

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЁДА

К.А. Ковшова, С.А. Лисаков, Е.В. Сыпин

В статье рассмотрен способ определения фальсифицированного мёда с помощью его спектральной характеристики. Сформулированы особенности метода. Разработана методика проведения исследования, конструкция лабораторной установки и структурная схема быстрого прибора. В результате проведения экспериментального исследования были получены спектральные характеристики мёда и продукта, полученного путем смешивания мёда и сахарного сиропа. Проведен сравнительный анализ полученных спектральных характеристик.

Ключевые слова: опико-электронный прибор, химический состав, мёд, фруктоза, сахароза, спектральная характеристика.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время определение качества пищевых продуктов является одной из актуальных проблем для человечества [1]. Одним из таких продуктов является мёд, который высоко ценится за свои полезные свойства [2]. Учитывая стоимость натурального мёда, количество фальсифицированного продукта в последнее время заметно увеличилось. В настоящий момент известно несколько способов фальсификации мёда. В Алтайском крае чаще всего используют следующие способы фальсификации: подкорм пчел сахарным сиропом, добавление в мёд крахмала и муки, а также добавление в готовый продукт сахарного сиропа [3].

Как показывает статистика, которую приводит Министерство предпринимательства, инноваций и занятости Новой Зеландии, среднестатистическое потребление мёда в России составляет 0,35 кг/год [4]. Это говорит о том, что есть спрос на данный продукт. В этом случае покупателю важно быстро и точно определить – натуральный ли мёд он приобретает. На сегодняшний день известно несколько способов определения качества (натуральности) мёда, самый точный, но в то же время самый дорогой и требующий много времени на получение результатов – это лабораторные исследования [5]. Есть методы более дешёвые – восковой карандаш или проба на промокательной бумаге, но точность определения данными методами является очень низкой. Альтернативой лабораторным исследованиям предлагают такие приборы, как рефрактометры для мёда. Но они определяют лишь количество воды в продукте, что не несет в себе никакой информации о содержании в нем полезных ве-

ществ [6]. Таким образом, создание недорогого, компактного и быстродействующего прибора для определения качества мёда достаточно актуальная задача.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На начальном этапе, была поставлена цель: спроектировать структурную схему прибора для определения фальсификатов мёда, полученных путем смешивания мёда и сахарного сиропа. Такой прибор должен иметь максимальную точность измерений, высокую скорость получения результатов и невысокую стоимость. Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач:

- разработать методику проведения исследования;
- спроектировать и собрать лабораторную установку для получения спектральных характеристик пропускания мёда;
- провести сравнительный анализ спектральных характеристик пропускания мёда и продукта фальсификата мёда с целью выделения особенностей спектральных характеристик пропускания на выбранном диапазоне длин волн;
- спроектировать структурную схему прибора.

ТЕОРИЯ

Различия между спектральными характеристиками пропускания фруктозы, глюкозы и сахарозы лучше всего наблюдать в диапазоне средних инфракрасных волн, а именно на отрезке [2500; 4000] нм. Этот диапазон более удобен для последующего анализа и для такого диапазона проще подобрать фотоприемник [7].

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЁДА

Учитывая, что концентрация фруктозы и глюкозы в мёде приблизительно одинакова или незначительно отличается, просуммируем спектральные характеристики пропускания фруктозы и глюкозы, выбрав весовые коэффициенты, равные 0,5 (рисунок 1).

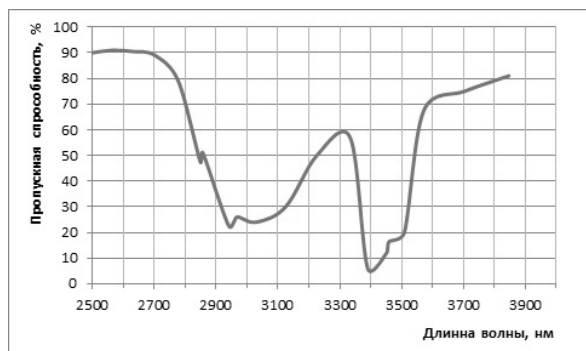


Рисунок 1 – Суммарная спектральная характеристика пропускания глюкозы и фруктозы

Из суммарной спектральной характеристики пропускания можно увидеть, что характерный пик, на отрезке [2850; 2950] нм имеет более сглаженный характер. Из этого следует, что анализ по пиковым значениям, характерным для фруктозы и сахарозы, вероятно, не предполагается возможным.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Исследования М.С. Ивановой и соавторов показали, что наиболее перспективным методом для определения отличительных качеств мёда является анализ спектральной характеристики пропускания.

Для получения спектральной характеристики пропускания мёда была разработана лабораторная установка, конструкция которой приведена на рисунке 2, а внешний вид на рисунке 3.

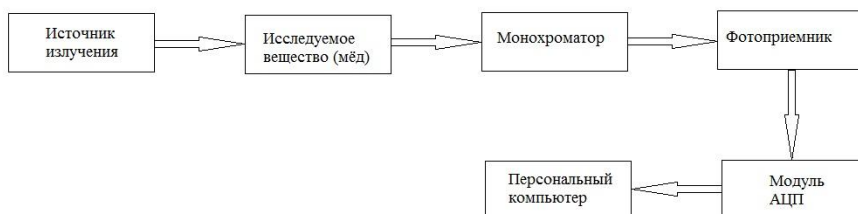
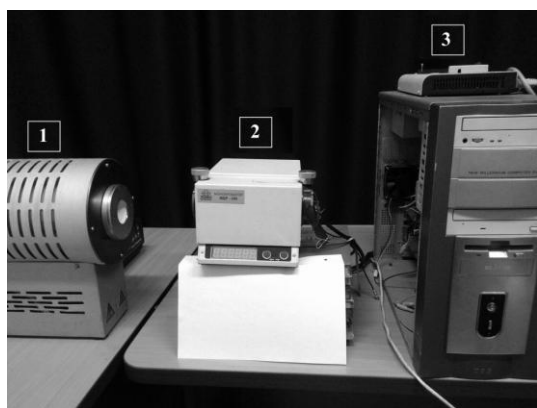


Рисунок 2 – Схема устройства лабораторной установки



1 – Излучатель в виде модели абсолютно-черного тела АЧТ-45/100/1100; 2 – Монохроматор МДР-206; 3 – ПК

Рисунок 3 – Внешний вид лабораторной установки

В качестве источника излучения используется модель абсолютно-черного тела АЧТ-45/100/1100, эксплуатация которого осуществляется в соответствии с технической документацией [8].

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2016

Между монохроматором МДР-206 и излучателем помещается исследуемое вещество. Фотоприемник представляет собой фотодиод и усилитель. Сигнал с усилителя поступает на модуль АЦП, данные с которого передаются на персональный компьютер с помощью порта USB. Данные на ПК отображаются при условии установленного специального программного обеспечения для монохроматора.

Поток излучения от источника АЧТ-45/100/1000 (рисунок 3 поз.1) проходит через слой мёда и ослабляется. Ослабленное излучение поступает на монохроматор МДР-206 (рисунок 3 поз.2), который выделяет монохроматическое излучение на заданной длине волны [9]. Выходной сигнал с усилителя поступает на аналого-цифровой преобразователь, данные с которого передаются на персональный компьютер (рисунок 3 поз.3).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика проведения исследования спек-

тральной характеристики пропускания мёда заключается в выполнении следующих операций:

а) собирается лабораторная установка, показанная на рисунке 3;

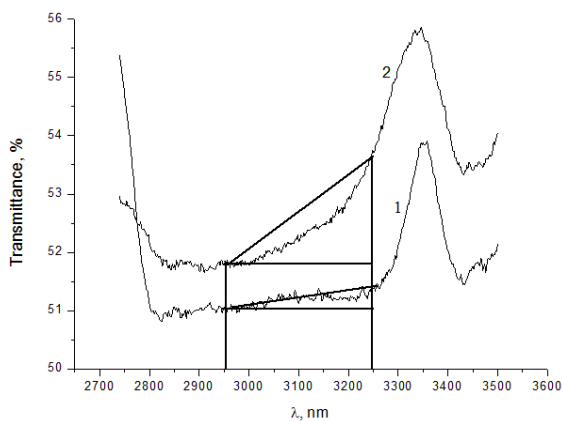
б) образцовый излучатель АЧТ выводится на значение температуры 1050 °С. Данная температура обеспечивает оптимальный поток излучения в исследуемом диапазоне длин волн;

в) монохроматор настраивается диапазон длин волн [2650; 3600] нм, который был выбран исходя из анализа спектральных характеристик пропускания сахарозы и фруктозы [7];

г) для выбранного образца мёда проводится получение его спектральной характеристики пропускания.

Для исследования было взято 5 различных образцов мёда, приобретённых на территории Алтайского края. Каждый образец измерялся дважды. Первый раз была снята спектральная характеристика пропускания мёда без добавления посторонних веществ. Второй раз измерения проводились с продуктом, в который был добавлен сахарный сироп в пропорции 1:1. В сахарный сироп добавлялся мёд и тщательно размешивался.

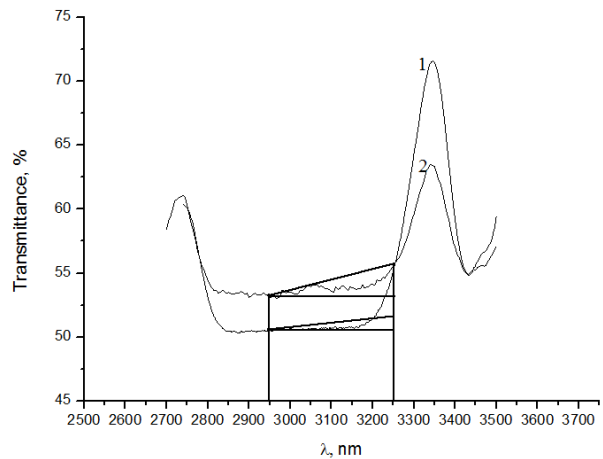
Для получения ИК-спектра необходимо всего от 1 до 10 мг вещества, через которое проходил поток излучения от АЧТ [10, 11]. Вещество помещалось между тонкими стеклами, которые не несли погрешности в выбранном диапазоне длин волн. Измерения проходили в «темной» комнате, таким образом, погрешность от солнечного света была сведена к нулю и на результаты никак не влияла [12]. Используя такой способ проведения эксперимента, была снята необходимая зависимость коэффициента пропускания от длины волны, представленная на рисунке 4.



1 – спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда

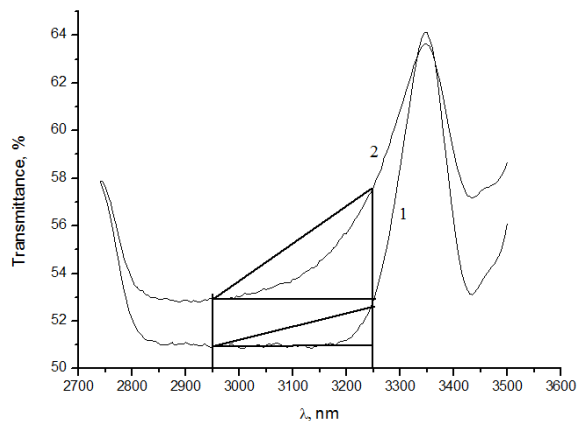
Рисунок 4 – Спектральные характеристики пропускания первого образца мёда

Далее, то же самое было проделано с остальными 4 образцами (рисунки 5–8).



1 – спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда

Рисунок 5 – Спектральные характеристики пропускания для второго образца мёда



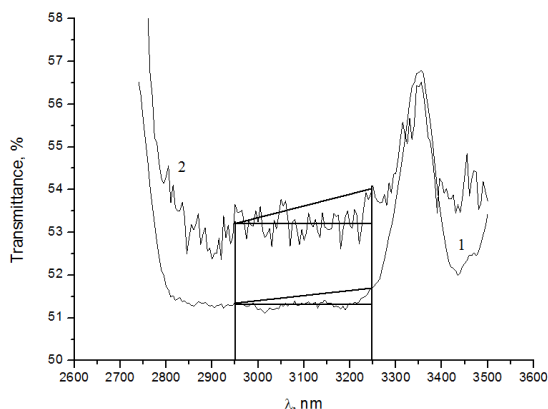
1 – спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда

Рисунок 6 – Спектральные характеристики пропускания для третьего образца мёда

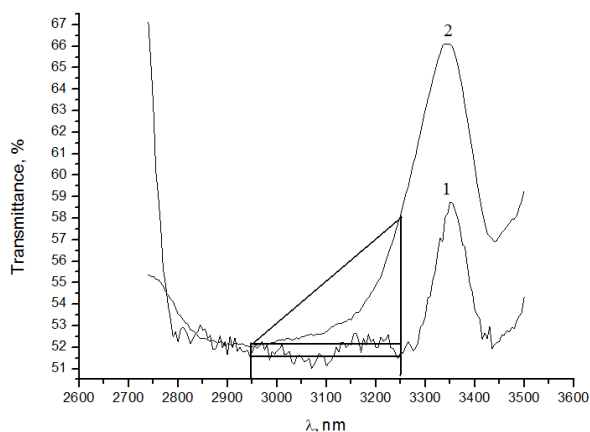
Из спектральных характеристик пропускания можно наблюдать, что при добавлении в мёд сахара, его спектральная характеристика пропускания становится более полой. Для большей наглядности возьмем две точки на графике по оси абсцисс, со значениями 2950 и 3250 нм. Проводятся две перпендикулярные прямые вдоль оси ординат и соединяются друг с другом точки пересечения графиков с линиями. Наклон у спектральной характеристики пропускания мёда с сахарным сиропом больше чем у спектра мёда. Это наблюдается у всех образцов, что говорит о

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЁДА

различии между спектральными характеристиками пропускания мёда и продукта, полученного путем смешивания мёда и сахарного сиропа. На основании этих наблюдений, можно предположить будущую схему прибора, способного измерять концентрацию сахара в мёде посредством спектрального анализа.



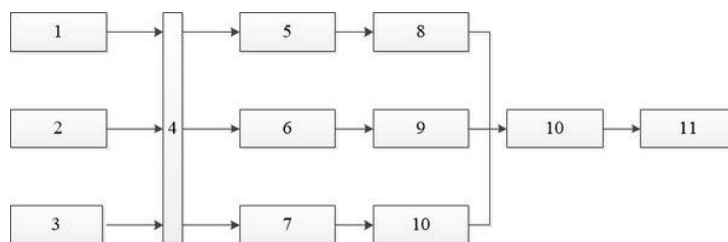
1 – спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда
Рисунок 7 – Спектральные характеристики пропускания для четвертого образца мёда



1 – спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда
Рисунок 8 – Спектральные характеристики пропускания для пятого образца мёда

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИБОРА

Структурная схема прибора представлена на рисунке 9.



1, 2, 3 – источники излучения для определенного диапазона, 4 – исследуемое вещество, 5, 6, 7 – фотоприемники, 8, 9, 10 – усилители, 10 – блок управления, 11 – индикатор

Рисунок 9 – Структурная схема прибора

В качестве источника излучения возьмем три излучателя для диапазонов длин волн, с максимальными значениями на 2950, 3150 и 3250 нм. Сигнал с излучателей поступает на фотоприемник. В качестве фотоприемника используем фотодиоды, которые так же подобраны для работы на длинах волн с максимумами на 2950, 3150 и 3250 нм. Сигнал с фотоприемника поступает на усилитель, выполненный по схеме преобразователя "ток-напряжение". Выходной сигнал с усилителя представляет собой напряжение, которое подается на входы АЦП блока управления. В блок управления входит микроконтроллер. Для первоначальной отладки необходимо подключение прибора к ПК. В конечном приборе блок индикации может представлять собой жидкокристаллический дисплей, на ко-

торой будет выводиться процентное содержание сахара в мёде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работ было проведено экспериментальное исследование возможности определения фальсификатов мёда, используя спектральный анализ.

Решены следующие задачи:

- разработана методика проведения исследования;
- спроектирована и собрана лабораторная установка для получения спектральных характеристик пропускания мёда;
- проведен сравнительный анализ спектральных характеристик мёда и продукта

фальсификата мёда и выделены особенности спектральных характеристик пропускания на выбранном диапазоне длин волн;

– спроектирована структурная схема прибора.

В результате проведения исследования были получены спектральные характеристики пропускания мёда и продукта, полученного путем смешивания мёда и сахарного сиропа. Был проведен анализ полученных характеристик, которой показал, что спектральная характеристика пропускания мёда отличается от спектральной характеристики пропускания смеси мёда и сахарного сиропа. На основании этого, была разработана структурная схема прибора, способного определять различия между натуральным мёдом и фальсифицированным продуктом.

В дальнейшем планируется поиск различий спектральных характеристик пропускания мёда и продуктов, полученных путем смешивания мёда с другими добавками, которые наиболее распространены для фальсификации мёда в различных концентрациях. Так же возможен поиск различий спектральных характеристик пропускания на других диапазонах волн. Это позволит усовершенствовать прибор, оставив его первоначальное назначение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепурной, И. П. Экспертиза качества мёда [Электронный ресурс] / И. П. Чепурной // Журнал "Пчеловодство". – 2015. – Режим доступа: <http://beejournal.ru/med/2448-ekspertiza-kachestva-meda>.

2. Николаева, Ю. Н. Мёд, прополис, перга и другие продукты пчеловодства от всех болезней / Ю. Н. Николаева. – М. : Рипол Классик, 2011. – 192 с.

3. Информация о пасаках Алтая [Электронный ресурс] // Маршрут 22. – 2016. – Режим доступа: <http://www.xn--22-6kc1cvaao7b.xn--p1ai/karta-altaya/medovaya-karta/>.

4. Потребление мёда на душу населения в различных странах мира [Электронный ресурс] // Мир пчеловодства. – 2013. – Режим доступа: <http://www.apirworld.ru/1374468155.html>.

5. Правила ветеринарно-санитарной экспертизы мёда при продаже на рынках [Электронный ресурс] // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. – 1995. – Режим доступа: <https://www.fsvps.ru/fsvps/laws/388.html>.

6. Рефрактометры для мёда [Электронный ресурс] // "Нева-Профи". – 2015. – Режим доступа: <http://nevaprofi.ru/refraktometry-dlya-myoda>.

7. Ковшова, К. А. Исследование метода спектрального анализа для определения натуральности мёда / К. А. Ковшова, С. А. Лисаков, Е. В. Сыпин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. – № 4(12). – С. 85–89. Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2015/4/15_85-89.pdf.

8. Излучатель в виде модели абсолютно черного тела АЧТ-45/100/1100. Руководство по эксплуатации ДДШ 2.979.005 РЭ. – 26 с.

9. Монохроматор МДР-206. Руководство по эксплуатации Ю-30.67.105 РЭ. – 41 с.

10. Васильев, А. В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений / А. В. Васильев, Е. В. Григоренко, А. О. Щукин, Т. Г. Федулина. – Санкт-Петербург, 2007. – 29 с.

11. Гисматулина, Ю. А. Сравнение целлюлоз, выделенных из мискантуса, с хлопковой целлюлозой методом ИК-Фурье спектроскопии / Ю. А. Гисматулина, В. В. Будаева // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 177–181.

12. Lisakov, S. A. Determination of Optical Radiation Attenuation in Dispersed System «Coal Dust-Air» / S. A. Lisakov, E. V. Sypin, A. N. Pavlov, J. L. Mikhanoshina, G. V. Leonov // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015: Conference proceedings. – Novosibirsk : NSTU, 2015. – P. 353–358.

Ковшова К.А., студент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), тел.: (3854) 432450, e-mail: ksukovshova@gmail.com.

Лисаков С.А., инженер кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), тел.: (3854) 432450, e-mail: foxl-sa@mail.ru.

Сыпин Е.В., к.т.н., доцент, профессор кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), тел.: (3854) 432450, e-mail: sev@bti.secna.ru.