УДК 638.171.2; 543.421/.424

Литвинчук С.И., кандидат технических наук, доцент, Носенко В.Е., кандидат физико-математических наук, доцент, Вишняк В.В. Национальний университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА БИК-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПЧЕЛИНОГО ВОСКА

Пчелиный воск широко применяется во многих отраслях народного хозяйства [1]. Он также используется в качестве покрытия фруктов и овощей с целью увеличение их сроков хранения. Однако большая часть воска возвращается в пчеловодство для промышленного производства вощины.

Пчелиный воск, имеющий посторонние примеси, называется фальсифицированным воском. Фальсификация пчелиного воска имеет долгую историю, но в последние годы это явление приобретает все более значительные масштабы. К сожалению, именно такой воск несет серьезную угрозу для пчеловодства: это вызывает экономические и имиджевые потери отрасли, ухудшает производительность и качество меда, а также существенно уменьшает благосостояние медоносных пчел. Наиболее распространенными примесями, которые добавляют в пчелиный воск, являются парафин, церезин, микрокристаллический воск, твердый жир, стеариновая кислота, глина, песок, мел, гипс [2]. Следует отметить, что согласно современным требованиям, предъявляемым к качеству используемого в промышленном производстве воска, всё же допускается незначительное содержание парафина и церезина в нём.

Существует ряд классических методов анализа пчелиного воска и контроля его качества: органолептический, хроматографический, метод высушивания до постоянной массы и другие. Однако такие методы исследований являются долговременными и приводят, как правило, к разрушению исследуемого образца [3, 4].

Целью наших исследований было установление особенностей спектров отражения пчелиного воска в ближней инфракрасной (БИК) области, а также фальсифицированного воска, содержащего примеси парафина и церезина. Применение такого метода предусматривает проведение анализов в течение нескольких минут без нарушения структурно-механических свойств исследуемых объектов.

Образцы воска были получены на пасеке Киевской области. Для проведения сравнительных анализов использовались промышленные образцы парафина и церезина. Пробоподготовка материалов для исследований заключалась с том, что сначала образцы подвергались тепловой обработке при минимальной температуре (плавлению). В дальнейшем жидкость выливали в специальную форму, где она охлаждались до комнатной температуры, и затвердевала до состояния гладкой (глянцевой) поверхности. Таким образом, были получены как три основных образца (натурального пчелиного воска, парафина, церезина), так их различные смеси. Следует отметить, что для получения спектров диффузного отражения в БИК-области также исследовались образцы, которые были получены путем механического измельчения до квазиоднородной массы.

Спектры отражения от гладкой поверхности и измельченных образцов исследовались с помощью ИК-анализатора «Infrapid-61» в диапазоне от 1330 до 2370 нм. ИК-спектры отражения от гладких поверхностей исследуемых образцов представлены на рисунке 1. Как показывает анализ полученных спектров, все они имеют подобную форму. Однако наблюдаются два явно выраженных максимума на 1510 и 1581 нм (особенности с и е на рис.1), и более четырех минимумов, в частности на 1415, 1533, 1725, 2254 нм (особенности b, d, f, g). Наибольшая интенсивность в спектре отражения соответствует длине волны 1581 нм.

Секция 4: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ



Рисунок 1. ИК-спектры отражения от гладкой (глянцевой) поверхности образцов: p – парафин; с – церезин; w – натуральный пчелиный воск; wc – смесь воска и церезина; wcp – смесь воска, церезина и парафина; wp – смесь воска и парафина

Анализируя соотношение экстремумов для длин волн 1510 и 1581 нм (табл. 1), можно сделать вывод, что параметр $\alpha = R_{1581}/R_{1510}$ изменяется в диапазоне от 1.155 до 1.265. То есть, минимальное значение $\alpha = 1.155$ соответствует натуральному пчелиному воску, а максимальное значение $\alpha = 1.265$ – церезину [5].

После механического измельчения образца ИК-спектры диффузного отражения существенно не изменились (рис. 2). Однако расположение экстремумов несколько поменялось в области от 1723 до 2400 нм. В таблице 2 приведены соотношения экстремумов измельченных образцов для длин волн 1510 и 1581 нм.



Рисунок 2. ИК-спектр диффузного отражения измельченных образцов

Образец R_{1510} R₁₅₈₁ R_{1581}/R_{1510} 0.309 0.357 1.155 w 0.318 0.397 1.248 р 0.310 0.392 1.265 с 0.375 0.448 1.195 wp 0.328 0.394 1.201 wc 0.388 0.394 1.239 wcp

Таблица 1. Соотношение интенсивностей спектраль-

ных максимумов для 1510 и 1581 нм (образцы с

гладкой поверхностью)

Таблица 2. Соотношение интенсивностей спектральных максимумов для 1510 и 1581 нм (измельченные образцы)

Образец	R ₁₅₁₀	R ₁₅₈₁	R_{1581}/R_{1510}
W	0.879	0.932	1.06
р	0.743	0.827	1.11
c	0.727	0.806	1.12
wp	0.792	0.857	1.08
wc	0.757	0.824	1.09
wcp	0.799	0.874	1.09

Таким образом, наши исследования показали, что ИК-спектры диффузного отражения в ближней области (1330 – 2370 нм) от гладких поверхностей рассматриваемых образцов имеют сходную структуру. При этом отношение интенсивностей отражательных способностей для характеристических длин волн (1581 нм и 1510 нм) α изменяется от 1.155 (пчелиный воск) до 1.265 (церезин).

Инфракрасные спектры диффузного отражения измельченных образцов существенно не изменяются по сравнению со спектрами от гладкой поверхности. Наиболее интенсивные спектральные максимумы не меняют своего положения, но по интенсивности происходит перераспределение спектральных линий.

Список использованной литературы

1. Francesca Giampieria, José L. Quilesb, Francisco J. Orantes-Bermejo (2018), Are byproducts from beeswax recycling process a new promising source of bioactive compounds with biomedical properties?, *Food and Chemical Toxicology*, 112, pp. 126–133.

2. Jorge Harrieta, Juan Pablo Campáa, Mauricio Grajales et al. (2017), Agricultural pesticides and veterinary substances in Uruguayan beeswax, *Chemosphere*, 177, pp. 77–83.

3. Miguel Maia, Ana I. R. N. A. Barros, Fernando M. Nunes (2013), A novel, direct, reagentfree method for the detection of beeswax adulteration by single-reflection attenuated total reflectance mid-infrared spectroscopy, *Talanta*, 107, pp. 74–80.

4. Miguel Maia, Fernando M. Nunes (2013), Authentication of beeswax (Apis mellifera) by high-temperature gas chromatography and chemometric analysis, *Food Chemistry*, 136 (2), pp. 961–968.

5. Vyshniak V., Dimitriev O., Litvynchuk S., Dombrovskiy V. (2018), Identification of beeswax and its falsification by the method of infrared spectroscopy, *Ukrainian Food Journal*, 7 (3), pp. 421–433.