

Dr inż. Krzysztof MIASTKOWSKI¹

Dr hab. inż. Sławomir BAKIER²

¹Zakład Techniki Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

²Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce
Politechnika Białostocka

BADANIA WPŁYWU AKTYWNOŚCI WODY MIODÓW NA PROCES ICH ODWADNIANIA[®]

Research on the impact of water activity in honey on the process
of dehydration[®]

*Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/ZWL/1/2014
i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW*

Słowa kluczowe: miód, odwadnianie, aktywność wody.

W pracy zaprezentowano wyniki badań wpływu temperatury na aktywność wody miodów w postaci płynnej oraz półpłynnej (częściowo skryształizowanej) oraz wyniki badań intensywności odwadniania tych miodów w warunkach kontrolowanych. Stwierdzono iż aktywność wody miodów zmienia się wraz ze wzrostem temperatury. Charakter tych zmian jest paraboliczny z maksimum zależnym od postaci i odmiany miodu. Na podstawie analizy uzyskanych krzywych parabolicznych określono przedział temperatury w zakresie którym badane miody charakteryzują się najwyższą aktywnością wody. Stwierdzono również że odwadnianie miodu w postaci półpłynnej (częściowo skryształizowanej) charakteryzuje się wyższą intensywnością w porównaniu do odwadniania miodu płynnego.

Key words: honey, dehydration, wateractivity.

The paper presents the results of studies on the influence of temperature on the wateractivity of honey in a liquid and semi-liquid state (partly crystallized) and results of investigations of the dehydration intensity of these honeys under controlled conditions. It was found that the honey wateractivity changes with the increase of temperature. The nature of these changes is parabolic with the maximum depending on the form and variety of honey. Based on analysis of graphs of changes of wateractivity was determined the temperature range in which tested honey have the highest wateractivity. It was also found that the dehydration of honey in semi-liquid (partly crystallized) form is characterized by a higher intensity in comparison to the dehydration of liquid honey.

WSTĘP

Miód stanowi wodną mieszaninę przesyconą węglowodanów, głównie glukozy i fruktozy. W mniejszych ilościach w miodzie występują disacharydy: sacharoza i maltoza oraz trisacharydy. W skład miodu wchodzi również kwasy organiczne, olejki eteryczne, barwniki, białka i enzymy, niewielkie ilości witamin – A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, kwasu foliowego, kwasu pantotenowego i biotyny [14]. Zawartość wody w miodzie może wahać się w szerokim zakresie od 16 do 23% [5]. Na zawartość tą wpływa głównie temperatura i wilgotność otoczenia w trakcie przetwarzania przez pszczoły nektaru a także warunki atmosferyczne panujące w trakcie jego pozyskiwania przez człowieka. Zawartość wody w miodach krajowych jest zróżnicowana i zależy od regionu pozyskania oraz odmiany miodu. Woda w miodzie jest wiązana w głównej mierze z sacharydami. Do opisu siły wiązania wody przez miód najczęściej jest używana aktywność wody a_w . Parametr ten opisuje wiązanie cząsteczek wody z cząsteczkami substancji

rozpuszczonej. Siła wiązania wody warunkuje przebieg procesów desorpcji i adsorpcji rozpuszczalnika a także dostępność wody dla realizacji innych procesów takich jak przemiany enzymatyczne, wzrost i rozwój drożdży, pleśni i bakterii.

Aktywność wody w roztworach jednoimiennych sacharydów zależy od ich stężenia i można ją opisać za pomocą funkcji wielomianowej. Wraz ze wzrostem stężenia węglowodanów w roztworze maleje aktywność wody [5, 23]. Brakuje natomiast danych o aktywności wody w roztworach wieloskładnikowych sacharydów. W przypadku miodu, jak pokazały badania [1, 7, 13] aktywność wody miodów wzrasta liniowo wraz ze wzrostem zawartości wody. Intensywność wzrostu jest uzależniona od odmiany miodu a tym samym od udziału glukozy i fruktozy. Występują też różnice pomiędzy aktywnością wody poszczególnych odmian miodu w postaci płynnej, co jest wynikiem różnic w zawartości glukozy i fruktozy oraz innych węglowodanów w badanych miodach [1, 3, 13]. W literaturze szczegółowo analizowany jest wpływ

zawartości wody na aktywność wody w miodach, brak jednak informacji na temat zmian wartości tego parametru w funkcji temperatury. W dostępnych opracowaniach autorzy opisują zależność aktywności wody w miodzie w funkcji zawartości wody dla temperatury pomiaru 20° lub 25°C [1, 4, 7, 11, 13, 16, 23]. Brakuje jednak informacji jak kształtuje się aktywność wody miodu w wyższych temperaturach, do których przecież miód jest podgrzewany przez pszczoły w trakcie procesu dojrzewania zachodzącego w ulu.

Miód jako roztwór przesycony cukrów ulega naturalnemu procesowi krystalizacji [19, 24]. Cukrem który krystalizuje w miodzie jest glukoza. Tworzy ona w krystalizującym miodzie kryształy monohydratu glukozy [2]. Wydzielenie fazy krystalicznej powoduje, że w warstwie płynnej miodu wzrasta ilość niezwiązanych cząsteczek wody, a tym samym wzrasta aktywność wody. Jak pokazały badania Ruegg i Blanc [23] wzrost ten może wynosić od ok 0,012 do nawet 0,12 przy średniej wynoszącej 0,027. Zamora i Chirife [33] na podstawie analizy 49 próbek miodów odmianowych z różnych krajów stwierdzili, iż po krystalizacji następuje przyrost aktywności wody o 0,014 do 0,056 przy średniej wartości 0,034. Średni przyrost aktywności wody w miodach nektarowych wynosi 0,04 zaś w miodach spadziowych 0,02 [13]. Przyrost aktywności wody w miodach podczas krystalizacji przyczynia się do zwiększenia niebezpieczeństwa fermentacji miodu, ponieważ woda w takim produkcie jest łatwiej dostępna dla mikroorganizmów [18, 23].

W polskich warunkach klimatycznych dosyć często, szczególnie przy pozyskiwaniu miodu w trakcie intensywnych pożytków (z takich roślin jak: rzepak, malina, akacja, gryka)-otrzymuje się miody o zawartości wody przekraczającej wymagany normami poziom 20% [28]. Dane literaturowe wskazują na dużą rozpiętość w zawartości wody w zależności od odmiany miodu i warunków jego pozyskania. Badania polskich miodów odmianowych w latach 2001-2003 pokazują, iż średnia zawartość wody wynosi od 15,5% dla miodów nektarowo spadziowych do 18,6% dla miodu lipowego i nawet 19,6% dla gryczanego [20, 22]. Badania Siudy i in. [28] miodów odmianowych pozyskanych z regionu warmińsko-mazurskiego przeprowadzone na 584 próbkach pokazały, że aż w 353 przypadkach (60,5%) nie spełniają one norm jakościowych pod względem zawartości wody w miodzie. Pozyskanie „rzadkiego” miodu może wynikać z błędów popełnionych przez pszczelarza lub splotu uwarunkowań pożytkowo-pogodowych. Miód o zwiększonej zawartości wody nie nadaje się do przechowywania. Może być wykorzystany jako surowiec niepełnowartościowy w przetwórstwie (zastosowanie w piekarnictwie, produkcji miodu pitnego) lub poddany procesom zagęszczania w celu odparowania wody. W chwili obecnej najczęściej stosowaną metodą zagęszczania jest odwadnianie miodu powietrzem o niskiej wilgotności względnej [13, 18, 27, 29, 31]. Jest to metoda zaadaptowana z natury. Pszczoły potrafią dzięki odpowiedniej wentylacji naturalnej ula przy temperaturze do 35°C w ciągu kilku dni zmniejszyć wilgotność miodu nawet o kilkanaście procent. Długość dojrzewania miodu jest zależna w głównej mierze od siły rodziny pszczołej, wynika bezpośrednio z wartości temperatury i szybkości przepływu powietrza w ulu [6, 15]. Analiza literaturowa doniesień związanych z badaniem procesu odwadniania miodu wykazuje, iż produkt ten jest dotychczas odwadniany jedynie w stanie płynnym [7, 8, 10, 12, 17, 21, 25, 26, 28, 29, 30, 31].

Brak jest doniesień na temat odwadniania miodu częściowo skryształizowanego. Tymczasem wiadomo, że krystalizacja zmniejsza siłę wiązania wody w miodzie, co ułatwia jej usunięcie [1, 9, 13, 23, 32].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu temperatury na siłę wiązania wody w miodzie poprzez pomiar aktywności wody zarówno w miodach płynnych, jak i półpłynnych (częściowo skryształizowanych). Dodatkowo analizowano w warunkach modelowych w konwekcji swobodnej intensywność procesu odwadniania prowadzonego przy stałej wilgotności i temperaturze również dla dwóch postaci miodu.

METODYKA BADAWCZA

Badaniom poddano trzy nektarowe miody odmianowe pozyskane w sezonie 2017: gryczany, rzepakowy, wielokwiatowy. Materiał badawczy dobrano w taki sposób, ażeby znalazły się w nim media o różnych właściwościach, różniące się składem chemicznym, sposobem krystalizacji oraz siłą wiązania wody. Badane miody charakteryzowały się różną zawartością wody: rzepakowy 17,5%, gryczany 18,5% i wielokwiatowy 17%.

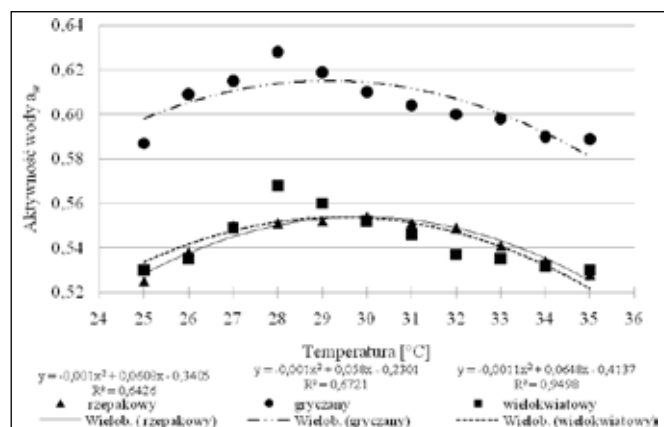
W pierwszej części badań określono wpływ temperatury na aktywność wody. Zawartość wody w miodach płynnych określono metodą refraktometryczną z zastosowaniem refraktometru Abbego w temperaturze 25°C. Do pomiaru aktywności wody miodów wykorzystano przyrząd AquaLab seria 3TE z termostatyczną komorą pomiarową o dokładności 0,003. Przeprowadzono pomiar wartości aktywności wody w zakresie temperatur 25-40°C ze stopniowaniem, co 1°C z pięciokrotnym powtórzeniem. Przed pomiarami szczelnie zamknięte próbki wygrzewano w cieplarni laboratoryjnej w wymaganej temperaturze pomiarowej przez 10 minut w celu uzyskania właściwej temperatury próbki. Dodatkowo przy każdej serii pomiarów aktywności wody, w określonej temperaturze wzorcowano przyrząd wykorzystując wodę destylowaną ($a_w=1,0$) i roztwór wzorcowy NaCl o znanej wartości $a_w=0,760$. Po wykonaniu pomiarów w próbkach w postaci płynnej, badane miody poddano procesowi krystalizacji w temperaturze 10°C bez dostępu światła. Czas krystalizacji wynosił 21 dni. Po upływie tego czasu materiał tworzył półpłynną strukturę w postaci zawiesiny krystalicznej. W tym stanie dokonano kolejnego pomiaru aktywności wody w analogicznych warunkach, jak w stanie płynnym. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci wykresów $a_w=f(T)$ i aproksymowano do krzywej drugiego stopnia wykorzystując program EXCEL.

W drugiej części badań przeprowadzono proces odwadniania miodów w postaci płynnej i półpłynnej (częściowo skryształizowanej) w warunkach kontrolowanych. Pierwotnie materiał wykorzystany do badań znajdował się w stanie skryształizowanym. Ujednorodniono go poprzez wymieszanie w całej objętości oraz podzielono na dwie części o jednakowej masie. Połowę materiału upłynniono poprzez ogrzewanie w szczelnie zamkniętych pojemnikach w cieplarni laboratoryjnej w temperaturze 51°C przez okres 48h. W próbkach płynnego miodu określono zawartość wody metodą refraktometryczną przy wykorzystaniu refraktometru Abbego. Założono, iż próbki miodu skryształizowanego posiadały taką samą zawartość wody, jak próbki miodu upłynnionego. Dokonano pomiaru aktywności wody badanych próbek w postaci płyn-

nej i skryształizowanej przy wykorzystaniu przyrządu AquaLab seria 3TE przy temperaturze pomiaru 25°C. Następnie przygotowano 40 próbek po 20g każdej odmiany i postaci miodu na szalkach Petriego o powierzchni 7850mm². Każdą próbkę ważono wagą laboratoryjną o dokładności 0,001g. Przygotowane próbki przetrzymywano w komorze klimatycznej w warunkach modelowych - temperaturze 30°C i wilgotności względnej 30%. Co godzinę wyjmowano z komory po pięć próbek dla każdej odmiany i postaci miodu. Dla każdej z próbek określano ubytek masy z dokładnością 0,001g. Następnie chłodzono w szczelnie zamkniętym pojemniku do temperatury otoczenia i prowadzono pomiar aktywności wody. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono charakterystyki zmian zawartości wody (przeliczając wyniki z ubytku masy) i aktywności wody w funkcji czasu prowadzenia procesu odwadniania w warunkach modelowych dla miodów płynnego i półpłynnego. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci wykresów $\Delta w=f(t)$ oraz $a_w=f(t)$. Uzyskane krzywe aproksymowano do krzywej drugiego stopnia wykorzystując program EXCEL.

WYNIKI BADAŃ

Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki badań wpływu temperatury na aktywność wody trzech odmian miodów płynnych i w postaci częściowo skryształizowanej (półpłynnej zawiesiny krystalicznej) Uzyskane wyniki pokazują jednoznacznie, że przebieg zmian aktywności wody badanych miodów w funkcji temperatury jest podobny. Zarówno dla miodów płynnych, jak i półpłynnych wraz ze wzrostem temperatury początkowo obserwowano wzrost aktywności wody a następnie spadek. Po aproksymacji uzyskanych wyników za pomocą wielomianu drugiego stopnia, wyznaczono postacie funkcyjne zależności i położenie ekstremów. Dla miodów płynnych gryczanego i wielokwiatowego maksimum aktywności wody zarejestrowano przy temperaturze 28°C, zaś dla rzepakowego 30°C. W przypadku miodów półpłynnych maksimum aktywności wody dla miodu gryczanego zaobserwowano przy temperaturze 28°C, dla wielokwiatowego – 29°C i dla gryczanego 32°C (rys. 1, rys. 2).

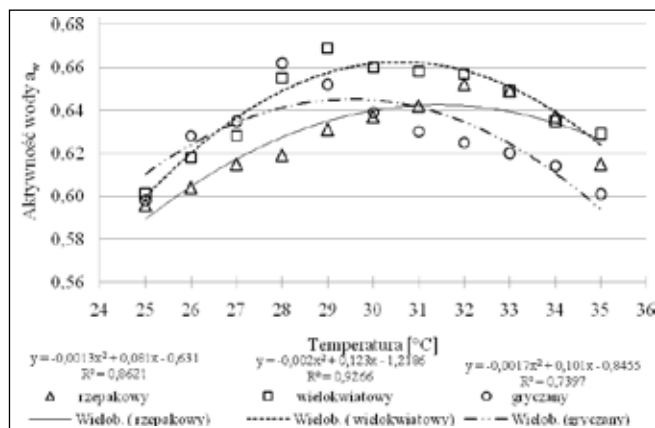


Rys. 1. Zależność aktywności wody od temperatury dla miodów płynnych.

Fig. 1. The dependence of water activity on temperature for liquid honey.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies



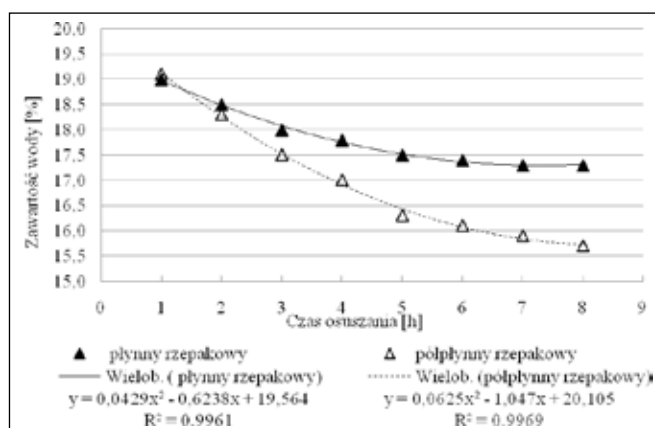
Rys. 2. Zależność aktywności wody od temperatury dla miodów w postaci półpłynnej.

Fig. 2. The dependence of water activity on the honey temperature in semi-liquid form.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies

Poniżej na rys. 3, rys. 4 i rys.5 przedstawiono wyniki badań odwadniania miodu płynnego i półpłynnego w warunkach modelowych (temperatura 30°C, wilgotność względna 30%). Analizując uzyskane krzywe stwierdzono wyraźną zależność pomiędzy średnią intensywnością odwadniania miodu (zdefiniowaną jako spadek zawartości wody w czasie) a jego postacią i odmianą. Spadek zawartości wody dla miodów płynnych był niższy niż dla miodów półpłynnych. Dla miodu płynnego rzepakowego średni spadek zawartości wody w ciągu godziny wynosi 0,21%, dla wielokwiatowego 0,32% zaś dla gryczanego 0,33%. Dla miodów półpłynnych wartość ta jest wyższa i wynosi: dla miodu rzepakowego 0,42%, dla wielokwiatowego 0,44%, zaś dla miodu gryczanego 0,41%.



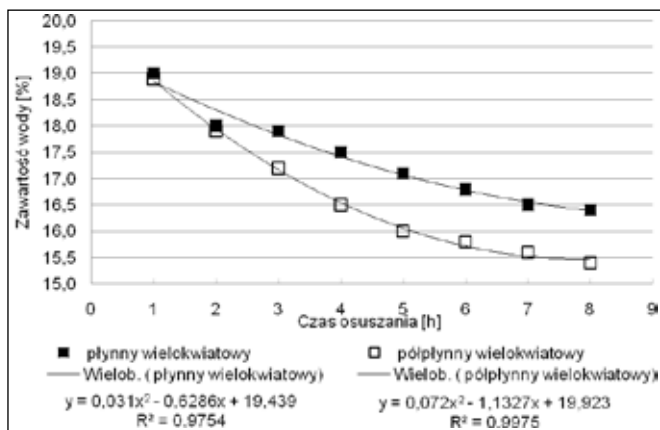
Rys. 3. Spadek zawartości wody w miodzie rzepakowym podczas odwadniania.

Fig. 3. Decrease of water content in rape honey during dehydration.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies

Średnia intensywność odwadnia rzepakowego miodu płynnego jest o 50% niższa w porównaniu do miodu w postaci półpłynnej. W przypadku miodu rzepakowego intensywność ta jest o 27,3% niższa dla miodu płynnego a dla miodu

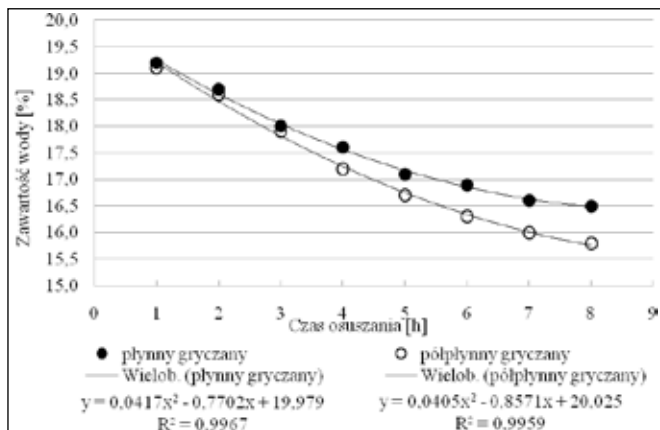


Rys. 4. Spadek zawartości wody w miodzie wielokwiatowym podczas odwadniania.

Fig. 4. Decrease of water content in multiflorous honey during dehydration.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies



Rys. 5. Spadek zawartości wody w miodzie gryczanym podczas odwadniania.

Fig. 5. The decrease in the water content of buckwheat honey during dehydration.

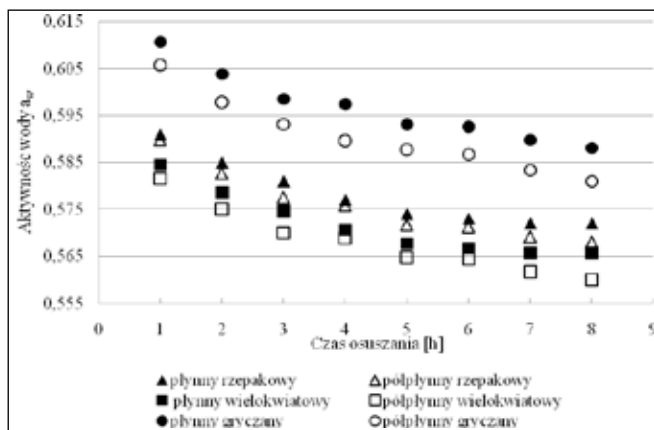
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies

gryczanego o 19,5% niższa. Średnio intensywność odwadniania miodów w postaci płynnej jest o 32,3% niższa niż w przypadku miodów półpłynnych.

Na rys. 6 przedstawiono przebieg zmian aktywności wody podczas odwadniania poszczególnych odmian miodów w postaci płynnej i półpłynnej.

Średni spadek aktywności wody zdefiniowany jako różnica aktywności wody miodu na początku i na końcu procesu odwadniania miodów w postaci płynnej wynosi w przypadku miodu rzepakowego 0,019, miodu wielokwiatowego 0,018 zaś dla miodu gryczanego 0,022. Miody w postaci półpłynnej charakteryzowały się również wyższym spadkiem aktywności wody gdyż w przeprowadzonym doświadczeniu uzyskał on wartość: 0,024 dla miodu rzepakowego, 0,022 dla miodu wielokwiatowego i 0,024 dla miodu gryczanego.



Rys. 6. Spadek aktywności wody w miodach płynnych i półpłynnych podczas odwadniania.

Fig. 6. The decrease in the water activity in liquid and semi-liquid honey during dehydration.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych

Source: Own study based on empirical studies

PODSUMOWANIE

Wyniki badań wskazują, że woda w miodzie jest najslabiej związana w przedziale temperatury o wartości $T_{\text{ł}}28,32\text{°C}$. Ta wartość temperatury pokrywa się ze stosowaną przez pszczoły do zagęszczania nektaru (miodu) w ulu. Pszczoły realizują więc proces w optymalnej temperaturze przy minimalnych nakładach energetycznych. Przy czym należy zaznaczyć, iż w przypadku miodów płynnych najwyższą aktywność wody uzyskują one w dolnym przedziale tego zakresu. Miody w postaci półpłynnej z obecną fazą krystaliczną charakteryzują się najwyższą aktywnością wody w górnym przedziale wartości temperatury tego przedziału.

Analizując wpływ postaci miodu na intensywność procesu jego odwadniania w warunkach modelowych (przy względnej wilgotności powietrza 30% i temperaturze 30°C) stwierdzono, że efekt najwyższej aktywności wody miodu w postaci półpłynnej (częściowo skryształizowanej) przekłada się również na wyższą intensywność odwadniania w stosunku do miodów płynnych. Faza krystaliczna której w miodzie częściowo skryształizowanym jest do kilkunastu procent nie blokuje procesu wymiany masy, pomimo że nieznacznie wzrasta jego lepkość.

Uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne przy projektowaniu urządzeń do zagęszczania miodu. Wskazują na możliwość efektywnego odwadniania miodu częściowo skryształizowanego. Proces częściowej krystalizacji bardzo łatwo wywołać w praktyce poprzez tzw. szczepienie. Wprowadzenie szczepu krystalicznego do świeżego miodu umożliwia wywołanie szybkiej krystalizacji. W efekcie można uzyskać mniejsze nakłady energetyczne niezbędne do usunięcia wody i wyższą wydajność procesu. Należy tylko pamiętać, że krystalizacja zmienia również właściwości reologiczne miodu, który staje się wraz ze wzrostem fazy krystalicznej bardzo kłopotliwy w przetłaczaniu. Osuszanie miodu częściowo skryształizowanego wymaga stosowania specjalnych urządzeń do jego transportu.

LITERATURA

- [1] **ABRAMOVIC H., M. JAMNIK, L. BURKAN, M. KAC. 2008.** „Water activity and water content in Slovenian honey”. *Food Control* 19: 1086–1090.
- [2] **BAKIER S. 2007a.** „Charakterystyka struktury krystalicznej wybranych gatunków polskich miodów”. *Inżynieria Rolnicza* 5(93).
- [3] **BAKIER S. 2007b.** „Influence of glucose changes on water activity in selected honeys”. *Acta Agrophysica* 9(1): 7-19.
- [4] **BEN GAIDA L., C. G. DUSSAP. 2006.** „Variable hydration of small carbohydrates for predicting equilibrium properties in diluted and concentrated solutions”. *Food Chemistry* 96: 387-401.
- [5] **BORNUS L. 1986.** *Miód pszczeni od producenta do konsumenta*. Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [6] **BORNUS L. 1989.** *Encyklopedia pszczelarska*. Warszawa: PWRiL: 109-110.
- [7] **CHIRIFE J., M. C. ZAMORA, A. MOTTO. 2006.** „The correlation between water activity and % moisture in honey. Fundamental aspects and application to Argentine honeys”. *Journal of Food Engineering* 72: 287–292.
- [8] **CRANE E. 1995.** „Removing water from honey”. In: Kevan PG (ed) *The Asiatic hive bee. apiculture, biology, and role in sustainable development in tropical and subtropical Asia*. *Enviro-quest Ltd*. Cambridge, Ontario, Canada, pp 233–243.
- [9] **CUI Z-W, L-J. SUN, W. CHEN, D-W. SUN. 2008.** „Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying”. *J Food Eng* 84(4): 582–590.
- [10] **Dyrektywa UE 2001/110 z dnia 20 grudnia 2001 r.** odnosząca się do miodu.
- [11] **ELLIS M. 1987.** „Lowering the moisture content of small lots of extracted honey”. *Am Bee J* 127:182–183.
- [12] **GHARSALLAOUIA., B. ROGE´, J. GE´NOTELLE, M. MATHLOUTHI. 2008.** „Relationships between hydration number, water activity and density of aqueous sugar solutions”. *Food Chemistry* 106: 1443–1453.
- [13] **GILL R. S., V. S. HANS, S. SINGH, P. P. SINGH, S. S. DHALIWAL. 2015.** „A small scale honey dehydrator”. *J Food Sci Technol* 52(10):6695-6702.
- [14] **GLEITER R. A., H. HORN, D. ISENGARDH. 2006.** „Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey”. *Food Chemistry* 96: 441–445.
- [15] **KEDZIA B., E. HÓLDERNA-KEDZIA. 2008.** *Miód. Skład i właściwości biologiczne*. Warszawa: Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita SA.
- [16] **LAMPEIT L. F. 2010.** *Hodowla pszczół*. Warszawa: Wydawnictwo RM.
- [17] **MATHLOUTHI M. 2001.** „Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs”. *Food Control* 12: 409-417.
- [18] **NASS W. 1986.** „This system removes moisture from honey”. *Am. Bee J.* 126(5):324-325.
- [19] **PAŁACHA Z. 2008.** „Aktywność wody – ważny parametr trwałości żywności”. *Przemysł Spożywczy* 62(4): 22-26.
- [20] **PIDEK A., P. BRZOZOWSKI. 2004.** „Krystalizacja miodu”. *Pszczelarstwo* 9: 18-19.
- [21] **PIEKUT J., M. H. BORAWSKA. 2007.** „Ocena miodów laboratoryjna i przez konsumentów”. *Pszczelarstwo* 1: 7-8.
- [22] **PLATT J. L. JR., J. R. B. ELLIS. 1984.** Removing water from honey at ambient pressure. United States Patent No. 4 472 450.
- [23] **POPEK S. 2003.** „Identyfikacja miodów”. *Nahrung/Food*, 47:39-40.
- [24] **RUEGG M., B. BLANC. 1981** „The water activity of honey related sugar solution”. *Lebensmittel-Wissenschaft&Technologie*14: 1-6.
- [25] **RYBAK-CHMIELEWSKA H., T. SZCZĘSNA. 1996.** Warunki magazynowania a jakość miodu. Podstawowe zagadnienia jakości miodu. Puławy: Wyd. Inst. Sadown. Kwiat. Oddz. Pszczeln:24.
- [26] **SEMKIW P., W. SKOWRONEK, P. SKUBIDA. 2008.** „Changes in water content of honey during ripening under controlled condition”. *Journal of Apicultural Science* Vol. 52 No. 1:57-63.
- [27] **SHAMALA T. R., Y. S. JYOTHI. 1999.** „Honey – It is more than just sweet”. *Indian Food Ind* 18: 349–357.
- [28] **SIUDA M., J. WILDE, M. KOMOROWSKA-CHMIELEWSKA. 2003.** Jakość miodów oferowanych przez pszczelarzy województwa warmińsko-mazurskiego. Materiały z XL Naukowej Konferencji Pszczelarskiej. Puławy. 120-121. **STANFORD M. T. 2011.** Moisture in honey. Dokument elektroniczny ENY 130 <http://edis.ifas.ufl.edu> data odwiedzin 10.02.2012.
- [29] **TABOURET T. 1977.** „Vacuum drying of honey”. *Apicultura*, 12(4).157-164.
- [30] **WAKHLE D. M., S. K. NAIR, R. P. PHADKE. 1988.** „Reduction of excess moisture in honey - I. A small scale unit”. *Indian Bee J* 50:98–100.
- [31] **YAO L. L., R. BHANDARI, N. DATTA, R. SINGANUSONG, B. R. D’ARCY. 2003.** „Crystallisation and moisture sorption properties of selected Australian unifloral honeys”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*83: 884–888.
- [32] **ZAMORA M. C., J. CHIRIFE. 2006.** „Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina”. *Food Control* 17: 59–64.