

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE PROSZKÓW NA BAZIE MIODU PSZCZELEGO
OTRZYMANÝCH METODĄ SUSZENIA ROZPYŁOWEGO
I SUBLIMACYJNEGO

Aleksandra Jedlińska, Katarzyna Samborska, Dorota Witrowa-Rajchert

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

Streszczenie. Obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów produktami z dodatkiem naturalnego miodu pszczelego. Koncerny spożywcze niechętnie używają naturalnego miodu ze względu na jego lepłą konsystencję, utrudnione dozowanie oraz konieczność powtórnego upłynięcia po krystalizacji. O wiele bardziej praktyczny w zastosowaniu jest miód w postaci sproszkowanej. Niestety, wysoka zawartość cukrów prostych decyduje o niskiej temperaturze przemiany szklistej i obklejaniu komory suszarniczej podczas suszenia. Celem pracy było otrzymanie proszków na bazie miodu pszczelego metodą suszenia rozpyłowego i sublimacyjnego oraz zbadanie właściwości fizycznych otrzymanych produktów. Roztwory o stężeniu 20 i 30% suchej substancji suszono z dodatkiem maltodekstryny jako nośnika. W otrzymanych proszkach badano zawartość wody, jej aktywność, gęstość nasypową luźną i utręsioną, gęstość pozorną, sypkość oraz zwilżalność. W celu określenia morfologii cząstek proszków wykonano zdjęcia mikroskopowe. Proszki otrzymane na drodze suszenia rozpyłowego wykazywały lepsze właściwości fizyczne od proszków wytworzonych sublimacyjnie. W proszkach wysuszonych sublimacyjnie zauważono wzrost zawartości i aktywności wody wraz ze wzrostem stężenia roztworu. W proszkach otrzymanych rozpyłowo zawartość i aktywność wody nie zmieniły się statystycznie. Proszki charakteryzowały się dobrą i średnią sypkością oraz błyskawiczną rozpuszczalnością w wodzie.

Słowa kluczowe: suszenie rozpyłowe, suszenie sublimacyjne, miód, maltodekstryna, właściwości fizyczne, proszki spożywcze

WSTĘP

Wzrost występowania chorób cywilizacyjnych takich jak cukrzyca, nadwaga, czy zaburzenia krążenia decyduje o zainteresowaniu produktami bogatymi w witaminy i sole mineralne oraz łatwostrawnymi. Konsumenty poszukują preparatów uzupełniających dietę, ale również produktów naturalnych. Produktem ide-

alnie wpasowującym się w gusta współczesnych konsumentów jest miód. To jedyny w swoim rodzaju produkt spożywczy o bogatym składzie chemicznym, zawierający m.in. 20 rodzajów aminokwasów, większość biopierwiastków, witaminy, enzymy i kwasy organiczne. Miód, jako najstarsza substancja słodząca, w 80% składa się z cukrów prostych, które w odróżnieniu od dwucukrów i cukrów złożonych nie wymagają trawienia i są bezpośrednio wchłaniane do krwi (Renate 2008, Nowak i Żmudzińska-Żurek 2008).

Ograniczone zastosowanie miodu w przemyśle spożywczym wynika z jego lepkiej konsystencji i problemów z dozowaniem. Dodatkowo miód krystalizuje i konieczne jest jego powtórne upłynnianie. Występowanie tych problemów jest w znaczny sposób ograniczone w przypadku preparatów na bazie miodu suszonego. Jego zalety to łatwość dozowania, transportu, utrzymania higieniczności procesu produkcyjnego. Dzięki niskiej zawartości wody może być mieszany z innymi suszonymi produktami, np. przyprawami, i wchodzić w skład szeregu produktów spożywczych oraz suplementów diety. Może być także używany jako środek słodzący w produktach dietetycznych (Batenson 1990, Zheng-Wei i in. 2008).

Wysuszenie miodu jest zadaniem trudnym, ponieważ wysoka zawartość cukrów decyduje o obniżeniu temperatury przemiany szklistej (T_g) i występowaniu materiału w stanie gumowatym, nawet przy niskiej zawartości wody. W rezultacie następuje obklejanie komory suszarniczej i przypalanie proszku podczas suszenia. Jednym ze sposobów uniknięcia tego zjawiska jest zastosowanie wysokocząsteczkowych nośników podwyższających T_g np. maltodekstryny. Duży problem podczas suszenia miodu stanowi ustalenie odpowiedniej zawartości nośnika, zawartości suchej substancji w roztworze wyjściowym oraz parametrów suszenia. Dąży się do uzyskania produktu o jak największej zawartości miodu z zachowaniem jego wartości odżywczych oraz charakterystycznego smaku i aromatu. Równie ważne są właściwości fizyczne otrzymanych proszków (Wang i Langrish 2009, Truong 2005).

Celem pracy było otrzymanie proszków na bazie miodu pszczelego metodą suszenia rozpyłowego i sublimacyjnego oraz zbadanie właściwości fizycznych produktów.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowy materiał do badań stanowił miód wielokwiatowy, pochodzący z pasieki w Supraślu. Wysuszeniu poddano roztwory o zawartości suchej substancji 20 i 30% i stosunku wagowym miodu do maltodekstryny 1:2. Skład roztworów poddanych suszeniu był następujący: 20%-owy roztwór (20M): 480 g wody destylowanej, 80 g maltodekstryny, 40 g miodu; 30%-owy roztwór (30M): 420 g wody destylowanej, 120 g maltodekstryny, 60 g miodu.

Podczas suszenia rozpyłowego w suszarce laboratoryjnej Anhydro (1973 Dania) na stałym poziomie utrzymywano następujące parametry: prędkość dysku rozpylającego – 39000 obr·min⁻¹, temperatura powietrza wlotowego – 180°C, strumień surowca – 0,9 cm³·s⁻¹.



Fot. 1. Kostki otrzymane po suszeniu sublimacyjnym roztworów miodu

Photo. 1. Cubes obtained from freeze-drying of solutions of honey

– 0,0001), aktywność wody (ROTRONIC HYGROSKOP DT, Szwajcaria; dokładność pomiaru – 0,001), gęstość nasypową luźną i utrzoną (objętościomierz wstrząsowy STAV 2003/ Engelsmann AG, Niemcy; dokładność pomiaru – 0,01), gęstość pozorną (piknometr helowy Stereopycnometer/ Quantachrome Instruments, USA; dokładność pomiaru- 0,01), zwilżalność (czas, w sekundach potrzebny do zwilżenia wszystkich cząstek proszku w wodzie o temperaturze pokojowej (Sørensen i in. 1978)).

Na podstawie gęstości nasypowej luźnej i utrzonej obliczono współczynniki Hausnera (I_H) i Carra (I_C) wg wzorów:

$$I_H = \frac{\rho_T}{\rho_L} \quad (1)$$

$$I_C = \frac{\rho_T - \rho_L}{\rho_T} 100\% \quad (2)$$

gdzie: ρ_T – gęstość nasypowa utrzoną, kg·m⁻³, ρ_L – gęstość nasypowa luźną, kg·m⁻³.

Zdjęcia mikroskopowe proszków zostały wykonane przy użyciu okularu o powiększeniu 10X i mikroskopu optycznego Studar Lab. (Polska). Wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu Statgraphics, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji, wykorzystując procedurę Tukey HSD przy pozio-

Przed suszeniem sublimacyjnym roztwory miodu rozlewano do plastikowych pojemników o wymiarach 20 x 30 mm w warstwie o wysokości około 7 mm, a następnie zamrażano w temperaturze – 30°C. Zamrożone kostki suszono w liofilizatorze (Christ gamma 1-16 LSC), w temperaturze półek 30°C i ciśnieniu 63 Pa przez 24 h. Wyszuszone kostki przedstawiono na fotografii 1.

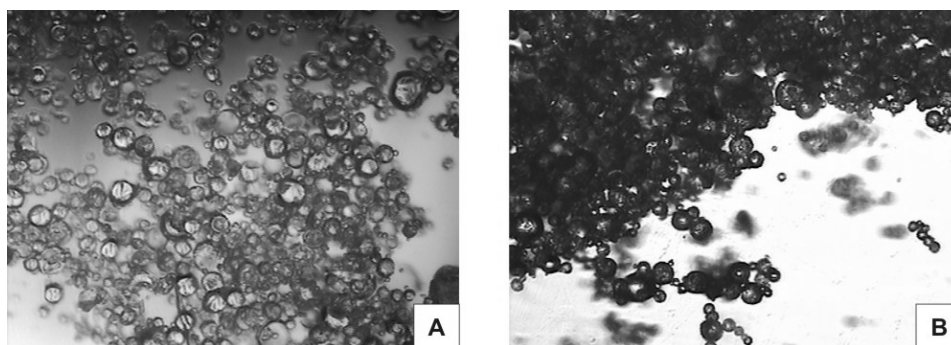
W otrzymanych proszkach oznaczano: zawartość wody (metodą suszarkową; dokładność pomiaru

mie istotności $\alpha = 0,05$. W przypadku niespełnienia założeń analizy wariancji związanych z niejednorodnością między porównywanymi grupami, wykluczono niektóre grupy, a następnie porównano je z pozostałymi z użyciem testu t-studenta (przy założeniu zróżnicowania wariancji).

WYNIKI I DYSKUSJA

Morfologia cząstek

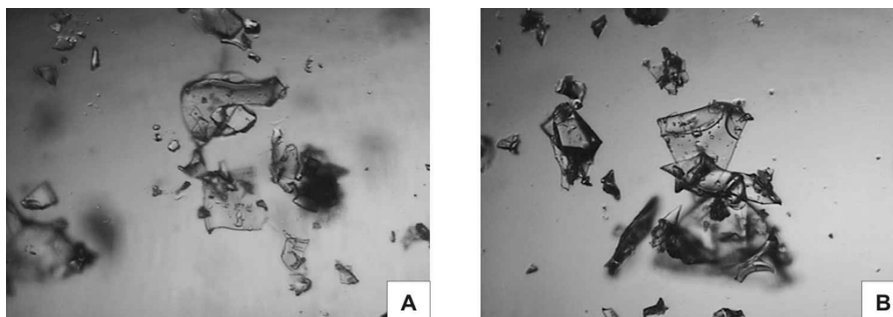
Na fotografii 2 przedstawiono zdjęcia cząstek proszków otrzymanych po suszeniu rozpyłowym roztworów miodu o stężeniu 20 i 30%. Cząstki charakteryzowały się regularnym, kulistym kształtem. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że wzrost stężenia nie spowodował zmian rozmiarów cząstek.



Fot. 2. Zdjęcia mikroskopowe proszków otrzymanych rozpyłowo z roztworów miodu o różnych stężeniach: 20% (A); 30% (B) (okular o powiększeniu 10x)

Photo 2. Photomicrographs of powders obtained from spray-drying of solutions of honey at different concentrations: 20% (A); 30% (B) (ocular zoom 10x)

W obu przypadkach otrzymana wielkość cząstek była podobna. Tonon i in. (2008), susząc rozpyłowo sok z jagody palmy brazylijskiej (acai), zauważyli, że wzrost stężenia roztworów wyjściowych powoduje wzrost wielkości otrzymanych cząstek. Również Domian i Bialik (2006), susząc rozpyłowo sok jabłkowy, zanotowały wzrost średnicy cząstek z 130 ± 10 do 154 ± 10 μm przy wzroście stężenia suchej substancji z 50 do 60%. Cząstki proszku uzyskane na drodze suszenia sublimacyjnego (fot. 3), przy różnych stężeniach wyjściowych roztworów, były podobnej wielkości. Susz sublimacyjny otrzymywano w postaci kostek (fot. 1), które następnie rozcierano w moździerzu na proszek. Zauważalna była różnica w kształtach cząstek otrzymanych różnymi metodami suszenia. Proszki otrzymane rozpyłowo miały regularną ziarnistą strukturę, natomiast wytworzone sublimacyjnie były nieregularne.

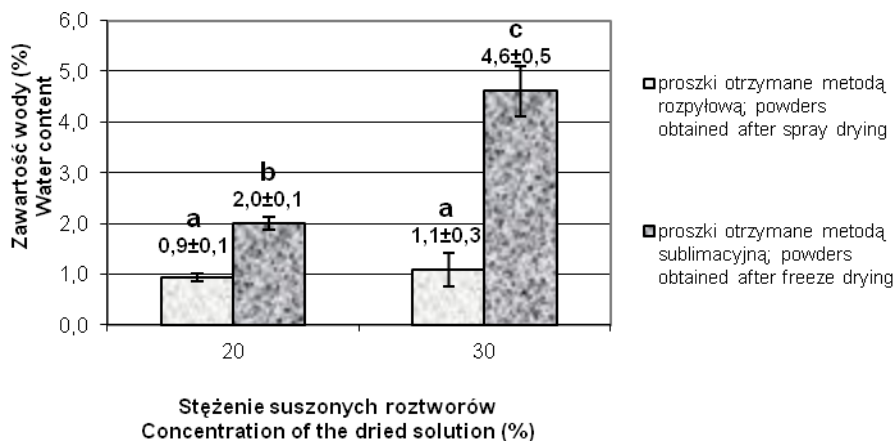


Fot. 3. Zdjęcia mikroskopowe proszków otrzymanych sublimacyjnie z roztworów miodu o różnych stężeniach: 20% (A); 30% (B) (okular o powiększeniu 10x)

Photo 3. Photomicrographs of powders obtained from freeze-drying of solutions of honey at different concentrations: 20% (A); 30% (B) (ocular zoom 10x)

Zawartość wody

Zawartość wody w proszkach otrzymanych z roztworów miodu poprzez suszenie rozpyłowe i sublimacyjne mieściła się w przedziale od $0,9 \pm 0,1$ do $4,6 \pm 0,5\%$. Pomiar wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Wartości przedstawiono na rysunku 1. Analiza wariancji wykazała, że zawartości wody w proszkach otrzymanych z roztworów 20 M i 30 M, otrzymane w wyniku suszenia rozpyłowego, nie różniły się istotnie statystycznie między sobą. Zawartość wody w tych proszkach wynosiła odpowiednio $0,9 \pm 0,1$ i $1,1 \pm 0,3\%$. Papadakis i in. (2006), susząc rozpyłowo skoncentrowany sok z rodzynek z dodatkiem maltodekstryny, otrzymali proszki o zawartości wody od 1,4 do 2,6%. W wynikach przedstawionych przez Abadio i in. (2004) średnia zawartość wody soku z ananasa suszonego rozpyłowo z dodatkiem maltodekstryny wynosiła 1,18%. Zaobserwowano statystycznie istotne różnice w zawartości wody w proszkach otrzymanych różnymi metodami suszenia. Proszki otrzymane w wyniku suszenia sublimacyjnego wykazywały istotnie większą zawartość wody. W ujęciu statystycznym stanowiły one oddzielne dwie jednorodnie grupy jednoelementowe o zawartości wody $2,0 \pm 0,1$ (20 M) i $4,6 \pm 0,5\%$ (30 M). W proszkach otrzymanych na drodze suszenia sublimacyjnego zauważono istotny wzrost zawartości wody wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego. W przypadku małych kropelek uzyskanych w czasie suszenia rozpyłowego woda ma do pokonania mniejszą odległość niż w przypadku materiału suszonego sublimacyjnie w kilkumilimetrowej warstwie. Wzrost zawartości wody suszy sublimacyjnych wraz ze wzrostem stężenia mógł wiązać się z tym, że przy większej zawartości maltodekstryny opory dyfuzyjnego ruchu masy w czasie suszenia były większe, co ograniczyło stopień usunięcia wody.

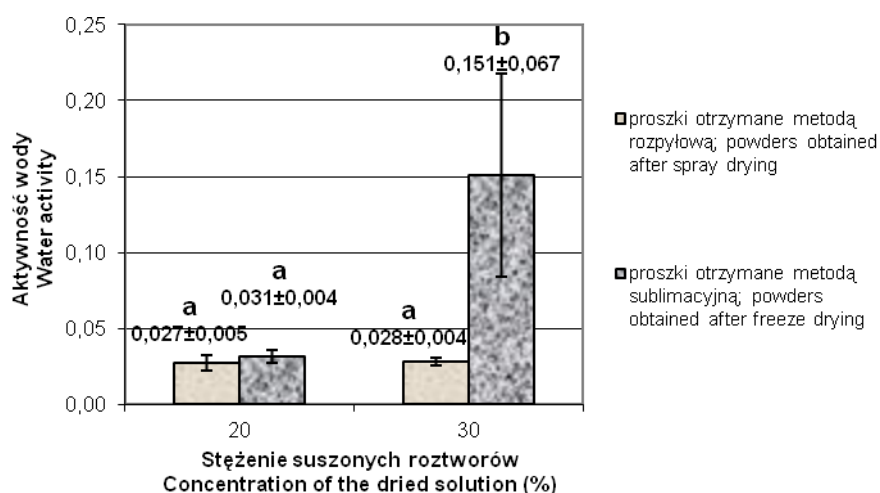


Rys. 1. Średnia zawartość wody z odchyleniami standartowymi w proszkach otrzymanych po suszeniu roztworów miodu metodą rozpyłową i sublimacyjną. Oznaczenia: a, b, c – grupy statystyczne, poszczególne litery oznaczają grupy homogeniczne średnich wydzielone procedurą Tukeya
Fig. 1. Average water content of powders obtained after spray drying and freeze drying of solutions of honey. Sections set aside on the columns are standard deviations. Symbols: a, b, c – statistic groups, different letters indicate homogenous groups distinguished using Tukey's procedure

Aktywność wody

Aktywność wody w proszkach otrzymanych z roztworów miodu poprzez suszenie rozpyłowe i sublimacyjne wynosiła od $0,027 \pm 0,005$ do $0,151 \pm 0,067$. Pomiar wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach. Wartości te przedstawiono na rysunku 2. Dla porównania, proszki soku jabłkowego otrzymane przez Domian i Bialik (2006) wykazywały aktywność wody w przedziale 0,11-0,23 i jej istotne zwiększenie wraz ze wzrost zawartości suchej substancji w roztworze. W przypadku prezentowanych wyników badań stwierdzono występowanie 2 grup jednorodnych. Pierwszą grupę stanowiły proszki otrzymane rozpyłowo z roztworów zawierających 20 i 30% suchej substancji i proszek otrzymany metodą sublimacyjną z roztworu zawierającego 20% suchej substancji. Aktywność wody w tej grupie wynosiła od $0,027 \pm 0,005$ do $0,031 \pm 0,004$. Istotnie statystycznie od pozostałych proszków różniły się proszki uzyskane poprzez suszenie sublimacyjne roztworu 30%-owego. Jego średnia aktywność wody wynosiła $0,151 \pm 0,067$. Domian i Bialik (2006) podczas suszenia rozpyłowego soku jabłkowego z dodatkiem maltodekstryny uzyskiwały wzrost aktywności wody z 0,106 do 0,146 przy podwyższeniu suchej substancji w surówce z 50 do 60%. W przypadku roztworów otrzymanych sublimacyjnie zwiększenie stężenia roztworu powodowało znaczny wzrost aktywności wody. Porównu-

jąc między sobą rysunki 1 i 2 zauważono, że otrzymane wartości aktywności wody korelowały z zawartością wody w proszkach.



Rys. 2. Średnia aktywność wody z odchyleniami standardowymi w proszkach otrzymanych po suszeniu roztworów miodu metodą rozpyłową i sublimacyjną. Oznaczenia: a, b, c – grupy statystyczne, poszczególne litery oznaczają grupy homogeniczne średnich wydzielone procedurą Tukeya

Fig. 2. Average water activity of powders obtained after spray drying and freeze drying of solutions of honey. Sections set aside on the columns are standard deviations. Symbols: a, b, c – statistic groups, different letters indicate homogenous groups distinguished using Tukey's procedure

Gęstość nasypowa

Gęstość nasypowa luźna proszków otrzymanych metodą rozpyłową i sublimacyjną mieściła się w przedziałach odpowiednio od $481,0 \pm 34,3$ do $513,9 \pm 33,1$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ i od $340,7 \pm 7,5$ do $567,6 \pm 32,1$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pomiar wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach. Otrzymane wartości gęstości luźnej proszków przedstawiono w tabeli 1. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ metody suszenia i stężenia roztworu wyjściowego w przypadku suszu sublimacyjnego na gęstość nasypową luźną proszków oraz występowanie trzech grup jednorodnych. W proszkach otrzymanych rozpyłowo zauważono brak istotnego wpływu stężenia roztworu wyjściowego na ich gęstość nasypową luźną. W przypadku proszków wytworzonych sublimacyjnie gęstość nasypowa luźna rosła istotnie wraz ze wzrostem stężenia roztworów wyjściowych. W badaniach Abadio (2004) wzrost zawartości suchej substancji i dodatku maltodekstryny przyczyniał się do obniżenia gęstości nasypowej luźnej soku z ananasa w proszku. Goula i Adamopoulos (2010) również zauważyli, że wraz ze wzrostem stosunku soku pomarańczowego

Tabela 1. Właściwości fizyczne proszków miodu pszczelego otrzymanych rozpyłowo (SD) i sublimacyjnie (FD) w obecności maltodekstryny. Oznaczenia: a, b, c- grupy statystyczne, poszczególne litery oznaczają grupy homogeniczne średnich wydzielone procedurą Tukeya
Table 1. The physical properties of powders obtained by spray drying (SD) and freeze drying (FD) of solutions of honey in the presence of maltodextrin. Symbols: a, b, c – statistic groups, different letters indicate homogenous groups distinguished using Tukey's procedure

Stężenie roztworu i metoda suszenia Concentration of the solution and drying method	Gęstość nasykowa luźna Bulk density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gęstość nasykowa utrąszona Tapped density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gęstość pozorna Particle density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Współczynnik Carra Carr Index	Sypkość Flowability	Współczynnik Hausnera Hausner Ratio	Kohezynność Cohesiveness	Zwilżalność Wettability (s)
20M SD	481,0±34,3 b	576,8±63,9 b	1329±49,9 a	16,2±3,3 a	Dobra Good	1,20±0,05 b	Średnia Average	4,3±0,7 b
30M SD	513,9±33,1 b	635,0±16,9 b	1431±69,0 a	19,11 ±3,1 b	Dobra Good	1,24±0,05 b	Średnia Average	3,9±0,4 b
20M FD	348,7±7,6 a	430,2±9,3 a	1446±11,1 a	18,95±0,4 b	Dobra Good	1,23±0,01 b	Średnia Average	9,0±1,0 c
30M FD	567,6±32,1 c	659,1±44,4 c	1495±19,0 a	13,84±0,9 a	Bardzo dobra Very good	1,16±0,01 a	Niska Low	2,0±0,2 a

do maltodekstryny od 0,25 do 4 (czyli spadkiem zawartości maltodekstryny), gęstość nasypowa proszku otrzymanego po suszeniu rozpyłowym w temperaturze suszenia 140°C rosła od 0,15 do 0,3 g·cm⁻³. Tłumaczono to tym, że dodatek maltodekstryny zmniejsza siły kohezji i przyklejanie się cząsteczek względem siebie.

Janiszewska i in. (2008), podczas badań suszonego rozpyłowo hydrolizatu białkowego, stwierdzili, że im większe były wymiary cząstek proszku, tym mniejsza była jego gęstość nasypowa luźna. Podobną zależność można zauważyć w przypadku 20% roztworów. Proszek otrzymany sublimacyjnie, charakteryzujący się większymi rozmiarami cząstek (fot. 2 i 3), wykazywał mniejszą gęstość nasypową luźną. Proszki rozpyłowe otrzymane z roztworów 20 i 30%-owych charakteryzowały się podobnymi wielkościami cząstek i gęstościami nasypowymi luźnymi.

Gęstość nasypowa utręszona proszków otrzymanych z roztworów miodu metodą rozpyłową i sublimacyjną przyjęła wartości od 576,8±63,9 do 635±16,9 kg·m⁻³ (tab.1). Analiza wariancji wykazała takie same zależności jak w przypadku gęstości nasypowej luźnej.

Gęstość pozorna

Gęstość pozorna proszków otrzymanych z roztworów miodu przez suszenie rozpyłowe i sublimacyjne wynosiła od 1328,8±49,9 do 1494,8±19,0 kg·m⁻³. Pomiar wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach. Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Nie zauważono statystycznie istotnych różnic w gęstościach pozornych otrzymanych proszków. U Domian (2007) otrzymane rozpyłowo produkty (takie jak mleko, kawa, maltodekstryna, zabielać do kawy, napój kawowy typu cappuccino) charakteryzowały się znaczną porowatością wewnętrzną, skutkującą niskimi wartościami gęstości pozornej cząstek od 950 do 1200 kg·m⁻³. Duża porowatość wewnętrzna proszków otrzymanych rozpyłowo była związana z dużą ilością powietrza zamkniętego wewnątrz cząstek. Mimo braku statystycznie istotnych różnic, można zaobserwować tendencję, że suszony rozpyłowo proszek charakteryzował się mniejszą gęstością pozorną niż proszek suszony sublimacyjnie, następnie roztarty.

Współczynnik Hausnera i Carra

Wartości współczynnika Hausnera w proszkach otrzymanych przez suszenie roztworów miodu metodą rozpyłową i sublimacyjną zawierały się w przedziale od 1,16±0,01 do 1,24±0,05, a współczynnika Carra od 13,8±0,9 do 19,1±3,1. Pomiar wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 1. W tabelach 2 i 3 podano klasyfikację sypkości i kohezynności

proszków, w oparciu o wartości współczynników Hausnera i Carra (Carr 1965, Hausner 1967). Można stwierdzić, że większość proszków charakteryzowała się średnią kohezynością i sypkością. Wartości współczynnika Carra wskazują, że proszki wykazywały dobrą sypkość. Analiza wariancji wykazała istotny statystycznie wpływ rodzaju suszenia i stężenia roztworu wyjściowego na wartości współczynników. Szczegółowa analiza podzieliła proszki na 2 grupy jednorodnej. Kohezynność i sypkość proszków otrzymanych z 30%-owego roztworu różnymi metodami istotnie statystycznie różniły się od siebie. W przypadku zmniejszania stężenia roztworu wyjściowego do 20% zauważono istotne statystycznie różnice wartości współczynników Carra, jakimi charakteryzowały się proszki otrzymane na drodze suszenia rozpyłowego i sublimacyjnego. W przypadku proszków otrzymanych przez suszenie rozpyłowe zauważono wzrost wartości współczynników Hausnera i Carra wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego. Natomiast w proszkach otrzymanych na drodze suszenia sublimacyjnego stwierdza się spadek wartości współczynników Hausnera i Carra wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego. Jinapong i in. (2008), badając mleko sojowe w proszku, stwierdzili, że wielkość cząstek proszku ma wpływ na jego sypkość. Mleko otrzymane w wyniku suszenia rozpyłowego wykazywało dużo mniejszą sypkość od proszku poddanego procesowi aglomeracji. Wzrost wielkości cząstek polepsza sypkość proszku. Wiąże się to z tym, że małe cząstki wykazują większe siły kohezji i adhezji. Jinapong i in. (2008), porównując proszki otrzymane rozpyłowo z roztworów o różnych stężeniach, nie zauważyli istotnych różnic w sypkości. Zapewne wiązało się to ze stosunkowo niedużym zróżnicowaniem wielkości cząstek.

Zwilżalność

Zwilżalność otrzymanych proszków wynosiła od $2,0 \pm 0,5$ do $9,0 \pm 1,0$ s. Pomiar wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 1. Sørensen Haugaard i in. (1978) stwierdzili, że proszki mleczne wykazują właściwości instant, gdy czas zwilżania nie przekracza $15 \pm 1,5$ s. Uzyskane wartości zwilżalności oznaczają, że badane proszki wykazały bardzo dobrą rozpuszczalność w wodzie o temperaturze pokojowej.

WNIOSKI

1. Badania wykazały, że możliwe jest otrzymanie proszku miodowego metodą suszenia rozpyłowego i sublimacyjnego z zastosowaniem maltodekstryny jako substancji nośnikowej.

2. Proszki otrzymane rozpyłowo wykazywały lepsze właściwości fizyczne od proszków uzyskanych metodą sublimacyjną.

3. Miód suszony rozpyłowo i sublimacyjnie, przy zastosowaniu maltodekstryny jako nośnika, charakteryzował się dobrą sypkością i średnią kohezynnością oraz błyskawiczną rozpuszczalnością w wodzie.

PIŚMIENNICTWO

- Abadio F.D.B., Domingues A.M., Borgis S.V., Oliveira V.M., 2004. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of malt dextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64, 285-287.
- Bateson G.F., 1990. Methods for drying honey and molasses. United States Patent, Patent Number 4, 919, 956.
- Carr R. L., 1965. Evaluating flow properties of solids. *Chemical Engineering*, 72, 163-168.
- Domian E., 2007. Gęstość i sypkość wybranych produktów spożywczych w proszku. W: *Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych* (red. B. Dobrzański, L. Mieszkalski) Wyd. Naukowe Fundacja Rozwoju Nauk Agrofizycznych, Komitet Agrofizyki PAN, Lublin, 96-108.
- Domian E., Bialik E., 2006. Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku. *Acta Agrophysica*, 8(4), 803-814.
- Goula A. M., Adamopoulos K. G., 2010. A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 342-351.
- Hausner H.H., 1967. Friction conditions in mass of metal powder. *International Journal of Powder Metallurgy*, 3, 7-13.
- Janiszewska E., Cupiał D., Witrowa-Rajchert D., 2008. Wpływ parametrów suszenia rozpyłowego na jakość hydrolizatu białkowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(60), 206-216.
- Jinapong N., Suphantharika M., Jamnong P., 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84, 194-205.
- Nowak K., Żmudzińska-Żurek B., 2008. Miód - najstarsza substancja słodząca- zastosowanie w przemyśle fermentacyjnym. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 52 (6), 45-46.
- Papadakis S. E., Gardeli Ch., Tzia C., 2006. Spray drying of raisin juice concentrate. *Drying Technology*, 24, 173-180.
- Renate F., 2008. *Miód - odżywia, leczy, pielęgnuje*. Wyd. RM, Warszawa.
- Sørensen Haugaard I., Krag J., Piseckey J., Westergaard V., 1978. *Analytical Methods for Dry Milk Products*. A/S Niro Atomizer. Copenhagen. Denmark, 27.
- Tonon R.V., Brabet C., Hubinger M.D., 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88, 411-418.
- Truong V., Bhandari B.R., Howes T., 2005. Optimization of co-current spray drying process of sugar-rich foods. Part I – Moisture and glass transition temperature profile during drying. *Journal of Food Engineering*, 71, 55-65.
- Wang S., Langrish T., 2009. A review of process simulations and the use additives in spray drying. *Food Research International*, 42, 13-25.
- Zheng-Wei C., Li-Juan S., Wei Ch., Da-Wen S., 2008. Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 84, 582-590.

PROPERTIES OF POWDERS RECEIVED BY SPRAY DRYING
AND FREEZE DRYING OF SOLUTIONS OF HONEY

Aleksandra Jedlińska, Katarzyna Samborska, Dorota Witrowa-Rajchert

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa
e-mail: aleksandra_jedlinska@sggw.pl

Abstract. Consumers are interested in products with an addition of natural honey. Food companies are reluctant to use natural honey due to its sticky consistency, difficult dosing and the need of re-liquefaction after the crystallisation. Honey in a powder form is much more practical in application. Unfortunately, the high content of sugars determines low glass transition temperature and sticking to the drying chamber. The main way to avoid this phenomenon is using the high molecular drying aid. The aim of this work was to obtain honey in the form of powder and to examine the physical properties of the powders obtained. Honey solutions were spray dried and freeze-dried with an addition of maltodextrin (the concentration of the solutions 20, 30%). Obtained powders were examined in terms of: water content, water activity, bulk and tapped density, particle density, wettability, flowability. Micrographs were taken to define the size of the powder particles. Powders obtained after spray drying were characterised by better physical properties. Water concentration and activity of powders obtained by freeze drying depended on the concentration of the solution, proving higher values for higher solutions. The differences of water content and water activity in powders obtained by spray drying were not significant. Obtained powders were characterised by good and medium flowability and excellent wettability.

Key words: spray drying, freeze drying, honey, maltodextrin, physical properties, food powders