

Dr inż. Sławomir BAKIER
Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka

METODY UPŁYNNIANIA MIODU®

W artykule zaprezentowano analizę różnych metod upłynniania miodu poprzez ogrzewanie - wykorzystywanych w praktyce przetwórczej. Podstawowym kryterium, jakie zastosowano w ocenie poszczególnych metod był ich wpływ na jakość końcową produktu. Brano pod uwagę temperaturę, do jakiej jest ogrzewany produkt w trakcie procesu i czas jej oddziaływania. Określono również wpływ sposobu dostarczania ciepła niezbędnego do upłynnienia miodu. Na podstawie przeprowadzonej dyskusji wskazano optymalny sposób postępowania przy upłynnianiu miodu. Uzyskane wyniki są wskazówką do projektowania obiektów technicznych przeznaczonych do przetwórstwa miodu.

Słowa kluczowe: miód, upłynnianie miodu, miód skryształizowany, ogrzewanie miodu.

WPROWADZENIE

W miodzie od 85 do 95% suchej masy stanowią węglowodany: glukoza i fruktoza [23]. Praktycznie glukoza występuje w stanie przesyconym, w związku z czym, w trakcie przechowywania dochodzi do jej krystalizacji [10]. Miód po krystalizacji tworzy układ dwufazowy, w którym fazą stałą jest monohydrat glukozy występujący obok wodnego roztworu głównie fruktozy [1; 22]. Krystalizacja powoduje bardzo istotne zmiany właściwości miodu [9]. Główną zmianą jest całkowita zmiana konsystencji, która przyjmuje postać ciała stałego. Dodatkowo wzrasta aktywność wody, co może być powodem fermentacji produktu na skutek uaktywnienia drożdży osmofilnych [18;19]. Po krystalizacji ten sam miód postrzegany jest jako zupełnie inny produkt i przez wielu konsumentów (pomimo, że powstaje w wyniku naturalnego procesu), traktowany jest jako produkt nie do zaakceptowania [10]. Dodatkowo proces krystalizacji sprawia poważne problemy technologiczne związane z jego przetwórstwem. Szczególnie dotyczy to możliwości oczyszczenia miodu z zanieczyszczeń mechanicznych w stanie skryształizowanym. Kłopotliwe staje się opróżnianie opakowań zbiorczych oraz występują poważne problemy z dozowaniem miodu do opakowań jednostkowych.

Stąd też powszechnie stosuje się upłynnianie miodu skryształizowanego poprzez ogrzewanie zwane również w praktyce produkcyjnej dekrystalizacją. Zabieg ten odpowiednio przeprowadzony dodatkowo utrwała stan płynny produktu. W trakcie ogrzewania miodu następuje wydzielenie tzw. kryształów włóknistych [6]. Kryształy te charakteryzują się wydłużonym kształtem, dają się łatwo odkształcać bez łamania się i są wyjątkowo trwałe termicznie. Nie rozkładają się termicznie nawet podczas ogrzewania do temperatury 84°C. Po ostudzeniu ogrzewanego miodu kryształy tworzą na jego powierzchni cienką warstwę w postaci jasnej smugi a nawet warstwy piany [3]. Z miodu muszą być usunięte na drodze filtracji, gdyż mają stymulujące oddziaływanie na proces krystalizacji.

Ogrzewanie miodu pogarsza właściwości produktu poprzez inaktywację związków biologicznie czynnych i wydzielanie 5-hydroksymetylofurfuralu (HMF-u) – związku antyżywnościowego [20; 21]. W przetwórstwie miodu ogrzewanie jest krytycznym punktem, nieodpowiednie przeprowadzenie tego procesu może doprowadzić do całkowitej utraty przez miód jakości handlowej. Zmiany właściwości miodu

zachodzą głównie pod wpływem wysokiej temperatury, ale równie istotnym parametrem jest czas jej oddziaływania [22]. Ogrzewanie przez 30 minut w temperaturze 63°, podobnie jak przez 5 dni w temperaturze 48°C, powoduje nawet podwojenie ilości HMF-u w miodzie [11]. Stąd też i w stosunku do miodu próbuje się stosować zasadę HTST (wysoka temperatura, krótki czas) w celu ograniczenia negatywnego oddziaływania wysokiej temperatury na jakość miodu [4]. Niestety zastosowanie szybkiego ogrzewania miodu skryształizowanego napotyka na szereg barier technicznych związanych z intensywnym dostarczeniem ciepła. Spowodowane jest to głównie właściwościami fizycznymi miodu skryształizowanego. Stąd też poszukiwania nowych metod i urządzeń do upłynniania miodu [5].

Obecnie w praktyce przemysłowej stosowanych jest szereg metod ogrzewania miodu. Niestety często realizowane są one nawet w dużej skali w sposób daleki od optymalnego. Przedsiębiorcy zasłaniając się ochroną przed konkurencją unikają dyskusji na ten temat, w wyniku czego, dochodzi często do powielania anachronicznych rozwiązań technicznych. Stąd też dostępna szczegółowa analiza na temat metod upłynniania miodu jest bardzo potrzebna. W Polsce około 65% produkcji krajowej miodu rozprowadzana jest poprzez sprzedaż bezpośrednią [17]. W związku z powszechnym zjawiskiem ogrzewania miodu bezpośrednio przez pszczelarzy, informacje na temat optymalnych metod ogrzewania miodu powinny być upowszechniane, gdyż tylko w taki sposób można doprowadzić do poprawy jakości tego produktu.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem doniesienia jest przedstawienie szczegółowej analizy różnych metod upłynniania miodu stosowanych w praktyce produkcyjnej. Na podstawie przeprowadzonej analizy wskazano również optymalny sposób postępowania z miodem umożliwiający minimalizację strat jego jakości. Praca jest podsumowaniem prac badawczych realizowanych w tym zakresie przez autora i odwołuje się do wcześniej opublikowanych materiałów, jak też literatury źródłowej.

CHARAKTERYSTYKA PARAMETRÓW TERMOFIZYCZNYCH MIODU SKRYSTALIZOWANEGO

Faza krystaliczna miodu – monohydrat glukozy jest formowany w zależności od składu chemicznego (pochodzenia) i warunków zewnętrznych [23]. W efekcie ciepło przemiany fazowej nawet dla tego samego miodu, który krystalizował

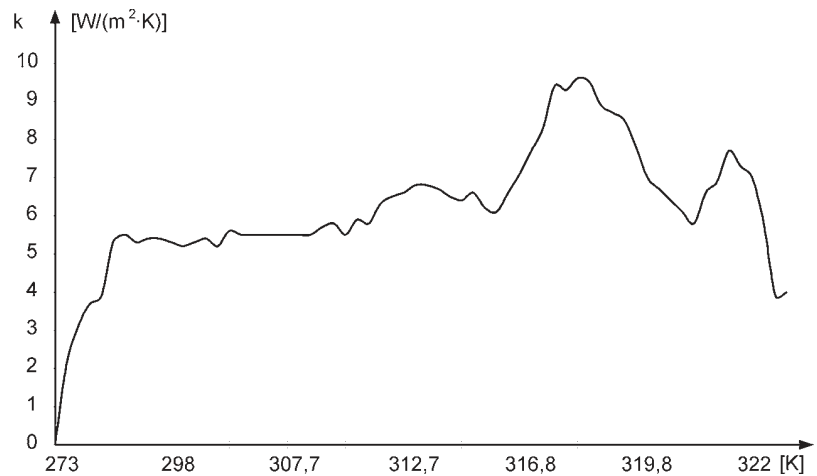
w różnych warunkach jest różne i wynosi od około 15 do 40 kJ·kg⁻¹ [15]. Ciepło dekrystalizacji polskich miodów jest wyższe i wynosi na ogół do 60-75 kJ·kg⁻¹ [12]. Przy czym należy zwrócić uwagę, że monohydrat glukozy jest związkami termicznym trwałym do temperatury 50°C i w czystej postaci charakteryzuje się ciepłem przemiany fazowej wynoszącym 20.5 kJ·mol⁻¹ [13]. Współczynnik przewodzenia ciepła jest niski i wynosi około $\lambda=0,374 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, ciepło właściwe osiąga wartości od 2,694 do 2,953 kJ·kg⁻¹·K⁻¹, a dyfuzyjność termiczną można opisać równaniem: $a = (257,73 - 0,90T) \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ [16]. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na bardzo wysoką lepkość miodu, która w zależności od zawartości wody i temperatury zmienia się w szerokich granicach [14].

Podsumowując należy stwierdzić, że właściwości termofizyczne nie sprzyjają intensyfikacji procesu wymiany ciepła. Wysoka lepkość, niska wartość przewodności cieplnej, faza stała, która absorbuje energię, powodują, że proces transportu ciepła jest utrudniony. Odbywa się on w zależności od układu geometrycznego początkowo zawsze na drodze przewodzenia, a następnie po częściowym upłynnieniu poprzez konwekcję. Upłynnienie miodu następuje w stosunkowo szerokim zakresie temperatur, na co jednoznacznie wskazują wyniki uzyskane techniką DSC [12;15]. Podgrzewanie miodu powoduje najpierw częściowe rozpuszczanie fazy krystalicznej a dopiero w temperaturze 50°C zachodzi całkowity rozpad monohydratu glukozy [13].

METODY UPŁYNNIANIA MIODU

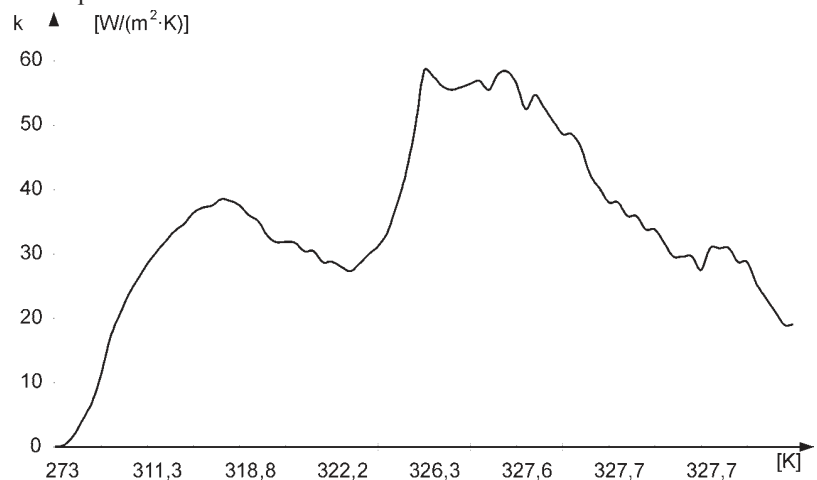
Upłynnianie miodu poprzez ogrzewanie może być realizowane w różnych warunkach. Analizując dekrystalizację miodu należy zwrócić uwagę, że w trakcie jej realizacji występują jednocześnie zjawiska rozpuszczania i rozkładu fazy krystalicznej oraz ogrzewanie fazy płynnej. Metody ogrzewania można podzielić ze względu na: miejsce doprowadzenia energii do realizacji przemiany fazowej, sposób doprowadzenia ciepła, czy też skalę procesu. W zależności od miejsca doprowadzenia energii cieplnej stosowane metody można podzielić na pośrednie i bezpośrednie. Metody pośrednie polegają na ogrzewaniu całego opakowania, a sposób przekazywania ciepła w miejsce upłynniania następuje za pośrednictwem konwekcji naturalnej lub wymuszonej upłynnionego miodu. Metody bezpośrednie charakteryzują się taką realizacją procesu, że ciepło dostarczane jest bezpośrednio w strefę przemiany fazowej. Wyższość metod bezpośrednich sprowadza się do formy procesu, w których element grzewczy stale przylega do bryły ogrzewanego miodu, a płynny miód wypływa ze strefy ogrzewania. Dzięki temu czas przebywania miodu w strefie wysokiej temperatury jest krótki i możliwe jest stosowanie wysokiej temperatury powierzchni grzewczej bez uszczerbku jakości produktu. Taka realizacja procesu możliwa jest poprzez stosowanie dekrystalizatorów elektrycznych w postaci spirali, która jest wkładana do beczki od góry [4]. W trakcie realizacji procesu następuje jej „opadanie” wraz ze zmniejszaniem się ilości miodu skryształizowanego. Niestety, zastosowanie spirali ogrzewanych elektrycznie związane jest z występowaniem dużych gradientów temperatury i może powodować miejscowe przywieranie

produktu, co powoduje charakterystyczne zmiany smaku. Alternatywną metodą jest upłynnianie w warunkach ogrzewania w bliskim kontakcie [4]. Beczka ze skryształizowanym miodem jest wówczas przewrócona do góry dnem i przylega bezpośrednio do powierzchni skryształizowanego miodu [5]. Miód płynny wypływa na zewnątrz, dzięki czemu czas pozostawania w strefie wysokiej temperatury jest stosunkowo krótki i straty właściwości odżywczych zminimalizowane. Metody bezpośrednie ogrzewania mają też pewną wadę związaną z obecnością pozostałości fazy stałej w upłynnionym miodzie. Krótki czas przebywania miodu w stanie płynnym powoduje, że nie wszystkie kryształy zdążą się rozpuścić. Tworzą one w fazie płynnej zarodki, które przyspieszają rekrystalizację. Muszą więc być usunięte przez filtrację lub też dodatkowo przetrzymane w wysokiej temperaturze przez dłuższy czas.



Rys. 1. Zmiany współczynnika przenikania w zależności od temperatury miodu przy ogrzewaniu w warunkach konwekcji swobodnej w powietrzu w temperaturze 330 K.

Sposób dostarczania ciepła do upłynniania miodu może odbywać się poprzez przewodzenie, konwekcję lub promieniowanie. Mało efektywne jest ogrzewanie miodu w dużych opakowaniach np. beczkach i dostarczanie ciepła poprzez



Rys. 2. Zmiany współczynnika przenikania ciepła w zależności od temperatury miodu przy ogrzewaniu w warunkach konwekcji wymuszonej w wodzie w temperaturze 330 K.

gorące powietrze w warunkach konwekcji swobodnej. Przenikanie ciepła od powietrza do miodu charakteryzuje się szeregiem oporów cieplnych i stosunkowo małą wartością sumarycznego współczynnika przenikania [2]. Na rys. 1 przedstawiono uzyskiwane wartości współczynnika przenikania przy ogrzewaniu miodu w warunkach konwekcji swobodnej w powietrzu o temperaturze 57°C. Wartość tego współczynnika kształtuje się na poziomie 5-6 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ podczas ogrzewania krupca. Gdy zostaje on w znacznej części upłynniony powyżej temperatury 44°C wzrasta do około 9 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Wartości te są stosunkowo niskie i w związku z tym czas realizacji procesu dekrystalizacji beczki miodu jest znaczny i może wynosić w temperaturze 48°C nawet 5 dni [11]. Upłynniony miód jest pośrednikiem w transporcie ciepła i pozostaje stosunkowo długo w wysokiej temperaturze.

Zastosowanie doprowadzenia ciepła w warunkach konwekcji wymuszonej w wodzie w tych samych warunkach charakteryzuje się kilkakrotnie większą wartością sumarycznego współczynnika przenikania ciepła. Wartości uzyskiwane tego parametru przedstawiono na rys.2. W początkowym okresie wynosi on około 30 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ i wzrasta w trakcie procesu osiągając do 60 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Proces w stosunku do ogrzewania w powietrzu o tej samej temperaturze jest efektywniejszy, lecz również ze względu na pośredniczenie upłynnionego miodu w transporcie ciepła wpływ temperatury na miód jest długotrwały.

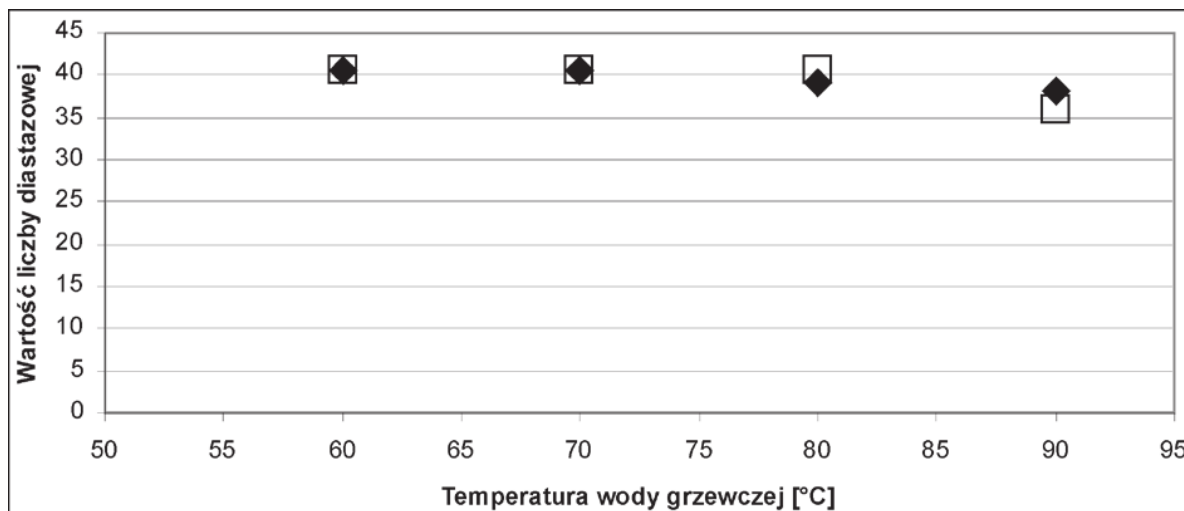


Fot. 1. Wygląd zewnętrzny i wnętrze komory grzewczej urządzenia D-1.

Wykorzystując zalety topnienia w warunkach bliskiego kontaktu i bardzo dobre właściwości wody jako czynnika grzewczego zaprojektowano i wykonano prototyp urządzenia, które nazwano D-1 [7]. Prototyp został wykonany w skali umożliwiającej upłynnianie od kilku do kilkunastu kilogramów miodu na godzinę i jest przeznaczony głównie dla pszczelarzy prowadzących bezpośrednią sprzedaż miodu. Szczegółowa charakterystyka urządzenia D-1 jest przedmiotem innego opracowania [8]. Poniżej zamieszczono jedynie uproszczony opis przedstawiający, w jaki sposób zminimalizowano czas przebywania miodu w strefie wysokiej temperatury. Bryłę skryształizowanego miodu np. w kształcie wiaderka – fot. 1a wkłada się do urządzenia od góry. Miód przylega bezpośrednio do rozgrzanej dolnej powierzchni, która jest ogrzewana za pośrednictwem gorącej wody. Bezpośrednio po upłynnieniu miód wypływa otworem znajdującym się w najniższej części dna. Krótki czas przebywania miodu w strefie wysokiej temperatury jest gwarancją najmniejszych zmian jego właściwości. W celu zabezpieczenia przed zapchaniem rury spustowej jej wlot jest przysłonięty rozgięciem z prętów stalowych, co uwidoczniło na fot. 1b. Zaletą tego urządzenia jest stała temperatura powierzchni grzewczej i stosunkowo wysoka wartość współczynnika przenikania ciepła. Na rys. 3 przedstawiono zmiany zachodzące w wartości liczby diastazowej upłynnianego miodu w zależności od temperatury wody grzewczej. Użycie wody nawet o temperaturze 90°C przy jednokrotnym ogrzewaniu miodu powodowało spadek liczby diastazowej poniżej 10% wartości początkowej. Urządzenie znajduje się na etapie badania prototypu i wszystko wskazuje, że po wprowadzeniu nielicznych poprawek będzie produkowane seryjnie.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza rozwiązań sposobów upłynniania miodu pokazuje, że za optymalne należy przyjąć te metody, które minimalizują czas przebywania produktu w strefie wysokiej temperatury. Użycie nawet temperatury o wyższej wartości, lecz przy stosunkowo krótkim czasie jej oddziaływania minimalizuje zmiany jakościowe produktu.



Rys. 3. Zmiany wartości liczby diastazowej podczas upłynniania miodu w urządzeniu D-1 w zależności od temperatury czynnika grzewczego.

Przedstawione rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia D-1 charakteryzuje się niewielką wydajnością i może być wykorzystywane w gospodarstwach pszczelarskich prowadzących bezpośrednią sprzedaż miodu. Niemniej może być wykonane w znacznie większej skali, dzięki czemu można znacznie zwiększyć jego wydajność zachowując pozostałe zalety. Aktualnie trwają przygotowania do wdrożenia dekrystalizatora D-1 do seryjnej produkcji.

LITERATURA

- [1] Assil H.I., Sterling R., Sporns P.: Crystal control in processed liquid honey, *Journal of Food Science*, 56(4), 1991, 1034-1041.
- [2] Bakier S., Dzierżek K.: Badanie procesu dekrystalizacji miodu pszczelego, *Materiały Konferencyjne BEMS Białystok 1998*, 13-28.
- [3] Bakier S.: Powstawanie piany na powierzchni miodu po ogrzewaniu, *Materiały z XXXIX Naukowej Konferencji Pszczelarskiej*, Puławy, 2002, 93-95.
- [4] Bakier S.: Badanie topienia miodu pszczelego w warunkach bliskiego kontaktu, *Inżynieria Rolnicza* 4(37), 2002, 17-24.
- [5] Bakier S.: Urządzenia do topienia miodu i innych produktów zwłaszcza spożywczych wrażliwych na wpływ temperatury, *Rzeczpospolita Polska*, Patent nr 323691 z dn. 08.01.2003.
- [6] Bakier S.: Description of events occurring during the heating of crystallized honey, *Acta Agrophysica* 106 Vol.3 (3) 2004, 415-424.
- [7] Bakier S., Pękala L.: Dekrystalizator termiczny do miodu, *Zgłoszenie patentowe nr PL116350 z dn. 14.09.2006*.
- [8] Bakier S., Pękala L.: Charakterystyka konstrukcji i efektów upłynniania miodu w urządzeniu D-1, *Inżynieria Rolnicza*, 2007 (artykuł w druku).
- [9] Bhandari B., D'Arcy B., Kelly C.: Rheology and crystallization kinetics of honey: present status, *International Journal of Food Properties* 2(3), 1999, 217-226.
- [10] Cavia M.M., Fernandez-Muin M.A., Gomez-Alonso E., Montes-Perez M.J., Huidobro J.F. Sancho M.T.: Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation, *Food Chemistry* 78, 2002, 157-161.
- [11] Crane E.: *Honey*, Comprehensive Survey, Heinemann, London. 1975, 293-306.
- [12] Jarmocik A., Niesteruk R., Obidziński S.: Analiza przydatności różnicowej kalorymetrii skaningowej do badania właściwości termofizycznych miódów pszczelich, *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej Budowa i Eksploatacja Maszyn*, nr 4, 1997, 85-94.
- [13] Jonsdottir S.O., Rasmussen P.: Phase equilibria of carbohydrates in polar solvents, *Fluid Phase Equilibria* 158-160, 1999, 411-418.
- [14] Lazaridou A., Biliaderis C.G., Bacandritsos N., & Sabatini A.G.: Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek Honeys, *Journal of Food Engineering*, 64(1), 2004, 9-21.
- [15] Lupano C.E.: DSC study of granulation stored at various temperatures, *Food Research International*, Vol. 30, No. 9, 1997, 683-688.
- [16] Niesteruk R.: Właściwości termofizyczne żywności, Cz. II. Dział Wydawnictw i Poligrafii Politechniki Białostockiej, Białystok 1999, 83-85.
- [17] Pohoreca K.: Raport o stanie pszczelarstwa w Polsce, *Ministerstwo Rolnictwa*, Warszawa 2007.
- [18] Rüegg M., Blanc B.: The water activity of honey and related sugar solutions, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 14, 1981, 1-6.
- [19] Sanz S., Gradillas G., Jiemeno F., Perez C., Juan T.: Fermentation problem in Spanish north-coast honey, *Journal of Food Protection*, Vol.58, No.5, 1994, 515-518.
- [20] Skowronek W., Rybak-Chmielewska H., Szczesna T., Pidek A.: Wpływ czynników opóźniających krystalizację miodu na jego jakość, *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 38, 1994, 75-83.
- [21] Tosi E., Ciappini M., Ré E., Lucero H.: Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content, *Food Chemistry* 77, 2002, 71-74.
- [22] Tosi E.A., Ré E., Lucero H., Bulacio L.: Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallisation phenomena and fungal inhibition, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 37, 2004, 669-678.
- [23] White, J. W.: *Honey*, *Advances in Food Research*, Vol.24, 1978, 288-354.

HONEY LIQUEFACTION METHODS

SUMMARY

The paper presents analysis of various liquefaction methods that use heating in honey processing technology. The main criterion applied for the assessment of each method was their effect on the final product quality. First of all, the temperature during the heating process as well the time of its action on the product were considered. The influence of the way of heat supply necessary to carry out honey liquefaction was also determined. Taking into account the results obtained, an optimal honey liquefaction method was proposed. The suggestions could be effectively used to design technical devices for honey processing.

Key words: honey, liquefaction of honey; crystallized honey, heating honey.