

Dr inż. Katarzyna SAMBORSKA
 Mgr inż. Aleksandra CHOROMAŃSKA
 Prof. dr hab. Dorota WITROWA-RAJCHERT
 Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie
 Dr hab. Sławomir BAKIER
 Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka

SUSZENIE ROZPYŁOWE MIODU PSZCZELEGO Z MALTODEKSTRYNĄ®

W pracy badawczej zaprezentowanej w artykule suszono rozpyłowo (temperatura powietrza wlotowego 180°C, szybkość zasila-
 nia surowcem 0,9 cm³/s) wodne roztwory miodu z maltodekstryną oraz roztwory modelowe – mieszaniny glukozy i fruktozy
 z maltodekstryną o stężeniach 20, 30 i 40% s.s. Zawartość wody w otrzymanych proszkach wynosiła od 1,1 ± 0,1 do 3,7 ± 0,1 %.
 Zauważono utrzymywanie się stałej zawartości wody w proszkach otrzymanych z roztworów miodu niezależnie od ich stężenia.
 W proszkach otrzymanych z roztworów modelowych wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego zawartość wody rosła, co
 było skorelowane z zaobserwowanym mikroskopowo wzrostem wielkości otrzymanych cząstek proszku. Stwierdzono, że zawarte
 w miodzie cukry proste nie są substancjami decydującymi o przebiegu suszenia i właściwościach proszku. Na podstawie wielkości
 współczynników Hausnera i Carra stwierdzono, że proszki charakteryzowały się średnią lub dobrą sypkością.

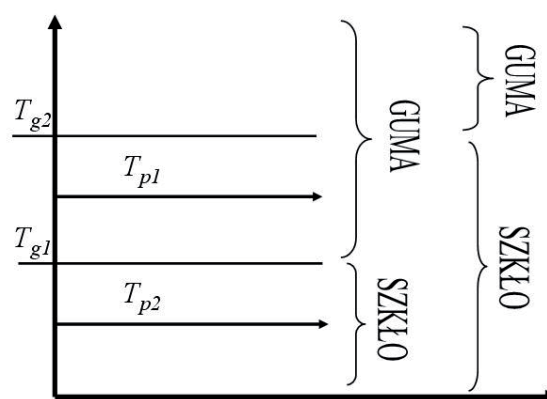
Słowa kluczowe: glukoza, fruktoza, maltodekstryna, kohe-
 zyjność, przemiana szklista.

WSTĘP

Miód pszczeli, spożywany ze względu na swój wyjątkowy smak i aromat charakteryzuje się ponadto licznymi właściwościami prozdrowotnymi. Leczenie produktami pszczelimi stanowi oparty na nauce dział medycyny określany apiterapią [15]. W swej naturalnej formie, w wyniku wysokiej lepkości i gęstości, miód ma jednak niekorzystne cechy powodujące trudności w transporcie, obrocie i dozowaniu [2, 6]. Otrzymanie miodu w postaci sproszkowanej mogłoby w znacznym stopniu zniwelować te problemy. Proszek miodowy mógłby być przeznaczony do bezpośredniej konsumpcji, stosowany jako dodatek do szeregu produktów spożywczych, np. jogurtów, napojów, sosów, powłok jadalnych, jak również do suplementów diety i preparatów wspomagających leczenie. Otrzymanie miodu w postaci suchej sproszkowanej jest znacznie utrudnione, głównie ze względu na wysoką zawartość cukrów prostych i kwasów organicznych. Substancje te charakteryzują się niską temperaturą przemiany szklistej T_g . W temperaturze T_g stan, w jakim występują składniki ulega zmianie – z twardego, kruchego materiału „szklistego” o bardzo wysokiej lepkości, do miękkiego lepko-sprężystego „gumowatego” o lepkości około 10³ Pa·s [17]. Temperatura, przy jakiej zachodzi ta przemiana, jest cechą charakterystyczną każdej substancji i wzrasta wraz z ciężarem cząsteczkowym. Stan, w jakim występuje materiał w czasie suszenia rozpyłowego wynika z zależności między temperaturą produktu T_p i temperaturą przemiany szklistej T_g [12]. Aby możliwe było wysuszenie materiał musi występować w formie szklistej. Zależności te przedstawiono na rysunku 1. W czasie suszenia rozpyłowego materiału o dużej zawartości cukrów prostych temperatura materiału w komorze suszenia T_{pl} jest przeważnie wyższa od temperatury przemiany szklistej T_{gl} . W rezultacie materiał występuje w stanie lepko-sprężystym gumowatym, czyli w formie syropu lub lepkich cząstek przylepiających się do ścian komory. Wysuszenie

takiego materiału do postaci proszku nie jest możliwe [13]. Aby umożliwić wysuszenie materiału konieczna jest modyfikacja parametrów suszenia lub takie przygotowanie materiału, aby $T_g > T_p$. Przy temperaturze przemiany szklistej T_{gl} materiał w czasie suszenia będzie występował w stanie szklistym, jeżeli jego temperatura nie przekroczy temperatury T_{p2} . W praktyce jest to trudne do osiągnięcia ze względu na niską wartość T_{gl} . Drugim sposobem jest taka modyfikacja składu materiału poddawanego suszeniu, aby przy zachowaniu temperatury materiału T_{pl} uzyskać podwyższenie wartości temperatury przemiany szklistej do T_{g2} (gdzie $T_{g2} > T_{pl}$). Sposobem na takie podwyższenie wartości temperatury przemiany szklistej materiału poddawanego suszeniu jest dodanie substancji takich jak: skrobia, maltodekstryna lub guma arabska.

Celem artykułu jest prezentacja wyników przeprowadzonych badań w zakresie możliwości wysuszenia miodu pszczelego z dodatkiem maltodekstryny metodą rozpyłową.



Rys. 1 Wpływ temperatury w czasie suszenia (T_p) oraz temperatury przemiany szklistej materiału (T_g) na stan materiału w czasie suszenia rozpyłowego (objaśnienia w tekście).

MATERIAŁY I METODY

Suszono wodne roztwory miodu wielokwiatowego oraz roztwory modelowe – mieszaninę glukozy i fruktozy. Zawartość cukrów i wody w roztworach modelowych odpowiadała ich zawartości w miodzie. Zastosowanym dodatkiem była maltodekstryna DE10. Stosunek zawartości suchej substancji pochodzącej z cukrów lub miodu do zawartości suchej substancji pochodzącej z maltodekstryny wynosił 1:2. Stężenia roztworów poddawanych suszeniu wynosiły 20, 30 i 40% s.s. Suszenie prowadzono w suszarce ANHYDRO (Dania, 1973) przy temperaturze powietrza wlotowego 180°C i szybkości zasilania roztworem 0,9 ml/s. Skład roztworów poddawanych suszeniu podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład roztworów poddawanych suszeniu

Nazwa	Glukoza +fruktoza (g)	Miód (g)	Maltodekstryna (g)	Woda (g)	Stężenie (%)
GF20	20+20		80	480	20
M20		40	80	480	20
GF30	30+30		120	420	30
M30		60	120	420	30
GF40	40+40		160	360	40

W otrzymanych proszkach oznaczano: zawartość wody w (metoda suszarkowa 105°C/4h), aktywność wody a_w (Rotronic Hygroskop DT, Szwajcaria), gęstość nasypową luźną ρ_L oraz gęstość nasypową utrzęsioną ρ_T (objętościomierz wstrząsowy STAV 2003, Engelsman GA, Germany). Wyznaczono wartości współczynnika Hausnera HR i współczynnika Carra CI:

$$HR = \rho_L / \rho_T$$

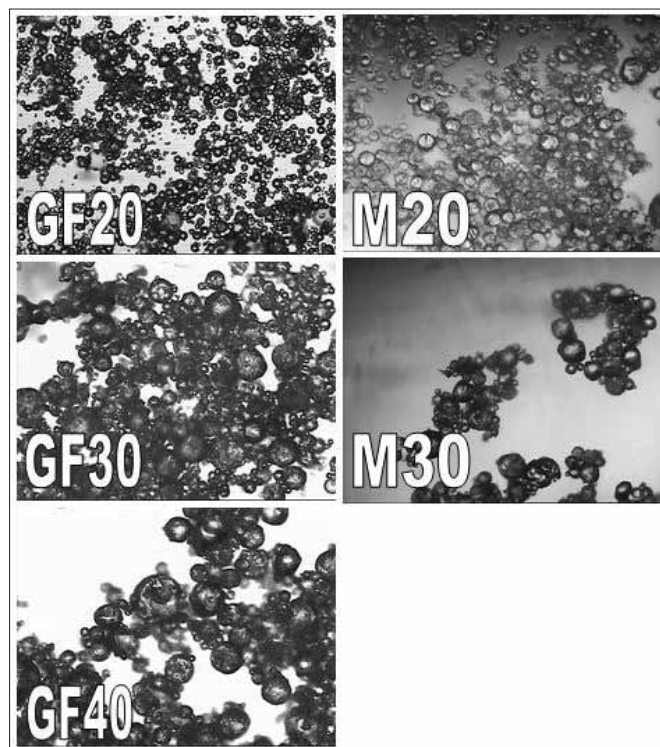
$$CI = [(\rho_T - \rho_L) / \rho_L] * 100$$

Na ich podstawie zaproponowano klasyfikację sypkości i kohezynności proszków. Wykonano zdjęcia mikroskopowe otrzymanych proszków za pomocą stereoskopowego MST 131 (powiększenie 70 razy).

WYNIKI I DYSKUSJA

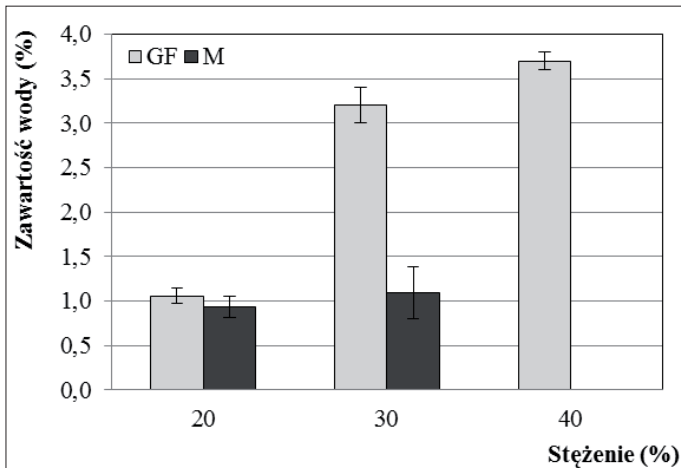
Roztwory modelowe suszono z powodzeniem przy stężeniu początkowym 20, 30 i 40%, natomiast miód przy stężeniu 20 i 30%.

Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcia mikroskopowe cząstek proszków otrzymanych po suszeniu roztworów miodu (M) i roztworów modelowych – mieszanin glukozy i fruktozy (GF). W przypadku roztworów modelowych widoczny jest wzrost wielkości cząstek proszku wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego. Podobne obserwacje przedstawili Cano-Chauca i in. [4]. Susząc sok z mango z dodatkiem gumy arabskiej i celulozy zauważyli, że wraz ze wzrostem zawartości celulozy cząstki proszku były większe i bardziej kuliste. Tonon i in. [16] suszyli rozpyłowo sok z jagody palmy brazylijskiej z dodatkami i badali wpływ stężenia maltodekstryny i temperatury suszenia na wielkość i morfologię



Rys. 2. Cząstki proszków otrzymanych po suszeniu rozpyłowym roztworów modelowych GF (glukoza+fruktoza) (stężenia 20, 30 i 40%) oraz roztworów miodu M (stężenia 20 i 30%), powiększenie 70x.

cząstek proszków. Stwierdzili, że zarówno zwiększanie temperatury powietrza wlotowego jak i stężenia maltodekstryny powodowało wzrost wielkości cząstek. Wzrost temperatury powietrza wlotowego od 138 do 202°C spowodował wzrost średniej średnicy cząstek od 13,38 do 20,11 μm . Średnia średnica cząstek otrzymanych po suszeniu w temperaturze 170°C i przy stężeniach maltodekstryny 10, 20 i 30% wzrastała odpowiednio od 13,27 do 16,12 i 21,35 μm . Wzrost ten tłumaczono wzrastającą lepkością roztworów przy zwiększających się stężeniach. Masters [11] podał ogólną zależność pomiędzy lepkością roztworu a średnią wielkością kropelek uzyskanych w efekcie rozpylania. Im większa lepkość tym większe krople i tym większe końcowe rozmiary cząstek proszku. Podobne zależności podali Jinapong i in. [9] dla suszonego rozpyłowo mleka sojowego, Keogh i in. [10] dla suszonego rozpyłowo pełnego mleka krowiego oraz Domian i Bialik [7] dla suszonego rozpyłowo soku jabłkowego. Na podstawie przytoczonych przykładów można stwierdzić, że widoczny na rysunku 2 wzrost rozmiarów cząstek proszków po suszeniu mieszanin glukozy i fruktozy (GF) z maltodekstryną o rosnącym stężeniu był spowodowany wzrostem lepkości roztworów. Janiszewska [8] podaje lepkości roztworów wodnych maltodekstryny o stężeniu 25 i 30%, które wynoszą odpowiednio 17,3 i 29,8 mPa·s. Zależność ta nie znalazła potwierdzenia w przypadku suszenia roztworów miodu. Porównując zdjęcia cząstek proszków otrzymanych po suszeniu roztworów miodu (M) o stężeniu 20 i 30% można stwierdzić, że w obu przypadkach otrzymana wielkość cząstek jest podobna.



Rys. 3. Zawartość wody w proszkach otrzymanych po suszeniu rozpyłowym roztworów modelowych (GF) oraz roztworów miodu (M).

Zawartość wody w otrzymanych proszkach wynosiła od $1,0 \pm 0,2$ do $3,7 \pm 0,1$ % (rys. 3). Otrzymane wartości są typowe dla podobnych materiałów suszonych rozpyłowo. Papadakis i in. [14] susząc rozpyłowo skoncentrowany sok z rodzynek z dodatkiem maltodekstryny w temperaturze powietrza wlotowego od 110 do 200°C otrzymali proszki o zawartości wody od 1,4 do 2,6%. W wynikach przedstawionych przez Abadio i in. [1] średnia zawartość wody w proszku otrzymanym z soku z ananasa po suszeniu rozpyłowym z dodatkiem maltodekstryny w temperaturze powietrza wlotowego 190°C wynosiła 1,18%. Zawartość wody w proszkach soku jabłkowego wysuszonego w temperaturze powietrza wlotowego 150°C przez Domian i Bialik [7] była na podobnym poziomie i wynosiła od 1,3 do 3,1%. Chegini i Ghobadion [5] podczas suszenia soku pomarańczowego w temperaturze powietrza wlotowego od 110 do 190°C stwierdzili zwiększanie się zawartości wody w proszku wraz ze wzrostem strumienia podawanego surowca. Niewielkie zawartości wody (od $1,0 \pm 0,2$ do $3,7 \pm 0,1$ %) w proszkach otrzymanych z roztworów modelowych i roztworów miodu wiązały się z powolnym podawaniem roztworów wyjściowych (0,9 ml/s).

Analizując wartości przedstawione na rysunku 3, zauważalny jest wzrost zawartości wody w proszku wraz ze wzrostem stężenia roztworu wyjściowego w przypadku suszenia

roztworów mieszaniny GF. Zawartość wody po zwiększeniu stężenia od 20 do 30 i 40% wzrosła odpowiednio od 1,1 do 3,2 i 3,7%. Zauważalny wzrost zawartości wody wraz ze wzrostem stężenia można tłumaczyć przedstawionymi wcześniej różnicami w wielkości cząstek proszku, a zatem i wielkości kropelek w czasie suszenia. Goula i in. [3] podali dwie przyczyny zwiększania się intensywności suszenia w przypadku zmniejszenia rozmiarów kropelek. Pierwsza przyczyna jest związana z większą całkowitą powierzchnią wymiany ciepła i masy. Druga wiąże się ze zmniejszeniem odległości, jaką musi pokonać ciepło przewodzone do wewnątrz kropelek oraz jaką muszą pokonać cząsteczki wody dyfundujące z centrum cząstki na zewnątrz. Podobną zależność podwyższonej zawartości wody w proszku wraz ze wzrostem stężenia suszonego roztworu obserwowali Tonon i in. [16] susząc rozpyłowo sok z jagody palmy brazylijskiej (wzrost zawartości wody od 1,23 do 1,92% przy wzroście stężenia maltodekstryny od 50 do 60%) oraz Papadakis i in. [14] susząc rozpyłowo koncentrat z rodzynek (wzrost zawartości wody od 1,4 do 1,9 % przy zwiększeniu stężenia maltodekstryny od 40 do 50%).

Susząc roztwory miodu o różnych stężeniach uzyskano proszki o zbliżonej zawartości wody (0,9 – 1,1 %). Brak wyraźnego wzrostu zawartości wody wraz ze wzrostem stężenia miodu ma prawdopodobnie związek z występowaniem w miodzie, oprócz cukrów prostych, szeregu innych substancji wpływających na właściwości roztworu i na przebieg suszenia. Przypuszczalnie, rozpylanie takich roztworów zapewniało powstawanie kropelek o podobnych rozmiarach, czego potwierdzeniem są zdjęcia mikroskopowe proszków miodu przedstawione na rysunku 2. Uzyskane w wyniku suszenia cząstki proszku są podobnej wielkości, a więc odparowanie z nich wody przebiegało z podobną intensywnością.

W tabeli 2 przedstawiono aktywność wody (a_w) w proszkach otrzymanych po suszeniu rozpyłowym roztworów modelowych oraz roztworów miodu. Aktywność wody wynosiła od $0,027 \pm 0,006$ do $0,286 \pm 0,017$. Zauważalny jest wzrost aktywności wody wraz ze wzrostem stężenia suszonych roztworów modelowych. Aktywność wody proszku otrzymanego z roztworu 20GF wynosiła 0,038 i wzrosła w przypadku 30 i 40% odpowiedników do 0,105 i 0,286. Aktywność wody w proszkach otrzymanych z roztworów miodu była najniższa i nie zależała od stężenia roztworu przed suszeniem. Ten efekt można odnieść do analogicznego braku wpływu stężenia roztworów miodu na zawartość wody

Tabela 2. Aktywność wody a_w , gęstość luźna ρ_L , gęstość utręszona ρ_T , współczynnik Hausnera HR oraz Carra CI w proszkach otrzymanych po suszeniu rozpyłowym roztworów modelowych fruktozy, glukozy i ich mieszaniny oraz roztworów miodu

Nazwa	a_w	Gęstość luźna (kg/m ³)	Gęstość utręszona (kg/m ³)	HR	CI (%)
20GF	$0,038 \pm 0,006^a$	$489,3 \pm 24,8^{ab}$	$623,1 \pm 26,0^{ab}$	$1,23 \pm 0,03^a$	$21,5 \pm 0,7^a$
20M	$0,027 \pm 0,005^a$	$481,0 \pm 34,3^a$	$576,8 \pm 63,9^a$	$1,26 \pm 0,01^a$	$16,3 \pm 3,3^a$
30GF	$0,187 \pm 0,008^b$	$484,4 \pm 10,1^a$	$599,3 \pm 10,9^a$	$1,18 \pm 0,03^a$	$19,1 \pm 3,2^a$
30M	$0,028 \pm 0,003^a$	$513,9 \pm 33,0^{ab}$	$635,0 \pm 16,9^{ab}$	$1,26 \pm 0,02^a$	$19,1 \pm 3,1^a$
40GF	$0,286 \pm 0,012^c$	$558,6 \pm 15,0^b$	$705,2 \pm 9,1^b$	$1,24 \pm 0,05^a$	$20,8 \pm 1,1^a$

w uzyskanych proszkach.

Dla porównania, proszki otrzymane przez Domian i Bialik [7] po suszeniu soku jabłkowego z dodatkiem maltodekstryny wykazywały aktywność wody w zakresie od 0,11 do 0,23, a wzrost stężenia roztworów od 50 do 60 % s.s. spowodował wzrost aktywności wody od 0,16 do 0,21.

Otrzymane proszki charakteryzowano pod względem właściwości fizycznych oznaczając gęstość nasypową luźną i gęstość nasypową utrzoną a następnie obliczając wartości współczynnika Hausnera i współczynnika Carra. Na ich podstawie klasyfikowano kohezynność i sypkość proszków. Wartości współczynników podano w tabeli 2 a klasyfikację w tabelach 3 i 4.

Tabela 3. Klasyfikacja sypkości proszków w oparciu o wartość współczynnika Hausnera (HR)

HR	Kohezynność
<1,2	Niska
1,2-1,4	Średnia
>1,4	Wysoka

Tabela 4. Klasyfikacja sypkości proszków w oparciu o wartość współczynnika Carra (CI)

CI (%)	Sypkość
<15	Bardzo dobra
15-20	Dobra
20-35	Słaba
35-45	Zła
> 45	Bardzo zła

Współczynnik Hausnera proszków wynosił od 1,2 do 1,3 a współczynnik Carra od 16,3 do 21,5. Wartość współczynnika Hausnera (HR) informuje o spójności proszku związanej z siłami kohezji. Współczynnik większy od 1,4 wskazuje, że proszek ma właściwości spójnego proszku (kohezynność wysoka). Materiały o współczynniku mniejszym od 1,2 określane są jako proszki o niskiej spójności. Na podstawie wartości przedstawionych w tabeli 2 można stwierdzić, że otrzymane proszki charakteryzują się średnią kohezynnością (HR = 1,2 – 1,4). Na podstawie wielkości współczynników Carra przedstawionych w tabeli 2 stwierdzono, że proszki charakteryzują się słabą lub dobrą sypkością.

WNIOSKI

1) Możliwe jest otrzymanie suszonego miodu o korzystnych właściwościach fizycznych poprzez suszenie rozpyłowe wodnego roztworu miodu z dodatkiem maltodekstryny.

2) Zawarte w miodzie cukry proste (fruktoza i glukoza) nie są substancjami decydującymi w znacznym stopniu o przebiegu suszenia i właściwościach proszku, jak ma to miejsce w przypadku suszenia roztworów modelowych.

3) Otrzymane proszki charakteryzowały się w większości przypadków dobrą sypkością przy średniej kohezynności cząstek.

4) Zastosowanie proszku miodowego jako dodatku do produktów spożywczych oraz suplementów diety wymaga dalszych badań.

LITERATURA

- [1] **ABADIO F.D.B., DOMINGUES A.M., BORGES S.V., OLIVEIRA V.M. 2004.** *Physical properties of powdered pineapple (Ananas comosus) juice – effect of maltodextrin concentration and atomization speed.* Journal of Food Engineering, 64, 285–287.
- [2] **BAKIER S. 2007.** *Metody upłynniania miodu.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Tom 17/30, 32-35.
- [3] **GOULA A.M., ADAMOPOULOS K. G. 2005.** *Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties.* Journal of Food Engineering, 66, 35-42.
- [4] **CANO-CHAUCA M., STRINGHETA P.C., RAMOS A.M., CAL-VIDAL J. 2005.** *Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization,* Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 6, 420-428.
- [5] **CHEGINI G.R., GHOBADIAN B. 2005.** *Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder.* Drying Technology, 23, 657-668.
- [6] **CUI Z.W., SUN L.J., CHEN W., SUN D.W. 2008.** *Preparation of dry honey by microwave–vacuum drying.* Journal of Food Engineering, 84(4), 582-590.
- [7] **DOMIAN E., BIALIK E. 2006.** *Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku.* Acta Agrophysica, 8(4), 803-814.
- [8] **JANISZEWSKA E. 2008.** *Studia nad procesem mikrokapsułkowania aromatów spożywczych metodą suszenia rozpyłowego.* Praca doktorska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
- [9] **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.
- [10] **KEOGH M. K., MURRAY C. A., O'KENNEDY B. T. 2003.** *Effects of ultrafiltration of whole milk on some properties of spray-dried milk powders.* Int. Dairy J., 13, 995-1002.
- [11] **MASTERS K. 1985.** *Spray drying – Handbook.* London, George Godwin.
- [12] **NOEL T.R., RING S.G., WHITTAM P.A. 1990.** *Glass transition in low moisture food.* Trends Food Science Technology, 1, 62-67.
- [13] **PALACHA Z., SITKIEWICZ I. 2008.** *Temperatura przemiany szklistej – parametr stabilności żywności.* Przemysł Spożywczy, 9, 32-37.
- [14] **PAPADAKIS S.E., GARDELI C., TZIA C. 2006.** *Spray drying of raisin juice concentrate.* Drying Technology, 24 (2), 173-180.
- [15] **STARY M., KOWALSKI S. 2010.** *Miód – jego właściwości żywieniowe i zdrowotne.* Zdrowa żywność, zdrowy styl życia, 87, 14-18.

- [16] **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.
- [17] **WILLIAMS M.L., LANDEL R.F., FERRY J.D. 1955.** *The temperature dependence of relaxation mechanisms in amorphous polymers and other glass-forming liquids.* Journal of Chemistry Engineering, 77, 3701-3707.

HONEY SPRAY-DRYING IN A PRESENCE OF MALTODEXTRIN

SUMMARY

The aim of work was to investigate the possibility to spray-dry bee honey with the use of maltodextrin as a carrier material. The following systems were dried: glucose+fructose+maltodextrin model solutions (GF), honey+maltodextrin solutions (M) at concentrations 20, 30, 40% db. In all experiments inlet air temperature and feed ratio speed were kept at 180°C and 0,9 cm³/s respectively. Water content of obtained powders were in a range from 1,1 ± 0,1 to 3,7 ± 0,1 %. Increased initial concentration of solutions GF resulted in increased size of particles, water content and water activity of powders. However, it did not influenced the properties of dried honey M, meaning that sugars present in honey did not decide on the spray drying process performance and powder properties. Based on Hausner ratio and Carr index values the powders were classified as powders of intermediate cohesiveness and of weak and good flowability.

Key words: glucose, fructose, maltodextrin, cohesiveness, glass transition.