

Dr inż. Dorota NOWAK  
Mgr inż. Angelika NIENAUTOWSKA  
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji  
Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

## WPŁYW WARUNKÓW LIOFILIZACJI NA WŁAŚCIWOŚCI SUSZONEGO PRZECIERU Z OWOCÓW DZIKIEJ RÓŻY®

### Influence of lyophilization conditions on the properties of dried *RUGOSA ROSE* hip puree®

**Słowa kluczowe:** witamina C, właściwości sorpcyjne, liofilizacja, powlekanie.

*W pracy zaprezentowanej w artykule badano właściwości liofilizowanego przecieru z owoców dzikiej róży. Postawiono hipotezę, że dodanie do przecieru biopolimerów takich jak skrobia rozpuszczalna (2%), inulina (1%) czy maltodekstryna (30%) pozwoli uzyskać powłokę ograniczającą kontakt z powietrzem, a poprzez to ograniczyć reakcję utleniania, głównie witaminy C oraz zmodyfikować inne cechy fizyczne suszu.*

*Miazgę mrożono w temperaturze -40°C i liofilizowano w temperaturze półki 0, 25 i 50°C. W suszu oznaczono zawartość witaminy C, barwę, aktywność wody i właściwości sorpcyjne.*

*Stwierdzono największy efekt ochronny dla zachowania witaminy C w przypadku prowadzenia procesu w temperaturze 25°C i zastosowania maltodekstryny. W tych warunkach uzyskano najwyższą zawartość witaminy C wynoszącą 1759 mg/100 g suchej substancji. Bez substancji ochronnej wartość ta wynosiła 750 mg/100 g suchej substancji. Dodatek maltodekstryny obniżył 2-krotnie aktywność wody liofilizatu oraz jego zdolność do adsorpcji wody.*

**Key words:** vitamin C, sorption properties, freeze drying, coating.

*In the work presented in the article properties of lyophilized rugosa rose fruit pulp. It was hypothesized that adding the biopolymers such as soluble starch (2%), inulin (1%) or maltodextrin (30%) to the puree would produce a film preventing from a contact with air and thereby inhibiting the oxidation reaction, mainly oxidation of vitamin C and modifying other physical characteristics of dried material.*

*The pulp was frozen at -40°C and lyophilized at the shelf temperature of 0, 25 and 50°C. The vitamin C content, color, water activity and sorption properties were determined.*

*It was found that the greatest protective effect for vitamin C retention was observed in the case of processing at 5°C and use of maltodextrin. Under these conditions, the highest vitamin C content of 1759 mg/100 g DM was reported. Without protective agent, the value was 750 mg/100 g DM. The maltodextrin addition reduced the water activity of lyophilisate by 2-fold and its water adsorption capacity.*

## WSTĘP

Róża pomarszczona *Rosa rugosa* jest rośliną występującą w większości krajów Europy. W Polsce występuje w wielu miejscach w warunkach naturalnych, jednak najczęściej jest to region południowo wschodniej Polski [20]. Jest więc gatunkiem mało wymagającym. Występuje na glebach nieurodzajnych, piaszczystych, a nawet zasolonych. Wymaga jedynie miejsc nasłonecznionych [15]. Owoce dzikiej róży wykorzystywane są w przemyśle spożywczym (susze, marmolady, dżemy, nektary, herbaty lub syropy), ale i farmaceutycznym, na przykład w produkcji suplementów diety [2, 4, 10, 12].

Owoce dzikiej róży są cenne ze względu na skład chemiczny. Zawierają bardzo dużo witaminy C, nawet 30 – 40 razy więcej niż owoce cytrusowe, 10 razy więcej niż owoce czarnej porzeczki i ponad 100 razy więcej niż jabłka [9]. Stwierdzono, że, w zależności od gatunku, zawartość witaminy C waha się w granicach od 68 do 3500 mg/100 g surowca [1]. Zawartość witaminy C w pseudoowocach róży

może kształtować się w szerokim zakresie od 300 do 4000 mg%, najczęściej podawana jest wartość od 840 do 3500 mg% [13]. Zmienia się w zależności od okresu, w którym zostały zebrane owoce, warunków agrotechnicznych uprawy [8, 12], sposobu ich przechowywania oraz przetwarzania. Ponadto owoce zawierają bardzo dużo innych witamin takich jak: B1, B2, B3 (PP), K, A oraz E, a także duże ilości karotenoidów, pektyn, bioflawonoidów, kwasów organicznych, garbników [1, 3, 5, 8] i innych substancji bioaktywnych [1, 3, 8, 12 17].

Ze względu na swoją wysoką wartość żywieniową, a jednocześnie małą atrakcyjność w formie nieprzetworzonej, owoce róży, stanowią bardzo cenny surowiec dla przetwórstwa spożywczego. Susz z róży o wysokiej retencji składników żywieniowych stanowić może doskonały koncentrat, który może być traktowany jako naturalny suplement diety bądź jako dodatek wzbogacający do różnych produktów. Najbardziej właściwą metodą do utrwalenia owoców dzikiej róży wydaje się liofilizacja. Proces zamrażania

poprzedzający liofilizację praktycznie zatrzymuje zmiany chemiczne i biochemiczne [18]. W efekcie liofilizat ma smak, zapach i barwę zbliżoną do świeżych owoców [7]. Z kolei niska temperatura procesu oraz brak powietrza w komorze liofilizatora pozwalają na zachowanie związków termolabilnych i łatwo utleniających się. Liofilizat ma porowatość w przedziale 80 do 90% [11], co powoduje, że łatwo ulega rehydracji.

Niektóre jednak cechy liofilizatu mogą przyczynić się do pogorszenia jakości w czasie przechowywania. Jedną z nich jest amorficzność składników suchej substancji, które w czasie przechowywania, podlegają krystalizacji [6]. W efekcie uwalnia się woda, powodując wzrost aktywności wody i utratę kruchości materiału. Obecność struktur amorficznych powoduje również zwiększenie higroskopijności liofilizatów. Niska zawartość wody liofilizatów, często na poziomie 2-3% powoduje, że brak jest monowarstwy stanowiącej barierę dla kontaktu z tlenem, co w połączeniu z wysoką porowatością, stwarza dobre warunki do utleniania składników liofilizatu. Należy więc szukać sposobów zabezpieczenia ich wysokiej wartości żywieniowej. Jednym z tych sposobów wydaje się być powlekanie z wykorzystaniem biopolimerów [7, 16].

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących weryfikacji hipotezy zakładającej, że dodanie do przecieru z owoców róży biopolimerów, takich jak skrobia rozpuszczalna, inulina czy maltodekstryna, pozwoli uzyskać powłokę ograniczającą kontakt z powietrzem, a poprzez to ograniczyć reakcję utleniania, głównie utleniania witaminy C oraz korzystnie zmodyfikować inne cechy fizyczne suszu.**

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły owoce róży pomarszczonej *Rosa rugosa*, mrożone w warunkach przemysłowych (zamrażanie fluidalne, w temperaturze  $-30^{\circ}\text{C}$ ) i stanowiące surowiec zakładu produkującego nektary. Do czasu eksperymentów owoce były przechowywane w temperaturze  $-22^{\circ}\text{C}$ .

Procedurę przygotowania musów opracowano w oparciu o technologię stosowaną w warunkach przemysłowych. Z rozmrożonych owoców przygotowywano mus, łącząc owoce pozbawione pestek z wodą, roztworem enzymu pektynolitycznego lub biopolimeru w stosunku wagowym 1:1. Uzyskaną mieszaninę rozparzano w temperaturze  $95^{\circ}\text{C}$  przez około 15 minut, a następnie homogenizowano. Materiał z dodatkiem enzymów pektynolitycznych przed homogenizacją termostatowano w łaźni wodnej o temperaturze  $50^{\circ}\text{C}$  przez 2 godziny, zgodnie z zaleceniami dla preparatu pektynolitycznego Peclyve LI (Luvenc, France). Zastosowano następujące roztwory biopolimerów: 30% roztwór maltodekstryny niskoscukrzowej (DE 6), 2% roztwór skrobi rozpuszczalnej, 1% roztwór inuliny. Materiałem odniesienia był mus przygotowany z dodatkiem czystej wody. Otrzymany mus umieszczano w aluminiowych tackach o średnicy 20 cm, w warstwie o grubości ok. 1 cm, i mrożono w temperaturze  $-40^{\circ}\text{C}$ , w warunkach konwekcji wymuszonej, przez 1 godzinę w zamrażarce IRINOX. Liofilizację prowadzono przez 24 godziny w liofilizatorze marki Christ model Gamma 1-16 LSC w różnych wariantach temperatury półki: 0, 25 i  $50^{\circ}\text{C}$ , przy ciśnieniu 63 Pa. Bezpośrednio po liofilizacji susz pakowano

w woreczki barierowe dla pary wodnej z folii trójwarstwowej PET/met/PE przystosowanej do kontaktu z żywnością oraz szczelnie zamykano przy pomocy zgrzewarki. Aby ocenić właściwości tak uzyskanego suszu oznaczono zawartość witaminy C, barwę, aktywność wody i właściwości sorpcyjne. Oznaczenia wykonano po 2 dniach od suszenia.

### Oznaczenie aktywności wody

Aktywności wody w suszach po liofilizacji oznaczono w aparacie HygroLab Rotronic, w temperaturze  $25^{\circ}\text{C}$ .

### Oznaczenie zawartości witaminy C

Zawartość witaminy C oznaczono na podstawie Polskiej Normy PN-A-04019. Metoda ta polega na ekstrakcji witaminy C kwasem szczawiowym oraz utlenieniu w środowisku kwaśnym kwasu L-askorbinowego do dehydroaskorbinowego przy pomocy barwnika 2,6 – dichlorofenolindofenolu. Barwnik ten ulega redukcji do bezbarwnego leukozwiązku, który, przy pH 4,2, barwi się na czerwono.

### Oznaczenie parametrów barwy

Oznaczenie barwy przeprowadzono w aparacie Minolta CR – A70 w układzie CIE Lab poprzez pomiar składowych trójchromatycznych  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ . Rozdrobniony susz umieszczono w aparacie na szalce, a następnie dokonywano pomiaru parametrów barwy  $a^*$  - oś barwy od zielonej do czerwonej,  $b^*$  - oś barwy od niebieskiej do żółtej oraz  $L^*$  - jasności barwy [%]. Dla każdej próbki wykonano 3 powtórzenia.

### Wyznaczenie kinetyki sorpcji

Rozdrobniony susz umieszczano w suszarce próżniowej, w temperaturze  $70^{\circ}\text{C}$  przez 24 godziny do uzyskania całkowitej suchej substancji. Następnie, wytarowane naczynka ze znaną masą suszu, umieszczono w ekssykatorze nad nasycionym roztworem NaCl (aktywność wody 0,756) i mierzone przyrost masy suszu w czasie poprzez ważenie naczynek z suszem po 15, 30, 45, 60, 120, 240, 1440 minutach.

### Opracowanie wyników

Wyniki zawartości witaminy C podano w przeliczeniu na ilość suchej substancji pochodzącej z róży. Wyznaczono bezwzględną różnicę barwy ( $\Delta E^*$ ). Parametry barwy poddano dwuczynnikowej analizie wariancji w programie STATISTICA. Sporządzono wykresy średnich brzegowych wartości poszczególnych parametrów w zależności od wpływających na nie czynników oraz ich interakcji. Przeprowadzono test porównań wielokrotnych (test Tukeya), aby sprawdzić, które ze średnich różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny. Wyniki testu naniesiono na wykresy średnich brzegowych w postaci oznaczeń literowych.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zawartość suchej substancji w mrożonych owocach wynosiła  $22,67 \pm 0,36$  mg%. Są to wartości zbliżone do danych literaturowych. Demir i wsp. [3] uzyskali wartości od 20,55 do 23,475 w zależności od regionu, z którego pochodziły owoce. Ugglia i wsp. [19] donosili, że całkowita zawartość suchej substancji różniła się pomiędzy różnymi odmianami w granicach od 21,7 do 34 %. Charakterystykę uzyskanego materiału badawczego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka materiału badawczego

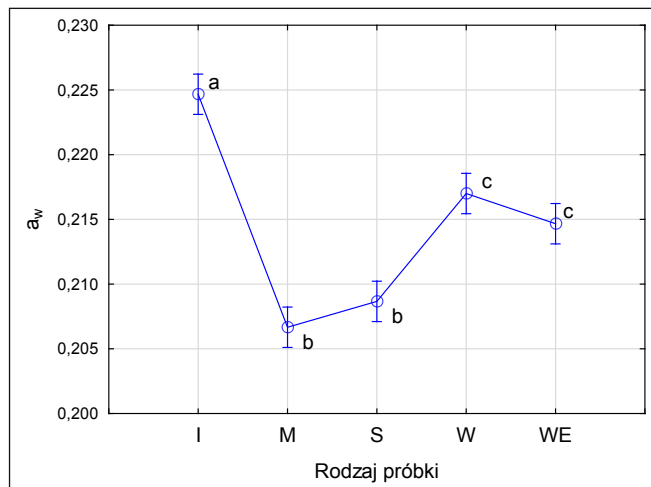
Table 1. Characteristics of research material

| Rodzaj dodatku                | Wielkość dodatku w stosunku do róży | Udział suchej substancji pochodzącej z róży w suszu, ułamek | Oznaczenie |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|------------|
| Woda                          | 1:1                                 | 1,00  | W          |
| Woda +enzym                   | 1:1                                 | 1,00  | WE         |
| 30% r-r maltodekstryny (DE=6) | 1:1                                 | 0,74  | M          |
| 2% r-r skrobi                 | 1:1                                 | 0,97  | S          |
| 1% r-r inuliny                | 1:1                                 | 0,98  | I          |

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W zależności od zastosowanego dodatku, w tych samych warunkach procesu, uzyskano materiał o aktywności wody w zakresie od 0,108 do 0,225. Nie obserwowano wpływu dodatku enzymu na aktywność wody w suszu. Dodatek skrobi i maltodekstryny powodował istotne statystycznie obniżenie aktywności wody liofilizatu uzyskanego podczas liofilizacji w temperaturze 25°C o około 5%. Dodatek inuliny powodował zwiększenie aktywności wody o około 5% (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ sposobu przygotowania musu do liofilizacji na aktywność wody uzyskanego suszu w temperaturze 25°C. Oznaczenia próbek podano w tabeli 1.

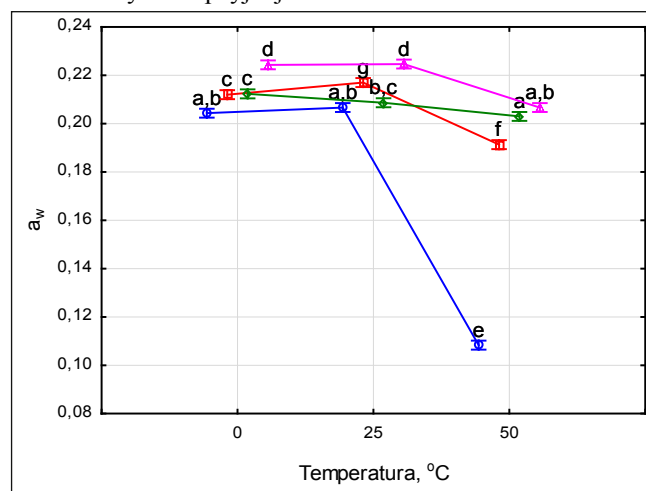
Fig. 1. Effect of the mousse preparation to freeze-drying on the water activity of the lyophilizate produced at 25°C. Symbols are shown in Table 1.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Na rys. 2 przedstawiono wpływ temperatury półki liofilizatora na aktywność wody uzyskanego suszu. W temperaturze 50°C dodatek maltodekstryny powodował, że uzyskano susz o aktywności wody niższej o ok. 50%, w stosunku do musu przygotowanego tylko z dodatkiem wody. Niezależnie od zastosowanego dodatku, zmiana temperatury procesu

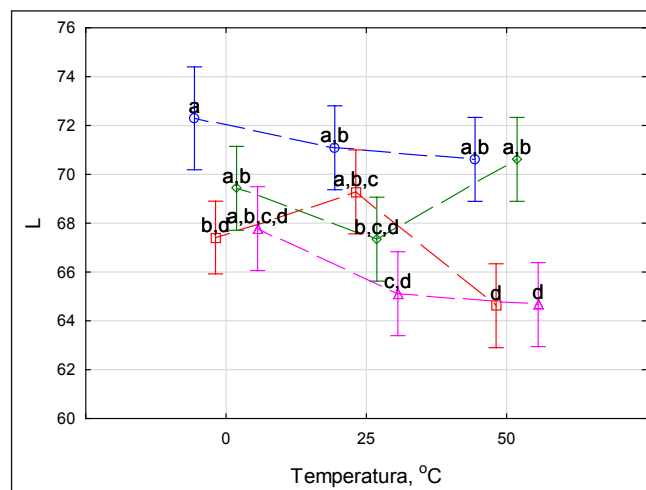
z temperatury 0°C do 25°C nie powodowała istotnej statystycznie zmiany aktywności wody liofilizatu, natomiast podwyższenie temperatury do 50°C powodowało istotne obniżenie aktywności wody. W tych warunkach liofilizat z dodatkiem maltodekstryny uzyskał końcową aktywność wody około 2-krotnie niższą w porównaniu do pozostałych materiałów. Wyniki te wskazują na istotną rolę temperatury procesu na możliwość usunięcia wody adsorpcyjnej, która w istotny sposób decyduje o aktywności wody liofilizatu. Wskazują również na fakt, że obecność maltodekstryny ułatwia usuwanie wody adsorpcyjnej.



Rys. 2. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na aktywność wody uzyskanego suszu.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 3. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy L\*.

Fig. 3. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter L\*.

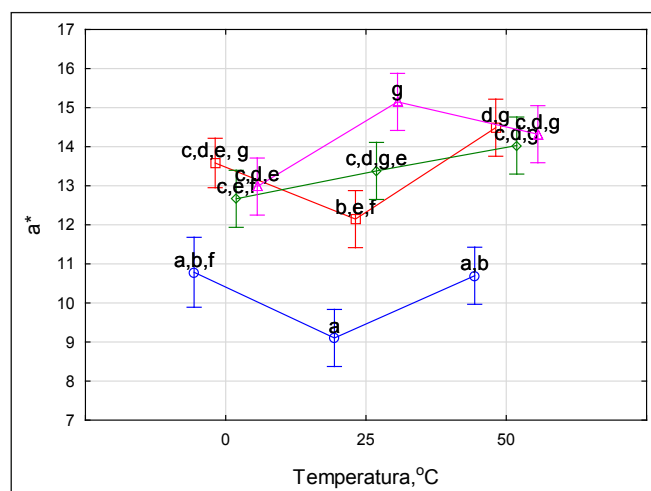
Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Zarówno zastosowanie dodatków jak i zmiana temperatura procesu powodowały modyfikację parametrów barwy. Parametr L\* określający jasność przyjmował wartości w zakresie od 64,6 do 72,3 (rys. 3). Najwyższe wartości jasności

stwierdzono w przypadku dodatku maltodekstryny od 70,6 do 72,3, w zależności od temperatury procesu. Wynikało to z faktu, że maltodekstryna jest białym proszkiem i przy blisko 25% jej udziale w suchym materiale, w sposób istotny determinowała barwę. Pozostałe dodatki nie zmieniały istotnie barwy w stosunku do próbki z dodatkiem wody W, prawdopodobnie, m. in. z powodu niewielkiego ich udziału procentowego w suszach. Wzrost temperatury półki powodował tendencję do obniżania jasności próbki. Najbardziej różnicowy był materiał uzyskany w temperaturze 50°C. Można go było podzielić na dwie grupy homogeniczne – jedną stanowił susz M i S, drugą materiał W i I.

Parametr  $a^*$  przyjmował wartości dodatnie w granicach od 9,0 do 15,0 (rys. 4). Najniższe wartości tego parametru od 9,0 do 11 – uzyskano dla materiału M. Nie obserwowano istotnego wpływu temperatury półki na wartość parametru  $a^*$ , niezależnie od sposobu przygotowania materiału badawczego.



Rys. 4. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy  $a^*$ .

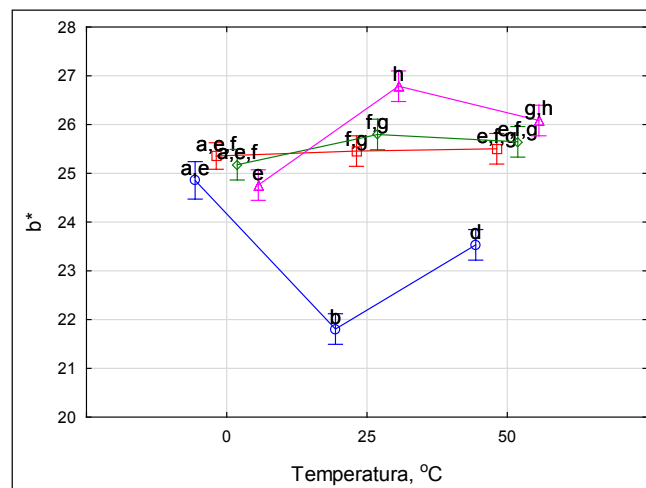
Fig. 4. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter  $a^*$ .

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Parametr  $b^*$  przyjmował wartości dodatnie dla wszystkich badanych próbek, mieszczące się w przedziale od 21,9 do 26,8 (rys. 5). Podobnie jak w przypadku parametru  $a^*$ , najniższe jego wartości uzyskano dla materiału M. W przypadku tego materiału, temperatura liofilizacji miała istotny statystycznie wpływ na wartość składowej chromatycznej  $b^*$  w całym badanym przedziale temperatury.

Barwę świeżych owoców róży mierzył Ercisli [5] i uzyskał wartość L od 48,06 do 52,02, wartość parametru  $a^*$  od 40,69 do 43,31 i wartość parametru  $b^*$  od 39,39 do 47,73. W innych badaniach [19] uzyskano wartość parametru L pomiędzy 40 i 51, w zależności od odmiany i są to wartości znacznie różniące się od uzyskanych dla materiału liofilizowanego, co wskazuje na duży wpływ obecności wody w materiale na jego jasność. Usunięcie wody powoduje również obniżenie wartości parametru  $a^*$  i  $b^*$ .



Rys. 5. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy  $b^*$ .

Fig. 5. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter  $b^*$ .

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Huang [7] stwierdził, że powlekanie kawałków truszkawek, a następnie ich suszenie powodowało, że materiał był jaśniejszy w porównaniu do materiału niepowlekanego. Taki sam efekt powlekania stwierdzono w niniejszej pracy w przypadku musu z owoców róży.

Dla poszczególnych materiałów i warunków liofilizacji wyznaczono bezwzględną różnicę barwy w stosunku do materiału W. Uzyskane wartości przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Bezwzględna różnica barwy ( $\Delta E^*$ ) badanych liofilizatów

Table 2. The absolute color difference ( $\Delta E^*$ ) of tested material

| Rodzaj materiału | Bezwzględna różnica barwy ( $\Delta E^*$ ) |       |       |
|------------------|--|-------|-------|
|                  | Temperatura półki liofilizatora, °C        |       |       |
|                  | 0°C  | 25°C  | 50°C  |
| I                | 2,820                                      | 5,306 | 0,605 |
| M                | 5,327                                      | 9,851 | 7,416 |
| S                | 1,730                                      | 3,015 | 0,901 |

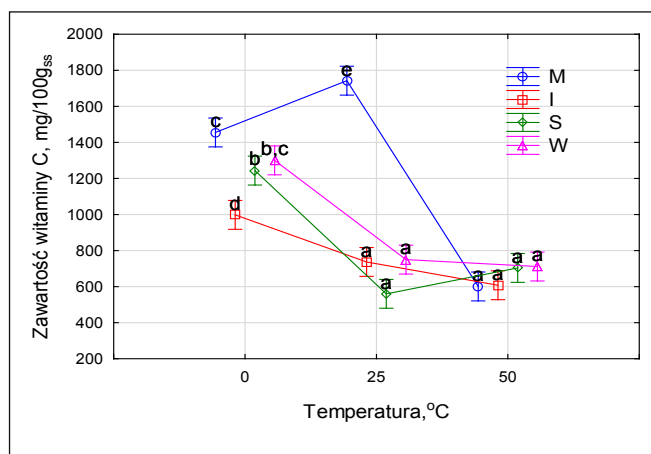
Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Rój i Przybyłowski [14], do oceny odchylenia barwy od przyjętego wzorca przyjęli następujące kryterium wartość ( $\Delta E^*$ ), pomiędzy 0 i 1 – różnice barwy są nierozpoznawalne (odchylenie niewidoczne), od 1 do 2 niewielkie odchylenie, rozpoznawalne przez osobę doświadczoną w odróżnianiu niuansów barw, 2-3,5 średnie odchylenie rozpoznawane nawet przez osobę postronną, 3,5-5 wyraźne odchylenie,  $\Delta E^*$  powyżej 5 oznacza duże odchylenie barwy. Przyjmując to kryterium duże odchylenie barwy uzyskano dla materiału M, niezależnie od temperatury liofilizacji.

Analizując zawartość witaminy C w otrzymanych suszach (rys. 6) stwierdzono istotny wpływ rodzaju dodatku

oraz temperatury półki podczas liofilizacji na zawartość witaminy C w uzyskanym suszu. Porównując zawartość witaminy C w suszach, w przeliczeniu na suchą substancję pochodzącą tylko z róży (rys. 6) stwierdzono, że dla materiałów W, I i S, podwyższenie temperatury półki z 0 do 25°C powodowało nawet 2-krotne obniżenie zawartości witaminy C. Dla materiału odniesienia (materiał W), obserwowano obniżenie zawartości witaminy C odwrotnie proporcjonalne do wzrostu temperatury półki liofilizatora. Po procesie zachodzącym w temperaturze 50°C wszystkie materiały zawierały taką samą ilość witaminy C rzędu 600 do 700 mg%. Stwierdzono działanie ochronne względem witaminy C wszystkich dodatków, ale tylko w przypadku prowadzenia procesu w temperaturze 0°C, natomiast w temperaturze 25°C działanie takie wykazała tylko maltodekstryna. W tych warunkach uzyskano najwyższą zawartość witaminy C wynoszącą 1759 mg/100 g suchej substancji. Bez substancji ochronnej wartość ta wynosiła 750 mg/100 g suchej substancji.



**Rys. 6.** Zmiany zawartości witaminy C w liofilizatach z owoców róży, w zależności od rodzaju dodatku oraz temperatury liofilizacji.

**Fig. 6.** Changes in vitamin C content in rugosa rose hip lyophilizates depending on the additive type and freeze-drying temperature.

**Źródło:** Opracowanie własne

**Source:** Own study

W badaniach prowadzonych przez Ercisli [5] stwierdzono zawartość witaminy C zawierającą się w przedziale od 727 do 943 mg/100 g w zależności od odmiany. W innych badaniach prowadzonych w Turcji [3] stwierdzono, że owoce róży zawierały od 2365 mg/100 g do 2713 mg/100 g witaminy C, zależnie od regionu, z którego zostały pozyskane. Niższe wartości uzyskane dla owoców mrożonych wskazują na znaczne obniżenie zawartości witaminy C w efekcie mrożenia.

Obróbka enzymatyczna miazgi róży, zabieg, który ma na celu ułatwienie tłoczenia soku z róży, nie spowodowała istotnego statystycznie obniżenia zawartości witaminy C w liofilizacie.

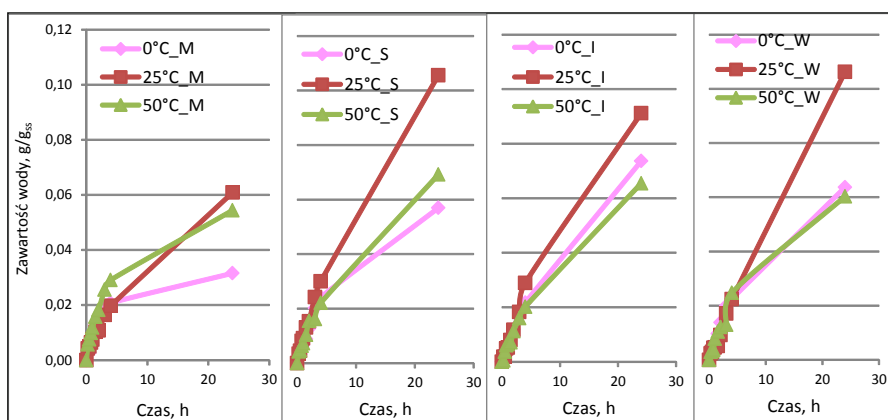
Upoważnia to do stwierdzenia, że rodzime pektyny nie stanowią ochrony dla witaminy C.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że, w warunkach opisywanych eksperymentów, dodatek maltodekstryny spełnił rolę błony powlekającej cząsteczki miazgi z róży, blokując dostęp tlenu, co ograniczyło utlenianie witaminy C. W pozostałych przypadkach ilość dodatku była prawdopodobnie zbyt niska, aby utworzyć nieprzepuszczalną dla tlenu powłokę. Możliwe również, że obecne w maltodekstrynie cząsteczki cukrów prostych stworzyły błonę bardziej nieprzepuszczalną dla tlenu, w porównaniu do wielkocząsteczkowych biopolimerów, jakimi były skrobia i inulina. Na uwagę również zasługuje fakt obserwacji wpływu temperatury procesu na zdolność do zapobiegania utlenieniu. Najkorzystniejszym parametrem liofilizacji, spośród badanych, dla materiału M, była temperatura 25°C. Mogło to wynikać z zależności właściwości reologicznych powłoki od temperatury. W temperaturze 0°C powłoka mogła być zbyt mało plastyczna, aby stworzyć szczelną warstwę.

W przypadku pozostałych dodatków, ubytki witaminy wynikały prawdopodobnie, tylko z zależności kinetyki procesu utleniania od temperatury. Dlatego, czym niższa była temperatura materiału, tym wolniej przebiegał proces utleniania i uzyskano materiał o stosunkowo najwyższej zawartości witaminy C.

Dla materiałów W, S oraz I przebieg kinetyki sorpcji był zbliżony (rys.7), przy czym najwyższą higroskopijność wykazywały materiały liofilizowane w temperaturze 25°C. Higroskopijność materiałów liofilizowanych w temperaturze 0 i 50°C była na zbliżonym poziomie. Powlekanie materiału maltodekstryną spowodowało obniżenie higroskopijności nawet dwukrotnie. Jest to prawdopodobnie efekt zatkania porów i mikroporów na powierzchni materiału przez maltodekstrynę i poprzez to ograniczenie siły ssania pary wodnej.

Huang [7] stwierdził, że zdolność do rehydracji powlekaných liofilizatów truskawek była znacząco niższa w porównaniu do liofilizatów nie powlekaných. To potwierdza obserwowany dla musu z owoców róży fakt, że poprzez powlekanie można wpłynąć na zdolność do sorpcji wody.



**Rys. 7.** Zmiany zawartości wody w czasie w badanych materiałach podczas procesu sorpcji w środowisku o wilgotności 75%.

**Fig. 7.** Changes in water content with time in the materials tested during the sorption in an environment of 75% humidity.

**Źródło:** Opracowanie własne

**Source:** Own study

## PODSUMOWANIE

Zarówno rodzaj dodatku jak i temperatura półki w liofilizatorze podczas liofilizacji istotnie wpływają na właściwości uzyskanego suszu. Dobierając odpowiednio rodzaj dodatków oraz temperaturę procesu można kształtować określone cechy produktu.

Spośród użytych dodatków założone cele w najwyższym stopniu spełniła maltodekstryna, powodując ochronę witaminy C oraz ograniczając zdolność sorpcji wody.

Brak oczekiwanego efektu ze strony innych dodatków mógł być spowodowany zbyt niską ich zawartością.

## LITERATURA

- [1] **BARROS L., A.M CARVALHO, J.S. MORAIS, I.C.F.R. FERREIRA. 2010.** „Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties”. *Food Chemistry* 120 (1): 247-254.
- [2] **CENDROWSKI A., S. KALISZ, M. MITEK. 2012.** „Właściwości i zastosowanie owoców róży w przetwórstwie spożywczym”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (83): 24-31.
- [3] **DEMIR F., M. ÖZCAN. 2001.** „Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina L.*) fruits grown wild in Turkey”. *Journal of Food Engineering* 47: 333-336.
- [4] **DEMIR N., O. YILDIZ, M. ALPASLAN, A.A. HAYALOGLU. 2014.** „Evaluation of volatile phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa L.*) fruits in Turkey”. *LWT - Food Science Technology* 57: 126-133.
- [5] **ERCISLI S. 2007.** „Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa spp.*) species”. *Food Chemistry* 104: 1379-1384.
- [6] **FAN F., Y. H. ROOS. 2016.** „Crystallization and structural relaxation times in structural strength analysis of amorphous sugar/whey protein systems.” *Food Hydrocolloids* 60: 85-97.
- [7] **HUANG L.-I., M. ZHANG W.-Q., YAN, A.S. MUJUMDAR, D.-F. SUN. 2009.** „Effect of coating on post-drying of freeze-dried strawberry pieces”. *Journal of Food Engineering* 92 (1): 107-111.
- [8] **KAZAZ S., H. BAYDAR, S. ERB. 2009.** „Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa canina L.* Fruits”. *Czech Journal Food Science* 27 (3): 78-184.
- [9] **KOBUS M. 2008.** „Owoce dzikiej róży – właściwości i kierunki wykorzystania”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny* 5: 19 – 21.
- [10] **LEAHU A., C. DAMIAN, M. OROIAN, S. ROPCIUC, R. ROTARU. 2014.** „Influence of Processing on Vitamin C Content of Rosehip Fruits”. *Journal Animal Science Biotechnology* 47 (1): 116-120.
- [11] **MENDOZA F., P. VERBOVEN, Q.T. HO, G. KERCKHOFS, M. WEVERS, B. NICOLAÏ. 2010.** „Multifractal properties of pore-size distribution in apple tissue using X-ray imaging”. *Journal of Food Engineering* 99 (2): 206-215.
- [12] **NADPAL J.D., M.M. LESJAK, F.S. ŠIBUL, G.T. ANAČKOV, D.D. ČETOJEVIĆ-SIMIN, M.M. MIMICA-DUKIĆ, I.N. BEARA. 2016.** „Comparative study of biological activities and phytochemical composition of two rose hips and their preserves: *Rosa canina L.* and *Rosa arvensis.* Huds”. *Food Chemistry* 192 (1): 907-914.
- [13] **NOWAK R. 2006.** „Badania fitochemiczne wybranych gatunków z rodzaju *Rosa L.* Analiza biologicznie aktywnych składników.” Lublin: Wyd. AM w Lublinie.
- [14] **RÓJ A., P. PRZYBYŁOWSKI. 2012.** „Ocena barwy naturalnych jogurtów”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 813-816.
- [15] **RUTKOWSKA J., A. ADAMSKA, M. PIELAT, M. BIAŁEK. 2012.** „Porównanie składu i właściwości owoców dzikiej róży (*Rosa Rugosa*) utrwalanych metodami liofilizacji i suszenia konwekcyjnego.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (83): 32 – 43.
- [16] **TALENS P., R. PÉREZ-MASÍA, M.J. FABRA, M. VARGAS, A. CHIRALT. 2012.** „Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit-cereal products.” *Journal of Food Engineering* 112: (1-2), 86-93.
- [17] **TELESZKO M., A. WOJDYŁO, J. OSZMIAŃSKI. 2012.** „Zawartość kwasu elagowego i spolimeryzowanych proan-tocyjanidyn w pseudoowocach wybranych gatunków róż.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5 (84): 37-46.
- [18] **TIRLEA D., A.B. BEAUDOIN, R.D. VINEBROOKE. 2015.** „Freeze-dried is as good as frozen: Evaluation of differential preservation of pollen grains in stored lake sediments.” *Review of Palaeobotany and Palynology* 215: 46-56.
- [19] **UGGLA M., K.-E. GUSTAVSSON, M.E. OLSSON, H. NYBOM. 2005.** „Changes in colour and sugar content in rose hips (*Rosa dumalis L.* and *Rosa rubiginosa L.*) during ripening.” *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80 (2): 204-208.
- [20] **WEIDEMA I. 2006.** NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet –*Rosa rugosa*. Database of the European Network on Invasive Alien Species 2006: www.nobanis.org. data dostępu 20.12.2016.