

УДК [635+634.7]:543.42

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ПОДЛИННОСТИ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Ю.В. Голубцова

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: ahr@kemtipp.ru

Дата поступления в редакцию: 20.02.2017

Дата принятия в печать: 17.04.2017

Аннотация. Использование метода ИК-Фурье спектроскопии для определения подлинности сырья активно применяется в последние годы. Данный метод имеет ряд преимуществ: исследовать можно любые образцы, в любой форме и агрегатном состоянии – твердые и жидкие, порошки и пасты, гранулы, суспензии, волокна и т.д. Весь анализ занимает буквально минуту, включая размещение образца, сбор и обработку данных. Автором проведена оценка качества и подлинности плодово-ягодного сырья методом ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения. Изучение полученных ИК-спектров плодово-ягодного сырья показало, что у каждого вида сырья имеются отличия в рисунке, в степени интенсивности полос поглощения и величине площади под спектральной кривой поглощения, что, по-видимому, определяется особенностями химического состава сырья. Установлено, что с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения можно получить индивидуальные ИК-спектры плодово-ягодного сырья. Экспериментально доказано, что метод ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения позволяет идентифицировать плодово-ягодное сырье; полученные индивидуальные ИК-спектры и спектральные характеристики (интенсивность полосы поглощения и площадь под спектральной кривой поглощения) являются строго специфичными для каждого вида сырья и обусловлены, по-видимому, морфологическими особенностями строения и химического состава. Они позволяют идентифицировать видовую принадлежность при введении в библиотеку прибора стандартного спектра образца. Изучение возможности применения метода ИК-Фурье спектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в сложных пищевых системах показало, что данный метод позволяет определить наличие в продукте плодово-ягодного сырья, но идентифицировать его видовую принадлежность не позволяет.

Ключевые слова. Плодово-ягодное сырье, спектроскопия, ИК-Фурье, видовая идентификация, растительное сырье, фальсификация продуктов

EVALUATION OF QUALITY AND AUTHENTICITY OF FRUIT RAW MATERIAL USING FTIR SPECTROSCOPY OF FRUSTRATED TOTAL INTERNAL REFLECTION

Yu.V. Golubtsova

Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: ahr@kemtipp.ru

Received: 20.02.2017

Accepted: 17.04.2017

Abstract. The use of FTIR spectroscopy to determine the authenticity of the raw material has been actively applied in recent years. This method has several advantages: one can examine any of the samples, in any form or state of aggregation - solids and liquids, powders, pastes, granules, suspensions, fibers, etc. The study of the obtained IR spectra of fruit raw material has shown that each type of raw material has differences in patterns, in the degree of intensity of absorption bands and the area under the spectral absorption curve that appears to be determined by chemical composition characteristics of raw materials. It has been found that using the method of FTIR spectroscopy of frustrated total internal reflection one can obtain IR spectra of individual fruit raw material. It is experimentally proved that FTIR attenuated total reflectance spectroscopy method allows identification of fruit raw materials. The obtained individual IR spectra and spectral characteristics (absorption band intensity and the area under the spectral absorption curve) are strictly specific to each type of raw material and due, apparently, the morphological features of structure and chemical composition. They allow us to identify species when introducing the standard sample spectrum into the instrument library. The investigation of the possibility of applying the method of FTIR spectroscopy to identify the fruit raw material in complex food systems has shown that this method allows us to determine the presence of the fruit raw material in the product, but it is impossible to identify the species it belongs to.

Keywords. Fruit raw material, spectroscopy, FTIR, identification of species, plant raw material, falsification of food products

Введение

В последние годы в исследовании качества пищевого и лекарственного сырья применяют новые методы спектроскопии [1]. Все большее распространение в исследовании качества и подлинности сырья находит метод ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). При использовании данного метода ИК-излучение проникает в образец на глубину около одного микрометра, а детектор регистрирует спектр поглощения. Метод имеет ряд преимуществ по сравнению с техникой измерения на пропускание. Исследовать можно любые образцы, в любой форме и агрегатном состоянии – твердые и жидкие, порошки и пасты, гранулы, суспензии, волокна и т.д. Весь анализ занимает буквально минуту, включая размещение образца, сбор и обработку данных [2–4].

Идентифицируют значения характеристических частот ИК-спектра, соответствующих химическому составу образца, и определяют подлинность пищевого или лекарственного растительного сырья по табличным спектральным данным для эталонных образцов сырья. На практике при интерпретации спектров определяют положение полос поглощения и их интенсивность (сильная, средняя, слабая). Сопоставление ИК-спектров начинают с анализа характеристических полос, которые обычно хорошо проявляются на спектрах, и лишь при их совпадении сопоставляют низкочастотную область [5]. Совпадение спектральной кривой исследуемого вещества с рисунком стандартного спектра свидетельствует об идентичности двух веществ (видов сырья). Отсутствие в спектре исследуемого вещества полос, наблюдаемых в спектре стандартного образца, однозначно указывает на то, что эти вещества различны. Присутствие в спектре исследуемого вещества большего числа полос, по сравнению со спектром стандарта, может быть объяснено как загрязнением исследуемого вещества, так и различием обоих веществ [6]. Таким образом, ИК-спектр испытуемого образца должен иметь полное совпадение полос поглощения с полосами поглощения стандартного спектра по положению и относительной интенсивности [7].

Метод ИК-спектроскопии широко используется для оценки подлинности и качества лекарственного сырья, в частности в оценке загрязнения сырья техногенного характера [3, 4, 8] в исследованиях по идентификации компонентов растительного сырья и продуктов питания растительного происхождения [9, 10, 11].

Объекты и методы исследования

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены на кафедре «Бионанотехнология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)».

Отдельные этапы работы выполнены в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной Рос-

сии на 2009–2013 годы», ГК №14.740.11.1219 по теме: «Молекулярно-генетический анализ ДНК растительного происхождения с целью разработки ПЦР-тест-систем для идентификации фальсификации продуктов на их основе», соглашение № 4.В37.2.968.

Целью исследований являлась оценка качества, подлинности и видовой принадлежности плодово-ягодного сырья методом ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения. Согласно выдвинутой научной гипотезе изучение полученных ИК-спектров плодово-ягодного сырья покажет отличия в рисунке, степени интенсивности полос поглощения и величине площади под спектральной кривой поглощения для каждого вида сырья.

В работе исследовано плодово-ягодное сырье: *Ribes úva-crispa* (крыжовник обыкновенный, сорт Кооператор), *Rosa majalis Herrm* (шиповник майский), *Prunus fruticosa* (вишня степная, сорт Алтайская ласточка), *Actinidia deliciosa* (киви деликатесный). Ягоды крыжовника, вишни и шиповника были собраны в августе 2015 года на территории Кемеровской области. В работе использованы плоды киви урожая 2015 года, страна производитель – Китай.

В качестве дополнительного метода в оценке качества и подлинности плодово-ягодного сырья применяли метод ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). В работе использован ИК-спектрофотометр IRPrestige-21 (Shimadzu) с приставкой с НПВО Silver Gate™ и программным пакетом IRsolution, включающим модули сбора и обработки данных, их количественного анализа, формирования собственных библиотек спектров, идентификации соединений по собственным и стандартным библиотекам спектров, преобразования форматов спектральных файлов, обработки микроскопических изображений, а также библиографию по ИК-спектроскопии.

Спектры образцов плодово-ягодного сырья снимались в диапазоне 600–4000 см⁻¹, ширина щели 4 см⁻¹, усиление 1, количество сканов 40.

В работе предпринята попытка идентификации вида плодово-ягодного сырья в многокомпонентной пищевой системе. Для этих целей полученные спектры плодово-ягодного сырья были введены в базу данных ИК-спектрометра.

Для изучения возможности идентификации вида плодово-ягодного сырья в сложной многокомпонентной системе готовили модельную пищевую систему на основе биопродукта творожного йогуртного – «Активия» следующего состава: творог обезжиренный, обезжиренное молоко, сливки, концентрат молочных белков, желатин, йогуртная закваска, бифидобактерии *ActiRegularis* (не менее 1x10⁷ КОЕ/г), массовая доля жира 4,5 %, изготовитель: ООО Данон Индустрия. Плодово-ягодное сырье измельчали на блендере и вносили в творожный йогуртный продукт в количестве 5 % от массы (в случае использования одного вида плодово-ягодного сырья и их смеси).

Результаты и обсуждение

В ходе проведения серии последовательных экспериментов получены ИК-спектры плодово-ягодного сырья, возникшие в результате колебательного движения молекул, а именно – в результате переходов между колебательными уровнями основного электронного состояния молекул.

Анализ спектров показывает, что их рисунок строго специфичен для каждого вида сырья (рис. 1, табл. 1). Тем не менее, у всех видов сырья в ИК-спектрах имеются сходные области полос поглощения по положению, но различающиеся своей интенсивностью.

В области частот 3800–2600 см⁻¹ ИК-спектров обычно проявляются частоты валентных колебаний ОН-групп, включенных во внутримолекулярные водородные связи, а также групп СН₂ и СН₃. В области частот 1800–1200 см⁻¹ в основном проявляются характеристические частоты валентных колебаний групп –С=О и –С=C-, деформационных колебаний метильных и метиленовых групп, а также ОН-групп.

Максимальные пики поглощения выявлены в диапазоне частот 1100–1000 см⁻¹ у всех видов плодово-ягодного сырья. Данные пики могут быть обусловлены колебаниями, связанными с группой С-О-Н некоторых фенольных соединений (например, первичных и вторичных спиртов), которые в большом количестве присутствуют в ягодах и плодах растений. Фенольные соединения являются одним из многочисленных классов вторичных соединений растений, обуславливающих их биологическую ценность.

С наличием фенольных соединений связаны также полосы поглощения, обусловленные валентными колебаниями свободных групп ОН (частоты 3670–3580 см⁻¹), внутри- и межмолекулярных Н-связей в димерах и полимерах (частоты 3400–3200 см⁻¹), колебаниями, связанными с группой С-О-Н: R-О-Н (частоты 1450–1250 см⁻¹, 750–650 см⁻¹), первичных спиртов (частоты 1075–1000; 1350–1260 см⁻¹), вторичных спиртов (частоты 1125–1030; 1350–1260 см⁻¹), третичных спиртов (частоты 1170–1100; 1410–1310 см⁻¹), фенолов (частоты 1270–1140; 1410–1310 см⁻¹), колебаниями групп карбоновых кислот: валентными колебаниями групп СООН (частоты 1760; 1725–1700 см⁻¹), свободными ОН-группами (частоты 3350–3500 см⁻¹), связанными ОН-группами (частоты 3300–2500 см⁻¹), любыми группами ОН (частоты 995–890 см⁻¹), колебаниями С-О связей (частоты 1320–1210 см⁻¹); колебаниями С-О-С в эфирах ароматических кислот (частоты 1300–1250 см⁻¹).

О присутствии углеводов свидетельствуют полосы поглощения, обусловленные валентными колебаниями СН₂-групп при частоте ~ 2930 см⁻¹. Следует отметить, что при характеристике интенсивности полос ИК-спектров анализируют интенсивность в максимуме поглощения и интегральную интенсивность (площадь под спектральной кривой поглощения). Анализ спектров показывает, что практически у всех исследуемых видов плодово-ягодного сырья с различной степенью интенсивности

присутствуют полосы поглощения в указанных диапазонах частот.

Изучение полученных ИК-спектров плодово-ягодного сырья показало, что у каждого вида сырья имеются отличия в рисунке, в степени интенсивности полос поглощения и величине площади под спектральной кривой поглощения, что, по-видимому, определяется особенностями химического состава сырья. Наибольшая величина интенсивности в максимуме поглощения характерна для плодов шиповника в диапазонах частот: 3526,03; 2500...2774; 1709,97 и 3174,0 см⁻¹ и соответственно равна 28,29; 77,41...75,06; 59,02 и 57,31 усл. ед; однако интегральная интенсивность равна соответственно 8,94; 8,04...7,32; 15,78 и 21,17 усл. ед. Для плодов вишни и киви характерны средняя интенсивность полос в максимуме поглощения (21,33...38,42 усл. ед.), в диапазонах частот: 2218,23; 3212,58; 3311,92; 3507,70 см⁻¹ (для вишни) и 3113,24; 3470,09; 3625,37; 3879,98; 3933,99 см⁻¹ (для киви); при этом отмечаются и средние величины интегральной интенсивности (в диапазоне значений 10,04...48,84 усл. ед., за исключением частоты 3507,7 см⁻¹ у вишни).

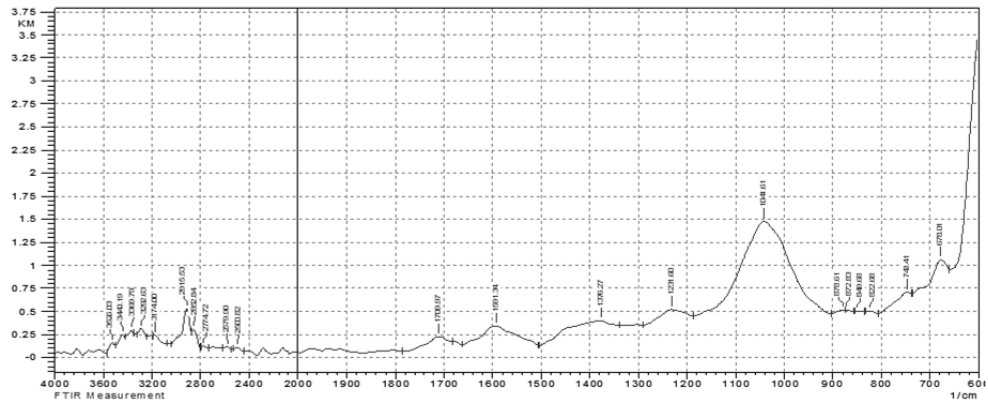
Проведенные исследования показали, что с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения можно получить индивидуальные ИК-спектры плодово-ягодного сырья. Экспериментально установлено, что рисунок ИК-спектра, такие спектральные характеристики, как интенсивность полосы поглощения и площадь под спектральной кривой поглощения, являются строго специфичными для каждого вида сырья и позволяют идентифицировать видовую принадлежность при введении в библиотеку прибора стандартного спектра образца.

Остается открытым вопрос о возможностях данного метода в идентификации растительного сырья в многокомпонентных пищевых системах.

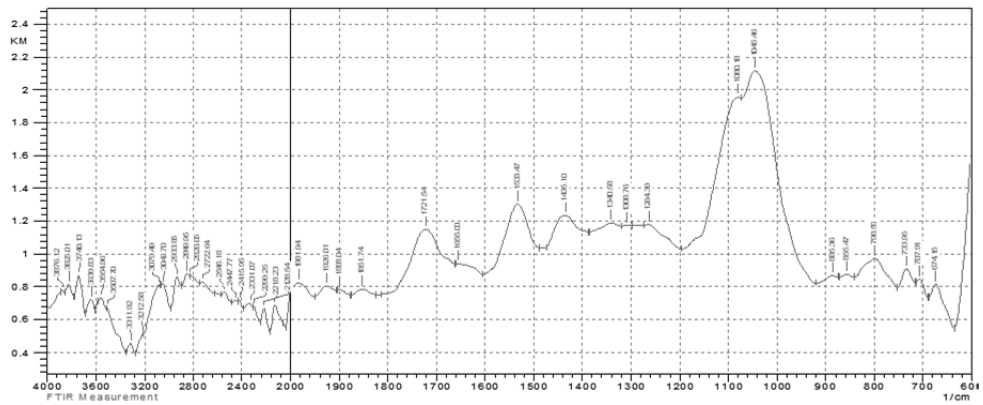
Для исследований возможности использования метода ИК спектроскопии в идентификации растительного сырья в многокомпонентных пищевых системах использован биопродукт творожный йогуртный – «Активия».

Результаты исследований показывают, что из большого набора органических веществ в библиотеке ИК-спектрометра, данный метод позволяет идентифицировать, с большей вероятностью, наличие в пищевой системе плодово-ягодного сырья, однако видовую принадлежность плодово-ягодного сырья данный метод определить не позволяет (рис. 2, 3).

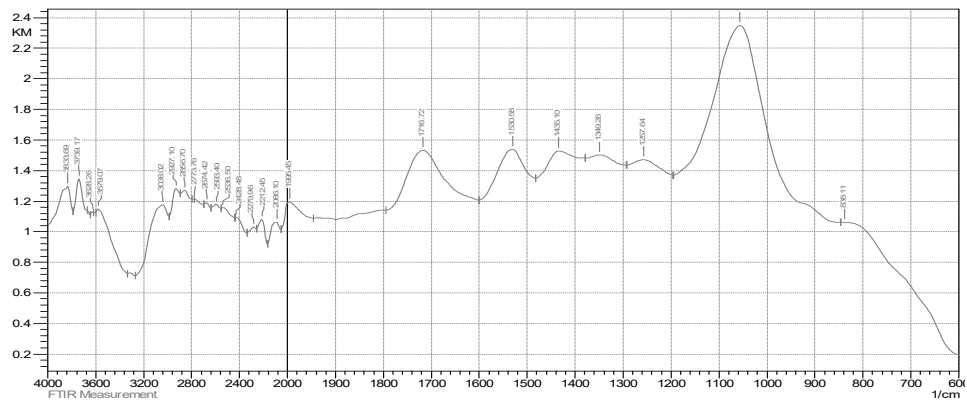
Как показывают данные рис. 2 программный пакет IRsolution ИК-спектрометра из собственных библиотек спектров (справочные данные) выбрал приоритетными в составе йогурта ИК-спектры плодово-ягодного сырья с вероятностью 724–765 % из 1000 (позиции 1–8), однако идентифицировал в качестве основного вида – плоды шиповника вместо киви (выделенная позиция № 1 в списке ИК-спектров библиотеки). При анализе йогурта с фруктовой смесью программный пакет спектро-



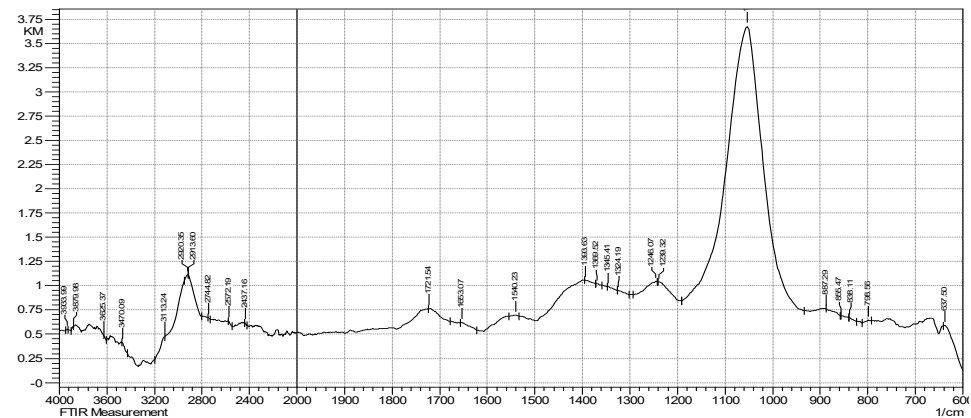
а



б



в



г

Рис. 1. ИК-спектры плодово-ягодного сырья: а) шиповник; б) вишня; в) крыжовник; г) киви: оси: горизонтальная – волновое число (1/см), вертикальная – поглощение (отн. ед.)

метра приоритетно идентифицировал в составе йогурта плодово-ягодное сырье с вероятностью 785–702 % из 1000 (позиции 1–8), однако с

наибольшей вероятностью был идентифицирован крыжовник (выделенная позиция № 1 в списке ИК-спектров библиотеки) (рис. 3.).

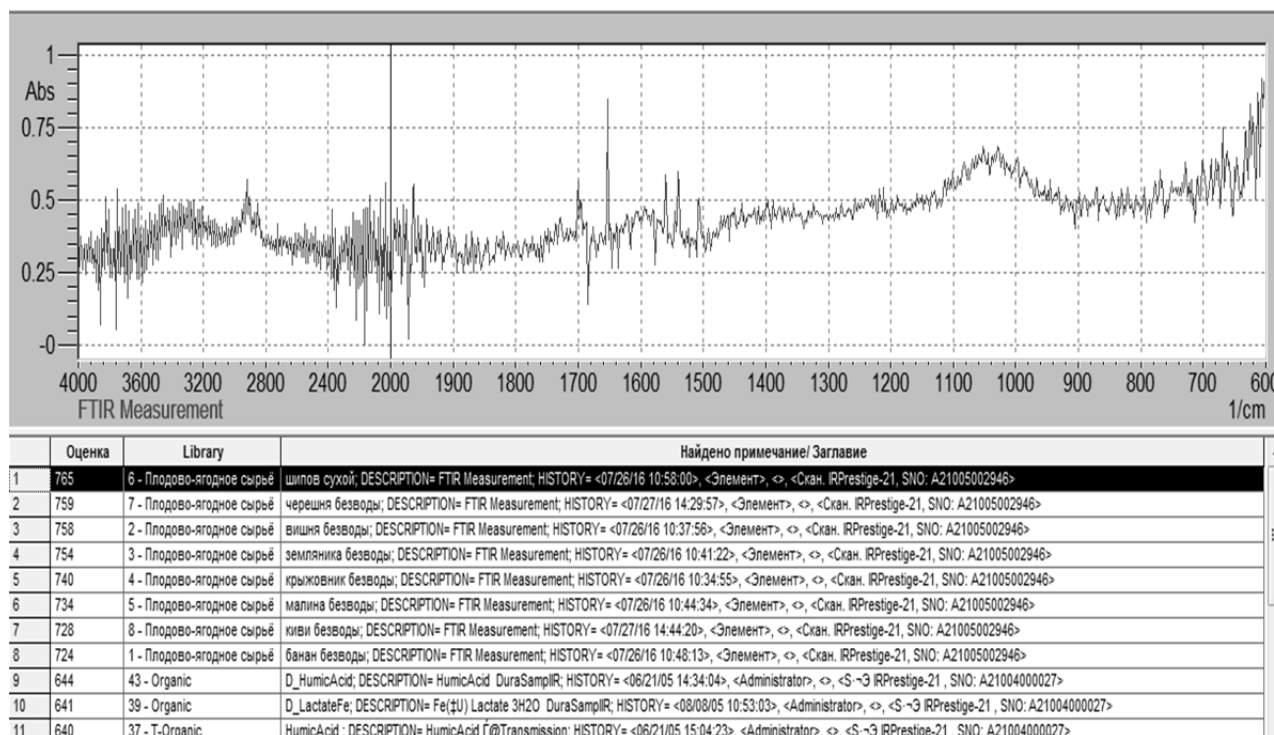


Рис. 2. ИК-спектры йогурта с 5 % фруктовой смесью:
оси: горизонтальная – волновое число (1/см), вертикальная – поглощение (отн. ед.)

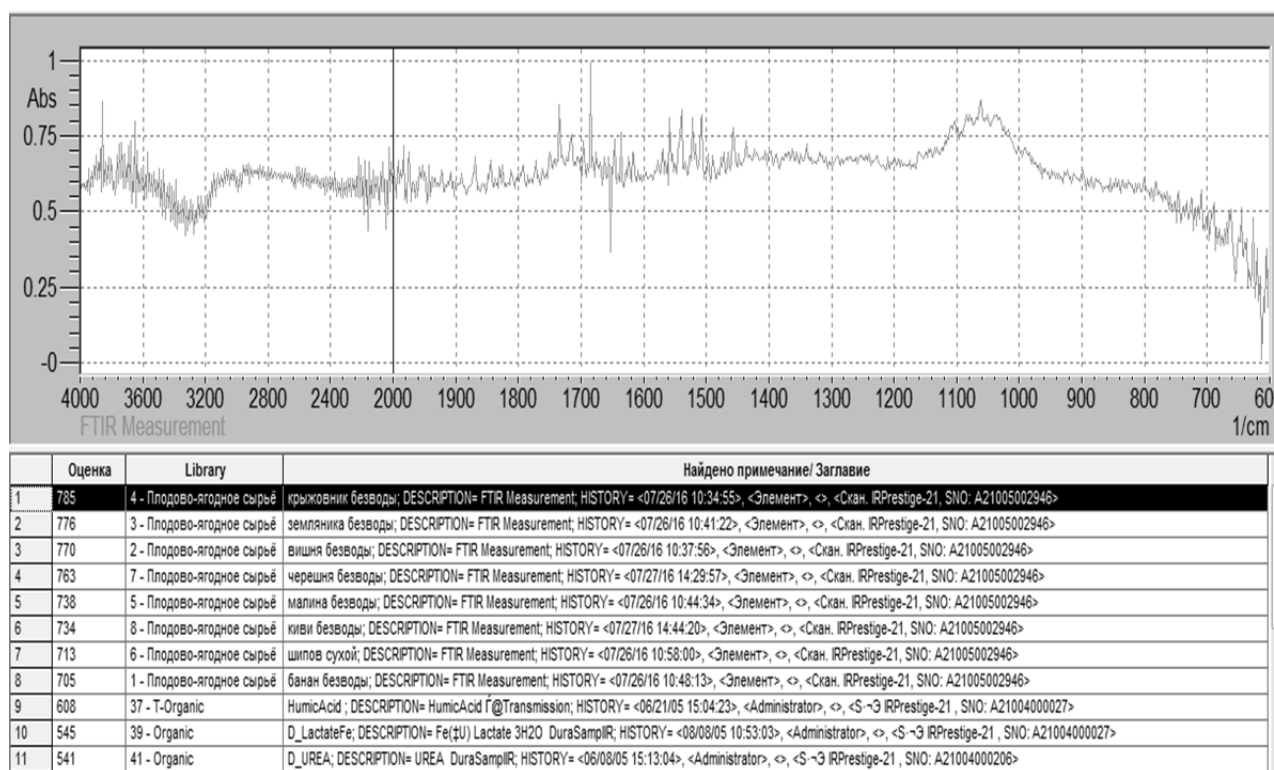


Рис. 3. ИК-спектры йогурта с 5 % фруктовой смесью:
оси: горизонтальная – волновое число (1/см), вертикальная – поглощение (отн. ед.)

В литературных источниках практически нет сведений о возможности использования ИК-

спектроскопии в оценке подлинности растительно-го сырья в составе многокомпонентных пищевых

систем. Имеется работа И.А. Авилловой и Д.В. Хлыстова (2014) по возможности использования метода ИК-спектроскопии для определения качества растительных масел, подтверждения подлинности состава, а также для идентификации производителя растительных масел и контроля технологического процесса [5].

Таким образом, метод ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения позволяет идентифицировать плодово-ягодное сырье; полученные индивидуальные ИК-спектры и спектральные характеристики (интенсивность полосы поглощения и площадь под спектральной кривой поглощения) являются строго специфичными для каждого вида сырья и обусловлены, по-видимому,

морфологическими особенностями строения и химического состава.

Изучение возможности применения метода ИК-Фурье спектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в сложных пищевых системах показало, что данный метод позволяет определить наличие в продукте плодово-ягодного сырья, но идентифицировать его видовую принадлежность не позволяет.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния сахаров, кислот и др. веществ, добавленных извне и присутствующих в составе плодов и ягод на спектральные характеристики, а также использование плодово-ягодных соков вместо плодов.

Список литературы

1. Применение тандемной масс-спектрометрии с ионизацией электрораспылением для идентификации икарина в растительном сырье / О.А. Шевлякова, А.А. Ихалайнен, А.М. Антохин, В.Ф. Таранченко [и др.] // Масс-спектрометрия. – 2014. – Т. 11. – № 4. – С. 247–254.
2. Арзамасцев, А.П. Современное состояние проблемы применения ИК-спектроскопии в фармацевтическом анализе лекарственных средств / А.П. Арзамасцев, Н.П. Садчикова, А.В. Титова // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – № 8. – С. 26–30.
3. Использование метода Фурье-ИК спектроскопии для изучения изменений химического состава *Potentilla Erectata Raeusch.* под действием антропогенных факторов / Н.В. Ильяшенко, В.Д. Ильяшенко, С.М. Деметьева, С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». – 2009. – № 13. – С. 211–220.
4. Влияние факторов окружающей среды на изменения химического состава в листовых пластинках биоиндикационных растений-гидрофитов на примере рогилиста темно-зеленого (*Ceratophyllum Demersum L.*) / Н.В. Ильяшенко, Ю.Г. Оленева, А.И. Иванова, С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 1–10.
5. Авилова, И.А. Возможность использования метода ИК-спектроскопии при анализе сырья и продуктов питания растительного происхождения / И.А. Авилова, Д.В. Хлыстов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Физика и химия. – 2014. – № 1. – С.34–37.
6. Гордеева, Л.Н. Идентификация винодельческой продукции методами хроматографии и спектрометрии / Л.Н. Гордеева // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2004. – № 1. – С. 35.
7. Monitoring toasting intensity of barrels by chromatographic analysis of volatile compounds from toasted oak wood / P. Chatonnet, I. Cutzach, M. Pons, D. Dubourdieu // J. Agric. Food Chem. – 1999. – N 47. – P. 4310–4318.
8. Инфракрасные спектры лепестков цветков одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale Wigg.*) в зависимости от места произрастания / Т. Шукуров, А.А. Джураев, З.М. Хаитова, Ан. Джубаев // Доклады академии наук республики Таджикистан. – 2008. – № 5. – С. 351–355.
9. Просеков, А.Ю. Современные методы исследования сырья и биотехнологической продукции / А.Ю. Просеков, О.О. Бабич, С.А. Сухих. – Кемерово, 2013. – 183 с.
10. Просеков, А.Ю. Влияние технологической обработки продовольственного сырья на эффективность видовой идентификации / А.Ю. Просеков, Ю.В. Голубцова, К.А. Шевлякова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 6. – С. 8–10.
11. Съедин, А.В. Использование метода ИК-спектроскопии для экспресс-идентификации тиогликозидов в растительном сырье / А.В. Съедин, Т.В. Орловская, М.В. Гаврилин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 32–38.
12. Prosekov A.Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A.Yu. Prosekov, S.A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016.– Vol. 4, – № 2. – pp. 201–211. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.
13. Prosekov A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A.Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2014.– Vol. 2, –№ 2. – pp. 106–120. DOI: 10.12737/5467.

References

1. Shevlyakova O.A., Ikhalaaynen A.A., Antokhin A.M., Taranchenko V.F., Goncharov V.M., Aksenov A.V., Mitrofanov D.A., Rodin I.A., Shpigun O.A. Primenenie tandemnoy mass-spektrometrii s ionizatsiey elektroraspyleniem dlya identifikatsii ikariiina v rastitel'nom syr'e [Application of tandem electrospray/ionization mass spectrometry for identification of icariin in plant materials]. *Mass-spektrometriya* [Mass-Spektrometria], 2014, vol. 11, no. 4, pp. 247–254.
2. Arzamastsev A.P., Sadchikova N.P., Titova A.V. Sovremennoe sostoyanie problemy primeneniya IK-spektroskopii v farmatsevticheskom analize lekarstvennykh sredstv [Current state of IR spectroscopy application to pharmaceutical analysis]. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal], 2008, no. 8, pp. 26–30.
3. Ilyashenko N.V., Ilyashenko V.D., Dementieva S.M., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. Ispol'zovanie metoda Fur'e-ИК спектроскопии dlya izucheniya izmeneniy khimicheskogo sostava *Potentilla Erectata Raeusch.* pod deystviem antropogennykh faktorov [Use of the fourier ir spectroscopy for the study of chemical composition changes of *Potentilla Erecta Raeusch.* under the influence of anthropogenic factors]. *Vestnik TvGU. Seriya «Biologiya i ekologiya»* [Gerald of Tver State University. Series: Biology and Ecology], 2009, no.13, pp. 211–220.

4. Ilyashenko N.V., Oleneva Yu.G., Ivanova A.I., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. Vliyanie faktorov okruzhayushchey sredy na izmeneniya khimicheskogo sostava v listovykh plastinkakh bioindikatsionnykh rasteniy-gidrofitov na primere rogolista temno-zelenogo (*Ceratophyllum Demersum L.*) [Effect of ambient environment factors on the chemical composition changes in leaf platelets of bioindicative hydrophytic plants after the example of deep green hornwort (*Ceratophyllum Demersum L.*)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2012, no. 2, pp.1–10.
5. Avilova I.A. Vozmozhnost' ispol'zovaniya metoda IK-spektroskopii pri analize syr'ya i produktov pitaniya rastitel'nogo proiskhozhdeniya [The possibility of using the method of ir spectroscopy for the analysis of raw materials and foods of plant origin]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Fizika i khimiya* [Proceedings of the Southwest State University Physics and Chemistry], 2014, no. 1, pp. 34–37.
6. Gordeeva L.N. Identifikatsiya vinodel'cheskoy produktsii metodami khromatografii i spektrometrii [Identification of wine production by chromatography and spectrometry]. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'. Referativnyy zhurnal* [Food and processing industry. Abstract Journal], 2004, no. 1, p. 35.
7. Chatonnet P., Cutzach I., Pons M., Dubourdieu D. Monitoring toasting intensity of barrels by chromatographic analysis of volatile compounds from toasted oak wood. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, no. 47, pp. 4310–4318.
8. Shukurov T., Dzhuraev A.A., Chaitova Z.M., Dzhuraev An.A., Marupov R. Infra-krasnye spektry lepestkov tsvetkov oduvanchika lekarstvennogo (*Taraxacum officinale Wigg.*) v zavisimosti ot mesta proizrastaniya [Infra-red spectra petals of colors of the dandelion medicinal (*Taraxacum officinale Wigg.*) depending on the place of growth]. *Doklady akademii nauk respublikhi Tadzhikistan* [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan], 2008, no. 5, pp. 351–355.
9. Prosekov A.Yu., Babich O.O., Sukhikh S.A. *Sovremennye metody issledovaniya syr'ya i biotekhnologicheskoy produktsii* [Modern methods of research of raw materials and biotechnology products]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2013. 183 p.
10. Prosekov A.Yu., Golubtsova Yu.V., Shevyakova K.A. Vliyanie tekhnologicheskoy obrabotki prodovol'stvennogo syr'ya na effektivnost' vidovoy identifikatsii [Influence of Technological Raw Food Treatment on the Effectiveness of Species Identification]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2014, no. 6, pp. 8–10.
11. Sedin A.V., Orlovskaya T.V., Gavrilin M.V. Ispol'zovanie metoda IK-spektroskopii dlya ekspress-identifikatsii tioglikozidov v rastitel'nom syr'e [Using ir spectroscopy for rapid identification thioglycosides in plant raw material]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 1, pp. 32–38.
12. Prosekov A.Yu., Ivanova S.A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. *Foods and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 201–211. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.
13. Prosekov A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. *Foods and Raw Materials*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 106–120. DOI: 10.12737/5467.

Дополнительная информация / Additional Information

Голубцова, Ю.В. Оценка качества и подлинности плодово-ягодного сырья методом ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения / Ю.В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45. – № 2. – С. 126–132.

Golubtsova Yu.V. Evaluation of quality and authenticity of fruit raw material using ftir spectroscopy of frustrated total internal reflection. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 126–132 (In Russ.).

© Голубцова Юлия Владимировна

канд. техн. наук, и. о. проректора по развитию имущественного комплекса, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: ahr@kemtipp.ru

© Yulia V. Golubtsova

Cand.Sci.(Eng.), Acting Vice-rector for Property Complex Development, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: ahr@kemtipp.ru



УДК: 331.103.32

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАДРОВУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ, КАК СОСТАВЛЯЮЩУЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

В.Н. Дружкова¹, Н.Л. Грязнова^{2,*}

¹ Кемеровский институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет им. Г.В. Плеханова»,
650092, Россия, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39

² ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: ekonomika-kemtipp@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 30.03.2017

Дата принятия в печать: 29.05.2017

Аннотация. Функционирование и развитие предприятий во многом зависит от экономической безопасности, которая складывается из нескольких функциональных составляющих, зависящих от отраслевой принадлежности и характера существующих проблем в бизнесе. В статье особое внимание уделено кадровой безопасности, как одной из составляющих экономической безопасности. Целью анализа кадровой безопасности является выявление факторов, ее определяющих, определение уровня трудовой безопасности. Анализ и оценка должны стать важной составляющей для разработки стратегии кадровой безопасности предприятия в рамках политики его экономического развития. В настоящее время существуют разные методы, позволяющие анализировать трудовые ресурсы и их состояние, но не всегда их использование дает возможность определить уровень достаточности тех или иных характеристик, возникает неопределенность, что мешает более объективно охарактеризовать складывающуюся ситуацию в конкретной организации. В исследовании показаны проблемы объективного анализа кадровой безопасности, рассмотрены и проанализированы ее составляющие и предложен метод анализа кадровой безопасности на основе метода нечетких множеств, который позволяет с наибольшей степенью определенности рассчитать влияние каждой составляющей на ее величину. С помощью метода нечетких множеств в исследовании оценивается кадровая безопасность ОАО «Хлебообъединение «Восход»», что позволило провести более объективный анализ. Была дана качественная оценка влияния показателей, таких как средняя заработная плата; коэффициент частоты травматизма; уровень насыщенности специалистами; уровень профессиональной подготовки работников; средний возраст работников; удельный вес молодых специалистов на уровень кадровой безопасности предприятия. Анализируемый период составил пять лет (2011–2015 гг.). Начиная с 2013 года, как показал анализ, наблюдается снижение уровня показателя кадровой безопасности. Причиной снижения кадровой безопасности предприятия послужило снижение уровня специалистов в общем составе работающих, особенно молодых специалистов, а также ухудшение динамики повышения квалификации работающих. В работе были предложены мероприятия по повышению уровня кадровой безопасности ОАО «Хлебообъединение «Восход»».

Ключевые слова. Экономическая безопасность, кадровая безопасность, факторы, определяющие кадровую безопасность, метод нечетких множеств, показатели, характеризующие уровень кадровой безопасности

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF LABOUR RESOURCES THAT DETERMINE PERSONNEL SECURITY AS A COMPONENT OF ECONOMIC SECURITY

V.N. Droujkova¹, N.L. Gryaznova^{2,*}

¹ Kemerovo Institute (branch),
Plekhanov Russian University of Economics,
39, Kuznetskiy Ave., Kemerovo, 650092, Russia

² Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: ekonomika-kemtipp@yandex.ru

Received: 30.03.2017

Accepted: 29.05.2017

Abstract. The operation and development of enterprises depend largely on economic security which is composed of several functional components that depend on the industry and the nature of existing problems in business. Special attention is paid to personnel security as one of the components of economic security. The purpose of the analysis of personnel security is to identify the factors that determine personnel security and the level of employment security. The analysis and evaluation should be an important