

WPLYW ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO NA BARWĘ I WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE LIOFILIZOWANYCH TRUSKAWEK

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart, Monika Siemiątkowska

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ odwadniania osmotycznego i rodzaju substancji osmotycznej na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek poddanych obróbce osmotycznej. Truskawki zostały wstępnie odwodnione w roztworach glukozy i sacharozy o aktywności wody (a_w) 0,9. Owoce były suszone sublimacyjnie przy temperaturze pólki grzejnych liofilizatora 50°C. W pracy wykazano, że zastosowanie sacharozy i glukozy do odwadniania osmotycznego nie wpłynęło na istotne zmiany wartości współczynników i wskaźników barwy dla większości powierzchni oraz rozdrobionych liofilizowanych truskawek. Zastosowanie odwadniania osmotycznego spowodowało zmianę przebiegu krzywych ściskania suszy liofilizowanych w temperaturze 50°C. Zaobserwowano liczne załamania krzywych ściskania. Odwadnianie spowodowało obniżenie siły potrzebnej do odkształcenia suszu jak i pracy wykonanej na to odkształcenie w porównaniu z suszami nieodwadnianymi.

Słowa kluczowe: liofilizacja, osmotyczne odwadnianie, właściwości mechaniczne, barwa, truskawki

WSTĘP

Konwencjonalne metody suszenia powodują wiele niekorzystnych zmian w materiale roślinnym, takich jak utlenianie witamin, barwników, znaczny skurcz materiału i zmiana tekstury. Spowodowane jest to przede wszystkim zastosowaniem wysokiej temperatury w procesie. Mimo, że suszenie owoców i warzyw przedłuża ich trwałość, to w znacznym stopniu zmniejszona jest ich wartość odżywcza w porównaniu ze świeżym produktem. Dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie niskiej temperatury procesu, a także skrócenie jego czasu. Najpopularniejszą metodą suszenia w niskiej temperaturze stała się liofilizacja, polegająca na odwadnianiu poprzez sublimację zamrożonego produktu (Ratti 2001, Ciurzyńska i Lenart 2010).

Bardzo ważne w procesie liofilizacji jest dobranie optymalnych parametrów procesu (temperatury i ciśnienia), ponieważ to one mają wpływ na końcową barwę, strukturę, smak czy właściwości sorpcyjne. Znajomość temperatur przemian fazowych składników żywności ułatwia ich ustalenie. Odpowiednie parametry liofilizacji są również bardzo ważne z uwagi na wysokie koszty procesu oraz czas uzyskania suszu (Shishegarha i in. 2002, Ciurzyńska 2007).

Suszenie sublimacyjne to złożony proces. Pierwszym etapem jest zamrożenie materiału pod ciśnieniem atmosferycznym, następnie rozpoczyna się proces próżniowej sublimacji lodu, a finalnym etapem jest dosuszanie materiału do żądanej wilgotności końcowej (Gawlik 2001). Usunięcie wody z materiału przy niskiej jego temperaturze powoduje, że większość reakcji chemicznych i mikrobiologicznych zostaje zahamowana, dzięki czemu uzyskuje się produkt o bardzo wysokiej jakości (Ratti 2001).

Najbardziej niekorzystnym zjawiskiem, które może się pojawić podczas sublimacji jest możliwość załamania się wewnętrznej struktury materiału. Zachodzi ono w momencie, gdy lepkość matrycy spowodowana zbyt wysoką temperaturą staje się tak niska, że struktura traci swoją sztywność do tego stopnia, iż pory zamykają się zanim zostanie zakończony główny proces suszenia (Slade i Levin 1995). Suszenie sublimacyjne na skalę przemysłową jest zazwyczaj prowadzone w temperaturach wyższych od temperatury przemiany szklistej, co podnosi ryzyko zniszczenia struktury w suszonym produkcie (Gawlik 2001).

Dosuszanie produktu odbywa się przy dodatniej temperaturze, dlatego bardzo ważne jest wcześniejsze całkowite wysublimowanie lodu. Ze względu na to, że właśnie podczas tego etapu następuje największy ubytek składników odżywczych i pogorszenie cech sensorycznych suszu, woda podczas tego procesu powinna być utrzymana w stanie zeszklenia. Pozwala to na ograniczenie zmian chemicznych, a także skurczu komórek. Temperatura zeszklenia gotowego produktu warunkuje również temperaturę, w jakiej maksymalnie powinien być on przechowywany, by zachować najwyższą jakość przez długi czas.

Zaletą liofilizacji polega na tym, że metodzie tej można poddać z powodzeniem każdy produkt spożywczy, a jedynym ograniczeniem są duże koszty przeprowadzenia tego procesu. Dlatego ciągle są prowadzone badania nad zmniejszeniem kosztów, przy zachowaniu niezmięnionej wysokiej jakości produktu finalnego (Rząca i Witrowa-Rajchert 2007)

Bardzo ważne w procesie liofilizacji jest zachowanie barwy produktu jak najbardziej zbliżonej do wartości wyjściowej (Kondratowicz i in. 2009). Niepożądane zmiany barwy żywności suszonej sublimacyjnie wynikają z wielu złożonych reakcji (Krokida i in. 2001). Najczęściej następuje rozpad barwników zwłaszcza karotenoidów i chlorofilu. Zachodzą reakcje Maillarda oraz utlenianie kwasu askorbinowego (Barreiro i in. 1997). Badania nad wpływem ciśnienia i tempera-

tury procesu liofilizacji na jakość suszu wykazały, iż barwa truskawek w dużej mierze zależy od temperatury (Kondratowicz i in. 2009).

Prowadzenie procesu liofilizacji w nieodpowiednich warunkach może spowodować także zapadanie się struktury suszy owocowych. Istnieje liniowa zależność między wilgotnością i kruchością, a na kruchość wpływają warunki suszenia produktu. Zapadanie się struktury wynika ze zbyt wysokiej temperatury półki grzejnej liofilizatora, a jej niska temperatura pozwala na uzyskanie produktu bardzo wysokiej jakości (Kondratowicz i in. 2009). Próbowano określić najbardziej optymalne warunki liofilizacji pozwalające uzyskać susz o jak najwyższej jakości. Za najodpowiedniejsze do utrwalania uznano: 15°C przy szybkości zmiany temperatury wewnątrz suszonego materiału 1,6°C·min⁻¹ i 45°C przy szybkości 0,4°C·min⁻¹ (Iwaniw i Mattal 1990).

Odwadnianie osmotyczne jest jedną z metod, pozwalającą usunąć znaczne ilości wody z materiału o budowie tkankowej bez przemiany fazowej. Pozwala ono na opracowanie technologii, które w znacznym stopniu zapewniają zachowanie wartości odżywczych oraz sensorycznych przetwarzanych surowców i produktów spożywczych. Stosowanie odwadniania osmotycznego przed procesem liofilizacji minimalizuje zmiany barwy w produkcie (Taiwo i in. 2003). Dodatek cukru wywołuje efekt ochronny barwników antocyjanowych poprzez zahamowanie degradacji enzymatycznych, wzbogacając smak oraz zapobiegając utlenianiu (Wrolstad i in. 1990).

Stosowanie osmotycznego odwadniania jako obróbki wstępnej może wpłynąć na zmianę właściwości mechanicznych tkanki roślinnej (Jarczyk i in. 1994). Substancja osmotyczna obecna w tkance roślinnej wpływa na właściwości mechaniczne odwadnianych osmotycznie truskawek. Liofilizowane truskawki niepoddane obróbce wstępnej charakteryzowały się kruchością, natomiast odwadniane można było zaliczyć to ciał lepko-sprężystych (Janowicz i in. 2003). Test ściskania wykazał istotny wpływ procesu odwadniania osmotycznego na właściwości mechaniczne truskawek suszonych sublimacyjnie. Suszone po wstępnym odwadnianiu truskawki charakteryzowały się istotnie większą siłą ściskania, niż susz nieodwadniany osmotycznie (Ciburzyńska i Lenart 2006).

Celem pracy było określenie wpływu odwadniania osmotycznego na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły truskawki odmiany Senga Sengana zamrożone w warunkach laboratoryjnych w temperaturze -25°C przez 4 godziny. Do czasu badań owoce były przechowywane w zamrażarce w temperaturze -18°C przez rok.

Zamrożone truskawki odwadniano w roztworach o aktywności wody 0,9 (roztwór sacharozy 61,5% i glukozy 49,2%) przy stosunku masowym surowca do roztworu 1:4 w temperaturze 30°C, przez 3 godziny. Po zadany czasie owoce oddzielano od roztworu osmotycznego na sicie i dwukrotnie płukano wodą. Odwodnione osmotycznie truskawki przetrzymywano w zamrażarce w temperaturze -70°C przez 2 godziny. 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 50°C. Parametrem wyznaczającym moment zakończenia suszenia była temperatura wewnątrz owocu. Kontrola temperatury owoców w czasie suszenia odbywała się przy użyciu czujnika termoelektrycznego.

Barwę liofilizowanych truskawek oznaczano za pomocą aparatu Chroma – Meter CR-300 firmy Minolta w układzie $L^*a^*b^*$ (Ciurzyńska i Lenart 2009). Oznaczanie wykonywano przy oświetleniu rozproszonym pod kątem 0°, średnica przesłony wynosiła 8 mm, a źródłem światła typu C była lampa błyskowa. Badano barwę powierzchni, przełomu oraz rozdrobnionych liofilizowanych truskawek. Pomiar wykonywano dla trzech próbek suszu, dla każdej próbki przy 5-krotnym powtórzeniu. Dla otrzymanych wyników oznaczano średnie wartości i odchylenia standardowe. Wyznaczono parametry barwy:

$$SI = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

gdzie: SI – wskaźnik wysycenia barwy, a^* – współczynnik barwy czerwonej, b^* – współczynnik barwy żółtej.

oraz

$$H = \text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

gdzie H – ton barwy.

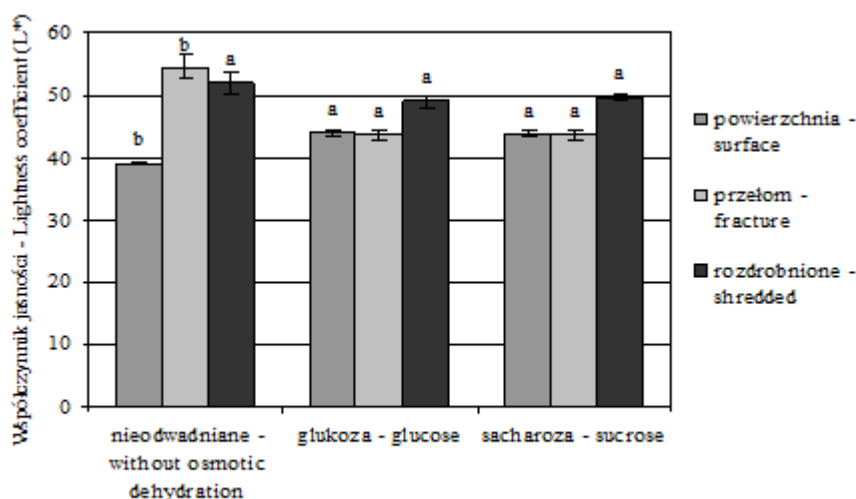
Właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek określano na podstawie testu ściskania wykonanego za pomocą urządzenia TA-XT2i Texture Analyser w temperaturze pokojowej 20±2°C (Ciurzyńska i Lenart 2006). Siła ściskania została zarejestrowana za pomocą programu komputerowego Texture Export (dla systemu Windows). Truskawki były ściskane ze stałą prędkością 20 mm·min⁻¹ do momentu uzyskania 25% odkształcenia ich początkowej wysokości. Pomiar wykonywano w 10 powtórzeniach. Wyznaczano maksymalną siłę i pracę ściskania badanych suszy.

Statystyczną interpretację wyników prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ z zastosowaniem testu Duncana, za pomocą programu Statgraphics v. 5.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmiany barwy liofilizowanych truskawek

Odwadnianie osmotyczne w roztworze glukozy i sacharozy powodowało znaczące ($\alpha < 0,05$) rozjaśnienie powierzchni liofilizowanych truskawek w stosunku do owoców nieodwadnianych i suszonych przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 50°C (rys. 1). Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju substancji osmotycznej na zróżnicowanie współczynnika jasności powierzchni liofilizowanych owoców.



Rys. 1. Współczynnik jasności (L^*) liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)

Fig. 1. Lightness coefficient (L^*) of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

Ciurzyńska i Lenart (2009) w swoich wcześniejszych badaniach na truskawkach liofilizowanych przy 30°C, również zaobserwowali niewielkie pojaśnienie powierzchni suszu truskawkowego odwadnianego osmotycznie w porównaniu z nieodwadnianym, ale tylko w przypadku roztworu glukozy różnice były istotne statystycznie. Nie wykazali również znaczącego zróżnicowania wartości współczynników jasności (L^*) powierzchni owoców w zależności od rodzaju substancji osmotycznej użytej do odwadniania.

Dla przełomu liofilizowanych truskawek zaobserwowano istotne statystycznie obniżenie współczynnika jasności po odwadnianiu osmotycznym w stosunku do truskawek niepoddanych obróbce wstępnej (rys. 1). Podobnie jak w przypadku powierzchni suszonych sublimacyjnie truskawek rodzaj substancji osmotycznej nie odgrywał tu znaczącej roli.

Dla rozdrobnionych liofilizowanych truskawek zaobserwowano podobne zależności jak w przypadku przełomu suszonych sublimacyjnie owoców. Nastąpiło obniżenie współczynnika jasności (L^*) odwadnianych osmotycznie truskawek w stosunku do suszy niepoddanych obróbce wstępnej, ale różnice nie były istotne statystycznie (rys. 1). Rodzaj substancji osmotycznej również nie odgrywał tu znaczącej roli.

Natomiast Ciurzyńska (2007) wykazała we wcześniejszych badaniach istotne różnice w wartości współczynnika jasności (L^*) rozdrobnionych truskawek dla suszy otrzymanych z odwadnianych w roztworze glukozy i sacharozy owoców, a następnie liofilizowanych przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 30°C w stosunku do owoców nieodwadnianych osmotycznie. Współczynnik jasności (L^*) różnił się istotnie statystycznie w zależności od rodzaju substancji osmotycznej dla truskawek rozdrobnionych.

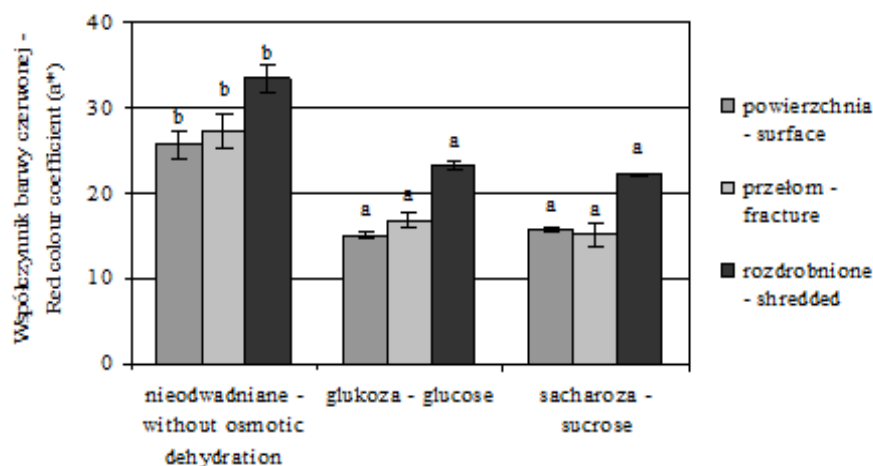
Odwadnianie osmotyczne wpłynęło na istotne ($\alpha < 0,05$) obniżenie wartości współczynnika barwy czerwonej (a^*) powierzchni liofilizowanych truskawek o 40%, w porównaniu z owocami niepoddanymi obróbce wstępnej (rys. 2). Analiza wpływu rodzaju substancji osmotycznej nie wykazała istotnych różnic w wartości współczynnika barwy czerwonej (a^*) powierzchni liofilizowanych truskawek w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

Uzyskane wyniki potwierdzają badania Ciurzyńskiej i Lenarta (2009), którzy również stwierdzili obniżenie wartości współczynników barwy czerwonej (a^*) powierzchni truskawek liofilizowanych w temperaturze 30°C w wyniku zastosowania odwadniania osmotycznego, jako obróbki wstępnej. Efekt ten można tłumaczyć wyłukiwaniem barwników z truskawek podczas odwadniania osmotycznego (Moreno i in. 2000). Wykazali oni także istotne zróżnicowanie badanego współczynnika w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

Dla przełomu liofilizowanych truskawek uzyskano podobne zależności jak w przypadku powierzchni suszonych sublimacyjnie owoców. Zastosowanie odwadniania osmotycznego spowodowało istotne obniżenie współczynnika barwy czerwonej (a^*) przełomu truskawek liofilizowanych przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 50°C o 10 do 12 jednostek w porównaniu z owocami niepoddanymi obróbce wstępnej (rys. 2). Rodzaj substancji osmotycznej nie wpłynął znacząco na zróżnicowanie badanego wskaźnika.

Dla współczynnika barwy czerwonej (a^*) rozdrobnionych liofilizowanych truskawek, podobnie jak w przypadku przełomu owoców zaobserwowano istotne

statystycznie obniżenie wartości w porównaniu z owocami nieodwadnianymi, (rys. 2). Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju substancji osmotycznej na zmianę współczynnika barwy czerwonej (a^*) rozdrobnionych truskawek.



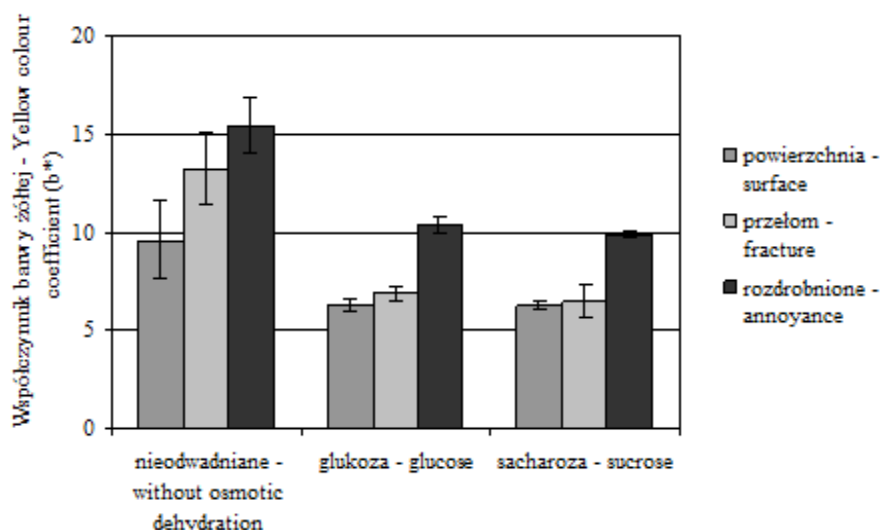
Rys. 2. Współczynnik barwy czerwonej (a^*) liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)
Fig. 2. Red colour coefficient (a^*) of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

Ciurzyńska (2007) wykazała, że rozdrobnione truskawki odwadniane osmotycznie i liofilizowane przy temperaturze półek grzejnych 30°C uzyskały wyższe wartości współczynnika barwy czerwonej (a^*) w stosunku do owoców niepoddanych obróbce wstępnej, ale tylko w przypadku roztworu sacharozy różnice były istotne statystycznie. Zastosowanie roztworu sacharozy istotnie statystycznie zwiększyło wartości współczynnika barwy czerwonej (a^*) rozdrobnionych owoców w porównaniu do owoców odwodnionych w roztworze glukozy.

Współczynnik barwy żółtej (b^*) dla powierzchni liofilizowanych truskawek uległ istotnemu statystycznie obniżeniu po zastosowaniu odwadniania osmotycznego w porównaniu do owoców niepoddanych tej obróbce wstępnej (rys. 3). Nie stwierdzono znaczących różnic w badanym wskaźniku w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

Ciurzyńska (2007) badając truskawki liofilizowane przy temperaturze półek grzejnych 30°C stwierdziła zwiększenie współczynnika barwy żółtej (b^*) dla owoców odwadnianych osmotycznie w porównaniu do niepoddanych tej obróbce

wstępnej, ale różnice nie były istotne statystycznie. Nie wykazała również istotnego statystycznie zróżnicowania wartości współczynnika barwy żółtej (b^*) powierzchni suszy w zależności od rodzaju substancji osmotycznej użytej do odwadniania.



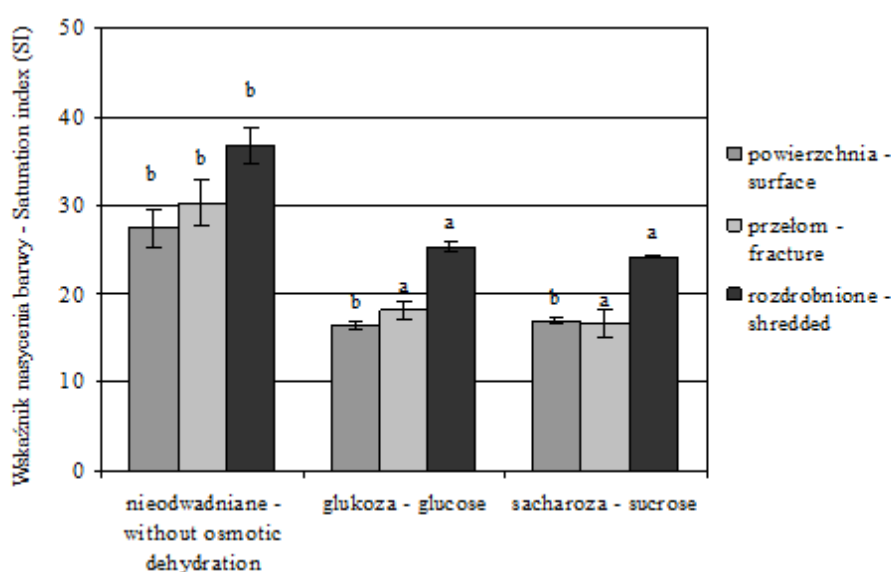
Rys. 3. Współczynnik barwy żółtej (b^*) liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)

Fig. 3. Yellow colour coefficient (b^*) of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

Dla przełomu suszonych sublimacyjnie truskawek zaobserwowano podobne jak dla powierzchni owoców zależności dla współczynnika barwy żółtej (b^*). Odwadnianie osmotyczne spowodowało obniżenie współczynnika barwy żółtej (b^*) przełomu liofilizowanych truskawek o około 7 jednostek w stosunku do owoców niepoddanych obróbce wstępnej (rys. 3). Analiza wpływu rodzaju substancji osmotycznej wykazała, że nie ma istotnych różnic w wartości współczynnika (b^*) przełomu truskawek dla suszy z owoców odwadnianych w roztworze glukozy i sacharozy.

Odwadnianie osmotyczne wpłynęło również na obniżenie współczynnika barwy żółtej (b^*) rozdrobnionych liofilizowanych truskawek w porównaniu z wartościami dla suszy nieodwadnianych (rys. 3). Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic we współczynnikach barwy żółtej (b^*) rozdrobnionych truskawek dla suszy z owoców odwadnianych w badanych substancjach osmotycznych (rys. 3).

Taiwo i in. (2003) uzyskali natomiast wzrost wartości wszystkich współczynników barwy dla suszy odwadnianych osmotycznie w stosunku do wartości tych współczynników dla suszy nieodwadnianych. Ciurzyńska (2007) wykazała we wcześniejszych badaniach, że dla współczynnika barwy żółtej (b^*) występują istotnie większe wartości dla rozdrobnionych suszy odwadnianych w sacharozie w porównaniu z suszami odwadnianymi w roztworze glukozy i liofilizowanych przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 30°C.



Rys. 4. Wskaźnik wysycenia barwy (SI) liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)
Fig. 4. Saturation index (SI) of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

Wykazano istotne statystycznie różnice między wartością wskaźnika wysycenia barwy (SI) powierzchni liofilizowanych truskawek odwadnianych osmotycznie w stosunku do owoców niepoddanych obróbce wstępnej (rys. 4). Odwadnianie osmotyczne spowodowało obniżenie współczynnika wysycenia barwy o 30-40% w stosunku do truskawek nieodwadnianych. Stwierdzono również, że rodzaj substancji osmotycznej nie wpływa istotnie statystycznie na wartość badanego wskaźnika (rys. 4).

Ciurzyńska i Lenart (2009) wykazali, że truskawki wstępnie odwadniane osmotycznie w roztworze sacharozy i liofilizowane w temperaturze 30°C charak-

teryzują się dwukrotnie niższą wartością wskaźnika wysycenia barwy (SI) niż susze nieodwadniane osmotycznie. Dla roztworu glukozy nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Wykazano także, że rodzaj substancji osmotycznej wpływa na istotne zróżnicowanie wskaźnika (SI) powierzchni liofilizowanych truskawek.

Podobnie jak w przypadku powierzchni liofilizowanych truskawek, dla wskaźnika (SI) przełomu owoców zaobserwowano istotne statystycznie obniżenie wartości badanego wskaźnika dla truskawek odwadnianych osmotycznie w porównaniu z owocami niepoddanyymi tej obróbce wstępnej (rys. 4). Wskaźnik wysycenia barwy (SI) dla przełomu truskawki był wyższy dla suszy odwadnianych w glukozie w porównaniu z sacharozą, ale różnice nie były istotne statystycznie.

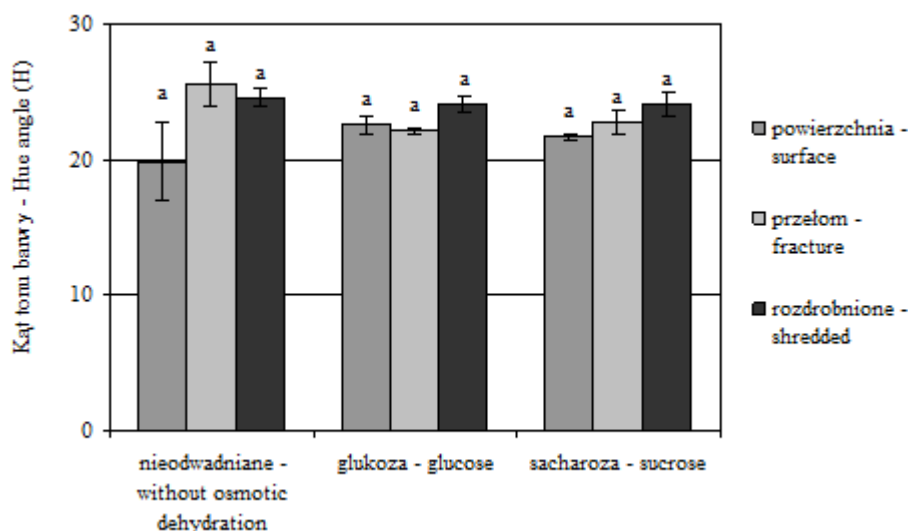
Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odwadniania osmotycznego na obniżenie wartości wskaźnika wysycenia barwy (SI) rozdrobnionych truskawek w stosunku do owoców nieodwadnianych (rys. 4). Znaczne obniżenie badanego wskaźnika jest spowodowane mniejszymi wartościami współczynników barwy (a^*) i (b^*) dla tych suszy w stosunku do owoców nieodwadnianych.

We wcześniejszych badaniach prowadzonych przez Ciurzyńską (2007) wykazano, że obróbka osmotyczna w roztworze sacharozy spowodowała istotne statystycznie zwiększenie wskaźnika wysycenia barwy (SI) rozdrobnionych truskawek w stosunku do suszy nieodwadnianych osmotycznie liofilizowanych przy temperaturze 30°C. W przypadku odwadniania w roztworze glukozy nie ma istotnych statystycznie różnic. Analiza wpływu rodzaju substancji osmotycznej wykazała, że nie występują znaczące różnice między wartościami wskaźnika (SI) rozdrobnionych truskawek odwadnianych osmotycznie.

Dla powierzchni liofilizowanych truskawek wykazano, że odwadnianie osmotyczne wpływa na zwiększenie wartości kąta tonu barwy (H) w porównaniu do owoców niepoddanych obróbce wstępnej, ale różnice, jak zaznaczono, nie są istotne statystycznie (rys. 5). Nie stwierdzono także znaczących różnic w badanym wskaźniku w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

We wcześniejszych badaniach Ciurzyńskiej i Lenarta (2009) zaobserwowano istotne obniżenie tego wskaźnika dla powierzchni truskawek odwadnianych osmotycznie w porównaniu z owocami niepoddanyymi obróbce wstępnej i liofilizowanymi przy temperaturze 30°C. Nie stwierdzono wpływu rodzaju substancji osmotycznej na zróżnicowania tego wskaźnika.

Dla wartości kąta tonu barwy (H) przełomu truskawek wykazano nieistotne statystycznie zmniejszenie wartości badanego wskaźnika dla owoców odwadnianych osmotycznie w porównaniu z niepoddanyymi obróbce wstępnej (rys. 5). Nie ma także wpływu rodzaju substancji osmotycznej na wartość kąta tonu barwy (H) przełomu truskawek.



Rys. 5. Wartość kąta tonu barwy (H) liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)

Fig. 5. Hue angle (H) of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

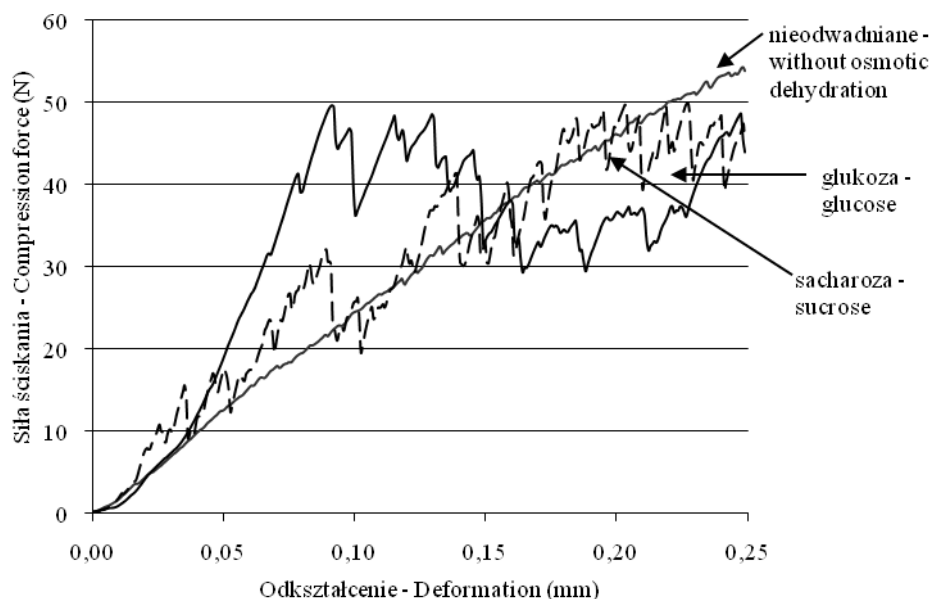
Odwadnianie osmotyczne wpływa na obniżenie wartości kąta tonu barwy (H) rozdrobnionych liofilizowanych truskawek w stosunku do owoców niepoddanych obróbce wstępnej, ale różnice nie są istotne statystycznie (rys. 5). Nie stwierdzono także znaczącego wpływu rodzaju substancji osmotycznej na badany wskaźnik.

Zmiany właściwości mechanicznych liofilizowanych truskawek

Krzywe ściskania dla truskawek odwadnianych osmotycznie w glukozie i sacharozie, a następnie liofilizowanych przy temperaturze półki 50°C różnią się wyraźnie od krzywych otrzymanych dla owoców niepoddanych obróbce wstępnej (rys. 6). Dla tych liofilizatów nie obserwuje się gładkiego przebiegu krzywej. Taki charakter krzywych może być związany z usztywnieniem struktury suszy, dzięki zastosowaniu wstępnej obróbki.

Ciurzyńska i Lenart (2006) liofilizując przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 30°C odwadniane wstępnie w roztworach glukozy i sacharozy truskawki, uzyskali wyniki świadczące o istotnym statystycznie wpływie rodzaju roztwo-

ru na przebieg krzywych ściskania. Krzywa dla suszu odwadnianego w glukozie miała gładki przebieg, natomiast dla sacharozy widoczne były liczne załamania w przebiegu krzywej.



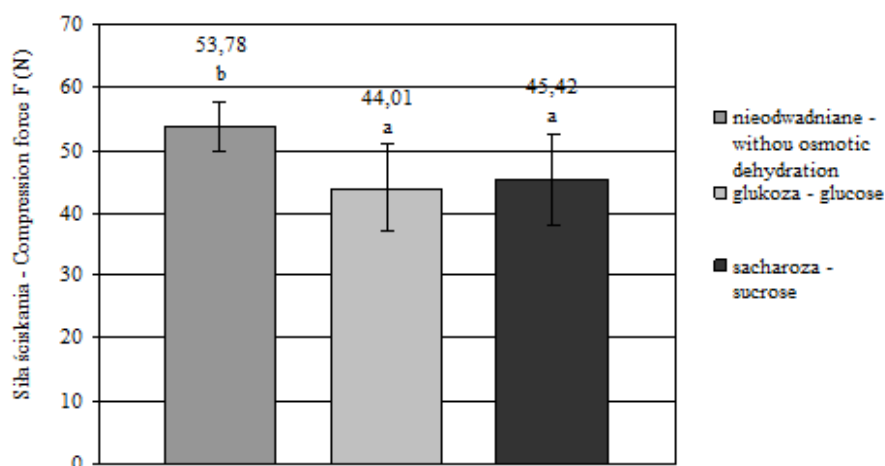
Rys. 6. Krzywe ściskania liofilizowanych truskawek odwadnianych i nieodwadnianych osmotycznie
Fig. 6. Compression curves of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated and without osmotic dehydration

Zastosowanie odwadniania osmotycznego spowodowało obniżenie siły potrzebnej do 25% odkształcenia truskawek liofilizowanych przy temperaturze półki 50°C w porównaniu z owocami nieodwadnianymi osmotycznie (rys. 7). Średnia siła potrzebna na odkształcenie zmniejszyła się zaledwie o kilka jednostek zarówno w przypadku stosowania roztworu sacharozy jak i glukozy w porównaniu z truskawkami nieodwadnianymi osmotycznie. Jednak analiza statystyczna wykazała, że są to istotne statystycznie różnice. Istotne zmniejszenie siły ściskania suszy sublimacyjnych odwadnianych osmotycznie w porównaniu z nieodwadnianymi mogło wynikać z ich wyższej aktywności wody.

W innych pracach, w których również badano wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości mechaniczne suszonych truskawek stwierdzono istotny wzrost siły potrzebnej do 25% deformacji suszu. Ciurzyńska (2007) otrzymała 3-krotny wzrost siły potrzebnej do deformacji owoców liofilizowanych przy tempe-

raturze 30°C wstępnie poddanych odwadnianiu osmotycznemu w porównaniu z suszem nieodwadnianym.

Analiza wpływu rodzaju substancji osmotycznej na siłę deformacji wykazała, że dla truskawek liofilizowanych przy temperaturze półki 50°C nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w zależności od rodzaju substancji osmotycznej (rys. 7).

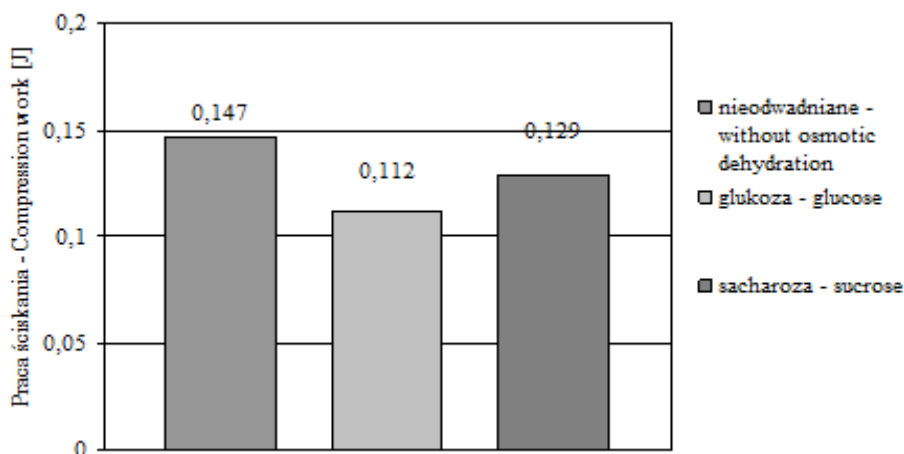


Rys. 7. Siła potrzebna do 25% deformacji liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05)
Fig. 7. Compression force necessary for 25% deformation of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significant level 0.05) indicated by the same letters (ab)

Odwadnianie osmotyczne wpłynęło na obniżenie pracy potrzebnej do 25% odkształcenia liofilizowanych truskawek w porównaniu do owoców niepoddanych obróbce wstępnej (rys. 8). Największą pracą ściskania wykonano po zastosowaniu roztworu sacharozy do odwadniania osmotycznego truskawek.

Ciurzyńska (2007) wykazała, że odwadnianie osmotyczne wpływa na konieczność wykonania 2-krotnie większej pracy ściskania w stosunku do suszy nieodwadnianych osmotycznie dla liofilizatów otrzymanych w temperaturze 30°C. Nie stwierdziła natomiast istotnego statystycznie wpływu rodzaju substancji osmotycznej na odporność suszu truskawkowego na ściskanie.

Również Litwińska (2003) uzyskała wyniki potwierdzające, że stosowanie odwadniania osmotycznego, jako obróbki wstępnej wzmacnia strukturę liofilizowanych truskawek i wpływa na zwiększenie odporności na ściskanie w stosunku do owoców nieodwadnianych.



Rys. 8. Praca potrzebna do 25% deformacji liofilizowanych truskawek wstępnie odwadnianych osmotycznie

Fig. 8. Work necessary for 25% deformation of freeze-dried strawberries preliminary osmotically dehydrated

WNIOSKI

1. Odwadnianie osmotyczne spowodowało nieznaczne rozjaśnienie (L^*) powierzchni liofilizowanych truskawek w stosunku do suszy nieodwadnianych. Nastąpiło także obniżenie wartości współczynników barwy czerwonej (a^*) i żółtej (b^*), wskaźnika wysycenia barwy (SI) oraz zmniejszenie współczynników i wskaźników barwy rozdrobnionych truskawek za wyjątkiem kąta tonu barwy (H) przełomu truskawek. Dla powierzchni liofilizowanych truskawek wartości tego wskaźnika nie wykazywały istotnych statystycznie różnic.

2. Zastosowanie sacharozy i glukozy do odwadniania osmotycznego nie wpłynęło na wartości współczynników i wskaźników barwy powierzchni oraz rozdrobnionych liofilizowanych truskawek w zależności od rodzaju substancji osmotycznej.

3. Odwadnianie osmotyczne miało wpływ na przebieg krzywych ściskania suszy liofilizowanych w temperaturze 50°C . Krzywe te nie miały gładkiego przebiegu jak w przypadku suszy nieodwadnianych. Zaobserwowano liczne załamania krzywych. Odwadnianie spowodowało obniżenie siły potrzebnej do odkształcenia suszy jak i pracy wykonanej na to odkształcenie w porównaniu z suszami nieodwadnianymi.

PIŚMIENNICTWO

- Barreiro J. A., Milano M., Sanolova A. J., 1997. Kinetics of color change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33, 359-371.
- Ciurzyńska A., 2007. Studia nad wpływem odwadniania osmotycznego na właściwości liofilizowanych truskawek. Rozprawa doktorska, SGGW, Warszawa.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2006. Wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2 (47) Supl., 56-65.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2009. Wpływ odwadniania osmotycznego na barwę liofilizowanych truskawek. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 1, 20-21.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2010. Rehydration and sorption properties of osmotically pretreated freeze-dried strawberries. *Journal of Food Engineering*, 97, 267-274.
- Di Cesare L. F., Forni E., Viscardi D., Nani R. C., 2003. Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 51, 3575-3581.
- Gawlik P., 2001. Liofilizacja żywności w aspekcie przemian fazowych roztworów amorficznych, <http://www.ppr.pl/>.
- Iwaniw D. C., Mattal G. S., 1990. Process optimization of freeze dried strawberries. *Canadian Agricultural Engineering*, 32(2), 323-328.
- Janowicz M., Litwińska M., Lenart A., 2003. Wpływ odwadniania osmotycznego na jakość truskawek suszonych sublimacyjnie. *Inżynieria Rolnicza*, 8, 189-195.
- Jarczyk A., Witter M., Matuska D., 1994. Charakterystyka składu chemicznego i tekstury wybranych owoców odwadnianych osmotycznie i utrwalonych różnymi metodami. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 9, 22-25.
- Kondratowicz J., Burczyk E., Janiak., 2009. Liofilizacja jako sposób utrwalania żywności. *Chłodnictwo*, 54, 1-2, 58-61.
- Krokida M.K., Maroulis Z.B., Saravacos G.D., 2001. The effect of the method of drying on the color of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 53-59.
- Litwińska M., 2003. Wpływ odwadniania osmotycznego na właściwości suszonych sublimacyjnie truskawek. Praca magisterska, SGGW, Warszawa.
- Moreno J., Chiralt A., Ascriche I., Serra J.A., 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33, 609-616.
- Ratti C., 2001. Hot air and freeze drying of high value foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- Rząca M., Witrowa-Rajchert D., 2007. Suszenie żywności w niskiej temperaturze. *Przemysł Spożywczy*, 4, 30-35.
- Shishegarha F., Makhlouf J., Ratti C., 2002. Freeze drying characteristics of strawberries. *Drying Technology*, 20, 131-145.
- Slade L., Levine H., 1995. Water and the glass transition - dependence of the glass transition on composition and chemical structure: special implications for flour functionality in cookie baking. *Journal of Food Engineering*, 24, 431-509.
- Taiwo K. A., Eshtiaghi M. N., Ade-Omawaye B. I. O., Knorr D., 2003. Osmotic dehydration of strawberry halves: influence of osmotic agents and pretreatment methods on mass transfer and product characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 693-707.

Wrolstad R.E., Skrede G., Lea P., Enersen G., 1990. Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Science*, 55, 1064-1065.

THE INFLUENCE OF OSMOTIC DEHYDRATION ON COLOUR AND MECHANICAL PROPERTIES OF FREEZE-DRIED STRAWBERRIES

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart, Monika Siemiątkowska

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

Abstract. In this work the effect of osmotic dehydration and type of osmotic solution on the colour and mechanical properties of osmotically dehydrated freeze-dried strawberries was shown. Strawberries were osmotically dehydrated in glucose and sucrose solutions with water activity of 0.9. Fruit were freeze-dried at heating shelves temperature of 50°C. It was shown that osmotic pre-treatment in sucrose and glucose solution does not cause any significant changes of colour coefficients and index for a majority of surfaces and for fragmented freeze-dried strawberries. The use of osmotic dehydration caused changes in the shape of compression curves for strawberries freeze-dried at temperature of 50°C. Many deflections were observed in the compression curves. Osmotic dehydration caused a decrease in the compression force necessary for deformation of dried fruit and work done to obtain this deformation in comparison to strawberries dried without osmotic pre-treatment.

Key words: freeze-drying, osmotic dehydration, mechanical properties, colour, strawberries