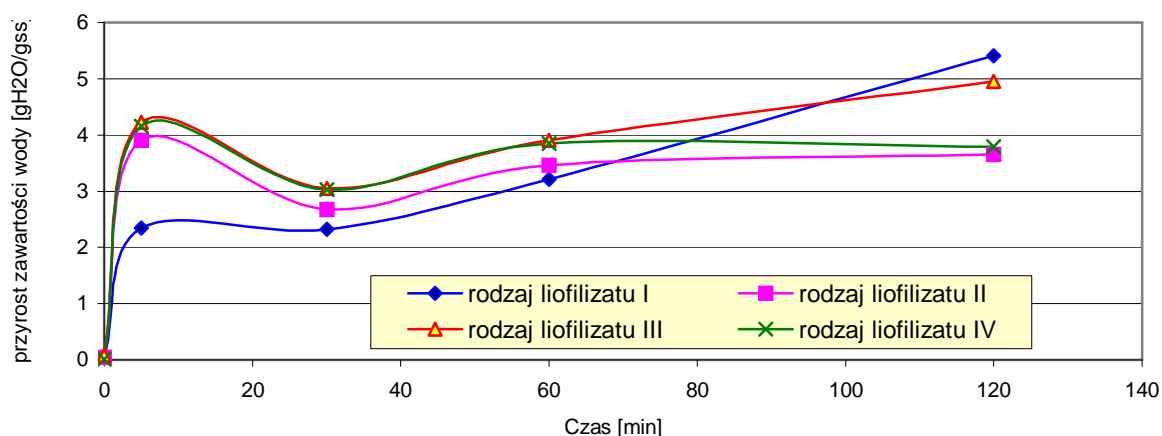
Nie wykryto istotnych różnic w zawartości wody w truskawkach po rehydracji (74,79-85,87%). Wystąpiło natomiast zwiększenie strat suchej substancji (33-47,3%) w porównaniu z truskawkami liofilizowanymi w tej samej temperaturze (30°C), ale nie poddanymi odwadnianiu osmotycznemu.

Tabela 3. Wpływ rodzaju substancji osmoaktywnej na aktywność wody i zawartość wody liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie

Table 3. Effect of freeze-drying temperature and water activity on water content of osmotically dehydrated and freeze-dried strawberries

Rodzaj liofilizatu	II (nieodwadniane osmotycznie)	V (sacharoza 61,5%)	VI (glukoza 49,2%)	VII (syrop skrobiowy 67,5%)
Aktywność wody	0,144	0,222	0,054	0,083
Zawartość H <sub>2</sub> O [%] w liofilizacie	4,16	4,48	1,38	2,12
Zawartość H <sub>2</sub> O [%] w rehydracji	78,75	74,79	85,87	81,84
Straty suchej substancji [%]	21,9	33,0	47,3	36,9

Istnieje znaczący wpływ temperatury liofilizacji na przebieg krzywych rehydracji (Rys. 1). W zakresie temperatury od 30 do 70°C krzywe mają podobny przebieg i po 120 min rehydracji przyrost zawartości wody wynosił od 3,6 do 5,0 gH<sub>2</sub>O/gs.s. Truskawki liofilizowane w temperaturze 10°C po 120 min rehydracji wykazały wyższy przyrost zawartości wody do wartości około 5,4 gH<sub>2</sub>O/gs.s.

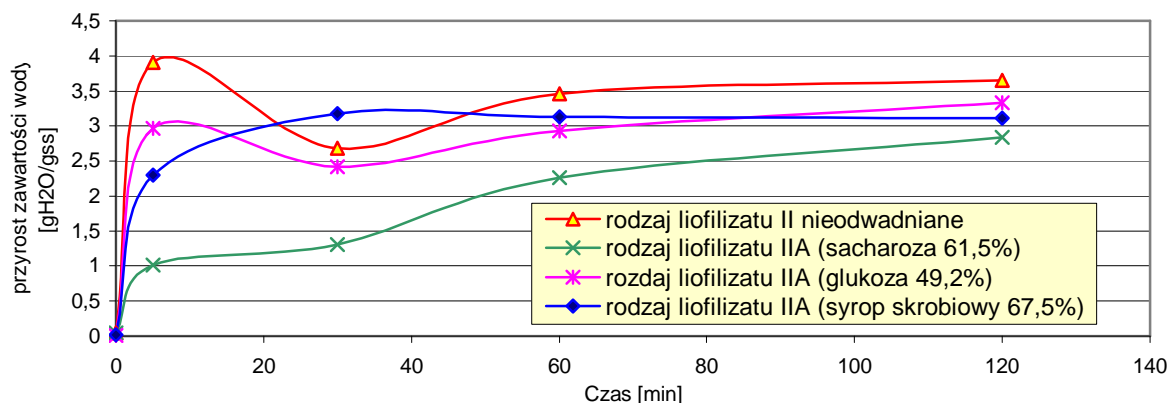


Rys. 1. Wpływ temperatury sublimacji na rehydrację liofilizowanych truskawek nieodwadnianych osmotycznie

Fig. 1. Effect of freeze-drying temperature on rehydration of freeze-drying strawberries without osmotic dehydration

Kinetyka zmian zawartości wody dla liofilizowanych truskawek zamrożonych bez odwadniania osmotycznego (I) (Rys. 1) charakteryzuje się prawie 2-krotnie mniejszym przyrostem zawartości wody po 5 min rehydracji w stosunku do krzywych dla pozostałych liofilizatów. Wszystkie krzywe po 30 min rehydracji wykazały charakterystyczne załamanie i obniżenie zawartości wody. W przypadku truskawek liofilizowanych w temperaturze 10°C to charakterystyczne załamanie krzywej wystąpiło w znacznie mniejszym stopniu.

Dla truskawek odwadnianych osmotycznie (Rys. 2) istnieje zróżnicowanie przebiegu krzywych rehydracji w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej.



Rys. 2. Wpływ rodzaju sublimacji osmoaktywnej na rehydrację liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie

Fig. 2. Effect of osmotic solution on rehydration of osmotically dehydrated and freeze-dried strawberries

Badania wpływu odwadniania osmotycznego na rekonstrukcję suszy wykazały pogorszenie właściwości rehydracyjnych [5]. Uzyskane wyniki potwierdzają te zależności.

Wykazano znaczący wpływ odwadniania osmotycznego na rehydrację liofilizowanych truskawek (Rys. 2). Obróbka wstępna powoduje zmniejszenie przyrostu zawartości wody (2,8-3,3 gH<sub>2</sub>O/gs.s.) w porównaniu do truskawek nieodwadnianych osmotycznie (3,6 gH<sub>2</sub>O/gs.s.) po 120 min rehydracji.

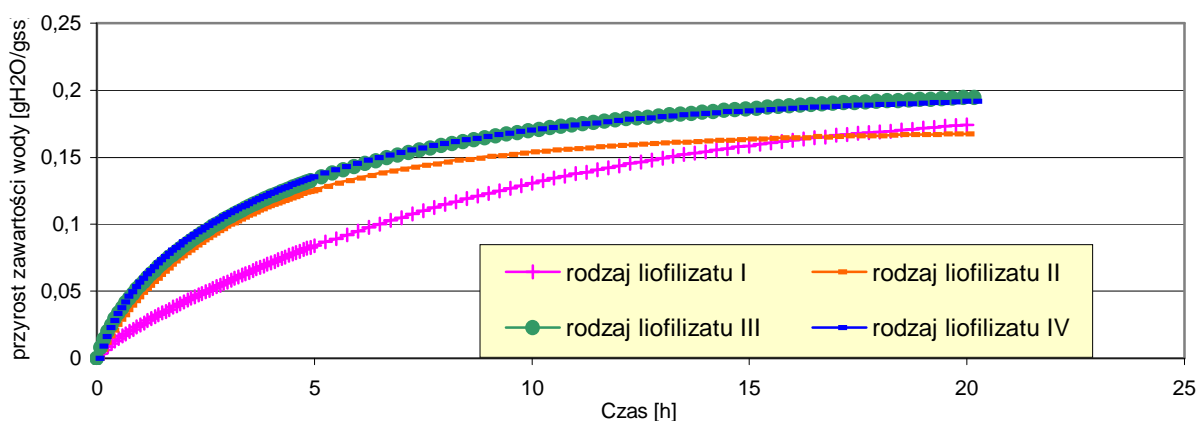
Na przebieg procesu rehydracji ma wpływ rodzaju substancji osmotycznej [7]. Truskawki odwadniane w roztworze glukozy charakteryzują się podobnym przebiegiem krzywej rehydracji do truskawek nieodwadnianych osmotycznie. W obu przypadkach po 30 min rehydracji następuje zmniejszenie zawartości wody (Rys 2).

Krzywa dla truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy charakteryzuje się stałym przyrostem zawartości wody. Natomiast dla syropu skrobiowego nastąpiło obniżenie zawartości wody po czasie rehydracji dłuższym od 30 min.

Odwadnianie osmotyczne w roztworze syropu skrobiowego zwiększa szybkość przyrostu masy wody i jej końcową zawartość w suszonych konwekcyjnie próbkach podczas rehydracji w porównaniu z odwadnianiem w roztworze sacharozy [7, 9, 10].

Przeprowadzone badania potwierdzają te spostrzeżenia.

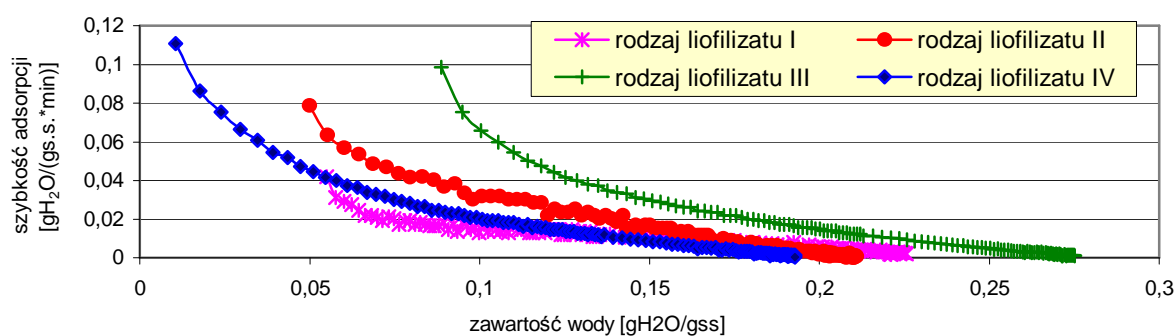
Temperatura liofilizacji wpływa na przyrost zawartości wody w liofilizowanych truskawkach w czasie adsorpcji pary wodnej. Po 2 godz procesu przyrost ten mieści się w granicach od 0,17 do 0,19gH<sub>2</sub>O/gs.s. (Rys. 3).



Rys. 3. Wpływ temperatury sublimacji na adsorpcję przy wodnej przez liofilizowane truskawki nieodwadniane osmotycznie

Fig. 3. Effect of freeze-drying temperature on wather adsorption of freeze-drying strawberries which without osmotic dehydration

Uzyskano zróżnicowanie szybkości adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki w zależności od temperatury sublimacji (Rys. 4).

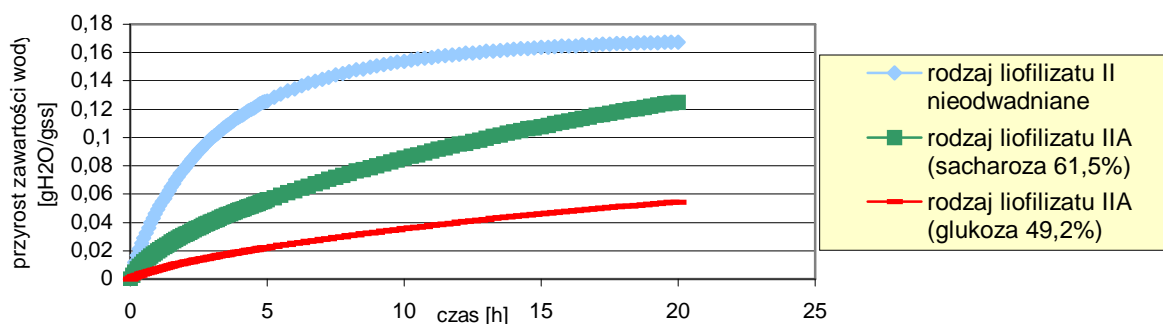


Rys. 4. Wpływ temperatury sublimacji na szybkość adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki nieodwadniane osmotycznie

Fig. 4. Effect of freeze-drying temperature on water adsorption rate of freeze-drying strawberries without osmotic dehydration

Krzywe dla temperatury 50 i 70°C mają niemal identyczny przebieg (Rys. 4). Podwyższenie temperatury w zakresie od 10 do 50°C powoduje przyspieszenie adsorpcji pary wodnej, a w temperaturze 70°C następuje zmniejszenie szybkości adsorpcji do poziomu charakterystycznego dla temperatury 10°C (Rys. 4).

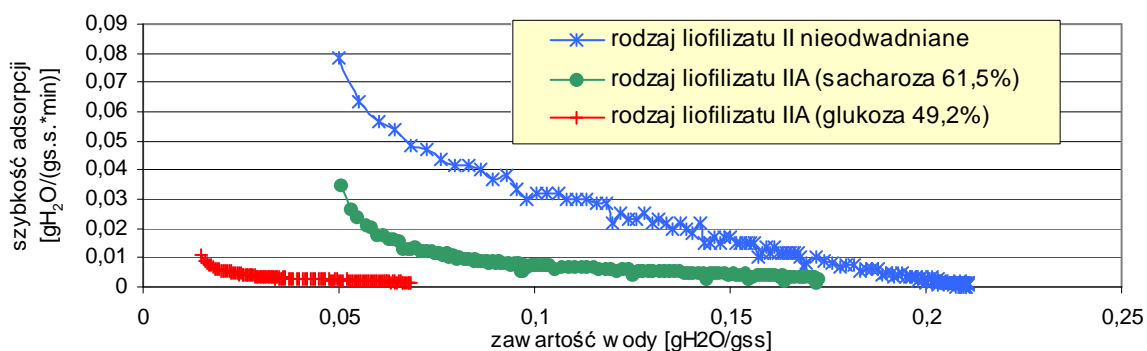
Odwadnianie osmotyczne powoduje zmniejszenie stopnia adsorpcji pary wodnej (0,05-0,12 gH<sub>2</sub>O/gs.s.) w porównaniu z truskawkami nieodwadnianymi osmotycznie (0,16 gH<sub>2</sub>O/gs.s.) po 20 godz adsorpcji (Rys. 5).



Rys. 5. Wpływ rodzaju substancji osmoaktywnej na adsorpcję pary wodnej przez liofilizowane truskawki odwadniane osmotycznie.

Fig. 5. Effect of osmotic solution on water adsorption of osmotically dehydrated and freeze-dried strawberries

Wykazano zróżnicowanie szybkości adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki wstępnie odwadniane osmotycznie w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej (Rys. 6). Odwadnianie w roztworze glukozy powoduje zmniejszenie szybkości adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki w porównaniu z owocami odwadnianymi w roztworze sacharozy.



Rys. 6. Wpływ rodzaju substancji osmoaktywnej na szybkość adsorpcji pary wodnej przez liofilizowane truskawki odwadniane osmotycznie

Fig. 6. Effect of osmotic solution on water adsorption rate of osmotically dehydrated and freeze-dried strawberries

## Wnioski

1. Temperatura liofilizacji wpływa na zawartość i aktywność wody liofilizowanych owoców. W zakresie temperatury sublimacji 30-70°C nie stwierdzono znaczących zmian zdolności adsorpcji wody przez liofilizowane truskawki w czasie rehydracji. Sublimacja w temperaturze 10°C wpływa na zmniejszenie szybkości wchłaniania wody na początku rehydracji, ale po dłuższym czasie tego procesu uzyskuje się wyższe przyrosty zawartości wody niż dla truskawek liofilizowanych w temperaturze 30-70°C.
2. Odwadnianie osmotyczne truskawek przed procesem sublimacji wpływa na zróżnicowanie zawartości i aktywności wody liofilizowanych owoców. Stopień i kierunek zmian zależy od rodzaju substancji osmoaktywnej.
3. Odwadnianie osmotyczne truskawek przed suszeniem wpływa na zdolność chłonięcia wody przez liofilizowane owoce w czasie rehydracji. Zastosowanie sacharozy jako substancji osmoaktywnej wpływa istotnie na obniżenie zawartości wody w truskawkach po krótkim czasie rehydracji.
4. Zmiany temperatury sublimacji w zakresie od 10 do 50°C powodują podwyższenie szybkości adsorpcji pary wodnej, podczas gdy temperatura sublimacji 70°C wywołuje istotne obniżenie szybkości adsorpcji do poziomu charakterystycznego dla owoców suszonych sublimacyjnie w temperaturze 10°C.
5. Odwadnianie osmotyczne truskawek przed procesem liofilizacji powoduje istotne obniżenie szybkości adsorpcji pary wodnej. Stopień wpływu uzależniony jest od rodzaju substancji osmotycznej.

## Literatura

Alvarez C.A., Aguerre R., Gómez R., Vidales S., Alzamora S. M. & Gerschenson<sup>ac</sup> L. N. 1995: Air dehydration of strawberries: Effects of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. *Journal of Food Engineering*, 25, 167-178.

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, 227-232.

---

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

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

Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. 1998: Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 35, 369-380.

Krokida M.K., Maroulis Z.B.: Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology* 1997, 15 (10), 2441-2458.

Lenart A., Iwaniuk B & Lewicki P.P. (1992): Water transfer during rehydration of dewatered apple, pumpkin and carrot. *Properties of Water in Foods. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Seminar* (ed. P.P. Lewicki), Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, 118-129.

Witrowa-Rajchert D. 1999.: Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

Witrowa-Rajchert D., Lewicki P.P. & Lenart A. (1996): The influence of osmotic pretreatment on dry carrot reconstitution properties. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Drying Symposium. Drying'96* (eds. Cz. Strumiłło, Z. Pakowski, A.S. Mujumdar), Łódź Technical University, Łódź, 22-24 września 1999.

Witrowa-Rajchert D., Lewicki P.P., Lenart A. (1997) : Reconstitution properties of osmoconvective dried plant tissue. *Engineering and Food* (ed. R. Jowitt), Sheffield Academic Press, London, part 2, G45-G48.

## Summary

### REHYDRATION AND WATER ADSORPTION OF FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

The effect of osmotic dehydration on the rehydration and water adsorption of freeze-dried strawberries were investigated. There were used osmotic solutions with water activity=0,9 (sucrose solution 61,5%, glucose 49,2%, starch syrup 67,5%). Effect of osmotic dehydration before freeze-drying of strawberries on water activity and water content in dried strawberries was shown. Differences during the rehydration and water adsorption depending on type of osmotic solution were found. Also effect of the freeze-drying temperature on strawberries properties without osmotic dehydration was shown

**Key words:** freeze-drying, strawberries, osmotic dehydration, rehydration, water adsorption.

*Recenzent – Franciszek Kluza*