



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья
05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)
УДК 612.392.72
doi 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ

Анастасия Сергеевна Терентьева ¹, Алина Евгеньевна Ширяева ²

^{1, 2} Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

¹ murzik1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8727-3500>

² shirjaeva.a1399@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4999-9869>

Аннотация. В работе была проведена оценка качества плодово-ягодного сырья, выполнен его физико-химический анализ сырья на содержание вредных веществ и соответствие показателям безопасности продукции, в частности, на наличие тяжёлых металлов и пестицидов с целью определения возможности применения сырья для извлечения целевых компонентов.

Предметом исследования стал жмых плодово-ягодных культур. Он имеет высокое содержание полезных компонентов и может служить вторичным сырьем в пищевом производстве.

В ходе работы были проанализированы нормативные документы, которые дают представление о том, какими методами производилась оценка качества и на какие этапы можно разбить выполняемую работу по пробоподготовке. Следует отметить, что процесс пробоподготовки является одним из наиболее важных этапов анализа продукции, именно от него зависит качество аналитических исследований сырья, и качество конечного пищевого продукта.

Сырье (жмых ягод клюквы, черники, брусники и черноплодной рябины) было проверено на соответствие нормативным документам на пищевую продукцию (ТР ТС 021/2011; ГОСТ Р 51074-2016; ГОСТ Р 51740-2016 и ряда других) по содержанию ртути, мышьяка, свинца и кадмия. В работе представлены результаты проведения анализа на содержание этих токсичных элементов. Исследованные образцы соответствуют требуемым нормам. Изучаемый жмых может быть использован в качестве сырья для извлечения целевых компонентов и дальнейшей переработке. Данные результаты исследования могут быть использованы в качестве доказательства применимости жмыха в пищевой промышленности при производстве инкапсулированных форм пищевых добавок.

Ключевые слова: пробоподготовка, оценка качества продукции, ягодное сырье, анализ, инкапсулирование, тяжелые металлы, атомно-абсорбционная спектрометрия, жмых, брусника, черника, клюква, черноплодная рябина.

Для цитирования: Терентьева, А. С., Ширяева, А. Е. Оценка качества сырья, используемого для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 7–12. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RAW MATERIALS USED FOR EXTRACTION OF TARGET COMPONENTS WHEN CREATING A PRODUCT FOR ENCAPSULATION

Anastasia S. Terentyeva ¹, Alina E. Shiryaeva ²

^{1,2} ITMO University, St. Petersburg, Russia

¹ murzik1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8727-3500>

² shirjaeva.a1399@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4999-9869>

Abstract. We assessed the quality of fruit and berry raw materials, carried out a physical and chemical analysis of raw materials for the content of harmful substances and compliance with product safety indicators, in particular for the presence of heavy metals and pesticides, in order to determine the possibility of using raw materials to extract target components.

The subject of the research was the cake of fruit and berry crops. It has a high content of useful components and can serve as a secondary raw material in food production.

The normative documents which give an idea of what methods were used to assess the quality and into what stages the work performed on sample preparation can be divided were analyzed. It should be noted that the process of sample preparation is one of the most important stages in the analysis of products, it is on it that the quality of analytical studies of raw materials and the quality of the final food product depend.

The raw materials (cranberry, blueberry, lingonberry and chokeberry cake) were checked for compliance with the regulatory documents for food products (TR TS 021/2011; GOST R 51074-2016; GOST R 51740-2016 and a number of others) for the content of mercury, arsenic, lead and cadmium. The paper presents the results of the analysis for the content of these toxic elements. The investigated samples meet the required standards. The studied cake can be used as a raw material for the extraction of target components and further processing. These research results can be used as base of the applicability of cake in the food industry in the production of encapsulated forms of food supplements.

Keywords: sample preparation, quality assessment, berry raw materials, analysis, encapsulation, heavy metals, atomic absorption spectrometry, cake, lingonberry, blueberries, cranberry, chokeberry.

For citation: Terentyeva, A. S. & Shiryaeva, A. E. (2021). Assessment of the quality of raw materials used for extraction of target components when creating a product for encapsulation. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 7-12. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001.

ВВЕДЕНИЕ

В России широко распространены такие плодово-ягодные культуры, как брусника, клюква, черника и черноплодная рябина.

Ягоды имеют большую пищевую ценность: в них содержится большое количество витаминов (С, В2, В6, РР и др.), а также органических кислот и других микроэлементов, при этом они доступны для промышленной переработки [1].

В большинстве случаев в производстве используют только соки плодово-ягодных культур. При этом значительная часть ценных компонентов после получения сока остается в отходах, а именно в жмыхе [2]. Ягодный жмых представляет собой смесь из кожуры,

семян и пульпы, что составляет примерно 20–40 % от общей массы ягоды.

Использование вторичного сырья (жмыха) позволяет уменьшить объемы утилизации отходов в пользу сокращения потребления ресурсов, таким образом положительно влияя на современную экологическую обстановку [3].

Современные технологии позволяют получать из остатков пищевого производства полезные добавки. Они могут быть созданы на основе вторичного сырья из садовых и дикорастущих ягод, так как они являются богатым источником витаминов и микроэлементов.

Для подтверждения безопасности вторичного сырья и возможности использования

его в пищевом производстве требуется проведение анализа на содержание токсичных элементов.

МЕТОДЫ

Методы, применяемые в работе, включают изучение нормативной документации, получение результатов оценки качества пищевого сырья и сопоставление полученных данных с нормативными требованиями.

В данной работе жмых ягод проходит процедуру оценки качества. В дальнейшем он послужит сырьем для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования.

Инкапсулирование – это процесс заключения частиц одного материала в частицы другого, при котором капсулируемое вещество отделяется от окружающей среды. Таким образом, инкапсуляция создает новые частицы [4].

После анализа полученных результатов можно определить, насколько исследуемое сырье может быть применимо для изготовления определенного типа продукции. Выводы о пригодности жмыха в данной работе формируются по показателям содержания тяжелых металлов, таких как ртуть, мышьяк, свинец и кадмий.

В ходе работы была поставлена цель – определение возможности применения сырья (жмыха) для извлечения целевых продуктов.

Стоит обратить внимание, что важную роль в проведении анализа играет пробоподготовка. От качества пробоподготовки зависит возможность проведения анализа и достоверность его результата.

Проведение анализа состоит из четырех этапов, независимо от метода и объекта исследования.

Этапы анализа включают:

1. Отбор пробы.
2. Подготовку пробы.
3. Измерения.
4. Обработку полученных результатов.

Самой частой причиной ошибки в проведении анализа является неправильная пробоподготовка. В процессе подготовки пробы происходит ее преобразование, в котором она обретает форму, необходимую для проведения анализа, а также избавляется от компонентов, препятствующих проведению анализа.

Для подготовки образцов жмыха ягод был применен метод минерализации под давлением:

1. Измельчение образцов ножницами до частиц, размер которых не превышает 3 мм.

2. Перемешивание и растирание в ступке полученных частиц.

3. Усреднение и сокращение пробы методом квартования (процедура повторяется 2–3 раза):

а) размещение пробы в виде усеченного конуса на поверхности;

б) разравнивание до получения плоского квадрата;

с) разделение по диагоналям (два треугольника, противоположных друг другу, убирают, другие два снова собирают в конус).

При пробоподготовке жмыха ягод процедуру высушивания пропускают. Массовая доля влаги жмыха составляет всего 5–10 %.

4. Основной процесс пробоподготовки – разложение проб ягодного жмыха путем кислотной минерализации под давлением.

Навеска пробы помещается в сосуд из кварца (соотношение объема пробы и объема сосуда должно быть 2 : 35). Далее в сосуд помещается 3 см³ концентрированной азотной кислоты (водный раствор массовой долей не менее 65 %, плотностью около 1,4 г/см³). После этого пробу в контейнере помещают в аппарат для минерализации под давлением. Контейнер должен обладать следующими свойствами: изготовлен из кислотостойкого материала, устойчив к высокому давлению.

В зависимости от определяемого вещества температуру в аппарате поднимают до 230–320 °С. Процесс может занимать от 15 минут до 3 часов (зависит от температурного режима). Далее образцы остужают и ставят в вытяжной шкаф до прекращения выделения коричневого дыма.

После проведения пробоподготовки путем минерализации образец должен быть прозрачным с сохранением объема. При заметном уменьшении объема образца минерализацию необходимо произвести заново, так как произошла разгерметизация, и полученная проба не пригодна для анализа.

Конечной стадией пробоподготовки ягодного жмыха является получение необходимого объема водного раствора минерализата [5].

От качества проведения пробоподготовки напрямую зависит точность получения итогового результата анализа. Ошибки в проведении пробоподготовки в 80 % случаев приводят к неточному результату. Применение современного и качественного оборудования поможет избежать проблем, причинами которых являются загрязнение образцов и потери элементов при выполнении процедур [6].

Был проведен анализ следующих государственных стандартов в области оценки качества пищевой промышленности:

- ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении [7].

- ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектрометрии хо-

лодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением [8].

- ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением [9].

Исходя из данных, рассмотренных в нормативных документах, были выделены значения допустимого количества веществ в образцах (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимые количества веществ в испытываемых образцах

Table 1 – Permissible amounts of substances in test samples

Измеряемое вещество (массовая доля)	Нормативные документы на методы испытаний	Максимально допустимые значения согласно нормативным документам, мг/кг
Свинец	ГОСТ EN 14083-2013	0,4
Мышьяк	ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005)	0,2
Кадмий	ГОСТ EN 14083-2013	0,03
Ртуть	ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002)	0,02

В данных стандартах описаны методы оценки качества сырья, применяемые для определения следовых количеств токсичных элементов:

1. Атомно-абсорбционная спектрометрия с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении.

2. Атомно-абсорбционная спектрометрия холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением.

3. Атомно-абсорбционная спектрометрия с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением.

В основе каждого из этих методов лежит атомно-абсорбционная спектрометрия.

Атомно-абсорбционная спектрометрия – это метод определения концентрации элемента в образцах путем измерения поглощения электромагнитного излучения атомными парами элемента в тестовом образце [10]. Испытание проводится на длине волны одной из линий поглощения определяемого элемента, при этом количество поглощенного излучения пропорционально концентрации элемента.

Этапы этого процесса имеют следующую последовательность:

1. Образец вводится в источник излучения, в котором испаряются твердые и жидкие

пробы, диссоциируются соединения, возбуждаются атомы и ионы.

2. Полученное свечение преобразуется в спектр.

3. Спектр расшифровывают. Для этого используют таблицы и атласы спектральных линий элементов.

Следующей задачей исследования стало проведение оценки качества жмыха. Были использованы все приведенные ранее методы оценки, поскольку каждый из методов применим для обнаружения в сырье только определенной группы веществ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе рассматриваются образцы жмыха клюквы, брусники, черноплодной рябины и черники. Ягоды, из которых был получен жмых, предоставлены с территорий, удаленных от промышленных зон, поэтому превышение нормативов по содержанию токсичных элементов в исследуемом сырье маловероятно.

Испытания были проведены в соответствии с нормативами ГОСТ EN 14083-2013, ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005), ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002). Проверка проводилась на соответствие ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ
ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ**

В таблице 2 представлены результаты проведенных испытаний, согласно которым

содержание определяемых веществ в образцах соответствует норме.

Таблица 2 – Результаты испытаний

Table 2 – Tests results

Наименование образца	Наименование измеряемого вещества (массовой доли)	Результаты испытаний, мг/кг
Жмых ягод брусники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод клюквы	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черноплодной рябины	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жмых ягод обладает полезными свойствами и доступен для промышленной переработки. Рациональное использование отходов в виде ягодного жмыха позволит повысить экономическую эффективность производств, а также уменьшить объемы утилизации.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Были изучены межгосударственные стандарты, определен порядок выполнения процедуры пробоподготовки, проведен анализ, а также выполнено сопоставление результатов измерений и допустимых значений концентраций тяжелых металлов в пищевых продуктах.

2. Пробоподготовка и анализ проведены в соответствии с требованиями нормативных документов, следовательно, ошибочных значений в результатах анализа пробы не выявлено.

3. В ходе проведения оценки качества пищевого сырья определено, что в рассматриваемых образцах жмыха ягод концентрации тяжелых металлов не превышает установленных нормативных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевко, Е.В. Инновационные технологии переработки ягодного сырья: научные и прикладные аспекты : автореф. дис... док. техн. наук:

05.18.01 / Моск. гос. ун-т. пищ. произв. М., 2013. 478 с. 1.

2. Голубев, И.Г., Шванская, И.А., Коноваленко, Л.Ю., Лопатников, М.В. Рециклинг отходов в АПК : справочник. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 296 с.

3. Бакин, И.А., Мустафина, А.С., Вечтомова, Е.А., Колбина, А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 5–12.

4. Демьянцева, Е.Ю., Парфенова, А.В. Способы инкапсулирования ферментов : учеб.-метод. пособие. С-Пб. : ВШТЭС СПбГУПТД, 2018. 20 с.

5. ГОСТ 31671-2012 (EN 13805:2002). Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении. М. : Стандартинформ, 2010. 9 с.

6. Мовчан, Н.И., Романова, Р.Г., Горбунова, Т.С., Евгеньева, И.И. Основы аналитической химии. Химические методы анализа : учеб. пособие. Казань : КНИТУ, 2012. 196 с.

7. ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении. М. : Стандартинформ, 2014. 8 с.

8. ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением. М. : Стандартинформ, 2010. 8 с.

9. ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением. М. : Стандартинформ, 2014. 11 с.

10. Беляцкий, В.Н. Основы методов атомно-абсорбционной спектрометрии и атомно-эмиссионной спектроскопии. Минск : БГМУ, 2015. 47 с.

Информация об авторах

А. С. Терентьева – магистрант факультета энергетики и экотехнологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

А. Е. Ширяева – магистрант факультета энергетики и экотехнологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

REFERENCES

1. Alekseyenko, E.V. (2013). Innovative technologies for processing berry raw materials: scientific and applied aspects. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow: MSUFP. (In Russ).

2. Golubev, I.G., Shvanskaya, I.A., Konovalenko, L.Yu. & Lopatnikov, M.V. (2011). Recycling of waste in the AIC: Handbook. Moscow: ROSINFORMAGROTEKH. (In Russ).

3. Bakin, I.A., Mustafina, A.S., Vechtomova, E.A. & Kolbina, A.Yu. (2017). The use of secondary resources of berry raw materials in the technology of confectionery and bakery products. *Food Processing: Techniques and Technology*, (45.2), 5-12. (In Russ).

4. Demyantseva, E.Yu. & Parfenova, A.V. (2018). Methods for encapsulating enzymes: training and skills manual. Saint-Petersburg: SUTD. P. 20. (In Russ).

5. Food products. Definition of trace elements. Preparation of samples by the method of mineralization at elevated pressure. (2012). HOST 31671-2012. from 1 January 2016. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

6. Movchan, N.I., Romanova, R.G., Gorbunova T.S. & Evgenieva, I.I. (2012). Fundamentals of analytical chemistry. Chemical analysis methods: training manual. Kazan: KNRTU P. (In Russ).

7. Food products. Definition of trace elements. Determination of lead, cadmium, chromium and molybdenum by atomic absorption spectrometry with atomization in a graphite furnace with preliminary mineralization of the sample at elevated pressure. (2013). HOST EN 14083-2013. from 1 July 2015. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

8. Food products. Definition of trace elements. Determination of mercury by atomic absorption spectrometry of cold steam with preliminary mineralization of the sample under pressure. (2008). HOST R 53183-2008. from 1 January 2011. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

9. Food products. Definition of trace elements. Determination of total arsenic and selenium by atomic absorption spectrometry with generation of hydrides with preliminary mineralization of the sample under pressure. (2012). HOST 31707-2012. from 1 July 2015. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

10. Bialiatski, V.N. (2015). Fundamentals of atomic absorption spectrometry and atomic emission spectroscopy. Minsk: BSMU. (In Russ).

Information about of authors

A. S. Terenteva – master's student at the Faculty of Energy and Ecotechnology of ITMO University, St. Petersburg.

A. E. Shiryayeva – master's student at the Faculty of Energy and Ecotechnology of ITMO University, St. Petersburg.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 28.06.2021; одобрена после рецензирования 04.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 June 21; approved after editing on 4 Sep 21; accepted for publication on 10 Sep 21.