

WPLYW ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO NA ZMIANY STRUKTURY LIOFILIZOWANYCH TRUSKAWEK

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: agnieszka_ciurzynska@sggw.pl

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu odwadniania osmotycznego na zmiany struktury liofilizowanych truskawek. Podjęto próbę określenia warunków odwadniania osmotycznego, poprzedzającego suszenie sublimacyjne truskawek, umożliwiających oddziaływanie na strukturę. Liofilizowano truskawki odmiany Senga Sengana w temperaturze półki grzejnej 30°C przez 24 godziny. Odwadnianie osmotyczne prowadzono 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. Analizę zmian struktury, wykonano na podstawie zdjęć z mikroskopu skaningowego uzyskanych w powiększeniu 50 i 100x. Wyliczono średnie pole, obwód i średnicę Fereta pojedynczej komórki truskawek liofilizowanych, wstępnie odwodnionych osmotycznie oraz nieodwodnionych. Fotografie uzyskane przy wykorzystaniu techniki interferometrii birefrakcyjnej pozwoliły na obserwację stopnia wnikania cukru do tkanki liofilizowanych truskawek. Wykazano, że odwadnianie osmotyczne wzmocniło strukturę liofilizowanych truskawek wpływając na zwiększenie grubości ścian komórkowych. Największe zmiany zaszły w warstwie powierzchniowej, gdzie komórki na skutek wysycania cukrami uległy sklejeniu i częściowemu rozerwaniu tworząc duże przestrzenie. Zmiany te są zależne od rodzaju substancji osmotycznej. Dla roztworu glukozy przestrzenie, jakie utworzyły się po pęknięciu ścian komórkowych były prawie 2 - krotnie mniejsze niż w przypadku zastosowania roztworu sacharozy. Dzięki zdjęciom wykonanym przy użyciu techniki interferometrii birefrakcyjnej stwierdzono obecność form włóknistych kryształów glukozy.

Słowa kluczowe: suszenie sublimacyjne, truskawki, odwadnianie osmotyczne, struktura

WSTĘP

Jednym ze sposobów utrwalania żywności jest zmniejszenie zawartości wody poprzez suszenie (Barat i in. 1998). Podczas procesu suszenia konwekcyjnego liczba komórek w tkance roślinnej zmniejsza się, co świadczy o niszczeniu ścian

komórkowych i formowaniu większych struktur przez naprężenia skurczowe (Lewicki i Drzewucha-Bujak 1998). Ciągłe „doskonalenie” suszenia konwekcyjnego mające na celu otrzymanie wysokiej jakości suszonych truskawek (Alvarez i in. 1995), jagód (Lim i in. 1995) doprowadziło do opracowania technologii suszenia sublimacyjnego. Liofilizacja wychodzi naprzeciw wymaganiom stawianym przez konsumentów, którzy poszukują nowych produktów, o wysokiej jakości (Irzyniec i in. 1995).

Liofilizowane owoce cechuje krucha i otwarta struktura, która sprzyja przemianom chemicznym, a także uszkodzaniu produktu w czasie wytwarzania, pakowania, transportu i przechowywania. Istnieje potrzeba zastosowania obróbki wstępnej poprzedzającej suszenie sublimacyjne, aby ograniczyć te niekorzystne zmiany (Ciurzyńska i Lenart 2006). Jednym z możliwych rozwiązań jest odwadnianie osmotyczne. Odwadnianie osmotyczne jest definiowane jako częściowa dehydracja, która wymaga immersji owoców w cukrze lub roztworze cukru przez określony czas (Raghavan i Silveira 2001).

Tekstura jest jedną z najważniejszych cech przetwarzanej żywności (Corzo i in. 2006), a także głównym wyznacznikiem w konsumenckiej ocenie jakości (Adams 1991). W tkankach roślinnych jest ona uzależniona głównie od właściwości ścian komórkowych i ich kształtu (Jackman i Stanley 1995). Strukturalne i funkcjonalne właściwości osmotycznie odwodnionych produktów (np. tekstura, barwa) zależą głównie od zmian składu w wyniku nasycenia, a także wpływu procesu na ściany komórkowe, membrany i zawartość komórek (Ferrando i Spiess 2001).

Wpływ niektórych cukrów na zmiany struktury odwadnianych osmotycznie materiałów roślinnych można określić na podstawie analizy tekstury – głównie uszkodzenia tkanki i zmian objętości (Barat i in. 1998). Owoce nasycone roztworem glukozy mają ściany komórkowe o kształcie zbliżonym do owoców świeżych, natomiast odwodnione w roztworze sacharozy są bardziej zniszczone (Lewicki i Pawlak 2003). Odwadnianie osmotyczne powoduje także deformację i pofałdowanie powierzchni komórek, co ma wpływ na kształt i objętość przestrzeni wewnątrzkomórkowych. W konsekwencji struktura tkanek jabłek odwadnianych osmotycznie jest mniej regularna niż świeżych owoców (Lewicki i Porzecka-Pawlak 2005).

Celem pracy było zbadanie wpływu odwadniania osmotycznego na strukturę liofilizowanych truskawek. Uwzględnione zostały zróżnicowane warunki odwadniania osmotycznego. Podjęto próbę określenia warunków obróbki wstępnej, poprzedzającej suszenie sublimacyjne truskawek, umożliwiających oddziaływanie na zmiany struktury suszonych sublimacyjnie owoców. Zamrożone truskawki odwadniano do tej samej zawartości wody, a następnie zamrażano i liofilizowano. Zakres pracy obejmował zmianę składu roztworu do odwadniania osmotycznego.

MATERIAŁ I METODY

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

Zamrożone owoce odwadniano w roztworach o aktywności wody 0,9 (roztwór sacharozy 61,5%, glukozy 49,2%, syropu skrobiowego 67,5%) przy stosunku masowym surowca do roztworu 1:4 w temperaturze 30°C , przez 3 godziny. Po zadanym czasie truskawki oddzielano od roztworu osmotycznego na sicie i dwukrotnie płukano wodą. Odwodnione osmotycznie truskawki przetrzymywano w zamrażarce w temperaturze -70°C przez 2 godziny. Odwodnione osmotycznie, a następnie zamrożone truskawki układano równomiernie na półkach grzejnych liofilizatora. Proces prowadzono przy stałych parametrach: ciśnienie 63 Pa, ciśnienie bezpieczeństwa 103 Pa, czas 24 godziny, temperatura półek grzejnych liofilizatora 30°C . Kontrola temperatury owoców w czasie suszenia odbywała się przy użyciu termopary. W czasie liofilizacji truskawek odwadnianych osmotycznie temperatura wewnątrz owocu zmieniała się z -30 do 25°C .

Dla wykazania wpływu sposobu suszenia na strukturę otrzymano susze konwekcyjne odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy i nieodwadniane. Suszenie prowadzono w temperaturze 60°C przez 3 godziny przy prędkości przepływu powietrza $1,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Zmiany struktury oznaczano przy użyciu mikroskopu skaningowego firmy FEI Typ Quanta 200. Liofilizowane, a następnie dosuszane próżniowo w temperaturze 50°C przez 2 godziny truskawki przecinano wzdłuż osi żyłką i wycinano plaster o grubości około 3mm z określonego, powtarzalnego miejsca w przekroju poprzecznym owocu. Analizowano obszary strefy zewnętrznej próbki. Zmiany struktury obserwowano przy powiększeniu 50 i 100-krotnym w 3 powtórzeniach. Przy użyciu programu komputerowego Multi Scan, na podstawie zdjęć otrzymanych przy powiększeniu 50x wyliczono średnie pole (mm), obwód (mm) i średnicę Fereta (mm) z 10 pojedynczych przestrzeni powstałych z komórek w truskawkach suszonych konwekcyjnie i liofilizowanych.

Analizę mikrostruktury liofilizowanych truskawek przeprowadzono w warunkach interferometrii birefrakcyjnej przy użyciu mikroskopu Biolar PI (Bakier 2005). Akwizycji obrazu dokonano przy użyciu cyfrowego rejestratora obrazu Casio QV – 2900UX w formacie jpg. Liofilizowane, a następnie dosuszane próżniowo w temperaturze 50°C przez 2 godziny truskawki przecinano wzdłuż osi żyłką i wycinano kawałek grubości około 0,01mm poprzecznie do powierzchni wysuszonego owocu. Fotografowano przy powiększeniu 600 i 1200 – krotnym. Zdjęcia wykonywano w Katedrze Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Białostockiej.

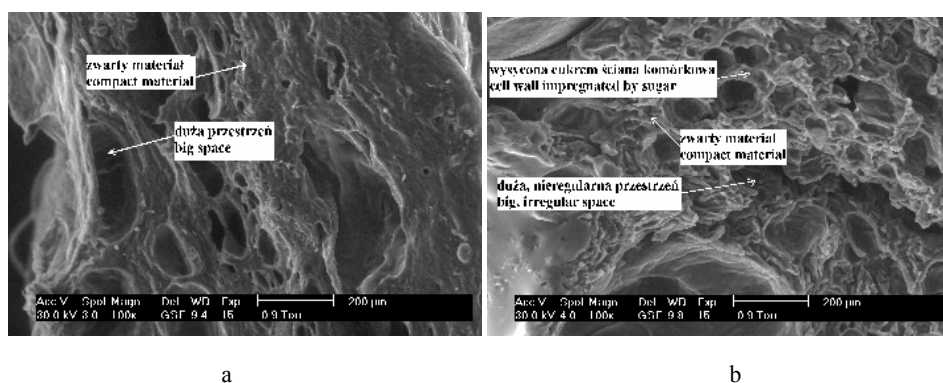
Do przeprowadzenia analizy statystycznej korzystano z pakietu statystycznego Statgraphics Plus wersja 3.0. Dla uzyskanych uśrednionych wyników wyznaczano odchylenia standardowe (sd). Wykorzystano test Fishera (analiza wariancji) do weryfikacji hipotezy o równości średnich wartości analizowanego wskaźnika w badanych próbkach, test Tukey'a (wyznaczanie grup homogenicznych) przy poziomie istotności 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badanie mikrostruktury suszonych truskawek nieodwadnianych osmotycznie wykazało istotne zmiany struktury w suszach otrzymanych konwekcyjnie (I) (fot. 1) w stosunku do liofilizatów (II) (fot. 2).

Suszenie konwekcyjne spowodowało drastyczną zmianę struktury truskawek. Przy powiększeniu 100x widoczne są nieliczne, duże przestrzenie powstałe prawdopodobnie na skutek rozrywania ścian komórkowych w czasie suszenia konwekcyjnego (fot. 1). Pozostała część tkanki suszu tworzy jednolitą, zbitą masę.

Odwadnianie osmotyczne w roztworze sacharozy (IA) (fot. 1b) poprzedzające suszenie konwekcyjne truskawek wpłynęło na rozluźnienie struktury suszu w stosunku do owoców nieodwadnianych (I) (fot. 1a). W efekcie uzyskano zwiększenie średnicy Fereta powstałych przestrzeni wewnętrznych (tab. 1). Przy powiększeniu 100x widoczne jest wysycenie ścian międzykomórkowych truskawek przez sacharozę (fot. 1b).

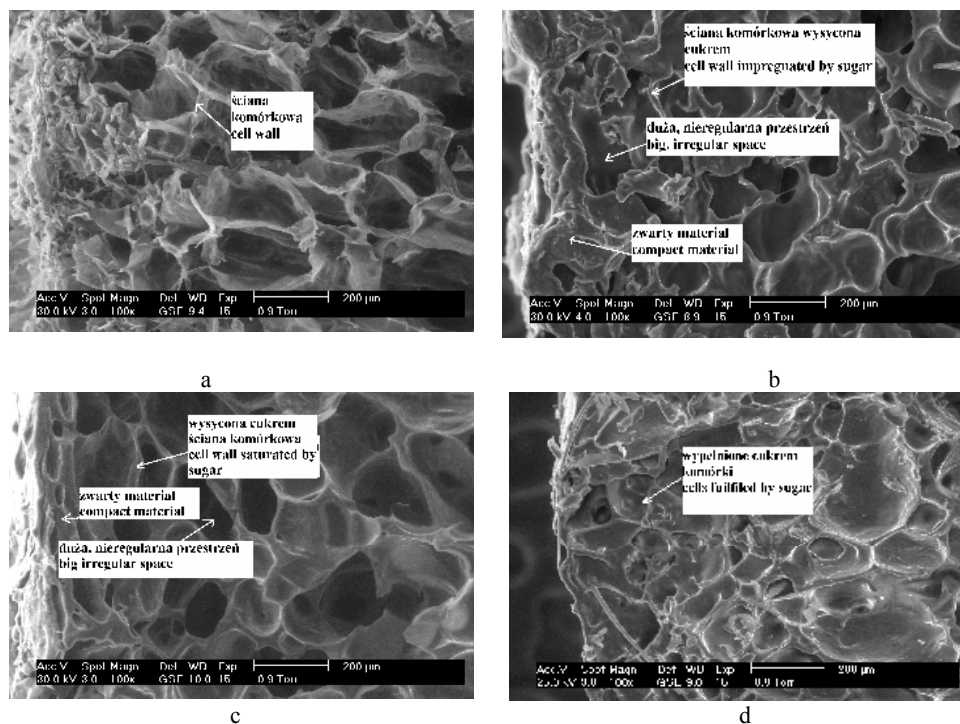


a

b

Fot. 1. Wpływ odwadniania osmotycznego na zmiany mikrostruktury suszonych konwekcyjnie truskawek: a – nieodwadnianie osmotycznie (I), b – odwadnianie w roztworze sacharozy (IA). Zdjęcie od lewej strony do prawej to fotografia od zewnętrznej powierzchni suszu w kierunku środka owocu. Powiększenie 100x. Mikroskop skaningowy firmy FEI Typ Quanta 200

Photo 1. Influence of osmotic dehydration on changes in microstructure of convective-dried strawberries: a – without osmotic dehydration (I), b – osmotically dehydrated in sucrose solution (IA). The photo from left to right it is a picture from the outside of dried material surface to the centre of fruit. Zoom 100x. Scanning microscope FEI Company, type Quanta 200



Fot. 2. Mikrostruktura liofilizowanych truskawek: a – II – nieodwadnianie osmotycznie, b – IIA – roztwór sacharozы, c – IIB – roztwór glukozy, d – IIC – roztwór syropu skrobiowego. Suszenie: I – konwekcyjne, II – liofilizacja. Zdjęcie od lewej strony do prawej to fotografia od zewnętrznej powierzchni suszu do kierunku środka owocu. Powiększenie - 100x. Mikroskop skaningowy firmy FEI Typ Quanta 200

Photo 2. Microstructure of freeze-dried strawberries: a – II – without osmotic dehydration, b – IIA sucrose solution, c – IIB – glucose solution, d – IIC – starch syrup. Drying: I – convective, II – freeze-drying. The photo from left to right it is a picture from the outside of dried material surface to the centre of fruit. Zoom 100x. Scanning microscope FEI Company, type Quanta 200

Obliczone średnie pole powierzchni pojedynczej komórki (przestrzeni), średni jej obwód i średnica Fereta dla suszu konwekcyjnego nieodwadnianego osmotycznie (I) nieznacznie się różniły w stosunku do owoców odwadnianych osmotycznie (IA) i wynosiły odpowiednio (50,87 mm²; 0,92 mm; 0,23 mm), a dla poddanych obróbce wstępnej (48,66 mm²; 0,91 mm; 0,27 mm) (tab. 1). Pomimo zbliżonych wartości zastosowanie obróbki osmotycznej sprawiło, że truskawki miały bardziej porowatą strukturę, a komórki w mniejszym stopniu uległy zniszczeniu.

Liofilizaty nieodwadnianie osmotycznie (II) cechowała bardzo delikatna struktura, cienkie ściany komórkowe, co widoczne było przy powiększeniu 100x, poszczególne komórki były regularne, wyraźnie zarysowane (fot. 2a).

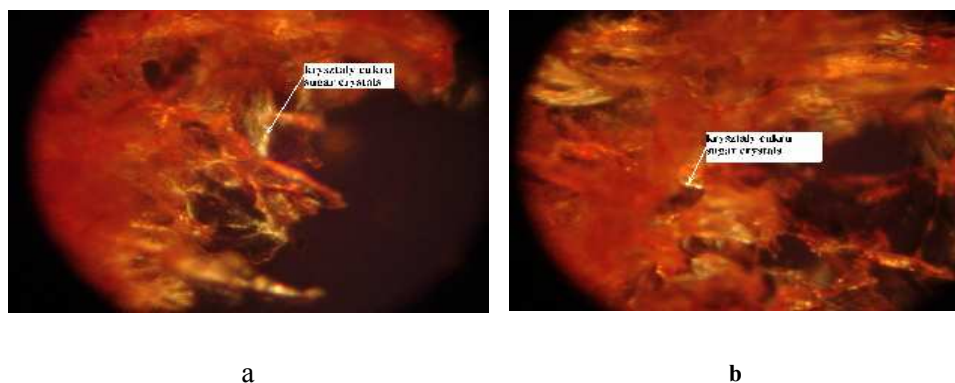
Tabela 1. Średnie wartości pola, obwodu i średnicy Fereta dla pojedynczej przestrzeni powstałej z komórek suszonych konwekcyjnie i liofilizowanych truskawek. Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoza, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. Suszenie: I – konwekcyjne, II – liofilizacja
Table 1. Average value of area, circumference and Feret diameter of individual space which was made from cells of convective-dried and freeze-dried strawberries. Osmotic solution: A – sucrose, B – glucose, C – starch syrup. Drying: I – convective, II – freeze-drying

Rodzaj suszu Type of dried strawberries		Pole – Field (mm ²)	Obwód – Circumference (mm)	Średnica Fereta Feret diameter (mm)
Suszu konwekcyjny Convective-dry (60°C)	I	50,87±43,50	0,92±0,36	0,23±0,11
	IA	48,66±37,77	0,91±0,40	0,27±0,13
	II	14,72±9,02	0,59±0,19	0,18±0,05
Liofilizat Freeze-dry (30°C)	IIA	101,40±82,79	1,38± 0,57	0,40±0,18
	IIB	58,99±32,80	1,23±0,53	0,32±0,16
	IIC	65,22± 32,77	1,12± 0,30	0,35± 0,11

Tkankę truskawek liofilizowanych nieodwadnianych osmotycznie (II) cechuje delikatna, porowata struktura o równomiernie rozłożonych kryształkach cukru, które widoczne są na zdjęciach jak świecące „obiekty” (fot. 3).

Zastosowanie odwadniania osmotycznego w roztworze sacharozy (IIA) (fot. 2b) wpłynęło na wzmocnienie struktury liofilizowanych truskawek w stosunku do owoców nieodwadnianych osmotycznie (II) (fot. 2a). Na skutek wysycenia tkanki sacharozą ściany komórkowe stały się grubsze, a komórki znajdujące się najbliżej zewnętrznej powierzchni suszu uległy wyraźnemu zniszczeniu, co najbardziej widoczne jest przy powiększeniu 100x (fot. 2b). W tym miejscu materiał jest zbity, a porozrywane ściany komórkowe tworzą duże, nieregularne pory.

Zmiany w komórkach wywołane wnikaniem sacharozy podczas odwadniania osmotycznego widoczne są także przy porównaniu średniego pola, obwodu i średnicy Fereta pojedynczej komórki suszu odwodnionego (IIA) z wartościami dla nieodwadnianego osmotycznie (II) (tab. 1). Dla truskawek poddanych obróbce wstępnej wynoszą one odpowiednio (101,40 mm²; 1,38 mm; 0,40 mm), a dla nieodwadnianych (14,72 mm²; 0,59 mm; 0,18 mm).

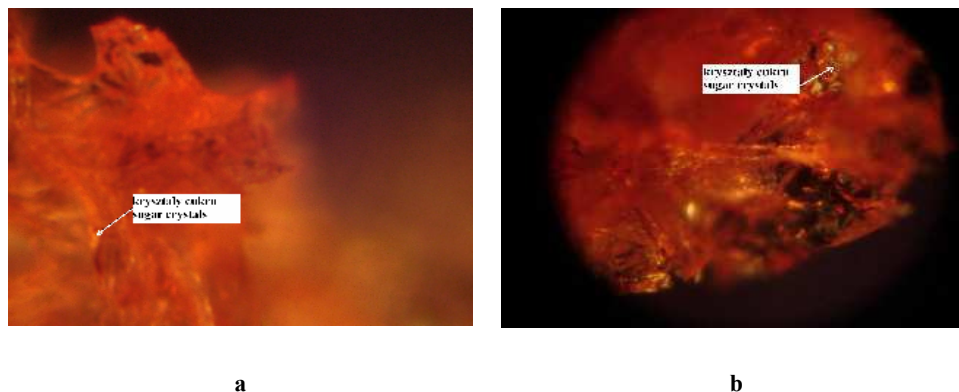


Fot. 3. Stopień wysycenia tkanki liofilizowanych truskawek nieodwadnianych osmotycznie (II) przez cukry naturalnie występujące w owocu: a - fragment z powierzchni – powiększenie 600x, b – fragment z wnętrza liofilizatu – powiększenie 1200x. Mikroskop Biolar PI

Photo. 3. Degree of saturation of tissue of freeze-dried strawberries without osmotic dehydration (II) by sugars which are natural in fruit: a – fragment of the surface – zoom 600x, b – IIB – fragment from inside of freeze-dried strawberries – zoom 1200x. Microscope Biolar PI

Owoce poddane odwadnianiu osmotycznemu w roztworze sacharozy (IIA) zostały w małym stopniu wysycone cukrem. Sacharoza, która w wyniku obróbki osmotycznej wniknęła do warstwy powierzchniowej truskawek występuje głównie w formie amorficznej, niewidocznej na zdjęciach wykonanych w technice interferometrii birefrakcyjnej (fot. 4a). Świecące twory krystaliczne, obecne wewnątrz tkanki owocu są głównie kryształami cukrów naturalnie występujących w truskawkach (fot. 4b). Sposób ich rozmieszczenia w liofilizacie jest podobny jak do truskawek nieodwadnianych osmotycznie (fot. 3b). Sacharoza wnikała w głąb komórek i krystalizując rozrywała ściany komórkowe, co tłumaczy zniszczenia tkanki przy zewnętrznej powierzchni suszu (fot. 2b).

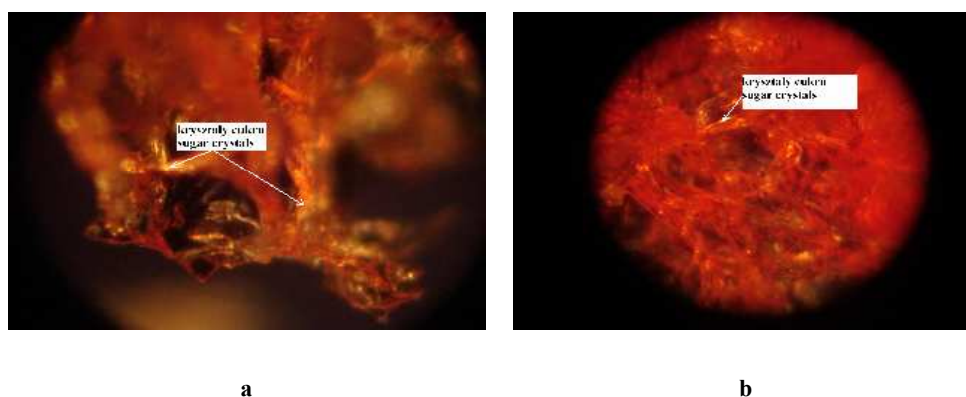
Glukoza również wzmacnia strukturę suszonych sublimacyjnie truskawek (IIB) w stosunku do nieodwadnianych osmotycznie (II) (fot. 2), ale analizując zmierzone wielkości to średnie pole dla pojedynczej komórki (przestrzenie) jest prawie dwukrotnie mniejsze niż dla roztworu sacharozy (IIA). Wartości średniego pola powierzchni pojedynczej komórki, średni jej obwód i średnica Fereta wynoszą odpowiednio (58,99 mm²; 1,23 mm; 0,32 mm), ale są one istotnie większe niż dla nieodwadnianych (II) (tab. 1). Wyraźne różnice w wielkości komórek wynikają z charakteru cukru zastosowanego do odwadniania osmotycznego. Tkanek liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze glukozy (IIB) cechuje równomierne wysycenie cukrem (fot. 2c), który prawdopodobnie na skutek mniejszej masy cząsteczkowej w stosunku do sacharozy, wnika w głąb owocu. Z tego powodu komórki znajdujące się przy powierzchni suszu uległy w mniejszym stopniu deformacji.



Fot. 4. Stopień wysycenia tkanki liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy (IIA) przez cukier dyfundujący z roztworu osmotycznego: a - fragment z powierzchni – powiększenie 600x, b - fragment z wnętrza liofilizatu - powiększenie 1200x. Mikroskop Biolar PI

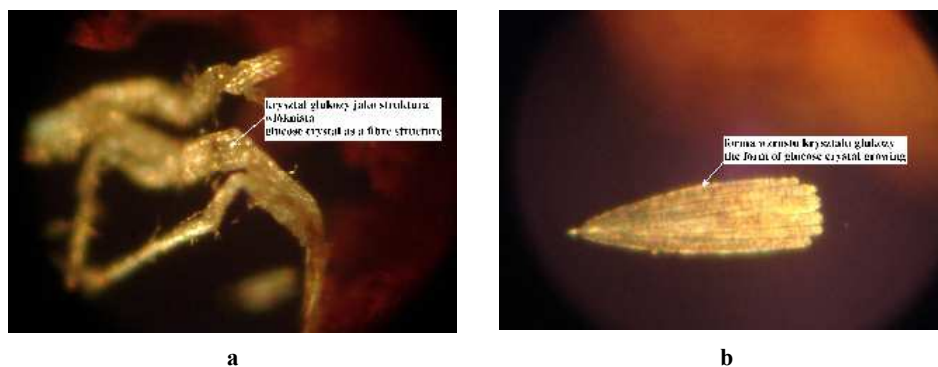
Photo 4. Degree of saturation of tissue of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated in sucrose solution (IIA) by sugars diffused from osmotic solution: a – fragment of the surface – zoom 600x, b – IIB – fragment from inside of freeze-dried strawberries - zoom 1200x. Microscope Biolar PI

Zastosowanie roztworu glukozy pozwoliło na równomierne wysycenia tkanki truskawek. Wprowadzona w wyniku odwadniania osmotycznego glukoza wykryształizowała równomiernie w całym liofilizacie. Cukier wniknął w głąb owocu (fot. 5). Świecące kryształy glukozy obecne są także w warstwie powierzchniowej liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie (IIB).



Fot. 5. Stopień wysycenia tkanki liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze glukozy (IIB) przez cukier dyfundujący z roztworu osmotycznego: a - fragment z powierzchni – powiększenie 600x, b - fragment z wnętrza liofilizatu - powiększenie 1200x. Mikroskop Biolar PI

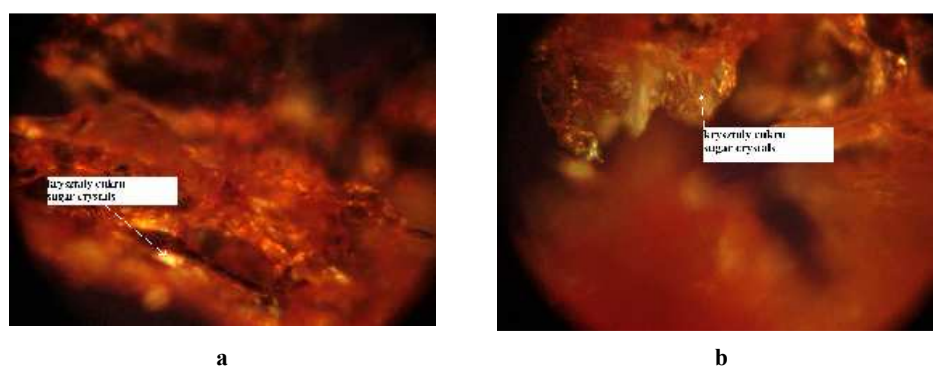
Photo 5. Degree of saturation of tissue of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated in glucose solution (IIB) by sugars diffused from osmotic solution: a – fragment of the surface – zoom 600x, b – IIB – fragment from inside of freeze-dried strawberries - zoom 1200x. Microscope Biolar PI



Fot. 6. Forma krystalizacji glukozy w tkance liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze glukozy (IIB): a – kryształy glukozy w postaci struktury włóknistej, b – forma wzrostu kryształu glukozy. Mikroskop Biolar PI

Photo 6. Form of glucose crystallization in tissue of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated in glucose solution (IIB): a – glucose crystals as fibre structure, b – form of glucose crystal growth. Microscope Biolar PI

Nie stwierdzono obecności struktur płytkowych będących typowymi kryształami dla glukozy. Natomiast zaobserwowano występowanie struktur włóknistych (fot. 6a), które również są obecne w napowietrzonym miodzie (Bakier 2004). Taka forma kryształów glukozy sprawia, że suszone sublimacyjnie truskawki odwadniane w roztworze glukozy (IIB) charakteryzują się większą plastycznością w stosunku do poddanych obróbce wstępnej w roztworze sacharozy (IIA) (fot. 4) i syropu skrobiowego (IIC) (fot. 7) (Ciurzyńska i Lenart 2006). Na rysunku 6b można zaobserwować także rosnący kryształ glukozy w tkance liofilizatu.



Fot. 7. Stopień wysycenia tkanki liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze syropu skrobiowego (IIC) przez cukier dyfundujący z roztworu osmotycznego: a – fragment z powierzchni – powiększenie 600x, b - fragment z wnętrza liofilizatu - powiększenie 1200x. Mikroskop Biolar PI

Photo 7. Degree of saturation of tissue of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated in starch syrup (IIC) by sugars diffused from osmotic solution: a – fragment of the surface – zoom 600x, b – IIB – fragment from inside of freeze-dried strawberries - zoom 1200x. Microscope Biolar PI

Syrop skrobiowy wysyca tkankę liofilizowanych truskawek wzmacniając strukturę suszu (IIC) (fot. 2d) w stosunku do owoców nieodwadnianych osmotycznie (II). Syrop skrobiowy wypełnia komórki truskawek suszonych sublimacyjnie tworząc nieliczne puste przestrzenie (pory). Parametry tych przestrzeni są zbliżone do wartości średniego pola, obwodu i średnicy Fereta dla pojedynczej „komórki” liofilizatu wstępnie odwadnianego w roztworze glukozy (IIB) i wynoszą odpowiednio 65,22 mm²; 1,12 mm; 0,35 mm (tab. 1).

Syrop skrobiowy wniknął w głąb w większym stopniu niż sacharoza, ale mniejszym niż glukoza. Najbardziej wysycona jest warstwa powierzchniowa, jednak w komórkach odległych od powierzchni także widać świecące kryształy cukru (fot. 7).

WNIOSKI

1. Suszenie konwekcyjne spowodowało wyraźne zniszczenie struktury truskawek. Na skutek rozrywania ścian komórkowych powstały duże, nieregularne przestrzenie. Pozostała część tkanki suszu jest zbitą masą. Zastosowanie odwadniania osmotycznego truskawek w roztworze sacharozy przed suszeniem konwekcyjnym rozluźniło strukturę suszu. Ściany komórkowe uległy wysyceniu cukrem. Owoce truskawki po odwadnianiu osmotycznym zyskały bardziej porowatą strukturę, a komórki w mniejszym stopniu uległy zniszczeniu.

2. Liofilizacja nieodwadnianych osmotycznie truskawek przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 30°C spowodowała uzyskanie delikatnej struktury suszu i regularnych komórek o cienkich ścianach komórkowych. Poprzedzenie suszenia sublimacyjnego odwadnianiem osmotycznym w roztworze sacharozy, glukozy i syropu skrobiowego istotnie wzmocniło strukturę liofilizowanych truskawek, ściany komórkowe zostały wysycane przez cukier, a na skutek odwadniania osmotycznego komórki znajdujące się w warstwie powierzchniowej suszu uległy częściowemu zniszczeniu.

3. Zastosowanie roztworu glukozy pozwoliło na otrzymanie suszu o przestrzeniach prawie 2-krotnie mniejszych niż w przypadku roztworu sacharozy. Na skutek mniejszej masy cząsteczkowej glukozy zmiany w warstwie powierzchniowej odwodnionych osmotycznie truskawek są mniej destrukcyjne, a powstałe przestrzenie są większe niż w przypadku owoców niepoddanych obróbce wstępnej. Wnikanie sacharozy z roztworu osmotycznego spowodowało rozrywanie komórek w warstwie powierzchniowej, a w głębszych warstwach powstały duże, nieregularne przestrzenie. Obróbka osmotyczna w roztworze glukozy wpłynęła na wysycenie tkanki liofilizowanych truskawek w największym stopniu. Stwierdzono także obecność włóknistych kryształów glukozy.

PIŚMIENNICTWO

- Adams J.B., 1991. Review: Enzyme inactivation during heat processing of food-stuffs. *International Journal of Food Science and Technology*, 26, 1-20.
- Alvarez C.A., Aguerre R., Gómez R., Vidales S., Alzamora S.M., Gerschenson 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.
- Bakier S., 2004. Description of phenomena occurring during the heating of crystallized honey. *Acta Agrophisica*, 3, 415-424.
- Bakier S., 2005. Analiza możliwości określania udziału masowego krystalicznej glukozy w miodzie metodą stereologiczną. *Acta Agrophisica*, 6, 295-306.
- Barat J.M. E., Chiralt A., Fito P., 1998. Equilibrium in cellular food-osmotic solution systems as related to structure. *Journal of Food Science*, 63, 836-840.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2006. Wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2, 56-67.
- Corzo O., Bracho N., Marval J., 2006. Color change kinetics of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 75, 21-26.
- Ferrando M., Spiess W., 2001. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. *Journal of Food Engineering*, 49, 115-127.
- Irzyniec Z., Klimczak J., Michałowski S., 1995. Freeze-drying of black currant juice. *Drying Technology*, 13, 417-424.
- Jackman R.L., Stanley D.W., 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant food. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 187-194.
- Lewicki P.P., Pawlak G., 2003. Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Drying Technology*, 21, 657-683.
- Lewicki P.P., Porzecka – Pawlak R., 2005. Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. *Journal of Food Engineering*, 66, 43-50.
- Lewicki P.P., Drzewucha-Bujak J. Effect of drying on tissue structure of selected fruits and vegetables. Akritidis B., Marinos-Kouris D., Saravacos G.D., Mujumolar A.S. (red.). *Drying'98. Proc of the 11th Int Drying Symp, 19-22 VIII 1998, ZITI Editions, Thessaloniki*, pp. 1093-1097
- Lim L. ., Tang J., He J., 1995. Moisture sorption characteristics of freeze dried blueberries. *Journal of Food Science*, 60, 810-814.
- Raghavan G.S.V., Silveira A.M., 2001. Shrinkage characteristics of strawberries osmotically dehydrated in combination with microwave drying. *Drying Technology*, 19, 405-414.

INFLUENCE OF OSMOTIC DEHYDRATION ON CHANGES IN STRUCTURE OF FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences (SGGW)
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa
agnieszka_ciurzynska@sggw.pl

Abstract. The aim of this work was to investigate the effect of osmotic dehydration on changes in structure of freeze-dried strawberries. A study was undertaken to define pre-treatment conditions before freeze-drying of strawberries which could affect their structure. Strawberries cv. Senga Sengana were freeze-dried heating shelves temperature of 30°C for 24 hours. The analysis of changes in structure was made with the use of scanning microscopy in zoom 50 and 100x. Average value of area, circumference and Feret diameter of individual cell of freeze-dried strawberries, osmotically and without osmotic dehydration, were determined. Photographs which were made with the use of bi-refraction interferometry permitted observation of the degree of saturation of the tissue of freeze-dried strawberries by sugars. It was demonstrated that osmotic dehydration strengthened the structure of freeze-dried strawberries, causing an increase in the thickness of cell walls. The biggest changes were observed on the surface, where cells were glued together and partly disrupted due to saturation with sugars, what created big spaces. The changes depended on the kind of osmotic solution used. For glucose solution, the spaces which were created after cell wall cracking were almost 2-times smaller than in the case of sucrose solution. On the photographs which were made with the use of bi-refraction interferometry, fiber forms of glucose crystals were found.

Key words: freeze-drying, strawberries, osmotic dehydration, structure