

**Aleksandra Jedlińska, Katarzyna Samborska,  
Dorota Witrowa-Rajchert**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
e-mail: aleksandra\_jedlinska@sggw.pl

---

## ASPEKTY TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNE SUSZENIA MIODU

---

**Streszczenie:** Z wytwarzanego miodu w Polsce tylko 1% wykorzystywany jest w przemyśle. Ograniczone zastosowanie miodu wiąże się z jego lepką konsystencją, która utrudnia mycie urządzeń, jak również z krystalizacją zmuszającą do jego powtórnego upłynnienia. Doskonałym rozwiązaniem problemu wydaje się miód w proszku. Niestety wysuszenie miodu nie jest zadaniem łatwym. Miód, ze względu na wysoką zawartość monosacharydów – na poziomie około 80%, wykazuje niską temperaturę przemiany szklistej, która doprowadza do powstania struktury gumiastej utrudniającej wysuszenie. Dzięki zastosowaniu substancji nośnikowych udaje się podwyższyć temperaturę przemiany szklistej i wysuszyć miód. Jednak wciąż wyzwaniem techniczno-technologicznym jest produkcja miodu w proszku o dobrych właściwościach funkcjonalnych, z jednoczesnym małym dodatkiem nośników i niewielką stratą związków biologicznie aktywnych.

**Słowa kluczowe:** miód, suszenie, proszki spożywcze, przemian szklista.

### 1. Wstęp

Leczenie produktami pszczelimi, zwane apiterapią, znane jest od wieków i wciąż cieszy się dużą popularnością. Utarło się powiedzenie, „kto miód je i pije, ten długo żyje”. Miód to jedyny w swoim rodzaju, naturalny środek odżywczy i leczniczy. Stosowany profilaktycznie przez lata może zapobiec leczeniu farmakologicznemu. Ma działanie bakteriobójcze, wzmacniające, uodparniające, oczyszczające, regenerujące, a nawet przeciwbólowe [Kaczmarek 2010; Trzybiński 2010].

### 2. Właściwości zdrowotne miodu

Miód w 80% składa się z cukrów prostych (głównie glukozy i fruktozy) będących produktem energetycznym od razu „gotowym” do użycia przez organizm. Dlatego też spożywanie miodu jest zalecane przy wykonywaniu ciężkiej pracy fizycznej lub umysłowej. Miód występuje w diecie alpinistów, sportowców i pletwonurków. Po-

nadto cukry proste biorą udział w detoksykacji organizmu, chronią przed szkodliwym działaniem zanieczyszczonego środowiska oraz zmniejszają toksyczne działanie m.in. nikotyny i alkoholu. Zawarta w miodzie acetylocholina obniża ciśnienie krwi i poprawia krążenie. Obecność choline, działającej ochronnie na wątrobę, zwiększa wydzielanie żółci oraz reguluje poziom cholesterolu we krwi. Jony metali stymulują produkcję czerwonych krwinek i hemoglobiny. Miód ma działanie bakteriostatyczne związane z powstawaniem nadtlenu wodoru, wysokiego ciśnienia osmotycznego i obecności olejków eterycznych, flawonoidów, a także enzymów zwalczających bakterie, wirusy i grzyby. Dzięki obecności flawonoidów neutralizujących wolne rodniki miód ma działanie antynowotworowe. Do bakterii, których rozwój jest hamowany przez miód, zalicza się *Bacillus subtilis*, *Bacillus alvei*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas pyocyanea*, *Salmonella spec.*, *Staphylococcus aureus*. Miód pozytywnie wpływa na pracę jelit – zawarte w nim kwasy podnoszą kwasowość w układzie pokarmowym i sprzyjają rozwojowi korzystnej flory bakteryjnej (*Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Enterobacteriaceae*) [Górska, Jarzab, Gamian 2009; Renate 2008; Stary, Kowalski 2010].

### 3. Wykorzystanie miodu na skalę przemysłową

Miód idealnie odpowiada gustom współczesnych konsumentów – jest produktem naturalnym o niezwykle bogatym składzie chemicznym, zawiera 20 rodzajów aminokwasów, większość witamin, enzymów i biopierwiastków. Dodatkowym atutem jest piękny, ciepły kolor oraz przyjemny i charakterystyczny zapach. Miód jest wykorzystywany także na skalę przemysłową. Wśród leków z dodatkiem miodu można kupić syropy dla dzieci o działaniu odpornościowym i przeciwutleniającym, tabletki zwalczające bakterie odpowiedzialne za stan zapalny gardła czy herbatki ziołowe dodające sił witalnych. Wśród kosmetyków powszechne są żele pod prysznic, odżywki do włosów, kremy do twarzy oraz balsamy do ciała wykorzystujące miód w celu wzbogacania skóry w cenne składniki odżywcze. Miód dodawany jest do takich produktów spożywczych, jak batony, cukierki, orzeszki, płatki śniadaniowe, herbaty i napoje [Renate 2008; Stary, Kowalski 2010].

Niestety wykorzystanie miodu w przemyśle spożywczym jest ograniczone, co wynika z jego niekorzystnych właściwości fizycznych, głównie z dużej gęstości i lepkości. Problem stanowi dozowanie – miód przykleja się do ścian przewodów i zbiorników, co przyczynia się do jego dużych strat. Dodatkowe ograniczenie stanowi proces krystalizacji miodu i konieczność jego powtórnego upłynnienia. Miód w postaci skryształizowanej ma większą aktywność wody, często umożliwiającą rozwój drożdży, co w efekcie może przyczynić się do jego fermentacji [Bateson 1990; Zheng-Wei i in. 2008].

Scharakteryzowane wcześniej właściwości miodu i możliwości jego zastosowania powodują zwiększenie popytu na miód suszony. Zawartość wody w suszonym

miodzie wynosi od  $1,1 \pm 0,1$  do  $3,7 \pm 0,1\%$  [Samborska, Choromańska, Witrowa-Rajchert 2011], dlatego może on być swobodnie mieszany z innymi suszonymi produktami, jak na przykład przyprawą, z zachowaniem jego charakterystycznego aromatu. Może on wchodzić w skład suplementów diety i stanowić środek słodzący w produktach dietetycznych. Dodatkowe zalety to wygoda dozowania, transportu, zmniejszenie powierzchni przechowywania, ułatwienie mycia maszyn i zwiększenie higieniczności procesu produkcyjnego [Samborska, Choromańska, Witrowa-Rajchert 2011; Zheng-Wei i in. 2008].

#### 4. Suszenie miodu – możliwości i ograniczenia

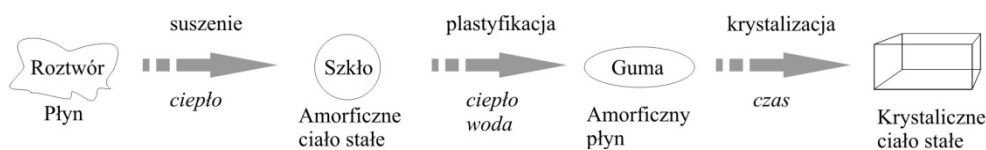
Niestety duża zawartość cukrów (szczególnie cukrów prostych) jest przyczyną problemów pojawiających się podczas suszenia miodu. Cukry proste powodują obniżenie temperatury przemiany szklistej, co w efekcie prowadzi do uzyskania produktu w stanie gumowatym (jedna z postaci stanu amorficznego) utrudniającym proces suszenia [Bhandari, Datta, Howes 1997].

Ciała stałe występują w dwóch stanach zależnych od składu, temperatury i wilgotności: krystalicznym i amorficznym. Pierwszy z nich to stan pełnego uporządkowania, a przykładami może być lód czy sacharoza krystaliczna. Drugi stanowi stan bezpostaciowy, metastabilny, w którym cząsteczki rozmieszczone są w sposób nieuporządkowany. Amorficzna matryca może występować w dwóch postaciach, jako stan szklisty (szkło) i gumowaty (guma) [Domian, Lenart 2010].

Szkło jest konfiguracyjnie zamrożoną cieczą. Pozostaje w stanie metastabilnym ze względu na dużą lepkość. Powstanie szkła wymaga gwałtownego chłodzenia lub odparowania. Woda występująca na ziemi w stanie stałym ma postać krystaliczną (lód). Jednak wiele znanych we wszechświecie form wody nie jest krystaliczna, ale amorficzna. Woda w formie amorficznej znajduje się w kurzu galaktycznym i w ogonach komet. Stan amorficzny wody osiąga się przez bardzo szybkie ochłodzenie ciekłej wody (szybkość zmiany temperatury ok.  $1\ 000\ 000\ \text{K}/\text{sek}$ ) tak, aby cząsteczki nie miały czasu na utworzenie formy krystalicznej. Ciekła woda musi być ochłodzona do temperatury  $-137^\circ\text{C}$  (temperatura przejścia szklistego). Jest to proces analogiczny do produkcji lodów, które trzeba zamrozić szybko, aby uchronić je przed wzrostem kryształów lodu. Związki chemiczne, zwane krioprotektantami, mogą być dodane do surowca, aby obniżyć jego punkt zamrażania i zwiększyć lepkość, co hamuje tworzenie kryształów. Witryfikacja (zeszklenie) bez użycia krioprotektantów może być osiągnięta tylko przez bardzo szybkie chłodzenie. Proces ten używany jest w biologii i medycynie do utrwalania komórek i tkanek (brak zniszczenia ścian komórkowych) oraz w doświadczeniach naukowych, szczególnie w elektronowej kriomikroskopii biomolekuł. Tą techniką można utrwalić indywidualne komórki w celu obrazowania stanu zbliżonego do stanu, w którym woda jest cieczą (stan amorficzny szklisty – „stop klatka” stanu ciekłego) [Shrivalli Bhat, Ajay Dharma, Bhat 2005].

W stanie szklistym cząsteczki nie mogą się poruszać, a ciało wykazuje bardzo dużą lepkość, często jest kruche i przezroczyste. Możliwe są jedynie niewielkie ruchy łańcuchów bocznych. Ciało w stanie gumowatym przypomina ciekłą gumę, a cząsteczki je tworzące wykazują znacznie większą ruchliwość, co związane jest ze spadkiem lepkości środowiska [Domian, Lenart 2010].

Szybkie odparowanie wody podczas suszenia rozpyłowego prowadzi do otrzymania proszków w postaci amorficznej. Przejście zeszlonego materiału w stan gumowaty następuje w temperaturze przemiany szklistej ( $T_g$ ), charakterystycznej dla danego materiału i może występować na skutek wzrostu temperatury lub wzrostu zawartości wody (rys. 1). Woda działa w produktach jak plastyfikator, stąd zwiększenie jej zawartości obniża temperaturę przemiany szklistej. Przykładowo temperatura przejścia szklistego maltodekstryny niskoscukrzoney DE10 (ilość cukrów redukujących w wysokości 10%) o zawartości wody 0,02g/g s.s. wynosi 103°C, a gdy zawartość wody wzrośnie do 0,07 g/g s.s., temperatura tej przemiany obniży się do 60°C (rys. 2) [Labuza, Nelson, Coppersmith 1992]. W przypadku produktów o wysokiej zawartości cukrów prostych temperatura produktu w czasie suszenia jest wyższa niż temperatura przemiany szklistej. Wzrost różnicy pomiędzy temperaturą suszonego materiału a temperaturą przemiany szklistej powoduje wzrost lepkości proszku. W efekcie materiał występuje w formie struktury gumowatej, o dużych siłach kohezji między cząstkami i dużych siłach adhezji między cząstkami a ścianami suszarki [Truong, Bhandari, Howes 2005]. Temperatura przemiany szklistej wzrasta wraz ze zwiększającą się masą cząsteczkową cukrów, odpowiednio:  $T_g$  fruktozy <  $T_g$  maltozy <  $T_g$  skrobia. Wysuszenie metodą rozpyłową produktów bogatych w monosacharydy (w tym miód) wykazujących niską temperaturę przemiany szklistej jest zatem w zasadzie niemożliwe. Problem można rozwiązać poprzez obniżenie temperatury suszenia lub dodanie wysokocząsteczkowych substancji nośnikowych, np. maltodekstryn. Maltodekstryny są używane ponadto w celu opóźnienia krystalizacji, poprawy warunków suszenia, zamknięcia substancji aktywnych w mikrokapsułkach oraz zmniejszenia kleistości i higroskopijności wysuszonych materiałów. Jednak w celu zachowania jak najlepszej jakości sensorycznej warto ograniczać zawartość nośników [Bhandari, Datta, Howes 1997; Labuza, Nelson, Coppersmith 1992; Pałacha, Sitkiewicz 2008; Roos, Karel 1991; Ross 1995; Truong, Bhandari, Howes 2005; Wang, Langrish 2009].



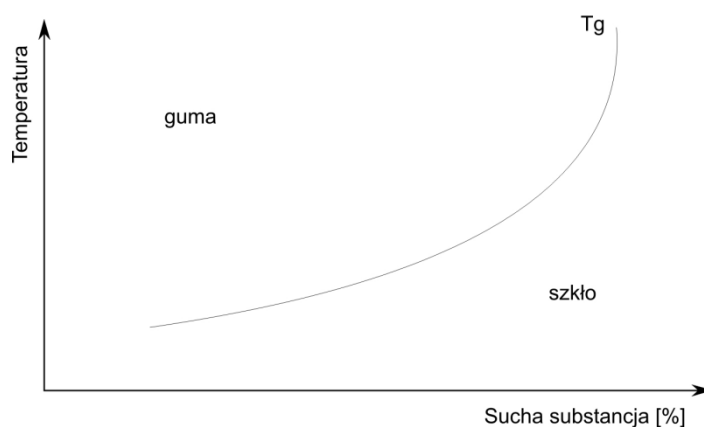
Rys. 1. Schemat przemian fazowych ciał stałych

Źródło: [Bhandari, Datta, Howes 1997].

Teoria przemiany szklistej może być pomocna w zrozumieniu zmian zachodzących podczas przetwarzania czy przechowywania żywności. Jej założenia są następujące:

1) produkt wykazuje największą stabilność w temperaturze przemiany szklistej i poniżej;

2) powyżej temperatury przejścia szklistego dochodzi do obniżenia stabilności żywności, a jest ona tym większa, im większa jest różnica między temperaturą materiału a temperaturą przejścia szklistego (rys. 2) [Champion, Le Meste, Simatos 2000; Pałacha, Sitkiewicz 2008].



Rys. 2. Temperatura przemiany szklistej w zależności od zawartości suchej substancji

Źródło: [Labuza 1999].

Przykładowo proszek miodowy otrzymany metodą suszenia rozpyłowego w postaci szklistej będzie się charakteryzował dobrą sypkością. Jednak w przypadku jego przejścia w stan gumowaty, pod wpływem wysokiej zawartości wody lub temperatury, podczas suszenia albo przechowywania, w następstwie zacznie krystalizować i zbrylać się. Ziarnista struktura proszku o postaci krystalicznej może być przyczyną pogorszenia tekstury końcowego produktu, np. lodów. Zbrylanie i aglomeracja proszków o wysokiej zawartości cukrów jest główną przyczyną ich ograniczonego zastosowania. Aglomeracja związana jest z powierzchniowym wiązaniem wody przez cząsteczki, a dochodzi do niej, gdy powierzchniowa lepkość cząstek osiągnie wartość  $10^6$ - $10^8$  Pa·s [Champion, Le Meste, Simatos 2000; Labuza 1999].

Szybkość reakcji chemicznych w produktach w stanie gumy jest znacznie większa w porównaniu z tymi o strukturze szklistej. Karmas i wsp. (1992) zauważyli, że szybkość reakcji nieenzymatycznego brunatnienia w temperaturze niższej od temperatury przejścia szklistego ( $T_g$ ) zachodzi bardzo powoli. Z kolei największy wzrost szybkości reakcji nieenzymatycznego brunatnienia zauważono w temperaturze o  $20$ - $75^\circ\text{C}$  wyższej od  $T_g$  [Champion, Le Meste, Simatos 2000; Labuza 1999].

Reakcje nieenzymatycznego brunatnienia to kolejne najczęściej niepożądane procesy zachodzące podczas suszenia i przechowywania suszonego miodu. Reakcje Maillarda obejmują szereg następujących po sobie reakcji między cukrami redukującymi, najczęściej D-glukozą, a związkami zawierającymi wolną grupę aminową. Produktami tych reakcji jest liczna grupa związków powszechnie uznawana za kancerogenne i mutagenne, ale również wiele substancji o pozytywnym, przeciwutleniającym działaniu. W przypadku miodów jednym z produktów reakcji Maillarda jest hydroksymetylofurfural (HMF) pozwalający ocenić, czy miód został poddany obróbce termicznej (świeżo odwirowany miód nie zawiera HMF). Do produktów o pozytywnym działaniu na organizm człowieka należą melanoidy, o działaniu przeciwutleniającym i antymutagennym, obniżające poziom cholesterolu oraz stymulujące wzrost bakterii jelitowych. Turkmen i wsp. (2005), przetrzymując próbki miodu w inkubatorach o temperaturze 50, 60 i 70°C przez kilkanaście dni, wykazali, że wraz z przedłużaniem czasu i wzrostem temperatury przechowywania podwyższa się aktywność przeciwutleniająca miodów. Mimo że ogrzewanie zniszczyło liczną grupę przeciwutleniaczy naturalnie występujących w miodzie, to ogólna aktywność przeciwutleniająca zwiększyła się za sprawą produktów reakcji Maillarda [De Maulenaer i in. 2011; Michalska, Zieliński 2007; Quintas, Brandão, Silva 2007].

## 5. Wyniki badań dotyczących suszenia miodu

Preparaty suszonego miodu można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to susze w postaci kostek lub płatków otrzymane w wyniku krystalizacji, powszechnie spożywane w postaci cukierków. Drugą grupę stanowią susze o 50-75% zawartości miodu. Miód suszony próbowano otrzymywać metodą suszenia rozpyłowego, tunelowego, próżniowego, bębnowego, mikrofalowego i liofilizacyjnego. Jednak najczęściej stosowaną metodą jest suszenie rozpyłowe. Roztwór wyjściowy do suszenia stanowi miód rozpuszczony w wodzie z nośnikami, takimi jak np. skrobia, malto-dekstryna, guma arabska. Otrzymanie miodu w proszku o dobrej jakości możliwe jest dzięki zastosowaniu suszarek rozpyłowych o specjalnej konstrukcji. W celu zapobiegania lokalnym depozytom proszku w komorze stosuje się miotły i szczotki powietrzne. Zastosowanie płaszczy chłodzących okalających komorę umożliwia utrzymanie niskiej temperatury na jej ścianach [Hebbar, Rastogi, Subramanian 2008].

Większość wyników badań suszenia miodu zostało opatentowanych. Patenty dotyczyły między innymi stosowania mieszanin różnych nośników, parametrów procesu suszenia, początkowych stężeń roztworów kierowanych do suszarki czy różnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń. Patenty te dotyczą głównie suszenia rozpyłowego, a w mniejszym stopniu innych metod usuwania wody z mieszanin zawierających w swym składzie miód. Przykładowe wyniki badań przedstawiono poniżej.

Hebbar i wsp. (2008) suszyli miód rozpyłowo z dekstryną, maltozą i dodatkami przeciwbrylającymi przy temperaturze wlotowej 115-125°C i wylotowej 80-85°C.



Otrzymany proszek wykazywał dobrą sypkość, mimo dużej zawartości miodu (około 52%), z zachowaniem jego charakterystycznego smaku, aromatu i barwy. W innych badaniach dotyczących suszenia rozpyłowego miodu z maltodekstryną (stosunek 50:50) uzyskano efektywność suszenia (odzysk suchej substancji zawartej w roztworze początkowym) w granicach 28%. Kiedy 10% maltodekstryny zamieniono na izolat białek serwatkowych, efektywność procesu wzrosła do 82% [Adhikari i in. 2007].

Suszenie mikrofalowe miodu pod obniżonym ciśnieniem przeprowadzono w 6, 8 i 10 mm warstwach do zawartości wody mniejszej niż 3% i temperaturze wnętrza warstwy między 30 a 50°C. Barwa suszu nie różniła się znacząco od barwy miodu wyjściowego. Zawartość cukrów w suszu, m.in. glukozy i fruktozy, w porównaniu z miodem wyjściowym zmieniła się nieznacznie. Badano również zmiany zawartości związków lotnych. Suszony miód zawierał mniej kwasów, a więcej aldehydów i ketonów [Zheng-Wei 2007].

Sahu (2008) suszył miód metodą próżniową z dodatkiem: maltodekstryny (jako nośnika), monosterynianu glicerolu (w celu poprawy sypkości) i ortofosforanu (V) wapnia (aby zapobiec zbrylaniu). Roztwory rozlewano na teflonowych tacach, do wysokości 3 mm, i suszono przy ciśnieniu 710-750 mm Hg i temperaturze 70±2°C. Na podstawie pomiaru higroskopijności, zbrylania, sypkości, bezwzględnej różnicy barwy, określono optymalny skład substancji nośnikowej. Wynosił on 0,429-0,55 kg maltodekstryny, 0,0121-0,0157 kg monosterynianu glicerolu, 0,0147-0,0156 kg ortofosforanu wapnia na kg wysuszonego miodu.

Ahalya Kosal Ram (2011) prowadził badania suszenia rozpyłowego miodu w celu zastosowania proszku miodowego jako zamiennika sacharozy w chlebie. W temperaturze 200°C suszono roztwory o stężeniu 50%, w których stosunek miodu do skrobi kukurydzianej wynosił 2:3. Następnie porównywano między innymi objętość, masę, gęstość, zawartość wody oraz teksturę czterech rodzajów chleba, których część cukrową stanowiły odpowiednio: (1) 100% ciekły miód, (2) miód w proszku i sacharoza w stosunku 1:1, (3) 100% miód w proszku, (4) 100% sacharoza. Chleb, w którym część cukrową stanowił w całości sproszkowany miód, charakteryzował się największą objętością i jędrnością oraz najmniejszą podatnością na czerstwienie.

## 6. Podsumowanie

Przytoczone wyniki niewielkiej liczby badań dotyczących suszenia miodu świadczą o tym, że mamy do czynienia z trudnym problemem. Analizując dostępne bazy danych (EBSCO, ScienceDirect, SpringerLink), znaleziono jedynie 7 artykułów poświęconych suszeniu miodu. Większość wyników badań jest chroniona patentami, co świadczy o istotności tego zagadnienia, również w aspekcie komercyjnego wykorzystania tego typu produktów. Wynika to między innymi ze zwiększającej się świadomości żywieniowej konsumentów, która pośrednio decyduje o popycie na miód suszony. Może być on zamiennikiem sacharozy w produktach wytwarzanych na ska-

łę przemysłową, np. w batonikach, cukierkach, pieczywie, płatkach śniadaniowych, czy też składnikiem suplementów diety i nutraceutyków. Wyzwaniem dla naukowców pozostaje otrzymanie miodu w proszku z najmniejszym dodatkiem nośników, a zarazem o dobrych cechach jakościowych.

## Literatura

- Adhikari B., Howes T., Shrestha A.K., Bhandari B.R., *Development of stickiness of whey protein isolate and lactose droplets during convective drying*, "Chemical Engineering and Processing" 2007, 46, s. 420-428.
- Ahalya Kosal Ram, *Production of spray-dried powder and its application in bread*, Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2011.
- Bateson G.F., *Methods for drying honey and molasses*, United States Patent, Patent Number 4.919.956, 1990.
- Bhandari B.R., Datta N., Howes T., *Problem associated with spray drying of sugar-rich foods*, "Drying Technology" 1997, 15(2), s. 671-684.
- Champion D., Le Meste M., Simatos D., *Towards an improved understanding of glass transition and relaxations in foods: molecular mobility in the glass transition range*, "Trends in Food Science & Technology" 2000, 11, s. 41-55.
- De Maulenaer B., Huyghebaert A., Kerkaert B., Mestdagh F., *Faculty of bio-science engineering*, Department of Food Safety and Food Quality, Ghent University, 2011.
- Domian E., Lenart A., *Właściwości fizyczne żywności sypkiej*, [w:] *Właściwości fizyczne żywności*, red. Z. Pałacha, I. Sitkiewicz, WNT, Warszawa 2010, s. 298-303.
- Górska S., Jarzab A., Gamian A., *Bakterie probiotyczne w przewodzie pokarmowym człowieka jako czynnik stymulujący czynnik odpornościowy*, „Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej” 2009, 63, s. 653-667.
- Hebbar H.U., Rastogi N.K., Subramanian R., *Properties of dried and intermediate moisture honey products: a review*, "International Journal of Food Properties" 2008, 11, s. 804-819.
- Kaczmarek S., *Czy tylko apiterapia?* „Pasieka” 2010, 44(6), s. 44.
- Labuza T., *Literature review on water activity and glass transition*, University of Minnesota Department of Food Science and Nutrition, 1999, s. 11-20.
- Labuza T., Nelson K., Coppersmith Ch., *Glass Transition Temperatures of Food Systems*, 1992, s. 15-17.
- Michalska A., Zieliński H., *Produkty reakcji Maillarda w żywności*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2007, 2 (51), s. 5-16.
- Pałacha Z., Sitkiewicz I., *Temperatura przemiany szklistej – parametr stabilności żywności*, „Przemysł Spożywczy” 2008, 62 (9), s. 32-37.
- Quintas M.A.C., Brandão T.R.S., Silva C.L.M., *Modelling colour changes during the caramelisation reaction*, 2007, 83 (4), s. 483-491.
- Renate F., *Miód – odżywia, leczy, pielęgnuje*, Wydawnictwo RM, Warszawa 2008.
- Roos Y., Karel M., *Phase transitions of mixtures of amorphous polysaccharides and sugars*, "Biotechnology Progress" 1991, 7, s. 49-53.
- Ross Y., *Glass transition-related physicochemical changes in foods*, "Food Technology" 1995, 49(10), s. 97-102.
- Sahu J.K., *The effect of additives on vacuum dried honey powder properties*, "International Journal of Food Engineering" 2008, 4(8), art. 9.
- Samborska K., Choromańska A., Witrowa-Rajchert D., Bakier S., *Suszenie rozpyłowe miodu pszczelego z maltodekstryną*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” 2011, 1, s. 19-23.



- Shrivalli N. Bhat, Ajay Dharma, Bhat S.V., *Vitrification and glass transition of water: Insight from spin probe ESR*, "Physical Review Letters" 2005, 95, s. 235702.
- Stary M., Kowalski S., *Miód – jego właściwości żywieniowe i zdrowotne*, „Zdrowa Żywność. Zdrowy Styl Życia” 2010, 87(1), s. 14-18.
- Truong V., Bhandari B. R., Howes T., *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" 2005, 71, s. 55-65.
- Trzybiński S., *Czy miód jest dobry?*, „Pasieka” 2010, 44(6), s. 18-21.
- Turkmen N., Sari F., Poyrazoglu E.S., Velioglu Y.S., *Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey*, "Food Chemistry" 2006, 95, s. 653-657.
- Wang S., Langrish T., *A review of process simulations and the use additives in spray drying*, "Food Research International" 2009, 42, s. 13-25.
- Zheng-Wei C., Li-Juan S., Wei Ch., Da-Wen S., *Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying*, "Journal of Food Engineering" 2008, 84, s. 582-590.

## TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF HONEY DRYING

**Summary:** Out of total honey production in Poland, only 1% is used on an industrial scale. Limited use of honey is related to its sticky consistency, which causes problems with cleaning the devices, and crystallization, which makes it necessary to re-liquefaction. Honey powder seems to be a perfect solution for the problem. Unfortunately, it is not easy to obtain honey in powder. Due to high content of sugar in honey (in the amount of 80%) it has a low glass transition temperature, which leads to the formation of gum structure, which makes the drying difficult. The use of carrier substances increases the glass transition temperature and allows to obtain honey powder. The production of honey powder with good functional properties, small content of drying additions and little loss of biologically active compounds is still technical and technological challenge for the researchers.

**Keywords:** honey, drying, food powders, glass transition.