

Dr inż. Agnieszka CIURZYŃSKA
Prof. dr hab. Andrzej LENART
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

WPŁYW ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO NA SKŁAD CHEMICZNY LIOFILIZOWANYCH TRUSKAWEK®

Celem badań zaprezentowanych w artykule było zbadanie wpływu odwadniania osmotycznego na zawartość i aktywność wody oraz na zawartość cukrów w liofilizowanych truskawkach. Do badań użyto truskawek odmiany Senga Sengana, odwadnianych osmotycznie w roztworach sacharozy, glukozy i syropu skrobiowego, a następnie liofilizowanych. Truskawki zostały równomiernie wysycone cukrem, o czym świadczy tylko nieznaczne obniżenie zawartości cukrów ogółem, cukrów bezpośrednio redukujących i sacharozy w powierzchniowej warstwie liofilizowanych truskawek w stosunku do całego owocu. Odwadnianie osmotyczne w roztworze sacharozy i glukozy spowodowało niewielki wzrost zawartości wody w liofilizowanych truskawkach w stosunku do owoców nieodwadnianych.

WPROWADZENIE

Poszerzenie oferty wyrobów spożywczych dostępnych w sprzedaży wymaga poszukiwania nowych produktów wysokiej jakości, atrakcyjnych dla konsumentów, zwłaszcza, że spożycie owoców świeżych jest ciągle poniżej poziomu zalecanego w diecie [3].

Truskawki cenione są za walory smakowe, zapachowe i wartości odżywcze. Owoce świeże są nie tylko smaczne, ale zawierają również duże ilości witamin A, B, B₁, B₂ i C oraz znaczne ilości takich pierwiastków, jak żelazo, fosfor, magnez i wapń [5]. W technologii żywności znalazły wiele zastosowań. Ze względu na nietrwałość surowca większość procesów przerobu opartych jest na obróbce termicznej i ma na celu przedłużenie trwałości tych owoców [12].

Suszenie zapewnia usunięcie wody z surowca, przez co zachowana jest stabilność mikrobiologiczna, a zminimalizowaniu ulegają chemiczne i fizyczne zmiany podczas przechowywania produktu końcowego. Wysokie temperatury w tradycyjnych metodach suszenia powodują obniżenie jakości owoców [10], polegające również na dużych zmianach w strukturze, oraz utracie kruchości [1, 8]. Otrzymane w ten sposób truskawki w niczym nie przypominają surowca wyjściowego. Poszukiwane są inne metody suszenia, które pozwolą na zachowanie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych naturalnego surowca.

Przełomem okazało się wykorzystanie do tego celu liofilizacji, polegającej na zamrożeniu substancji, a następnie sublimacji powstałych kryształów lodu. W próżni lód przechodzi bezpośrednio w parę z pominięciem stanu ciekłego. Na skutek usunięcia wody i pod wpływem niskiej temperatury, większość reakcji mikrobiologicznych ulega zatrzymaniu, co pozwala otrzymać produkt o wysokiej jakości [16].

Przez kilka ostatnich dziesięcioleci prowadzono badania nad zjawiskami fizycznymi występującymi w czasie suszenia sublimacyjnego, co miało umożliwić otrzymanie stabilnego i pożądanego przez konsumenta liofilizowanego produktu [20].

Istnieje jednak potrzeba modyfikacji tego sposobu suszenia, w celu ograniczenia pewnych niekorzystnych właściwości liofilizatów, szczególnie kruchoj i delikatnej struktury. Jednym z możliwych rozwiązań jest odwadnianie osmotyczne przy

użyciu roztworów hipertonicznych, które polega na usunięciu z tkanki roślinnej części wody i wprowadzeniu składników rozpuszczalnych roztworu [11]. Zastosowanie odwadniania osmotycznego w stężonych roztworach wodnych sacharydów pozwala zredukować aktywność wody i otrzymać produkt o cechach bardzo zbliżonych do tych, które posiadają świeże owoce (barwa, tekstura, aromat) [19]. Dzięki obniżeniu aktywności wody w produkcie spowolnieniu ulegają reakcje powodujące pogorszenie jakości. Następuje wzrost stabilności mikrobiologicznej i przedłuża się okres przechowywania owoców [23]. Wielu autorów poleca tę metodę, ponieważ pozwala utrwalić barwę, smak i teksturę suszonych owoców i warzyw [17, 19]. Taka obróbka wstępna może być stosowana tylko w przypadku, gdy wzrost zawartości czynnika osmotycznego nie wywiera niekorzystnego wpływu na jakość żywności i czas trwania procesu [22].

Celem pracy zaprezentowanej w artykule było zbadanie wpływu wstępnego odwadniania osmotycznego na zawartość i aktywność wody oraz na zawartość cukrów w liofilizowanych truskawkach.

Uwzględnione zostały zróżnicowane warunki odwadniania osmotycznego. Podjęto próbę określenia warunków odwadniania osmotycznego poprzedzającego suszenie sublimacyjne truskawek, umożliwiających oddziaływanie na cechy użytkowe gotowego produktu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do badań użyto zamrożone truskawki odmiany Senga Sengana – bez szypulek, kalibrowane, o średnicy około 25-30 mm. Owoce były przechowywane w plastikowych torebkach po 500g każda w zamrażarce, w temperaturze -18°C przez około 12-18 miesięcy.

Zamrożone truskawki były odwadniane osmotycznie w roztworach osmotycznych o aktywności wody ~ 0.9 (sacharoza 61,5%, glukoza 49,2%, syrop skrobiowy 67,2% – równoważnik glukozy DE 30-35) w łaźni wodnej (ELPAN-357) w temperaturze 30°C przez 3 godziny pod ciśnieniem atmosferycznym, przy stosunku masowym surowca do roztworu 1:4 w/w [6]. Układ był wytrząsany z częstotliwością 100 Hz. Po tym czasie truskawki oddzielano od roztworu osmotycznego

na sicie i przemywano dwukrotnie wodą. Podczas odwadniania osmotycznego temperatura w centrum owocu zmieniała się od -10°C do $26,5^{\circ}\text{C}$. Pomiar temperatury wykonywano przy użyciu termopary umieszczonej w centrum owocu.

Odwodnione osmotycznie truskawki zamrażano w zamrażarce National Lab GmbH (ProfiMaster Personal Freezers PMU series) w temperaturze -70°C przez 2 godziny.

Zamrożone truskawki odwodnione i nieodwadniane osmotycznie suszono w liofilizatorze ALPHA1-4 LDC-1 m, firmy Christ (Osterode am Harz, Niemcy), z kontaktowym ogrzewaniem surowca przy parametrach: ciśnienie 63 Pa, ciśnienie bezpieczeństwa 103 Pa, czas 24 godziny, temperatura półek grzejnych liofilizatora 30°C . Kontrola procesu odbywała się przy użyciu termopary umieszczonej w centrum owocu. Podczas liofilizacji temperatura wewnątrz odwadnianych osmotycznie truskawek zmieniała się od -30 do 25°C . Po liofilizacji owoce zamykano w szklanych słoikach i przechowywano w zaciemnionym miejscu w temperaturze $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ do czasu przeprowadzania badań.

Dla uzyskanych suszy sublimacyjnych wyliczono:

Zawartość wody, u [$\text{g H}_2\text{O/g s.s.}$]

$$u = \frac{(1-s)}{s} \quad (1)$$

gdzie:

s – zawartość suchej substancji w próbce – ułamek,

Ubytek wody w przeliczeniu na suchą substancję początkową próbki, WL [$\text{g H}_2\text{O/g s.s.}$]

$$WL = \frac{[m_o * (1-s_o) - m_k * (1-s_k)]}{m_o * s_o} \quad (2)$$

gdzie:

s_o – zawartość suchej substancji w próbce przed procesem technologicznym – ułamek,

s_k – zawartość suchej substancji w próbce po procesie technologicznym – ułamek,

m_o – masa próbki początkowa, przed procesem technologicznym, g,

m_k – masa próbki końcowa, po procesie technologicznym, g.

Aktywność wody liofilizowanych truskawek oznaczano w aparacie Rotronic Hygroskop DT zgodnie z instrukcją producenta w temperaturze $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Analizę wykonywano w dziesięciu powtórzeniach. Próbkę do badań stanowił susz w postaci całej truskawki.

Oznaczanie zawartości cukrów wykonywano kolorymetrycznie [18]. W metodzie wykorzystywano właściwości sacharydów, które w środowisku zasadowym redukują grupy nitrowe kwasu 3,5-dinitrosalicylowego do grup aminowych, a te same utleniają się do odpowiednich kwasów onowych. Powstające aminowe pochodne kwasu 3,5-dinitrosalicylowego mają barwę pomarańczową. Intensywność barwy zależy od ilości sacharydów redukujących w próbce, dlatego może stanowić podstawę do zastosowania w oznaczaniu kolorymetrycznym. Oznaczenie wykonywano w siedmiu powtórzeniach dla całych liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie i nieodwadnianych, a uzyskane wyniki odniesiono do owoców zamrożonych. Oznaczano także zawartość cukrów w warstwie powierzchniowej o grubości 2 mm odwodnionych osmotycznie truskawek.

Wynik podano w przeliczeniu na 100 g badanego suszu z truskawek.

Zawartość cukrów bezpośrednio redukujących, C.B.R. [$\text{g}/100\text{g}$]:

$$\text{C.B.R.} = \left(\frac{A - 0,013}{4,2018} \right) * \frac{100}{m_n} \quad (3)$$

Zawartość cukrów ogółem, C.O. [$\text{g}/100\text{g}$]

$$\text{C.O.} = 2 * \left(\frac{A - 0,013}{4,2018} \right) * \frac{100}{m_n} \quad (4)$$

gdzie:

A – absorbancja,

m_n – masa naważki suszu truskawkowego (około 1 g).

Zawartość sacharozy, SA [$\text{g}/100\text{g}$]

$$SA = 0,95 * (\text{C.O.} - \text{C.B.R.}) \quad (5)$$

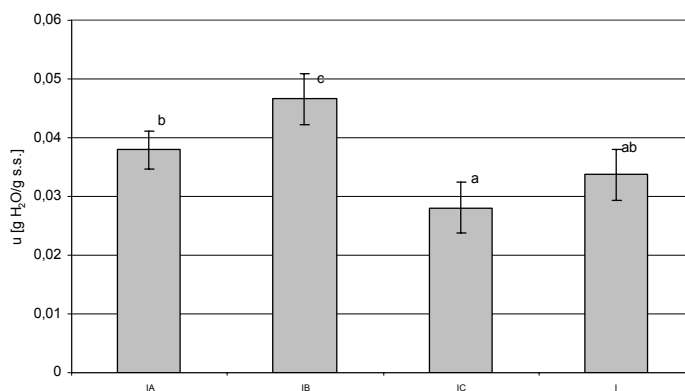
Uzyskane wartości przeliczono na początkową masę suchej substancji zawartej w badanym suszu truskawkowym.

Do przeprowadzenia analizy statystycznej korzystano z pakietu statystycznego Statgraphics Plus wersja 3.0. (Microsoft), Excel 2000 (Microsoft). Dla uzyskanych uśrednionych wyników wyznaczano odchylenia standardowe (sd). Wykorzystano test Fishera do weryfikacji hipotezy o równości średnich wartości analizowanego wskaźnika w badanych próbkach i współczynnik korelacji Pirsona. Analizę przeprowadzono przy poziomie istotności 0,05 [15].

WYNIKI I DYSKUSJA

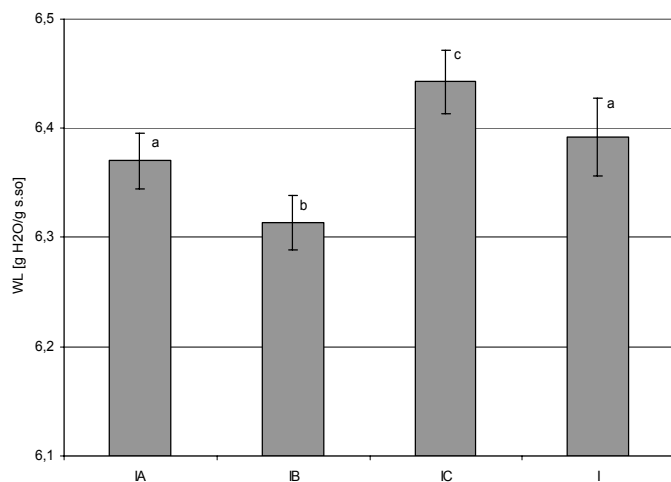
Wymiana masy w czasie liofilizacji truskawek odwadnianych osmotycznie

Owadnianie truskawek w roztworze sacharozy (IA) i glukozy (IB) wpłynęło na wzrost zawartości wody (u) w stosunku do truskawek liofilizowanych nieodwadnianych osmotycznie (I), a zastosowanie roztworu syropu skrobiowego (IC) obniżyło wartość tego wskaźnika w stosunku do suszu sublimacyjnego nieodwadnianego osmotycznie (rys. 1). Stwierdzono istotne statystycznie różnice w zawartości wody w zależności od rodzaju substancji osmotycznej zastosowanej przed liofilizacją.



Rys. 1. Wpływ odwadniania osmotycznego i rodzaju substancji osmotycznej na zawartość wody (u) w liofilizowanych truskawkach odwadnianych osmotycznie. Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoz, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. abcTe same litery oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (dla poziomu istotności 0,05).

Janowicz i Lenart [4] stwierdzili, że zmiany parametrów odwadniania osmotycznego, takich jak: rodzaj substancji osmotycznej oraz czas, powodowały uzyskanie nieznacznie różnych końcowych zawartości wody w jabłkach suszonych konwekcyjnie wstępnie odwodnionych osmotycznie w roztworze sacharozy, glukozy i syropu skrobiowego.



Rys. 2. Wpływ odwadniania osmotycznego i rodzaju substancji osmotycznej na ubytek wody (WL) z liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie. Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoza, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. abcTe same litery oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (dla poziomu istotności 0,05).

Również Lenart [7] wykazał, że wraz z podwyższeniem stopnia osmotycznego odwodnienia zwiększa się końcowa zawartość wody w suszonych konwekcyjnie jabłkach.

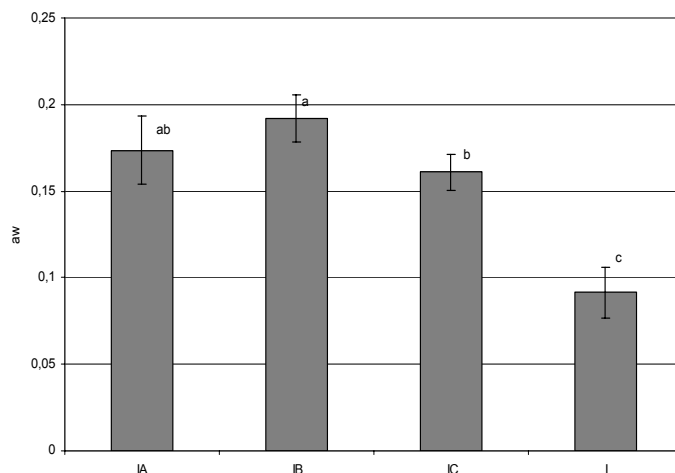
Owadnianie osmotyczne poprzedzające proces liofilizacji wpływa istotnie na zmianę średniego ubytku wody (WL) w suszonych sublimacyjnie truskawkach (rys. 2). Stopień zmian zależy od rodzaju substancji osmotycznej. Zastosowanie roztworu glukozy (IB) powoduje istotnie statystycznie obniżenie WL o około 0,08 jednostki w stosunku do liofilizowanych truskawek nieodwadnianych osmotycznie (I), a obróbka osmotyczna w roztworze syropu skrobiowego (IC) zwiększa WL o 0,05 (rys. 2).

Owadnianie osmotyczne wpłynęło na istotne zwiększenie aktywności wody (a_w) suszu w stosunku do truskawek nieodwadnianych osmotycznie (rys. 3). Wykazano także wpływ rodzaju substancji osmotycznej na poziom aktywności wody pomiędzy truskawkami odwadnianymi w roztworze syropu skrobiowego (IC) i glukozy (IB), dla których różnica wyniosła 0,03 jednostki. Dla pozostałych suszy sublimacyjnych wstępnie odwadnianych osmotycznie nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Potwierdzają to wyniki badań uzyskane przez Litwińską [9] dla truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy, glukozy i syropu skrobiowego, porównanych z nieodwadnianym osmotycznie suszem sublimacyjnym.

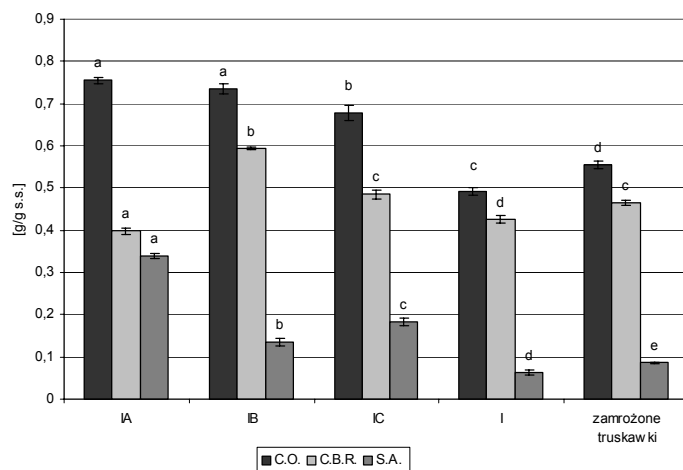
Wpływ liofilizacji i odwadniania osmotycznego na zmiany zawartości cukrów w liofilizowanych truskawkach odwadnianych osmotycznie

Liofilizacja wpłynęła na obniżenie zawartości cukrów ogółem (C.O.) o około 0,1 jednostki, cukrów bezpośrednio

redukujących (C.B.R.) o 0,04 jednostki, przy porównaniu liofilizowanych truskawek nieodwadnianych osmotycznie (I) z zamrożonymi (rys. 4). Na skutek suszenia sublimacyjnego nastąpiło także zmniejszenie zawartości sacharozy (SA) w nieodwadnianych osmotycznie liofilizatach (I) w porównaniu do zamrożonych owoców. Mimo niewielkich różnic, rzędu 0,02 jednostek, były one istotne statystycznie (rys. 4).



Rys. 3. Wpływ odwadniania osmotycznego i rodzaju substancji osmotycznej na aktywność wody (a_w) liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie. Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoza, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. abcTe same litery oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (dla poziomu istotności 0,05).



Rys. 4. Wpływ liofilizacji i odwadniania osmotycznego na zawartość cukrów ogółem (C.O.), cukrów bezpośrednio redukujących (C.B.R.) i sacharozy (S.A.) (cały suszony owoc). Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoza, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. abcTe same litery oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (dla poziomu istotności 0,05).

Owadnianie osmotyczne spowodowało wzrost zawartości cukrów ogółem (C.O.) w porównaniu do nieodwadnianych osmotycznie (I) liofilizowanych truskawek w zakresie od 0,2 do około 0,3 jednostki (g/g s.s.) (rys. 4). Najwyższy przyrost, rzędu 35%, stwierdzono dla truskawek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy (IA) i glukozy (IB), pomiędzy którymi nie stwierdzono istotnych różnic. Dla roztworu syropu skrobiowego (IC) wyniósł on 27%. Jest to

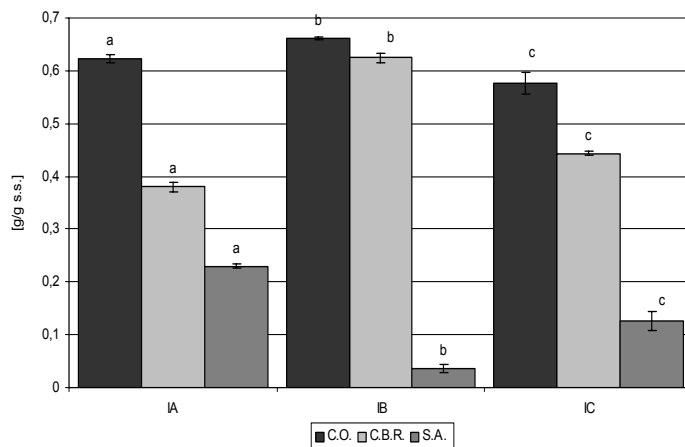
zgodne z wynikami uzyskiwanymi przez Ogonek [14], która po 3 godzinach obróbki osmotycznej truskawek w roztworze sacharozy i glukozy uzyskała zbliżone zawartości cukrów ogółem. Wynika to z faktu, że masa cząsteczkowa substancji osmotycznej nie miała tu takiego wpływu jak w materiałach, których oryginalna struktura tkankowa jest dobrze zachowana. W tym przypadku owoce poddane odwadnianiu osmotycznemu były uprzednio zamrożone, co niewątpliwie wpłynęło na stan struktury. W czasie rozmrażania w roztworze osmotycznym struktura uległa załamaniu, a błony i ściany komórkowe zniszczone przez kryształy lodu, straciły właściwości wybiórcze względem substancji przenikających przez nie. Dlatego substancja osmotyczna, niezależnie od wielkości cząstek, mogła swobodnie przenikać przez zniszczone struktury komórkowe, jak również wnikać do dużych przestrzeni międzykomórkowych, powstałych po usunięciu z nich powietrza, wody i utracie turgoru.

W przypadku cukrów bezpośrednio redukujących obróbka osmotyczna w roztworze glukozy (IB) wpłynęła na przyrost zawartości tych cukrów o około 28%, w stosunku do nieodwadnianych osmotycznie liofilizowanych truskawek (I) (rys. 4). Dla roztworu syropu skrobiowego (IC) różnica ta wyniosła 12%. Obróbka osmotyczna w roztworze sacharozy spowodowała niewielkie, ale istotne statystycznie obniżenie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących. Również Ogonek [14] uzyskała najwyższe zawartości cukrów bezpośrednio redukujących w przypadku zastosowania roztworu glukozy. Nieto, Castro i Alzamora [13] wykazali, że dla owoców mango odwadnianych w roztworze glukozy następuje podwyższenie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących ze wzrostem stężenia roztworu osmotycznego. Wnikanie glukozy jako cukru bezpośrednio redukującego do tkanki w czasie odwadniania osmotycznego wpłynęło na końcową zawartość cukrów prostych. Ogonek [14] zanotowała wzrost zawartości cukrów prostych także w przypadku obróbki wstępnej w roztworze sacharozy. Może to wynikać z częściowej inwersji sacharozy na skutek uwolnienia się enzymu inwertazy, której obecność w tkance truskawek stwierdzili Viberg i Sjöholm [21]. Natomiast podwyższenie zawartości cukrów prostych w przypadku zastosowania roztworu syropu skrobiowego może być tłumaczone faktem, że syrop skrobiowy jest cukrem, w skład którego wchodzi glukoza (cukier prosty).

Owadnianie osmotyczne spowodowało także wzrost zawartości sacharozy od 54 do 82%, w zależności od rodzaju substancji osmoaktywnej, w stosunku do nieodwadnianych osmotycznie truskawek (rys. 4). Najwyższą zawartość zanotowano w jabłku odwadnianym osmotycznie w roztworze sacharozy (IA), a najniższą przy zastosowaniu roztworu glukozy (IB). Natomiast Ogonek [14] wykazała brak sacharozy w tkankach w przypadku obróbki w roztworze glukozy, co tłumaczy rozkładem sacharozy na skutek działania enzymu inwertazy.

Uzyskane wyniki dla całych truskawek liofilizowanych (rys. 4) porównano z danymi otrzymanymi dla powierzchniowej warstwy suszu sublimacyjnego o grubości 2 mm (rys. 5). Przeprowadzenie analizy miało na celu zbadanie, czy cukry znajdują się głównie na powierzchni owoców, czy też rozmieszczone są w całej tkance równomiernie. Wykazano, że w warstwie powierzchniowej znajduje się mniej wszystkich rodzajów sacharydów: średnio o około 0,07-0,13 jednostki (g/g s.s.) cukrów ogółem, 0,03-0,18 jednostki cukrów bezpośred-

nio redukujących i 0,06-0,1 jednostki sacharozy, w porównaniu ze średnią zawartością w owocach. Truskawki odwadniane w roztworze glukozy (IB) wykazały największy przyrost cukrów ogółem i bezpośrednio redukujących w stosunku do owoców odwadnianych w roztworze sacharozy (IA) i syropu skrobiowego (IC) (rys. 5). Podobnie jak w przypadku całego suszu sublimacyjnego, najwyższą zawartość sacharozy stwierdzono w owocach odwadnianych w roztworze sacharozy (IA), rzędu 0,23, a najniższą w truskawkach odwadnianych w roztworze glukozy (IB): 0,035 g/g s.s.



Rys. 5. Wpływ liofilizacji i odwadniania osmotycznego na zawartość cukrów ogółem (C.O.), cukrów bezpośrednio redukujących (C.B.R.) i sacharozy (S.A.) (warstwa powierzchniowa – 2 mm). Rodzaj substancji osmotycznej: A – sacharoza, B – glukoza, C – syrop skrobiowy. abcTe same litery oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (dla poziomu istotności 0,05).

Niewielkie różnice w zawartości cukrów pomiędzy całą tkanką suszonych sublimacyjnie truskawek a warstwą powierzchniową, a nawet obniżenie tych wartości, świadczy o równomiernym wysyceniu tkanki truskawek przez substancję osmotyczną. Dodatkowo, znaczenie może mieć przemywanie owoców wodą po odwadnianiu osmotycznym, co niewątpliwie usunęło część cukrów z warstwy powierzchniowej truskawek. Znaczenie przemywania powierzchni jabłek odwadnianych osmotycznie przed suszeniem owiewowym opisuje Lenart [7]. Twierdzi, że ma ono duży wpływ na właściwości powierzchni suszu przy nieistotnych zmianach jego wnętrza. Tylko niewielka część powierzchni pokryta była sacharozą w przeważającej części w postaci krystalicznej. Takie zmiany potwierdza analiza mikroskopowa obrazu dla liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie [2].

PODSUMOWANIE

1. Odwadnianie osmotyczne w roztworze sacharozy i glukozy spowodowało niewielki wzrost zawartości wody w liofilizowanych truskawkach w stosunku do owoców nieodwadnianych. Natomiast przy zastosowaniu roztworu syropu skrobiowego nastąpiło obniżenie tego wskaźnika. Aktywność wody liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie była wyższa w stosunku do owoców nie poddanych tej obróbce. Najwyższą wartość aktywności wody uzyskano dla truskawek odwadnianych w roztworze glukozy.

2. Poprzedzenie suszenia sublimacyjnego odwadnianiem osmotycznym spowodowało przyrost zawartości cukrów ogółem, w stosunku do zawartości w nieodwadnianych osmotycznie truskawkach. Największą wartość uzyskano dla truskawek poddanych tej obróbce w roztworze sacharozy i glukozy. Odwadnianie osmotyczne truskawek w roztworze glukozy wpłynęło także na uzyskanie przez nie najwyższych zawartości cukrów bezpośrednio redukujących, a w przypadku zastosowania roztworu sacharozy nastąpiło obniżenie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących w stosunku do nieodwadnianych osmotycznie owoców.

3. Wystąpiło tylko nieznaczne obniżenie zawartości cukrów ogółem, cukrów bezpośrednio redukujących i sacharozy w powierzchniowej warstwie liofilizowanych truskawek o grubości 2 mm, w stosunku do całego owocu, co mogło być wynikiem wymywania cukrów w czasie przemywania truskawek po odwadnianiu osmotycznym. Świadczy to o równomiernym wysyceniu owoców przez cukier w czasie odwadniania osmotycznego.

LITERATURA

- [1] Akanbi C. T., Oludemi F. O.: Effect of processing and packaging on the lycopene content of tomato products, *Int. J. Food Prop.*, 2004, 7, 139-152.
- [2] Ciurzyńska A., Lenart A.: Wpływ odwadniania osmotycznego na zmiany struktury liofilizowanych truskawek, *Acta Agrophysica*, 2008, 13 (3), 613-624.
- [3] Contreras C., Martin-Esparza M.E., Chiralt A., Martin-Navarrete N.: Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry, *J. Food Eng.*, 2008, 88, 55-64.
- [4] Janowicz M., Lenart A.: Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na współczynnik dyfuzji wody w tkance jabłek suszonych konwekcyjnie, *Inż. Rol.*, 2005, 11, 191-199.
- [5] Kunachowicz H., Nadolna I., Prugeta B., Iwanow K.: Tabele Wartości Odżywczej Produktów Spożywczych, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 1998, 534.
- [6] Lenart A., Dąbrowska R.: Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin coatings, *Drying Technol.*, 1999, 17, 1359-1375.
- [7] Lenart A.: Sacharoza jako czynnik modyfikujący osmotyczno-owiewowe utrwalenie jabłek, SGGW – AR, Warszawa 1988.
- [8] Lewicki P.P.: Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: a review, *Int. J. Food Prop.*, 1998, 1, 1-22.
- [9] Litwińska M.: Wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości suszonych sublimacyjnie truskawek, Praca magisterska, SGGW, Warszawa 2003.
- [10] Maskan M.: Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying, *J. Food Eng.*, 2001, 48, 177-182.
- [11] Montserrat F., Wet S.: Effect of osmotic stress on microstructure and mass transfer in onion and strawberry tissue, *J. Sci. Food Agric*, 2003, 83, 951-953.
- [12] Moreno J., Chiralt A., Escriche I., Serra J.A.: Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries, *Food Res. Int.*, 2000, 33, 609-616.
- [13] Nieto A., Castro M.A., Alzamora S.M.: Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango, *J. Food Eng.*, 2001, 50, 175-185.
- [14] Ogonek A.: Studia nad wpływem powłok jadalnych na wymianę masy w czasie odwadniania osmotycznego truskawek, Praca doktorska, SGGW, Warszawa 2005.
- [15] Praca zbiorowa: Wybrane zagadnienia wnioskowania statystycznego z wykorzystaniem pakietu STATGRAPHICS, Red.: Grzegorzewski P., Politech. Warszawska, Warszawa 2002.
- [16] Ratti C.: Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *J. Food Eng.*, 2001, 49, 311-319.
- [17] Spiazzi E., Mascheroni R.: Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables, *J. Food Eng.*, 1998, 34, 387-410.
- [18] Toczko M., Grzelińska A.: Materiały do ćwiczeń z biochemii, SGGW, Warszawa 1997, s. 38-41.
- [19] Torreggiani D.: Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing, *Food Research Int.*, 1993, 26, 59-68.
- [20] Tsinontides S.C., Rajniak P., Pham D., Hunke W.A., Placek J., Reynolds S.D.: Freeze drying-principles and practice for successful scale-up to manufacturing, *Int. J. Pharm.*, 2004, 280, 1-16.
- [21] Viberg U., Sjöholm I.: Sucrose inversion during osmotic pre-treatment of strawberries, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 1998, 31, 546-551.
- [22] Wang W., Sastry S.K.: Effect of thermal and electrothermal pre-treatment on hot air drying rate and vegetable tissue, *J. Food Eng.*, 2000, 23, 299-319.
- [23] Wiley C.R.: Minimally processed refrigerated fruits & vegetables, New York: Chapman & Hall., 1994, 66-127.

THE INFLUENCE OF OSMOTIC DEHYDRATION ON CHEMICAL COMPOSITION OF FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

SUMMARY

The aim of the research presented in this paper was to investigate the influence of osmotic dehydration on water content and water activity and sugar content of freeze – dried strawberries. Senga Sengana strawberries were osmotically dehydrated in sucrose, glucose solution and starch syrup and freeze-dried. Strawberries were uniformly saturated by sugars, what provide insignificant decrease in total sugar content, directly reduced sugars and sucrose in surface layer for freeze-dried strawberries in comparison to whole fruit. Osmotic dehydration in sucrose and glucose solution caused small increase in water content in freeze-dried strawberries in comparison to fruit without osmotic dehydration.