

Dr inż. Sławomir BAKIER  
Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka

## ODWRACALNOŚĆ PROCESU KRYSZTAŁIZACJI MIODU®

*W pracy przedstawiono przebieg procesu formowania i rodzaje struktur krystalicznych powstających w miodzie pszczelim. Zwrócono uwagę na odwracalność tego procesu. Ukazano zmiany zachodzące w strukturze krystalicznej miodu podczas ogrzewania. Określono wpływ rodzaju struktury krystalicznej na przebieg ogrzewania i szacunkowy czas niezbędny do realizacji procesu. Badania przeprowadzono w oparciu o bezpośrednią obserwację struktury krystalicznej w warunkach interferometrii birefrakcyjnej.*

**Słowa kluczowe:** miód skryształizowany, kryształy glukozy, ogrzewanie miodu, upłynnianie miodu, interferometria birefrakcyjna.

### WPROWADZENIE

Miód jest lepkiem, aromatycznym produktem wytwarzanym przez pszczoły z nektaru lub spadzi o wysokiej koncentracji cukrów prostych [1]. Sumaryczna zawartość glukozy z fruktozą mieści się w granicach od 60 do 85% [19]. Glukoza w miodzie znajduje się w stanie przesylenia, w związku z czym w trakcie przechowywania krystalizuje [23]. Proces ten często przez klientów nazywany jest scurzeniem [25]. Przesycenie może tworzyć również melecycyzoza, ale występuje ona jedynie w miodach spadziowych i to stosunkowo rzadko [23]. Stężenie glukozy w miodzie rzepakowym może osiągać wartość nawet powyżej 42% [13], podczas, gdy w miodach spadziowych wynosi zwykle około 20% [17]. Glukoza w miodzie wykryształizowuje w postaci monohydratu [2]. Ilość wydzielonej fazy stałej określana jest zwykle na kilkanaście procent masy produktu [18]. Proces krystalizacji determinuje całkowitą zmianę konsystencji produktu [17]. W postaci płynnej w temperaturze otoczenia miód jest (z nielicznymi wyjątkami) cieczą newtonowską, którego lepkość zależy od temperatury [22] i zawartości wody [26]. Po krystalizacji właściwości reologiczne miodu wykazują pseudoplastyczność i zależą silnie od czasu ścinania a wartość lepkości pozornej takich układów sięga setek paskalosekund [6].

Niewiele prac podejmuje problem analizy struktury miodu skryształizowanego [3]. Często dokonywane są one na podstawie fotografii makroskopowych miodu znajdującego się w opakowaniach jednostkowych [9,15]. Kryształy monohydratu glukozy charakteryzują się dwójłomnością optyczną, dzięki czemu są doskonale widoczne w warunkach interferometrii birefrakcyjnej [6]. Umożliwia to obserwację tworzącej się struktury krystalicznej [5]. Powstające w miodzie aglomeraty krystaliczne nazywane są gwiazdami krystalicznymi [10].

Powszechnie uważa się, że krystalizacja miodu powoduje obniżenie atrakcyjności tego produktu dla konsumenta [11, 25]. Preferencje konsumentów miodu skłaniają się ku jego płynnej postaci, z tego też względu przetwórstwo produktu ukierunkowane jest na utrwalanie stanu płynnego [2, 21]. Podstawowym czynnikiem technologicznym umożliwiającym zmianę stanu skupienia jest kontrolowane ogrzewanie [12]. Zmiany zachodzące w miodzie skryształizowanym w wyniku ogrzewania opisywane są zwykle poprzez zastosowanie kalorymetrii skaningowej DSC [16, 18]. Na ich podstawie można wyciągnąć wniosek, że zanik fazy krystalicznej następuje w stosunkowo szerokim zakresie temperatury pomiędzy 30 a 60°C. Postać struktury krystalicznej ma

wyraźny wpływ na przebieg termogramów [18]. Istotnym parametrem wpływającym na proces upłynnienia miodu jest również czas ogrzewania [7]. Badania własne wykazały, że szybkie ogrzewanie miodu w warunkach bliskiego kontaktu, nawet do wysokiej temperatury, nie daje gwarancji uzyskania cieczy klarownej [7]. Istniejące prace w tym zakresie są stosunkowo skromne. Realizacja procesu upłynnienia miodu wymaga znajomości optymalnych wartości temperatury i czasu niezbędnego do jego realizacji.

### CEL I ZAKRES PRACY

Celem poniższego doniesienia jest przedstawienie zmian zachodzących w wybranych gatunkach miodu pszczelego w trakcie krystalizacji oraz procesu odwrotnego upłynnienia, podczas ogrzewania. Dotyczy to głównie charakterystyki jakościowej formujących się w miodzie struktur krystalicznych oraz jej wpływ na czas pełnego upłynnienia. Realizacja powyższych zadań została przeprowadzona w oparciu o obserwację mikroskopową w warunkach interferometrii birefrakcyjnej.

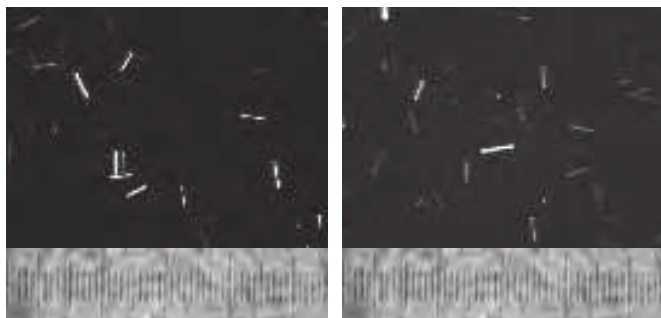
### OPIS METOD BADAWCZYCH

Obserwacje mikrostruktury krystalicznej prowadzono w warunkach interferometrii birefrakcyjnej na mikrointerferometrze Biolar PI. Akwizycji obrazu dokonywano z wykorzystaniem cyfrowego rejestratora obrazu Casio QV-2900UX DC. Pomiary geometrii kryształów prowadzono automatycznie z wykorzystaniem programu analizySIS 3.2. Binaryzację obrazów wykonywano na podstawie histogramu jasności, po ich przekształceniu do 8-mio bitowej skali szarości. Charakterystykę geometryczną kryształów przeprowadzono poprzez przedstawienie rozkładu liczebności kryształów wg wymiaru charakterystycznego. Ze względu na specyficzny kształt obiektów krystalicznych, które przyjmują początkowo postać cienkich pręcików, później płaskich płytek, na podstawie analiz stereologicznych jako wymiar charakterystyczny przyjęto średnicę maksymalną nazywaną również maksymalną cięciwą [24]. Rozkład liczebności kryształów sporządzano z wykorzystaniem programu Statistica 7.1.

Badanie temperatury całkowitego upłynnienia i czasu niezbędnego do jego realizacji prowadzono poprzez wygrzewanie próbek miodu skryształizowanego znajdującego się pomiędzy szkiełkami w cieplarni w określonej temperaturze i obserwacji zmian struktury w warunkach interferometrii birefrakcyjnej. Taki sposób realizacji doświadczenia uniemożliwiał parowanie próbek oraz pozwalał na wyznaczenie czasu wygrzewania (w danej temperaturze) do całkowitego upłynnienia miodu.

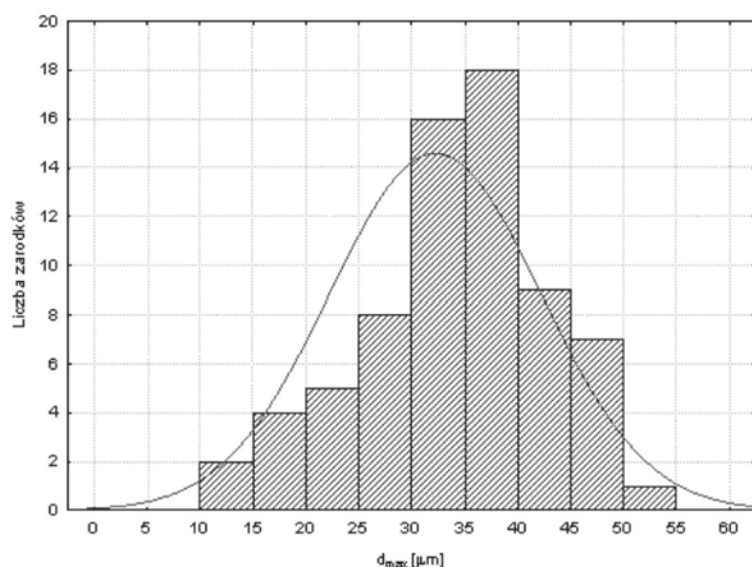
## WYNIKI BADAŃ FORMOWANIA SIĘ FAZY KRystalicznej W Miodzie

Pierwszym etapem każdego procesu krystalizacji jest zarodkowanie. Powstawanie pierwszych zarodków krystalicznych w miodzie jest procesem bardzo trudnym do przewidzenia. Jeżeli produkt nie zawiera obcych wtrąceń i charakteryzuje się składem chemicznym, w którym dominuje fruktoza, a stosunek glukozy do wody jest mniejszy niż 1,7 to krystalizacja może nie wystąpić w ogóle [22]. Na rys.1 zamieszczono dwie fotografie przedstawiające pierwsze zarodki krystaliczne pojawiające się w miodzie. Poniżej fotografii zamieszczono skalę odniesienia w postaci podziałki liniowej, w której odstęp pomiędzy kreskami wynosi 0,01 mm.



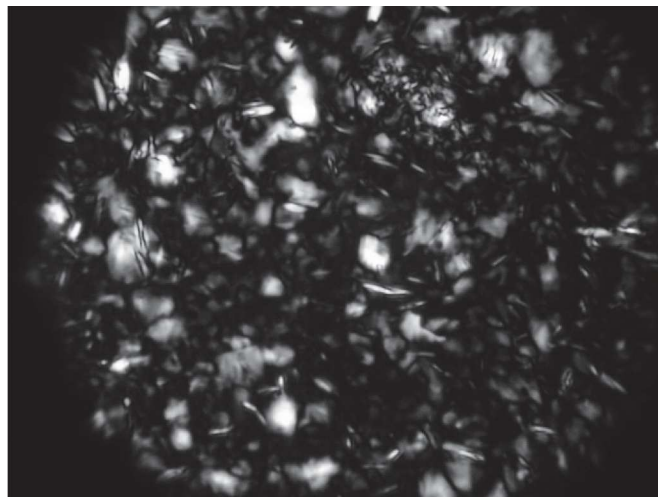
**Rys.1.** Fotografie przedstawiające pierwsze zarodki krystaliczne powstające w miodzie. Poniżej fotografii zamieszczono podziałkę, na której odległość pomiędzy dwiema kreskami wynosi 0,01 mm.

Rozkład liczebny 70 zidentyfikowanych zarodków krystalicznych wg średnicy maksymalnej, przedstawiono na rys.2. Ich średnia długość wyniosła 0,034 mm przy odchyleniu standardowym wynoszącym 0,009 mm. Grubość zarodków jest znacznie mniejsza i osiąga wartość poniżej 1  $\mu\text{m}$ . Należy podkreślić, że o ile długość tych obiektów można zmierzyć automatycznie bardzo dokładnie to w przypadku pomiaru grubości może wystąpić znaczący błąd. Wynika to ze specyfiki warunków, w jakich uzyskuje się obraz interferometryczny. Świecące kryształy na czarnym tle oświetlają przyległy obszar i w związku z tym przy binaryzacji ich grubość jest znacznie przeszacowywana.



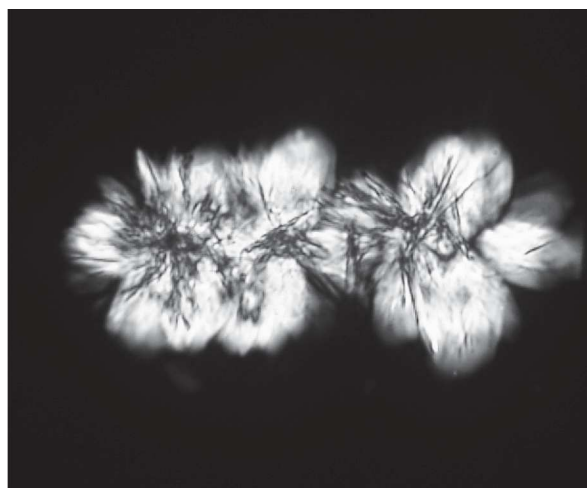
**Rys.2.** Rozkład liczebności populacji składającej się z 70 zarodków krystalicznych wg średnicy maksymalnej.

Efektom makroskopowym zaawansowanego zarodkowania połączonego z rozrostem kryształów jest zmętnienie miodu. Wynika to głównie z rozproszenia promieni świetlnych przechodzących przez krystalizujący produkt oraz ich absorpcji przez fazę krystaliczną. Strukturę mikroskopową miodu znajdującego się w takiej fazie przedstawiono na rys. 3.



**Rys.3.** Struktura mikroskopowa miodu w fazie rozrostu zarodków krystalicznych.

Już od momentu powstania zarodki starają się zwiększyć swoje rozmiary i rosną tworząc charakterystyczne kształty zależne od: warunków fizycznych, w jakich przebiega krystalizacja, składu chemicznego, jak i wcześniejszej obróbki, którym był poddany produkt [20]. Kolejna fotografia przedstawia fazę wstępną formowania się charakterystycznych przestrzennych aglomeratów krystalicznych, które nazywane są w literaturze gwiazdzistymi kryształami [10, 19]. Taki sposób rozrostu aglomeratów krystalicznych wykazują niektóre gatunki miodów.



**Rys.4.** Zarodki kryształów gwiazdzistych w trakcie wzrostu.

Omawiając tworzącą się strukturę krystaliczną należy zwrócić uwagę, że większość gatunków miodu ma określone preferencje do tworzenia charakterystycznej dla siebie struktury. Badając szereg różnych miodów w stanie skryształizowanym stwierdzono, że można wyróżnić następujące cztery struktury krystaliczne:

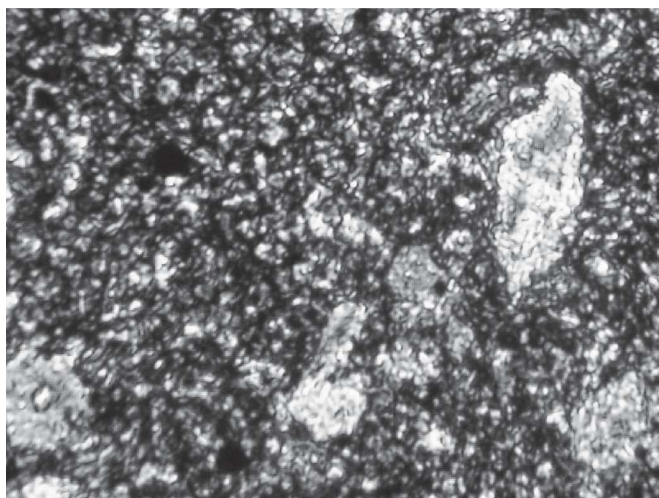
1. postać półpłynną – składającą się z drobnych i pojedynczych kryształów z niewielką ilością większych o nie-



regularnych kryształach, praktycznie nie ma większych przestrzennych aglomeratów;

2. zwartą i jednorodną – w postaci gwiaździstych aglomeratów przenikających się wzajemnie, jednolita w całej masie;
3. gruzelkowatą – wyraźne aglomeraty krystaliczne zawieszone w ciekłym osoczku;
4. twardą o ostrych kryształach w płynnym osoczku.

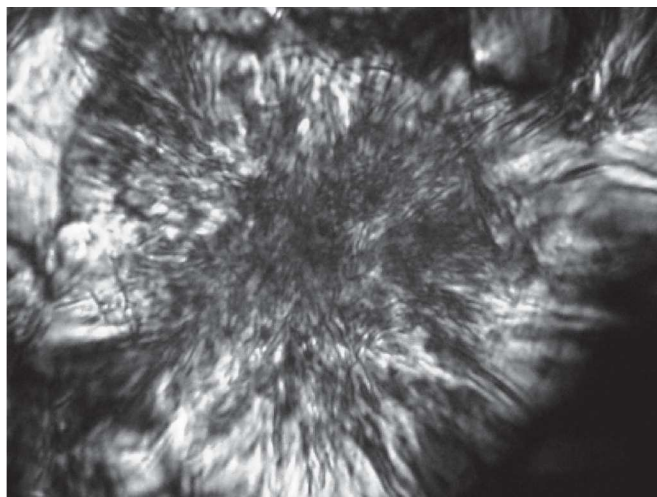
Obraz zamieszczony na rys.5 przedstawia naturalną strukturę miodu rzepakowego. Jest to przedstawiciel struktury pierwszego typu. Taki miód wykazuje płynność i określany jest mianem kremowego. Bardzo wyraźną jego cechą jest drobnoziarnistość i nieregularna budowa kryształów. Niemniej występują też na tle drobnych duże kryształy, które mają postrzępione kształty i zmienną grubość (o zmiennej grubości świadczy w warunkach interferometrii zmiana barwy kryształu).



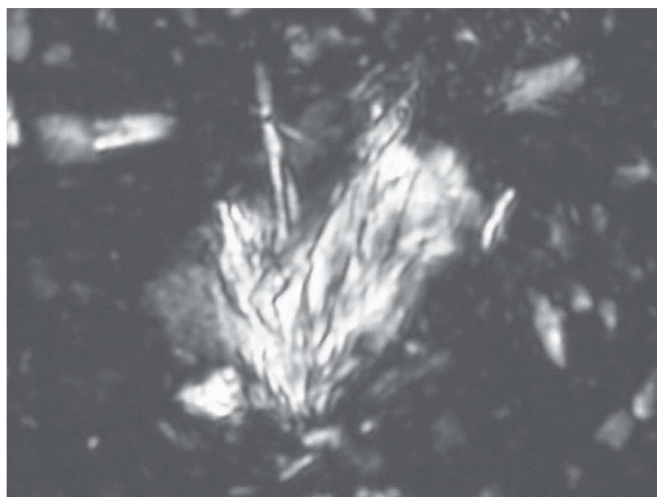
Rys.5. Struktura krystaliczna miodu rzepakowego.

Zupełnie inną strukturę krystaliczną przedstawiono na rys.6. Powstaje ona na bazie rozrastających się „gwiazd krystalicznych” i przypomina trochę „jeża” – przy czym wyrastające z centrum kryształy przyjmują formę nie igieł a pofalowanych cieniutkich płytek o bardzo dużej powierzchni. Na rys. 7 przedstawiono wyłamaną część takiego aglomeratu, której postać można opisać jako formę wachlarzową. Rozrastając się poszczególne elementy tworzące aglomerat, zwiększają swoją powierzchnię (jak wachlarz), która jest nieregularna i składa się szeregu zachodzących na siebie cienkich i wydłużonych kryształów. Gwiazdy krystaliczne tworzą obiekty o wymiarach makroskopowych, maksymalna ich średnica może sięgać nawet kilku milimetrów. Struktura tworzona na bazie takich przenikających się aglomeratów tworzy przestrzenny układ o charakterze perkolacji [23]. Szkielet stanowi faza krystalicznej glukozy, a wolne przestrzenie międzykrystaliczne wypełnia roztwór bogaty we fruktozę. Bardzo duża powierzchnia krystalicznej glukozy sprawia, że występują silne oddziaływania powierzchniowe pomiędzy fazą stałą i płynną. Sprzyja to usztywnieniu struktury, gdyż roztwór jest absorbowany na powierzchni krystalicznej glukozy. Miód o takiej budowie struktury krystalicznej wykazuje cechy ciała stałego. Zachowuje kształt opakowania, daje się kroić, stawia opór przy wciskaniu łyżki, czy też w trakcie zgniatania. Struktura taka jest charakterystyczna dla miodu wielokwiatowego zasobnego w glukozę.

Powyżej przedstawione struktury krystaliczne charakteryzowały się bardzo nieregularną budową kryształów. Istnieją jednak gatunki miodów, które wytwarzają bardziej regularne

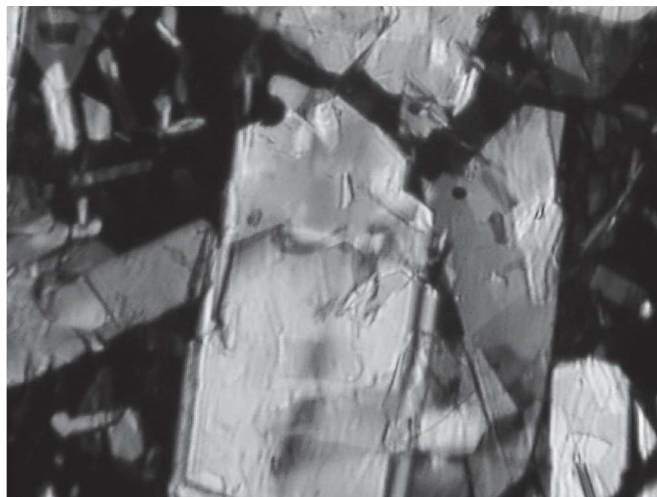


Rys.6. Struktura krystaliczna miodu wielokwiatowego zasobnego w glukozę.



Rys.7. Element struktury wyłamany z przestrzennego aglomeratu gwiaździstego.

kryształy. Charakteryzują się one na ogół kształtem w postaci płaskich płytek. Wydaje się, że na tworzenie tego typu obiektów korzystny wpływ wywiera duży udział fruktozy w składzie chemicznym produktu [8]. Na rys. 8 przedstawiono strukturę powstałą w miodzie gryczanym. Charakteryzuje się on kryształami płaskimi o znacznych wymiarach, które składają się z kilku warstw krystalicznych nałożonych na siebie. Aglomeraty takie mają znaczną wytrzymałość



Rys.8. Struktura krystaliczna miodu gryczanego.

mechaniczną i nie dają się łatwo kruszyć, sprawiają wrażenie gruzełkowatych. Często tak krystalizujące miody, wytwarzają na powierzchni płynne osocze.

Ostatni typ struktury wytwarzają miody charakteryzujące się dużą zawartością fruktozy. Przykład struktury krystalicznej powstającej w takim produkcie przedstawiono na rys.9. Aglomeraty krystaliczne tworzone są z wielu warstw ściśle przylegających do siebie płaskich kryształów. Są one twarde i wykazują dużą wytrzymałość mechaniczną, a dodatkowo tworzą ostre krawędzie, które w trakcie konsumpcji sprawiają wrażenie, że kaleczą tkankę języka. Strukturę tego typu zaobserwowano w miodzie wrzosowym po rekrytalizacji. Charakteryzuje się ona również formą wachlarzową, przy czym tworzące ją kryształy mają kształt cieniutkich płaskich płytek nachodzących jedna na drugą.



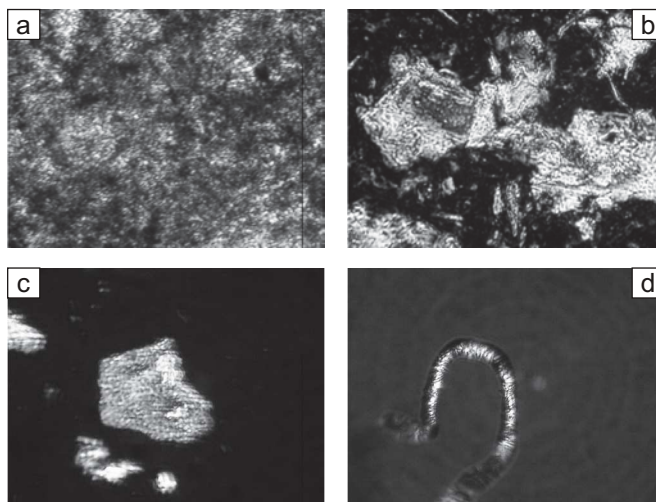
Rys.9. Aglomeraty tworzące twardą i „ostrą” strukturę.

Budowa struktury krystalicznej ma bardzo istotne znaczenie w ocenie organoleptycznej produktu. Już przed wieloma laty zwrócono uwagę, że miody drobnokrystaliczne i jednorodne są znacznie wyżej oceniane przez konsumentów niż krupce o strukturze gruboziarnistej i gruzełkowej [12]. W latach trzydziestych XX wieku opracowano w USA technologię umożliwiającą produkcję miodów drobnokrystalicznych. Technologia ta opierała się głównie na wykorzystaniu szczepu krystalicznego do wywołania szybkiej krystalizacji [12]. Alternatywnym podejściem jest obróbka mechaniczna miodu skrytalizowanego. Mechaniczne niszczenie przestrzennych aglomeratów i rozdrobnienie kryształów powoduje zmianę konsystencji produktu. Niestety aglomeraty o dużej grubości są bardzo trudne do mechanicznego skruszenia. Znaczna ich wytrzymałość mechaniczna powoduje, że pozostają po obróbce w miodzie, przez co produkt końcowy charakteryzuje się wyraźną gruzełkowatością. W ocenie organoleptycznej sprawia to wrażenie, że w miodzie znajdują się kryształy analogiczne jak sacharozy.

## WYNIKI BADAŃ ZMIAN ZACHODZĄCYCH W STRUKTURZE MIODU POD WPŁYWEM OGRZEWANIA

Miód skrytalizowany można upłynnić poprzez ogrzewanie. Realizacja tego procesu na skalę przemysłową polega na szybkim ogrzewaniu miodu do temperatury 65,6°C, przefiltrowaniu, ochłodzeniu do 49°C i rozlaniu w tej temperaturze do opakowań jednostkowych [22]. Zwraca się przy tym uwagę, że czas przebywania w temperaturze 65,6°C powinien wynosić około 30s. Wiadomym jest, że do

upłynnienia miodu wystarczy temperatura wynosząca około 50°C [7]. Na rys. 10 przedstawiono przebieg zmian zachodzących w strukturze krystalicznej miodu wielokwiatowego znajdującego się w warstwie o grubości 0,2 mm pod wpływem ogrzewania miodu w temperaturze 52°C. Kolejne fotografie wykonywano w odstępach czasu wynoszących 5 minut.



Rys.10. Przebieg zmian zachodzących w strukturze miodu znajdującego się w warstwie o grubości 0,2 mm w trakcie ogrzewania w temperaturze 52°C:  
a – stan miodu przed ogrzewaniem,  
b – struktura po ogrzewaniu przez 5 minut,  
c – stan po 10 minutach ogrzewania,  
d – kryształ włóknisty widoczny w miodzie po całkowitym upłynnieniu po 15 minutach od rozpoczęcia ogrzewania.

Miód przedstawiony na fotografiach zamieszczonych na rys.10 charakteryzował się strukturą krystaliczną zwartą w postaci aglomeratów gwiaździstych. Po 5 minutach ogrzewania (rys.10b) następuje przede wszystkim rozpuszczenie drobnych kryształów i struktura krystaliczna składa się głównie z dużych i grubych aglomeratów, które są wyraźnie odporne na ogrzewanie. Ich powierzchnia staje się wyraźnie chropowata, co oznacza, że proces rozpuszczania monohydratu glukozy przebiega nierównomiernie. Kolejne 5 minut ogrzewania powoduje znaczne zredukowanie wymiarów geometrycznych kryształów, niemniej stale są one widoczne w polu widzenia. Dopiero po 15 minutach ciągłego ogrzewania wystąpił całkowity zanik struktury krystalicznej, a w polu widzenia pojawiły się pojedyncze kryształy włókniste, których nie można rozpuścić poprzez ogrzewanie w normalnych warunkach [7].

Badając zmiany zachodzące podczas ogrzewania innych struktur krystalicznych ustalono, że najszybciej upłynniają się miody drobnokrystaliczne. Duże i grube kryształy wykazują większą inercję i zanikają znacznie wolniej. Wzrost temperatury powoduje przyspieszenie procesu rozpuszczania się kryształów, np. w temperaturze 55°C analogiczne doświadczenie jak przedstawione na rys.10 trwało o około 5 minut krócej. Analogiczna sytuacja powtórzyła się w temperaturze 57°C. Wynika z tego, że proces upłynnienia struktury krystalicznej glukozy w miodzie wymaga, poza wysoką temperaturą, również znacznego czasu. Czas ten jest tym dłuższy im aglomeraty krystaliczne są większe. We wszystkich gatunkach miodu po ogrzewaniu stwierdzano obecność kryształów włóknistych.



## WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Krystalizacja miodu jest procesem odwracalnym. Postać płynną po krystalizacji można przywrócić poprzez ogrzewanie w temperaturze powyżej 50°C.
2. W wyniku krystalizacji można zaobserwować powstawanie, co najmniej czterech rodzajów charakterystycznych struktur krystalicznych. Ich charakter zależy głównie od gatunku miodu, jego składu chemicznego i warunków, w jakich przebiegała krystalizacja.
3. Rodzaj struktury krystalicznej wyraźnie wpływa na ocenę organoleptyczną produktu. Znacznie wyżej ocenione są miody drobnokrystaliczne.
4. Upłynnianie miodu skryształizowanego poprzez ogrzewanie jest procesem wymagającym przebywania produktu w temperaturze 52-55°C przez okres, co najmniej 10 min. Struktury o budowie drobnokrystalicznej rozpuszczają się znacznie szybciej. Struktury grubokrystaliczne wymagają dłuższego okresu czasu na realizację przemiany fazowej.
5. Po ogrzewaniu w celu usunięcia z produktu kryształów włóknistych musi być on poddany filtracji. Proces ten powinien być realizowany na gorąco bezpośrednio po zakończeniu ogrzewania, gdyż obniżenie temperatury znacznie zwiększa lepkość miodu, co uniemożliwia praktycznie jego realizację.

Powyższe wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje związane z szybkim ogrzewaniem miodu w warunkach bliskiego kontaktu w celu jego upłynnienia [7]. Nie wystarczy szybko ogrzać miód do wysokiej temperatury ażeby uzyskać klarowną ciecz. Niezbędne jest jeszcze jego przetrzymanie – wygrzanie. Czas wygrzewania w temperaturze 55°C powinien wynieść około 10 minut.

## LITERATURA

- [1] Anklam E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*. Vol. 63, No.4, 549-562, 1998
- [2] Assil H.I., Sterling R., Sporns P.: Crystal control in processed liquid honey. *Journal of Food Science* 56 (4), 1034-1041, 1991.
- [3] Austin, G.H., & Jamieson, C.A.. An evolution of some of the factors affecting the stability of the crystal texture of recrystallized honey. *Food Technology*, Vol. VII, No. 2: 59-96, 1953.
- [4] Bakier S., Lewczuk P.: Właściwości reologiczne miodu pszczelego w postaci skryształizowanej. *Inżynieria Rolnicza* 5 (16), 23-30, 2000.
- [5] Bakier, S. Charakterystyka granulometryczna fazy krystalicznej powstającej w miodzie pszczelim. *Inżynieria Rolnicza*, 7(49), 5-10, 2003.
- [6] Bakier, S.: Właściwości optyczne kryształów powstających w miodzie pszczelim. *Inżynieria Rolnicza*, 8 (50), 19-25, 2003b.
- [7] Bakier S.: Descriptions on phenomena occurring during the heating of crystallized honey. *Acta Agrophysica* 2004, 3(3), 415-424, 2004.
- [8] Bakier S. Investigation of Interaction between Glucose and Fructose in Aqueous Mixtures. CIGR Section VI International Symposium on Future of Food Engineering, Warsaw, 26-28 April 2006.
- [9] Bogdanov, S.: Honigkristallisation und Honigqualität. *Schweizerische Bienen-Zeitung*, 110(3), 84-92, 1987.
- [10] Bonvehi, S.: La cristallisation du miel. Facteurs qui l'affectent. *Bulletin Technique Apicole*, 54 (1), 37-48, 1986.
- [11] 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, 157161, 2002.

- [12] Crone E.: Honey a comprehensive survey. Heinemann London, 1975.
- [13] Devillers J., Morlot M., Pham-Delegue M.H., Dore J.C.: Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food Chemistry* 86, 305-312, 2004.
- [14] Dyce E.J.: Producing finely granulated or creamed honey. In: Crane, E. (ed) Honey, a comprehensive survey. London, 293-306, 1975.
- [15] Echigo, T., Araghi, M., & Yamagami, Y.: On crystallization of honey. *Honeybee Science*, 1987, 8(2): 54-58.
- [16] Jarmocik A., Niesteruk R., Obidziński S.: Analiza przydatności różnicowej kalorymetrii skaningowej do badania właściwości termofizycznych miodów pszczelich. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej Bud. i Eksp. Maszyn* nr 4, 85-94, 1997.
- [17] Lazaridou A., Biliaderis C.G., Bacandritsos N., Sabatini A.G.: Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys. *Journal of Food Engineering*, 64, 921, 2004.
- [18] Lupano C.E.: DSC study of honey granulation stored at various temperatures. *Food Research International*, Vol. 30, No. 9, 683-688, 1997.
- [19] Schley, P., Büskes-Schulz, B.. Die Kristallisation des Bienenhonigs. Teil 1: Grundlegende Zusammenhänge. *Die Biene*, 123(1): 5-10, 1987a.
- [20] Schley, P., Büskes-Schulz, B.: Die Kristallisation des Bienenhonigs. Teil 2: Verarbeitungsmöglichkeiten zur Beeinflussung des Kristallisationsverhaltens. *Die Biene*, 123(2), 46-50, 1987b.
- [21] Skowronek W., Rybak-Chmielewska H., Szczęśna T., Pidek A.: Wpływ czynników opóźniających krystalizację miodu na jego jakość. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe XXXVIII*, 75-83, 1994.
- [22] Sopade, P. A., Halley, P., Bhandari, B., D'Arcy, B., Doebler, C., Caffin, N., Application of the Williams-Landel-Ferry model to the viscosity-temperature relationship of Australian honeys. *Journal of Food Engineering*, 2002, 56, 67-75.
- [23] White, J. W.: Honey. *Advances in Food Research*, Vol.24, 288-354, 1978.
- [24] Wojnar L., Kurzydłowski K.J., Szala J.: Praktyka analizy obrazu. *Polskie Towarzystwo Stereologiczne*. Kraków 2002.
- [25] Wojtacki M.: Produkty pszczele i przetwory miodowe. PWRiL, Warszawa, 1988.
- [26] Zaitoun, S., Ghzawi, A. -M., Al-Malah, K. I. M., & Abu-Jdayil, B.: Rheological properties of selected light colored Jordanian honey. *International Journal of Food Properties*, 4, 139148, 2001.

## INVERTIBILITY OF HONEY CRYSTALLIZATION PROCESS

### SUMMARY

*In the paper was introduced the course the coming into being and kinds of crystal textures nascent in the bee's honey. Attention was turned on invertibility this process. The drawing ahead during heating in crystal texture of honey changes were showed. The influence of kind was qualified on course the heating and estimated time indispensable to realization of process. The investigations were conducted in support about direct observation of crystal texture in conditions of the sharing interferometry.*

**Key words:** Honey granulation, glucose crystals, heating of honey, liquefaction of honey, sharing interferometry.